

伊方発電所第3号機  
変圧器消火装置の不具合について

平成25年3月  
四国電力株式会社

## 1. 件名

伊方発電所第3号機 変圧器消火装置の不具合について

## 2. 事象発生の日時

平成25年 1月 10日 14時40分 (確認)

## 3. 事象発生の設備

変圧器消火装置

## 4. 事象発生時の運転状況

第13回定期検査中

## 5. 事象発生の状況

伊方発電所第3号機は定期検査中のところ、変圧器消火装置の放水テストを実施したところ、放水ノズルから消火水が出なかったことから変圧器消火装置を確認した結果、1月10日14時40分、保修員が消火用水ラインに不具合があることを確認した。

調査のため、放水テストを再度実施した結果、消火ポンプを起動した状態で消火用水ラインの減圧弁下流の圧力上昇が認められなかったことから、減圧弁が下流側の設定圧力となるよう調整開となるべきところが、開とならなかったことにより、減圧弁の不具合が発生したと判断した。

その後、当該減圧弁の分解点検を実施した結果、圧力調整配管に異物があることを確認した。このため、異物の除去および圧力調整配管の清掃後、当該弁を復旧し、放水テストを実施したところ、正常に消火水が放水されることを確認したことから、1月16日14時45分、通常状態に復旧した。

なお、復旧までの間は、火災が発生した場合に備え、速やかに消火活動を行える体制を整えていた。

また、本事象による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

1月10日

14時03分	変圧器消火装置放水テスト開始
14時40分	保修員が変圧器消火用水ラインに不具合があることを確認
14時45分	消防自動車を待機
17時10分	再現性試験開始
18時30分	再現性試験終了

消火用水ライン減圧弁下流の圧力上昇が認められないことより、当該減圧弁の減圧不良であることを確認

1月11～1月15日

当該減圧弁の分解点検実施

1月16日

14時08分 放水テスト開始

14時31分 放水テスト終了

14時45分 通常状態に復旧

## 7. 原因調査

### (1) 減圧弁の分解調査

減圧弁の分解点検をした結果、弁を構成する圧力調整配管内の出口側ニードル弁下流側に異物(約1.0mm～約6.5mm)があることを確認した。

なお、当該減圧弁の弁体、弁箱、圧力調整用の弁(パイロット減圧弁、出口および入口ニードル弁)等に有意な腐食、劣化等の異常は認められなかった。また、圧力調整配管入口フィルタにおいては多少の錆の付着は確認されたが、目詰まり等は確認されなかった。

(添付資料-2)

### (2) 異物の成分調査

圧力調整配管内にて確認された異物について、元素分析を実施した結果、鉄が主成分として検出された。

(添付資料-3)

### (3) 減圧弁廻りの機器調査

減圧弁上流配管および下流配管、下流のストレーナ(網目径:約0.5mm)および下流の仕切弁について内部確認を実施した。当該弁上流配管および下流配管(炭素鋼)の内部に錆の付着が確認されたが、減肉等は認められなかった。当該弁下流のストレーナ内については、消火用水配管からのものと考えられる錆が確認された。当該弁下流の仕切弁については腐食、劣化等の異常は認められなかった。

(添付資料-4)

なお、当該弁下流のストレーナの錆および減圧弁圧力調整配管内にて確認された異物は、成分分析を実施した結果、鉄が主成分であったこと、減圧弁に腐食等の異常が認められなかったことから、炭素鋼製である消火用水配管内面から発生した錆と考えられる。

### (4) 異物流入経路の調査

圧力調整配管の出口側ニードル弁下流側で発見された異物は、成分分析の結果から、消火用水配管からの錆と考えられることから、その流入経路について調査を行った。

・ 出口側ニードル弁上流側からの流入については、圧力調整配管入口にはフ

フィルタが設置されており、その網目径は約 0.5mm であることから、異物が混入するとは考え難い。また、圧力調整配管入口フィルタから出口側ニードル弁までの圧力調整配管と弁の材質はステンレス鋼または銅合金であり、確認された異物が発生するとは考え難い。

