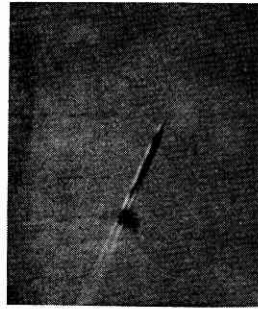




(2号機の発煙)



(3号機の発煙)

まえがき 128型ロケットは、ペビー・ロケットに比較して速度、高度、飛しょう時間がそれぞれ3倍程度増大しているのでペビー・ロケットで行ったと同様な方法を採用することはもはや不可能に近いので、新しい方法による発煙機構が必要になった。ただわれわれが一番頭を痛めたのは、飛しょう速度が音速を越えた場合に発煙が果してうまく行くかどうかであった。幸いにも128型ロケットは音速で飛しょうする時間が比較的短いので、この時間観測のための発煙が不良であっても観測には大して影響のないことが連絡会議の結果わかった。観測班にとっては発煙の成功、不成功によって多大の努力が水泡に帰する結果になるので発煙方式には三段階の準備をすることにした。

この準備の前に黄燐による発煙実験を生研の広場で行ったのであるが、取扱いが極めて危険なため、万一のことを考慮してこの発煙方法は中止することにした。

- (1) 四塩化チタンによるもの
- (2) 白色または着色発煙によるもの
- (3) 発光剤によるもの

についてそれぞれ具体的な試作研究が行われた。

試作品については観測班の方々に見学していただき、生産技術研究所の広場において実験を行い、種々ご意見を出していただき希望に添えるよう努力した。ただ一番困った点は、地上で行った実験の成績がよくても、実際にロケットに付けて飛ばした時に果してどのような結果になるかについては全く予測致しかねるものがあり、また飛しょう実験を行うロケットの台数にもおのずから制限があるので、幾種類もの実験を行うことはとうていできない。したがって幾種類も準備して、現地における天候の具合によって、最適と思われるものをロケットに取り付けることに観測班の方々にご了解を得ることとなった。

なお、この報告は128J-S, Tの発煙系についてまとめて報告するもので、四塩化チタン、六塩化エタンによる発煙は128J-Sで、ロケット・トレーサー（発光、着色煙）は128J-Tで使用した。

