

420 B, カッパ7型, およびカッパ8D型について

糸川 英夫

1. カッパ7型の性格

カッパ7型 (K-7型) は新しいエンジン 420 B による一段式ロケットであるが, 本質的に過渡的な性格をもち, 2 段式観測ロケット K-8 型をつくるための一つの踏み石である。その主なるねらいは K-8 型用のブースタとして開発されつつあった 420 B エンジンの flight test である。後述の性能計算の結果からも K-7型は payload こそ 50 kg~100 kg で大きい, 高度性能が 50 km 程度で観測ロケットとしての高度性能は K-6 型, K-6H 型にも劣るので, 当初から観測ロケットとして考えなかった。

したがって K-7 型に関する報告は, ほとんど新しいエンジン 420 B の記録で占められることになる。

2. 新しいブースタの要求

IGY が終了したときに研究班がもっていたエンジンの種類は

120, 122, 128, 150, 220, 245, 245H

で, このうち, 150 と 245 の組合せが K-6 型となった。

今後要求される高高度観測ロケットのために, 新しい大型ブースタの必要性が話題に上ったのは昭和 33 年秋から冬にかけてで,

昭和 33 年 11~12月 構想討論

昭和 34 年 寸度決定, 試作, 地上試験および空中試験

昭和 35 年 K-8 型用ブースタとして完成

という手順がふまれた。その最終的にきまった直径が 420 mm であったので, このエンジンは 420 B (B は booster の意) とよばれた。

IGY 中使用された K-6 型の性能は高度で 60 km, また K-6H 型で 85 km というのがひとまず落ち着いたところなので K-6 型のブースタ 245 をもう少し大きくして, たとえば直径 260 mm くらいのもをつかって K-6 型の性能を 100 km まで上げる, という案も当初なかったわけではない。

しかし結局は, こういう中途半端なところをねらうより K-6H 型のブースタ, 245H を第 2 機目として, この下につけるべきブースタとして, 直径 500 mm くらいのもをつくり, 次期観測ロケットの高度性能として 200 km くらいのところをねらうべきだという案が最終的に採用された。

観測項目の多様化と, 観測技術の進歩は当然 payload の増大を予想させ, ブースタとしては powerfull であればあるほどよいという space rocket の一般原則にしたがったわけである。

岐路に立った次期ブースタの選んだ道は, 「大型化」であった。この道は 420 B を生んだのちに, さらに L-735 を生み, 昭和 36 年 1 月に組織された LD 研究班 (Large Diameter Engine 研究グループ) へと進んだのである。

3. 420 B

新しいブースタに要求されることは,

- (i) 245H と組み合わせて, 十分な空気力学的安定と, 空力弾性的に安全な構造をもつ 2 段式観測ロケットができること。
- (ii) 245H と組み合わせた 2 段式ロケットの上昇能力は 80 度角で, 100 km ないし 200 km でなければならない。
- (iii) K-6H と組み合わせた 3 段式ロケットも空気力学的に安定であり, 空力弾性的に安全でなければならぬ。
- (iv) このブースタをつける上記, 2 段または 3 段式ロケットの launching velocity は風分散効果を十分小さくできる程度に, できるだけ大きいこと。
- (v) このブースタの構造法としては, 高張力鋼の溶接法を初めて採用する。

であって, (i), (iii) によって, ブースタの径, 全長, 重量, (ii), (iv) から推力の大きさがきめられる。

(v) の溶接法採用は 150, 245 系の K-6 型用エンジンの設計当時からのものであり, 研究調査は継続して行なってきたが, この 420 B で初めて実際に使用することに踏み切った。当時としてはかなりだいたんな決断であった。

最適径の選定

optimum diameter をきめるために, 最小直径を 250 mm とし, 最大径を 750 mm と押えてこの間を survey した。minimum の 250 mm は K-6 型のブースタ径 245 より大きくなければならぬ, という限界できめ, maximum の 750 mm は推薬およびエンジンの当時の製造能力の限界として押えた。

