

界面活性剤系泡消火器（加圧式二液消火器）の開発

加 藤 勝 文*
 長 井 庸 二*
 堀 井 幸 一*

1 ま え が き

界面活性剤を使用した高発泡，中発泡の消火装置，あるいはその発泡機構など，第三研究室では泡消火に関する一連の研究を継続しており，過去に東消式発泡器を含む各種の大型発泡装置から，手押式の高発泡消火器までさまざまなものを開発してきた。

一方，最近震災対策に関連して消火用具の整備が急がれているが，震災対策は勿論，平常時の一般火災も考慮しながら，当研究室では消火バケツから駆動ポンプまで，その目的，用途に応じた各種の消火器，消火用具を開発研究してきた。

現在普及している消火器は粉末偏重の気味があるため，我々は水の有効性を再認識し，水系統消火用具の開発に主力を置いてきた。しかし，一部B火災（油火災）対策を考慮すると泡消火器の必要なことは当然であるが，従来の泡消火器（2液性化学泡）は耐用年数が短かく，取扱いが不便であるなど欠点が多く，新しいタイプの泡消火器の開発が必要であった。

特に界面活性剤系泡消火液は，起泡性，流動性など泡の性状あるいは泡原液の耐用年数などですぐれているため，これを消火器に使用することの有利さに着目した。

界面活性剤を消火器に使用する場合，一般の高，中発泡同様水に対して3～5%混入するが，泡剤の主成分が高級アルコール硫酸エステル塩であるため，プレミックス方式で水と混合したまま長時間放置すると，界面活性剤が水と分離し，起泡力が極端に低下してしまう。その解決策として，泡剤と水を放射直前にガス圧を利用して混合する方式について検討し，一応安定した泡放射が可能な界面活性剤系泡消火器を完成したので，その結果について報告する。

2 構 造・諸 元

この泡消火器は有効充填水量約10ℓに泡剤300～500

* 第三研究室

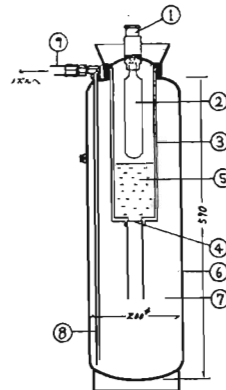
ccを混合する低発泡消火器で，その製造諸元を第1表に示す。

第1表 泡消火器の製造諸元

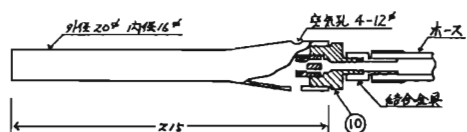
外筒全容積	12,000cc
外筒有効充填水量	10,000cc
内筒全容積	1,280cc
泡剤充填量	500cc以下
発泡ノズル	衝突型2口径噴霧ノズル φ3.65mm×2 φ3.90mm×2
C ₂ O ₂ ガス	充填量30g使用可能 " 60g "
容器全重量	8.26kg

消火器の構造は第1図に示すとおり，水を入れる外筒部，界面活性剤を入れる内筒部，加圧源となるC₂O₂ガスボンベ，打金プランジヤー，ホースおよび発泡ノズルからなっている。

第1図 泡消火器の構造



第2図 発泡ノズル



発泡操作は、打金ブランジャー(1)を押すと先端のピンでCO₂ガスボンベ(2)の封板が破られてCO₂ガスが噴出し、その圧力で内筒(3)の隔離板(4)を破つて泡剤(5)が下方に押出され、外筒(6)の水(7)と混合攪拌し、泡剤はサイホン管(8)、ホース(9)を通つてノズル(10)で発泡され吐出する。