- ・ 出口側ニードル弁下流側からの流入については、以下の通り異物の流入が考えられる。消火装置の放水テスト停止時には、停止に伴い当該減圧弁下流に設置されている消火装置の一斉開放弁が閉じ、それに伴い当該減圧弁も閉じる。この時点では減圧弁の上流側および下流側共に消火ポンプ出口圧力(約 1MPa)となる。その後、消火ポンプを手動停止することにより、当該減圧弁上流側は消火ポンプの水源であるろ過水貯蔵タンクの水頭圧(約 0.4MPa)まで降圧される。よって、当該減圧弁下流から消火装置一斉開放弁の間は消火ポンプ出口圧力(約 1MPa)が一時的に封じ込まれた状態となる。このため、当該減圧弁下流側が当該減圧弁上流側より一時的に圧力が高い状態となり、均圧されるまで圧力調整配管を通して当該減圧弁下流から上流への流れが生じ、出口側ニードル弁下流にはフィルタはないことから、出口側ニードル弁下流側から、消火用水配管の錆または下流のストレーナ内の錆が流入し得ると考えられる。

(添付資料-5)

#### (5) 保守状況の調査

変圧器消火装置については、1回/年の周期で定期点検を実施しており、また、2回/年放水テストを実施して、機能確認を実施している。

当該減圧弁について至近では、平成24年8月に放水テストを実施しており、その際に、当該減圧弁の減圧制御に若干の遅れ(圧力追従の遅れ)が認められたため、平成24年10月に分解点検を実施していた。その際には弁体、パイロット減圧弁の分解点検は実施していたが、圧力調整配管およびニードル弁は分解点検は実施していなかった。なお平成4年の変圧器消火装置設置以降約20年間、当該減圧弁に減圧制御等の異常は確認されず、また点検周期を持たない弁であるため、それまでの間点検は実施していなかった。

また当該減圧弁下流側のストレーナについては、1回/年ストレーナ内の清掃を実施している。

#### (6) 異物の付着により減圧弁が開かないメカニズムの検討

ニードル弁は隙間が狭隘(約1mm程度)であり、今回確認された異物は幅が最大で6.5mmあることから、仮にニードル弁付近に付着した場合、圧力調整配管は閉塞することになる。閉塞した場合、入口側ニードル弁下流側圧力が当該弁上流側圧力と同等となり、バネ力が加わって当該弁を押し下げる力が押し上げる力より強くなる。

このため、ニードル弁に異物が詰まった場合は、当該減圧弁は閉止することとなる。

(添付資料-5)

## 8. 推定原因

平成4年の変圧器消火装置設置以降、炭素鋼製である消火用水配管内面において徐々に消火用水配管から発生した錆が剥離して、年に2回実施している消火装置の放水テスト後の消火水の圧力差により当該減圧弁の圧力調整配管に下流側から流入し、約20年の間に異物として徐々に狭隘なニードル弁付近に蓄積していった結果、今回の変圧器消火装置放水テストを実施した時に圧力調整配管が閉塞に至ったことにより、減圧弁が正常に開動作せず消火水が出なくなったものと推定される。

## 9. 対策

- (1) 当該減圧弁について、分解点検を実施するとともに、圧力調整配管内の異物の除去および当該弁の清掃を実施し、放水テストにて正常に動作する事を確認した。
- (2) 今後、当該減圧弁については、5年に1回定期的に分解して清掃を実施する。
- (3) 消火用水配管に設置されており、錆が詰まる可能性がある同型式の減圧弁（圧力調整配管付き減圧弁）である3号機消火ポンプ冷却水減圧弁1台については、速やかに点検を実施し、今後当該減圧弁同様に、5年に1回定期的に分解して清掃を実施する。

