

伊方発電所第2号機

海水ポンプ潤滑水供給逆止弁の不具合について

平成24年8月  
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所第2号機 海水ポンプ潤滑水供給逆止弁の不具合について

2. 事象発生の日時

平成24年3月9日 10時00分（確認）

3. 事象発生の設備

海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁2D

4. 事象発生時の運転状況

第23回定期検査中

5. 事象発生の状況

伊方発電所第2号機は、第23回定期検査中において海水ポンプ2C、2Dを点検中のところ、3月9日10時00分、海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁2Dの弁棒が細くなっており、弁体が脱落していることを保修員が確認した。

調査の結果、弁棒が腐食して折損していることを確認した。

また、海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁2Cも調査の結果、同様に弁棒が腐食して折損していることを確認した。

当該弁については、前回定期検査において取替えを行っていたことから、水平展開として、2号機および1, 3号機において、同様に取替えを行った逆止弁について、調査をしていたところ、4月5日、3号機の海水ポンプ軸受潤滑水ラインB系逆止弁の弁体が弁箱内に脱落し、ナット・座金および割りピンが見当たらないことを確認した。また、4月13日、3号機の海水ポンプ軸受潤滑水ラインA系逆止弁の弁体を固定する座金の一部および割りピンが見当たらないことを確認した。同弁の弁体の脱落はなかった。

なお、本事象によるプラントの運転への影響および周辺環境への放射能の影響はなかった。  
(添付資料-1)

6. 事象の時系列

3月 9日

10時00分 海水ポンプ2C、2D分解点検のために取外し、保管をしていた海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁2Dの状況を保修員が確認したところ、弁体が脱落していることを確認。

11時00分 海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁2Cについても保修員が状況を確認したところ、弁体が脱落していることを確認。

3月 9日

水平展開として、同様に取替えを行った逆止弁について、調査を開始。

4月 5日

3号機の海水ポンプ軸受潤滑水ラインB系逆止弁の弁体が弁箱内に脱落し、ナット・座金および割りピンが見当たらないことを確認。調査した結果、当該弁下流の潤滑水ストレーナにおいて、当該弁に取り付けられていたものと思われるナットを回収した。

4月13日

3号機の海水ポンプ軸受潤滑水ラインA系逆止弁の座金の一部および割りピンが見当たらないことを確認。弁体の脱落はなかった。

## 7. 損傷弁に関する調査結果

弁棒が折損して弁体が脱落していた2号機の海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁2C、2D、弁体が脱落してナット・座金および割りピンが見当たらないことが確認された3号機の海水ポンプ軸受潤滑水ラインB系逆止弁、および座金の一部と割りピンが見当たらないことが確認された同A系逆止弁について、各部品の折損および紛失の原因について、以下の調査を行った。

### (1) 弁の調査

#### a. 外観調査

##### (a) 2号機海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁2C、2D

弁棒を固定するための弁箱の穴、弁棒を通すための弁体の穴の内側に弁棒の一部が残留していた。残留していた弁棒には径の減少が認められた。

なお、弁箱、弁体に有意な腐食、割れ等の異常は確認されなかった。

(添付資料-2)

##### (b) 3号機海水ポンプ軸受潤滑水ラインB系およびA系逆止弁

B系弁の弁体をアームに固定するナット、座金、割りピンは脱落して見当たらなかった。

A系弁については、ナットおよび座金の一部が残留していた。割りピンは脱落して見当たらなかった。

なお、弁体アーム、弁箱、弁体に有意な腐食、割れ等の異常は確認されなかった。弁棒は全体的に赤褐色を呈しており、軽微な腐食減肉が認められた。

(添付資料-3)

#### b. 材料調査

##### (a) 2号機海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁2C、2D

径が細くなっていた弁棒（黄銅製）について材料検査記録を確認した結果、規格値を満足していた。

また、元素分析の結果でも規格値を満足していた。

(b) 3号機海水ポンプ軸受潤滑水ラインB系およびA系逆止弁

軽微な腐食減肉が認められた弁棒（黄銅製）について材料検査記録を確認した結果、規格値を満足していた。

ナット、座金、割りピンについて製造記録（入庫・出庫台帳）を確認した結果、これらの部品は、図面指示のと通りの材料（黄銅材料）を使用していることを確認した。

また、A系逆止弁に残存していたナット、座金の元素分析の結果、黄銅の成分を示していた。

c. 断面調査

(a) 2号機海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁2C、2D

径が細くなり残留していた弁棒について、断面マクロおよびミクロ観察を実施した結果、表層組織に異常（組織の脱落）が認められ、脱亜鉛腐食に特徴的な様相（多孔層）を示していた。

また、断面元素分析を実施した結果、表層部分に亜鉛成分の減少が認められた。

（添付資料－4）

(b) 3号機海水ポンプ軸受潤滑水ラインB系およびA系逆止弁

軽微な腐食減肉が認められた弁棒について、断面マクロおよびミクロ観察を実施した結果、表層組織に異常（組織の脱落）が認められ、脱亜鉛腐食に特徴的な様相（多孔層）を示していた。

また、断面元素分析を実施した結果、表層部分に亜鉛成分の減少が認められた。

（添付資料－5）

A系逆止弁に残存していたナット、座金について、断面マクロおよびミクロ観察を実施した結果、座金の組織に異常（組織の脱落）が認められ、脱亜鉛腐食に特徴的な様相（多孔層）を示していた。

また、断面元素分析を実施した結果、座金に亜鉛成分の減少が認められた。

（添付資料－6）

(2) 3号機海水ポンプ軸受潤滑水ライン逆止弁の紛失した部品の調査

不明となっている3号機海水ポンプ軸受潤滑水ラインB系逆止弁のナット、座金、割りピンおよび同A系弁の座金の一部、割りピンについて、当該弁下流の潤滑水ストレナ、弁、配管等を取外し、調査した結果、B系のものと推定されるナットを潤滑水ストレナにおいて回収した。

座金、割りピンは確認できなかった。

a. 3号機海水ポンプ潤滑水ストレーナにおいて回収されたナット

(a) 外観調査

ナットは内面のねじ部、外面ともに減肉が認められ、元の表面から約1mm程度減肉していた。形状は、ナット全体に腐食減肉しているものの、3号機海水ポンプ軸受潤滑水ラインB系逆止弁の弁体をアームと固定するために使用していたナットと類似していた。また、ナットには、割りピンを挿入するための穴が付いていた。

なお、割りピンを挿入するための穴が付いているナットは、潤滑水供給系統では、海水ポンプ軸受潤滑水ラインA、B系逆止弁のみに使用されていた。

(b) 材料調査

元素分析を行った結果、黄銅の成分を示していた。また、残存していたA系のナットの成分とほぼ同じであった。

(添付資料-7)

(c) 断面調査

表層の一部は脱亜鉛腐食に特徴的な様相を示していたが、大部分は全面腐食の様相を示していた。これは、残存していたA系のナットと同様であった。

(添付資料-8)

以上の調査の結果、回収されたナットは、3号機海水ポンプ軸受潤滑水ラインB系逆止弁の弁体をアームと固定するために使用していたナットであると推定される。

なお、使用開始後約10ヶ月で当初の表面から約1mm程度減肉しているが、文献\*によれば、脱亜鉛腐食を生じた場合、環境によっては2mm/年程度の腐食を受けることがあるとされている。

※：尾崎ほか、「海水機器の腐食 - 損傷とその対策 (改訂版)」、  
科学図書出版

b. 座金、割りピン

A系逆止弁、B系逆止弁ともに座金、割りピンが脱落、紛失していた (A系は座金が一部残存)。

3号機海水ポンプ潤滑水ストレーナにおいて回収されたナットは、その腐食状況より、当初の表面から約1mm程度腐食減肉していることが判明した。この腐食量から推定して、同様の腐食環境におかれた場合、座金 (厚さ約1.5mm)、割りピン (約1mm径) は、脱落時にはほとんど腐食・溶出していたものと推定される。

(3) 設置状況の調査

弁体が脱落した逆止弁はいずれも海水ポンプの潤滑水供給系統に設置されている。海水ポンプの潤滑水は、通常は海水ポンプ出口ラインより供給されており、バックアップとして所内用水または機器用水が供給される。

また、所内用水系統または機器用水が停止し、かつ、海水ポンプが停止しても、海水ポンプが再起動できる潤滑水を供給する目的で潤滑水タンク（3号機は非常用タンク）が設置されており、同タンクには海水が常時満たされており、保有水量および水頭圧で潤滑水を確保している。

a. 2号機海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁2C、2D

当該弁は、潤滑水タンク水の供給配管に設置されている。当該弁は、潤滑水タンク付空気抜き弁から海水が漏えいした場合に潤滑水が逆流し、潤滑水流量が低下することを防止するために設置されている。同配管は通常時使用しないが、海水がわずかに流れている。

また逆止弁の弁棒は構造上は隙間部に取り付けられている。

b. 3号機海水ポンプ軸受潤滑水ラインB系およびA系逆止弁

当該弁は、海水ポンプ出口ラインより分岐して海水ポンプに潤滑水を常時供給する系統に設置されている。当該弁は、A系潤滑水系統とB系潤滑水系統のタイラインの隔離弁を開とした場合に潤滑水が逆流することを防止するために設置されている。

また、当該弁は通常通水している系統であるが、流動解析を実施した結果、弁がほぼ全開となるため、弁体上部には流れのよどみ部ができることが分かった。

(4) 運転状況の調査

当該弁の取替え以降、今定検（2号機第23回定期検査、3号機第13回定期検査）までの間、2号機、3号機の海水ポンプの運転状態・電流値、潤滑水の流量・圧力に異常はなかった。また、潤滑水供給系統の配管・弁に漏えい等の異常はなかった。

(5) 保守状況の調査

弁体の脱落した弁はいずれも同一弁メーカー（以下「A社」という）の製品であり、平成22年度以降に取替えを実施したものである。

a. 2号機海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁2C、2D

当該弁は、2定検毎に計画取替えを実施しており、至近では、前回の第22回定検（平成22年10月）において取替えを実施していた。

なお、当該弁は、同定検の取替えに際して、他社製弁からA社製の弁に変更して、取替えを実施した。

b. 3号機海水ポンプ軸受潤滑水ラインB系およびA系逆止弁

当該弁は、2定検毎に計画取替えを実施しており、今回定検期間中の平成23年5月にB系、6月にA系の取替えを実施していた。

なお、当該弁は、同定検の取替えに際して、B社製の弁からA社製の弁に変更して、取替えを実施した。

c. その他のA社製弁

平成22年度以降に取替えたA社製のその他の弁は、1, 2, 3号機合わせて、逆止弁23台、玉型弁56台であった。これらは、B社製からA社製に変更した弁、またはその他のメーカー製からA社製に変更した弁であった。

