

## KS ロケット用ランチャドームの 設計と運用

平田 安弘・中田 篤  
松尾 弘毅・猿渡 輝一\*

(1983年2月7日受理)

## Design and Operation of a New Launcher Building at KSC

By

Yasuhiro HIRATA, Atsushi NAKATA,  
Hiroki MATSUO and TERUICHI SARUWATARI

**Abstract:** The launcher building became operational since the summer of 1981. It was introduced primarily to guarantee the launch operation of sounding rockets under the unfavorable conditions. Prior to launch, a part of the roof slides to make a 4.6 m×5.8 m window. And the rocket, carried in on the mobile launcher, ascends through it. It covers launch azimuth and elevation angles of 130~160 deg. and 70~85 deg., respectively. Its design philosophy, layout and operation along with the measurement results of the lift-off environment are given in this report.

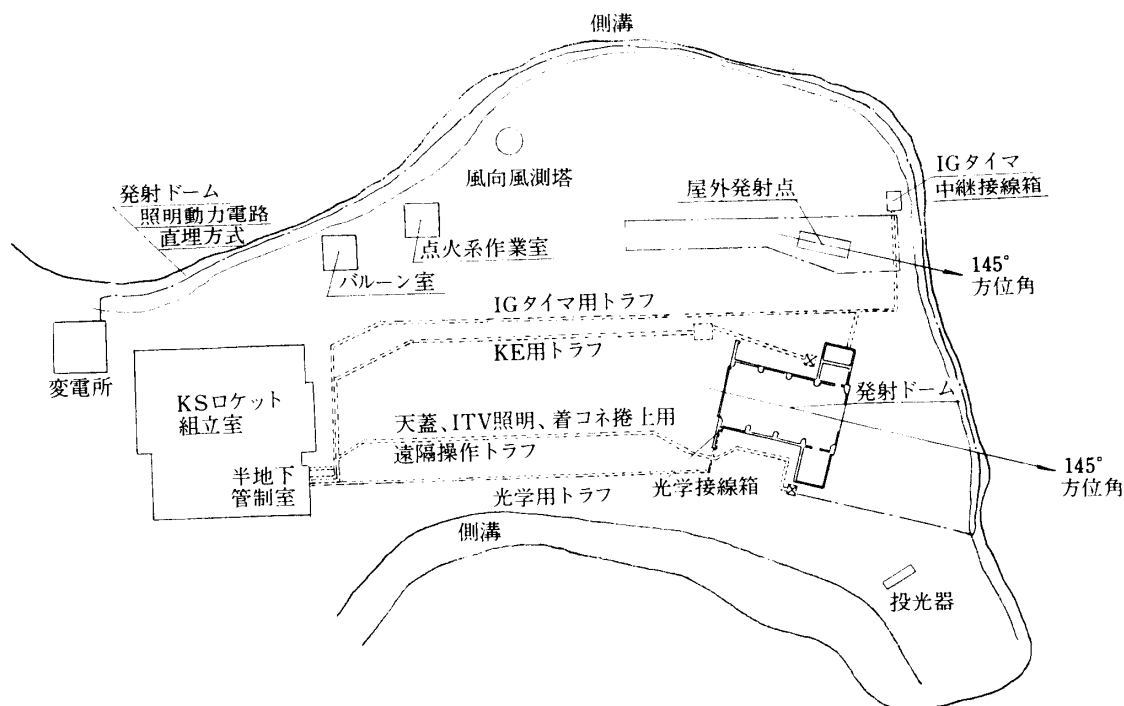
### 1. ランチャドームの計画

宇宙科学研究所鹿児島宇宙空間観測所から打上げられた観測ロケットは、昭和37年8月のK-8L-1号機以来今日までに250機にもおよぶが、この間には雨や風等の気象条件による打上げの延期がしばしばあった。

また近年になって観測目的の関係で、早朝や夜間の実験が多くなり、天候に左右されずに打上げ準備と打上げそのものができる屋内発射装置が強く望まれるようになった。そこで約5年前から当時次期主力観測機として研究開発中のS-520型ロケットのためのラン

---

\* 住友重機械工業株式会社



第1図 KS台地ドーム設置計画図

チャの新造計画と併せて屋内発射装置いわゆる「ランチャドーム」についての基本構想がランチャ班を中心として検討されはじめた。その後昭和55年に「KSロケット用天蓋開閉式発射保護装置」として予算が認められ、設置場所を旧ラムダロケット発射点とし、地質調査から完成まで1ヶ年という期間で実現したものである。設置位置はKS台地上第1図に示す通りである。

## 2. 基本的な構想

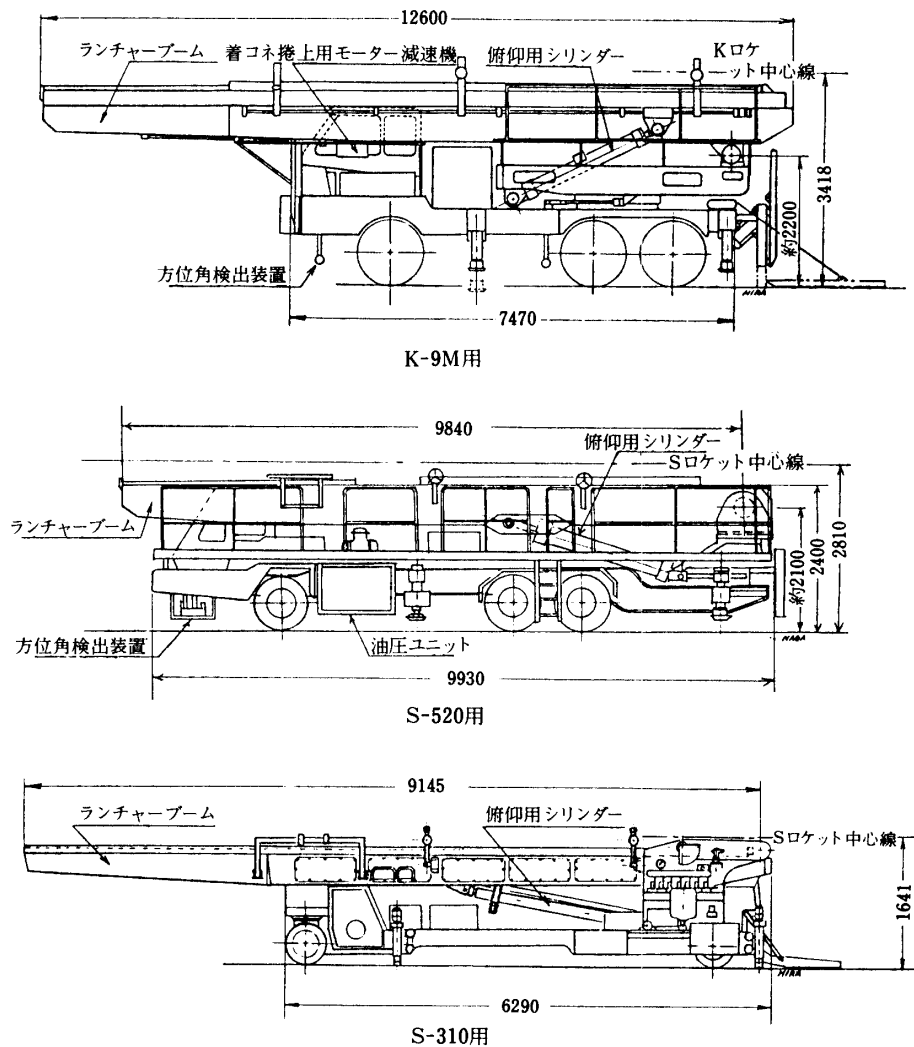
1) S-520型ロケットをはじめ、KS型総ての機種とランチャに適用できること(第2図参照)。

2) 発射方向は上下角70度～85度、方位角130度～160度の範囲が可能であること。

3) 発射時の火焰や腐食性の強い噴煙、風圧および自然環境に耐え、最小限の保守で反復使用できること

の3項を基本条件とした。関係各班の要望を取り入れかつて南極の昭和基地用に計画したドーム、あるいはカナダのフォート・チャーチル基地のドーム、米国ワロップスのエアロビーロケット発射棟等を参考にするとともにM台地に建造したラムダロケット用移動式ドームでの経験を生かして検討を進めた。初期計画として第3図に示すような形状と寸法のものがいくつか提案された。

A案：1) 屋根部の天蓋は開口部をまたいだ2本のレール上を並行移動する。2) 外装材は波形鋼板である。3) 作業床の面積は広い(240 m<sup>2</sup>)が、動作機構部が多過ぎる。



第2図 各種ランチャの形状と主要寸法

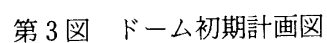
B案：1) 屋根開口部の天蓋は前方に傾斜移動する。2) 外装材は軽量コンクリート (ALC 板) である。3) 床面積は  $144 \text{ m}^2$  で作業上少し狭い。