以 上

## 添 付 資 料

添付資料－ 1 伊方発電所 3 号機 消火用水系統概略系統図

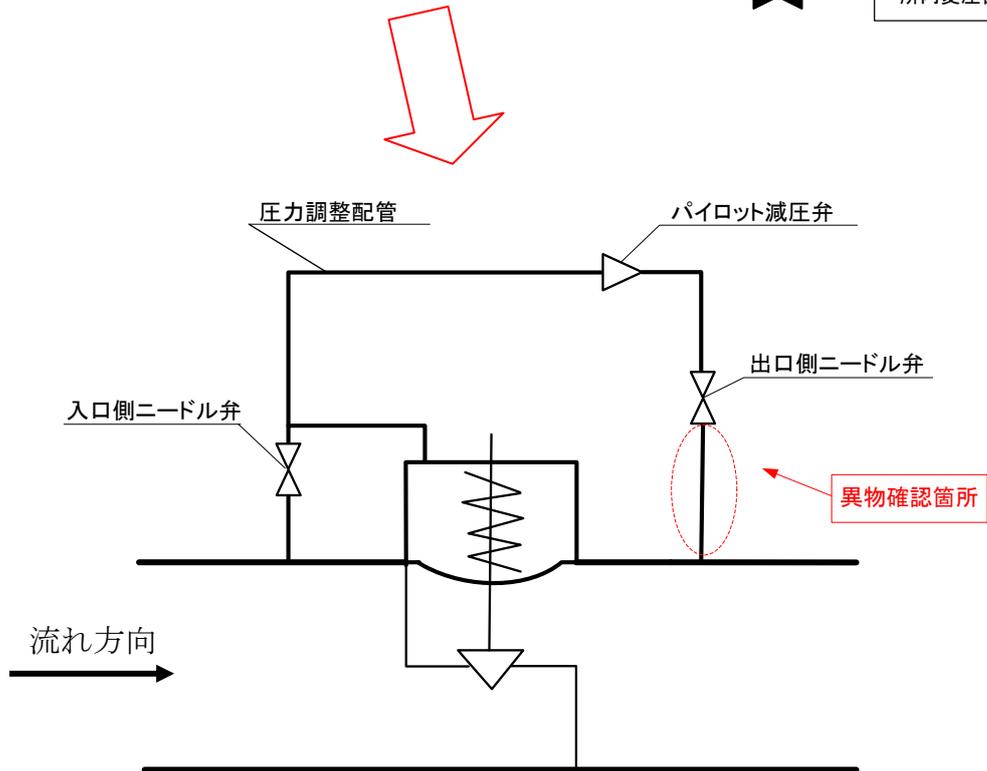
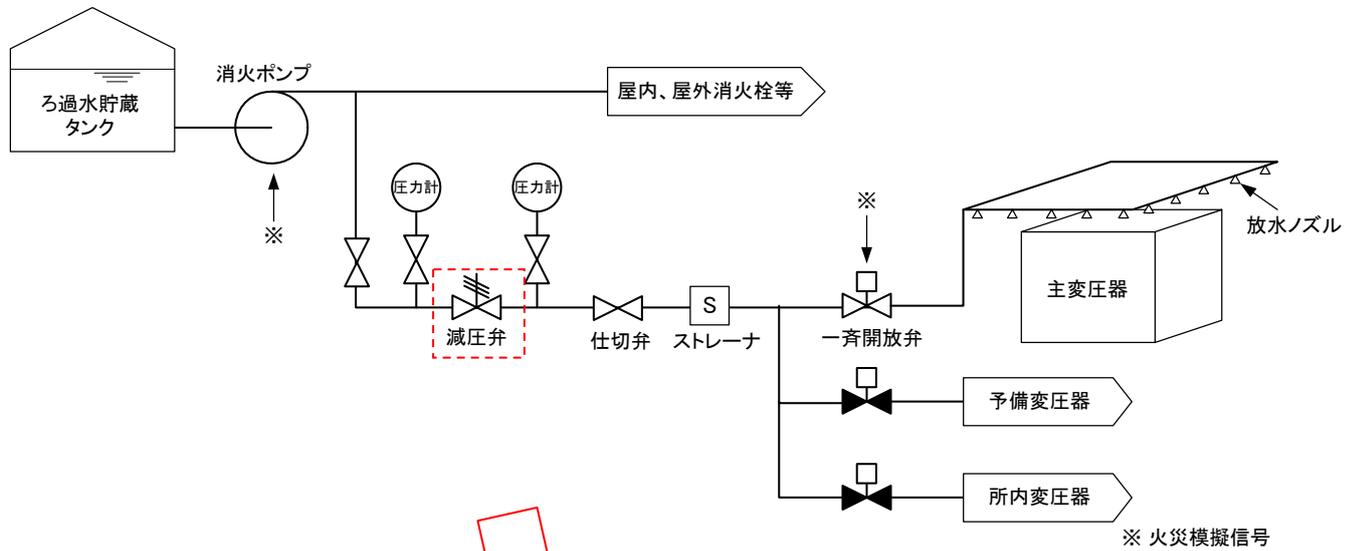
添付資料－ 2 圧力調整配管内の異物状況