計画研究は下の事項について行なわれた。

- (1) 重心位置
- (5) 初期加速度

- (2) 質量比 (6) loading density
- (3) 長径比 (7) 推葉重量
- (4) 推力 (8) エンジン重量

計算の基礎として推葉の specific impulse はすべて 200 秒とした。要は比較研究なので、この Isp の値が多少違ってても optimum diameter には大きな影響はない。

計画研究の結果を整理すると、要求を満足するためにはエンジンの径は 400 mm~500 mm であることが判明した。

そこで第 2 次計画研究として、直径
400, 450, 500 mm

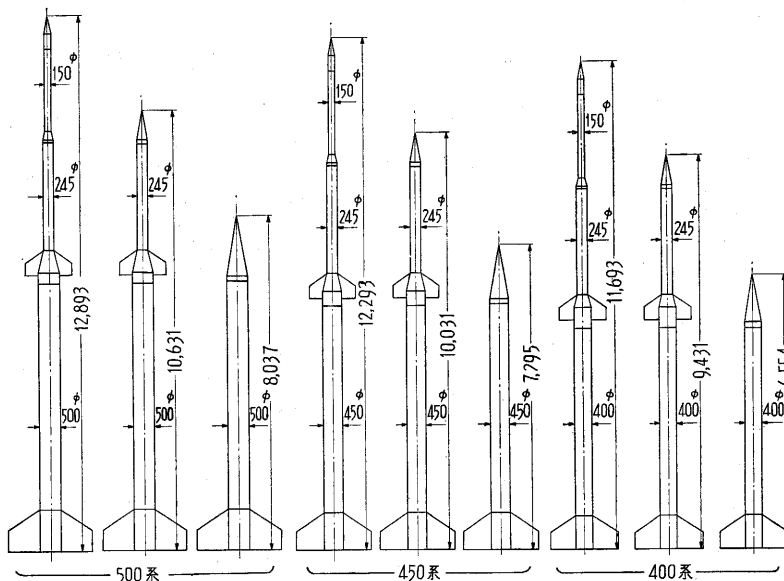
の三つのブースタを選び、燃焼技術上安全と思われる L/D から長さをきめ、これらのエンジンをを用いた

- 一段式ロケットを K-7 型
- (245H)+(ブースタ)を K-8 型
- (K-6H)+(ブースタ)を K-9 型

として、それぞれの径のエンジンの設計を行なうてあてはめてみると、各型のロケットの全重量と上昇性能は第 1 表のようになる。

第 1 表

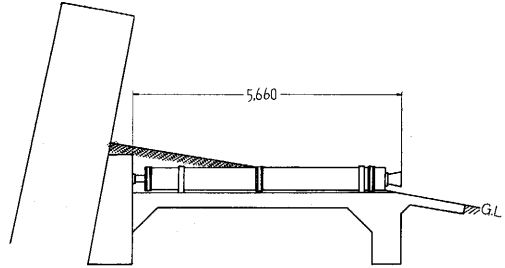
型	全重量 (kg)	高 度	
		発射角90度 (km)	発射角80度 (km)
カップ-7 (400)	900	60	50
カップ-8 (400)	1160	280	230
カップ-9 (400)	1230	490	400
カップ-7 (450)	1260	90	80
カップ-8 (450)	1530	310	260
カップ-9 (450)	1600	530	440
カップ-7 (500)	1900	120	100
カップ-8 (500)	1970	350	290
カップ-9 (500)	2040	600	500



第 1 図

第 1 図はこれらの layout を示す。

これら 9 種のロケットをあらゆる角度から検討したあげく、optimum は径 400 と 450 の間にあると結論され、最後に次期ブースタの径は 420 mm ときまり、ここに 420 B エンジンが浮かび上がった。第 2 図がこれである。



