

ガス発生剤 (第1報)

原田郁雄・菅田 博・青木徳夫*

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1 火薬の新しい展開 2 ガス発生剤工業 3 液体の駆動装置 <ul style="list-style-type: none"> 3-1 内圧計算式 3-2 装置の設計 3-3 装置の設計例及び試験実施例 3-4 投下用二重殻消火弾 3-5 スプリンクラー消火装置 | <ul style="list-style-type: none"> 4 海洋関係機器 <ul style="list-style-type: none"> 4-1 ロケット採泥機 4-2 浮揚装置 4-3 浮揚採泥装置 5 高压装置その他 <ul style="list-style-type: none"> 5-1 超高压プレス 5-2 応急弁 6 ガス発生剤の研究 |
|---|---|

まえがき

12年前前にロケット推進, 7年前から爆発加工, 3年前から ANFO 問題と, 火薬業界にも新しい波が現れてきたが, その周期が段々短くなり, 他の産業と同様新製品開発競争時代に入った事は明らかである。唯, 一部では火薬産業の斜陽化を補う為に, 是非新製品が必要であるかの様に言われているが, むしろ火薬産業の拡張の為にと言う把握の仕方が正しいと言うべきであろう。近来, 個々の企業間競争がどうやら産業間競争の様相をおび始めているが, 攻撃に勝る防御は無く, しばしば本誌々上でも巻頭頁その他で諸先輩が力説して居られる様に, 産学協同して新しい分野に進出して行くべきだと考えられる。以下, その様な立場から整理してみた火薬類の新しい展開の仕方と, その一部として私達が新年前から研究してきたガス発生剤について報告する。

1. 火薬の新しい展開

1つの産業は常に, ①販売網, ②商品機能, ③製造技術及び設備, ④消費及び関連技術の4要素をもっている。それらはその産業にとって貴重な財産である。従ってその産業が新しい展開を考える時, 少く共この4要素のどれか1つをベースにし, 残りの要素を新規な分野に求めるのは自然な姿である。火薬はすでにその一歩をふみ出している。すなわち, ①販売網をベースにしたANFO, ②爆薬の用途を変えた爆発加工, ③製造技術や設備を利用した硝化綿, ④関連技術すなわち燃焼へと進んだ無煙火薬やロケット推進等, 典型的な展開の理想を実現していると言える。第1図は予

想される若干の項目を含んでそれら4つの方向を眺めたものである。表2は各ルートの得失を見る表であるが, 代表例に何を想定するかによつて表現が違う事もあるが, 次の事だけは明らかであろう。①火薬の新しい展開を志す以上, 先ず新規な販売網の開拓だけは覚悟しておかねばならない。最も困難な事ではあるがこれをさけては新しい分野はあり得ない。②化学品ルートは新規な事が一番多く難しいルートであるにもかかわらず, その代表例である硝化綿について先輩達はすでにそこを乗り越えてきたのだと言うことが出来ると思う。

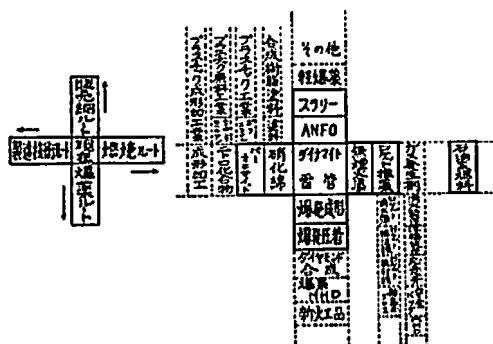


図 1

表 1

ル ー ト	例	販売網	商 品	製 造	関 連	連 術
販売網ルート	ANFO	ベース	酷 似	類 似	酷 似	似
爆 薬 ル ー ト	爆発加工	新 規	ベース	酷 似	似	似
製造技術ルート	化学 品	新 規	新 規	ベース	新 規	
燃 焼 ル ー ト	推 進	新 規	類 似	類 似	ベース	

昭和42年3月12日受理

* 旭化成工業株式会社 東京都板橋区中台

すべてダイナマイトを中心にしてそこから考える。

- i) 販売ルート：現在の販売網を十分に利用して、そこに流せる物は何でも流すという行き方である。ANFOはもちろん、スラリーでも、極端に言えば抗木でもトンネル掘進機でも製造、販売するという考え方である。
- ii) 爆薬ルート：現在の爆薬はそのまま或は若干の改良だけで用途だけを他に転向する行き方。爆発加工やダイヤモンド合成、爆薬MHD発電、地震探鉱、等がこのルートに入る。
- iii) 製造技術ルート：現在の製造技術、設備、安全技術等を若干改良して、新しい化学品を作り出す行き方である。硝化綿をはじめニトロ化合物、パーオキサイド、農薬等の危険物の製造以外にも、火薬産業を一つの加工技術であると把握すれば、プラスチックの或る種の加工までこのルートに入る。
- iv) 燃焼ルート：既にダイナマイトから無煙火薬、ロケット推進と進んで来ているが、これをさらに押し進めて低燃速にし、加熱分解によつてガスを発生する物質、また空気を補給して燃焼する石油系燃料に到達する一連のルートを言う。ガス発生剤はその一部を構成するものである。

2. ガス発生剤工業

以下、ダイナマイトを出発点とした燃焼ルートのみを考える。ダイナマイトの特色を次の様に表現する。

- i) 時間が短い。すなわちエネルギー放出速度が大きい。
- ii) 大量のガスを発生。すなわち容積変化率が大きい。
- iii) 空気なしの、外界と遮断された所でも作動可能。
- iv) 点火機構、すなわち起動が簡単で自動化し易い。
- v) 高い温度が容易に得られる。

爆薬ルートは何れもこの特色を利用しているのであるが、たとえば爆薬 MHD 発電の様に、最大の特色である管の i) 項が邪魔になつて 100 μ .sec 程度の持続時間しか得られないという壁に到達している。無煙火薬やロケット推進もその限界を克服して生れたもので、銃やロケットチャンパーが破壊されない為に燃焼サイドへ移行して来たといえる。

表 2 に見る様に、無煙火薬以降は何らかの形で容器が必要であるが、石油系燃料になると酸素補給が必要な為に容器の機構が非常に複雑になる。すなわち、酸素を必要とする石油系燃料の一手前に、「分」の単位で持続し得る「ガス発生剤」があり、密閉容器内でも自立分解出来るが故に、内燃機関よりも簡単な機構で有用な各種の機器が生れ得ると予想されるのである。従つてガス発生剤工業は次の 2 要素から構成され

表 2 火薬類の系列

時間	μ .sec	m. sec	sec	min	連続
火薬類	ダイナマイト	無煙火薬	推進薬	ガス発生剤	石油系燃料
反応	爆轟	爆轟	燃焼	?	空気燃焼
酸素補給	不要	"	"	?	必要
容器	不要	火筒	ロケット	?	内燃機関
関連産業	石炭産業	兵器工業	ロケット業	?	機械工業

るものである。

- i) ガス発生装置；ガス発生剤及び圧力容器
- ii) 機能転換要素；たとえば消火装置の噴霧ノズルの様に、発生ガスの圧力、容器、流速等を、消火液散布という商品機能に転換する要素であつて、応用例毎に、全く違つたものになる。

両者は具体例では極めて密接に関連し、不可分の関係にあるので、両者を包含した総合的な形で開発すべきであると考えている。

次に、ガス発生要素、即ち何らかの起動方法によつて持続的にガスを発生するものを、字義通りに解釈して分類すると、表 3 の様になるが、本報告では(5)、(6)のみを取上げる事にする。(1)ないし(4)は場合によつて競合力を有する事もあるが、一般には特色が少なく、火薬の展開という立場からこれは考慮しない事にした。

表 3 ガス発生要素

	類型	液体	固体
1	高压ガス型	—	高压ガスボンベ
2	昇華蒸発型	水、溶剤	硫黄、樟腦
3	酸アルカリ型	$\text{NaHCO}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	—
4	空気燃焼型	石油系燃料他	石炭、木炭
5	加熱分解型	低ニトロ化合物 有機溶剤 + AN + Cat.	低ニトロ化合物 有機物 + AN + Cat.
6	自立燃焼型	ニトロ化合物 + Cat.	推進薬、無煙火薬他
7	爆轟型	ニトログリセリン	ダイナマイト

使い易さからいうと、加熱分解型は液体、自立燃焼型は固体、すなわち低燃速の火薬を用いた方が便利である。次に機能転換要素、すなわち用途面からいうと次の様に分類される。