添付資料－ 3 圧力調整配管内部で確認された異物の分析結果

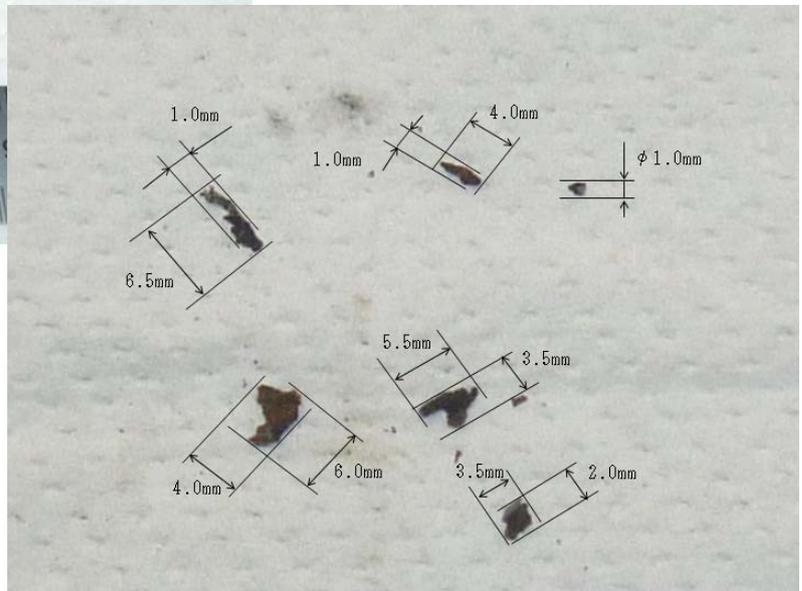
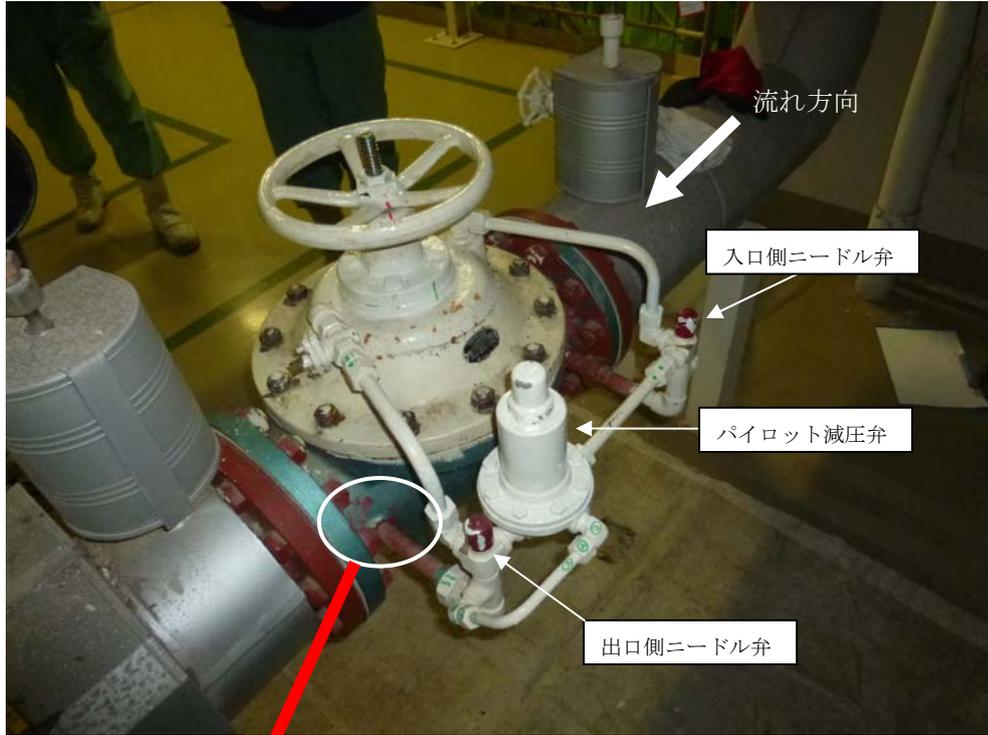
添付資料－ 4 減圧弁廻り点検状況

添付資料－ 5 異物混入時の減圧弁の不動作メカニズム

伊方発電所3号機 消火用水系統概略系統図



### 圧力調整配管内の異物状況



## 圧力調整配管内部で確認された異物の分析結果

(減圧弁の圧力調整配管内で確認された異物)

