

消火に関する研究（第2報）粉末消火剤について

若 園 吉 一・安藤直次郎

STUDIES ON THE EXTINGUISHMENTS (2) ON THE EXTINGUISHING AGENTS

by Dr. Eng. Yoshikazu WAKAZONO and Naojiro ANDO

Synopsis

The authors have investigated the pulverized extinguishing agents. As the results, to date, we confirmed the mixture of ferrous ammonium sulfate, ammonium alum, potassium chloride, tertiary calcium phosphate, silicic anhydride and aluminium stearate was most effective in all classes of fires, i.e. "A", "B" and "C" fires.

1. 緒 言

すでに報告したように^{1),2)} 硫酸第1鉄と硫酸アンモニウムを主剤とした粉末消火剤はA級火災（木材火災）、B級火災（油脂火災）およびC級火災（電気火災）のいずれの火災にも適用し得ることがわかった。しかしながら、この粉末消火剤は不純物のため貯蔵中に吸湿、固化する欠点を持つことが明らかとなり、さらに検討した結果、吸湿性なく、また消火能力も第1報その他¹⁾²⁾で述べた粉末消火剤よりさらに効果的な粉末消火剤が得られたのでここに報告する。

2. 余焰と余じんの防止

A級火災における粉末消火剤の消火作用は余焰 After flame（着火して一般可燃物が発焰しつつ燃え続ける現象）と余じん After glow（焰の消滅した後、残存する炭化物が無焰の状態に燃え続ける現象）を停止することである。従来の重炭酸塩を主剤とした粉末消火剤では、前者を停止し得ても後者を停止する作用は極めて弱い。したがって、A級火災における新しい粉末消火剤としては余じんを停止する作用が特に望まれ、この作用は木材の難燃化機構と密接な関連があると考えられる。従来、木材の難燃化機構に関しては次のようにいわれている³⁾。

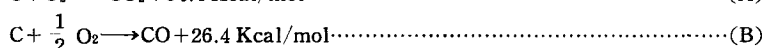
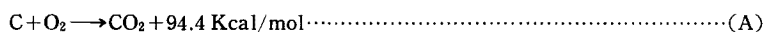
（1）脱水機構（耐焰性）：添加した化合物（脱水剤）がセルロースの熱分解時に作用して、燃焼ガスの生成を少なくし残留炭素を多くすること。

（2）コーティング機構（耐焰性と耐じん性）：低温度で融解する添加化合物が熱にあつて、ガス状物質あるいは泡状被膜を形成して木質材料を被覆し、酸素との接触を妨げること。

（3）ガス機構（耐焰性と耐じん性）：添加化合物が加熱時に不燃性または難燃性のガスを生成し、木質材料から発生する可燃ガスを希釈し、あるいは木質材料を包み酸化を防ぐこと。

（4）温度機構（耐焰性と耐じん性）：添加化合物の融解、昇華、分解などの吸熱変化により、木質材料の分解熱、燃焼熱を消去すること。

（5）触媒機構（耐じん性）：炭素が酸化された場合は次の反応が起る。

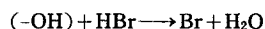
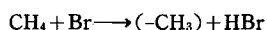
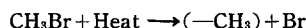


添加化合物の触媒作用により炭化した炭素が(B)の反応を行い、余じん〔(A)の反応〕の継続が防止されること。

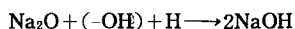
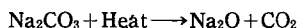
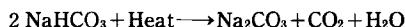
3. 消 焰 作 用

B級火災における粉末消火剤などの消火作用は、次のようにいわれている。すなわち、粉末消火剤(重炭酸アルカリまたは第1リン酸アンモニウムが主成分)、ハロゲン炭化水素の消火機構は遊離基 Free radical を消去して連鎖反応を抑制することである。これについて W. M. Haessler⁴⁾ は次式で説明している。

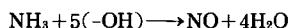
(1) 臭化メチル



(2) 重炭酸アルカリ



(3) 第1リン酸アンモニウム



また、これらの他に連鎖反応を抑制する作用のあるものとしては、アルカリ金属、ハロゲンなどがあげられている。

4. 硫酸第1鉄・硫酸アンモニウム消火剤

第1報¹⁾で報告した硫酸第1鉄と硫酸アンモニウムを主成分とした消火剤(Table 1 参照)は、消火作用の効果は従来のものより大きいが貯蔵中に固化する欠点があり、また消火の条件によつては前述の余じん防止効果および消焰作用がやや弱い場合が認められた。

Table 1 Constituent of extinguishing agent

Chemical	(%)
Ferrous sulphate	90.0
Ammonium sulphate	8.0
Aluminium stearate	1.0
Talc	1.0
Total	100.0