- i) 液体を駆動する機能
 - (イ) 消火装置 (ロ) 噴霧塗装機 (ハ) 農薬散布機
- ii) 容積を変化させる機能
 - (イ) 浮揚装置 (ロ) 自動探泥機 (ハ) 自動車用安全

バッグ (ニ)その他

iii) 圧力を発生する機能

(イ)超高压プレス (ロ)ブレーキ (ハ)応急弁

最後に企業の見地から考えるに、表2において、従来は関連産業である石炭産業、兵器工業、ロケット産業が、何れも膨大であつたが故に、火薬産業がそれらを傘下に収める事等考えられない事であつたが、サイアコール社が、一介のゴム会社からのロケット推葉、さらにはプロパルジョンシステム迄、宇宙産業の分野で大きく伸びた様に、関連産業が初期未熟の段階では進出可能であるから、たとえ機械工業の一分野ではあつてもこれを包含した形で開発を進めるべきであると思ふ。

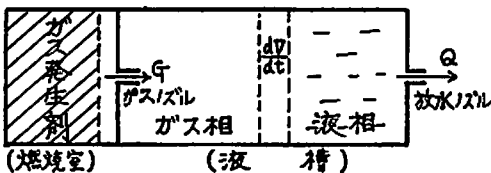
3. 液体の駆動装置

最初に液体の駆動装置について述べる。消火装置、消火弾、薬剤散布機、溶射塗装機等一連のアイデアは全く1つの類型をもっている。以下それらに共通な理論計算式と個々の開発実験について報告する。

3.1 原理及び内圧計算式

原理は簡単であつて、チャンパーより発生するガスを液槽に導き、その圧力によつて放出口より液を送り出すだけであるが、図2にみる様にガスノズルと放出口の二重制約を受ける条件下で、発生ガスと放出量のバランスをとり、その内圧一時間曲線を求める理論計算は必ずしも容易ではない。

(a) 理論模型



(b) 圧力曲線

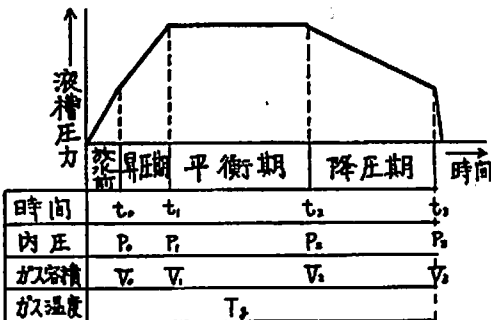


図2

式の誘導を容易にするために次の仮定を設ける。

i) 燃焼筒からのガスの排気は常に臨界状態を保つ。

つまり、燃焼筒の内圧は液槽の圧力の2倍以上であり、排気重量速度は液槽の圧力変化に関らず一定である。

ii) 液圧はガス発生速度と放出速度のバランスによつて規定され、ガス温度の変化や流体の抵抗による変化は生じないものと仮定する。

iii) 燃焼が終了すると平衡状態は崩れるが、なお放水は続き、放水終了時の残圧 P_3 迄降下し、放水終了と同時に平圧に戻るものとする。

iv) 液槽内のガス温度は終始一定温度を保つとする。

v) 状態方程式には理想気体のそれを用いる。

ガス発生剤を用いて液体を駆動する場合、一般に2図の理論模型を適用する事が出来る。すなわち、初期空間 V_0 と有効水量 $(V_3 - V_0)$ を有する全容積 V_3 なる密閉水槽内に燃焼筒より G gm/min なるガスが送り込まれ平衡圧力 P_1 に達するまで圧力上昇し、燃焼終了時刻 t_2 よりガスの自由膨脹によつて放水完了時の残圧 P_3 まで降下し、その後瞬間的に平圧に戻るものとする。

ここにガス発生剤の場合はロケットと異なり、推力は全く不要であるから、ガスノズルは所謂 de Laval nozzle の必要は無く、Converging nozzle を用いる。

i) ガス発生剤の重量速度 G ; 適当な K_n を選ぶ事により、 $P_c/P_w > 2$ なる条件に保つ事は可能である。一方、比熱比 γ が 1.6 以下においてその臨界圧力比 P_{cr}/P_c は 0.5 以上であるから、ガス発生剤の場合も低圧ではあるが、臨界速度に保つ事は可能である。すなわち、臨界流量係数を Ψ_{cr} とすれば、 G は次式で表わされる。

$$G = A_c \sqrt{P_c \cdot \rho_c \cdot \Psi_{cr}} \quad (1)$$

$$\Psi_{cr} = \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{1/\gamma - 1} \sqrt{2g \cdot \left(\frac{\gamma}{\gamma + 1} \right)}$$

ゆえに Ψ_{cr} は γ によつて決まり、 G の P_w の影響を受けない。低圧ではあつても臨界速度にある限り P_w が変わつてもガス発生速度 G は一定に保たれる。従つて $K_n \sim P_c \sim \gamma$ の関係曲線として、通常の測定値が使用可能である。 G は次式の関係ももっている。

$$G = A_p \cdot r \cdot \rho_p \quad (2)$$

表4に γ と臨界圧力比 P_{cr}/P_c 及び Ψ_{cr} を示す。

ii) 昇圧期の計算式

G なる一定速度でガスが発生する一方、 $C(P-1)\alpha$ なる速度で液が放出され、 G/ρ_p なる速さでガス発生剤の体積の減少(ガス空間の増加)が起つている時、時刻 t までに発生したガスについて状態式を考える。

表 4

γ	P_{cr}/P_c	η_{cr}
1.50	0.512	2.196
1.40	0.528	2.143
1.35	0.537	2.117
1.30	0.546	2.095
1.25	0.555	2.060
1.20	0.564	2.035
1.15	0.574	2.004

$$\{PV^\gamma = (a' + m_0Gt)RT_0 = a + mGt \quad (3)$$

$$\{dV/dt = c(P-1)^\alpha + G/\rho_p \quad (4)$$

$$\therefore \gamma P_1^{1/\gamma} \left\{ C(P-1)^\alpha + \frac{G}{\rho_p} \right\} + \frac{(a+mGt)^{1/\gamma}}{P} \times \frac{dP}{dt} = \frac{m \cdot G}{(a+mGt)^{1-1/\gamma}} \quad (5)$$

ただし、 a' は初期空間内の空気のモル数、 m_0 は単位重量当りの発生モル数である。(5)式は一般には積分不能であるから図式解法によって求める。

平衡条件 $d_p/dt=0$ を入れると

$$\gamma P_1^{1/\gamma} \left\{ C(P_1-1)^\alpha + \frac{G}{\rho_p} \right\} - \frac{mG}{(a+mGt_1)^{1-1/\gamma}} \quad (6)$$

$$\frac{mGt_1}{-a} - \left[\frac{mG}{\gamma P_1^{1/\gamma} \left\{ C(P_1-1)^\alpha + \frac{G}{\rho_p} \right\}} \right]^{\gamma/\gamma-1} \quad (7)$$

γ が 1 に近い時は、(6)式より

$$\gamma P_1^{1/\gamma} \left\{ C(P_1-1)^\alpha + \frac{G}{\rho_p} \right\} \doteq mG \quad (7')$$

V_1 は(3)式に P_1, t_1 を入れて求める。(4)式の C, α についてはノズルの特性表として与えられる。 C, α の一例を表 5 に示す。

表 5

種類	直径 mmφ	C	α
K_{11}	3.2	4.6	0.436
	4.8	7.3	0.431
	6.4	9.9	0.427
K_{12}	4.8	14.4	0.415
	6.4	22.9	0.379
K_6	8.0	37.4	0.392
	11.0	72.2	0.445

iii) 降圧期の計算式

ガス発生剤の燃焼終了と同時に平衡状態が崩れ降圧

期に入り、残圧によつて放水を続け、圧力 P_3 に於て放水完了し、瞬間的に平圧に戻るものとする。

$$t_2 = L/\gamma \quad (8)$$

$$P_1 V_2 = (a' + m_0 G \cdot t_2) RT_0 \quad (9)$$

降圧期の状態式は

$$V = V_2 (P_1/P)^{1/\gamma}, (T_0 = \text{const.}) \quad (10)$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{\gamma} V_2 \cdot P_1^{1/\gamma} \cdot P^{-(1+1/\gamma)} \frac{dP}{dt} = C(P-1)^\alpha \quad (11)$$