ノズルは第2図に示したような衝突型の2口径噴霧ノズルで、発泡は一般のエアフォームノズルと同様に、ノズルからの噴霧放水流によつて生じた負圧で空気を吸込み発泡する。

写真1



3 放射性状

泡消火器の、充てん水量、泡剤量、加圧用CO₂ガス量およびノズル口径を変数要素としたときの放射時間、内圧変化、発泡量、発泡倍率、放射距離をそれぞれ測定した。

測定条件は下記のとおりである。

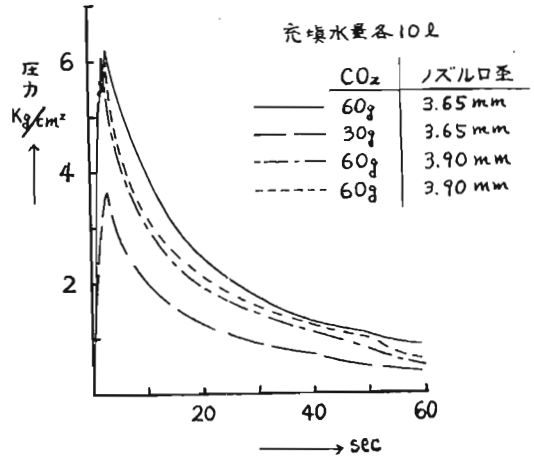
- 充てん水量 ; 8 l, 10 l
- 泡剤量 ; 300cc, 500cc
- ノズル口径 ; 3.65mm 2口径ノズル,
3.90mm 2口径ノズル
- 加圧用CO₂ガス量 ; 30g, 60g
- 放射角度 ; 30度

1 内圧変化

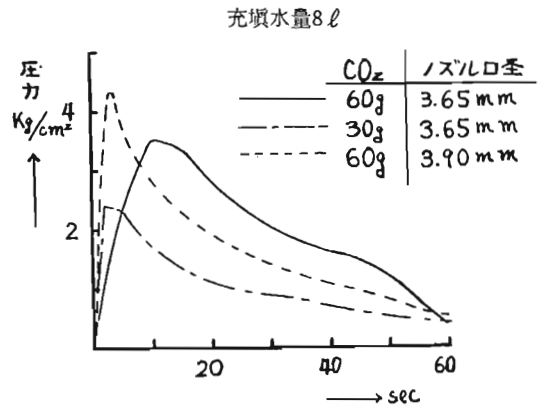
消火器の内圧は発泡倍率、放射距離など消火器の性能に大きな影響を与えるため、充てん水量、CO₂ガス量、ノズル口径を変えて放水圧力の変化の状況と放水時間を調べた。実験はφ3.65mm, 3.90mmのノズル

についておこなつたが、その内容を第2表に、測定結果の一例を第3, 4図に示す。

第3図 内圧変化と放射時間



第4図 内圧変化と放射時間



測定の結果をみると充てん水量10 l, CO₂ガス60gの場合に最大内圧は6.5 kg/cm²に達して放射圧力は最も高くなり、放射される泡にも威力が出て発泡状況も良好であつた。しかし水量を8 lあるいはガス量を30gに減少すると初圧が3~4 kg/cm²にしか上らず、発泡状況も圧力不足のため不安定であつた。安定した発泡性能を得るためには、充てん水量10 l, CO₂ガスは60gボンベを使用することが必要である。

ノズル口径が内圧に及ぼす影響については、3.65mm, 3.90mm程度の口径の差では、泡放射中の圧力減少率がわずかに異なる程度で、性能上優劣を見出すことはできなかった。

全容量12 lの容器に10 lの水を充てんし、60gのCO₂ガスを使用しても最大内圧が6~7 kg/cm²程度しか上昇しないのは、発生したCO₂ガスが水に溶解するからにほかならない。