5. 硫酸第1鉄アンモニウム・アンモニウム明バン・第1リン酸アンモニウム消火剤

以上述べたようにA級火災に強力な消火機能を発揮し得る粉末消火剤は、木質材料に作用して著しく難燃化し、余じんを停止させる作用が要求される。特に低温で融解して多量の重い不燃性気体を生成し、この気体発生に応じてガラス状あるいは泡状の粘濁性物質を形成してその気体を包蔵

し、燃焼面を被覆して減熱と酸素の接触を妨げる作用があり、その上残留する炭素が主としてCOに酸化されるところでとどまるような触媒作用があることが望ましい。また、B火災に強い消焰作用を発揮するためには連鎖反応を抑制する作用のあるものを配合することは効果的である。以上のような諸条件を満足する化合物を探究した結果、硫酸第1鉄アンモニウム、アンモニウム明バン、第1リン酸アンモニウムを主剤としたものに滑剤としてタルク、金属石ケン、第3リン酸カルシウムを配合したものを試製した(Table 2 参照)。これについて、消火実験を行い検討した。その結果は既に発表²⁾したようにA、B、C級いずれの火災にも適用し得られ、しかも第1報¹⁾に発表したものに比べて消火効果は良好であつた。しかし、主成分として配合した第1リン酸アンモニウムが貯蔵中に徐々に吸湿するため、使用時に放射できない危険が生じた。ま

た、第1リン酸アンモニウムは現在使用されている粉末消火剤の成分より遙かに高価である。

6. 硫酸第1鉄アンモニウム・アンモニウム明バン・塩化カリウム消火剤

次の消火剤について検討した。本剤は第1リン酸アンモニウムの代りに塩化カリウムを配合し、それに伴って滑剤として使用したタルクを無水ケイ酸におきかえたものである（Table 3 参照）。これについて以下の実験を行った。

7. 実験および結果

(1) 試料

試料は Table 3 に示した通りの配合で 100 メッシュ以下の粒度に粉碎したものを用いた。試料の放射装置としては便宜上、消防庁規格 B 級火災用粉末消火器 20 型を利用した⁹⁾。これは粉末を放射するための圧力源として液化炭酸ガスを充填したポンペを使用するものである。この容器中に試料 6.5 kg を充填して消火能力単位試験を行った。

(2) 標準火災試験

標準火災試験は第1報¹⁾に詳細に述べたような消防庁規格⁹⁾に基き、消火能力単位の判定を行った。A 級火災試験では1単位模型より、B 級火災では5単位模型より開始し、消火能力に応じ順次単位をあげて消火能力単位の判定を行った。その結果 A 級火災においては3単位、B 級火災では10単位の消火能力があることがわかった。なお C 級火災は試料が粉体であるので感電の危険はないから C 級火災の消火試験は省略した。

(3) 結果

標準火災試験において試料 6.5 kg の A 級火災の消火能力単位は3、B 級火災の消火能力単位は10と認められたので、それぞれ消火実験を10回繰り返して行った。その結果試料 6.5 kg の消火能力単位は A 級火災は3単位、B 級火災は10単位の消火能力があつた。また従来の重炭酸ナトリウムを主剤とした粉末消火剤 8.0 kg を充填したものを試験した場合は、A 級火災は3単位で消焰して火焰を制圧し得たが1分後には再燃して消火不可能であつた。B 級火災は 8.0 kg で10単位の能力を示し、6.5 kg では不可能であつた。以上の試験結果から、硫酸第1鉄アンモニウム、アンモニウム明バン、塩化カリウムを主剤とした粉末消火剤は B 級火災に対しても重炭酸ナトリウムを主剤とした従来の粉末消火剤よりも消火能力はすぐれ、しかも A 級火災に適用し得ることが認められた。しかも吸湿固化については4、5で述べたものより遙かに良好であることも認められた。

8. 考察

(1) 硫酸第1鉄アンモニウム $\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

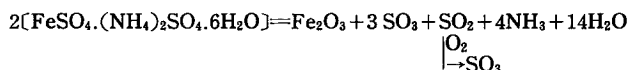
硫酸第1鉄アンモニウムは硫酸第1鉄と硫酸アンモニウムからなる複塩であつて、硫酸第1鉄と硫酸アンモニウムを単に混合したものに比較して吸湿性小さく、しかも消火効果には変りはない。その性質は 115°C で 5 mol の結晶水を失い、300°C で残り 1 mol の結晶水を放出して最後に Fe_2O_3 まで分解する

Table 2 Constituent of extinguishing agent

Chemical	(%)
Ferrous ammonium sulphate	35.0
Ammonium alum	35.0
Primary ammonium phosphate	20.0
Talc	7.0
Aluminium stearate	1.0
Tertiary calcium phosphate	2.0
Total	100.0

