

泡消火薬剤が消火設備用配管に与える腐食の影響に関する検証

菊池 保正*, 江口 真**, 山本 真靖***

概要

平成17年より、屋外タンク貯蔵所の固定泡消火設備（第3種）の定期点検方法に、泡消火設備を起動させる方法が加えられた。点検実施後に配管の洗浄を行わないと、残留した泡水溶液によって配管内面に腐食が生じる可能性がある。

本検証では、泡水溶液が配管へ与える腐食の影響及び洗浄による泡水溶液の除去効果を検証した。

その結果、配管材質による腐食の受け方の違い及び洗浄による腐食の抑制効果を明らかにした。また、1回の洗浄で泡水溶液をほぼ取り除くことができることがわかった。

1 はじめに

屋外タンク貯蔵所の固定泡消火設備（第3種）の定期点検方法に、平成15年十勝沖地震の際に発生した浮き屋根式屋外貯蔵タンクの火災を契機に、実際に泡消火設備を起動させる方法（以下「一体点検」という）が加えられた（危険物の規制に関する規則の一部を改正する省令（平成17年総務省令第3号））。具体的には、泡水溶液（泡消火薬剤の3%水溶液のことを言う、以下同じ）を使用して送液機能を確認するとともに、泡消火薬剤の性状及び性能が適正であることの確認を1年に1回以上実施することとなった。

これにより、一体点検で泡水溶液を使用した後、配管を清掃せず放置した場合、配管内面に腐食が生じることが憂慮される。このような事象が発生した場合、設備が十分にその能力を発揮できないばかりか、災害の拡大など重大な事案に発展する可能性がある。そのような重大事案の発生を予防するためには、泡水溶液が消火設備用配管に与える腐食性について正確に把握する必要がある。

本検証は、実際の泡消火配管と同じ材質の金属板を使用し、残留した泡水溶液の配管材質への影響、並びに洗浄による泡水溶液の除去による腐食防止の効果を検証するものである。

2 実験方法

(1) 表面観察実験

泡消火配管と同じ材質である、鉄板（日本工業規格 G3452 炭素鋼管、G3454 圧力配管用炭素鋼管、G3457 アーク溶接炭素鋼管に該当するもの）、ステンレス板（SUS304 に該当するもの）及び鉄—亜鉛メッキ板を試験片（縦5cm×横1cm）として使用した。

泡消火薬剤は合成界面活性剤泡消火薬剤（以下「合成界面」という）、たん白泡消火薬剤（以下「たん白」という）及びふっ化界面活性剤入りたん白泡消火薬剤（以下「ふっ化たん白」という）の3種類を使用した。

試験片の中央部分に泡水溶液 100 μ l を滴下して5分間静置、その後泡水溶液をマイクロシリンジにて取り除いた。さらに洗浄操作をする場合は、水道水 100 μ l を試験片の中央部分に滴下して5分間静置、その後この水溶液をマイクロシリンジにて取り除いた。これを1回洗浄とし、2回洗浄する場合は同様の洗浄操作をもう一度繰り返した。そして、3ヶ月経過した後、これら試験片の表面の様子を観察した。

(2) 長期浸漬に伴う溶出成分分析実験

本実験に用いた試験片及び泡消火薬剤は、(1)表面観察実験で使用したものと同様のものを使用した。

泡水溶液の入ったビーカーに試験片を投入し、3ヶ月間（試験片として鉄—亜鉛メッキ板を使用した場合は1ヶ月間）浸漬させた。なお、水分の蒸発を防ぐためビーカーの上部をパラフィルムでシールした。（写真1）

浸漬後の水溶液中の金属成分を、蛍光X線分析装置（日本電子株式会社 JSX 3200ZS）にて分析した。



写真1 試験片を泡水溶液に浸漬させた様子

(3) 等温微小熱量計を使用した酸化発熱量測定実験

本実験に用いた試験片及び泡消火薬剤は、(1)表面観察実験で使用したものと同様のものを使用した。

泡水溶液の入ったビーカーに試験片を投入し、5分間泡水溶液に浸漬させた。この試験片を等温微小熱量計(Thermometric社 2277 Thermal Activity Monitor)に挿入し、1週間発熱量を測定した。