(6) 文献調査

弁棒およびナット・座金の調査の結果、確認された脱亜鉛腐食について、発生条件について文献調査を行った結果、以下のことが分かった。

脱亜鉛腐食は、亜鉛含有量が高い黄銅（銅-亜鉛合金）に含まれる亜鉛が選択的に溶出する現象で、溶存酸素濃度が低い海水中のよどみ部、隙間部、異物付着下等で生ずることが知られている。

(7) その他弁の調査状況

弁体が脱落または弁体の脱落はしていないが一部部品が脱落していた4台の弁はいずれも平成22年度以降に取替えたA社製の逆止弁であり、いずれも内部構成品に使用している黄銅材料に損傷が発生していることから、A社製のその他の弁79台のうち以下の点検を実施した。

逆止弁23台については全数点検を実施した。

玉型弁のうち通水される弁（ライン弁）3台は、構造上、黄銅部分（弁棒、弁押さえ）全体が流れにさらされ酸素濃淡ができない（弁棒は流れに直接さらされること、弁体と弁座のシートのため弁押さえと弁棒の間には隙間を持たせてあるが、隙間の水は通水時の弁体の流体振動により入れ替わること）。このため、脱亜鉛腐食の恐れはないと考えられるが、念のため全数点検を実施した。

玉型弁のうち計器弁16台は、流れのない部位にあり、黄銅部分に酸素濃淡ができないため、脱亜鉛腐食の恐れはないと考えられるが、念のため全数点検を実施した。

玉型弁のうち、ベントドレン弁37台は、構造上、黄銅部分が接液していないため、脱亜鉛腐食が生じることはないが、抜き取りにて2台点検を実施した。

以上の点検の結果は以下のとおりであった。

(添付資料-9)

a. 逆止弁のうち2号機海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁の類似弁

2号機海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁2C、2Dと同様に海水が微小通水されている環境にある海水ポンプ潤滑水タンク出口ライン（3号機は非常用タンク出口ライン）に取付けられている弁8台（1号機：4台、2号機：2台、3号機：2台）の点検を実施した結果、1号機の4台の弁の弁棒に減肉が認められた。ただし、強度上必要な径は有していた。2号機の2台、3号機の2台に減肉は認められなかった。

なお、2号機の2台の弁は、平成24年3月に取替えたものである。また、3号機の2台の弁は、黄銅材料を使用していない弁である。

b. その他の逆止弁

微小通水環境にないまたは弁開度が全開とはならない（間欠的に通水されるか中間開度となる）その他の逆止弁15台（1号機：2台、2号機：1台、3号機：12台）の点検を実施した結果、異常は認められなかった。

c. 玉型弁

玉型弁56台のうち、21台（1号機：1台、2号機：18台、3号機：2台）の点検を実施した結果、異常は認められなかった。

8. 弁の調達管理に関する調査

弁体の脱落したA社製の弁は、取替え後約11ヶ月～16ヶ月の間で損傷に至ったこと、損傷箇所はいずれも黄銅材料を使用した内部構成品であったことから、A社製弁への取替時の調達管理状況について調査した。

(1) A社製弁への取替の経緯の調査

A社製の弁は、海水系統に設置されている青銅弁（弁箱等の耐圧部の主な材料として青銅材料が使用される弁）の取替用として採用された。海水系の青銅弁は取替え前、B社製またはその他の弁メーカー製であった。

A社製弁を採用した経緯は以下のとおりであった。

a. B社製弁から取替えた経緯

B社製の弁の品質管理に不備が確認されたことを受け、伊方発電所に使用されているB社製弁を調査した結果、いずれも技術基準に適合しており安全性に問題はないが、当社は念のため計画的に他社製の弁に取替えることとした（平成22年10月公表）。

海水系統の青銅弁のうちB社製が採用されていた弁について、同社に替わる弁メーカーを検討した結果、A社製の弁が適していると判断して同社製弁を採用した。なお、B社製弁の内部構成品のうち弁棒等は、青銅材料またはステンレス鋼であった。

b. 他社製弁から取替えた経緯

上記のとおりA社製の青銅弁が適していると判断されたため、その他の海水系青銅弁についても、定期的な取替えに当たり、他社製弁からA社製弁に変更して採用した。

(2) A社の青銅弁の設計・製作状況に関する調査

A社は青銅弁の専門メーカーであり、特に船用青銅弁においては国内において高いシェアを有している。また、同社の工場は、日本工業規格や海外の船舶規格等において認定されている。

日本工業規格の船用の青銅弁規格では、内部構成品としては黄銅材料が採用されているため、A社は、青銅弁の内部構成品として黄銅材料を標準的に使用している。

なお、A社によると、黄銅材料の脱亜鉛腐食に関するユーザーからのクレーム等は特にないとのことであった。



### (3) 当社のA社製青銅弁の調達に関する調査

海水系統は腐食環境が厳しく、また腐食形態が多種・多様であることから、当社は取替え用の青銅弁の選定に当たって、原子力発電所または一般産業での使用実績を重視して調達している。

A社製品の調達に当たっては、以下のとおり製品検証を実施していることを確認した。

- ・ 海水系統の設計・製作メーカーであり、海水系統の腐食形態について知見を有しているプラントメーカーに、B社に代わるメーカーとしてA社を選定させ、また、A社製弁の海水系統使用の適正、A社の品質管理体制を評価させていること。
- ・ その結果、以下のとおり報告を受け、妥当と判断されていること。
  - ① A社製弁の仕様については、既に適用実績のある弁と基本機能（耐圧機能、隔離機能、作動機能、調整機能等）等についてB社製と比較検討した結果、B社製弁と同等以上であること
  - ② A社は青銅弁の内部構成品として黄銅材料を標準的に使用しているが、黄銅は、海水を扱う船舶、一般産業、発電プラント等においては一般的に使用される材料であり、多数の適用実績があること、舶用の青銅弁では黄銅材料は日本工業規格の標準材料に位置付けられていること、ユーザーから脱亜鉛腐食の不具合事例の報告等は受けていないこと
- ・ 当社は、B社の弁に品質管理の不備が確認されたことを受け、A社製弁の調達管理に万全を期するため、プラントメーカーによるA社に対する品質保証監査に加えて、当社は同監査結果を確認するとともに、A社工場において直接品質管理体制の確認を行い、問題ないことを確認していること。
- ・ 当社は、プラントメーカーから提出された納入図により、プラントメーカーによる評価のとおりA社製弁に適正な材料が使用されていること等を事前に審査し、製品受入時にはそれを検査記録により確認していること。

今回損傷のあった黄銅製の内部構成品の調達に際して、黄銅材料には、特殊な環境下（よどみ部、隙間部等）において脱亜鉛腐食が発生することは文献等では把握されていたが、海水系の逆止弁の内部構成品が使用条件により脱亜鉛腐食が生じる特殊な環境となることのあるとの知見を有していなかった。また、黄銅材料の脱亜鉛腐食に起因する不具合が過去になかったことから、特に問題視されていなかった。

なお、3号機の2台の弁（非常用タンク冷却水逆止弁）については、内部構成品（弁棒）としてステンレス鋼が採用されていたが、これは以下の理由によるものであることを確認した。

3号機非常用タンク冷却水逆止弁は、取替え前はB社以外のその他の弁メーカー製の弁であった。当該弁の設置されている3号機の非常用タンク冷却水の供給系統は、常用潤滑水供給系統と合流後に海水ポンプにつながっている。このため、A社製弁への取替えに当たって、非常用タンク冷却水の供給系統から流入する潤滑水流量が常用系統の潤滑水流量に与える影響を従来と同等とするため、非常用タンク冷却水の供給系統の逆止弁流路部の寸法、形状は取替え前と同じとされた。材料についても、A社製弁の採用当時から、黄銅材料、ステ

ステンレス鋼ともに海水環境に適用可能な材料であるため、当該弁を担当した設計者は、寸法、形状に加え材料も取替え前と同じもの（ステンレス鋼）を踏襲した。

一方、常用系統を担当した別の設計者は、上記のような系統上の配慮が必要ないため、弁棒の材料を含めてA社の標準品で統一した。また、1、2号機と同じ弁（潤滑水タンク水供給逆止弁）についても、3号機のような系統構成上の配慮が必要なかったため、A社の標準品で統一された。

なお、非常用タンク冷却水逆止弁（3号機）、潤滑水タンク水供給逆止弁（1、2号機）の取替え時期は以下のとおりであった。

- ・ 2号機潤滑水タンク水供給逆止弁取替時期：平成22年10月  
平成24年 3月
- ・ 3号機非常用タンク冷却水逆止弁取替時期：平成23年 5月
- ・ 1号機潤滑水タンク水供給逆止弁取替時期：平成23年9、10月

#### （4）まとめ

- ・ 海水系の青銅弁としてA社製弁は十分実績のあることを確認していること
- ・ A社の品質管理に問題はないことを確認していること

以上のことから、A社製の弁の調達管理に問題なかったことを確認した。ただし、海水系の逆止弁が、使用条件によっては、脱亜鉛腐食環境となることの知見が不足していた。

### 9. 推定原因

#### （1）2号機海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁2C、2D

当該弁は、以下の条件が重畳して黄銅製の弁棒に脱亜鉛腐食が促進され、弁棒が次第に細くなり、弁体が脱落したものと推定される。

- ・ わずかに流れのある海水系統に設置されており、弁棒部に酸素が供給される部位と低溶存酸素となる部位の間で酸素濃淡電池が出来ること
- ・ 隙間部に海水中の塩化物イオンが濃縮し、酸性環境となること

（添付資料－10）

#### （2）3号機海水ポンプ軸受潤滑水ラインA、B系逆止弁

当該弁は、以下の条件が重畳して黄銅製のナット、座金、割りピンに脱亜鉛腐食が促進され、腐食減肉し、弁体が脱落したものと推定される。

- ・ 常時通水され弁が全開となる流量の系統に設置されていることから、弁体上部によどみ部が出来るため、酸素が供給される部位と低溶存酸素となる部位の間で酸素濃淡電池が出来ること
- ・ よどみ部のナット、座金、割りピンの隙間部に海水中の塩化物イオンが濃縮し、酸性環境となること
- ・ 隙間部にさらされる面積が相対的に大きい座金、割りピンが優先的に脱亜鉛腐食により減肉すること