上式の積分も不可能で図式解法によらざるを得ない。一例として $\gamma=1, \alpha=0.5$ の場合は

$$\int_{P_1}^P \frac{dP}{P^2 \sqrt{P-1}} = \frac{C}{P_1 V_2} \int_{t_2}^t dt \left[\frac{\sqrt{P-1}}{P} + \tan^{-1} \sqrt{P-1} \right]_{P_1}^P = \frac{2C}{P_1 V_2} \times (t-t_2) \quad (12)$$

ゆえに、一般に $\gamma=1, \alpha=0.5$ の近傍にある時は、近似的に次式によつて計算出来る。

$$\left[\frac{(P-1)^\alpha}{P^{2\alpha}} + \tan^{-1} (P-1)^\alpha \right]_{P_1}^P = \frac{2C\gamma}{P_1^{1/\gamma} V_2} \times (t-t_2) \quad (13)$$

(10)式において $V=V_3$ において P_3 を得るから、(13)式より $P=P_3$ において $t=t_3$ を得る。中間曲線が必要でない時は、 $P=(P_1+P_3)/2$ における放水速度を Q_2 とおいて、次式から t_3 を求める。

$$(t_3-t_2) \doteq (V_3-V_2)/Q_2 \quad (14)$$

3.2 装置の基本設計

所与条件としては、①ガス発生剤の組成 (γ, m_0) ②液槽容積 V_3 、初期空間 V_0 、③最高および最終圧力 P_1, P_3 および ④放水時間 t_3 が与えられた場合を考える。

i) 薬量 W の決定；最終時点 t_3 におけるガスの温度 T_0 を仮定すれば、次式から W を得る。

$$P_3 \cdot (V_3 + W/\rho_p)_T = (a' + m_0 W) RT_0 \quad (15)$$

一般に V_3 は W/ρ_p の $(1500/P_3)$ 倍程度であるから W/ρ_p は無視するか、 $1500V_3/P_3$ を加えて近似計算を行なう事が出来る。また、 a' も無視出来る。

ii) 燃焼終了時のガス相の容積 V_2 は(10)式において $V=V_3, P=P_3$ において得られる。また t_2 は(14)式において Q_2 の代りに平均放水速度 $(V_3-V_0)/t_3$ を用いて t_2 を得る。 t_2 は後で修正する。

$$(t_3 - t_2) = \frac{(V_3 - V_2)t_3}{V_3 - V_0} \quad (14')$$

iii) 重量速度 G ;

$$W = G \cdot t_2 \quad (16)$$

G を (7') 式に代入して、 $C(P_1 - 1)^a$ を得る。ノズルの特性表において $P = P_1$ において $Q_1 = C(P_1 - 1)^a$ になるノズルを選定し、そのノズルが $P = (P_1 + P_0)/2$ において、 $Q_2 = (V_3 - V_0)/t_3$ を与えるかを確認し、両者が矛盾したら Q_2 およびノズルを変えて繰返し計算を行なう。

iv) 次に平衡状態においては、 $Q_1 = dV/dt$ は一定であるから (16) 式より Q_1 を求めると次の式から V_1 および t_1 が得られる。

$$V_2 - V_1 = Q_1(t_2 - t_1) \quad (17)$$

$$\frac{V_2}{a + mGt_2} = \frac{V_1}{a + mGt_1} \quad (18)$$

一般には図式解法によらざるを得ない。また放水開始時の圧力 P_0 が無視出来ない場合は、(3) 式において $P = P_0$ 、 $V = V_0$ とおいて t_0 を求める。

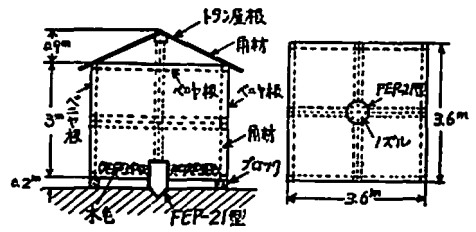
v) ガス発生剤の設計; P_c は P_w の 2 倍以上、すなわち P_1 の 2 倍以上でなければならない事はすでに述べた。 P_c を無意味に高くする事は好ましくないが、一方ガス発生剤が安定に分解を続けるためには、すなわち燃焼中断や Chuffing を起さないためには最低の燃焼圧力が必要であるので、組成に応じて適当な P_c を選定する。 P_c が決まれば、燃焼特性より K_n および r がきまり、(1) 式より燃焼面積 A_p 、すなわち端面燃焼の場合の直径 D が決まり、(8) 式より L が決定される。また K_n 及び A_p より A_t 、すなわちガスノズルが決定出来る。

3. 3 装置の設計例及び試験実施例

試作 FEP-21 号機の設計について述べる。同機は消防研究所の御指導による model fire を消火した最初の消火弾であつた。図 3 にその模擬家屋の概要と同機の構造を示す。

i) 条件 与えられた条件は、図 3 の 2 間角のベニア張りの模擬家屋を所謂 flash over した最盛期に消火出来る事というだけであつたので、先ず所要水量については、①凸凹及び角材板材等燃料の表面積も考慮して約 96m^2 、②消火には $0.5\text{l}/\text{m}^2$ の水が必要として 48l 、③それに最初であつたので安全係数 1.3 をかけて 65l を所要水量とした。初期空間は $V_0 = 5\text{l}$ 、従つて $V_3 = 70\text{l}$ である。その他 $P_1 = 5$ 、 $P_3 = 2$ 、 $t_3 = 30$ 、 $T_0 = 500^\circ\text{K}$ と仮定した。ガス発生剤としては、古い組成であるが低燃速のロケット推薬を用いた。同推薬はポリサルフ

(a) 模擬家屋構造



(b) FEP-21型

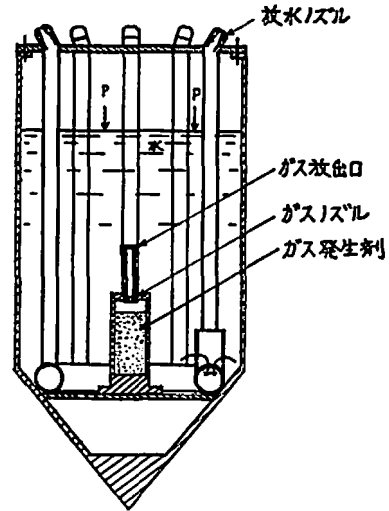


図 3

ライド 30%、 NH_4ClO_4 70%、添加剤 3% より成るもので $\rho_p = 10635$ 、 $r = 1.23$ 、 $m_0 = 41.06\text{mol}/\text{kg}$ であるが、図 2 にみる様に燃焼筒を出てから水中を通つてガス相に集まるので、そこでは $r = 1.33$ 、 $m_0 = 30.9\text{mol}/\text{kg}$ と推定される。従つて前項の G を、 $G_0 = G_c \times \frac{30.9}{41.06} = 0.753G_c$ と區別して考える。燃焼特性は図 4 に示す。

ii) 葉量 W ; (15) 式によるがここでは、燃焼筒と液槽中のガス相が連結していないので W/ρ_p は不要である。

$$P_3 V_3^2 = (a' + m_0 W) RT_0$$

$$W = 0.383\text{kg}$$

iii) V_2 $P_3 V_3^2 = P_1 V_1^2$

$$V_2 = 35.15 \quad Q_2 = (V_3 - V_0)/t_3 = 2.17$$

$$t_3 - t_2 = (V_3 - V_2)/Q_2 \quad t_2 = 13.95\text{ sec}$$

iv) 重量速度 G ; $G_c = W/t_2 = 0.02745\text{kg}/\text{sec}$

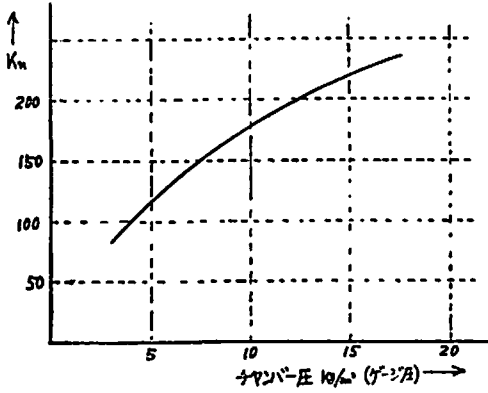
$$G_0 = 0.0207\text{kg}/\text{sec}$$

平衡時の流量 Q_1 は (7') 式から、 G/ρ_p を無視して

$$Q_1 = C(P_1 - 1) = (mG)/(r \cdot P_1^a) = 5.88\text{l}/\text{sec}$$

$$Q_1 = 353\text{l}/\text{min} \text{ ノズルに K-6型, } 8.0\phi \text{ を } 3\text{ヶ}$$