第 2 図 420 B エンジン

4. Industrial Survey (工業調査)

昭和 33 年の IGY が終了すると、観測ロケットの研究費は一きょに下落して、昭和 34 年度予算は前年度の半分以上という惨めなことになった。

この年額 6000 万円ほどの予算で最大の成果をおさめるには総花計画でなく見通しのよい重点計画でゆかねばならぬ。

幸いにして観測者側 (宇宙物理分野) の同意が得られて、昭和 34 年は観測をやめ、もっぱら次期ブースタ 420 B の開発に没頭することになった。

1959 年は 420 B の設計、製作、テストにがっちり四つに組むことにし、その代わり 1960 年には必ず 420 B を完成してこれを縦横に使って観測の成果を一きょに上げよう、という重点政策である。

420 B の計画、設計に上記のような広汎かつ細密な作業が行なわれるのと平行して、溶接によるエンジン製作という技術に取り組むため、広汎な工業調査 (Industrial Survey) が年度初め 4 月早々から行なわれた。

溶接協会その他の専門家の意見を集めて、日本が 1959 年現在でもつ鋼板溶接工業力をまず survey し、この上で下記の工場の実地調査に移った。

- (1) 三菱造船長崎造船所
- (2) 新三菱重工神戸造船所
- (3) 川崎重工神戸造船所
- (4) 神戸製鋼所
- (5) 川崎製鉄神戸事業所
- (6) 住友金属尼ヶ崎鋼管所
- (7) 新三菱重工名古屋航空機

製作所

(8) 富士精密荻窪工場(現在のプリンス自動車KK) 研究所側から示した要求事項は下のようであった。

(1) 次期ブースタエンジン用燃焼筒

(2) 寸度 外径 400 mm

内径 395 mm

肉厚 2.5 mm

最大外径 407 mm

長さ 4600 mm

両端ネジ 402×40 鋸形ネジ

材料 SAE4130 またはこれに準ずるもの

完成重量 113 kg 以内

(3) 要求精度

真円度 径 100 mm につき 0.3 mm 以内

曲がり 長さ 1 m につき 0.1 mm 以内

偏肉 肉厚 1 mm につき 0.05 mm 以内

抗張力 85 kg/mm² 以上

(4) 製作期間 2 カ月

以上について各社の受入れ体制(引きうける意欲の度合)、設備(熱処理、ロール、溶接、検査)、研究技術陣の内容、技術の程度、素材の手持有無および入手ルートと時期、工期、製作費の見当などをしらべて歩いたわけである。