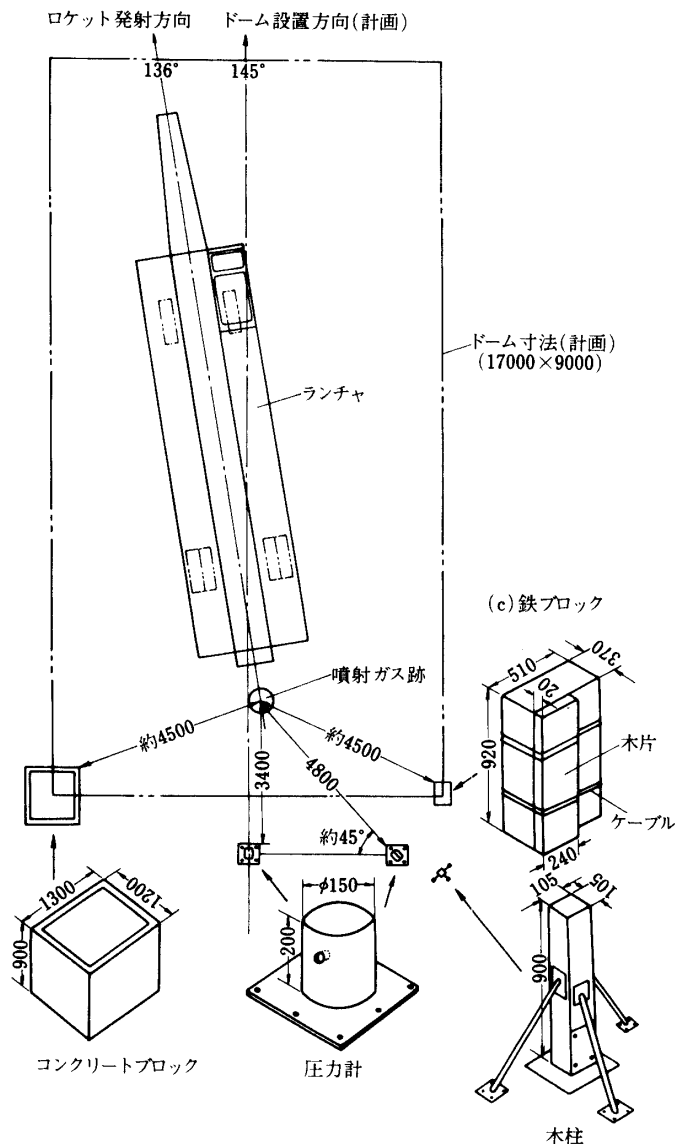
C案：1) 屋根開口部は B 案と同様前方に傾斜移動である。2) 外装材は鉄筋コンクリートである。3) 床面積は  $166 \text{ m}^2$  で作業上は少し狭い感じである。

D案：屋根開口部の開閉は天体観測用のアストロドーム方式であるが、短期間の建造が難しい。2) 外装は鉄筋コンクリートである。3) 床面積は  $200 \text{ m}^2$  で作業上適当である。

参考1 (フォート・チャーチルドーム)：1) 屋根開口部の天蓋は上方左右に観音開きする。2) 外装材は鉄板と鉄筋コンクリートである。3) 固定式ランチャを有し、機能動作は総て電気モータである。

参考2 (南極計画ドーム)：1) 屋根部の天蓋は傾斜移動する。2) 構造材として床は軽量コンクリートで、壁は木材、支柱は鉄骨である。





第4図 噴射の影響を調べるための器材とその配置

これらを比較検討し、総合評価の結果(B),(C)案のとり交ぜた形状となった。

a) ロケットへの音響負荷については未知であるが、まず大きな被害は無いものと推察した。

b) 床、柱、壁等はこれまでの経験および後述の予備的実測により、簡易適切な対策で火焰と爆風に耐えるものと考えた。

c) 他国の発射ドームは、固定ランチャ式であるのに対し、3種類の走行式ランチャを搬入、使用することを前提としており、このため、ランチャ設定方法に特段の工夫を行うこととした。

このドームは高さ約17m、幅約10m×17mの鉄骨鉄筋コンクリート製で、木製あるいはプレハブ等の例は案として考えたが、耐久性、保守性を優先した。

### 3. 予備的実験と考察

#### 3-1 風圧と焼損の調査

昭和56年8月、K-9M-70、71号機の打上げ時にロケット噴煙に対するドームの壁や支柱の設計資料を得る目的で、設置相当の位置に圧力変換器や鉄ブロックと木材を配置して、噴射による風圧と焼損状況を計測調査した(第4図参照)。その結果について以下に述べる。

a) 木柱の爆風による圧力と焼損：木柱は5寸釘4本と鉄製支柱3本で地上に固定したが、破損や変形は認められなかった。表面に塗布した塗料は噴出ガスを受けて変色し、若干のアルミ粒子が付着していた。

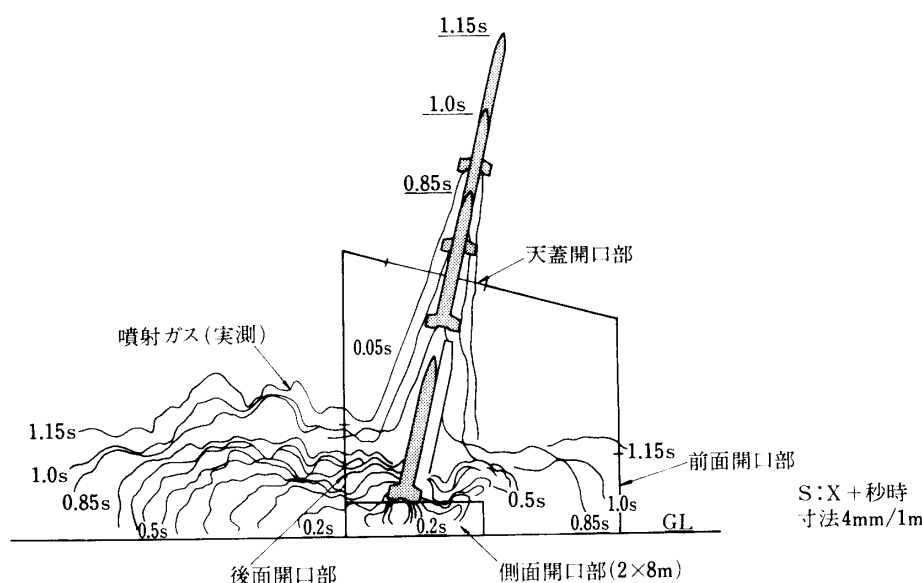
b) 木片の焼損：鉄ブロックにケーブルで巻き付けた木片の表面は熱で変色したが、焼け落ちることはなかった。またアルミ粒子が均一に付着していた。

c) 鉄ブロックの受ける爆風：ブロックは熱による変色はあったが、転倒もせず位置のずれもなかった。ブロックが転倒しなかったことから簡単な計算により、実験での風圧は $0.116 \text{ kg/cm}^2$ 以下であったと推定される。

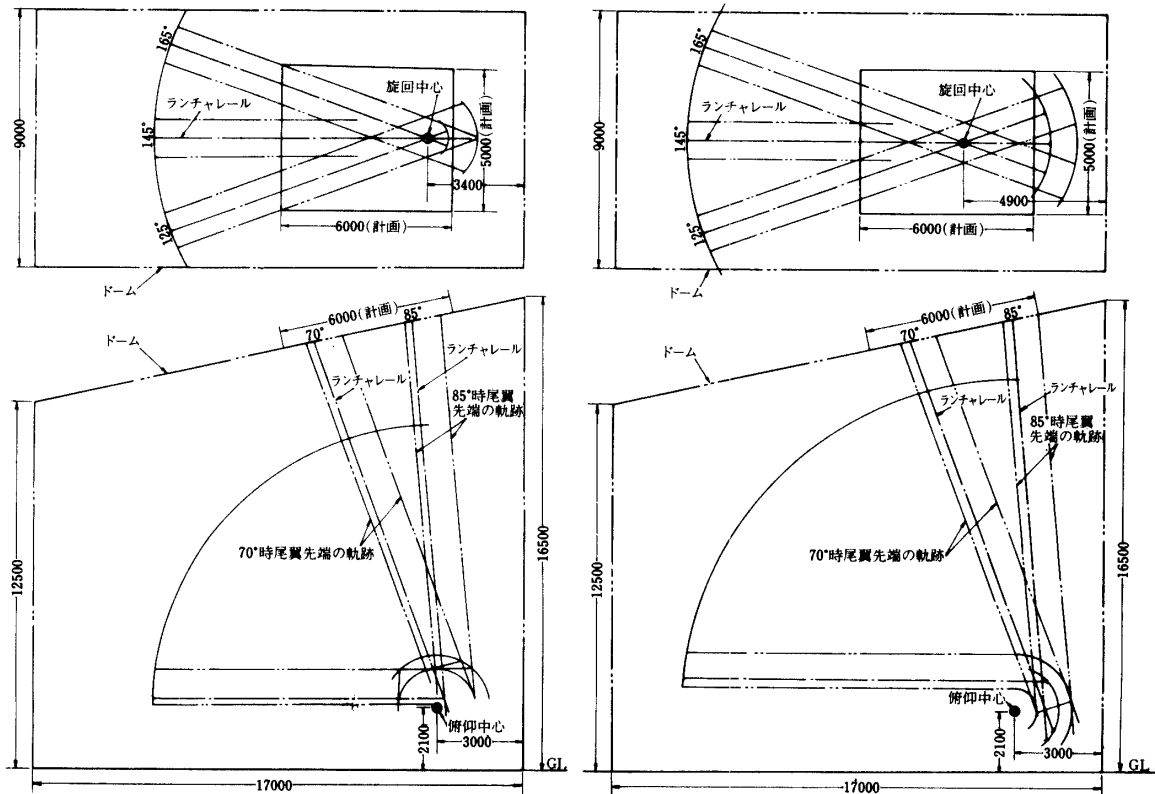
d) ケーブルの焼損：鉄ブロックに木片を取付けるのに使用したケーブルはビニール製とゴム製であるが、これらは表面被覆がほとんど焼損していた。

e) 爆風によるコンクリートブロックの風圧：ロケットの発射方位の相対位置がずれていたためか、外観上の変化は認められなかった。

以上の5項目についての実測から、壁や支柱が鉄骨鉄筋コンクリート製であれば圧力および熱による被害は概ね防げると推定した。ただしランチャの後部に位置する支柱は、ステンレス板を巻き付け、床面には耐火コンクリートを施工して噴出ガスや火焰に対する防錆と防熱処置とした。なお圧力計による風圧計測はアルミ粒子がセンサに付着したために、信頼できる計測値が得られていない。



