

伊方発電所第3号機  
硫酸第一鉄溶解タンク廻りの溢水について

平成28年 2月  
四国電力株式会社



1. 件 名

伊方発電所 3号機 硫酸第一鉄溶解タンク廻りの溢水について

2. 事象発生の日時

平成27年10月 5日 12時30分 (確認)

3. 事象発生の設備

伊方発電所 3号機硫酸第一鉄溶解タンク

4. 事象発生時の運転状況

3号機 第13回定期検査中

5. 事象発生の状況

伊方発電所 3号機は定期検査中のところ、硫酸第一鉄<sup>\*1</sup>溶解タンク（以下、「タンク」という。）において硫酸第一鉄（粉末）を水で溶かすための注水作業中にタンクの水位計の指示上昇が止まったことから注水状況を確認していた時に、当該水位計の指示が急上昇し、平成27年10月5日11時58分に硫酸第一鉄注入装置の異常（溶解タンク水位レベル高）を示す信号が発信するとともに、同日12時30分に保修員がタンクからオーバーフローしていることを確認した。さらに、オーバーフローした硫酸第一鉄溶液が防液堤内に溜まっており、防液堤排水枡が排水不良の状態であることを確認した。

注水作業を実施していた作業員がタンク水張弁を閉止したことによりオーバーフローは停止しており、オーバーフローした硫酸第一鉄溶液はタービン建屋常用排水ピットへ流入および拭き取りにより全量（約80リットル）を回収し、総合排水処理装置において処理した。

その後、タンクの水位検出部および防液堤排水枡の点検を実施した結果、水位検出部に異常はなく動作状態も良好であったが、防液堤排水枡（排水配管）に詰まりが見られたことから、詰まっていた固形物を除去した。また、事象発生から平成27年10月27日までの間、タンク上部より目視で水位を確認しながら硫酸第一鉄を水で溶かすための注水作業により、タンクの水位計の動作状況を確認した結果、タンクの水位計に異常のないことを確認した。

(添付資料-1)

\* 1 硫酸第一鉄

原子炉補機冷却水系統等の熱交換器の海水側細管の保護被膜形成のため注入している薬品。

6. 事象の時系列

平成27年10月 5日

11:31 硫酸第一鉄溶解作業開始

11:51 タンク希釈開始

11:58 硫酸第一鉄注入装置

「硫酸第一鉄溶解タンク3号レベル高」警報発信

オーバーフローを停止するため作業員がタンク水張弁を閉止

12:30 漏えいを保修員が確認

13:55 床面清掃開始

14:10 床面清掃終了

7. 影響調査

オーバーフローした硫酸第一鉄溶液は、硫酸第一鉄注入装置の防液堤（約3m×約3m）に溜まっており、発電所外への漏出はなかった。

8. 調査結果

タンク廻りの溢水に至った防液堤排水枡の排水不良の原因およびタンク水位計の動作不良によってタンクがオーバーフローした原因について、以下の調査を行い、要因の検討を実施した。

(溢水に関する調査)

(1) 防液堤内の排水枡および排水枡排水配管（以下、「排水配管」という。）の調査

a. 目視およびファイバースコープによる点検

目視およびファイバースコープを用いて、排水枡および排水配管の内部を調査した結果、排水枡には異常は認められなかったが、排水配管に堆積物があることを確認した。

b. 排水配管の点検

ファイバースコープによる確認にて堆積物が認められたことから、排水配管を切断し調査した結果、堆積物によって閉塞ぎみになっていることを確認した。

排水配管については、堆積物除去、清掃実施後復旧し、排水枡からの排水状況に異常のないことを確認した。

(添付資料－ 2)

c. 保守状況調査

通常、タンク等については防液堤を備えていることからプラント停止・起動時に使用しない排水配管は閉塞した場合のプラントへの影響が小さいため点検頻度を特に定めておらず、当該排水配管も点検は実施していない。当該排水配管は平成2年に設置しており、建設時より排水作業で使用しているが、今回初めて詰まりが確認されたものである。