60gのCO₂ガスボンベを使用した場合の発生ガス

第2表 実験条件およびその結果

充填水量 (ℓ)	活性剤使用 量(cc)	混合率 (%)	CO ₂ ガス 量(g)	ノズル口径 (φ mm × 2)	初 圧 (kg/cm ²)	総発泡量 (ℓ)	発泡倍率 (倍)	泡放射時間 (sec)
8	300	3.8	30	3.65	—	—	—	—
				3.90	2.6	70	9	63
			60	3.65	4.5	100	13	48
				3.90	4.4	100	13	40
	500	6.3	30	3.65	2.4	90	11	60
				3.90	2.8	80	10	69
			60	3.65	4.5	110	14	45
				3.90	4.4	90	11	46
10	300	3.0	30	3.65	4.2	90	9	58
				3.90	3.1	90	9	78
			60	3.65	6.5	110	11	55
				3.90	6.2	100	10	50
	500	5.0	30	3.65	3.6	100	10	80
				3.90	4.0	80	8	85
			60	3.65	6.3	140	14	53
				3.90	6.0	115	12	50

量を算出すると 0℃, 1 気圧では次式から,

$$V_0 = \frac{V \cdot W_{CO_2}}{M_{CO_2}} = 30.6 \text{ ℓ}$$

V ; 0℃, 1 気圧における理想気体 1 mol の容量

W_{CO₂} ; CO₂ の重量

M_{CO₂} ; CO₂ の分子量

20℃, 1 気圧では

$$V_{20} = V_0 \left(1 + \frac{20}{273} \right) = 32.84 \text{ ℓ}$$

となり, 泡消火器の充填水量を 10 ℓ とすれば, 空気スペースは 2 ℓ であるから, 内圧は約 16.5 kg/cm² に上昇するはずである。しかし, 実測値は前記のとおり最大 6.5 kg/cm² であるから, 差し引き 10 kg/cm² 分すなわち約 37 g (20 ℓ) の CO₂ は消火器内の水に溶解したことになる。

CO₂ の水に対する溶解量は温度, 圧力による影響を受けやすい。大気圧中における CO₂ の水に対する溶解量を示すと第 5 図のようになる。すなわち溶解量は 20℃, 1 気圧で水 1 容に対して 0.878 (水 100 g に対して 1.688 g) となる。さらに圧力が高くなれば溶解量も増加するが, これは一般に Henry の法則として次

式であらわされている。

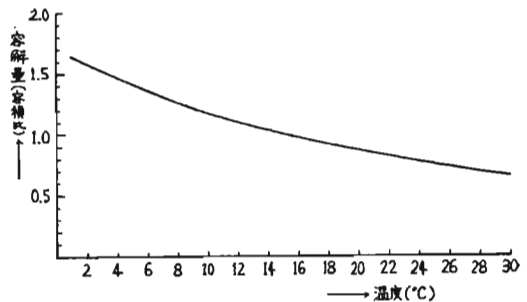
$$P/X = K \text{ (一定)}$$

P ; 気体の圧力

X ; 溶解量

上式で算出すると, 水 10 ℓ を充填した泡消火器では理論的に最大 53 ℓ の CO₂ が溶解可能なことになる。

第 5 図 水に対する CO₂ の溶解量 (化学便覧より)



2 発泡性状

次に放射時間, 発泡量, 発泡倍率について測定した。その結果は第 2 表右欄に示した。

実験結果から判断して最も安定した発泡性状を示し

たのは、3.65mm×2口径ノズルを使用し、水10ℓ、泡剤500cc、CO₂ガス60gを充填した場合で、内圧も6.3kg/cm²と最も高く、倍率は14倍、泡放射時間も53秒と安定している。

一方3.90mm×2口径ノズルを使用すると、充填水量、CO₂ガス量、泡剤濃度を上記と同一にしても、倍率、発泡量、放射時間共に各々わずかながら低下する。しかしこの程度の差では性能上に大きな影響を与えるとは考えられない。