第5図 噴射ガスと開口部 (S-520-1号機, 発射角75°)



第 6 図 天蓋開口部寸法の検討 (S-520 の場合) 第 7 図 天蓋開口部寸法の検討 (K-9M の場合)

### 3-2 開口部の検討

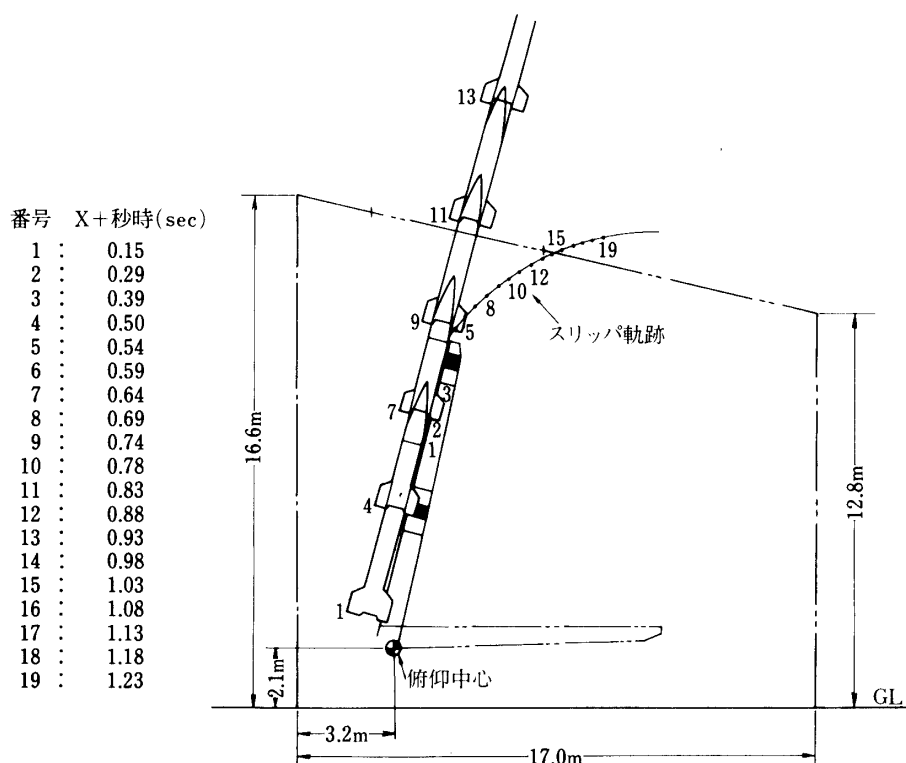
ドームの開口部の役目は、噴出ガスを効率よく外部へ排出することにある。設計資料として高速度カメラ撮影による S-520-1 号機発射時の噴煙の拡散状況の実測資料等をもとに作図により開口部設計を行った (第 5 図, 第 6 図, 第 7 図参照)。

### 3-3 離脱スリッパの軌跡

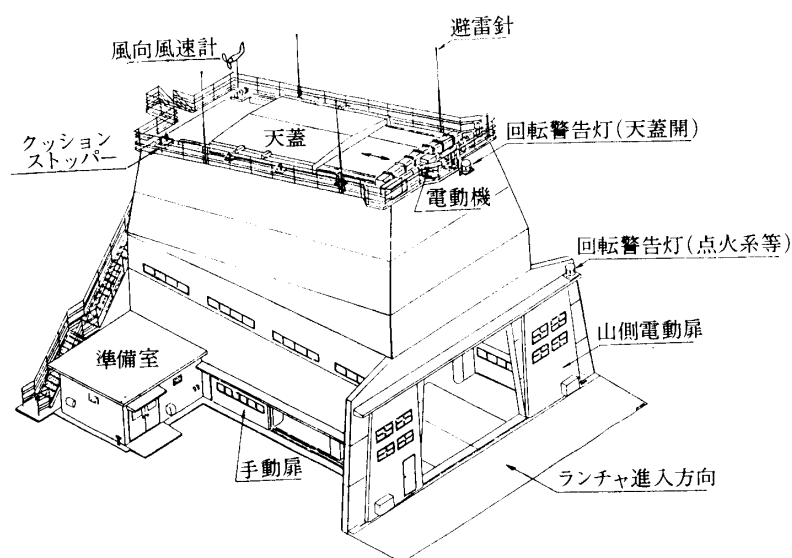
ランチャレールをロケットを支えて滑走したスリッパは、レールの先端でロケットから外れて落下する。第 8 図はドーム断面と屋外で打上げた S-520-1 号機のスリッパ軌跡との合成図である。天井の窓 (天蓋) の大きさには限度があるのでスリッパはドーム上壁に衝突することが軌跡で判る。しかしロケットの飛しょう速度はスリッパの上昇速度に比べて早いので、スリッパが衝突後に跳返ってきたとしても、機体や尾翼に損傷を与える危険はないと推察した。

## 4. ドームの設備と機構

ドームの外観を第 9 図に示す。屋根には天蓋 (天窓) とその走行用レールおよび駆動装置に加えて避雷針, 風向風速計等を設置し, 前方には保守点検用階段と作業準備室を設けている。また左右には開口部とアルミ製引戸があり, 手動で簡単に開閉ができる。



第8図 スリッパ軌跡の実測例 (S-520-1号機, 発射角 75°)



第9図 ドーム外観図

可動部の機構と方式は、タイムスケジュールに即した時間内に操作が行えるよう計画した。天蓋はロケット打上げ時は遠隔操作で半地下管制室で開閉できる。また天蓋は噴出ガスによる下からの吹き上げおよび地上風の流れに対する配慮から、上下左右に拘束された



第 1 表 ドームの主要目

(1) 対象ロケット	K-9 M, S-520, S-310, S-210		
(2) 形 式	固 定		
構 造	鉄骨鉄筋コンクリート平屋建		
地 上 高	高 方	16.6 m,	低 方 12.8 m
発 射 室	幅	9.6 m,	長 さ 17.0 m
準 備 室	幅	4.2 m,	長 さ 5.6 m
機 械 室	幅	4.2 m,	長 さ 5.6 m
屋 根 開 口 部	幅	4.6 m,	長 さ 5.8 m
(3) 天 蓋	幅	5.4 m,	長 さ 6.4 m
開閉ストローク	6.6 m		
開 閉 時 間	17 sec		
駆 動 電 動 機	7.5 KW 4P 1台		
操 作 場 所	発射室内, ドーム屋上, 半地下管制室内		

機構にし、かつ開閉が円滑に行えるようにガイドレールとガイドローラの据付精度 ( $\pm 0.1 \sim \pm 0.5$ ) には特別に配慮を払った。ガイドレール取付用のアンカボルトはコンクリート打ち前に、その据付精度を充分に確認した。レール取付けはその真直度 ( $0 \sim \pm 0.5$ ) と平行度 ( $\pm 0.5 \sim \pm 1.0$ ) を確保した。ドームの主要目を第 1 表に示す。