(4) 洗浄効果の測定実験

本実験に用いた泡消火薬剤は、(1)表面観察実験で使用したものと同様のものを使用した。

鋼鉄製配管(管内容積 800ml)の一方の末端を水溶液が漏れないようにパラフィルムでシールし、シールした末端が下になるよう鋼鉄製配管を垂直に設置した。(写真2)次に、この配管内を800mlの泡水溶液で満たし5分間放置した後、全量を排出した。その後、洗浄操作として800mlの超純水で配管内を満たした後、全量排出した。この排出液を「洗浄液1」とした。その後、さらに上記の洗浄操作を2回繰り返し、「洗浄液2」及び「洗浄液3」を得た。これら洗浄液中の塩化物イオン濃度をイオンクロマトグラフィー(Metrohm社 MIC-33)にて測定し、予め作成した検量線(各泡消火薬剤を0.0030%、0.030%及び0.30%の濃度に調整した時の塩化物イオン濃度をもとに作成したもの)から、泡消火薬剤の濃度を算出した。

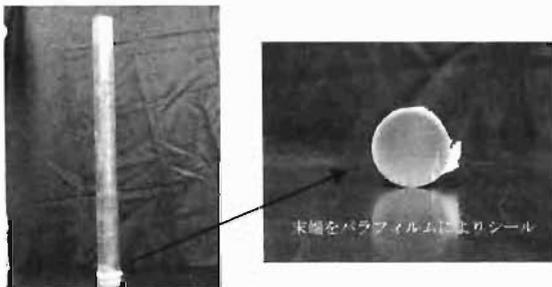


写真2 実験に使用した鋼鉄製配管

3 実験結果及び考察

(1) 表面観察実験

実際の配管に泡水溶液が残存した状態を想定し、泡水溶液の影響でどのように消火配管が腐食するか、またその残存した泡水溶液を水などで洗浄した場合、腐食の進行がどの程度抑制されるかを観察した。

ア 鉄板

鉄板に泡水溶液を滴下し、洗浄を行った場合の表面観察結果は表1のとおりである。

鉄板は合成界面、たん白、ふっ化たん白のいずれの泡消火薬剤においても、錆が出ており、腐食されることがわかった。しかし、いずれの泡消火薬剤においても、洗浄回数が増えることで錆の量が少なくなっていた。このことから、洗浄操作により腐食の進行をある程度は抑えられることが確認できた。

また、たん白、ふっ化たん白では、試験片の表面に膜が張る現象が見られた。

表1 鉄板の表面観察結果

	合成界面	たん白	ふっ化たん白
洗浄なし			
1回洗浄			
2回洗浄			

イ ステンレス板

ステンレス板に泡水溶液を滴下し、洗浄を行った場合の表面観察結果は表2のとおりである。

いずれの泡消火薬剤においても、ステンレス板は腐食されなかった。この結果は、ステンレスの特徴である強固な酸化膜(クロムと酸素の結合膜)により、泡水溶液による腐食を抑制できたものと考えられる。

たん白、ふっ化たん白の泡水溶液で洗浄なしの場合に茶色の染みが見られたが、この染みを布にて拭き取ると、痕を残さず拭き取ることができ、拭き取った後の試験片表面に腐食は認められなかった。このため、この染みは泡消火薬剤の成分が固化したものと考えられる。

表2 ステンレス板の表面観察結果

	合成界面	たん白	ふっ化たん白
洗浄なし			
1回洗浄			
2回洗浄			

ウ 鉄-亜鉛メッキ板

鉄-亜鉛メッキ板に泡水溶液を滴下し、洗浄を行った場合の表面観察結果は表3のとおりである。

いずれの泡水溶液に対しても、錆が生じることはなく、ステンレス板と同様に耐腐食性が鉄よりも優れていることが分かった。このことは防錆用の亜鉛メッキが十分にその機能を果たしていることを示している。同時に、少なくとも3ヶ月間であれば、亜鉛メッキ鋼板を使用した鋼管は十分にその機能を維持し続けることが可能であることを示している。

たん白、ふっ化たん白の泡水溶液で洗浄なしの場合に茶色の染みが見られたが、この染みを布にて拭き取ると、痕を残さず拭き取ることができ、拭き取った後の試験片表面に腐食は認められなかった。このため、ステンレスの場合と同様、泡消火薬剤の成分が固化したものと考えられる。

表3 鉄-亜鉛メッキ板の表面観察結果

	合成界面	たん白	ふっ化たん白
洗浄なし			
1回洗浄			
2回洗浄			

(2) 長期浸漬に伴う溶出成分分析実験

泡消火配管は通常は乾式であるが、一体点検実施後、配管のエルボー部分等には泡水溶液が長期間滞留する可能性がある。このような状態が継続した場合の配管への影響を確認するため、試験片を泡水溶液に長期間浸漬し、溶出した成分を蛍光X線分析装置により分析した。

