

—着火および継続燃焼と発射条件の関係—

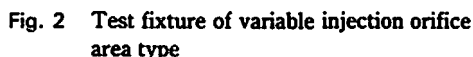
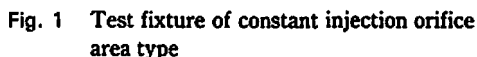
天野憲一*, 金安正記*, 村上賀國**

4

液体発射薬を用いた代表的な飛翔体発射方式は、一括装填方式と再生注入方式の2方式がある。一括装填方式は単に従来の固体発射薬の代わりに液体発射薬を燃焼室に装填し点火させる方式、構造が簡素である反面、安定した着火、継続燃焼制御が困難である。一方、再生注入方式は連続的に薬室内の液体発射薬を漏孔を通して燃焼室に噴射させ、着火、継続燃焼を行う方式である。薬室からの発射薬噴射量を漏孔面積により調節することが可能であり、着火および継続燃焼の制御が一括装填方式に比べ容易である。¹⁾²⁾

本研究では、着火および継続燃焼条件の確立と飛翔体発射時の燃焼室圧力制御を行うため着火時の圧力特性に着目し、液体発射薬の噴射から燃焼までの制御特性を検討することを目的とした。そこで、発射薬噴射流量制御の容易な再生注入方式による噴射燃焼装置を試作し、飛翔体発射実験を実施した。この際、噴射流量制御機構の異なる一定漏孔方式と可変漏孔方式の2種類の装置を用意し検証した。さらに、飛翔体の発射時の動きを観測し、飛翔体速度を測定した。

一定漏孔方式の実験装置をFig. 1, 可変漏孔方式の実験装置をFig. 2に示す。これらの装置は主に, 着火および継続燃焼を行う燃焼室, 液体発射薬を装填する薬室, 再生注入方式の特徴である噴射ピストン, 初期点火を行う点火装置³⁾および飛翔体等で構成されて



これらの装置の特色は、噴射ピストンに面積差ピストンを利用していることである。着火、継続燃焼に至るこれら装置の作動は最初に、点火装置により燃焼室圧力を上昇させ噴射ピストンを後座させる。その結果、発射薬は薬室から噴射ピストンの漏孔を通して燃焼室へと噴射され、着火、継続燃焼が行われる。

* 日本製鋼所 広島製作所
〒736 広島市安芸区船越南 1-6-1
TEL 0822-1830

〒100 千代田区有楽町1-1-2

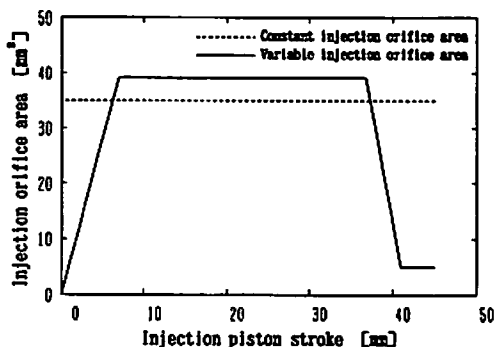


Fig. 3 Injection orifice area pattern

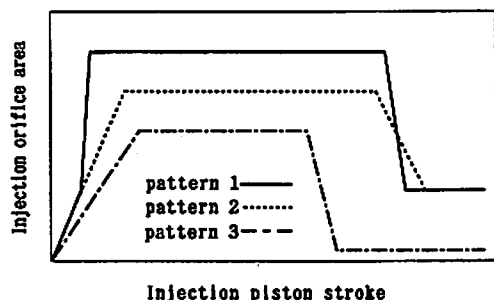


Fig. 4 Injection orifice area pattern

一定漏孔方式における漏孔面積は、ピストンストロークに関係なく一定である。

可変漏孔方式においては、噴射ピストン外周と薬室内表面(以下、「漏孔形状」との間隙を漏孔としているため噴射ピストン変位により間隙量が変わる。これにより発射薬噴射流量の調整が可能となり、燃焼室圧力の制御を容易に行うことができる。従って漏孔形状が、圧力制御の上で重要なパラメータとなってくる。