（添付資料－11）

- (3) 背景要因として、黄銅材料は、使用条件によっては脱亜鉛腐食となるとの知見が発注段階で不足していたものと推定される。

## 10. 対策

- (1) 2号機海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁2C、2Dを、脱亜鉛腐食発生の恐れのない青銅製の弁棒を採用した弁に取替えた。
- (2) 3号機海水ポンプ軸受潤滑水ラインA、B系逆止弁を、脱亜鉛腐食発生の恐れのない青銅製の弁棒、ナット、座金を採用した弁に取替えた（割りピンは強度、製作性の観点からステンレス鋼を採用）。
- (3) 2号機海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁2C、2Dと同様の箇所（海水ポンプ潤滑水タンク水供給配管）に取り付けられており、黄銅製の弁棒を使用している1号機、2号機の弁（6台）を、青銅製の弁棒を採用した弁に取替えた。
- (4) 今回分解点検を実施する逆止弁、玉型弁については、念のため、黄銅材料を使用している部品を脱亜鉛腐食の恐れのない青銅材料（割りピンはステンレス鋼）に取替えた。
- (5) 海水系の接液部に新たに黄銅材料を適用する場合は、使用部位が脱亜鉛腐食が生ずる環境にないことを確認するよう標準発注仕様書に反映した。

## 11. 海水ポンプに与える影響について

- (1) 2号機海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁2C、2D  
今回の事象では、弁体が弁箱内に脱落しているが、弁体は弁箱内にとどまっていること、弁棒は脱亜鉛腐食により次第に海水に溶出・減肉したものと推定されることから、海水ポンプに異物流入等の影響はない。  
海水ポンプを点検した結果、ポンプ軸受部に破片は認められず、主軸等その他部位にも傷等の異常は確認されなかった。また、当該弁と海水ポンプの間の配管に異常は確認されなかった。  
以上から、2号機の海水ポンプの運転に影響はない。
- (2) 3号機海水ポンプ軸受潤滑水ラインA、B系逆止弁  
3号機海水ポンプ軸受潤滑水ラインA、B系逆止弁の脱落した破片は、下流に設置されている潤滑水ストレーナに捕捉されるため、海水ポンプへ破片が到達することはない。  
仮に、これらの部品が腐食により微細となり、大きさがストレーナ網目径約0.9mm以下の破片となり流出した場合は、下流に流されるが、海水ポンプ軸受部では、異物を逃がすための溝（深さ約4mm）が設置されており、0.9mm以下の微小な破片は軸受けを通過できる構造となっていること、割りピン、座金の材質は黄

銅であり、海水ポンプの軸（ステンレス鋼）より硬度が低いため、海水ポンプの軸に傷等を与えることはない。

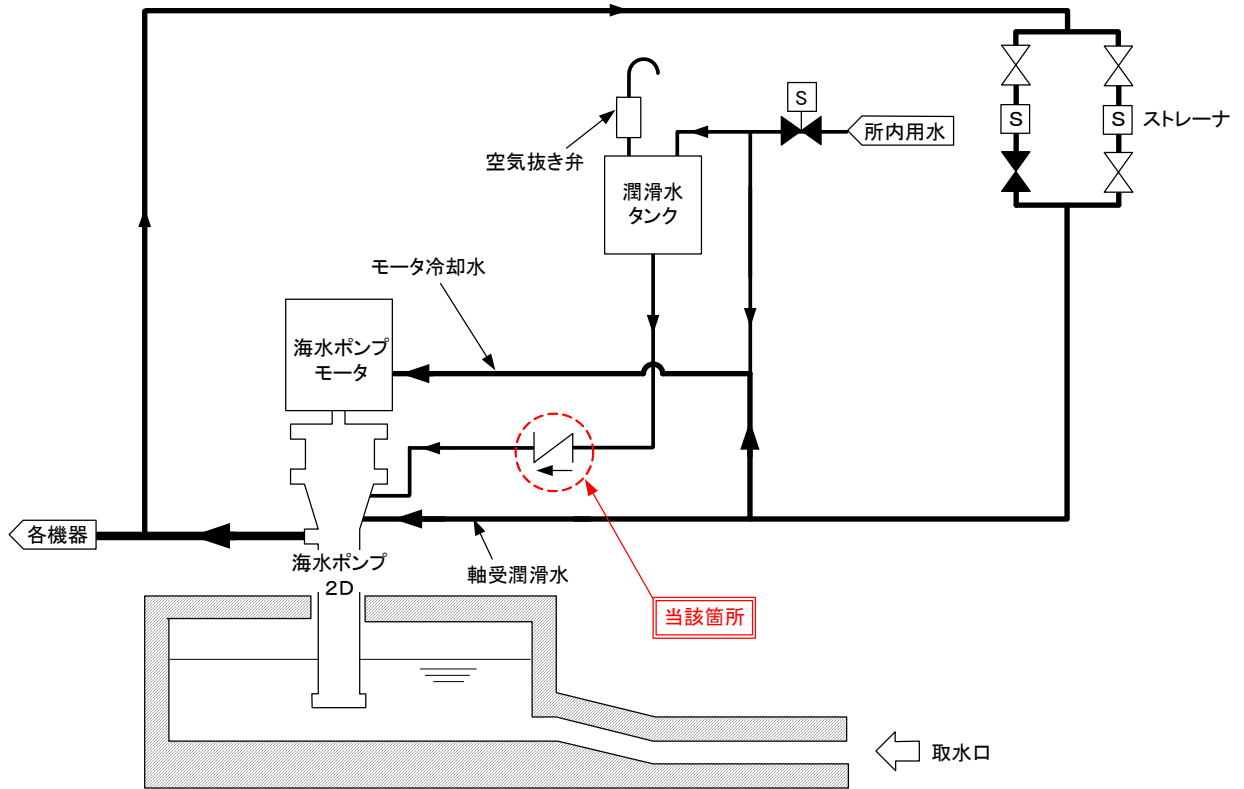
以上から、3号機の海水ポンプの運転に影響はない。

以 上

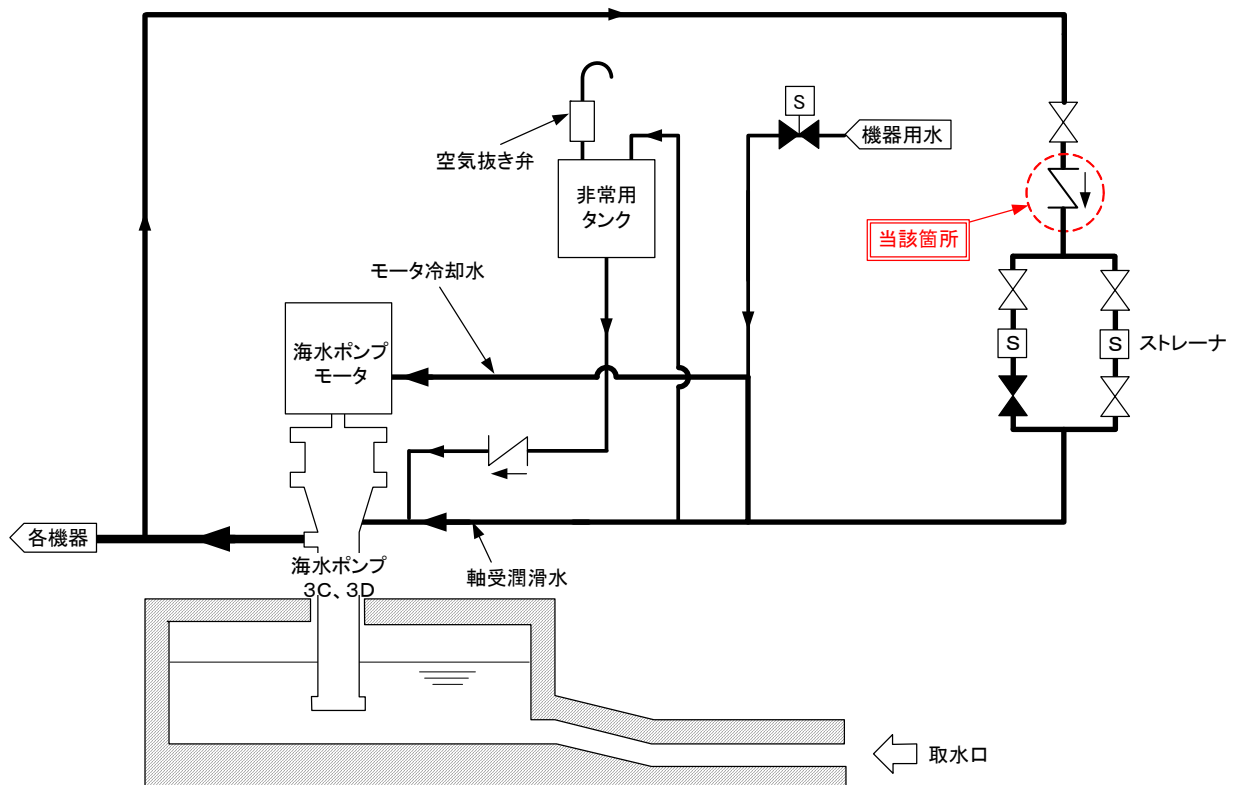
## 添 付 資 料

- 添付資料－ 1 伊方発電所 2 号機、3 号機 海水ポンプまわり系統概略図
- 添付資料－ 2 2 号機海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁点検状況
- 添付資料－ 3 3 号機海水ポンプ軸受潤滑水ライン逆止弁点検状況
- 添付資料－ 4 2 号機海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁 弁棒金属調査結果
- 添付資料－ 5 3 号機海水ポンプ軸受潤滑水ライン逆止弁 弁棒金属調査状況
- 添付資料－ 6 3 号機海水ポンプ軸受潤滑水ライン A 系逆止弁のナット、座金の金属調査状況
- 添付資料－ 7 3 号機潤滑水ストレーナで回収されたナットの元素分析結果
- 添付資料－ 8 3 号機海水ポンプ軸受潤滑水ストレーナにおいて回収されたナットの金属調査状況
- 添付資料－ 9 A 社製弁の点検について
- 添付資料－ 1 0 2 号機海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁の弁棒腐食の推定原因
- 添付資料－ 1 1 3 号機海水ポンプ軸受潤滑水ライン逆止弁のナット等腐食の推定原因