なお、3号機の2次系通水確認(※)の事前対応として、2次系通水確認で使用しない排水枡も含めた排水配管の点検を計画し、当該排水枡は10月8日に実施予定であった。

(※) 3号機(2次系設備)において、長期保管の適切性および各設備の健全性を確認するために、平成27年11月中旬～12月下旬にかけて実施した点検。

d. 排水配管内堆積物の性状調査

堆積物は、大部分が濃褐色の粉末で、白色の結晶物と鱗片状の鉄錆らしきものが少量混ざっていた。

上記の物質を電子線マイクロアナライザーで元素分析したところ、

- ・濃褐色の粉末・・・・・・・・鉄、硫黄、酸素、カルシウム
- ・白色の結晶物・・・・・・・・カルシウム、酸素
- ・鱗片状の鉄錆らしきもの・・・鉄、酸素

であったことから、堆積物は硫酸第一鉄(主成分は鉄、硫黄、酸素)、セメント(主成分はカルシウム、酸素)、鉄錆(主成分は鉄、酸素)の混合物であると考えられる。

なお、硫酸第一鉄注入装置を設置している建屋の床に少量の埃があり、電子線マイクロアナライザーで元素分析したところセメント成分である

カルシウム、酸素が確認されたことから、堆積物中のセメントは建屋内の埃と思われる。

(添付資料－ 3)

(2) その他の排水枡および排水配管

a. 排水枡および排水配管の種類

類似排水枡として、薬品を含んだ排水が流れ込む防液堤内設置の排水枡が考えられるが、薬品を含んだ排水については、防液堤外へ通じる排水配管に弁を設け閉止することにより、原則として防液堤内に留め、ただちに排水しない設計としている。

しかし、当該排水枡は硫酸第一鉄溶液が排水された場合、当該タンクから3号機総合排水処理装置までの距離が近いとため直接排水する設計としており、排水を防液堤外へ直接排水している排水枡は、当該排水枡のみである。1, 2号機硫酸第一鉄タンクは1, 2号機総合排水処理装置までの距離が遠く沈澱池に排水する設計にしていなため、1, 2号機硫酸第一鉄タンク防液堤内に留めることとしている。

b. 排水枡および排水配管の点検状況

- ・プラントの停止・起動時に使用する排水枡は、プラント停止・起動操作において水抜き・水質調整等で多量の排水を行うため、プラント停止前に排水枡の健全性を確認している。
- ・プラント停止・起動時に使用しない排水枡は定期的な点検を実施していない。

(オーバーフローに関する調査)

(3) タンク水位計の調査

- a. 以下について点検を実施した結果、異常はなかった。

(添付資料－ 4)

①測定テープ案内滑車点検

がたつき、異物の付着はなかった。

②測定テープ点検

ねじれ、異物付着等も無く、異常はなかった。

③フロート点検

上部に硫酸第一鉄と思われる結晶付着(※)が見られたが、ガイド管と

フロートの隙間は約1cmあり結晶の影響は認められず、異常はなかった。

④水位計指示部点検

測定テープ巻取りで指示の引っ掛かり等の異常はなかった。

指示計内部の歯車に異物および損傷等の異常はなかった。

測定テープ巻取り機構に異物および損傷等の異常はなかった。

⑤スイッチ部点検

設定値が許容誤差内で動作することを確認した。

⑥指示確認

水位計のガイド管内に水を張り、指示を確認し引っ掛かり等の異常のないことを確認した。

(※) フロート上の結晶は、硫酸第一鉄と思われる。

フロート上部に結晶が見られた原因は、タンクがオーバーフローしていることから、水位計ガイド管上部にあるタンクにつながっている配管からの流入による付着や、ガイド管内壁面に付着した硫酸第一鉄溶液が乾燥し、その乾燥した硫酸第一鉄がはく離したことによりフロート上部に付着したことなどが考えられる。