今回の実験に使用した一定、可変両方式の漏孔面積パターンをFig. 3に示す。尚、着火時の急激な圧力の立ち上がり为了避免するため初期発射薬噴射流量を抑える形状とした。

3. 実験方法

3.1 一定漏孔方式

一定漏孔方式の実験手順を以下に示す。

薬室に液体発射薬を装填し、加圧することにより噴射ピストンを燃焼室壁に押し付けシール力を高めた。次に、開放型点火装置³⁾を使用するため、燃焼室初期圧力を12MPaとした。点火、着火および継続燃焼の過程において、燃焼室圧力、薬室圧力、噴射ピストン変位および飛翔体速度を測定した。

3.2 可変漏孔式

可変漏孔方式の実験は、液体発射薬装填量が一定漏

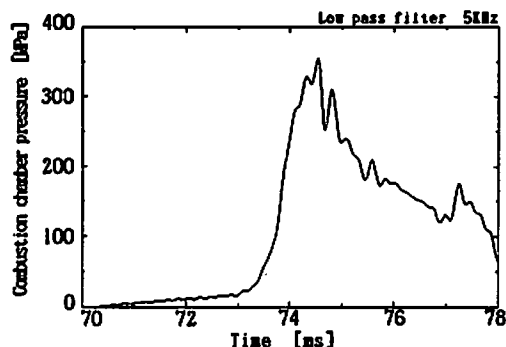


Fig. 5 Combustion chamber pressure of constant injection orifice area type

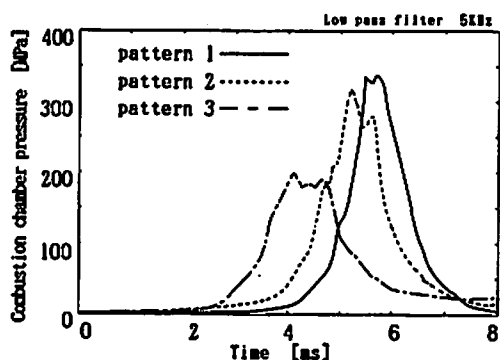


Fig. 6 Combustion chamber pressure

孔方式の約60%とした。またノズル型点火装置³⁾を使用したため、燃焼室の初期加圧は行わなかった。燃焼室昇圧特性(圧力上昇率)は一定漏孔方式でを使用した点火装置(開放型)と同一条件とした。

再生燃焼方式において漏孔面積は、発射薬噴射流量を決定する非常に重要なパラメータである。そこで漏孔面積の影響を検討するために、3種の異なる漏孔形状を用いて着火実験を実施し、着火時の燃焼室圧力特性を観察した。実験時、特に着火初期の燃焼室圧力と漏孔形状の関係および燃焼室最高圧力と漏孔面積の関係に着目した。

使用した漏孔面積パターンをFig. 4に示す。尚、Fig. 4のパターン3についての飛翔体速度を計測した。すなわち各圧力測定点での経過時間の実測によった。

4. 実験結果および考察

4.1 一定漏孔方式

一定漏孔方式の圧力-時間特性をFig. 5に示す。この方式では、点火から着火までの時間に約73msを要し、着火後圧力は急激(最大約480 MPa/ms)に立ち

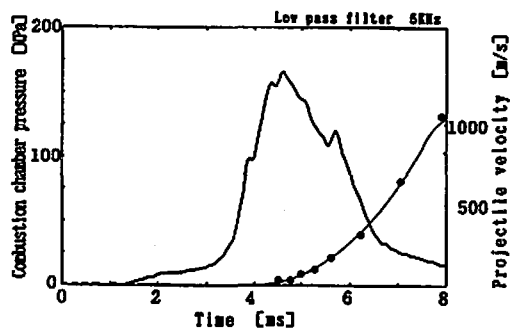


Fig. 7 Combustion chamber pressure and projectile velocity of variable injection orifice area type