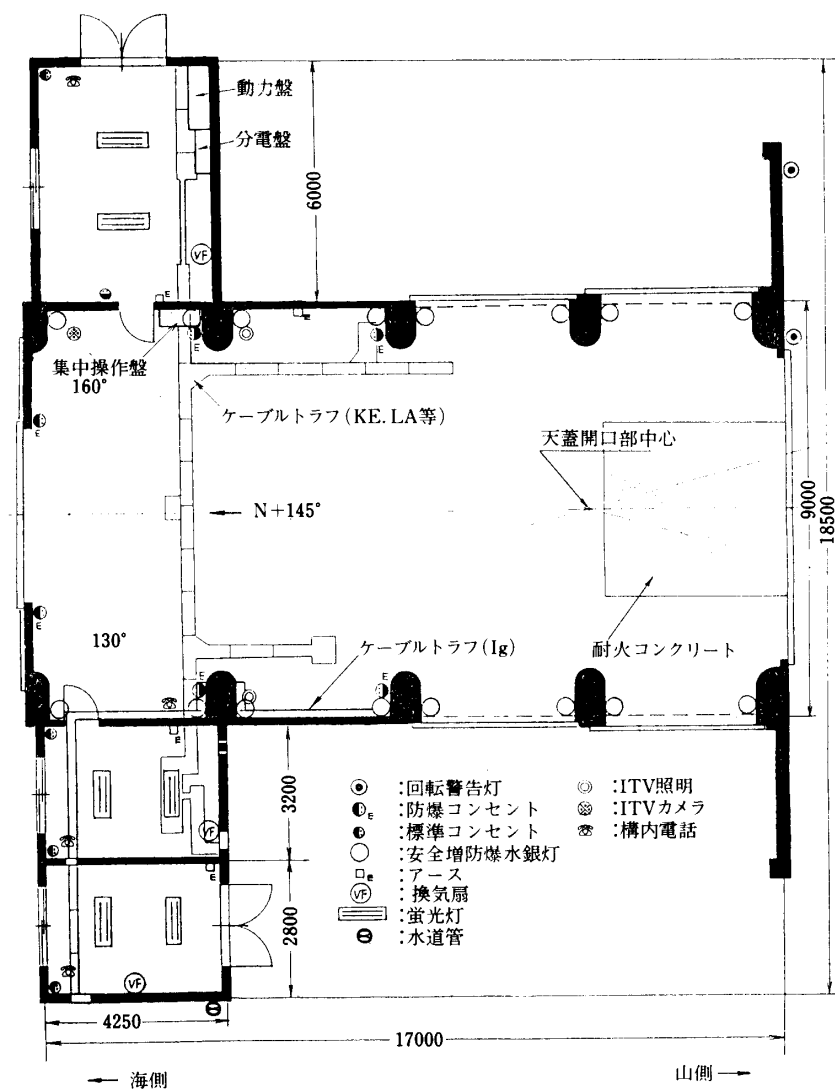
4-1 天蓋開閉機構：左右 2 式のワイヤドラムを中央に配した 1 台の電動機で回転させ、天蓋に接続した複列 2 本掛のステンレスワイヤを正逆方向に引くことにより開閉操作を行う。操作はドーム内に設けた集中操作盤かあるいは半地下管制室の操作盤で行える。また電動機の万一の故障に備え、手動切換により屋上にて手動操作が可能となっている。なおレールの先端にはワイヤ切断時の緩衝用にクッションストッパを設けてある。

4-2 電気設備：動力盤はドームの機械室に設置され、3 相 220 V 1 系統の供給でドーム内動力機器を管理する。盤内には天蓋開閉回路、山・海側電動扉開閉回路、ランチャ制御用 DC 24 V 電源装置のための電源スイッチを設けている。天蓋および電動扉はドーム内前方に設けた集中操作盤によって操作し、天蓋の開閉については前述の如く半地下管制室からの遠隔操作も可能である。

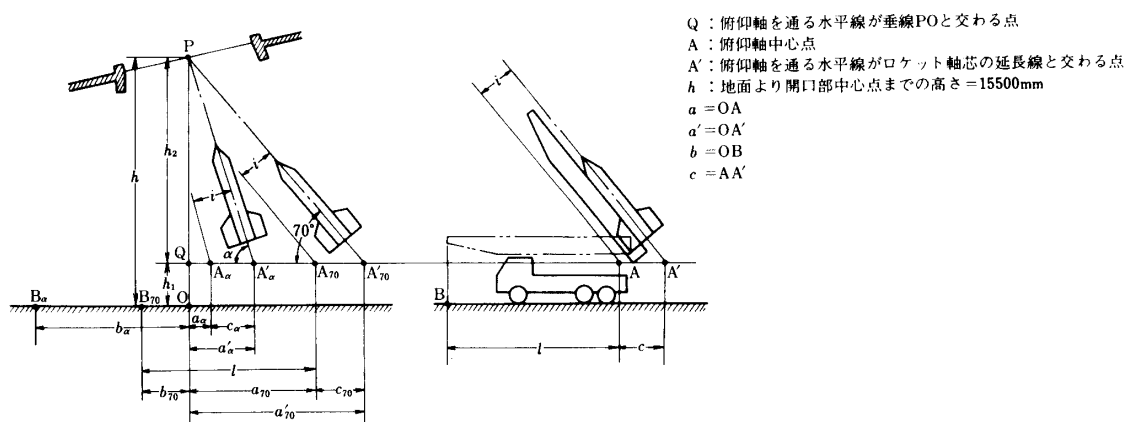
なお回転警告灯をドーム外壁に二個取付けてあり、一つは天蓋完全開時の信号で黄色点灯回転し、今一つは点火系等の危険作業時に集中操作盤かもしくは半地下管制室の操作盤の押釦で、赤色点灯回転するようになっている。また離脱コネクタの捲上げ状況の監視に ITV カメラ装置と ITV 専用照明が設備されている。主な設備配置を第 10 図に示す。

## 5. ドームの運用について

ドーム内よりロケットを発射する時に、天蓋開口部に接触することなく飛び上がることが絶対に必要である。そこで開口部の中央附近をロケットが安全に飛しょうして行くためのランチャ設定位置と角度修正の許容範囲について検討を行い、運用手順を確立した。以下にその概要を述べる。



第10図 設備配置図



第11図 ランチャ設定位置検討図

## 5-1 ランチャ設定要領

ロケットを天蓋開口部の中央を通過させるためのランチャの設定位置について計算を行った。記号は第11図に示す。

a) S-520 ランチャの場合 (単位, mm), 但し  $h_1=2160$ ,  $i=710$ ,  $l=9840$  である。

$\alpha$	$a' = \frac{h_2}{\tan \alpha}$	$c = \frac{i}{\sin \alpha}$	$a = a' - c$	$b = l - a$
70°	4851	755	4096	5744
75°	3576	735	2841	6999
80°	2353	721	1636	8204
85°	1161	713	443	9392

b) K-9M ランチャの場合 (単位, mm), 但し  $h_1=2150$ ,  $i=1320$ ,  $l=11500$  である。

$\alpha$	$a' = \frac{h_2}{\tan \alpha}$	$c = \frac{i}{\sin \alpha}$	$a = a' - c$	$b = l - a$
70°	4855	1404	3451	8049
75°	3579	1367	2212	9288
80°	2346	1340	1006	10494
85°	1168	1325	-157	11657

c) S-310 ランチャの場合 (単位, mm), 但し  $h_1=1480$ ,  $i=150$ ,  $l=9150$  である。

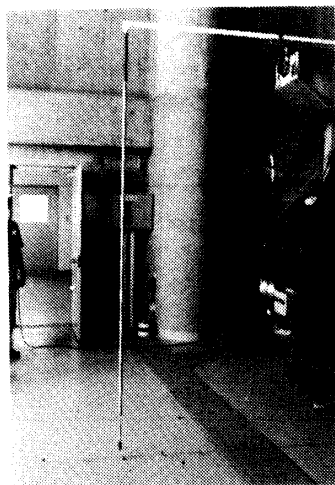
$\alpha$	$a' = \frac{h_2}{\tan \alpha}$	$c = \frac{i}{\sin \alpha}$	$a = a' - c$	$b = l - a$
70°	5098	160	4938	4212
75°	3759	155	3604	5546
80°	2473	153	2320	6830
85°	1227	151	1076	8074

第11図で顕らかなようにP点に向けてロケットを打上げるには、上下角 $\alpha$ によってAやA'の位置は異なる。AやA'は実際には標示が不可能なので、これに替ってBを地上面に標示することとした。B点にはランチャ運転者が前後方向(上下角に相当)に $\pm 100$  mmの範囲内で停止することとする。また左右方向(方位角)はあらかじめ指示された方向に角度検出用ワイヤを張り、ランチャブーム先端に取付けた指針をワイヤに沿わせながら進入し、左右には $\pm 100$  mmの範囲内になるように運転操作する。ワイヤにはO点を基準として70°から85°まで1°おきにbの計算寸法を刻印してある(写真1参照)。

この方法によりランチャの設定および上下角の設定を行えば、ロケットは開口部の中央附近を通過して飛しょうすることになる。

## 5-2 修正角許容範囲の検討

ロケットが天蓋開口部を通過する際の開口部縁と尾翼端との安全距離を500 mmと計



拡大

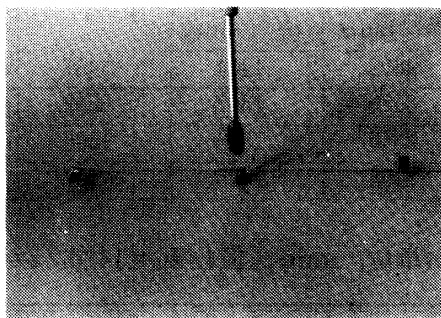
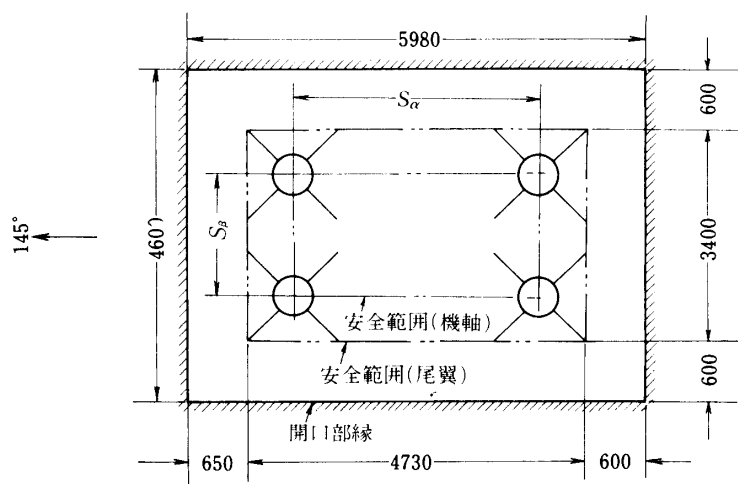