b. 至近の点検は、平成25年6月10日に実施しており、異常のないことを確認した。

(4) 硫酸第一鉄溶解タンク水位計元弁等の点検

水位計指示の上昇停止や急上昇などの水位計フロートの動作異常が見られたため、溶解タンク～水位計元弁～水位計の流路に異常がないか点検を行った。

a. 溶解タンク～水位計元弁～水位計の流路点検

溶解タンク～水位計元弁～水位計の流路の状況確認のため、水位計元弁および水位計ドレン弁を開操作して、水位計元弁を含むタンクから水位計ドレン弁までの通水状況を確認した。

その結果、水位計元弁を含むタンクから水位計ドレン弁までの通水状況に異常は認められなかったことから、水位計元弁を含むタンク～水位計の流路には、水位計フロートの動作に影響を及ぼす要因がないことを確認した。

## b. 保守状況調査

タンク水位計元弁（点検周期：1回／10定検）については、平成19年9月13～20日（第10回定検時）に分解点検を実施して、異常のないことを確認している。

なお、タンク水位計ドレン弁（点検周期：1回／10定検）については、平成25年6月6～18日（第13回定検中）に分解点検を実施して、異常のないことを確認している。

## (5) 硫酸第一鉄溶解性確認試験

タンク水位計、タンク～水位計の流路点検の調査結果では異常が見られないことから、水位計の指示上昇が止まった原因として硫酸第一鉄未溶解分が水位計につながる配管や水位計元弁を一時的に閉塞させたことが考えられたため、硫酸第一鉄溶解性確認試験を行った。

試験の結果、最初は大半の硫酸第一鉄は溶けずにビーカの底に堆積し、全て溶解するために一定時間を要したことから未溶解分が水位計につながる配管や水位計元弁を一時的に閉塞させた可能性がある。

なお、硫酸第一鉄の投入量はタンク水量より定めており、最終的に溶解可能な量を投入している。

(添付資料－5)

## (6) 状況調査

作業員は、硫酸第一鉄溶解作業（1人作業）開始のため中央制御室へ溶解作業開始を連絡した後、要領書の手順通りに溶解作業を始めた。

タンク上部の投入口より硫酸第一鉄 40kg(20kg／袋×2袋)を投入後にタンク水張弁を「開」として、水位計指示を見ながら目標水位まで注水を開始した。

注水開始当初は、水位計の指示上昇が見られたものの、水位計の指示 0.5m 付近で指示上昇が止まったためタンク水張弁の開度を増したが、水位計の指示に変化が見られなくなった。

このため、水位計のチェック等を実施していたところ水位計の指示が一気に上昇したためタンク水張弁を閉止した。この時、水音が聞こえたのでタンクの周りを見ると、硫酸第一鉄注入装置防液堤内に硫酸第一鉄溶液が溜まっており、直ちにその状況を上長に報告した。

その後、中央制御室より硫酸第一鉄注入装置警報発信の連絡を受けたため、硫酸第一鉄注入装置の現地制御盤を確認したところ「硫酸第一鉄溶解タンク 3号レベル高」警報発信を確認した。



保修員が現地を確認したところ、硫酸第一鉄溶液がタンクからオーバーフローし、防液堤内に溜まっていた。

## 9. 推定原因

防液堤内排水枡からの溢水の原因は、硫酸第一鉄注入装置の設備点検等に伴う硫酸第一鉄を含んだ排水と防液堤内の埃（成分はセメント）が排水配管に流入し排水配管内面の鉄錆と混ざり徐々に堆積していき、排水配管が閉塞ぎみになったものと考えられる。

また、オーバーフローの原因は、水位計周りの設備に異常がなく硫酸第一鉄を溶解するための注水作業中にタンク水位計の動作が止まっていることから、硫酸第一鉄の未溶解分がタンク底部の水位計につながる配管や水位計元弁を一時的に閉塞させ水位計への水の流れが止まり、水位計が正しく動作しない状況のまま注水を続けたため、オーバーフローしたものと考えられる。