K_n とチャンパー圧の関係



燃速とチャンパー圧の関係

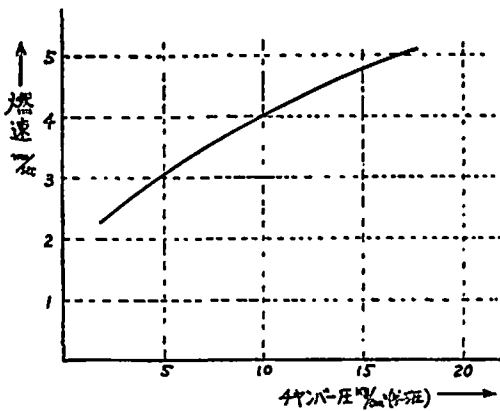


図 4

K-12型, 6.4φを1ヶ用いると計360l/minであるが, $P=3.5\text{kg/cm}^2$ に於て合計300l/min=5l/secとなり仮定の2.17l/secと著しく異なるので, $Q_2=3.5\text{l/sec}$ と おいて再計算を行う。

$$30 - t_2 = (70 - 35.15) / 3.5 \quad t_2 = 20.26$$

$$\therefore G_c = 0.0189 \quad G_g = 0.01424$$

$$Q_1 = 1268 \times 0.01424 / 4.46 = 4.05\text{l/sec} = 243\text{l/min}$$

ノズル, K-12型6.4φ6ヶで, 234l/min

$$P=3.5\text{では}, 195\text{l/min} = 3.25\text{l/sec}$$

すなわち, 仮定の3.5l/secに近い

一般にノズルは種類が多くなく, 小刻みな利用は出来ないのて上記程度の一般で満足し, 後は内圧推定を行なつて P_1, P_3, t_1, t_2, t_3 等の訂正を行えば良い。

v) 次に V_1 , 及び t_1 , は (17) (18) 式より

$$35.2 - V_1 = 3.25 (20.26 - t_1)$$

$$V_1^{33} = 1.4 V_1 + 64.6$$

$$V_1 = 35\text{l} \quad t_1 = 20\text{sec}$$

すなわち, 本例の条件では $V_1 = V_2, t_1 = t_2$ となり, 平衡部は存在せず, 圧力曲線は山型になるものであ

る。

vi) ガス発生剤の場合は, 燃焼筒の冷却を兼ねて水中に設ける事が多く, 従つてノズルのすぐ外に水があり一寸した脈流でも水を吸い込み燃焼中断を起したケースがあつたので, $P_c=15\text{kg/cm}^2$ 程度にしたい。燃焼特性より $P_c=15\text{kg/cm}^2$ の時 $r=0.48\text{cm/sec}$ を得るから, $L=r \cdot t_2=0.48 \times 20.26=97.3\text{mm}$, $\Delta P=G_c/(r \cdot \rho_p)=18.9 \div (0.48 \times 1.635)=24.1\text{cm}^2 \therefore D=55.3\text{mm}$ $\phi_N=4.3\text{mm}\phi$

vii) 結果; 以上の結果を整理し, 且つそれに基づいて圧力曲線を求めると次表の様になる。

表 6 設計結果

ガ ス 発 生 剤	組成; ポリサルファイド系過安70%	圧 力 P_1 ; 5kg/cm ² P_2 ; = P_1 P_3 ; 2kg/cm ²
	$\gamma=1.33$ (液槽)	
	$m_0=30.9\text{mol/kg}(\sigma)$ $T_g=500^\circ\text{K}(\sigma)$	
放 出 口	直径; 55.3mmφ	時 間 t_1 ; 20.0sec t_2 ; 20.3sec t_3 ; 30.6sec
	薬長; 97.3mm	
	K_n ; 220	
放 出 口	P_c ; 15kg/cm ²	容 積 V_0 ; 5l V_1 ; 35l V_2 ; 35.2l V_3 ; 70l 有効水 65l
	r ; 4.8mm/sec	
	ϕ_N ; 4.3mmφ	
放 出 口	ノズル; K-12型	流 量 昇圧期 (5) 式 平衡期 243l/min 降圧期 (11) 式
	ϕ_W ; 6.4φ 6ヶ	
	c ; 22.9	
	α ; 0.379	

以上, ガス発生剤の液体を駆動する動力源として, 利用する場合の計算式について述べたが, 本方法では熱損失の問題を取扱っていないために, 基本的に正確さは期待出来ない。我々の実験に於ても, 測定値は計算値よりも著しく低い圧力を示した。云うまでもなくロケット推進に比較して, 液槽中に滞留する時間が極めて長く熱損失が大であり, 且つ理想気体の断熱式の適用の問題もあろう。唯, ガスノズルと放水ノズルの二重制約の下の燃焼であり, 安全を第一に考えた場合何等かの推定なしには実験が進められない場合には意味があると考え。

3.4 投下用二重殻消火弾

都市の, 交通量増加に伴い, 従来 の所謂平面消防 (消防車等による地上走行消火方式) ではすでに不備である事が指摘され, 立体消防 (ヘリコプター等による方式) の必要が強調されている。特に新潟地蔵の实例にもみられる様に, 水道と電源が失われた大震災時の状態を考えると平面消防では無力であり, 立体消防が必要となる。然しながら, 立体消防には①消火剤の

大量輸送に不向きである。③上昇気流の関係から火点上空に滞留出来ない。④大型動力源を保有し、かつその動力を地上に送る方法がない。⑤消火剤の消火効率が低い（同一家屋内でも注水目標の選び方によって消火率が著しく異なる）等という基本的な問題がある。②、③項を解決するためには上空散布、或いは投下という方法があるが、それでも①、④において水道という大輸送手段をもって、しかも直接、要所々々に注水する平面消防にはなかなかおよび難いと思われる。従って立体消防は平面消防と相補う形で進むものと考えらるべきであろう。

次に上空散布について考えるに、簡単な木造構造家屋を例にとつても、①屋根が残つていてそれを貫通してから内部で散布する必要がある場合と、②屋根が落ちて火点が露出し、単純な空中散布でも効果のある場合とがある。前者は一般に、延焼周縁部に多く、後者は中心部に多いが、消防効果から考えて、前者延焼周縁部に努力が集中されるのは当然である。然しながら屋根を貫通し内部家具およびその他の障害物等に衝突した後、如何なる姿勢で止つても消火液を有効に、即ち上半球方向にのみ放射する構造でないと適当でない。しかもその動力源は外部と無関係に特立したコンパクトで、かつ自動化し易いものでなければならない。2で述べた火薬の長所を生かすべき場所と考える。二重殻消火弾はこの様な発想から生れたものである。

(1) 構造及び機能

5図にその構造を示す。写真1は外観である。図に於て、①は外球であつて、上部にワイヤーロープ⑩から切断するための被断具⑨と、18個の放水ノズル②を有する。③は内球であつて、ガス発生剤④およびその容器⑤と消火液を内蔵し、又④の近傍に排出口⑥及びそれを覆つて外面に半球状のゴム膜⑦を有する。⑧は燃焼筒から内外球壁および被断具⑨を経てヘリコプター上の電源スイッチと連絡する電源コードである。内外球の間にも消火液があり、又内球には適当な量の空気を残して内球全体の比重が消火液のそれに等しくなる様に考慮されている。

今火点上空についてヘリコプター上でスイッチインすると、雷管を内蔵した被断具⑨が切れて、消火弾は落下し屋根を貫通して任意の姿勢で静止する。次に内球は消火液と同じ比重であるから、燃焼筒、すなわち排出口⑥を下にした正常の姿勢まで回転した後、燃焼筒よりガスが発生し、内球内の消火液を排出口より押し出す。この時、半球状のゴム膜⑦は内外球の間で外球内面に押しつけられ、外球の下半分の放水ノズルを閉止するから、消火液は上半球方向にのみ放射される。