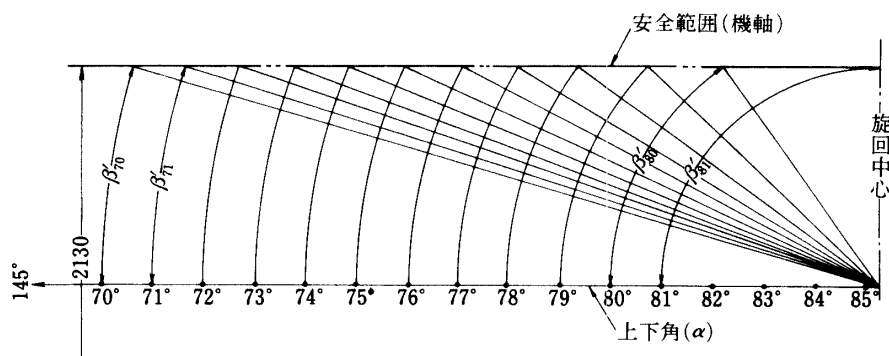
写真1 ランチャ進入案内用の方位指針とワイヤ



$S_\alpha$  : 上下角方向の安全範囲(機軸)

$S_\beta$  : 方位角方向の安全範囲(機軸)

第12図 開口部の発射範囲



上下角(α)	方位角(β')の範囲	上下角(α)	方位角(β')の範囲
70°	±16.2°	78°	±35.5°
72°	±18.8°	80°	±50.0°
74°	±22.2°	82°	±90°
76°	±27.4°	84°	±90°

第 13 図 方位角 (β') の修正許容範囲 (進入角 145° の場合)

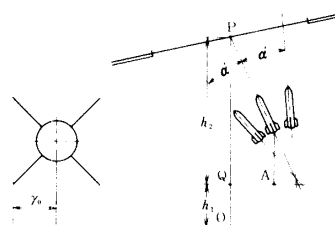
画したが、ランチャの設定精度±100 mm を考慮して 600 mm と定めた。なお開口部前方は、ランチャ離脱時の自由落下量が他機種よりも多い S-520 型の約 50 mm を加算して、縁からの安全距離は 650 mm とすることとした (第 12 図参照)。

そこで第 12 図の安全範囲をもとに、上下および方位の修正角許容範囲の検討を行った。

#### 5-2-1 上下角 (α') の許容範囲

##### a) 方位 145° (標準発射角) の場合

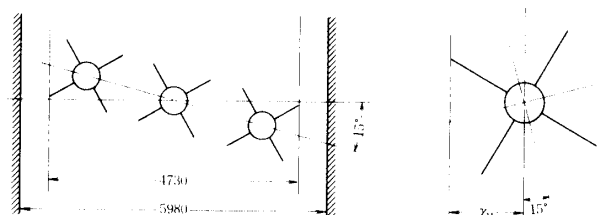
ランチャ	$r_0$	$h_2$
S-520 用	635	13340
K-9 M 用	640	13350
S-310 用	375	14020



ランチャ	$S\alpha = 5980 - \{ 2r_0 + (650 + 600) \}$	$S\beta = 4600 - \{ 2r_0 + (600 + 600) \}$	$\alpha' \div \pm \tan^{-1} \frac{S\alpha}{2h_2}$
S-520 用	3460	2130	± 7.4°
K-9 M 用	3450	2120	± 7.4°
S-310 用	3980	2650	± 8.1°

$S_\alpha$ : 上下角方向の安全範囲,  $S_\beta$ : 方位角方向の安全範囲

##### b) 方位 130° または 160° (ドームの正方向に対しランチャレールが 15° 振る) の場合



ランチャ	$r_{15}$	$h_2$	$S\alpha_{15} = 5980 - \{ 2r_{15} + (650 + 600) \}$	$\alpha'_{15} \doteq \tan^{-1} \frac{S\alpha_{15}}{2h_2}$
S-520 用	780	13340	3170	$\pm 6.8^\circ$
K-9 M用	785	13350	3160	$\pm 6.8^\circ$
S-310 用	460	14020	3810	$\pm 7.7^\circ$

### 5-2-2 方位角 ( $\beta'$ ) の許容範囲

方位角の修正許容範囲はランチャブームの旋回中心と俯仰軸芯の相対位置によって異なる。ここではS-520用ランチャを例にドーム進入角と上下角の関係から、作図によって求めることとする。

a) ドーム進入角  $145^\circ$  (標準発射角) の場合

上下角に対する方位角  $\beta'$  の修正許容範囲とその値を第13図に示す。

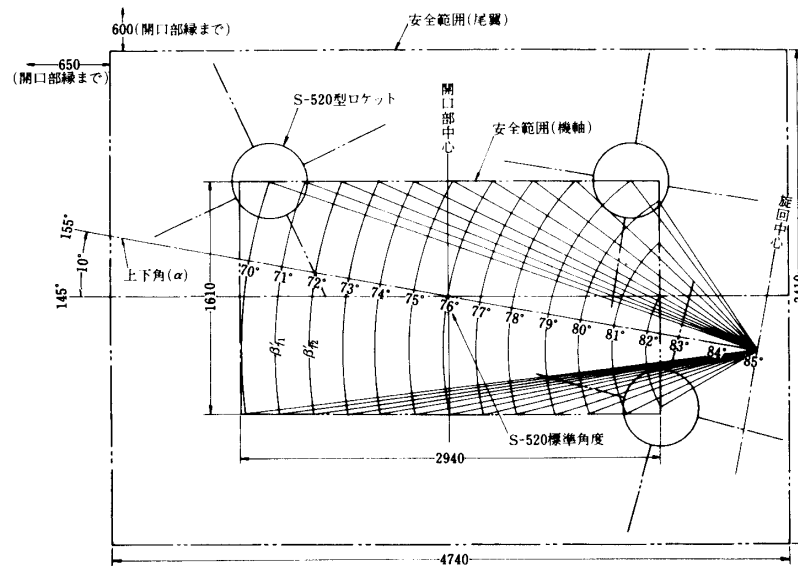
b) ドーム進入角  $155^\circ$  または  $135^\circ$  (ドームの正方向に対してランチャレールが  $10^\circ$  振る) の場合

上下角に対する方位角  $\beta'$  の修正許容範囲を第14図に示し、その値を第2表に示す。

一旦ランチャを設定したのち角度修正の指示があった場合に、その修正値が上で述べた範囲内にあればランチャを改めて進入し直す必要はない。

## 6. 安全飛しょう確認方法

ロケットの設定状態を確認する措置の一つとして、レーザ光を利用した確認装置を試作した。この装置の特徴は、①出力が弱く ( $0.5\text{ mW}$ )、②小型・軽量で扱い易く、③高輝度赤色で識別し易いことにある。火薬に対する保安対策としてレーザ管先端にシャッターを付け、電源操作部には安全キーを取付けてある。使用方法是第15図の如く、レーザ管を尾



第14図 方位角 ( $\beta'$ ) の修正許容範囲 (進入角  $155^\circ$  の場合)

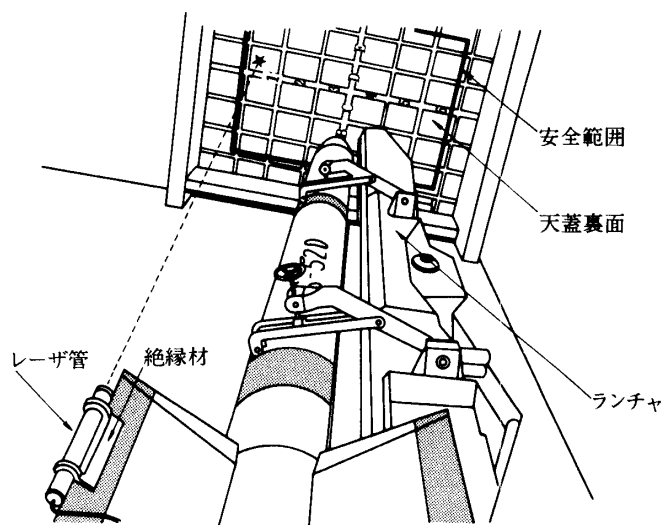
第 2 表 方位角 ( $\beta'$ ) の修正許容範囲  
(進入角  $155^\circ$  の場合)

