

泡消火薬剤の経年劣化試験の結果報告（中間報告）

1 試験の目的

現行の泡消火設備の点検方法では、PFOS 含有泡消火薬剤を使用するものについては、総合点検における放射試験を3年に1回行うサンプリング検査(※1)に替えることが認められており、PFOS の含有、非含有で点検に係る負担に大きく差がある状態です。また、2019 年（令和元年）、国際条約において新たに PFOA が規制物質に指定され、国内法においても指定する手続きが進められており、今後、点検時の泡放出がますます難しい状況になると予想されます。

したがって、泡消火設備における泡消火性能の点検をより効率的合理的に行うため、PFOS・PFOA の含有・非含有に関わらず、放射試験に替えて、泡消火薬剤のサンプリング検査による点検方法を導入すべきと考えます。

そのため、各種の泡消火薬剤について経年劣化試験を行い、客観的な測定数値等により劣化傾向（経年による物性・性能の変化の状況）を調査し、性能が維持されている期間（以下「性能維持期間」という。）及び性能維持期間経過後の性能を確認すべき期間（以下「性能確認期間」という。）の妥当性を評価することを目的とします。

※1 サンプリング検査

泡消火薬剤の機能を維持するための措置として、貯蔵槽から原液の一部（1～2 リットル程度）を採取し、「比重」、「粘度」、「水素イオン濃度（pH）」、「沈殿量」、「膨張率」、「25%還元時間」、「その他薬剤種類ごとの項目（水成膜泡では水成膜試験、フッ素たん白泡では表面張力試験）」を検査し、消火薬剤の技術上の規格を定める省令（昭和 50 年自治省令第 26 号）の規定の範囲若しくは検定申請値等を判断基準として、泡消火薬剤の維持状態を確認するもの。1 項目でも基準範囲から外れた場合は、サンプリング検査不合格として交換となる。

2 試験の内容及び方法

現在使用されている泡消火薬剤 7 種類と既に製造中止の 20 年経過した PFOS 含有泡消火薬剤の計 8 種類について加熱促進試験を行います。設定した相当年数の経過後に、サンプリング検査を行い、性能維持状況、経年劣化状況を調査し評価します。試験は、（一社）日本消火装置工業会へ委託し、会員各社により同じ条件で実施しています。

＜試験対象の泡消火薬剤（8 種類）＞

- ・ PFOS 含有水成膜（1999 年製）
- ・ PFOS 非含有 PFOA 含有水成膜
- ・ PFOS/PFOA 非含有水成膜 3 社 3 種類
- ・ フッ化たん白
- ・ たん白（フッ素系非含有）
- ・ 合成界面活性剤（フッ素系非含有）

(1) 加熱促進試験

アレニウス則(※2)に基づき、泡消火薬剤を同一の条件(65℃恒温槽環境下)で25年相当までの加熱促進試験(1年相当約16日、25年相当約403日)を実施します。

※2 アレニウス則

材料の劣化は必ず起きる現象であり、使用期間中にどの程度劣化するかを想定することが重要なポイントである。しかし、実際の使用期間に亘って劣化を評価することは、長期間を必要とするため不可能である。したがって、何らかの加速劣化試験を行う必要があり、最も一般的な試験が、反応速度論に基づいたアレニウスの式(アレニウスの法則)を利用する方法である。この方法は、各企業の製品設計等に活用されているほか、日本産業規格の中にもアレニウスの式を用いている規格がある。

もともとは製品寿命を推定する際のモデルであり、通常使用温度より高温の環境に一定期間置くことにより、劣化速度を早め、通常使用時の状態を推定するものである。

加熱促進試験(加速試験)は、

$$\text{アレニウスの式 } k=A \exp (-E/RT)$$

<k: 反応速度定数、A: 定数、E: 活性化エネルギー、R: 気体乗数、T: 絶対温度(K)>を根拠とした劣化の経験則を用いる。

温度が10℃上がると寿命が半分になる(劣化スピードが2倍になる)とする経験則である。今回は、20℃で25年間放置した劣化加速試験を65℃で行うため、以下の式で日数を算出している。

$$\text{10℃2倍則の式: } L=L_0 \times 2^{(T_0-T)/10}$$

$$\begin{aligned} &<\text{試験温度 } T_0(65^\circ\text{C})、\text{試験期間 } L_0(\text{〇〇日})、\text{想定温度 } T(20^\circ\text{C})、\text{想定寿命 } L(25\text{年}=9125\text{日})> \\ &9125\text{日}=L_0 \times 2^{((65^\circ\text{C}-20^\circ\text{C})/10^\circ\text{C})}=L_0 \times 2^{4.5}=L_0 \times 22.63 \end{aligned}$$