長期浸漬により溶出した金属成分は表4のとおりである。

ア 鉄板

鉄板の場合、全ての泡水溶液で鉄の溶出が認められた。鉄板の表面観察実験結果からもわかるとおり、鉄板は腐食されやすいことがわかる。

イ ステンレス板

ステンレス板の場合、金属成分の溶出は確認されなかった。ステンレス板の表面観察実験結果からも分かるように、ステンレスは泡水溶液に対し、強固な耐腐食性能を有していると考えられる。

ウ 鉄-亜鉛メッキ板

鉄-亜鉛メッキ板では、合成界面の泡水溶液の場合に亜鉛の溶出が確認され、たん白、ふっ化たん白の泡水溶

液では、亜鉛及び鉄の溶出が確認された。

この結果は、表面観察実験では鉄-亜鉛メッキ板に腐食は認められなかったが、長期間浸漬することにより金属成分が溶出することを示している。実際の泡消火設備の配管でエルボー部分に長期間、泡水溶液が滞留した場合、金属成分が溶出する可能性がある。

合成界面の場合は試験片の表面に白色の物質が析出していた。これは、本実験で行った9通りの組合せの中で唯一みられた現象である。合成界面が鉄-亜鉛メッキ板に何らかの作用を及ぼしたものと考えられるが、現在のところ、この成分を特定するには至っていない。

表4 長期浸漬に伴う溶出金属成分

試験片 \ 泡水溶液	合成界面 泡水溶液	たん白 泡水溶液	ふっ化たん白 泡水溶液
鉄板	鉄	鉄	鉄
ステンレス板	溶出成分 無し	溶出成分 無し	溶出成分 無し
鉄-亜鉛メッキ板	亜鉛	亜鉛、鉄	亜鉛、鉄

(3) 等温微量熱量計を使用した酸化発熱量測定実験

表面観察実験の結果において、鉄板を試験片に用いた場合に錆が見られた。これは、鉄板が酸素により酸化され、酸化鉄が生じたためである。

そこで、等温微量熱量計を用い、この酸化に伴う熱量を計測することで、酸化という現象を客観的に表すことを目的とした。

しかしながら、今回の実験では試験片と泡消火薬剤のどの組合せにおいても、発熱速度は観測されなかった。鉄板を試験片として使用した場合、1週間の測定終了後に鉄板表面の状態を確認したところ、錆が生じており酸化していることが確認できたことから、何らかの原因で酸化発熱速度が観測できなかったと考えられる。

この原因として、本実験では試験片をそのまま等温微量熱量計に挿入したが、これでは重量あたりの表面積が小さ過ぎた可能性が考えられる。また、熱量計のセンサーは、試料を挿入するボトルの底部のみに接しており、測定箇所としては、ボトル全体ではなく、ボトル底部のみの熱量を計測するものである。今回の試料の形状は、板状であるため、底部に接触している部分は非常に小さい面積であることから発熱を検知できなかった可能性が考えられる。

今後、挿入する試料の比表面積を大きくし、底部のセンサーとの接触面積を増やす工夫をすることで、酸化発熱量の測定が可能になると思われる。

(4) 洗浄効果の測定実験

配管内に泡水溶液を満たし、その後一定量の水で洗浄することにより、どの程度まで管内の泡消火薬剤が除去できるかを測定した。なお、泡消火薬剤の濃度は、泡消

火薬剤の各種イオン成分の中で塩化物イオンを指標として算出した。

鋼鉄製配管を縦に置き、各泡水溶液で配管内部を満たした後、超純水で洗浄した結果は図1、図2及び図3のとおりである。

いずれの泡消火薬剤の場合も、洗浄液1の段階で、泡水溶液の泡消火薬剤濃度3%から0.02%前後にまで下がっていた。つまり、1回配管を洗浄することで、ほとんどの泡消火薬剤を取り除くことができることがわかる。

合成界面及びたん白の場合は、洗浄液3の段階で、泡消火薬剤の濃度が0%となった。また、ふっ化たん白の場合は、洗浄液2の段階で泡消火薬剤濃度が0%となっており、今回使用した3種類の泡消火薬剤の中で、最も洗浄されやすいことがわかった。