1) 黄燐による発煙

黄燐の発煙状態を研究する目的で、福田義民教授の指

カップ128J-S, T型ロケットの発煙装置およびロケット・トレーサーについて

吉 山 巖

皆 川 清・岩田 貞夫・門馬佐太郎

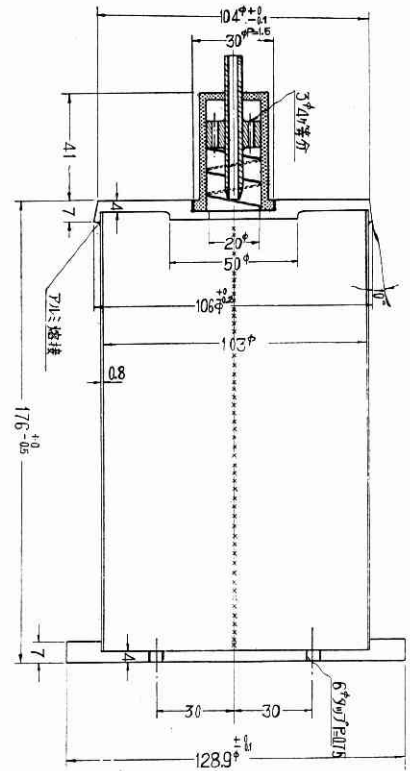


第 1 図 黄燐による発煙状態

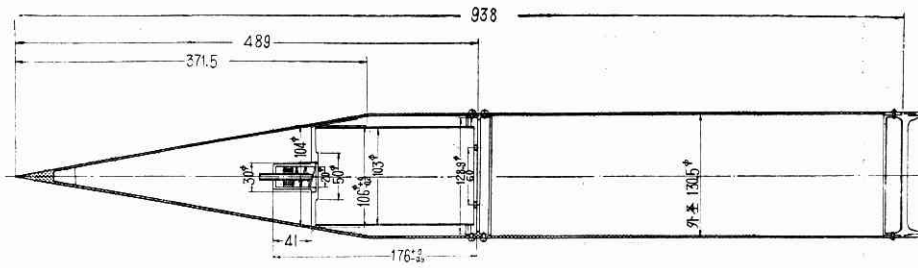
導により、福田研究室の方々が生産技術研究所の広場で実験を行っていただき、観測班の方々に見学していただいた。最初は10~20gを紙の上に乗せてタバコの火で

点火させ発煙状態を調べ、最後に約500g全量をボール紙ケースの中に入れタバコの火で点火した。第1図の写真はその時に行われた黄燐の発煙状態である。

この実験により黄燐の発煙状態は極めて良好であるが、その取扱いには相当の熟練を必要とする



第 2 図



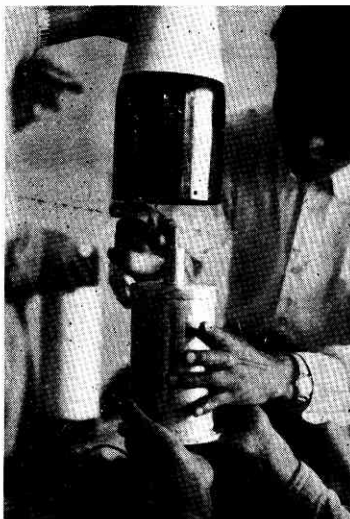
第 3 図

こと発煙筒に貯蔵する場合に水も注入しておかなければならないし、またロケットに装着して、運搬、ランチング等の操作中に危険な状態になりやすい等の欠点が検討の結果わかったので、今回の飛しょう実験で使用することは見合わせることに決定した。

2) 四塩化チタンによる発煙



第 4 図



第 5 図

前に述べたように黄燐を使用することができなくなったので、今回の飛しょう実験においても四塩化チタンを使用することになった。発煙についてはベビー型ロケットで経験済みであったので、第 2 図に示す容器を製作し重心位置の関係で頭部に積載することになり、したがって容積も制限され全飛しょう時間にわたって発煙させることは困難となった。最初の実験で発煙が比較的明確に確認できれば、発煙孔を小さくして長時間発煙させる計画でパイプを現地で単筒に取り付けられるようにしておいた。

第 3 図は 128J-S 型ロケットの頭部に発煙筒を取り付けた時の概略図で、下側に内径 2φ~4φ の銅パイ

プを取り付け機体外に液を放出させるようになっている。第 4 図の写真は、容器にパイプを取り付けた時の写真で下側に長く出ているのが銅パイプである。取付

終了後パイプの長さは適当に切断される。

第 1 回の飛しょう実験では、内径 2φ のパイプを使用した途中から煙が出なくなり不成功に終わった。

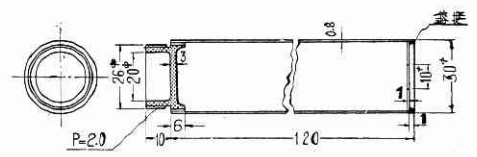
第 2 回目の飛しょう実験では四塩化チタンを胴部に約 40 注入し 3φ の発煙孔をつけ、尾翼に六塩化エタンの発煙筒（後で述べる）を付けて発射したが飛しょう中に事故が発生し観測はできなかった。

第 3 回目の実験においては最初に使用した容器の圧力導入部を少し変え、発射前に木栓を抜いておき、発射と同時にパイプにつけてある止栓が抜けるようにしたところ（第 5 図参照）発射位置付近からは頂点付近まで発煙していたのが確認されたので、観測班も観測に成功したと思っていたが、位置と雲の関係で観測できなかった。しかしカラーフィルムを使用した投影機では頂点付近まで撮影していたことが後でわかった。