## 10. 対策

(1) タンク 3 号の防液堤内の排水枡について、排水配管内の堆積物除去および清掃を実施し、当該排水枡の排水状況に異常のないことを確認した。

(2) タンク 3 号の防液堤内の排水枡の点検について、これまで排水不良が見られた場合に点検を実施することとしていたが、タンクの点検周期（1回／6定検）に併せて定期的に排水状況の確認を実施することとし、タンク点検の要領書を改訂する。

なお、1，2号機については、プラントの系統を隔離しており、水（薬品を含む）が排水される状況ではないが、念のため、3号機と同様に排水配管に対して点検を実施する。

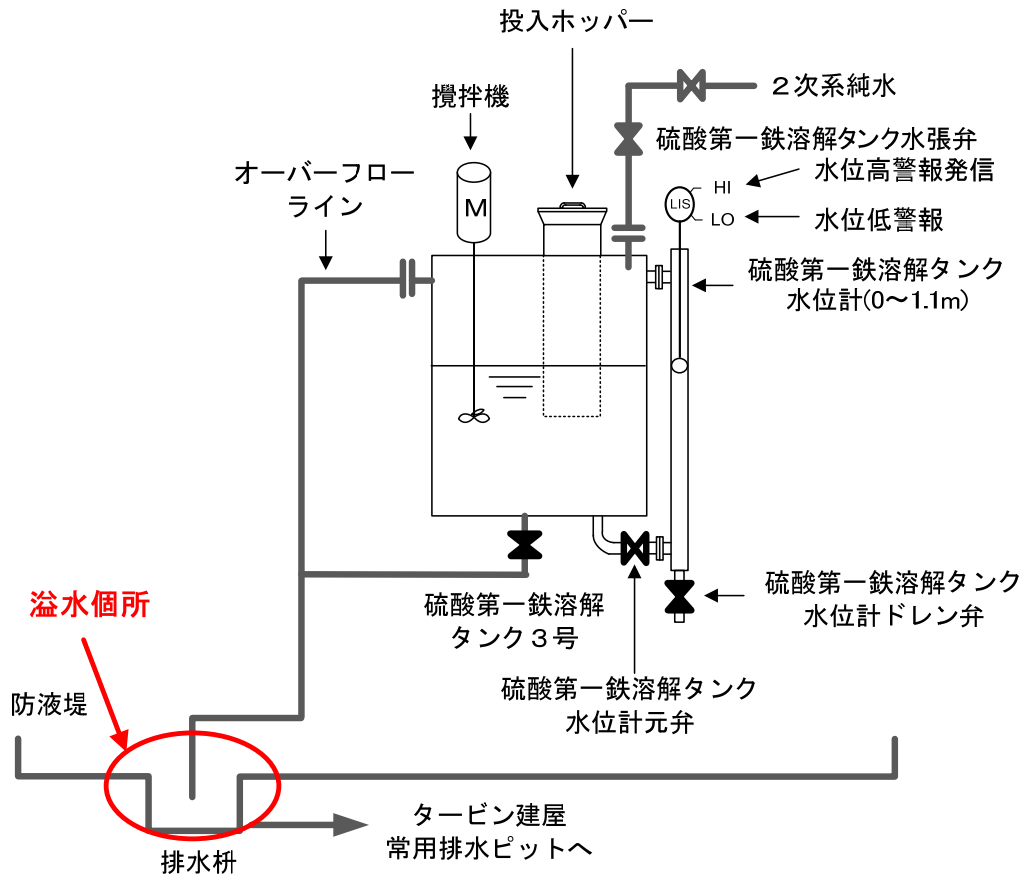
(3) タンク 3 号の硫酸第一鉄溶解作業について、溶解作業中は一時的に水位計が正しい値を示さなくなるおそれがあるため、タンク水張弁の操作者のほかにタンク上部開口部に監視者を配置し、管理水位の印を付けた金尺を投入ホッパー内に差し込み水位を確認することとし、要領書を改訂した。