これらの結果から、本実験で用いた泡消火薬剤を実際の一体点検で使用した場合、配管を1回洗浄すれば、泡消火薬剤をほぼ取り除くことができることが分かった。

また、配管を少なくとも3回洗浄すれば、泡消火薬剤を完全に取り除くことができることがわかった。

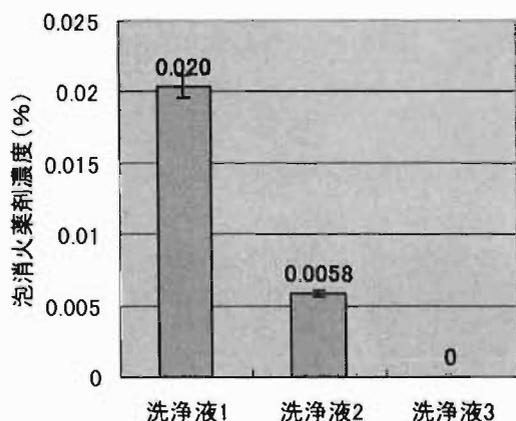


図1 洗浄液中の合成界面濃度
図中のバーは標準誤差を示す。

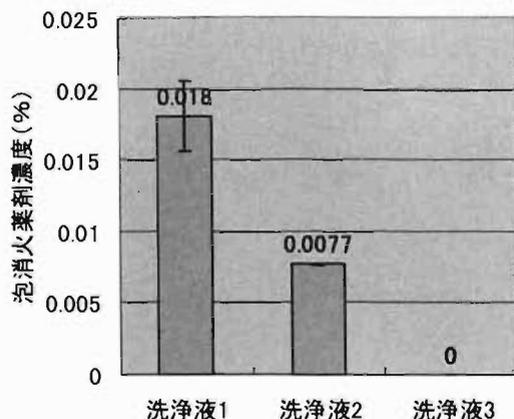


図2 洗浄液中のたん白濃度
図中のバーは標準誤差を示す。

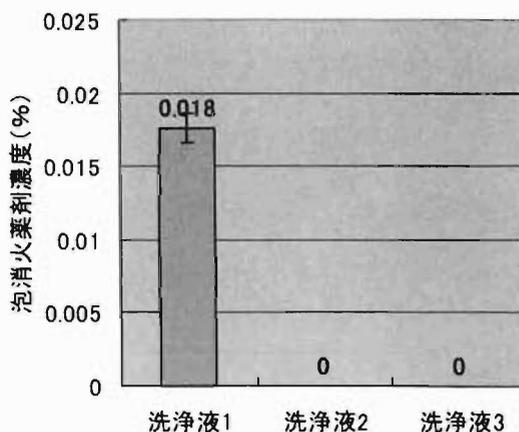


図3 洗浄液中のふっ化たん白濃度
図中のバーは標準誤差を示す。

4 まとめ

本検証により、解明したことは以下のとおりである。

- ①鉄は、今回使用した各泡水溶液により腐食した。しかし、洗浄する回数が増えると、その腐食の度合いは減少した。
- ②ステンレスはいずれの泡水溶液に対しても強い耐腐食性を有した。
- ③鉄-亜鉛メッキ板は、耐腐食性が鉄よりも優れていることより、防錆用の亜鉛めっきが十分にその機能を果たしていた。しかし、エルボー部分に長期間泡水溶液が滞留した場合、金属成分が溶出する可能性がある。
- ④配管を1回洗浄することで、残留した泡消火薬剤をほぼ取り除くことができた。

5 その他

本検証では、泡水溶液による浸漬を1回と想定して行った。しかし、実際の一体点検は、年1回以上の点検を施設が存続する間、何回も行うこととなる。そのため、今回検証で用いた試験片を再度泡水溶液に浸漬させるなど、実際の状況に近い状態で検証を進めていく必要があると思われる。加えて、検証期間が3ヶ月間と短かったため、今後はもっと長期間継続して腐食の様子を観察していく必要がある。

また、本検証では泡水溶液を調整するために水道水を使用した。実際には海水を使用することもあり、この場合配管に与える腐食の影響が大きい可能性がある。よって、海水を使用した検証も行っていく必要がある。

Verification concerning corrosive effect of foam extinguishing agent on the piping of the fire extinguishing system

Yasumasa KIKUTI*, Makoto EGUCHI**, Masayasu YAMAMOTO***

Abstract

A method of starting up the foam extinguishing equipment was added, effective 2005, to the methods of inspecting the fixed foam extinguishing system (third category) for an outdoor storage tank. There is a possibility that the residual foam solution causes corrosion in the piping if the piping is not washed after inspection.

The corrosive effect of residual foam solution on piping and the effect of its removal by washing are verified in this report.

The results verify differences by piping material in corrosive effect and corrosion inhibition effect from washing. Single washing is known to almost adequately remove foam solution from the piping.