予想されたようにこの仕事はやり了してしまうまでは誰の目にも難事業にみえた。

第一にこのような高張力を要求され、極めて薄い鉄を溶接して精度の高いパイプをつくった経験が日本の工場にどこもまだない。

第二に、設計部と現場の足並みがなかなかそろわない。設計によっては製造がし易くなるが、出来上がりに欠かんが出るなど。

第三に、大会社では技術者側と経営者方針の調整が必要で、昭和 34 年ではまだ一般に工業界が宇宙研究用ロケットに対して食指を動かさない。

結局は「やってみなければ判らない」というのが本当のところであったが調査の結論はすべてを総合して、新三菱神戸造船所が最適であろうということになった。

そして主力を神戸造船所におき、リリーフとして、新三菱重工名古屋航空機製作所、および富士精密工業荻窪工場が選ばれた。

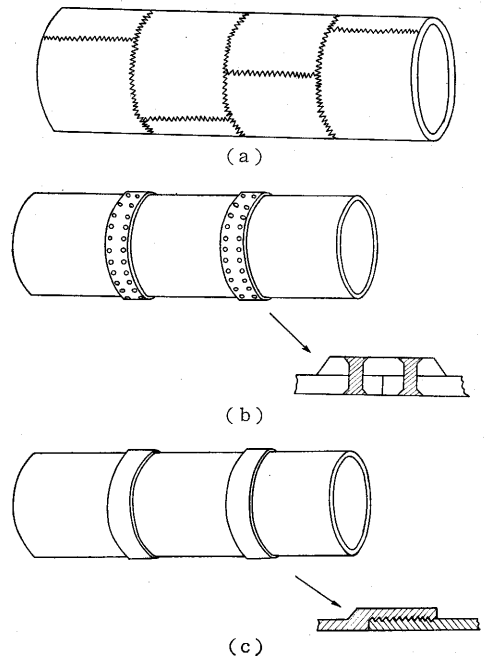
溶接でつくられたパイプの軸方向のつなぎ法として、

(a) 溶接 (第3図(a))

(b) 鋸接手 (" (b))

(c) ねじ継手 (" (c))

が考えられるが、神戸造船所が(a)を採用してこれを420K(KobeのK)、名古屋航空機製作所が(b)をとって420N(Nagoya)、富士精密が(c)をとって420Fと



第 3 図

それぞれ名づけられた。

同年秋、名古屋地方はいわゆる伊勢湾台風の猛襲を受け、名古屋航空機製作所も一時全機能を停止し、420Nも製作完成の見込みが立たなくなってこの計画から降りる不幸をみたが、その後昭和 35 年になって再び試作を開始し、昭和 36 年度の K-8 観測機の一機用に使用されようとしている。

420F も期限なしで作られ、のちに昭和 36 年に到って K-8-7 号機用に使用された。

420K が本命であったが、4月から5月にかけて数次の打合せ会が神戸と東京でくりかえされ、6月にほぼ設計・仕様などを決定、7月から8月の暑い時期に初の試作が昼夜兼行で強行された。

製作は難事業であったが、よく難問題を相ついで解決し、8月下旬に第1号が東京に送られ、9月地上燃焼試験、11月飛しょう試験というスケジュールが確立した。

実地調査を行なった前記8社のうち、420エンジンの製作を実際に担当したのは前記3社であったが、他の5社もいずれも優れた特色をもっており、この研究の遂行上よき協力を惜しまれなかったことをここに謝し、あわせて今後何かの機会にこの仕事の何かを担当していただきたいと考えている。

5. 420 エンジンの地上燃焼試験

420 エンジンの地上燃焼試験は長さを $\frac{1}{3}$ にした $L=1600$ のもの、ついで $\frac{2}{3}$ にした $L=3200$ のものを行ない、最後に $L=4800$ の full-size で実施するという3段とびで計画された。それぞれの実施期日は

L=1600 昭和 34 年 8 月 10 日
 L=3200 { 第 1 回 昭和 34 年 8 月 24 日
 第 2 回 昭和 34 年 9 月 5 日
 L=4800 { 第 1 回 昭和 34 年 9 月 30 日
 第 2 回 昭和 34 年 10 月 16 日

このうち、L=3200 のものだけ 2 回の燃焼試験を行なったのは、第 1 回のテストで部分的に高周波振動の徴候がみられたためである。再設計の推葉を用いた昭和 34 年 9 月 5 日のテストではこれが消えて安定した燃焼になった。

