

消火に関する研究（第1報）粉末消火剤について

若 園 吉 一 ・ 安 藤 直 次 郎

STUDIES ON THE FIRE EXTINGUISHMENTS (I) 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 sulphate, ammonium sulphate, aluminium sulphate, aluminium stearate and talc was most effective in all classes of fires, i.e. "A", "B" and "C" fires.

1. 緒 言

火災の消火には一般に水が使われているが、水による損害が焼失による直接の損害を上廻る場合が往々ある。また化学工業の発展に伴なつて油脂、有機溶剤の使用が多くなり、水で消火が不可能な火災が増加している。また山林火災の場合のように水の供給が困難なため延焼防止が不能となる火災も多い。そこでわれわれは水に代つて使用できるのみならず、すべての火災に適用可能で、しかも使用法が簡易な消火剤を目的として研究を始めた。

2. 従来の消火剤

国家消防庁および全米防火協会（N.F.P.A.）では、消火剤の適応範囲を明確にするために火災を次の3種に分類している^{1),2),3)}。

（1）A級火災（一般火災）

木材、紙などのような一般可燃物の火災で、後に灰を残す。消火には冷却効果が重要で多量の水または大部分が水からなる化学消火剤が適している。

（2）B級火災（油脂火災）

石油製品、油脂、有機溶剤（エーテル、アルコール、アセトン、その他）などのような可燃性液体の火災で、焼失後に灰などを残さない。消火には酸素との接触を断つ働きを持つ消火剤または方法が適している。

（3）C級火災（電気火災）

漏電、過負荷、レアーショットなどに起因する電気機械器具に関する火災で、消火剤は電気の不良導体であることが必要である。

現在使用されている消火剤を以上の分類に従つて表示したものが **Table 1** である。

Table 1 に示した消火剤を検討してみると1種類で A,B,C いずれの火災にも適応するものはない。しかも、これらの中には高価なもの、麻酔性の毒作用を有するもの、寒冷時に凍結するものなどがある。粉末消火剤は運搬と操作が容易で少量で広範囲に撒布することができる利点があるが、現在使用されている粉末消火剤は主成分が重炭酸ソーダ NaHCO_3 であつて、気体燃焼に対する消滅効果はあるが固体燃焼を停止させ

Table 1

Extinguishing agents	Chemical components	Type of fire upon which effective	Freezing point (°C)	Note
Carbon dioxide	CO ₂	B,C	-57	Poison
Carbon tetrachloride	CCl ₄	B,C	-22	Poison
Chlorobromo methane	Cl·CH ₂ ·Br	B,C	-86	Poison
Chemical foam	NaHCO ₃ , Foaming agent, Al ₂ (SO ₄) ₃	A,B	-3	Poison
Air foam	H ₂ O, Air, Foaming agent	B	-6	—
Dry chemical foam	NaHCO ₃ , (C ₁₈ H ₃₅ O ₂) ₃ Al	B,C	—	—
Loaded stream	Alkali metals	A or B,C	-30	—

る作用が弱いため、燃焼物が再燃する欠点があり一般火災には適用できない。そこで、われわれは粉末消火剤としての特徴を持ち、さらに一般火災にも適用し得る消火剤を探究することにした。

3. 粉末剤の消火作用

従来、粉末消火剤の消火作用は次のようにいわれている^{4),5),6),7)}。

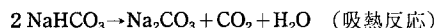
(1) 減熱(冷却)作用: すなわち粉剤の分解熱, 気化熱, 比熱などにより減熱および冷却効果を計る。

(2) 空気遮断(燃焼面被覆)作用: 粉剤による皮膜, 累積などで燃焼面を被覆し酸素の供給を遮断する。

(3) 窒息(酸素排除)作用: 粉剤が熱により分解して不燃性または難燃性のガスを放出し, 燃焼面附近の空気中の酸素濃度を燃焼限界以下に減じる。

(4) 負触媒作用: 燃焼面と酸素との連鎖反応を中断させる負触媒作用である。

これらの綜合作用によつて消火が行なわれるもので, たとえば粉末消火剤(Table 1 参照)として最も広く使用されている重炭酸ソーダの場合は次式のように分解が行なわれる。