上下角 ( $\alpha$ )	方位角 ( $\beta'$ ) の範囲	
$70^\circ$	+ $9^\circ$	- $17^\circ$
$72^\circ$	+ $12^\circ$	- $18^\circ$
$74^\circ$	+ $16.5^\circ$	- $19^\circ$
$76^\circ$	+ $23^\circ$	- $21^\circ$
$78^\circ$	+ $33^\circ$	- $24^\circ$
$80^\circ$	+ $47^\circ$	- $30^\circ$
$82^\circ$	+ $19^\circ$	- $40^\circ$

翼端に取付けて、発射角設定時にレーザ光が天蓋裏面に描いた安全範囲内に照射するのを目視で確認する。この作業は打上げスケジュールの X-60 分の項目にある「ランチャ角度設定」時に行うが、所要時間は 10 分以内である。

第 3 表は昭和 56 年 8 月 24 日、21 時 00 分に上下角  $79.5$  度、方位角  $141$  度で待望の一番機 S-310-10 号機が発射された時のランチャ班データシートの一枚である。ロケットはドーム内から無事に上昇し、ドームが正常に機能することが確認され、さらに夜間作業におけるドームの一層の有用性が認識された。この時に離脱スリッパは、ドーム内後方に落下していた。スリッパ離脱後の軌跡を解明するため光学班に依頼してドーム内での高速度カメラ ( $1000 \text{ f/s}$ ) 撮影を、K-9M 型 (2 回)、S-520 型 (2 回)、S-310 型 (1 回) について実施した。写真 2, 3 に S-310-11 号機および S-520-4 号機のスリッパ離脱状況の撮影記録を示す。

ロケットの上昇速度の方がスリッパの離脱後の上昇速度よりも速いために、スリッパがロケットへ接触する懸念のないことが頭らかである。なお機種と打上げ角度によっては、離脱したスリッパがドーム内上壁等に衝突して内部に落下する可能性のあることは前述のように計画段階から判っていたことである。



第 15 図 レーザ光線による確認法

第3表 ランチャ・データシート (例)

ランチャ班

ランチャ名		ロケット名		実験参加者	
S-310専用		S-310-10		橋元、平田、池田、 中田、市田、	
担当者	平田	天 候	晴	実験主任	中村 助教授
		気 温	23.8 C°		
上下角	79.5度	風 速	3 m/s	発射月日	予定 8月24日
					変更 月 日
方位角	141 度	風 向	南南東	発射時刻	予定 21時00分
					変更 時 分

山側

海側

ランチャ

ノズルより

● : レーザ光照射点記録

(天盤開口部 4600\*5800 MM MM)

FIN SPAN

1050 1800 1790

S-310・K-9M,K-10・S-520



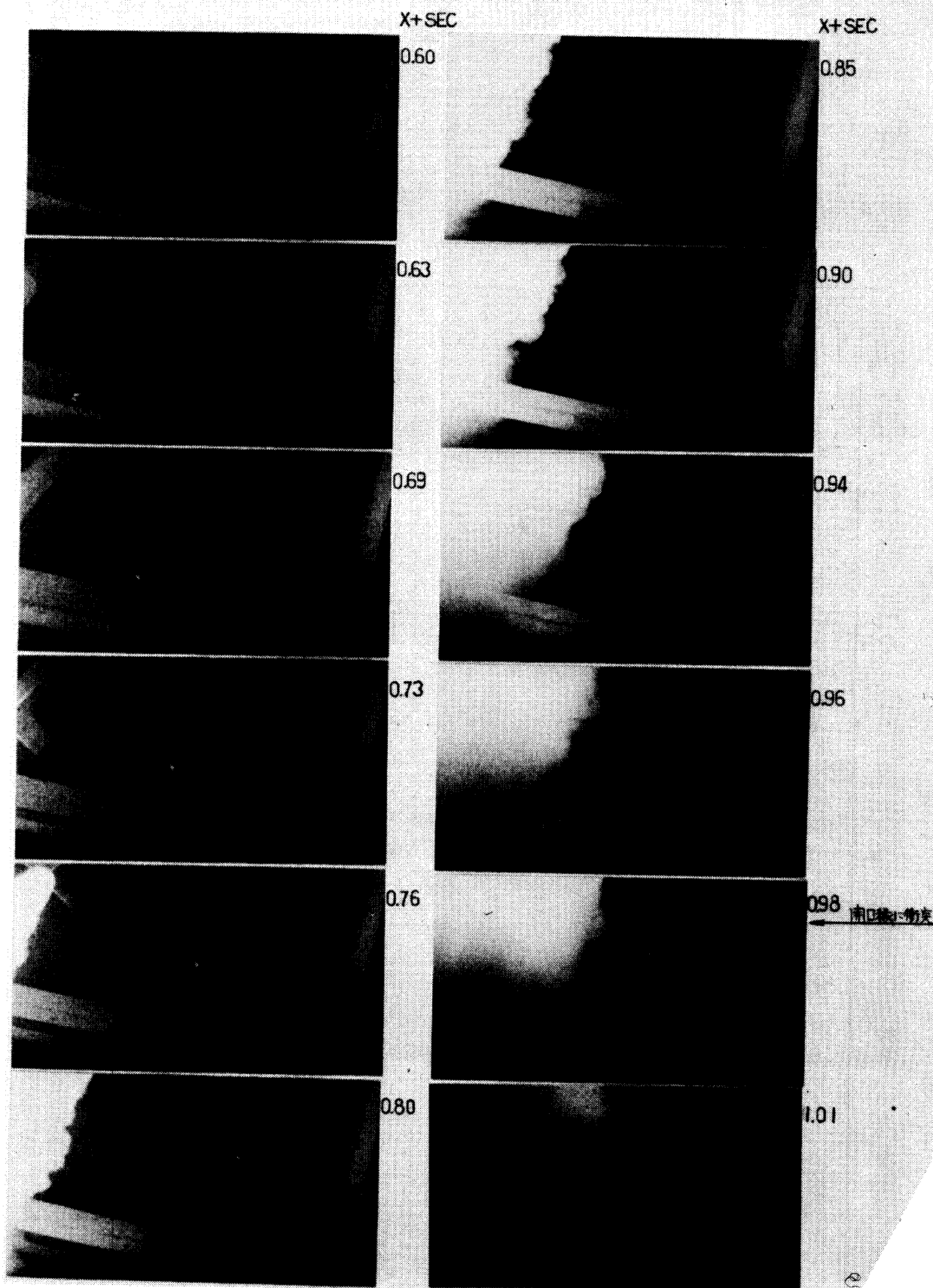
フィルム速度: 1000  $\frac{1}{s}$ 

写真2 S-310-11号機発射時のスリッパの飛跡(昭和56年8月24日)

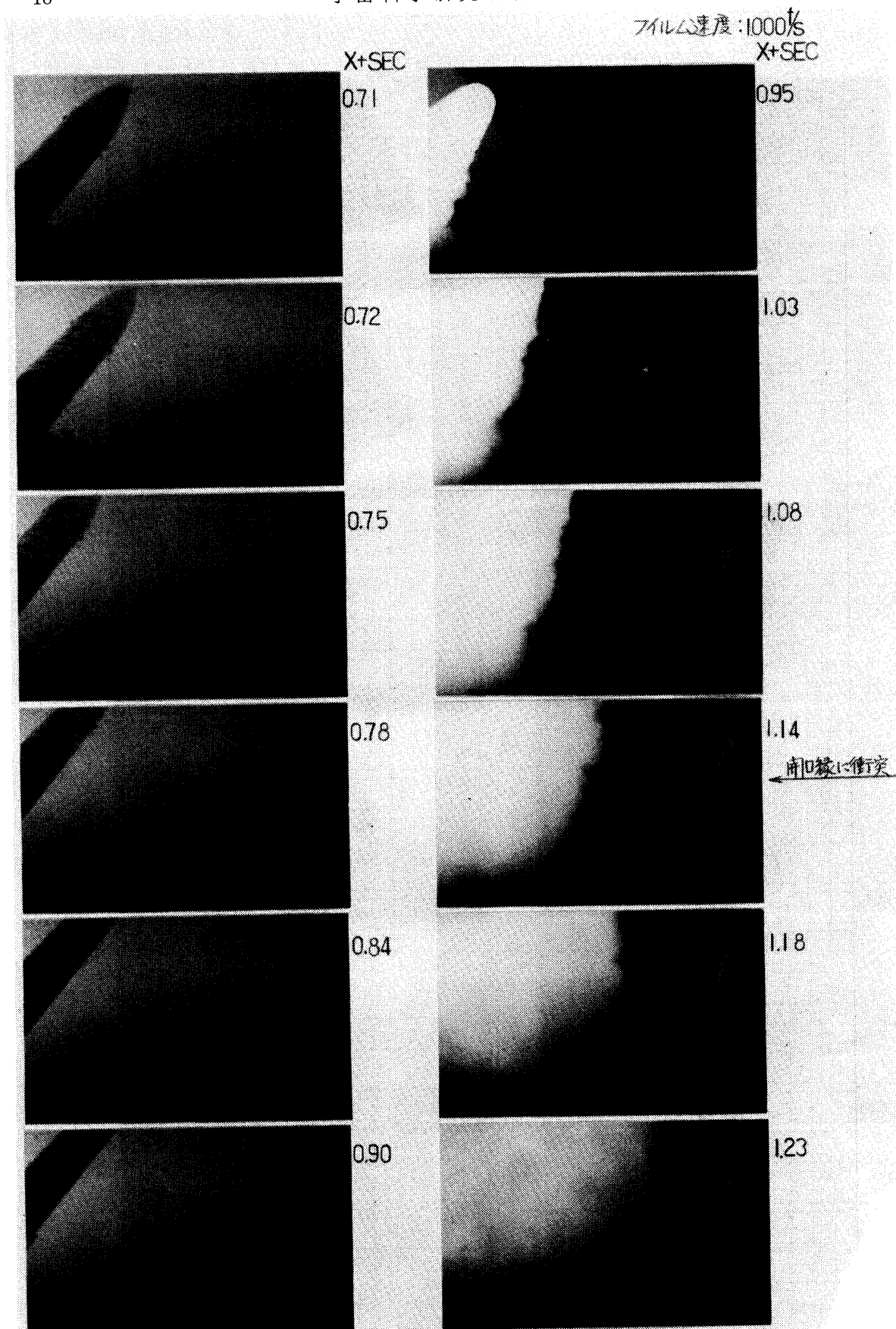


写真3 S-520-4号機発射時のスリッパの飛跡(昭和56年9月6日)