Table 3 Constituent of extinguishing agent

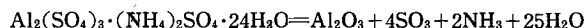
Chemical	(%)
Ferrous ammonium sulphate	35.0
Ammonium alum	35.0
Potassium chloride	23.0
Silicic anhydride	3.5
Aluminium stearate	1.0
Tertiary calcium phosphate	2.5
Total	100.0



この熱分解によつて生成する不燃性気体は 2 mol の硫酸第 1 鉄アンモニウムから 22 mol の多量であつて、この中 SO_2 は酸素と反応して容易に SO_3 となる⁹⁾。従来、硫酸塩は木質材料の防焰剤として利用されているが、それは硫酸塩の熱分解によつて生成する硫酸または無水硫酸が木材の構成成分であるセルロース、リグニンに反応して脱水作用をなし残留炭素分を増加して可燃性ガスの生成を少なくするからである。またその反応中に水蒸気を発生して吸熱と希釈作用をする⁷⁾。硫酸第 1 鉄アンモニウム中に複塩となつている硫酸アンモニウムは木質材料の難燃化に耐焰性と耐じん性を示すものである⁹⁾。

(2) アンモニウム明バン $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$

アンモニウム明バンは 24 mol の結晶水(48%)を保有するが吸湿性はなく、93.5°C の低温で液状となり、120°C で 22 mol の結晶水を放出して濃稠なエナメル状となる。200°C で結晶水の全部を放出して膨張隆起し厚い被膜を形成して燃焼面に附着する。したがつてアンモニウム明バンは A 級火災の余焰と余じん防止に役立つものである。なお高温にあつたときは次の熱分解式で示すように耐熱性のアルミナまで分解し、1 mol から 31 mol の不燃性気体が生成する。



また熱分解によつて生成した NH_3 は連鎖反応を抑制するから消焰作用が生じることも考えられる⁹⁾。

(3) 塩化カリウム KCl

塩化カリウムはアルカリ金属とハロゲンの化合物である関係上、両イオンによる連鎖反応抑制作用があり従来から消焰剤として利用されている⁹⁾¹⁰⁾。塩化カリウムを消焰剤として配合するに当り、その消焰作用を次のような試験を行つて、第 1 リン酸アンモニウムと塩化アンモニウムについて比較してみた。すなわち硫酸第 1 鉄アンモニウム 35g、アンモニウム明バン 35g、滑剤 10g の割合で配合し 100 メツシユ以下にした粉剤に、塩化カリウム、第 1 リン酸アンモニウムおよび塩化アンモニウムの 100 メツシユ以下のものをそれぞれ 20% 配合し、300g について B 級火災 1 単位に対する消火能力試験を行つた。その結果は塩化カリウムを配合したものは 3.2 秒で消火し得たが、第 1 リン酸アンモニウム、塩化アンモニウムを配合したものは消火が不可能であつた。したがつて、塩化カリウムを配合することによつて B 級火災の消火に効果があることが明らかとなつた。

9. 結 言

以上の実験により、硫酸第 1 鉄アンモニウム、アンモニウム明バン、塩化カリウムを主剤とした粉末消火剤は A、B、C 級いずれの火災にも適用可能であり、B 級火災に対する消火能力も従来 B、C 級火災適用の粉末消火剤よりすぐれていることが認められた。この粉末消火剤は実用に供し得るものと思われるが、実用化するためには長期間の貯蔵試験、連続散布法などについて、さらに研究しなければならないものと考えられる。

本研究を行うにあつて指導をいただいた京都大学防災研究所長佐々憲三教授に厚く御礼申し上げる。また実験試料の提供を受けた石原産業株式会社四日市研究所各位に深く感謝する。

参 考 文 献

- 1) 若園吉一、安藤直次郎：消火に関する研究(第 1 報)、京都大学防災研究所年報第 5 号 A、昭 37、3 p. 83.
- 2) 若園吉一、安藤直次郎：消火に関する研究、佐々憲三教授記念論文集、1963.
- 3) 村山敏博：木質材料の防火について、材料試験協会誌、第 10 巻、第 98 号、1961、p. 100.
- 4) W. M. Haessler : Fire and Its Extinguishment, NFPA Quarterly, July, 1962, pp. 94.

- 5) 消防庁消防研究所：消火器規格，消防庁告示第6号，昭36.
- 6) 千谷利三：無機化学，下巻，昭24，p.1095.
- 7) 田村隆：木材防虫防火，昭28，p. 45.
- 8) A. B. Guise : Extinguishing Agent Developments, Potassium Bicarbonate Base Dry Chemical, NFPA Quarterly, July, 1962, pp. 22.
- 9) L. T. Richard : Development of Purple-K, the new potassium dry chemical powder, Fire Engineering, April, 1962, p.313.