

種々の状態のケイ酸化合物系消火剤を用いた 粉末マグネシウム消火について

真 隆志 菅原鉄治（三生技研株式会社） 塩盛弘一郎（宮崎大学工学部）

Study on Fire Extinguishing for a Labo Scale of Combustion Mg Powder
with Silicate compound System Fire-Extinguishing Agent of Several State
Takashi Sana, Tetsuji Sugahara and Koichiro Shiomori

1. 研究背景

林野火災用として開発した本消火剤¹⁾は、熱によって燃焼物表面上に無機高分子を生成²⁾する。生成した無機高分子は、高温耐熱性が優れている³⁾ことが分かった。この高温耐熱性を積極的に利用すれば、燃焼する金属マグネシウム（以後 Mg と表記する）の表面上においても、安定した被膜を保持できると考えられる。従来の金属用消火剤は金属火源の上に盛り土をするように窒息させており、本消火剤のように化学反応を利用して窒息させる金属用消火剤は存在しない。

本研究では、種々の様態（液体から固体）の消火剤で Mg 消火挙動を評価し、有効な消火剤の様態を探索した。さらにスケールアップした Mg に対して粘度の異なる消火剤を噴霧し、消火挙動に至るまでの検討を行った。また、消火残物の被覆外観および Mg 内部を調査し、被覆物のガスバリア性を検討した。

2. 実験装置及び方法

2.1 消火剤の調製

消火剤母液として、ケイ酸化合物に添加物を溶解し、濃縮した。固体の消火剤は、消火剤母液を平坦の形状で乾燥させ、破碎する事により、粒径 1~7mm の粒体として調製した。ペーストと液体の消火剤は、消火剤母液中の水分量を任意に調節することで得た。消火剤の固形分濃度は、熱処理前後の重量差を熱処理前の重量で除し、100 を乗じて算出した。ここで、熱処理は、空気雰囲気下において、600℃の電気炉中に 4 時間保持したものである。

2.2 消火実験

Mg の消火実験は望月ら⁴⁾が行った方法に準じた。予め K 型熱電対（φ0.65mm）を図 1 のように設置した。消火対象物として用いた 3.0g 或いは 12.0g の Mg（マグネシウム粉末：和光純薬工業製）を円錐状に成形（図 1）した。Mg が燃焼開始し、底部熱電対が 1000℃を計測した時点で、消火剤を Mg 火源に供給した。消火実験は動画記録し、この時の消火状況、温度変化および消火剤使用量を記録した。

3. 結果及び考察

3.1 種々の状態の消火剤の Mg 消火挙動

消火剤を種々の状態に調製したものを写真 1 に示す。写真 1 の様にケイ酸化合物は固体から液体まで調製することが可能である。3g の Mg を燃焼させ、各消火剤を投下した場合の Mg 底面の温度の経時変