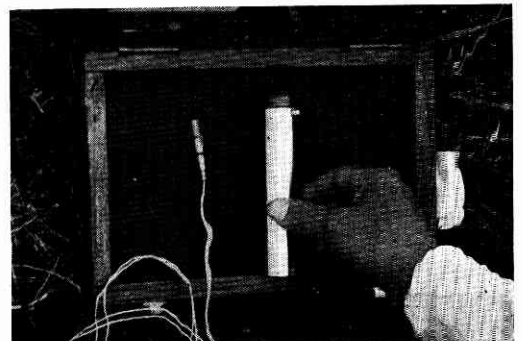
3) 六塩化エタンによる発煙

i) 発煙筒および構造

発煙筒の大きさは取付部の強度、構造、空気抵抗等の諸問題があるので簡単に発煙量のみだけでは決定し難いので、いろいろ検討した結果、第 6 図に示す発煙筒を製作し、発煙剤をつめて実験を行ってみることにし、なお点火方式は電気雷管を使用することとし、最初の実験を



第 6 図



第 7 図 (a)

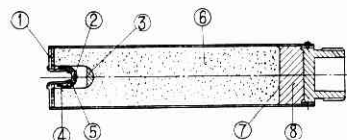


第 7 図 (b)



第 7 図 (c)

31年9月7日生産技術研究所広場において行った。第7図の写真の (a) は使用した発煙筒および雷管であり、(b) は雷管の取付状態、(c) は発煙状態の写真で発煙時間は 60~70 秒であった。この時の煙の状態は黒色煙が



- ① 亜鉛板 厚さ 3mm (醋酸ビニールで接着)
- ② パラフィン紙
- ③ 無ガス着火剤約 1g
- ④ 木綿糸③を結ぶ
- ⑤ マッチ茎
- ⑥ 発煙剤 100g
- ⑦ 紙
- ⑧ 炭酸石灰

第 8 図

ii) 発煙剤について

各種発煙剤の中で、比較的取扱い容易で危険性もなく煙量の多いのは白色煙を発生する六塩化エタン系の配合剤である。これには次の二通りの配合がある。

	(A)	(B)
六塩化エタン	50%	46.8%
酸化亜鉛	22~25	48.2
亜鉛粉	28~25	—
アルミニウム粉	—	5

ただしA配合においては、酸化亜鉛の増加にしたがい、燃焼速度を減じ煙の色は純白に近づき、反対に亜鉛粉の

増加に従い煙の色は灰色を帯びる。しかし燃焼速度の増減には限度があり、最大速度：最小速度=1.5：1の範囲である配合の場合は、六塩化エタンと酸化亜鉛の混合比率を一定とし、アルミニウム粉の粒度を100メッシュ全通~270メッシュ全通、配合量を4%~12%に増減することより容易に燃焼速度の加減ができ、最大速度：最小速度=10：1の範囲に調節できるのである。

煙の色については、(B)配合では(A)配合に比較して黒灰色を帯び、しかもアルミニウム粉の粒度および配合量の増加するほど燃焼速度大となり、煙の色は黒色を増す。

今回の実験においては同一薬量で煙量をできるだけ多くすなわち燃焼速度を大にし、かつ煙の色をなるべく、白色に近くするため前記(A),(B)配合の中間の配合とした。

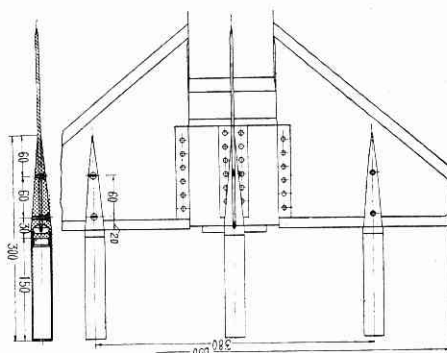
	(C)
六塩化エタン	47.75%
酸化亜鉛	33.75
亜鉛材	14.00
アルミニウム粉	4.50