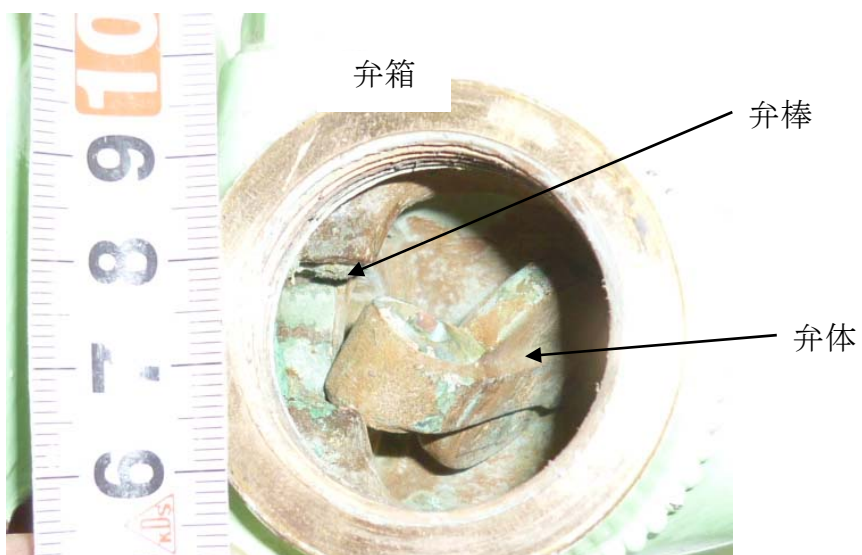
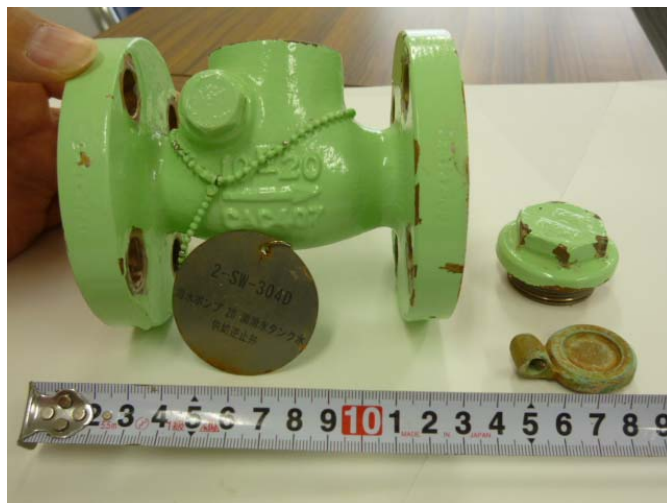
伊方発電所2号機 海水ポンプまわり系統概略図



伊方発電所3号機 海水ポンプまわり系統概略図



2号機海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁点検状況  
(2Dについて示す)



3号機海水ポンプ軸受潤滑水ライン逆止弁点検状況  
(B系について示す)



アーム

弁体



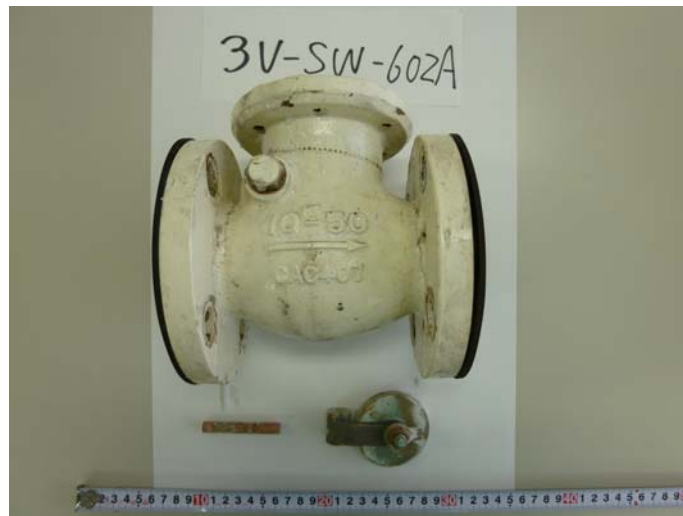
潤滑水ストレーナにおいて回収されたナット

弁棒

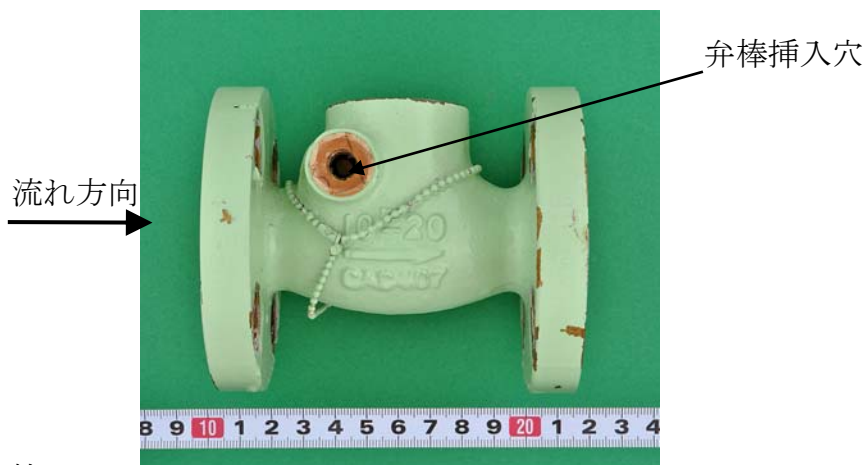




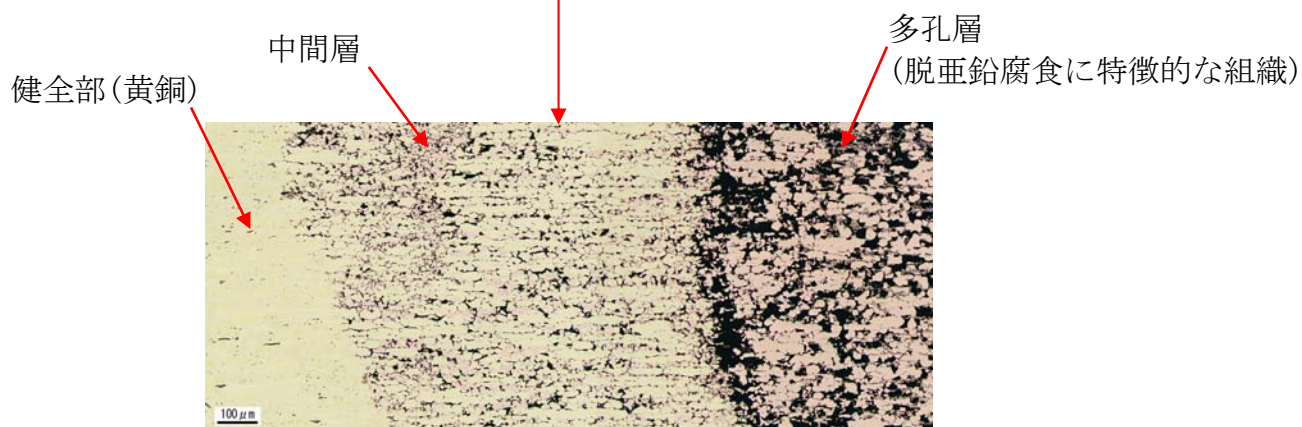
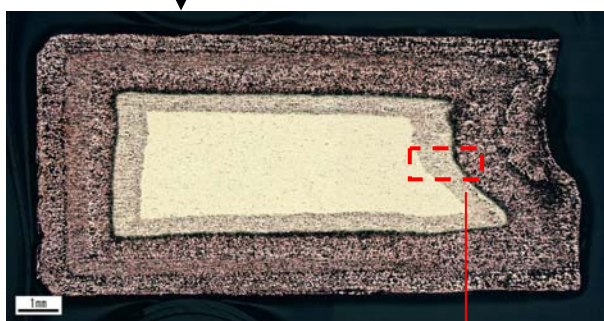
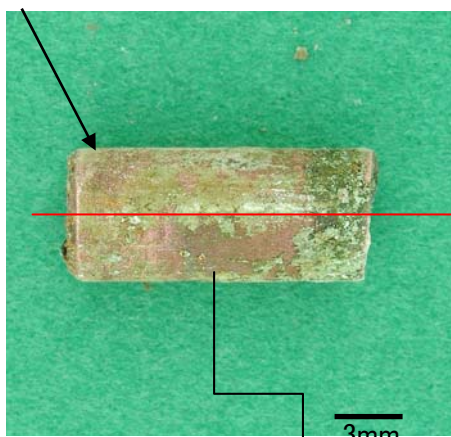
3号機海水ポンプ軸受潤滑水ライン逆止弁点検状況  
(A系について示す)

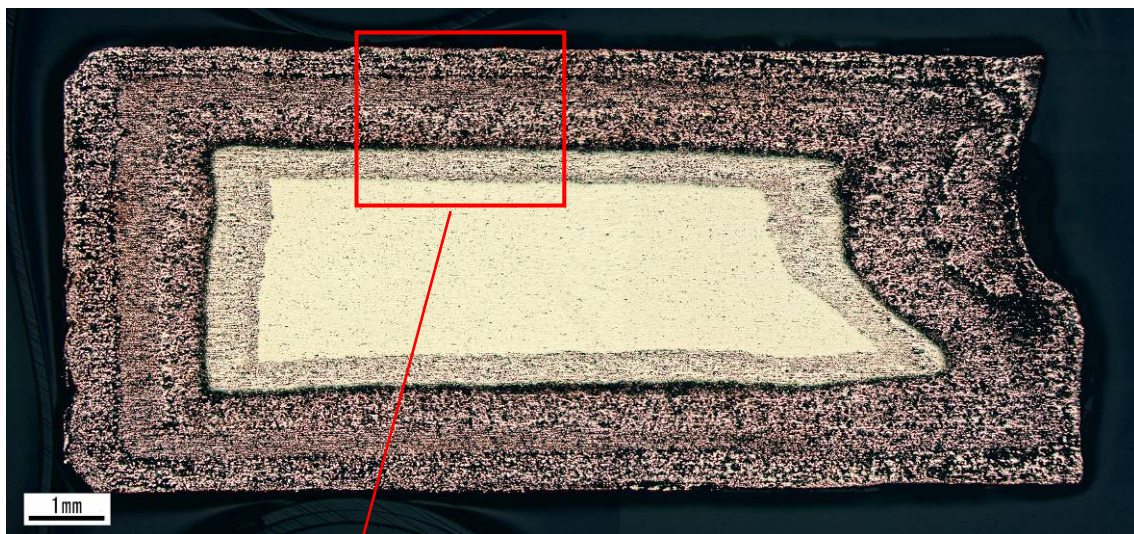


2号機海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁 弁棒金属調査状況  
(2Dについて示す)