よって、試験期間 $L_0=403$ 日で20℃での1年は65℃では $403 \div 25\text{年}=16.13$ 日となる。(以上 (一社)日本消火装置工業会 第2部会技術分科会報告から引用)

(2) 性能試験(サンプリング検査)

(1)の試験体を用いて、次の相当期間経過後に性能試験(サンプリング検査)を計15回実施します。

<性能試験実施回数>

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| ・1回目: 1年相当(16日経過後) | ・2回目: 2年相当(32日経過後) |
| ・3回目: 5年相当(81日経過後) | ・4回目: 6年相当(97日経過後) |
| ・5回目: 7年相当(113日経過後) | ・6回目: 8年相当(129日経過後) |
| ・7回目: 9年相当(145日経過後) | ・8回目: 10年相当(161日経過後) |
| ・9回目: 11年相当(177日経過後) | ・10回目: 12年相当(194日経過後) |
| ・11回目: 13年相当(210日経過後) | ・12回目: 14年相当(226日経過後) |
| ・13回目: 15年相当(242日経過後) | ・14回目: 20年相当(323日経過後) |
| ・15回目: 25年相当(403日経過後) | |

(3) 試験結果の整理、分析

(2)の試験結果により、各泡消火薬剤の性能維持期間、性能確認期間を評価します。

3 試験結果

中間報告として、3～6回目まで（5～8年相当：日本消火装置工業会試験実施会員間で開始時期の差があるため一致しない。）の結果は別添3－2のとおりです。

これを見ると、「水素イオン濃度(pH)」に若干の上昇があるもの、「沈殿量」に変動があるものが見られます。「水素イオン濃度」は酸性でなくアルカリ性への変動、「沈殿量」の高まりはいずれもたん白泡についてであり、加熱促進試験の特性のため高温の影響でたん白の成分が固化したものと考えられ、いずれも軽微であり、泡消火薬剤の性能としては問題ないと考えます。

したがって、試験対象のうち既に製造が中止されている PFOS 含有の 20 年経過薬剤を除く 7 種類すべてが適正に維持されているものと判断できます。しかしながら、性能試験実施回数が現時点では必ずしも十分ではないことから、今後の試験結果の動向により、最終的な性能維持期間及び性能確認期間を設定すべきと考えます。

恒温槽を用いた泡消火薬剤の経年劣化試験 中間報告その2

作成日:2020/2/4現在、2/7一部追加、2/12書式修正

(試験項目はサンプリング検査で実施する各項目) ○:合格、×:不合格、一実施せず、空欄:今後実施

作成者：日本消火装置工業会第二部会技術分科会

					経過年数 (アレニウスの式を用いた加速試験による経過年数のこと。約16日で1年相当) (PFOS含有泡消火薬剤については、20年経過時点から開始している)																														
No	分類	PFOS	PFOA等	試験項目	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	備考				
1	水成膜	含有	非含有	比重	○	○	○	○	○	○	○	○	○									－	－	－	－		－	－	－	－		製造中止の為、20年経過品			
				粘度	○	○	○	○	○	○	○	○	○											－	－	－	－		－	－	－	－			
				pH	×	×	×	×	×	×	×	×	×											－	－	－	－		－	－	－	－		pH値は低く酸性の値を示している	
				沈澱量	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○											－	－	－	－		－	－	－	－		
				発泡倍率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○											－	－	－	－		－	－	－	－		
				25%還元時間	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○											－	－	－	－		－	－	－	－		
				水成膜試験	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○											－	－	－	－		－	－	－	－		