燃焼筒は電気的には被断具と同時に点火されるが、延時装置によつて5~10秒遅れた後にガスの発生が始まる構造になっている。

写真-1

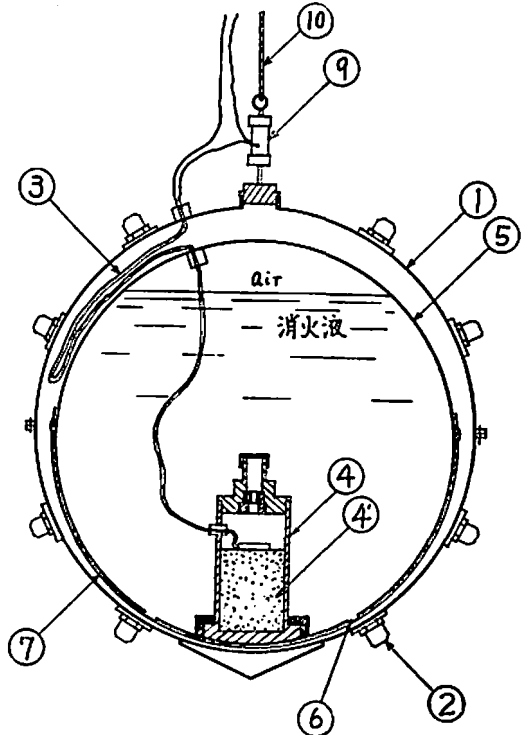
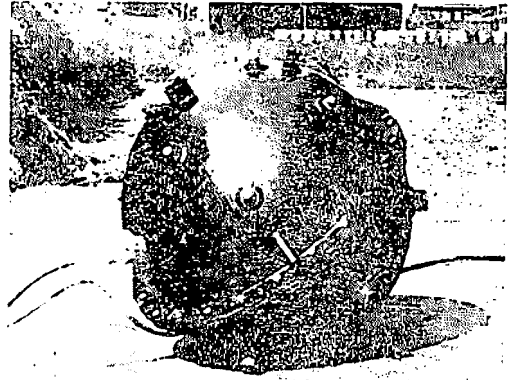


図 5

(2) 諸元及び性能

表7に諸元、図6以降に燃焼性能を示す。組成は理論計算で述べた組成と同じである。但し二重殻消火弾ではチャンパー圧の測定が出来ない構造になっているので、図6(b)および(c)は、他の円筒型(単殻)消火弾の実験例を示した。

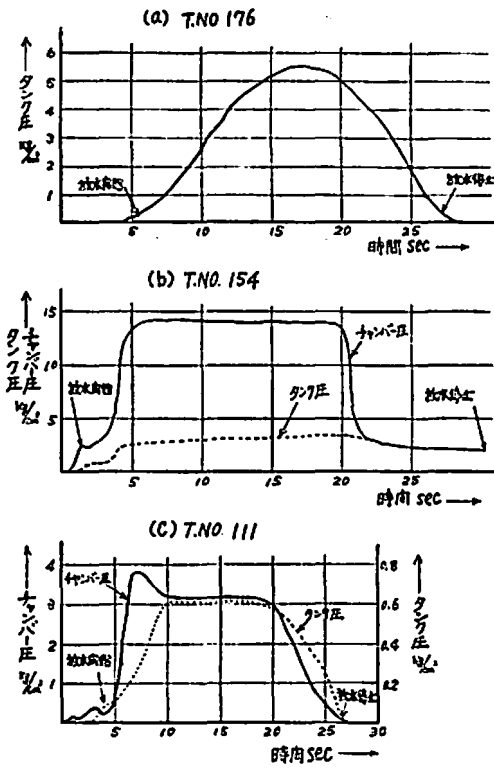


図 6

表 7 諸 元

全備重量: 146kg	放水圧力: max 5.5atm
水 量: 90kg	薬 径: 58mmφ
外 径: 620mm	薬 長: 58mmφ
ノズル: 4.8mmφ	薬重量: 250gm
ノズル数: 18個	K_n : 233
n(使用時): 5~9個	ガスノズル: 3.8mmφ
	燃焼時間: 約15sec
	放水時間: 20sec

同一ガス発生剤を使用して、ノズルの数を増していった時の液槽圧力の変化を図7に示す。データは容量30l、単鼓円筒型の子備実験装置で得た数値である。

次に使用したノズルの性能を、図8以降に示す。中小メーカーの公表値は実測値と異なる場合が多い。

次に破断具の構造を図9に示す。パイプの材質、肉厚、切込みと薬量との関係、特に負荷状態における所要薬量、及び充填材の関係等は省略する。

(3) 模擬火災実験

以上の基礎研究の他に、地上14mの鉄塔上からの落下試験、屋根を貫通した時の耐衝撃強度試験、屋内静置による放水量の平面、及び高度分布測定、破断具の実用テスト、二重殻の回転放水試験等を行なった後、

K-7 4.8φ

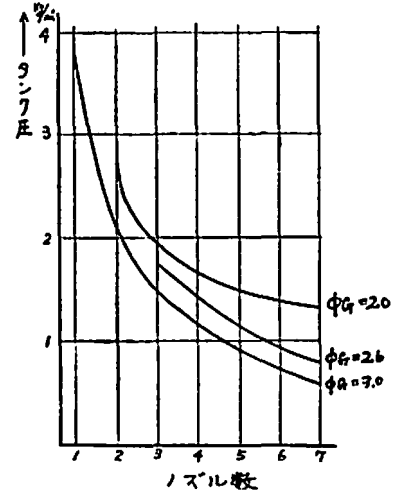
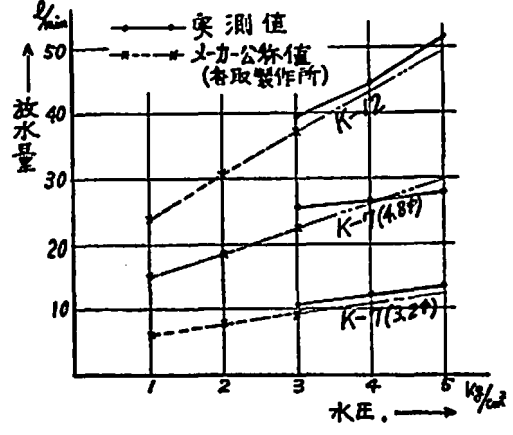
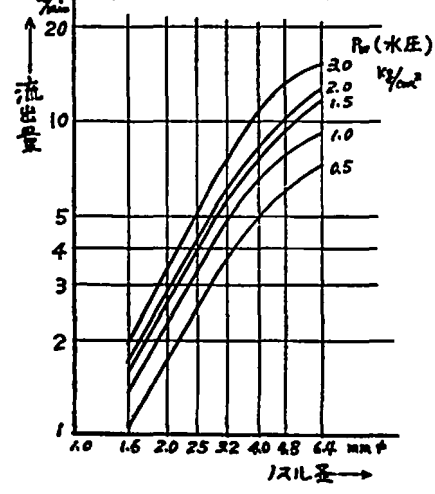


図 7 ノズル数とタンク圧力との関係

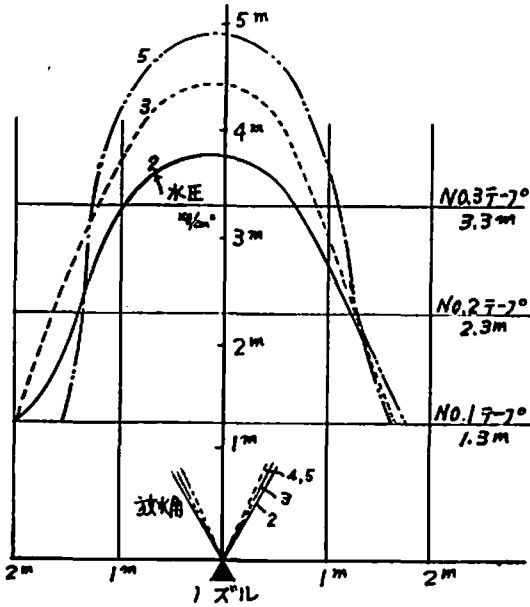
(a) 放水量の比較



(b) 水圧とノズル流出量との関係 (香取製作所製 K-11型)



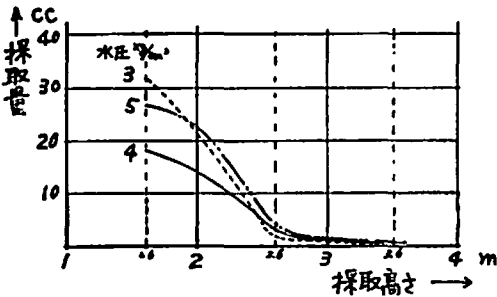
(c) 放水分布パターン K-7(4.8mmφ)