弁棒

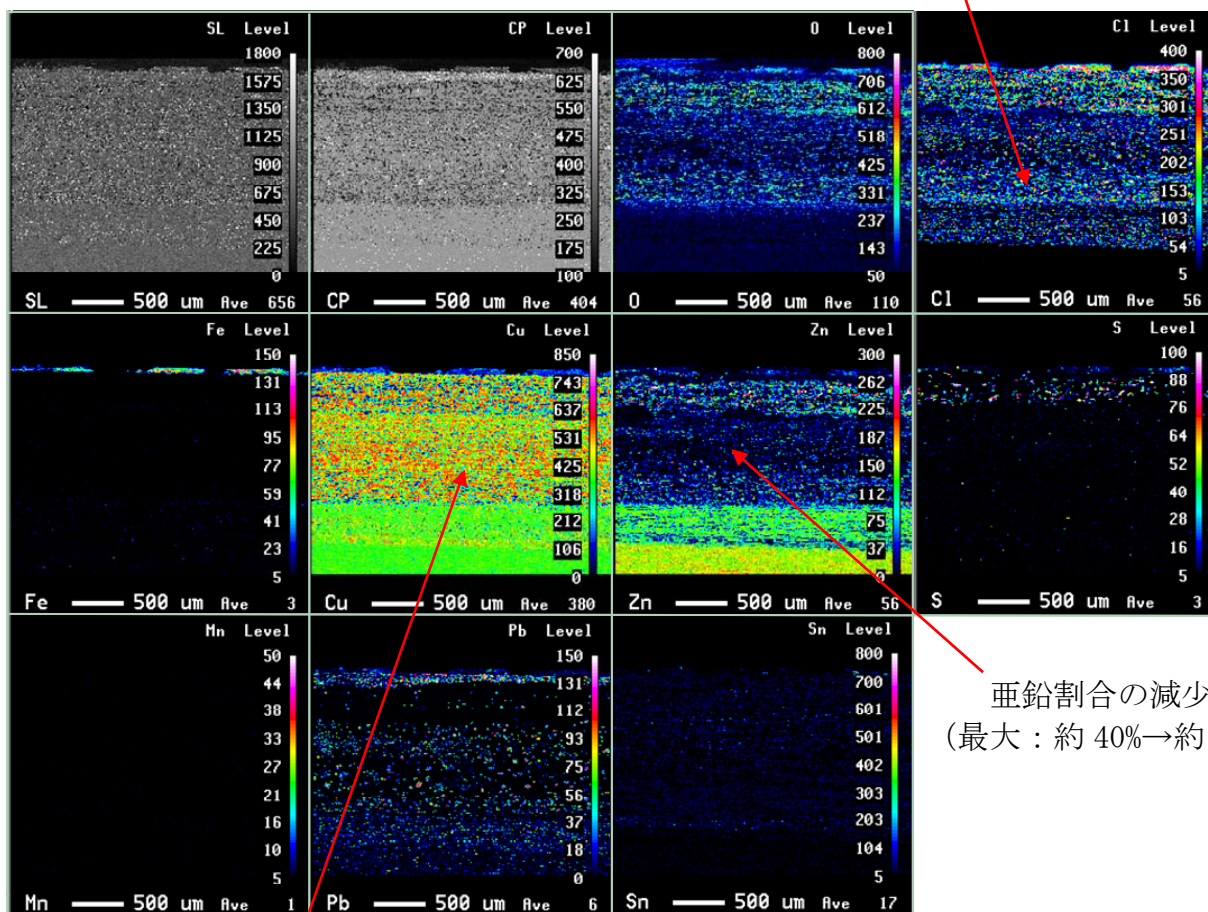




SL : 二次電子像

CP : 反射電子組成像

塩素の浸透

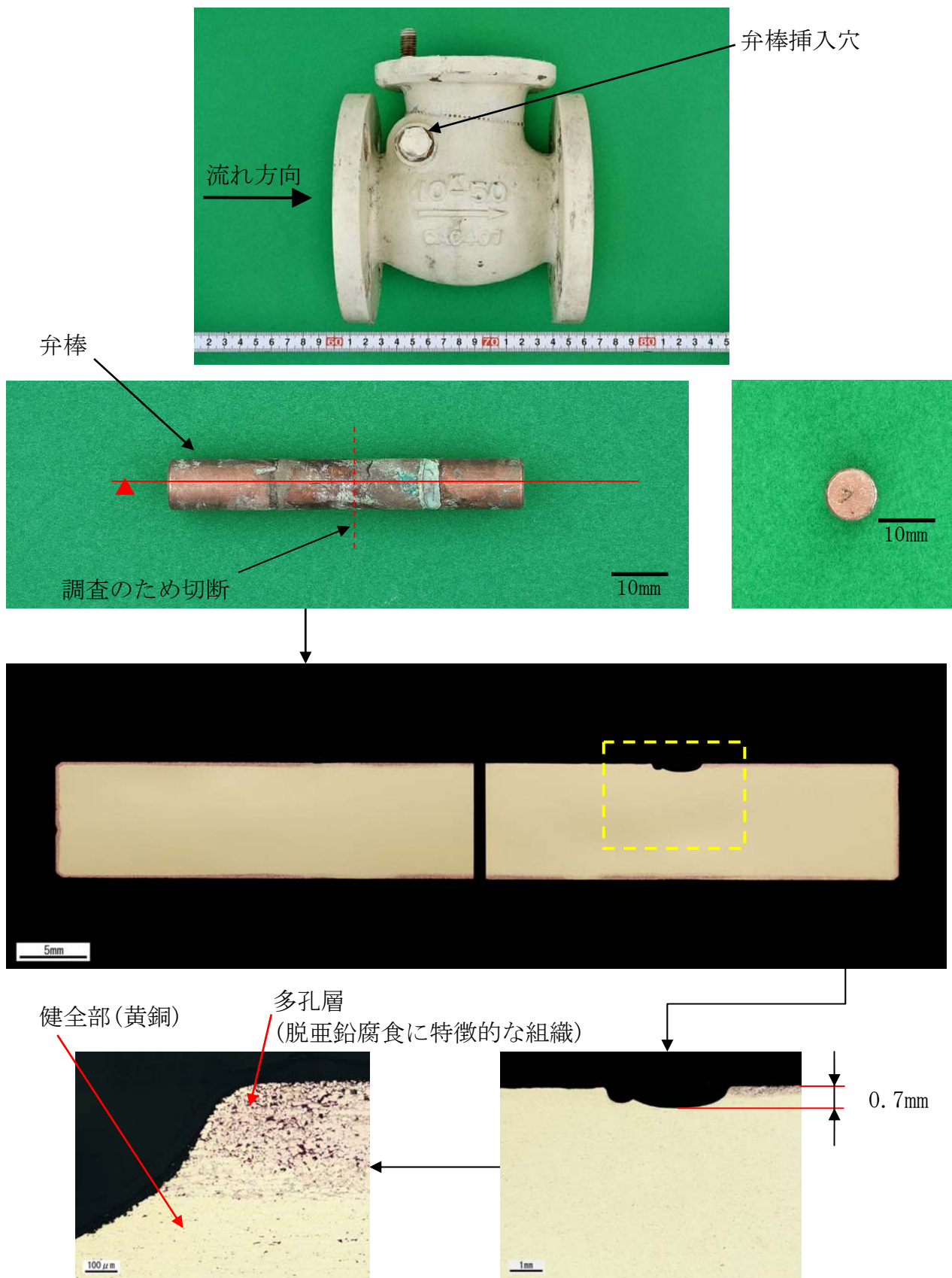


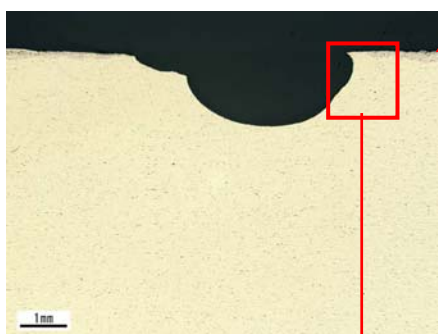
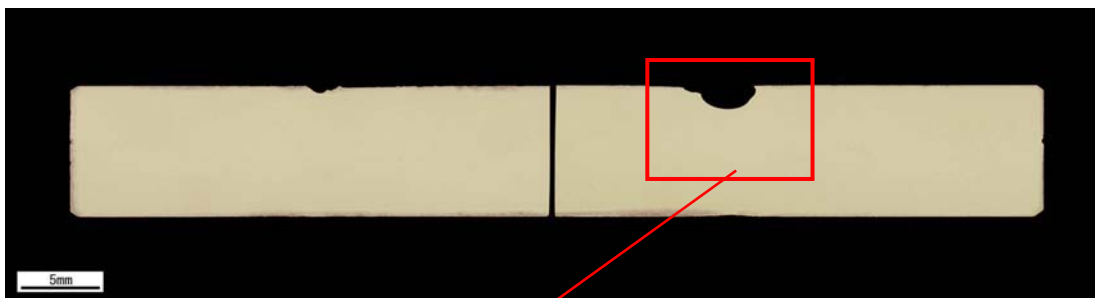
亜鉛割合の減少  
(最大: 約 40% → 約 5%)

銅割合の増加  
(最大: 約 60% → 約 90%)

断面元素分析結果

3号機海水ポンプ軸受潤滑水ライン逆止弁 弁棒金属調査状況  
(B系について示す)