full size L=4800 のテストは昭和 34 年 9 月 30 日、東大秋田実験場に新設された水平テストベンチで行なわれた。

第 4 図に測定項目と測定点の位置を示す。

第 5 図が得られた内圧曲線で、燃焼は良好で full size の地上燃焼テストを僅か 2

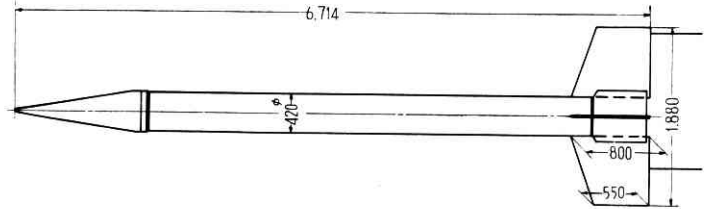
回ですますことができたのは研究のスピードと経費節約のため望外の喜びであった。

性能は
 初期推力 13,400 kg
 最大 " 13,600 kg
 燃焼秒時 15.1 sec

であった。

6. カ ッ パ 7 型

昭和 34 年 9 月 30 日および 10 月 16 日の地上燃焼試験



第 8 図 カ ッ パ 7 型

で良好な成果をおさめた 420 エンジンを用いた 1 段式ロケットとして第 8 図のような K-7 型ロケットが試作され、昭和 34 年 11 月に飛しよう試験を行なった。

搭載された計器は

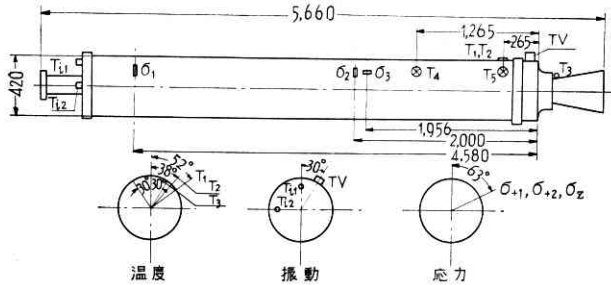
- 加速度計 (X₁) 歪計 (σ)
- 減速度計 (X₂) テレメータ送信機
- 横加速度計 (Y) レーダ・トランスポンダ
- 温度計 (T) DOVAP トランスポンダ

で、搭載計器の重量は 12.5 kg であった。

諸元性能は

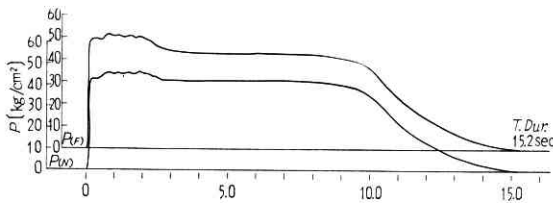
- 全長=7296 mm
- 全重量=1195 kg
- 直径=420 mm
- 最大速度=1290 m/s
- 最高高度(80 度角)=49 km
- 最大加速度=14.0 g
- " 減速度=6.1 g

飛しよう時間: 昭和 24 年 11 月 18 日, JST 14

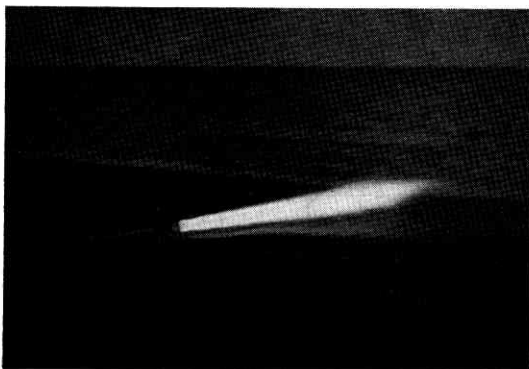


T₁, T₂(Pt): 白金線ゲージ TV: テレバイプロ振動計
 σ₁, σ₂, σ₃: ストレインゲージ T₃(Tc): 銅コンスタンタンサーモ
 カップル T₁₁, T₁₂: チタン酸バリウム加速度計 T₄, T₅(Tm): サ
 ーミスタ (注: 各測定点はノズル側より見た角度)