すなわち熱分解(65°C~300°C)によつて不燃性ガスである炭酸ガスと水を生じ減熱および窒息作用を行なうと同時に負触媒作用を行なうことによつて総合的に消火機能を発揮するものと考えられる。

4. 硫酸第1鉄・硫酸アンモニウム消火剤

すでに述べたように重炭酸ソーダからなる粉末消火剤がA級火災に適用できないのは, 燃焼面に対する空気遮断作用, すなわち被覆効果が少なく固体燃焼を停止させる作用が弱いためであると考えられる。そこで, 一般火災にも適用し得る粉末消火剤としては, 固体燃焼物の表面にフィルムをつくるような性質, あるいはセルローズを主体とする燃焼物質と反応して, それを著しく難燃化させるような性質を持つことが必要である。また3.において述べた不燃性ガスを発生して酸素濃度を稀釈させる作用(窒息効果)ばかりではなく, さらにその粉剤または分解生成物が強力な還元性物質であり, 空気中の酸素を奪取して燃焼反応を阻止する作用を起こすような性質をかねるものが望ましい。その上, 分解ガスが空気よりも遙かに重い不燃性気体になり燃焼面に滞留すれば一層効果的である。その他, 毒性のないこと, 吸湿性および固化性のないこと, 低温で分解すること, 価格が低廉であることなどが必要である。以上のような諸条件を満足する化合物を探究した結果, 現在までに得られたものは硫酸第1鉄を主剤とし, 硫酸アンモニウム, 滑石末, 金属石けんを配合したもの

Table 2 Constituent of extinguishing agent

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

である。これについて以下の実験を行ない検討した。

5. 実験および結果

(1) 試料

試料としては **Table 2** に示した通りの配合で混合して150メッシュ以下の粒度に粉碎したものを用いた。粉末放射装置としては便宜上、消防庁規格のB級火災用粉末消火器を利用した。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小型ポンプを使用するものである。この容器中に規定の粉末消火剤の代りに試料を充填して試験を行なった。

(2) 標準火災試験³⁾

消防庁規格に従つて次の通り火災の模型を設け上記の試料について消火試験を行なつた。

i) A 級火災

自由に燃えている木材火災に対する消火能力を決定するためのテストで、装置は **Fig. 1** のようなものであり、試験条件は次の通りである。

- ① 燃焼なべにガソリン（J.I.S. 2202 自動車用）3.0 l を入れて点火する。
- ② 点火 3 分後に消火を開始する。
- ③ 消火器の操作者の位置は、消火開始時において、模型の一辺の中央からの水平距離が 4 m 以上の場所であること。
- ④ 無風（風速 0 m/s～0.5 m/s）の状態下で行なうこと。
- ⑤ 消火薬剤の放射終了時において残焰が認められず、かつ終了後 2 分以内に再燃しない場合には、その模型の火災は完全に消火されたものと判定すること。
- ⑥ この規定により消火試験を行なった消火器の A 級火災に対する能力単位は 1 単位である。

ii) B 級 火 災

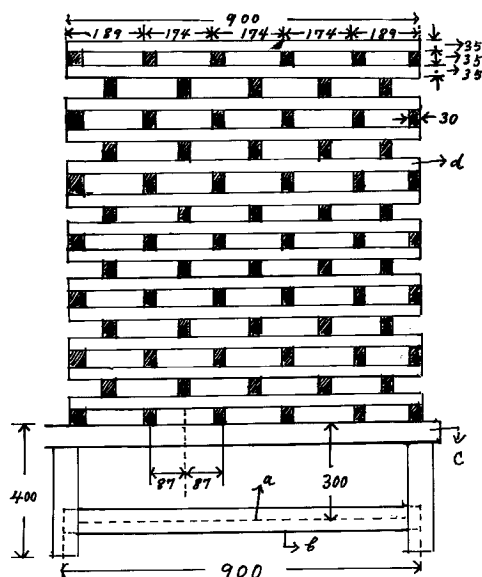


Fig. 1

- a : The surface of gasoline
b : Combustion pan c : Combustion stand
d : Cryptomeria wood (unit : mm)