上がった。燃焼室圧力の最大値付近において線図は鋭い尖頭形を示し、圧力変動も激しいことがわかった。一定漏孔方式の場合、漏孔面積が一定であるため、発射薬噴射流量は噴射ピストン速度のみに依存され再生燃焼全般にわたる適切な圧力制御を困難なものとしている。

4.2 可変漏孔方式

3種の漏孔面積パターン(Fig. 4)に対応する圧力-時間特性をFig. 6に示す。初期噴射流量が大きいほど着火が遅れ、後半部における圧力上昇率が增大する傾向がある。この着火の遅れ現象および圧力上昇率の増大は、点火エネルギーと大きく関係していると考えられる。点火後、着火に至る間に燃焼室に初期噴射された未燃焼の液体発射薬に対し点火エネルギーが不足すると着火が遅れる。しかし一旦着火すると、未燃焼の発射薬が一気に燃焼するため、圧力上昇率が高くなる。今後、発射薬流量と点火エネルギーの関係をより詳細に把握する必要がある。この結果から、漏孔形状を変化させることにより、燃焼室圧力特性を制御できることが確認された。可変漏孔方式では、発射薬の初期噴射流量を漏孔により制限できるため、一定漏孔

方式に比べ着火時間が速く、点火後着火までの所要時間は約3msであった。着火後の圧力上昇率(最大約270MPa/ms)は、予測通り一定漏孔方式に比べ緩やかになっており、最大値付近での圧力変動も小さくなった。これらのことから、可変漏孔方式では漏孔面積による燃焼制御が容易であり、かつ最大燃焼室圧力付近での圧力維持が可能であるということが判明した。

本実験における飛翔体速度の計測結果をFig. 7に示す。すなわち可変漏孔方式の現装置において、初速約1000m/sを得ることができた。

5. 結論

本研究の結果から、良好な燃焼特性を得るためには、初期噴射流量を抑制し、着火後の噴射流量を適切な方法で増加させることが有効との現象的な知見を得た。これに対して、点火エネルギー及び飛翔体の運動が燃焼特性に影響を及ぼすことから、これら要因間の定量的な関係を検討中である。また、燃焼室圧力制御がさらに容易といわれている複動ピストン方式⁴⁾を含め、より実用的な飛翔体発射機構を追及していきたい。

文 献

- 1) 平樹孝行 抄訳,「液体発射薬とその火炮(II)」, 兵器と技術, 7, 35(1988)
- 2) Rupert Pengelley, "Liquid propellant", INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 7, 829 (1988)
- 3) 岡本昭宏, 他,「液体発射薬を用いた飛翔体発射機構の研究」(第I報)
- 4) GLORIA P. WREN, TERENCE P. COFFEE, WALTER F. MORRISON "A COMPARRISON BETWEEN EXPERIMENT AND SIMULATION FOR CONCEPT VIC REGENERATIVE LIQUID PROPELLANT GUNS III. 155MM" TECHNICAL REPORT BRL-TR-3151(USA, AD-A228 135), SEP. 1990

The study of the liquid propellant launching system of the projectile (2)

Effects of injection pattern on combustion characteristics

**by Akihiro OKAMOTO*, Noriyo MARUHATA*, Toshiharu OKUMURA*
Kenichi AMANO*, Masaki KANEYASU*, Yoshikuni MURAKAMI****

Two types of combustion test fixtures, "Constant and variable" injection orifice area types, were experimentally designed, fabricated and examined. The variable orifice area type is more suitable for the control of combustion, for which the optimum orifice patterns were surveyed. At the initial stage of the combustion it was phenomenologically proved appropriate to control the initial injection flow to lower level. On the contrary, in the continuous combustion stage larger injection flow may be necessary. Initial energy supplied by the igniter and projectile mobility expected are also major factors on which future quantitative analysis is important.

(*Hiroshima Plant, The Japan Steel Works, Ltd, 6—1. 1-chome,
Funakoshi-minami, Aki-ku, Hiroshima-city, Hiroshima 736, Japan,

**The Japan Steel Works, Ltd, 1-2.1-chome, Yuraku-cho, Chiyoda-ku,
Tokyo 100, Japan)