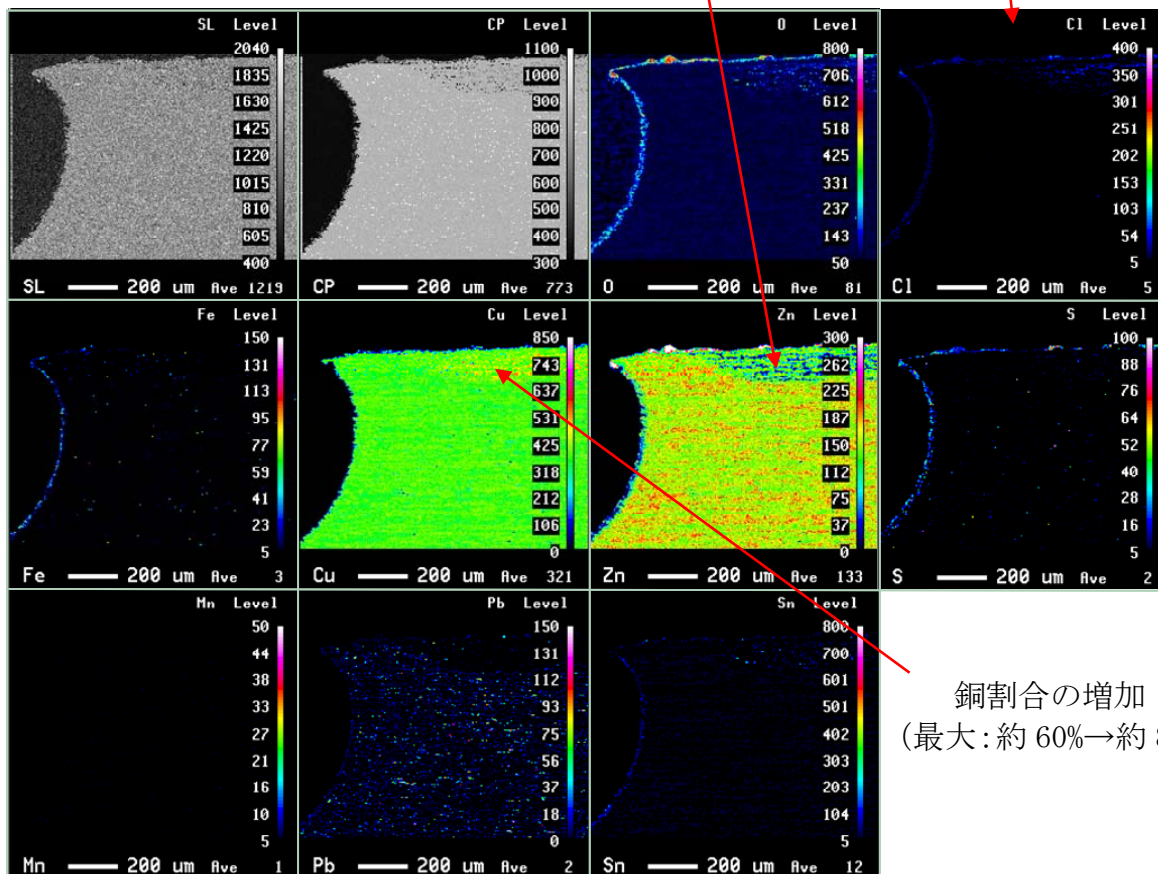


亜鉛割合の減少  
(最大:約 40%→約 20%)

塩素の浸透

SL : 二次電子像

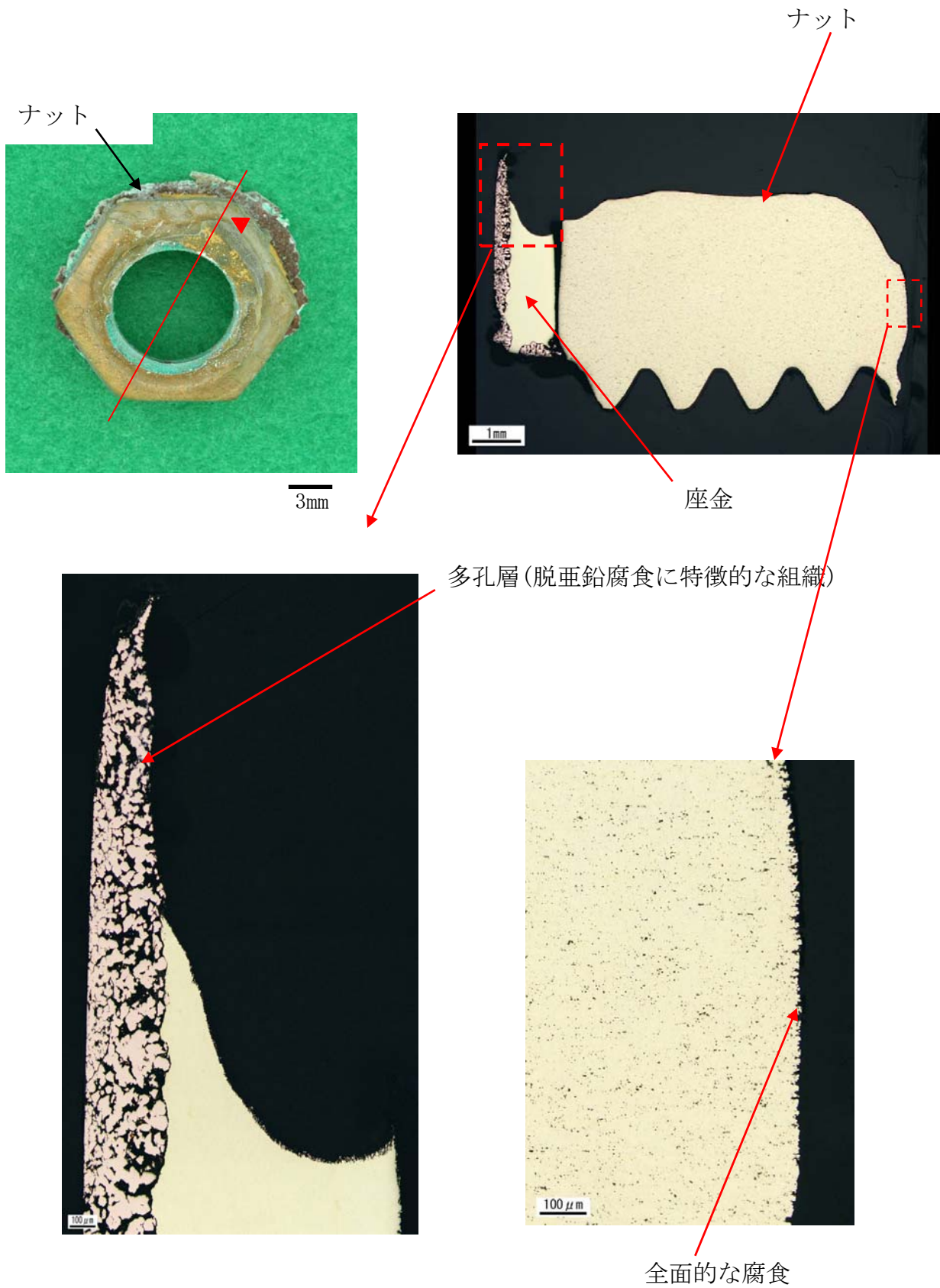
CP : 反射電子組成像

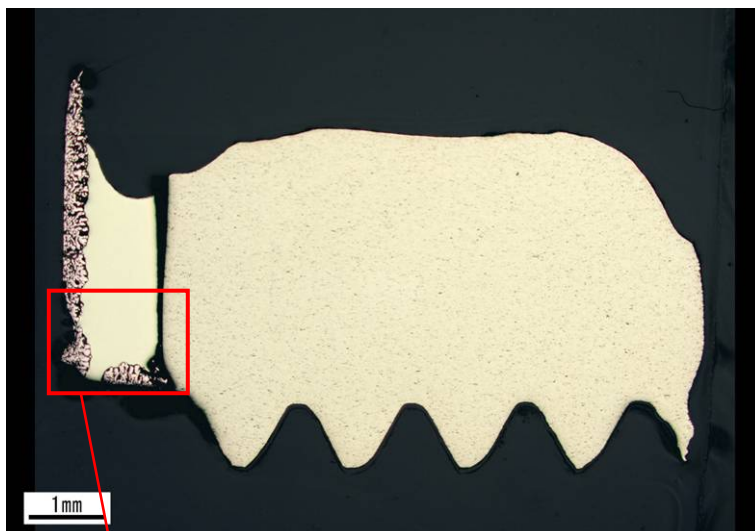


銅割合の増加  
(最大:約 60%→約 80%)