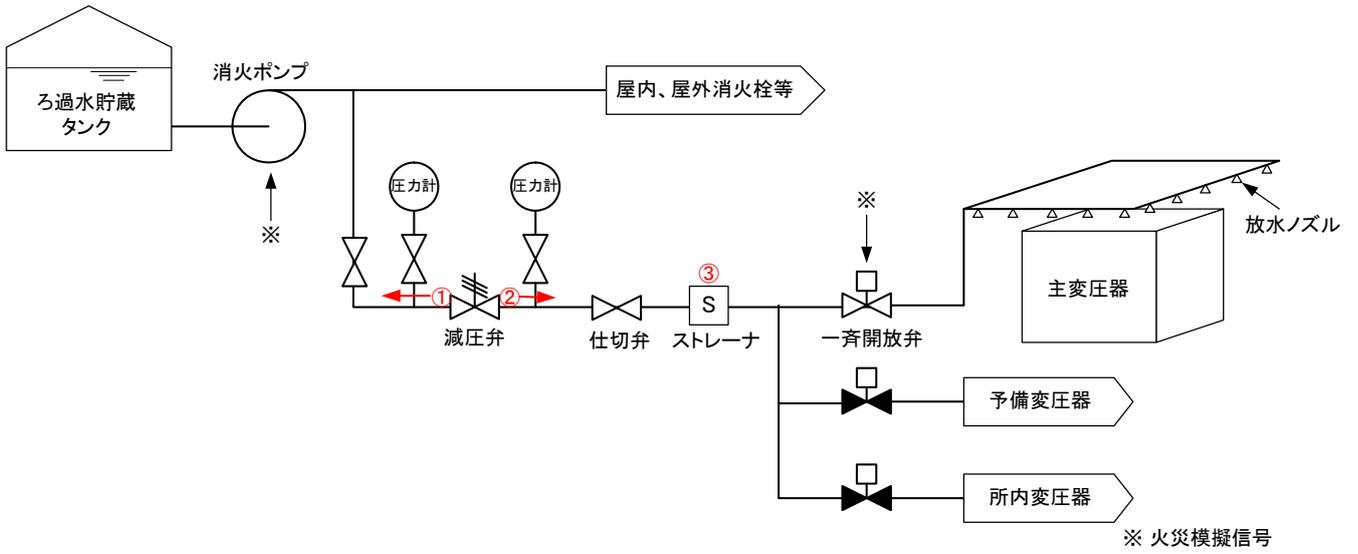
(%)

	Fe	Zn	Pb	Cu
異物分析結果	67	6.5	<1	<1
(参考) 錆分析結果※	72	—	—	—

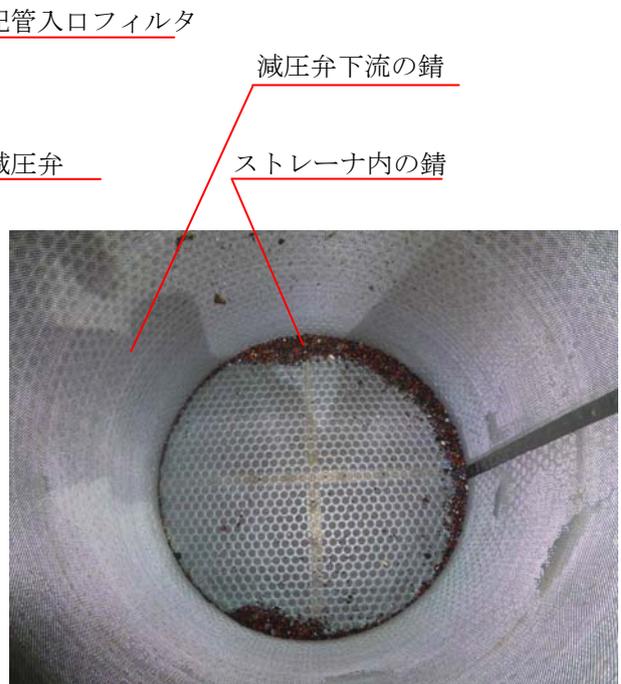
※当該減圧弁下流のストレーナで確認された錆の元素分析結果

減圧弁の圧力調整配管内にて確認された異物は主成分が鉄であり、減圧弁下流のストレーナで確認された錆と同様の成分であること、また減圧弁に腐食、劣化等の異常が認められなかったことから、圧力調整管内の異物は炭素鋼製の消火用水配管の錆と推定される。なお、圧力調整配管内にて確認された異物の成分に、Znが検出されたが、これは圧力調整配管の出口側ニードル弁の青銅成分または消火用水配管の内面のメッキ成分に含まれており、その僅かな腐食成分が異物に付着したものと考えられる。