[50年]

第4表 過去5年間の天候不良による延期打上の実績

ロケット	予定日時	実施日時	延期日数
K-9M-49	50.1.16, 18:30	50.1.17, 18:35	1
S-310-1	1.18, 11:00	1.20, 13:20	2
K-9M-50	1.21, 19:45	1.23, 20:05	2
K-10C-5	50.8.21, 14:00	50.8.23, 14:15	2
S-310-2	8.29, 13:10	8.30, 13:10	1
K-10-11	9.23, 14:00	9.24, 11:00	1
打上機数			10機
天候に伴う延期			6機

[51年度]

ロケット	予定日時	実施日時	延期日数
K-9M-57	51.8.30, 04:45	51.8.31, 04:55	1
K-9M-55	9.14, 11:00	9.16, 11:20	2
K-9M-56	9.17, 18:50	9.18, 19:20	1
K-9M-58	52.1.15, 21:45	52.1.16, 21:45	1
打上機数			7機
天候に伴う延期			4機

[52年度]

ロケット	予定日時	実施日時	延期日数
K-10-13	52.9.09, 21:00	52.9.14, 21:22	5
S-210-1	9.14, 18:30	9.15, 18:30	1
K-9M-60	2.25, 20:00	2.26, 20:00	1
K-9M-62	53.1.21, 11:00	53.1.22, 11:00	1
K-9M-61	1.26, 20:00	1.27, 20:15	1
打上機数			8機
天候に伴う延期			5機

[53年度]

ロケット	予定日時	実施日時	延期日数
K-9M-64	53.8.17, 20:40	53.8.20, 20:45	3
K-9M-65	54.1.16, 17:50	54.1.17, 18:00	1
S-310-6	1.17, 17:40	1.19, 18:10	2
K-9M-66	1.20, 18:05	1.21, 18:26	1
打上機数			6機
天候に伴い延期			4機

[54年度]

ロケット	予定日時	実施日時	延期日数
K-9M-67	54.8.15, 16:00	54.8.18, 16:00	3
S-310-7	9.13, 20:00	9.15, 20:00	2
S-310-8	55.1.31, 17:45	55.2.02, 17:55	2
打上機数			6機
天候に伴い延期			3機

[55年度]

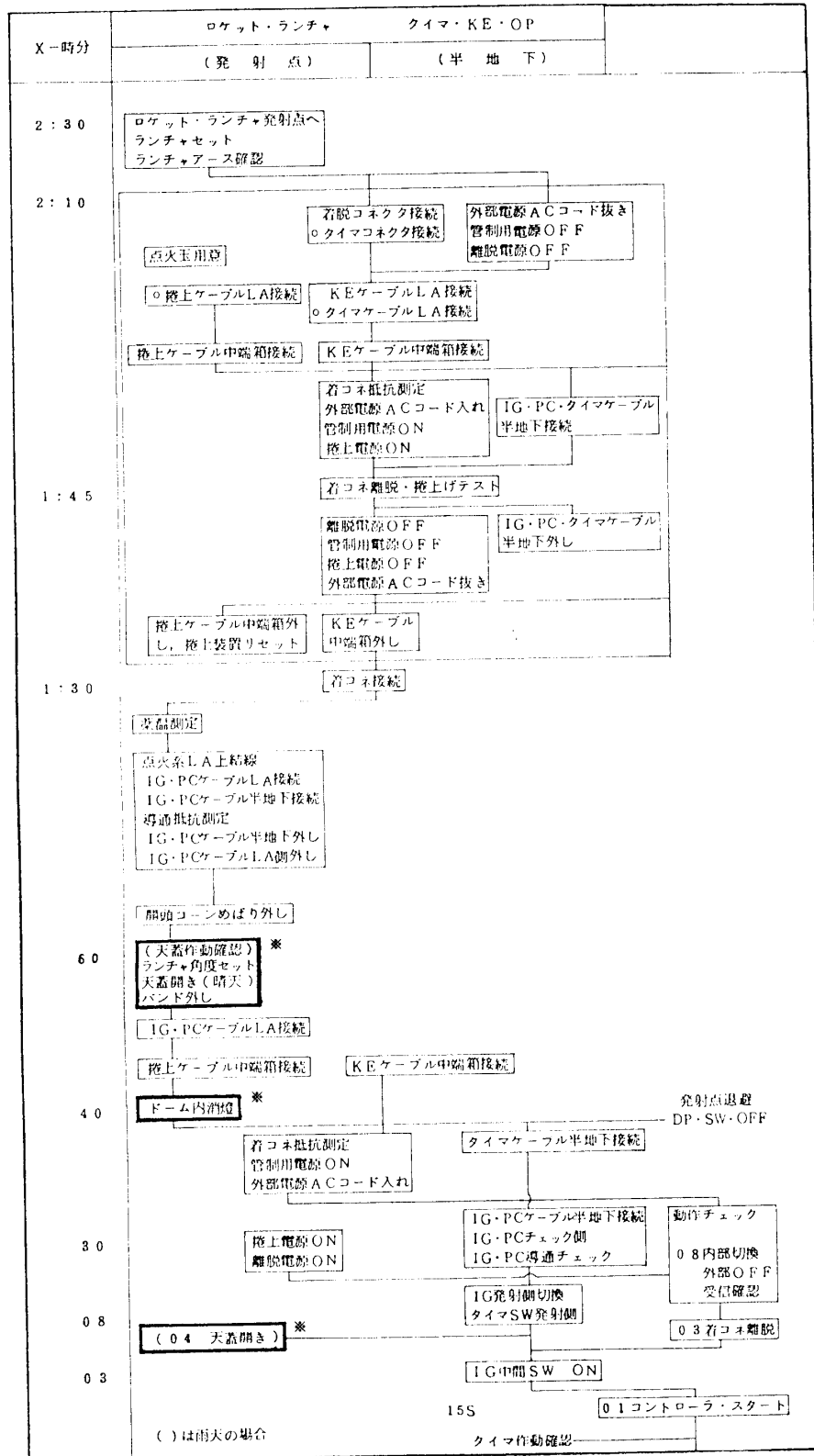
ロケット	予定日時	実施日時	延期日数
K-9M-70	55.8.29, 19:40	55.9.02, 20:00	4
打上機数			6機
天候に伴い延期			1機

第5表 ドーム初回使用スケジュール

SESノート K-NO 634

S-310-10タイム・スケジュール

56.8.24



※新しく追加された項目

### 7. 天候不良による延期打上実績

従来の KS ロケットの打上げは屋外で行っていたために、天候の変動により打上げスケジュールに支障をきたして、延期に至ることが度々あった。第 4 表は台風を除いた過去 5 年間における天候不良による打上げ延期を集計したものである。表によると天候に伴う延期機数と日数は 23 機, 41 日間となっている。今後は極端に言えば打上げ時間帯にさえ天候条件が良ければ発射ができるわけで、打上げの可能性が大幅に増すことになった。また打上げの前日または前々日に行うリハーサル（電波テスト）が、悪天候の中でも実施できることのメリットも大きい。