ノズル放水角度

水 圧	2 kg/cm ²	3	4	3
放水角度 (実 測)	60°	55	50	50
“ (メーカー公称値)	80°	80	80	80

(d) 高度分布 K-7 3.2mmφ



(e) 床面分布 (40l放水) K-7 4.8mmφ

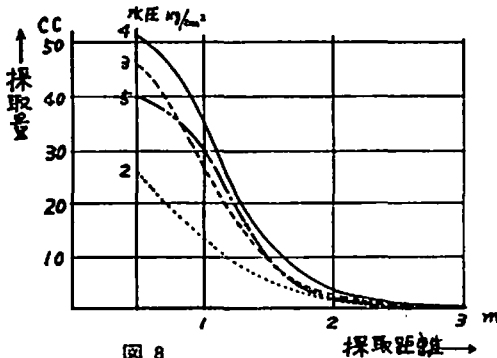


図 8

切断装置 (破断具)

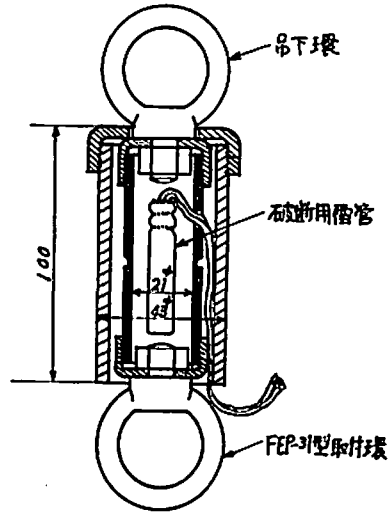


図 9

単殻円筒型消火弾、及び二重殻球状消火弾を用いて模擬火災実験を行った。テストの報告書の中から、若干のグラフをピックアップして報告する。

i) 実験条件

- (イ) 実屋構造：図2に掲げた様に、9尺×9尺×12尺の鉄骨又は角材で骨組し、天井および壁はベニア、床は杉板、屋根はトタン張りにし、図10に付記した様に、5ヶの熱電対を設けて屋内の温度を測る。
- (ロ) 可燃物：壁面や天井に燃え移り易い様に杉板～30kg、木毛9kg、ガソリン0.5～1lを収納する。
- (ハ) 水量及びノズル：室内の燃焼表面積を4m×4m×6面=98m²、消火水量を0.5l、安全係数を1.5として、有効水量70lにとつた。二重殻の場合は90lである。ノズルは二重殻の場合は、K-7型4.8φ、18個のうち5～9個が働くが、円筒型の場合はK-7型又次K-12型6個を使用した。
- (ニ) 燃焼筒：薬径58mm、薬長70～90mm、薬重量300～400gm、ガスノズル3.8mmφ～4.0mmφを使用した。

ii) 実験結果

塔上からの落下による模擬火災テストは自治省の消防研究所において、ヘリコプターによるテストは習志野に於て行なわれた。ガソリンに点火後、約1分でフレームが軒下から噴出する所謂 flash over と呼ぶ火災の最盛期に到達する。その時ヘリコプターから落下させると約20秒でフレームが消失し、黒煙が白煙に変化する。その状態を、写真2A～Dに示す。その時の室内温度の変化を(単殻円筒型を用いた時の測定値で

あるが) 図10に掲げる。この時はガソリンを3箇所に分けて点火したために手間取ったから、最初の10秒には余り意味はない。その後約20秒で立上り、除々に昇温して約900°Cになっている。消火弾は50秒に点火さ

れ、57秒に放水開始したが65秒には温度が下り始め、70秒には完全にフレームが消えた。放水開始後約20秒である。

写真-2

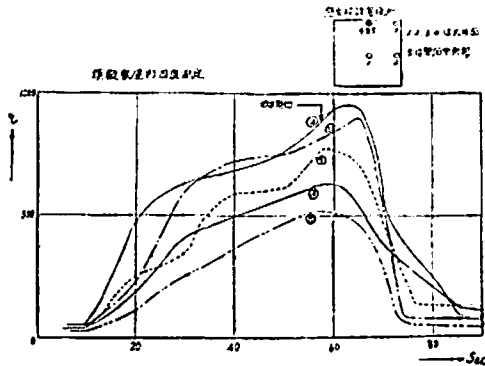
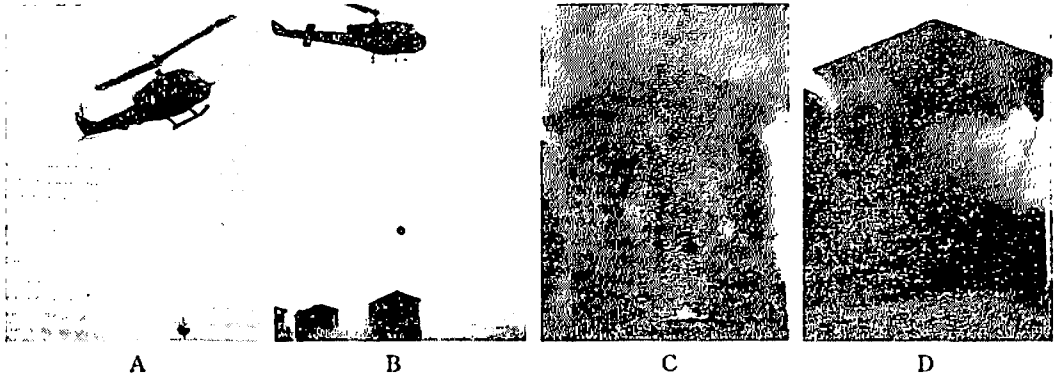


図 10

3.5 ポンプレス消火装置 (スプリンクラー装置)

所謂平面消防、すなわち、消防自動車は、地上を走行して消火する方式は、交通量の激増によって無力化しつつある事をすでに述べた。これを解決する為に、個々の建造物が自衛手段として消火装置を設ける、いわゆる、スプリンクラー装置があるが、これも停電時、特に水道管の破裂等の発生する震災時には無力である。さらにポンプアップ能力の限界以上に伸びた高層建造物の増加により、火災時に必要な大水量の緊急揚水は、まったく不可能となりつつある。さらに、豊富なインテリア関係の充実、プラスチック化によって、高層建造物の防火対策は大きな困難に直面している。水道網や電力網が、非常の際には、却つて弱点となりつつある事は、新潟地震の実例にも見られる所である。その対策としては、外部からの支援に頼らない、独立水槽と独立動力源による消火装置にならざるを得ない。独立水槽、即ち、有限水量という事は大き

な欠点となるが、独立動力源という事は、非常に有利な特長となる。

火薬類の基本的性格の1つである独立性がここでは特色を発揮できるであろう。以下その具体例として当社の東京硝化綿倉庫に設置した、ポンプレス消火装置および類似の構造を有する石油タンク用の、泡沫消火装置、及び水噴霧消火装置について報告する。

(1) 概要

(設置場所) 東京都板橋区中台3丁目27-63

旭化成工業KK 東京硝化綿倉庫

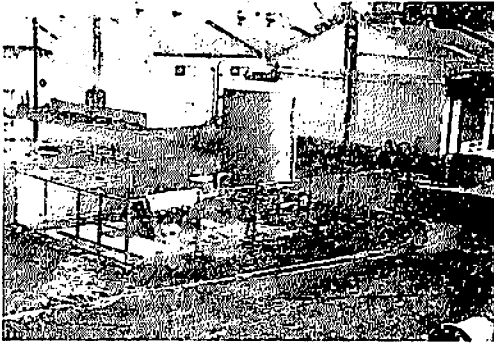
同倉庫は、鉄筋コンクリート造で、300m³×4棟 = 1,200m²、1棟は同じく鉄筋コンクリート壁で、完全に仕切られた100m²の3室より構成されている。計12室である。

各室には、10mmφのノズル9個が配置され、各々枝配管、応急弁、主配管を経由して、容量10トンの貯水タンクに連結している。一方この貯水タンクには、6個の燃焼筒を有するガス発生槽が附属している。また各室に設けられた火災感知器は、応急弁および燃焼筒に信号を送る制御装置に連絡している。作動は、先ず火災感知器が作動して、制御装置は電気信号を送ると、その室の応急弁に電流が通じ、少量の無煙火薬が燃焼してその応急弁が開き、次に燃焼筒に通電し、燃焼を開始する。発生するガス圧によって、貯水タンクの水が本管および枝管、応急弁を通つてノズルに送られる機構になっている。その配置図、および構造を図11の説明図、および写真で説明する。