以 上

## 添 付 資 料

- 添付資料－ 1      伊方発電所 3 号機   硫酸第一鉄溶解タンク概略図
- 添付資料－ 2      排水枡および排水枡排水配管調査概略図
- 添付資料－ 3      3 号機   硫酸第一鉄排水枡排水配管内の堆積物等分析結果
- 添付資料－ 4      伊方発電所 3 号機   硫酸第一鉄溶解タンク 3 号   水位計点検結果
- 添付資料－ 5      硫酸第一鉄溶解性確認試験

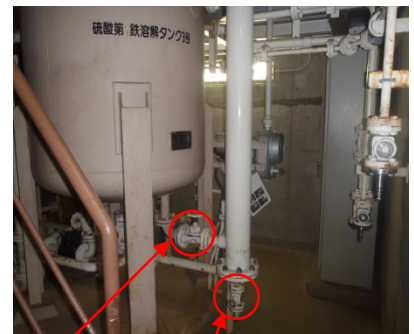
伊方発電所3号機 硫酸第一鉄溶解タンク概略図



投入ホッパーの状況

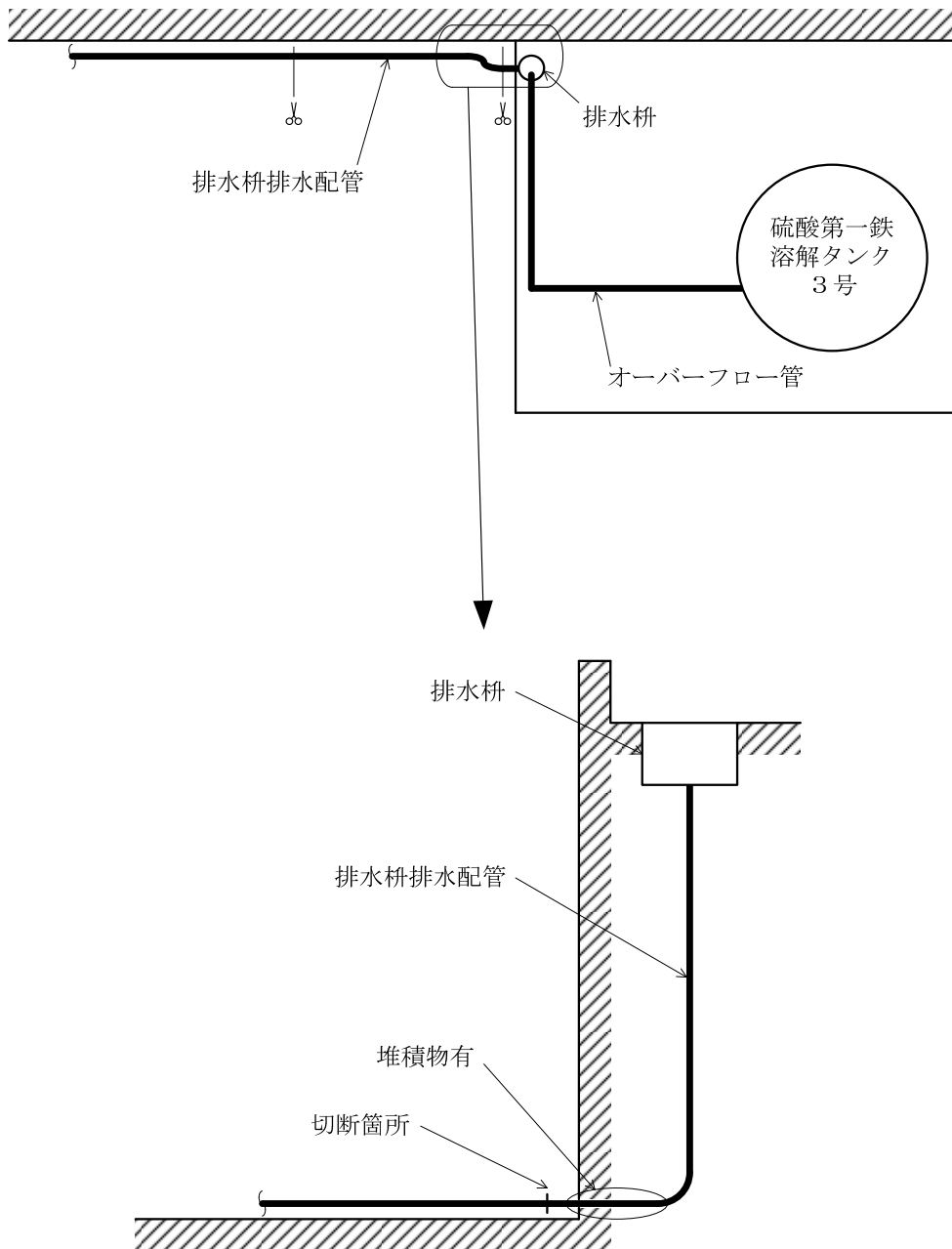
硫酸第一鉄溶解タンク

- ・水位計ドレン
- ・水位計元弁



水位計元弁

水位計ドレン弁

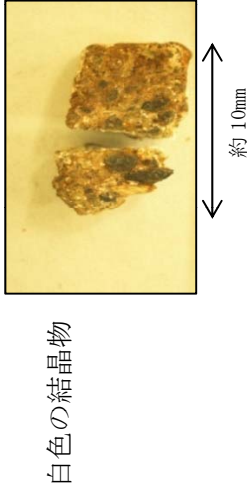
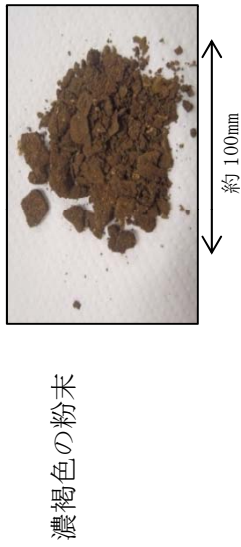


排水枡および排水枡排水配管調査概略図

3号機 硫酸第一鉄排水枡排水管内の堆積物等分析結果

(1) 堆積物観察結果

堆積物は、硫酸第一鉄（主成分は鉄、硫黄、酸素）、セメント（主成分はカルシウム、酸素）、鉄錆（主成分は鉄、酸素）の混合物であると考えられる。



(2) 電子線マイクロアナライザー元素分析結果

堆積物の観察結果から、濃褐色の粉末、白色の結晶物、鱗片状の鉄錆らしきものを電子線マイクロアナライザーで元素分析を行った。

元素	濃褐色の粉末	白色の結晶物	鱗片状の鉄錆らしきもの	コンクリート壁面埃
ホウ素 (B)	1%	4%	2%	1%
炭素 (C)	8%	7%	9%	6%
酸素 (O)	36%	50%	51%	39%
マグネシウム (Mg)	< 1%	—	—	< 1%
アルミニウム (Al)	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%
シリカ (Si)	2%	9%	3%	1%
硫黄 (S)	10%	4%	4%	< 1%
カリウム (K)	< 1%	—	< 1%	—
カルシウム (Ca)	28%	26%	2%	48%
鉄 (Fe)	15%	—	53%	—
亜鉛 (Zn)	< 1%	—	1%	—
検出主元素	O、S、Ca、Fe	Ca、O	Fe、O	Ca、O

(注 ー：不検出)