次に着火法としては電気発火法をとり、すなわち電気導火線を使用した。

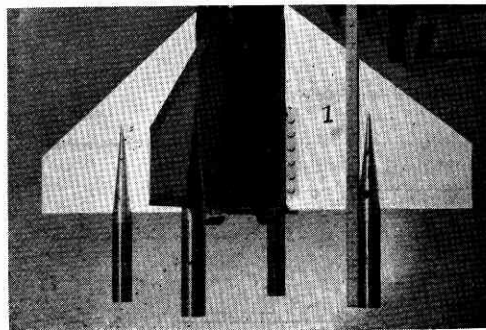
また着火剤として珪素鉄：光明丹=40%：60%の無ガス剤を使用した。

iii) 発煙筒の取付について

発煙筒は尾翼に第9図に示す場所に、おのおのの尾翼



第 9 図

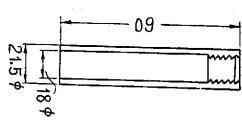


第 10 図

に一個ずつ取付金具で尾翼に固定することにした。取付位置は尾翼の強度上よりすれば尾翼取付金具付近が安全であるが、噴射ガスによって乱される恐れが多分にあるので、できるだけノズルより遠ざける方がよい。しかしあまり遠ざけても、尾翼がフラッタを起す危険があるので取り付けた尾翼の振動を測定してみた結果によって適当と思われるところに固定することになり、現地実験場で振動測定を行った。実験結果の資料の解析には、池田研究室の方々が当られた。第 10 図の写真は発煙筒を尾翼に取り付けた時の写真を示す。

4) ロケット・トレーサー (発光, 着色発煙) について

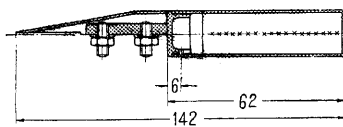
9月に行われたカッパ 128J-S 型ロケットに装着して飛ばし実験を行った発煙系は、観測および撮影結果ではあまり効果のないことがわかったので、128J-T 型ロ



第 11 図

ケットでは発光と着色煙の二つの方法について研究、試作を進めることになり、光については赤色が最も視認良好という経験からこれを採用し、

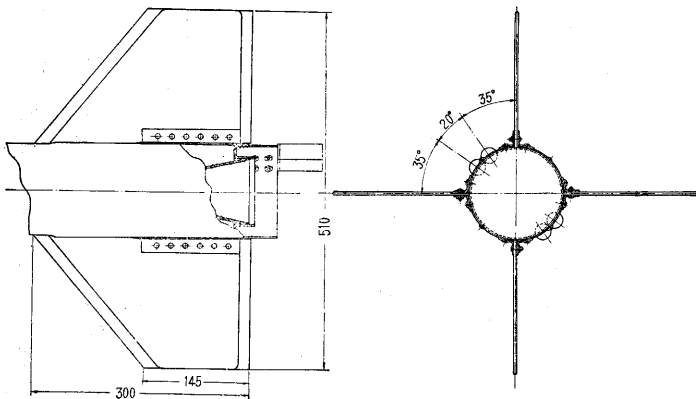
その配合については基礎実験の結果から後述の No. 1, No. 2, No. 3, の三種類の配合を選んだ。煙については橙色と黒煙を選んで第 11 図に示す容器に圧入して、昨年 11 月 14 日生産技術研究所において地上実験を行った(グラビア写真参照)。実験の結果、光薬は No. 2 の配合のもの、煙薬は実験参加の方々のご意見により赤色(紅)を採用することとした。