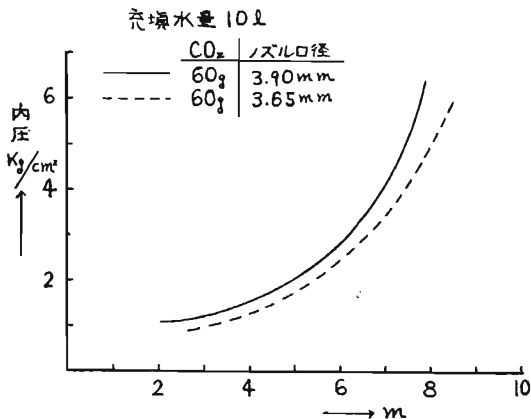
CO₂ガス量を30gにすると、ノズル口径、充填水量、泡剤濃度に関係なく初圧が不足して放射性状は悪くなる。なおこの場合泡放射時間が長く測定されるのは、圧力不足のため倍率の低い、衝撃力の弱い泡が長時間放出されるためで、これは射程も短かく効果的な消火泡とみなすことはできない。

3 内圧と放射距離

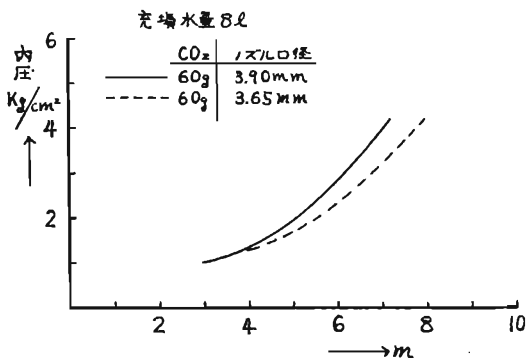
前項同様充填水量、ノズル口径を変化させて消火器内圧の変化と泡の放射距離の関係を調べた。結果を第6、7図に示す。

なお、前項の実験で加圧用CO₂ガス量が、30gでは十分な発泡を得ることができないという結論を得たので、ここでは60gポンペのみを使用した。

第6図 内圧と放射距離



第7図 内圧と放射距離



加圧源として一定量のガスを使用した場合、充填水量が多いほど初圧は高くなり、発泡倍率も大きく泡の放出威力は増してくる。しかし空気容積比 $\left(\frac{\text{容器容積} - \text{水容積} V_1}{\text{容器容積} V} \right)$ が小さいため消火器内圧の変化が大になる欠点がある。

実験結果によると、充填水量10ℓの場合初圧は約6.5kg/cm²になり、放射距離も最大8～8.5m得られることが明らかになった。

一方、充填水量を8ℓにすると、空気容積比が大きいため初圧は4～4.5kg/cm²と低く、最大放射距離も6.5～7mと低下する。

次に泡消火器として何m程度の放射距離を持つ必要があるかという問題については、一応初期消火という事を考慮し、過去の経験などから放射初期には7m程度、最終的に3m程度の射程は要求される。これに必要な容器内の終圧は実験結果から約1.2kg/cm²ということになる。

最終圧力を1.2kg/cm²とするには、充填水量10ℓの場合の必要初圧は、ボイルの法則 ($P_1V_1=P_2V_2$) から

$$P_1 = \frac{P_2 V_2}{V_1} = 7.2 \text{ kg/cm}^2$$

となり、実験に使用した60gポンペでは、CO₂ガスの水に対する溶解性を考慮すると若干不足する。

充填水量8ℓの場合は、同様ボイルの法則から初圧が3.6kg/cm²となり、これは実験結果からみて圧力的には一応満足している。

ノズル口径が泡放射に及ぼす影響については、使用ガス量、充てん水量が同じであればφ3.65、φ3.90m程度のノズル口径の差ではほとんど変化があらわれない。いずれのノズルを採用すべきかという問題については、泡放射時間が3.65mmノズルで53秒、3.90mmノズルで50秒弱であることを考慮し、放射時間との関係で最終的に決定する必要がある。

4 消火実験

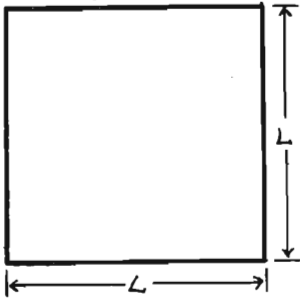
B火災（油火災）に対する消火実験を行なった。実験条件は第8図及び第3表に示すように、「消火器の技術上の規格を定める省令」に基づくもので、B-10、B-8、B-6単位についてそれぞれ実施した。