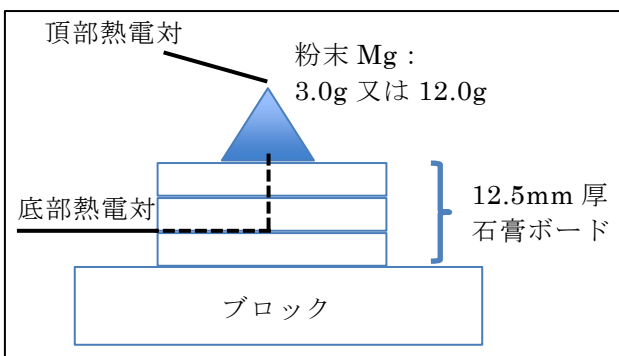


図 1 Mg 消火実験の装置・用具の配置図

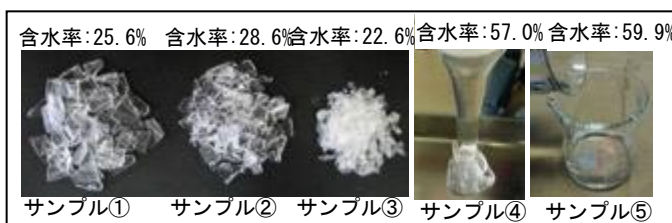


写真 1 3g のマグネシウム消火に用いた様々な状態の消火剤サンプル

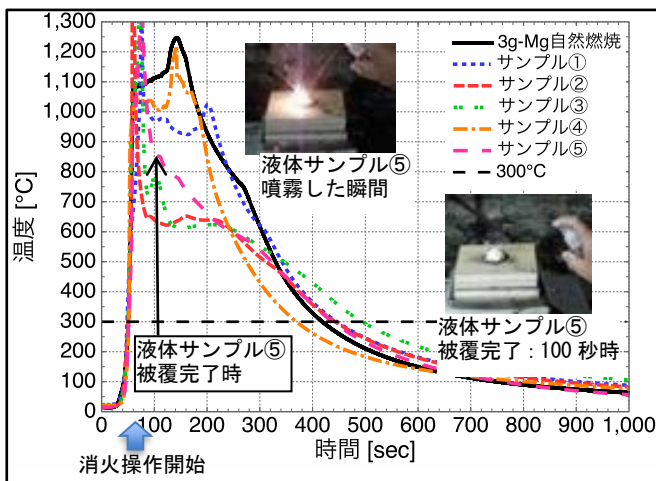


図 2 3g のマグネシウムを各サンプルで消火した場合の底面温度の経時変化と、液体を用いた場合の消火時の様子

化を図 2 に示す。異なる粒径の固体（サンプル①～③）では、粒径が小さくなると共に劇的な温度低下が見られた。ペースト（サンプル④）は、300℃以下で最も速く降温する事が分かった。しかしながら、投下操作性が悪く、Mg を覆うまでに時間を要した。液体（サンプル⑤）を Mg に噴霧した瞬間と被覆完了した様子を図 2 中の写真に示す。噴霧した瞬間（左写真）に Mg が水蒸気爆発の様子は見られない。噴

霧する度に微小な泡が Mg 表面に付着し、更に続けると、先に付着した泡の隙間を縫うように被覆が完了した。図 2 の右写真の Mg の底面温度は 800℃であり、被膜内部は赤熱状態にあるが、被覆物外観は白色を呈しており、被膜表面温度は充分低いことを示している。液体においては、底面の温度は時間の経過と共に緩やかな曲線で降温した。以上の様に全ての状態で Mg を消火できる事が確認できた。

3. 2 液体の消火剤の Mg 消火挙動

消火母剤を希釈し、粘度の異なる消火剤にて 12g の Mg 消火実験 (図 3) を行った。比較的粘度の高い

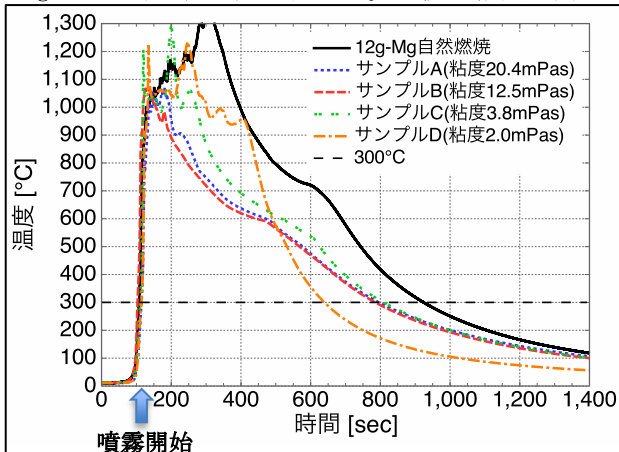


図 3 12g の Mg を各粘度の液体消火剤で消火した場合の底面温度の経時変化

サンプル A と B は Mg に噴霧する度に微小な発泡体が Mg 表面に付着し、続けて噴霧すると泡の隙間を縫うように被覆した。また固形分濃度が高いため、Mg を被覆する時間が短く、降温開始時間が短時間である事が分かった。サンプル C は、A と B と比較すると固形分濃度が低いため、Mg を覆うまでに時間がかかり降温開始時間が若干長くなっている。サンプル D は固形分濃度が最も低いため、Mg を被覆するまで時間を要した。しかしながら、被覆後は降温速度が最も早く、300℃到達時間は 640 秒であった。この様に消火剤の粘度が高ければ Mg を早く被覆し降温速度は緩やかであり、粘度が低ければ Mg を被覆する時間は長くなるが降温速度は速くなる事が分かった。