(1) 測定テープ案内滑車点検  
 がたつき、異物付着なし。

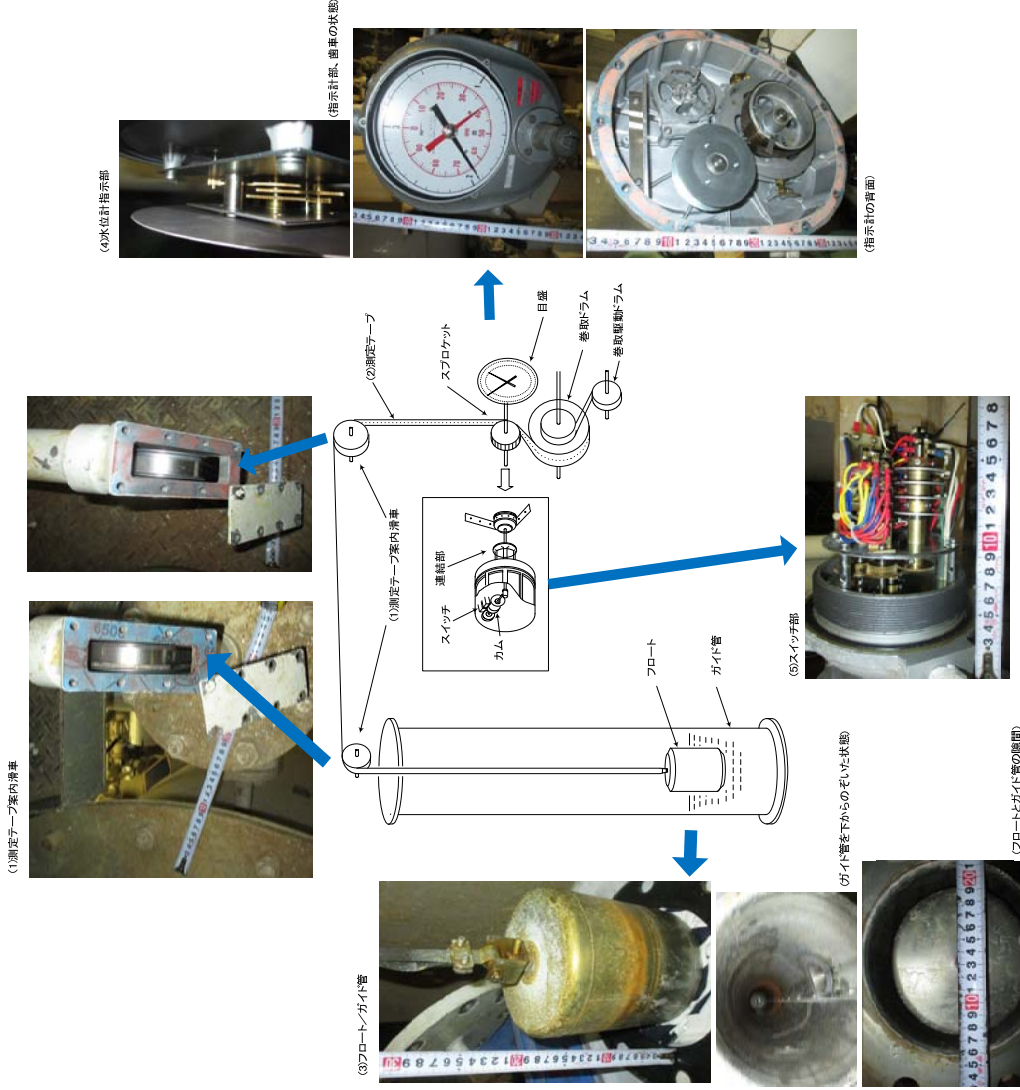
(2) 測定テープ点検  
 ねじれ、異物付着等も無く、異常なし。

(3) フロート点検  
 上部に結晶付着が見られたが、ガイド管とフロートの隙間は約1cmあり結晶の影響はないため、異常なし。

(4) 水位計指示部点検  
 測定テープ巻取りで指示の引っ掛かり等異常なし。  
 指示計内部の歯車を確認したが、異物および損傷等異常なし。  
 測定テープ巻取り機構に異物および損傷等の異常なし。