### 減圧弁廻り点検状況



①減圧弁上流配管内部



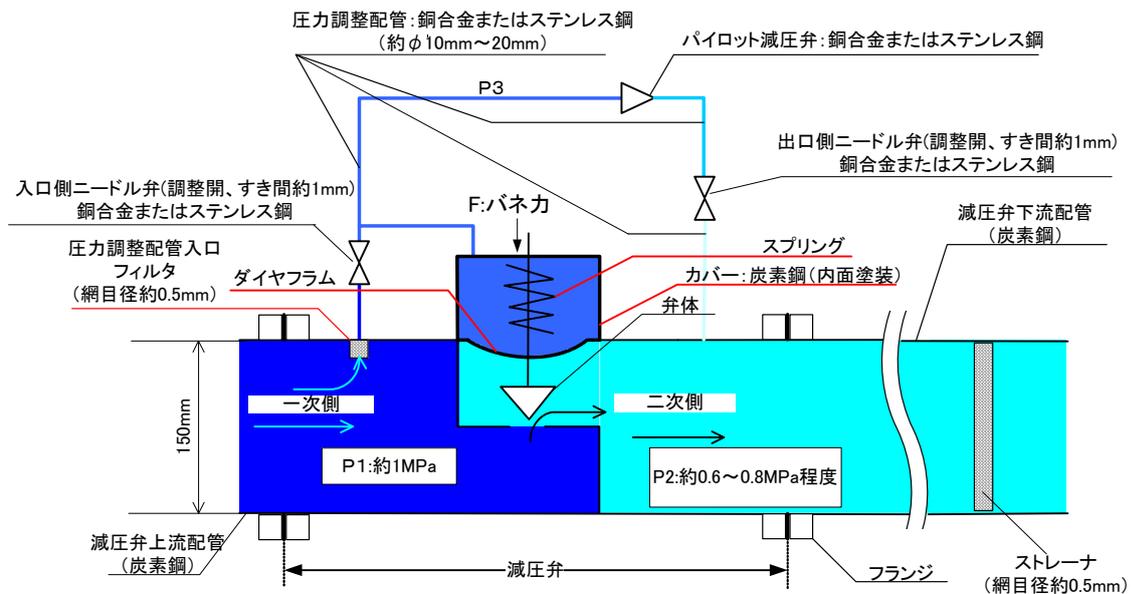
③減圧弁下流のストレーナ



②減圧弁下流配管内部

## 異物混入時の減圧弁の不動作メカニズム

### ◎ 正常状態の減圧弁の動作の仕組み



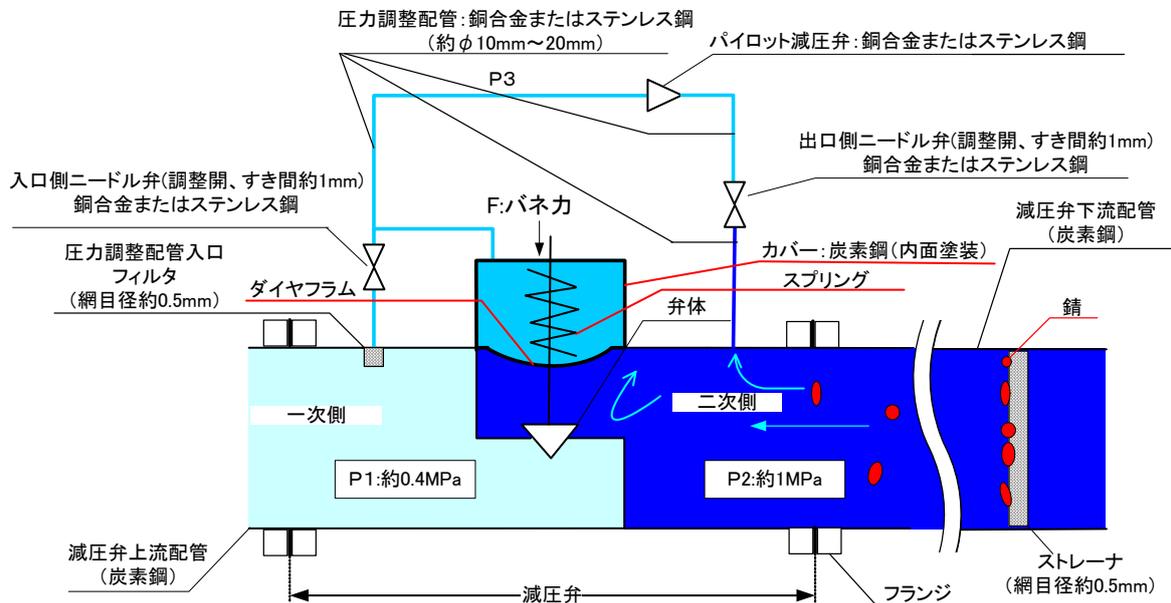
正常時は下記圧力の釣り合いにより、二次側の圧力が一定に減圧されている。

$$\text{開弁力 } (P1 - P2) = \text{閉弁力 } (F + P3)$$

## 異物混入時の減圧弁の不動作メカニズム

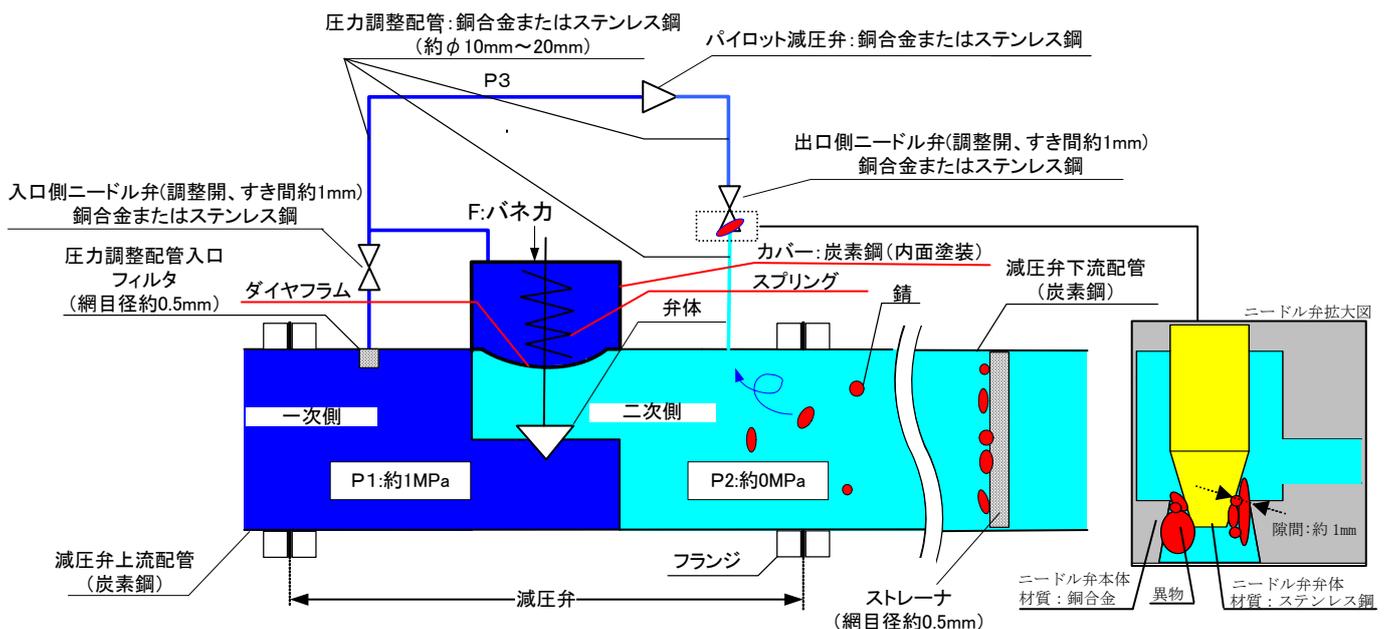
### ◎異物混入時の減圧弁の不動作の仕組み

#### 過去の放水試験時における異物の状態



配管を通り、二次側から一次側に流れが生じ  
 消火ポンプ停止後、P1の圧力は過水貯蔵タンク水頭圧まで低下し、 $P1 < P2$  となる  
 この状態で主弁は閉じているため圧力調整配管を通り、二次側から一次側に流れが生じる

#### 不具合発見時の異物の状態



異物が出口側ニードル弁に詰まった状態で、放水試験を実施した場合  
 $P1 = P3$  となり  
 $開弁力(P1 - P2) < 閉弁力(F + P3)$  となり閉弁力が開弁力にまさり、弁は開しない