No	分類	PFOS	PFOA等	試験項目	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	備考			
2	水成膜	非含有	含有	比重	○	○	○	—	—	○	○	○										—	—	—	—		—	—	—	—				
				粘度	○	○	○	—	—	○	○	○												—	—	—	—		—	—	—	—		
				pH	○	○	○	—	—	○	○	○												—	—	—	—		—	—	—	—		
				沈澱量	○	○	○	—	—	○	○	○												—	—	—	—		—	—	—	—		
				発泡倍率	○	○	○	—	—	○	○	○												—	—	—	—		—	—	—	—		
				25%還元時間	○	○	○	—	—	○	○	○												—	—	—	—		—	—	—	—		
				水成膜試験	○	○	○	—	—	○	○	○												—	—	—	—		—	—	—	—		
3	水成膜	非含有	非含有	比重	○	○	○	—	—	○												—	—	—	—		—	—	—	—				
				粘度	○	○	○	—	—	○														—	—	—	—		—	—	—	—		
				pH	○	○	×	—	—	×														—	—	—	—		—	—	—	—		pHが上昇。今後反転し安定する可能性もある。要観察
				沈澱量	○	○	○	—	—	○														—	—	—	—		—	—	—	—		
				発泡倍率	○	○	○	—	—	○														—	—	—	—		—	—	—	—		
				25%還元時間	○	○	○	—	—	○														—	—	—	—		—	—	—	—		
				水成膜試験	○	○	○	—	—	○														—	—	—	—		—	—	—	—		
4	水成膜	非含有	非含有	比重	○	○	○	—	—	○	○	○										—	—	—	—		—	—	—	—				
				粘度	○	○	○	—	—	○	○	○												—	—	—	—		—	—	—	—		
				pH	○	○	○	—	—	○	○	○												—	—	—	—		—	—	—	—		
				沈澱量	○	○	○	—	—	○	○	○												—	—	—	—		—	—	—	—		
				発泡倍率	○	○	○	—	—	○	○	○												—	—	—	—		—	—	—	—		
				25%還元時間	○	○	○	—	—	○	○	○												—	—	—	—		—	—	—	—		
				水成膜試験	○	○	○	—	—	○	○	○												—	—	—	—		—	—	—	—		
5	水成膜	非含有	非含有	比重	○	○	○	—	—	○	○	○	○									—	—	—	—		—	—	—	—				
				粘度	○	○	○	—	—	○	○	○	○											—	—	—	—		—	—	—	—		
				pH	○	○	○	—	—	○	○	○	○											—	—	—	—		—	—	—	—		
				沈澱量	○	○	○	—	—	○	○	○	○											—	—	—	—		—	—	—	—		
				発泡倍率	○	○	○	—	—	○	○	○	○											—	—	—	—		—	—	—	—		
				25%還元時間	○	○	○	—	—	○	○	○	○											—	—	—	—		—	—	—	—		
				水成膜試験	○	○	○	—	—	○	○	○	○											—	—	—	—		—	—	—	—		
6	フッ化たん白	非含有	非含有	比重	○	○	○	—	—	○												—	—	—	—		—	—	—	—				
				粘度	○	○	○	—	—	○														—	—	—	—		—	—	—	—		
				pH	○	○	○	—	—	○														—	—	—	—		—	—	—	—		
				沈澱量	○	○	×	—	—	×														—	—	—	—		—	—	—	—		高温環境下では、沈澱量は大きく増加する(想定内)
				発泡倍率	○	○	○	—	—	○														—	—	—	—		—	—	—	—		
				25%還元時間	○	○	○	—	—	○														—	—	—	—		—	—	—	—		
				表面張力	○	○	○	—	—	○														—	—	—	—		—	—	—	—		
7	たん白	非含有	非含有	比重	○	○	○	—	—	○	○	○	○									—	—	—	—		—	—	—	—				
				粘度	○	○	○	—	—	○	○	○	○											—	—	—	—		—	—	—	—		
				pH	○	○	○	—	—	○	○	○	○											—	—	—	—		—	—	—	—		
				沈澱量	○	○	×	—	—	×	×	×	×											—	—	—	—		—	—	—	—		高温環境下では、沈澱量は大きく増加する(想定内)
				発泡倍率	○	○	○	—	—	○	○	○	○											—	—	—	—		—	—	—	—		
				25%還元時間	○	○	○	—	—	○	○	○	○											—	—	—	—		—	—	—	—		
																								—	—	—	—		—	—	—	—		
8	界面活性剤	非含有	非含有	比重	○	○	○	—	—	○	○	○	○									—	—	—	—		—	—	—	—				
				粘度	○	○	○	—	—	○	○	○	○											—	—	—	—		—	—	—	—		
				pH	○	○	○	—	—	○	○	○	○											—	—	—	—		—	—	—	—		
				沈澱量	○	○	○	—	—	○	○	○	○											—	—	—	—		—	—	—	—		
				発泡倍率	○	○	○	—	—	○	○	○	○											—	—	—	—		—	—	—	—		
				25%還元時間	○	○	○	—	—	○	○	○	○											—	—	—	—		—	—	—	—		
																								—	—	—	—		—	—	—	—		

No1:PFOSはすでに製造中止となっているため、試験用の泡消火薬剤は1999年製を用いている。
No2:PFOSは非含有だが、PFOA等関連物質を含有している。
No3～6は、(PFOS、PFOA等は含有していないが)何かしらのフッ素化合物を含有しており、No7、8はフッ素類を一切含有していない。