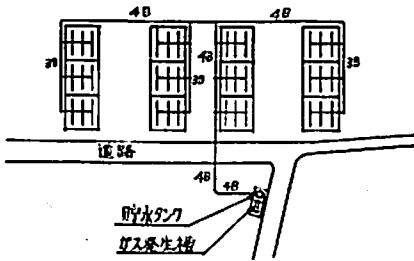
(2) 構造及び諸元

i) 諸元: 最初に従来方式との対比に於て、諸元を記しておく。

写真-3



(a) 消火装置配置図



(b) 消火装置構成図

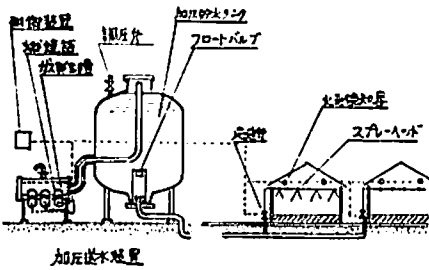
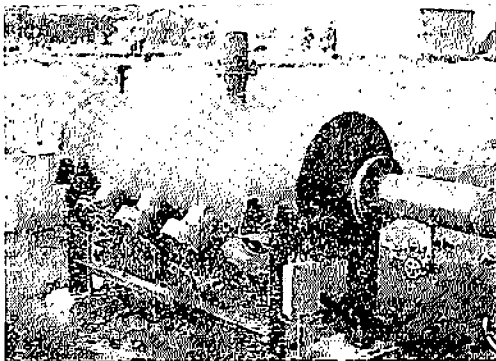


図 11

写真-4

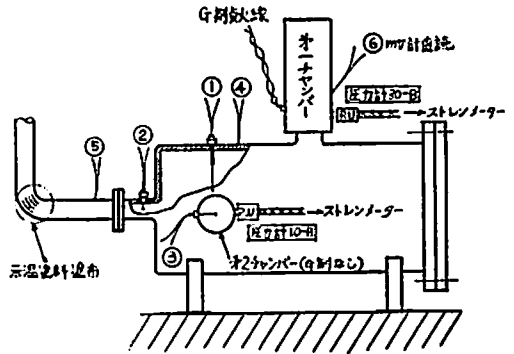


ii) ガス発生槽：燃焼時間9分を single grain で設計すると、ガス発生剤の葉長が大となり、取扱いに不便である。そこで本装置では、これを6分割して90秒間

表 8 諸 元

	本 装 置	スプリンクラー
型 式	固定式噴霧消火装置	開放型スプリンクラー装置
動 力 源	ガス発生剤30kg	ポンプモーター
圧 力	3.8kg/cm ²	3.5kg/cm ²
ノズル圧力	2.5~1kg/cm ²	1kg/cm ²
主 配 管	5吋	4吋
枝 配 管	3~2吋	3~1吋
ノズル数	108個	209個
放 水 量	10トン	—
放 水 時 間	9分	—
放 水 能 力	1,000l/min	800l/min
放 水 密 度	10~6l/min/m ²	8l/min/m ²
貯 水 槽	10m ³	40m ³ (法規上)
電 源	P. C24V	A. C 200V
停電時の装置	必要なし	内燃機関を併設置する

(a) ガス発生槽測定点略図



(b) ガス発生槽温度 (予備試験)

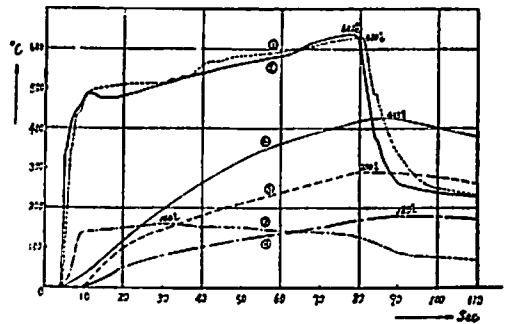


図 12

隔で点火する方式を採用した。制御装置内の遅延スイッチがこれを指示する。それにしても、葉量 30kg、9分の燃焼ガスに曝される金属部分は、耐熱強度、耐食性の点で問題がある。試験用の発生装置を試作し、各部分の温度測定を行ない、また各種の耐熱塗料の予備試験の後、水冷および特殊耐熱塗料を施した。図12に

試験用発生装置およびその測定例を示す。

第二燃焼筒には、ノズルをつけず、開放状態で温度測定を行ったところ $125^{\circ}\sim 160^{\circ}$ を示した。またベント部の外表面に塗布した示温塗料は、 $316^{\circ}\sim 343^{\circ}\text{C}$ を指示している。かつ、本テストは燃焼秒時が80秒のテストであるから、これが6回も繰返されるとさらに高温になるはずであるから、各燃焼筒には外から栓を施しNo. 2~No. 8の燃焼筒に着火しない様工夫を施した。またガス発生槽、および貯水タンクまでの配管はすべて二重管として水冷方式を採用した。

iii) 応急弁：これは消火装置の様に使用頻度が少なく、かつ on-off 式でよい場所では電磁弁の代りに使用出来る弁である。すなわち12室に分れた消火綿倉庫の一室から出火した除、その室の応急弁だけが作動して弁を開くものであつて、その構造は、図13に示す様に通常の弁と全く同じ構造であるが、スプリングに支持されたピストンが、ステムを介して弁体を弁座に密着しているが、制御盤からの指令により、応急弁に内蔵された少量の無煙火薬が発火し、そのガス圧によってピストンを押し、弁を開くと同時にストッパーが働き、開放状態を続ける機構になっている。

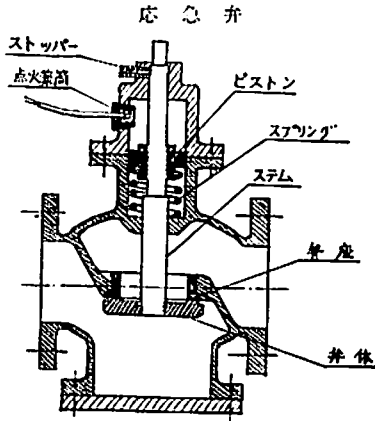


図 13

使用した火薬は、黒色火薬、薬用火薬、ドライブイト用、及び軍用のシングルベース、トリプルベース等、当社の全製品をテストし、結局マッハ(ダブルベース)を選んだ。点火遅れがさほど問題にならないので、強度を重視して点火装置には、小容量のマングニン線を用いた。

燃焼波型は、ウェブや形状に大きく影響されるためマッハ(方形薬 web 0.3mm) Cal. 50(単管薬 0.15mm) 37mm(単管薬 0.38mm) 86mm(七孔薬 0.87mm)の4種を選んで、薬量0.4gmでテストした。その波形を図14に示す。また薬種をマッハに指定し、薬量を変更した時の最高圧のパラツキを図14(b)に示

す。本実験では、Oリングのガス漏れ、弁本体の温度変化、繰返し衝撃によるシステムの偏心等によつてデータの完全な再現性が期し難い状態であつた。ここにもまた、火薬と容器、すなわち機械屋と一体となつた協力関係によつて、新製品の生れる余地があつたのである。応急弁は消火装置以外にも、各種危険物の合成装置や制動機等にも利用できるであろう。

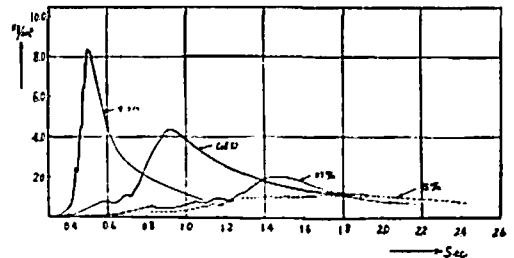
写真 5



応急弁テスト

(a) 同一薬量の薬種に依る圧力波形比較

薬量 0.4g



(b) 薬量による最高圧比較(マッハ使用)

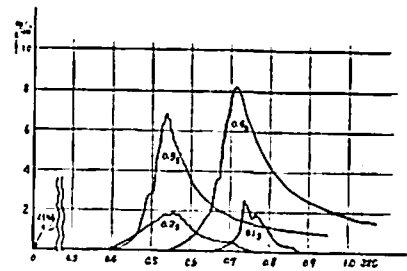


図 14

iv) 貯水タンク他：次回に報告する N_2 rich なガス発生剤と異なり、[O.B]<Oの推薬では、残ガスはなお可燃性であるからこれを放出することは防止せねばならない。そのために貯水タンクの底部にフロートバルブを設けた。すなわち図11に示す様に、比重約 0.9