断面元素分析結果

3号機海水ポンプ軸受潤滑水ラインA系逆止弁のナット、座金の金属調査状況

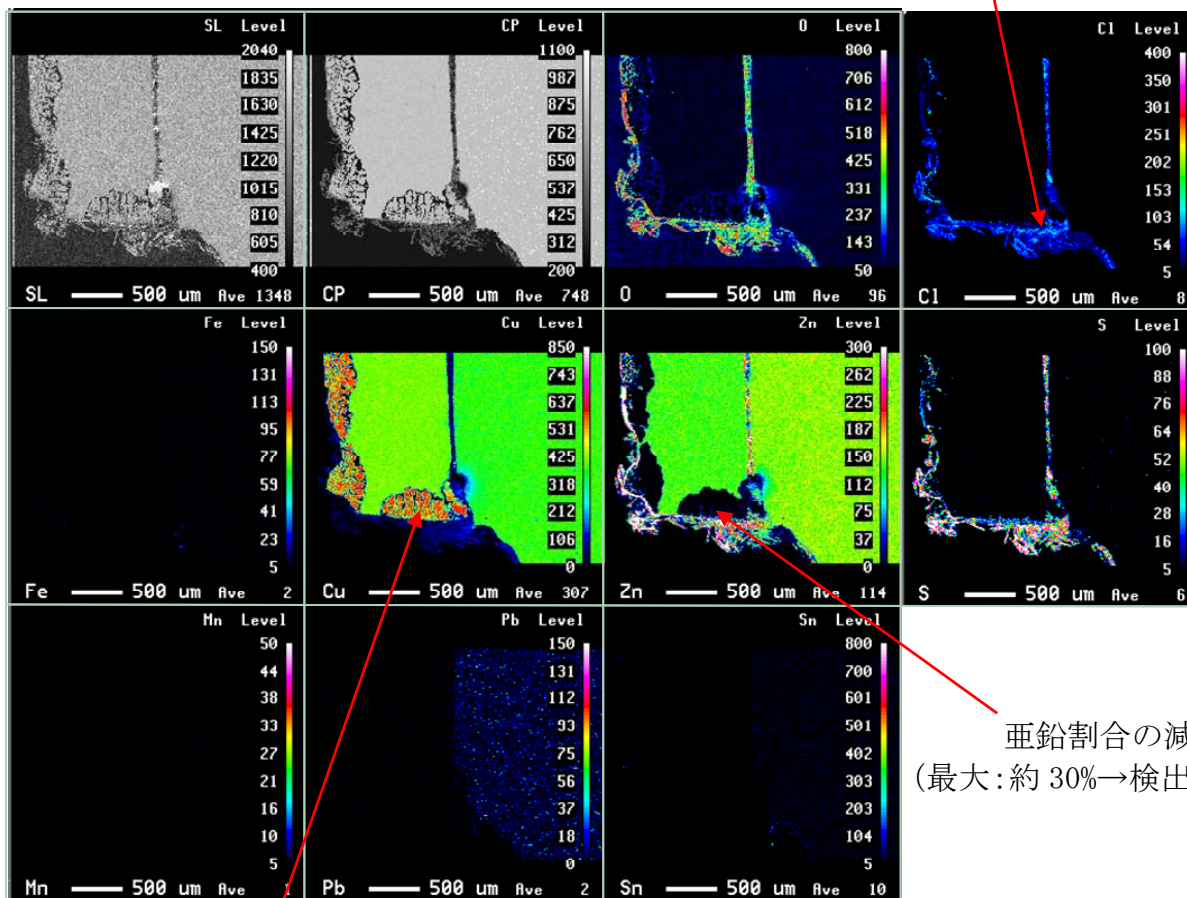




SL : 二次電子像

CP : 反射電子組成像

塩素の浸透



銅割合の増加  
(最大: 約 60% → 約 100%)

断面元素分析結果

亜鉛割合の減少  
(最大: 約 30% → 検出限界以下)

## 3号機潤滑水ストレーナで回収されたナットの元素分析結果

(潤滑水ストレーナで回収されたナット)

(%)

	Cu	Pb	Zn
元素分析結果	61.7	2.5	35.1
JIS 規格 (黄銅)	57.0～61.0	1.8～3.7	33.8～41.2

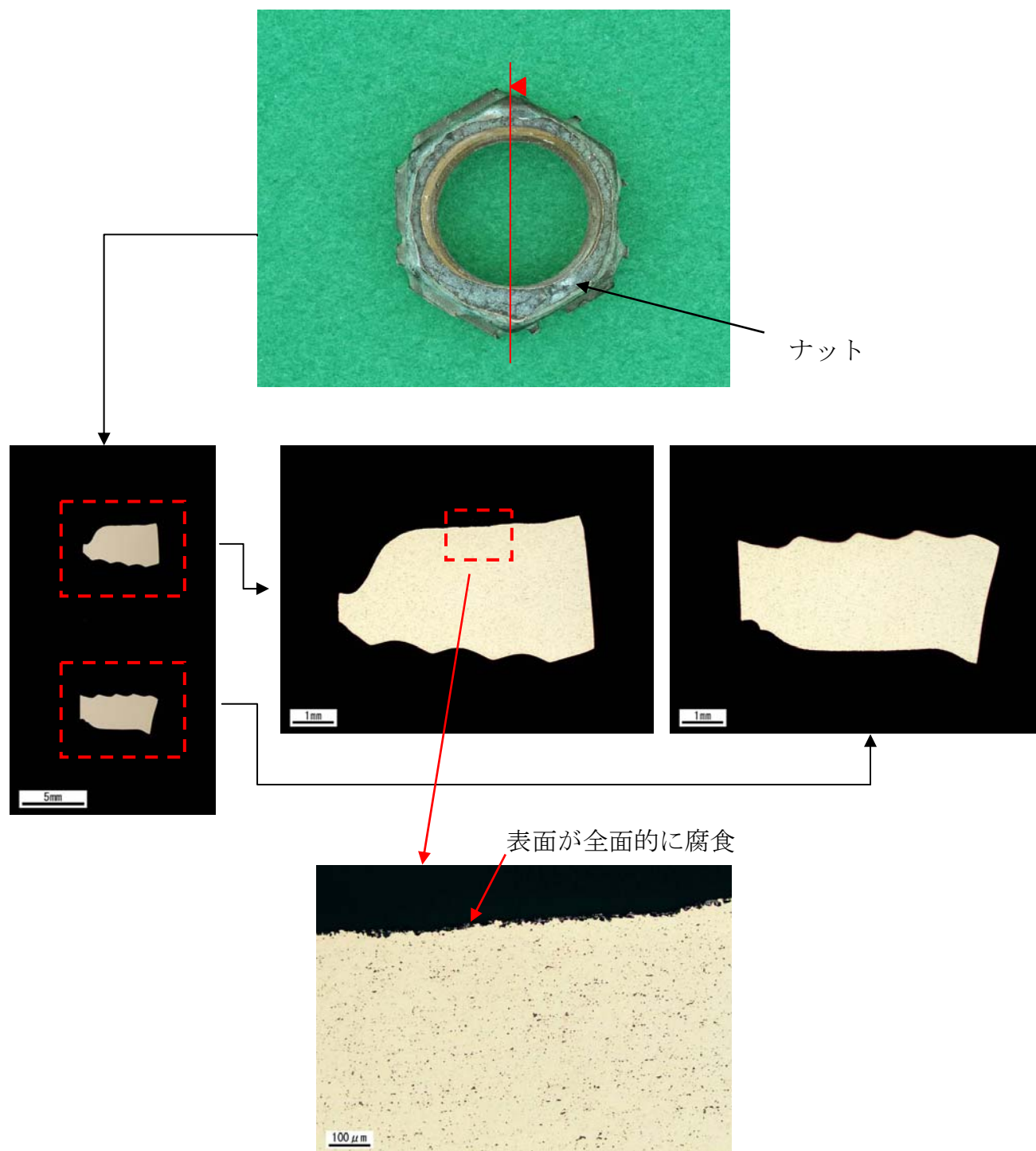
(海水ポンプ軸受潤滑水ラインA系逆止弁のナット)

(%)

	Cu	Pb	Zn
元素分析結果	61.7	2.8	34.9
JIS 規格 (黄銅)	57.0～61.0	1.8～3.7	33.8～41.2



3号機海水ポンプ軸受潤滑水ストレーナにおいて回収されたナットの金属調査状況



## A社製弁の点検について

型式	号機	使用環境	使用期間 (※1)	台数	点検数	点検結果 (※2)	分解後の外観	
逆止弁	1号機	微小通水	6ヶ月	4	4	弁棒の減肉	添付資料－9 (2／11)	
		間欠通水	6ヶ月	2	2	異常なし	添付資料－9 (3／11)	
	2号機	微小通水	16ヶ月	4	4	弁棒の減肉	添付資料－2	
		間欠通水	18ヶ月	1	1	異常なし	添付資料－9 (4／11)	
	3号機	微小通水	11ヶ月	2	2	異常なし (※3)	添付資料－9 (5／11)	
		常時通水 (全開)	11ヶ月	2	2	弁棒、ナット、 座金の腐食	添付資料－3	
		常時通水 (中間開度)	11ヶ月	12	12	異常なし	添付資料－9 (6／11)	
	玉型弁	1号機	流れなし (計器弁)	5ヶ月	1	1	異常なし	添付資料－9 (7／11)
			黄銅非接液 (ベント・ ドレン弁)	6ヶ月	1	0	—	
2号機		間欠通水 (ライン弁)	18ヶ月	1	1	異常なし	添付資料－9 (8／11)	
		流れなし (計器弁)	18ヶ月	15	15	異常なし	添付資料－9 (9／11)	
		黄銅非接液 (ベント・ ドレン弁)	18ヶ月	36	2	異常なし	添付資料－9 (10／11)	
3号機		流れなし (ライン弁)	11ヶ月	2	2	異常なし	添付資料－9 (11／11)	

※1. 使用期間が最大の弁について示す（平成24年3月末現在）

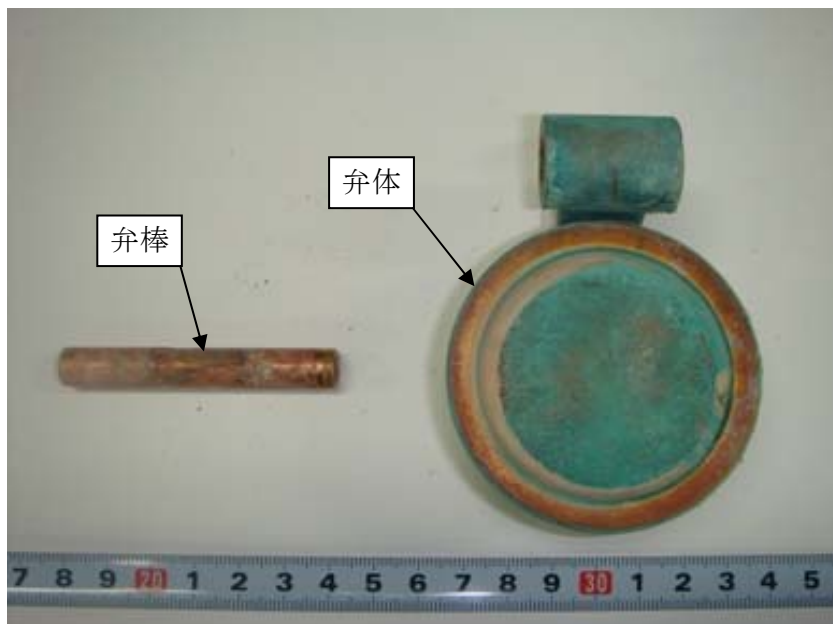
※2. 点検を実施する弁は、黄銅材料を使用している部品を青銅材料に取替え

※3. 黄銅材料を使用していない

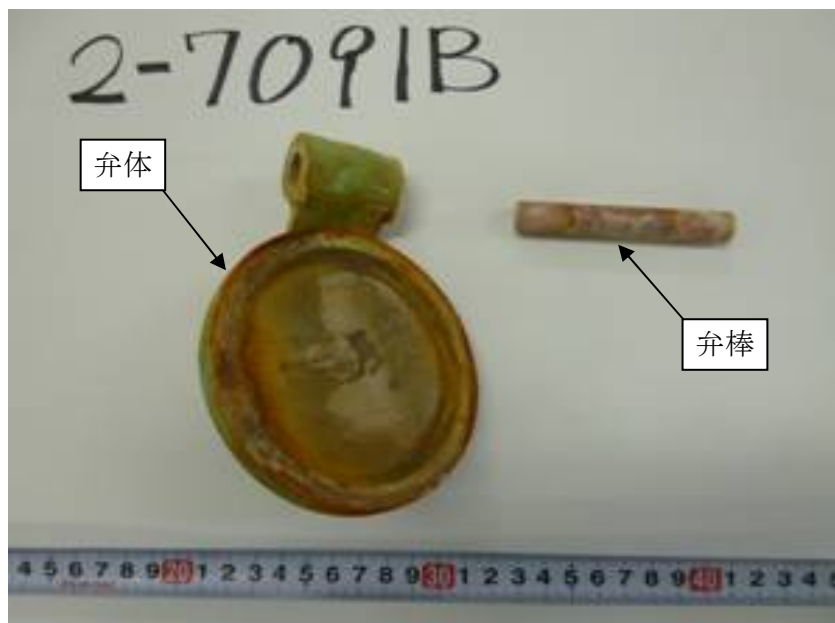
1号機海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁点検状況  
(1Aについて示す)