第 12 図

なお第 12 図に示す型のトレーサーを第 13 図

に示すように、翼間の尾翼筒に 2 個ずつ対象的に合計 4 個を装着することになったが、推進の燃焼熱または焰によって、光薬もしくは煙薬が加熱分解あるいは爆燃を起す心配も危惧されたので、昨年 11 月 16 日帝国火工品



第 13 図

製造 K.K. 川越工場内の富士精密工業 K.K. の試験所で、実機のロケットエンジンに取り付けて地上試験を行った。実験は煙トレーサーを 4 個、光トレーサーを 2 個尾翼筒に取り付け、推進と同時に点火を行ったが赤色煙 1 個のみ着火発煙し、他は全部点火装置が推進の噴気によって吹きとばされて不点火となった。この試験によって推進の燃焼熱はトレーサーに影響をおよぼさないことがわかり、またトレーサーの点火時期を推進点火の数秒前とするのが適当であることも分った。この結果秋田の実験においてはトレーサーの点火は推進点火の 5 秒前としたのであった。さらに光薬および煙薬をいくらかでも増量し、視認度を高めるべく可能な範囲まで、前記筒体を後述の寸法まで大きくしたのであった。

秋田の実験における観測結果については、観測班より詳細な報告があると思うので本稿では省略する。

5) 光薬および煙薬の配合

i) 光薬

普通の照明剤は可燃剤として Mg または Al を、酸化剤として硝酸塩または過塩素酸塩を混合し、これに適量のバインダーを入れて貯蔵安定性と、燃焼時間の調整をし、これを筒体に 1,000 kg/cm² 前後の圧力で圧搾したものであるが、機銃弾用の曳光剤は上述のような配合に視認度を高めるため、赤色黄色の発色剤として Sr 塩または Na 塩を加え、かつ発射の衝撃に耐えるように 4,000 kg/cm²~5,000 kg/cm² の高圧力で圧搾した点が違っている。

ロケットの場合トレーサーに加わる発射の衝撃は、砲弾よりはるかに小さいので圧搾圧力は 1,500kg/cm² とし普通の照明剤より僅かに高めとした。高圧を加えた場合着火性が悪くなる点も考慮したからであった。

まず 9 種類の配合を選定試験の結果(第 1 表)良好と思われる 3 種類を採用 No. 1, No. 2, No. 3 とした。ロケットに装着したのは No. 2 だけで、No. 2 がもし最初の飛ばし実験で不成功の場合 No. 1 または No. 3 を使う計画であった。

旧軍時代の経験で地上試験の場合と、実際に弾丸に装填し発射して観測した場合とは視認度が異なることが多かったので、かつて海軍で実際に使用されていた経験のある配合のものも、準備しておいた方がよいという考えから No. 3 も予備的に選んだわけである。これは 25% 機銃弾の曳光薬の配合そのままである。

ii) 煙薬

煙薬は白色煙を出すものが普通に使われ、信号等の特殊用途に着色煙が使用されており、色の種類は普通赤、橙、青、黄、黒等である。着色煙薬は塩素酸カリウム等

第 1 表 光 薬 の 基 礎 実 験 成 績

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mg(10/100)	35	25	10	30	15	25	30	25	30 (パラファイ ンなし)
KClO ₄	55	55	20		42		45	10	
SrC ₂ O ₄	10	10			15		10		
Sr(NO ₃) ₂			52	54	10	60	5	50	60
セラック	5	10	10	8	13	8	10	8	
PVC			8	8	5	7	5	7	
SrCO ₃									5
密 蠟									5
薬 量	25 g	20	20	20	20	25	20	20	23
薬 径	28%	"	"	"	"	"	"	"	"
圧 搾 圧 力	kg/cm ²	"	"	"	"	"	"	"	"
秒 時	1,500	37"	41"	59"	44"	87"	38"	49"	32"
光 度	6,000~ 7,000	3,000~ 4,000					3,000	3,000~ 5,000	
燃 焼 状 態	焰長く燃 えかたお となしい 良	同 左 良	光度はな いが焰色 は良好	瀬戸物状の かすがつか える。 しゃしゃ音 がする。 良	No. 3 と 同様	しゃしゃ 音がして 適当につ まる 良	やや良	少しつま る。 良	よくかすが つまり光薬 筒が赤くな る(旧海軍 使用) No. 2
最終 No.	No. 1								No. 3