結果の一例を第4表に示すが、B-10、B-8単位では消火者による消火技術の差異はあっても、いずれもわずかに消火不能となつた。しかし、B-6単位ではおおむね余裕をもつて消火を完了することができる。

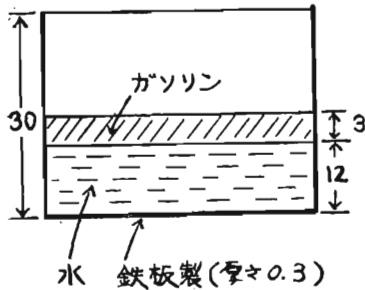
既存の化学泡消火器の消火能力が10ℓでB-5単位程度であることと比較すると、消火能力においては優れているといえる。

第8図 火災実験オイルパン

(平面図)



(断面図)



(単位: cm)

第3表 消火実験規格

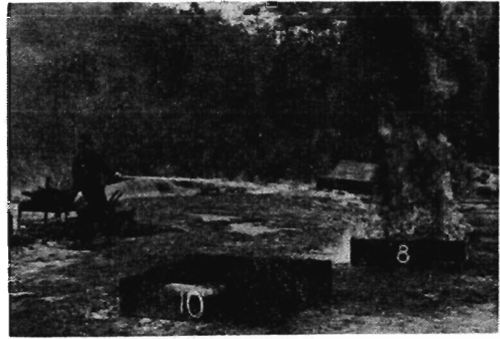
消火能力 単位	燃焼表面積 (m^2)	オイルパン 一辺の長さ L(cm)	使用ガソリン 量 (l)
10 単位	2.0	141.3	6.0
8 単位	1.6	126.5	4.8
6 単位	1.2	109.5	3.6

第4表 消火実験結果

消火能力 (単位)	充填水 量 (l)	泡剤濃 度 (%)	CO ₂ ガス量 (g)	泡放射 時間 (sec)	備 考
10	10	5	60	50	火勢を押えたが消火不能
8	8	5	60	45	同上
8	10	5	60	50	隅にわずかに残火が残る
8	10	5	60	50	同上
6	10	5	60	58	45秒で消火, 泡厚60mm

ノズル; $\phi 3.65mm \times 2$ 口径ノズル使用

写真2 B-8消火実験



4 おわりに

今回開発した界面活性剤系泡消火器は従来の化学泡消火器と本質的に異なるもので、界面活性剤を消火器に使用可能にするという懸案事項は達せられた。

さらにその特長としては、

- (1) 長期間保存可能な泡消火器である。
- (2) 泡原液の取扱い、詰替えは専門業者に依頼する必要がなく、容易に出来る。
- (3) 従来の泡剤に比較して安価である。
- (4) 泡の流動性が大きいので、油面における泡の広がりが早く被覆性が大きい。
- (5) 泡の滲透性が大きいので、B火災のみでなくA火災(一般火災)に対する適応性が大きい。
- (6) 泡剤の起泡性が大きいので、ノズルの切り替えなどその機構を検討すれば任意の倍率の泡を作ることができる。

なお、今後の問題としてさらに次の事項を検討していく必要がある。

- (1) 現在泡原液をそのまま内筒に入れているが、将来これを袋に入れたパック方式とすれば詰替操作は簡略化される。
- (2) 現用ノズルの口径、あるいは空気吸入孔などについてさらに検討を加え、最良の発泡状態が得られるようにする。
- (3) ネットを使用した高発泡についても検討し、ネットの切替えによる高発泡と低発泡、あるいは水消火器との切り替え機構などについて検討する。
- (4) 「消火器の技術上の規格を定める省令」に基づく泡消火器としての検定をとる。

以上の問題を含めて、界面活性剤系泡消火器としてその特長を完全に発揮し得る消火器としていきたい。