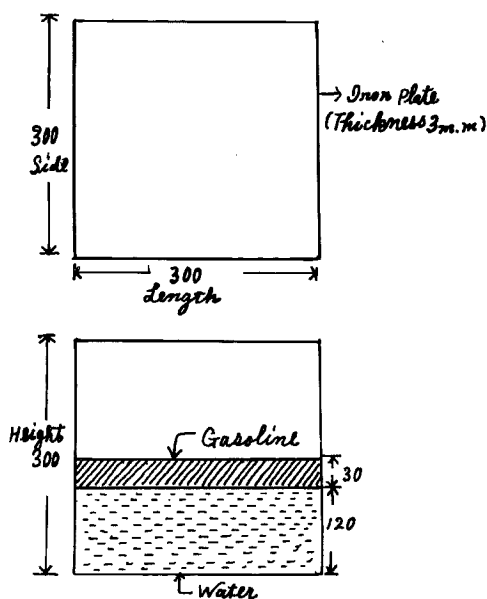


Fig. 2

(unit : mm)

油脂火災に対する消火能力を決定するためのテストで、Fig. 2 に示すような油槽の火災を、試験しようとする消火器で制圧してその消火器の能力を決めるものである。

試験条件は次の通りである。

- ① 点火 1 分後に消火を開始すること。
- ② 消火器の位置は消火開始時において模型の一辺の中央からの水平距離が 4 m 以上の場所であること。
- ③ 無風下で行なうこと。
- ④ 消火剤の放射終了時において残焰が認められず、かつ終了後 1 分以内に再燃しない場合に完全に消火されたものと判定する。
- ⑤ この規定により消火試験を行なった消火器の B 級火災に対する能力単位は $\frac{1}{2}$ 単位である。

iii) C 級火災

試料の消火剤は粉末であるので感電しないから C 級火災の消火試験は省略した。

(3) 結 果

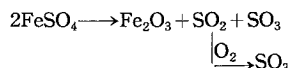
A 級火災消火試験を 5 回繰返し行なった結果、消火能力 1 単位を発揮するに要した試料の消火剤の重量はいずれも 4000 g であった。同一条件で重碳酸ソーダを主剤とした従来の粉末消火剤について試験した場合は、4000 g で消焰は行なわれたが、1 分後に再燃して完全な消火は不可能であった。

試料の粉末消火剤について B 級火災消火試験を 5 回行なった結果、消火能力 $\frac{1}{2}$ 単位を発揮するに要した試料の重量は、いずれも 750 g であった。重碳酸ソーダを主剤とした従来の消火剤の試験結果は、同一条件で同じ消火能力が認められた。

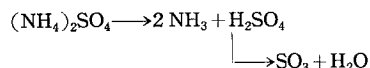
以上の実験結果から硫酸第 1 鉄および硫酸アンモニウムからなる粉末消火剤は、B 級、C 級火災に対しては重碳酸ソーダを主剤とした従来の粉末消火剤と同程度の消火能力をもち、しかも A 級火災に適用し得ることが認められた。

6. 考 察

硫酸第 1 鉄 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ は吸湿性と固化性がなく、 115°C で 6 分子の結晶水を失なつて $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ となり、約 300°C で完全に脱水されて無水物 FeSO_4 となる。さらに強熱すると次式のように亜硫酸ガス SO_2 と無水硫酸 SO_3 とを放つて酸化鉄 Fe_2O_3 になる。 SO_2 は酸素と反応して SO_3 となる⁸⁾。