(5) スイッチ部点検  
 設定値を確認し、許容誤差内で動作良好、異常なし。

(6) 指示確認  
 ガイド管内水張り時に、指示を確認し、引っ掛かり等の異常なし。



## 硫酸第一鉄溶解性確認試験

## 1. 試験要領

攪拌機を回した状態でふるいに硫酸第一鉄を乗せ、上から水を流して溶解状況を確認する。なお、ふるいに乗せる硫酸第一鉄の量は、ビーカー内の硫酸第一鉄濃度が実機と同じになる量とする。図1 硫酸第一鉄溶解性確認試験要領参照。

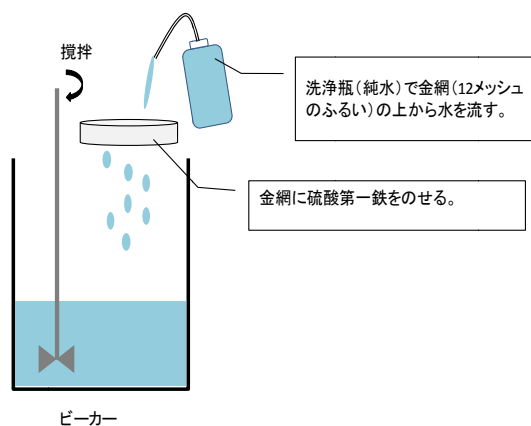


図1 硫酸第一鉄溶解性確認試験要領

## 2. 試験結果

金網に硫酸第一鉄を投入すると一部ふるい上に残るものもある。ふるい上に残った硫酸第一鉄粉末に洗淨瓶で水をかけると、すぐに硫酸第一鉄の粉末がなくなりふるいを通り抜けた。大半の硫酸第一鉄は、溶液中に溶けずビーカーの底に堆積した。図2 硫酸第一鉄溶解状況（投入直後）参照。

硫酸第一鉄投入から、最終的に硫酸第一鉄は溶解したが、全ての硫酸第一鉄が溶解するまで25分程度の時間が必要であった。図3 硫酸第一鉄溶解状況（25分後）参照。

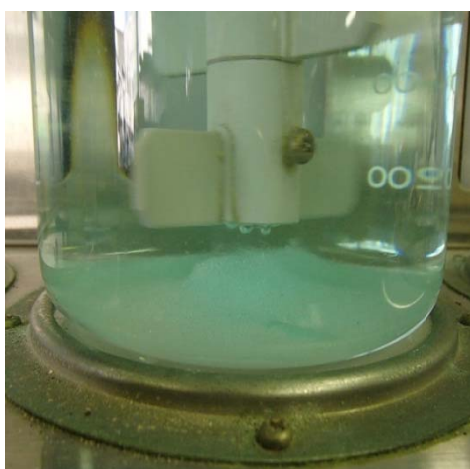


図2 硫酸第一鉄溶解状況（投入直後）

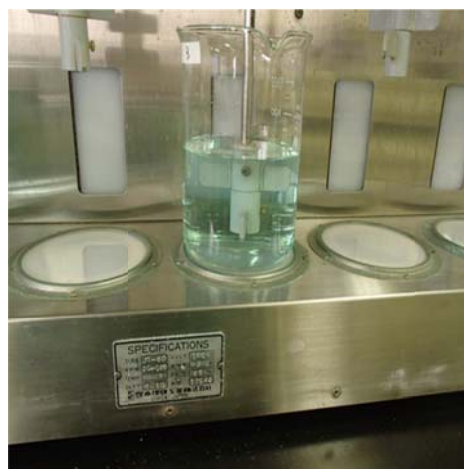


図3 硫酸第一鉄溶解状況（25分後）