のポリプロピレンを用いてフロートを作成し、水面の降下と共にタンクの出口を閉止するものである。またタンク自体 10m³ という大容量のガス溜であるから安全のために調圧弁および破裂板を設けた。ノズルはグローバルD型(10mmφ)である。フロートバルブの流速や、直径、材質の問題、ノズルのヘッド圧と流速、流量、噴霧粒径、破裂板の機構、およびその経時変化、調圧弁の腐蝕問題、冬期の配管凍結対策、特にコントロールパネルの機構等、本装置を実用に供するまでには、多くの予備テストが必要であったが、ここでは報告を省略する。

(3) 燃焼試験：現に硝化綿倉庫として常用されているため、模擬火災試験等勿論出来ない。薬量についても試験条件を種々変えて、そのつど確認しながら徐々に増量するという方法をとった。図15にその圧力曲線、および噴霧状態の写真を示す。(a)は5kg 1本、(b)は5kg 2本と2.5kg 3本計17.5kg、(c)は5kg 6本計30kgの波形である。写真6は、屋外に仮設した試験装置の噴霧状況を示す。

写真 6

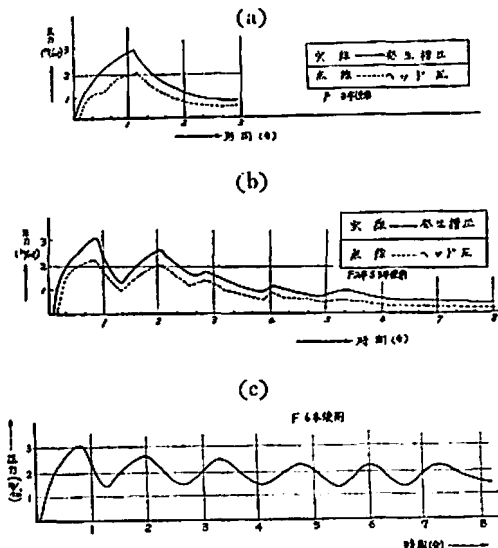
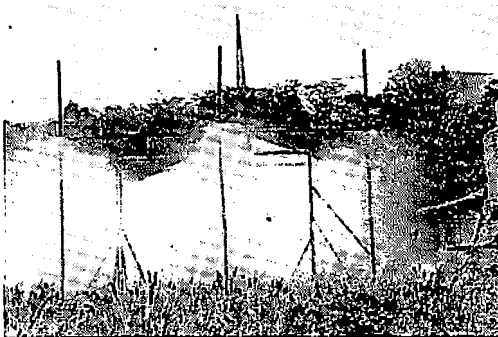
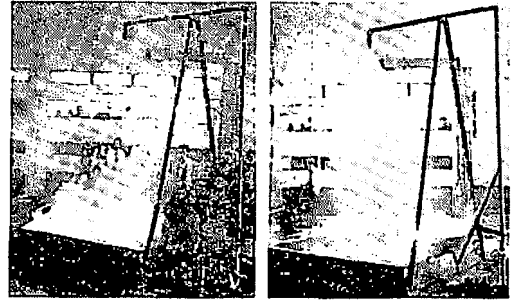


図 15

(4) 泡消火装置他：原理的には、前述のノズル部分に発泡ノズルを使用し、プロポーショナー（混合機）をつければ泡沫消火装置になり、又微粉粒ノズルをつければ水噴霧消火装置になり、消火液の代りに他の液体を收容すれば放射機、または散布機を得る。写真7にその写真のみを掲げる。

写真 7



A 泡末

B 水噴霧

(5) 本装置の短所と長所：70年の歴史のあるスプリング方式と生れたばかりの本装置を比較すれば、まだ不十分な点が多いが、主な点をあげると、

(イ) 本装置ではガス発生剤として推薬を用いたので、火薬=危険と言う不安を持たれる事が予想される。

(ロ) 有限水量である。

(ハ) ガス圧を用いるので、パッキングその他に熟練した綿密な注意が必要である。

(ニ) 高温における耐圧容器を必要とする。

一方長所としては

(イ) ポンプレスである。すなわちポンプ、モーター、エンジン、電源等が不要であつて、遠隔地にある倉庫、石油タンク等に便利である。

(ロ) 機械的可動部分、バルブ等がないので、作動が確実である。錆付き等がない。

(ハ) 平時は全然圧力がかからないので、保守が容易である。

(ニ) 感知機による自動化機構が、簡易で確実である。

(ホ) 価格が安い。消火装置の様に、何十年に一度位作動するものは、初期投資の安い物が良い。

結 び

以上、火薬類の新しい展開の一例として、ガス発生剤を用いた液体の駆動装置について開発の概要を報告した。消火弾、ポンプレス消火装置、泡沫消火装置他、何れも若い技術であり、特に理論計算に於て温度変化を考慮していない点は不満でありまたガスノズルと放水ノズルの二重制約下にある推薬の燃焼につい

て、諸賢の御指導を戴ければ幸いである。終りに、研究の御指導御協力を戴いた消防研究所の堀内部長、秋

田部長、山本室長に、厚く御礼を申し上げる。

propellant as Gas-generating Chemical

Ikuo Harada, Hiroshi Honda and Tokuo Aoki

As a route for the further development of the explosives industry, the technology of gas generating chemicals comprising the slow burning composite propellants has been developed. This paper describes the details of the double shell fire extinguishing bomb and the pumplless fire extinguishing equipment.

Their merits are: to contain no mechanical part as pumps, motor or engines, no alternating current source, and to hold no stationary pressure head; their shortcomings are: to need a pressure vessel, to contain a kind of explosives and to hold only a limited quantity of water.

(Asahi Chemical Industry Co, L.T.D. Merchandising Pioneering Laboratory)

ニュース

推力可変スレッド・ロケット

米ロッキード・プロパルジョン社が開発した可変推力固体燃料スレッド・ロケットは、推力を450kgから20トンまで約2,250kgずつの段階で自由に増減できる画期的なものといわれる。

スレッド・ロケットとは地上のレール上に設置したロケットで、操縦席の脱出装置などのテストに使用される。この可変推力スレッド・ロケットは、使用後に回収して再びカートリッジ式になっている固体燃料を弾体に詰めて何回も使うことができるので非常に経済的なロケットである。

このロケットの弾体直径は35cmで450kgの推力を必要とする場合はこれに長さ66cmのカートリッジ式固体燃料を詰め込めばよい。また、もつと大推力を必要とするときは、弾体に固体燃料を積み重ねて長くし、最高90cmで最大推力20トンが出るように設計されている。増減する固体燃料もカートリッジ式で推力は2,250kgずつの段階で増減できる。弾体への固体燃料の詰め込みは、カートリッジの長さとは無関係に約3秒で完了する。このロケットは、このほどホロマン空軍基地で行なつた一連の地上噴射実験に成功し、計画通りの所定推力を出すことが確認された。(技術ジャーナル, 42.4.7) (野村羊観)

浮遊炭じんの爆発防止

早大理工学部資源工学科房村教授はMgcl₂ペーストによる炭坑の坑内浮遊炭じん防止法の研究を進め、

この坑室内実験で好成績を上げた。炭じん防止に塩類を使う方法は西独等で比較的早くから実用化されているが、わが国でも資源試で塩類散布法を開発している。同教授は塩の吸湿性をさらに有効に使うと、ペースト状にして研究を進めていたものである。塩を散布するだけでは効果はうすいとして、Mgcl₂をペースト状にして坑道の底盤、天井、壁に吹きつける様にした。このペーストの成分はMgcl₂・6H₂O, Ca(OH)₂界面活性剤を夫々10:1:10の割合で混合し60~70%の水を含んだ水溶液とする。この液状ペーストを20~25°Cの室温下におくと一昼夜で糊状になるので、ペーストを坑道内に吹きつけておけば炭じんを吸収して坑内をきれいにしたり、爆発を防ぐのに役立つわけである。(技術ジャーナル 42.4.28) (伊藤)

赤は爆発・引火、黄は触れるな

中央労働災害防止協会は「危険・有害物の表示要領」を早急に産業界に普及させようとしている。このため同協会は、赤い色は爆発したり引火する物質の表示、黄色は触れると有害な物質の標識という事になっている。表示要領を定める目的は事業場で危険や有害な物質を小分けして取扱う作業を行なう場合、その容器や場所に特定な色で表示して、労使関係者に注意を喚起しようというもので、赤色、黄色を容器の高さの1/3に塗り、その際、塗色が鮮明でない時はその上下に危険性物質については白色、有害性物質については黒色でふちをとる事になっている。

(日刊工業, 42.4.6) (伊藤)