第 4 図 測定系, 測定箇所



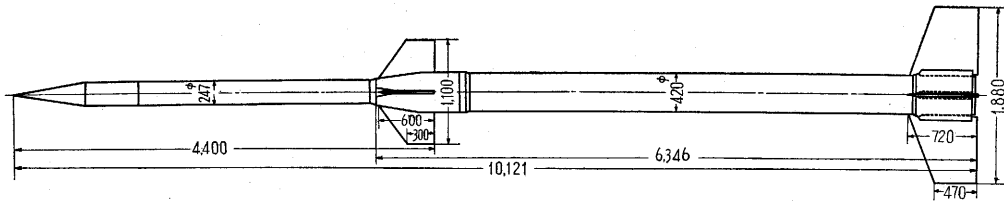
第 5 図 420 B 内圧測定結果



第 6 図



第 7 図



第9図 K-8 D 型

時 3 分

発射角: 80 度

気 温: 11°C

地上風: E 3 m/sec

雲 高: 1100 m

この飛しょう試験によってエンジンの燃焼は完全に計画通り行なわれたことが DOVAP の記録から確認されたが、機体の一部がエンジン燃焼後損傷したらしいことが、テレメータおよびレーダの結果から推測された。

11 月には K-7 型として 2 機が製作されたが、K-7-1 号機のテストの結果、エンジンはよいとして、機体の後部、特に尾翼まわりに改造を要することが明らかになったので、K-7-2 号機の飛しょうはとりやめ、これを K-8D 型に改造してテストすることになった。

7. カ ッ パ 8 D 型

K-8D 型は propulsion system からみれば、K-7 と同一で、420 エンジン 1 個をもつ。しかしその外形は第 9 図に示すように K-8 型と同じである。K-8D 型は K-8 型の第 2 段ロケット 245H の推葉の代わりに同一重量物を入れたダミーを先端につけた 1 段式ロケットで、実質的に K-8 型のブースタステージを現出するもので

ある。

第 2 段目 245H ダミーは 1 段目から切り離さないで 1 段式である。エンジンは 420B で K-7 型と同一であるが、K-7 型の flight test の結果、尾翼まわりに主として空力加熱対策と、構造に少しの変更が施された。

搭載品は K-7 型と同様で、

加速度計 歪 計

減速度計 テレメータ送信機

横加速度計 レーダ・トランスポンダ

温度計 DOVAP トランスポンダ

その総重量は 17.6 kg である。

全長=10,119 mm

外径=420 mm

重量=1471.4 kg

最大速度=1013 m/sec

最大加速度=9.2 g

減速度=-5.6 g

飛しょう試験は昭和 35 年 3 月 28 日、JST 15 時 32 分 発射角 65° で行なわれ、計画通りの成果を得て、ここに K-8 型への道が開かれた。(1961 年 8 月 28 日受理)

カ ッ パ 8 型 について

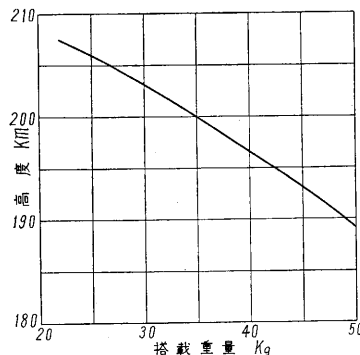
糸 川 英 夫

1. 要 約

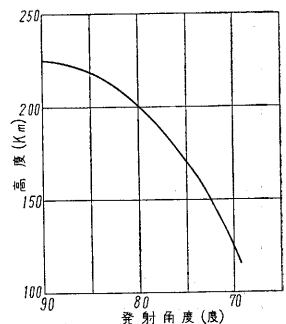
カッパ 8 型 (K-8 型) は K-6 型および K-6H 型について昭和 35 年に完成した日本の観測ロケットで 40~50 kg の payload で 80 度発射角のとき、200 km の高度に達する性能をもっている(第 1, 2 図)。全長 10~11 m, 全重量 1.4~1.5 ton で観測ロケットとしては中型級で、極めて安定性よく 100% の信頼性をもっている。K-6 型よりは改良された固体推葉を使用している。

2. 計画の推移

K-8 型は新しく開発された 420B エンジンを第 1 段として、これに第 2 段として K-



第 1 図 K-8 型の搭載重量一到達高度 (80° 発射)



第 2 図 K-8 型の発射角度一到達高度 (payload 35 kg)