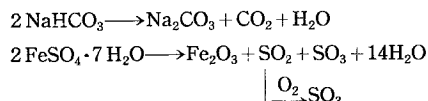


硫酸アンモニウム $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ は 357°C で一部分解してアンモニア NH_3 を発生しながら融解して液状となる。



従来、硫酸塩は木材の防火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主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、それらを炭化せしめ可燃性の炭化水素の発生を阻止する上に、脱水作用により生成した水分が滅熱効果をもたらすためである。したがつて硫酸第 1 鉄および硫酸アンモニウムが消火剤として用いられる場合には、熱分解によつて生じる硫酸、無水硫酸の脱水作用が消火作用の主要な因子となることが明らかである⁹⁾。

従来から粉末消火剤として用いられている重碳酸ソーダと、試料に主剤として用いた硫酸第 1 鉄との消火機能を比較すると次のような差異が認められる。



NaHCO_3 （分子量84）2 mol からは 2 mol の不燃性気体が発生するのにに対し、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ （分子量278）2 mol からは 16 mol 発生する。すなわち $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ からは、同一重量の NaHCO_3 から発生する不燃性気体の約2.5倍（容量）の不燃性気体を発生することになる。減熱作用の因子である水蒸気だけを比較すると mol 比では $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ は NaHCO_3 の14倍、同一重量からは約4倍の水蒸気を発生する。なお NaHCO_3 から発生する CO_2 の比重は1.529であるのに対し、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ から発生する SO_2 は2.264、 SO_3 は 46°C で2.77である。これらの事実から $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ は窒息、減熱のいずれの作用も NaHCO_3 より良好であることが明らかである。また NaHCO_3 は O_2 を奪取する作用はないが、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ から発生する SO_2 は還元性であるから空気中の酸素を奪って燃焼を妨げる作用を有する。しかしながら、 NaHCO_3 は $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ に較べて低温度で分解する（ $65^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$ ）という利点がある。

以上を総括すると $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ は NaHCO_3 に比較して消火作用が大きく、さらに一般燃焼物質を難燃化する作用により再燃を阻止する効果を持つ。したがって試料の硫酸第1鉄・硫酸アンモニウム消火剤はA級火災にも適用し得ることが明らかである。

7. 結 言

以上の実験により、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,B,C級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、今回の実験は小規模火災試験であるから、今後、大規模火災試験を行なつて検討する必要がある。さらに実用化するためには、粒度と飛散距離との関係、長期間の貯蔵試験、連続撒布法などについて研究しなければならないものと考えられる。

本研究を行なうにあつて御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ます。また実験について種々の御支援を受けた京都市左京消防署長松山壬午氏ならびに橘川良寂氏に深く感謝する。

参 考 文 献

- 1) National Fire Protection : National Board of Fire Underwriters, No. 10, July, 1959, p. 4.
- 2) 村上勝幸：米国における消火器の分類等級について、日本火災学会誌, Vol. 7, 1957, p. 81.
- 3) 消防庁消防研究所：消火器規格, 昭36.
- 4) 神田庸蔵：粉末消火剤について、日本火災学会誌, Vol. 7, 1957, p. 75.
- 5) A.B. Guise : Chemical Aspects of Fire Extinguishment, Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 51, No. 11, 1959, p. 64 A.
- 6) G.M. Bulmer : The Use of Dry Chemicals for Extinguishing Fires—Part 1, Fire Protection Review, March 1961, p. 216.
- 7) G.M. Bulmer : The Use of Dry Chemicals for Extinguishing Fires—Part 2, Fire Protection Review, April 1961, p. 288.
- 8) 千谷利三：無機化学, 下巻, 昭24, p. 1095.
- 9) 田村 隆：木材防虫防火, 昭28, p. 45.