3. 3 消火残物の被覆外観と Mg 内部の調査

ケイ酸系化合物消火剤を用いて 12g の Mg を消火した消火残物の被覆外観と Mg 内部の様子を写真 2 に示す。写真 2 上段の自然燃焼では白色の酸化マグネシウムが被覆し、Mg 内部は黄色の窒化マグネシウムが生成している。写真 2 の中段は固体泡で良好に Mg 表面を被覆している。この固体泡で被覆する現象はサンプル A~C で見られ、Mg 内部状態も同様であった。この様に発泡した被覆物が Mg と強く密着しているため、ガスバリア性が高くなり、窒化 Mg を生成しないことが分かった。写真 2 の下段は最も粘度低いサンプル D では薄い断片が折り重なるように被覆している。Mg 内部は表層の 1mm 程度に僅かに窒化 Mg の存在が見られるがほとんどが酸化 Mg であった。これは、粘度が低いため薄膜が重なって被覆完了する

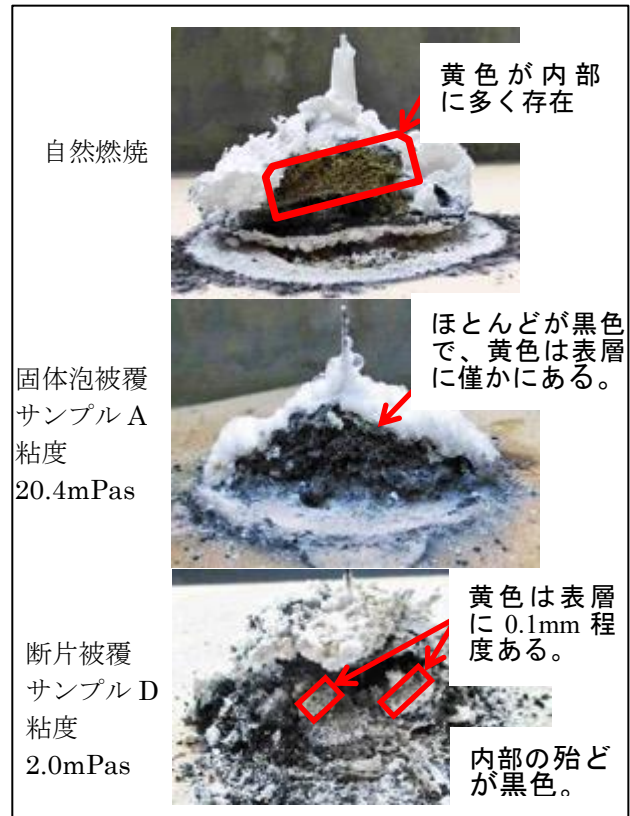


写真 2 消火残物の被覆外観と Mg 内部の様子までの間に窒化 Mg が生成したと考えられる。しかしながら、Mg 内部は大部分が酸化マグネシウムであったことから、サンプル D でも十分にガスバリア性を有している事が分かった。

4. まとめ

ケイ酸化合物系消火剤を用いて Mg 消火能力を検討し、以下の知見を得た。

- 1) 本消火剤は固体から液体の状態で少量の Mg を消火できる事が分かった。
- 2) 液体消火剤は粘度によって、Mg 被覆物の形状を制御でき、Mg の降温制御の可能性を示した。
- 3) 消火残物調査の結果、本消火剤は窒素ガスをバリアする性能を持つことが分かった。

本研究は「平成 28 年度および 29 年度の消防防災科学技術研究推進制度委託研究」(新手法開発型研究開発事業)による成果の一部である。

【参考文献】

- 1) 真隆志, 菅原鉄治, 松木巖生, 塩盛弘一郎; “感温性を有する新規消火剤の消火特性と物性,” 第 65 回全国消防技術者会議資料, pp.178-186(2017).
- 2) 三生技研株式会社, 国立大学法人宮崎大学; “感温性無機組成物,” 特許第 5854422 号(平 27.12.18).
- 3) 真隆志, 菅原鉄治, 松木巖生, 塩盛弘一郎; “水ガラスを主成分とした新規な被覆形成消火剤の開発と消火特性,” 科学・技術研究, 7, pp.43-50(2018).
- 4) 望月真, 山東俊, 佐藤和広; “金属粉に関連する火災の消火方法に関する検証,” 消防技術安全所報, 46, pp.96-101(2009).