付記 No. 8 (最終 No. 2) は薬径 19.5% φ 薬長 60% 薬量 28 g の時 発光時間 35 秒

第 2 表 煙 薬 の 基 礎 実 験 成 績

	1	2	3	4	5
KClO ₃	25	25	25	25	25
ローダミン	35	35	40	38	38
オーラミン					
パラレット	10	20	10	10	12
クリソイズン				2	
乳 糖	25	10	25	25	25
重 曹	5				
薬 量	15 g	"	"	"	"
圧 搾 圧 力	500kg/cm ²	"	"	"	"
発 煙 秒 時	19"	34"	20"	18"	20"
発 煙 状 態	赤良やや白 息づきな	赤やや白 息づく	赤やや 息づく	赤 息づく	赤 良好

付記 No. 5 に決定す。薬径 19.5% φ 薬長 60% の時発煙時間 26 秒

の酸化剤に助熱剤として乳糖，燃焼抑制剤として重曹，発色剤として揮発性染料を混合したもので 400~500°C の温度で燃焼して染料を揮発させ，着色煙を得るものである。

ロケット・トレーサーとしては最終的に赤（紅）を選択し，5種類の配合について基礎実験を行い（第2表）成績良好なる No. 5 の配合を採用した。

6) 性能および構造

秋田の飛しょう実験に使用されたトレーサーの性能および構造は次の通りである。

(I) 光トレーサー

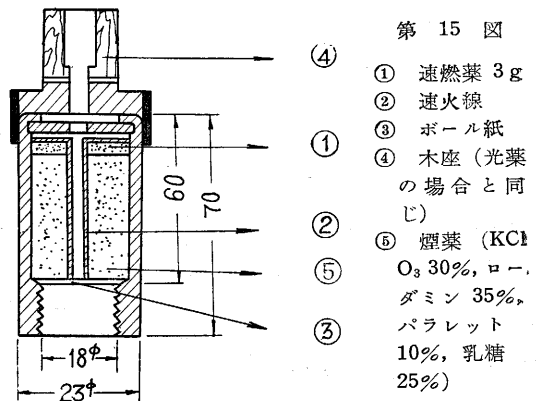
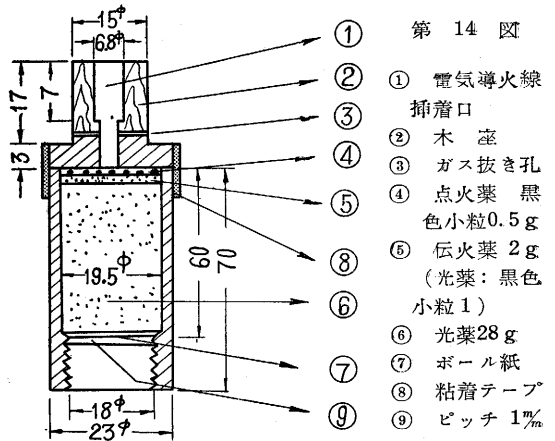
- イ. 性能=発光時間 35 秒 (No. 2 配合で)
- ロ. 構造=第 14 図に示す通り。

(II) 煙トレーサー

- イ. 性能=発煙時間 26 秒
- ロ. 構造=第 15 図に示す通り。

7) あとがき

12月の秋田の実験で光も煙も，もう少し薬量を増せば



視認度を相当に高め得る自信もついたので，トレーサー管体をアルミニウムで作る等の研究を行い，できるだけ薬量を増す工夫をして4月のロケットⅢ型の実験に望む考えである。(1957. 2. 9)