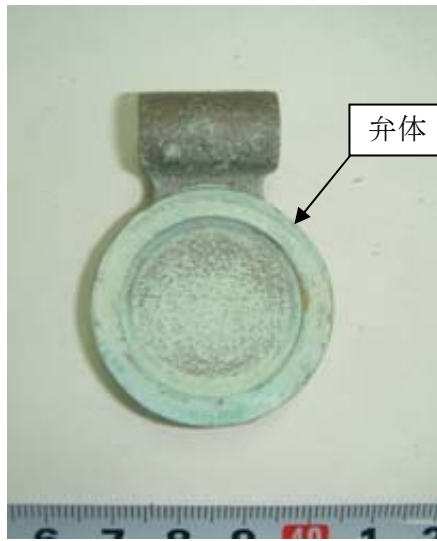
1号機廃液放出ライン逆止弁点検状況  
(1Bについて示す)



2号機湧水ライン逆止弁点検状況



3号海水ポンプ非常用潤滑水タンク出口ライン弁点検状況  
(3Cについて示す)



3号海水ポンプ軸受潤滑水入口逆止弁点検状況  
(3Bについて示す)



1号非常用ディーゼル発電機海水系計器弁点検状況



※：座金の破損は、分解作業において座金を取外す際に生じたもの  
(分解前の破損なし)



2号湧水ライン弁点検状況



2号原子炉補機冷却海水系計器弁点検状況  
(2Cについて示す)



2号原子炉補機冷却海水系ベント・ドレン弁点検状況  
(2Cについて示す)

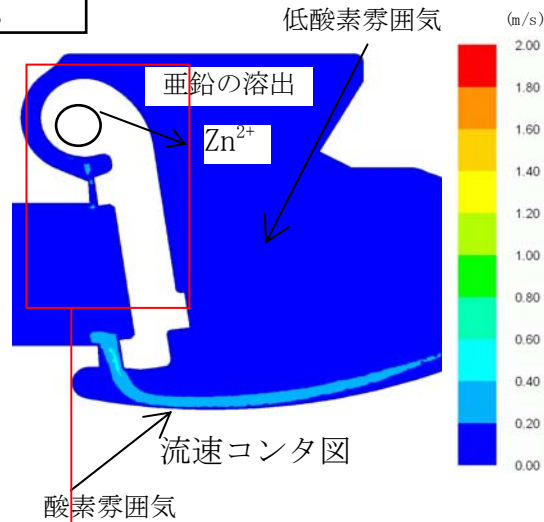


3号海水ポンプ軸受非常用補給弁バイパス弁点検状況  
(2Dについて示す)

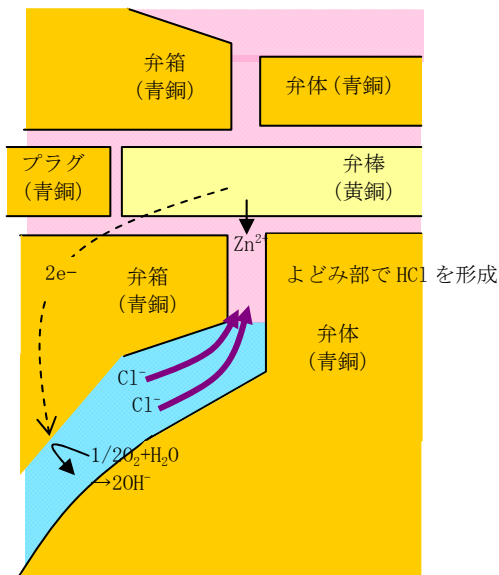


2号機海水ポンプ潤滑水タンク水供給逆止弁の弁棒腐食の推定原因

流動解析の結果、弁開度がわずかであるため、弁上部が滞留部となる。



水の滞留部（弁上部）では酸素が供給されず、低酸素雰囲気が維持される。一方、弁下部では弁体からの僅かな水流により酸素が供給される。



- 滞留部（低酸素雰囲気）と、弁箱及び弁体の水流部（高酸素雰囲気）で酸素濃淡電池が形成され、黄銅から亜鉛が溶出する。  

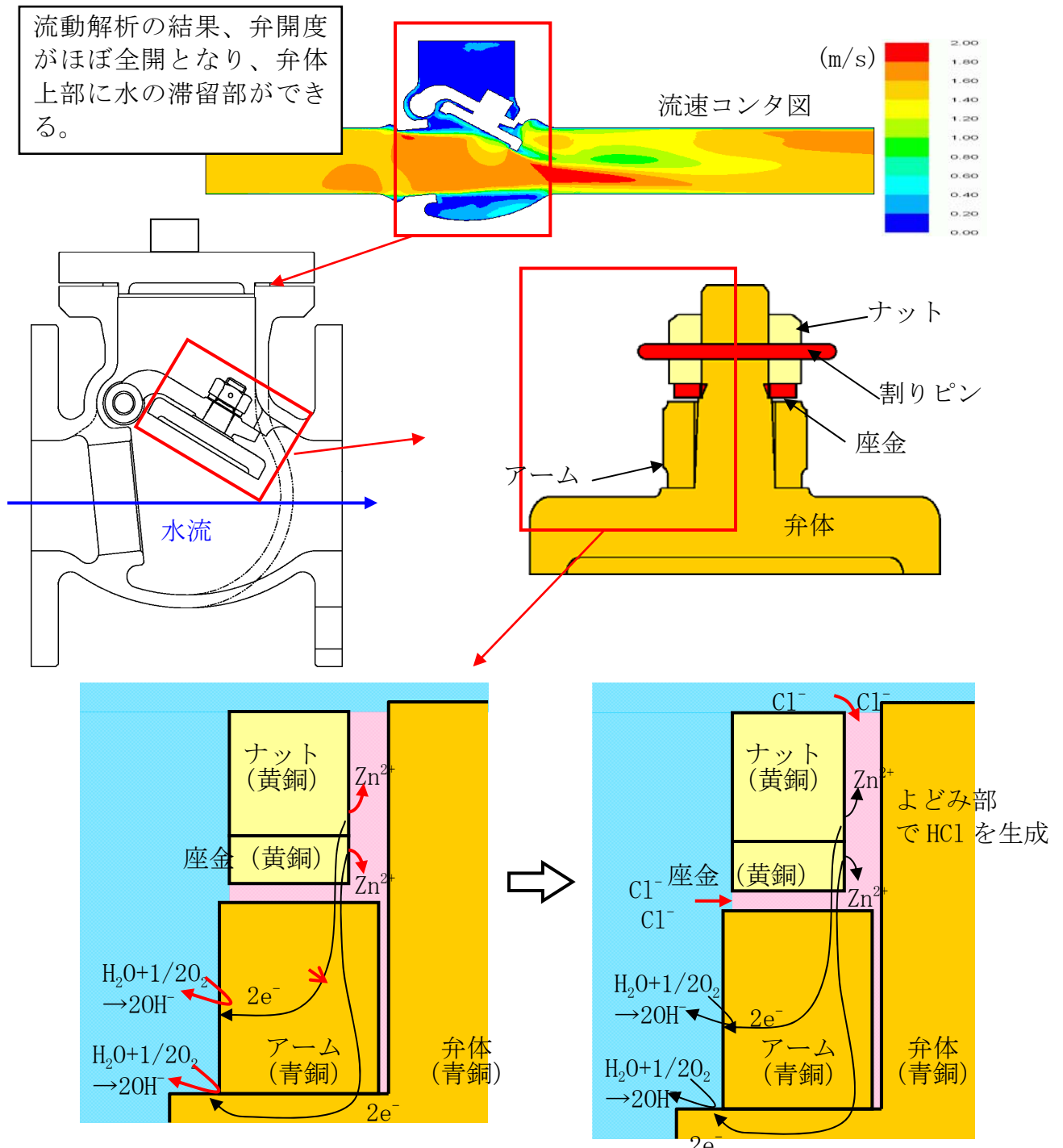
$$\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$$

$$\text{H}_2\text{O} + 1/2\text{O}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^-$$
- 亜鉛（陽イオン）と中性を保つため、低酸素部（すき間）へ海水中の Cl（陰イオン）の濃縮が進行する。
- 溶出した Zn と Cl が反応して塩化物を形成する。さらに、塩化物が加水分解することで酸性化する。  

$$\text{Zn}^{2+} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{ZnCl}_2$$

$$\text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl}$$
- 酸性化で黄銅の脱亜鉛腐食が進行する。

3号機海水ポンプ軸受潤滑水ライン逆止弁のナット等腐食の推定原因



- ナット、座金、割りピン周辺の滞留部（低酸素雰囲気）と、水流に晒される弁体、アーム部（高酸素雰囲気）との間に酸素濃淡電池が形成され、黄銅から亜鉛が溶出する。  

$$\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \quad \text{H}_2\text{O} + 1/2\text{O}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^-$$
- 亜鉛（陽イオン）と中性を保つため、すき間部へ海水中の Cl（陰イオン）の濃縮が進行する。
- 溶出した Zn と Cl が反応して塩化物を形成する。さらに、塩化物が加水分解することで酸性化する。  

$$\text{Zn}^{2+} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{ZnCl}_2$$

$$\text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl}$$
- 酸性化で黄銅の脱亜鉛腐食が進行する。