第 5 表はドーム初回使用のタイムスケジュールである。スケジュール内には安全飛しょう確認や天蓋操作の項目が追加されているが、打上げ所要時間は以前と変っていない。

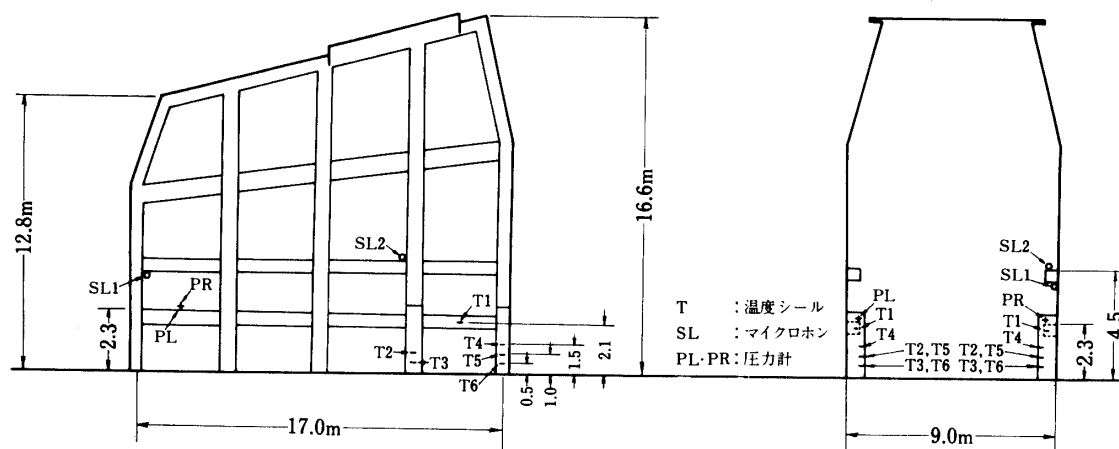
なお原則としては総ての KS ロケットがドーム内打上げとなるが、特殊な発射方位角が要求されるような場合にドーム外での打上げも可能なように KE とタイマおよびランチャ系等の発射回線が敷設されている。

### 8. 風圧・音響等の計測結果

ドーム計画時には既述の通りロケット発射時の風圧や温度等の環境に対する計測と推定を行ったが、実際のドーム発射に際しても環境計測を何回か実施した。

計測は風圧・音響・温度の 3 種類である。風圧計測はセンサをドームの前方左右（地上高 2.3 m）に配置、音響計測はマイクロホンをドーム前方および中央附近のいずれも右側（地上高 4.5 m）に配置、温度センサはドーム後方左右（地上高 0.5 m～1.5 m）の支柱と梁（地上高 2.1 m）に配置した（第 16 図参照）。

風圧と音響の計測概要を第 17, 18 図と第 6 表に示す。音響については例として S-520-5 号機によるデータを掲載した。圧力では各機種とも負圧値の方が大きく計測されたが、かって同型機種による屋外発射において計算した鉄ブロック面の受圧値（ $0.116 \text{ kg/cm}^2$ ）よりも小さい値である。また音圧レベルでは機種の大小にはあまり関係がなく高いレベル



第 16 図 圧力・音響・温度の各センサ取付位置

160 db 以上を計測した。音圧は軽視できない要素をもっていると思われる。

面白いことに右側に配置したマイクロホン SL<sub>1</sub> では、機体外径の小さい S-210 型が他の外径の大きい機種よりも高レベルを受感している。原因は未だ定かではない。温度についてはロケットのノズル設定位置近傍のドーム左右の梁や支柱の表面を計測したが、最も高温の計測値はドーム後方の左右支柱 T<sub>6</sub> で 170℃ であり、比較的温度の低かったのはコンクリート梁部 T<sub>1</sub> で 60℃ であった。そしてロケットの発射方向による温度の差は見られず、左右の支柱表面は同じ温度レベルであった

以上の計測結果からロケット発射時にドームにおよぼす風圧、音響、温度環境がおよそ把握でき、概ね設計時の推測が妥当であったと認められる。今後しばらくはなお打上げ毎に計測を実施し、データを蓄積する考えである。

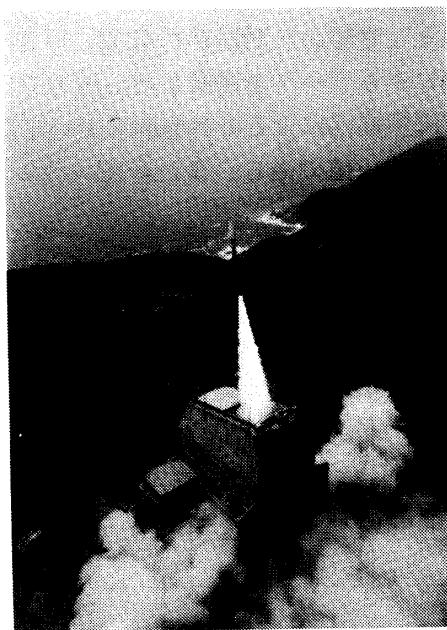
第6表 圧力・音圧・温度の計測結果

機 種	圧 力 (kg/cm <sup>2</sup> )		音 圧 (dB)		温 度 (℃)						発 射 角 度		実 験 日 刻
	PL	PR	SL 1	SL 2	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	俯 仰	旋 回	
S-520-5	0.0085	0.0068	136	164	60	100	140	75	140	170	80°	140°	57年9月6日
	0.0097	0.0114											11時00分
K-9M-75	0.0142	0.0160	145	163	60	100	140	75	140	170	80.5°	151.1°	57年9月13日
	0.0206	0.0228											21時30分
S-210-13	0.0022	0.0023	145.5	157	/	/	/	/	/	/	76°	144.8°	57年9月12日
	0.0062	0.0068											21時00分

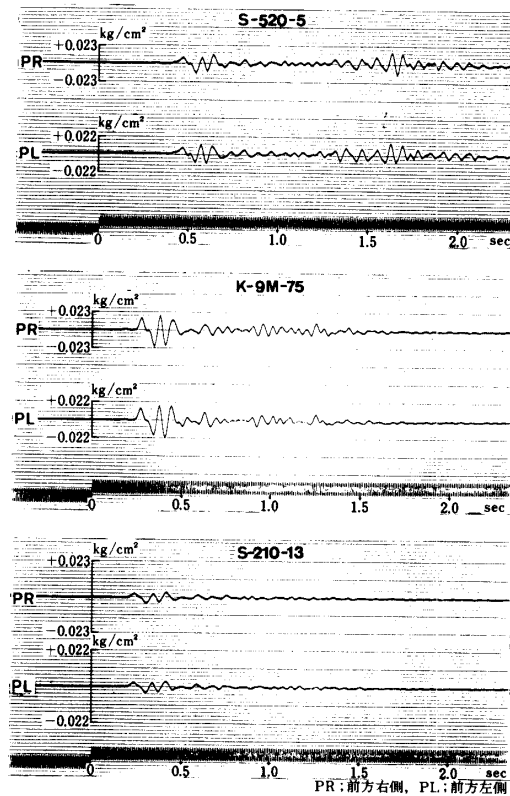
注：斜線部は計測実施せず



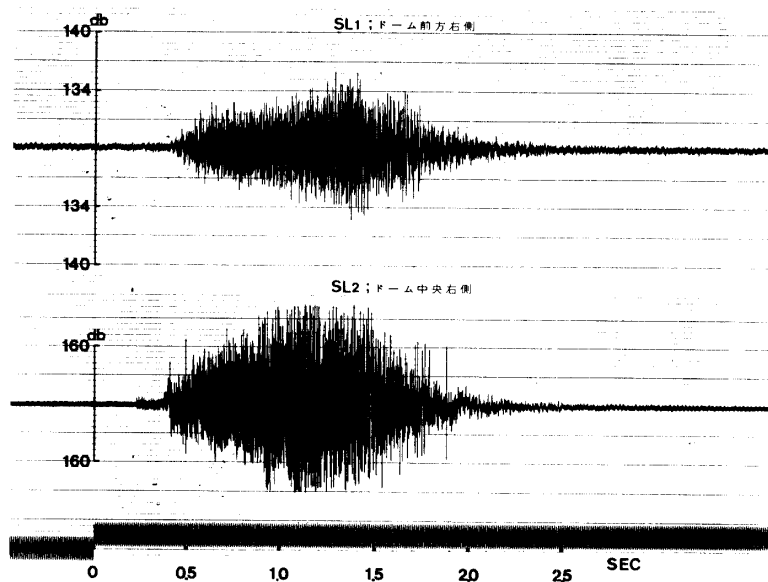
写真4 K-9M と S-520 ランチャの交替風景



S-520 ロケットの発射と噴煙



第 17 図 風圧計測概要



第 18 図 音圧計測概要の一例 (S-520-5)

## 9. 今後の方針

1) 空調装置の設置：このランチャドームはもともと打上げの直接準備と発射のためのものであるが、2機種を並行して準備しているときにはロケットを搭載したランチャの保管場所の役目も果し得る。写真4は前日からドーム内に格納してあったK-9M型機と、組立を了えてこれからリハーサルのためにドームに向うS-520型機が入れ換るため途中ですれ違う情景である。

このように、整備完了したロケットとランチャの一時的保管にも利用するには空調設備があることが望ましく、冬期および雨期の搭載機器や推進薬の性能維持のためにもこれは必要であろう。

2) 油圧装置の設置：K-9M型とS-520型用ランチャは油圧遠隔操作が可能になっている。ランチャの油圧ポンプとエンジンによる騒音および排気ガスをなくすために、ドーム側室に油圧源を備えてることが望ましい。

## 10. むすび

本ランチャドームの設計にあたっては、松尾、林(紀)、橋元、中田、平田で担当チームを組織して、住友重機橋梁鉄鋼事業部と一体で取組んで来たが、この間に森大吉郎教授、雛田元紀助教授、秋元春雄課長補佐、今沢茂夫助手、市田和夫助手、吉田邦子技官、山脇菊夫技官、池田光之技官、住友重機械工業遠海輝信部長はじめ所内各方向の方々に親身の協力をいただいた。

ドームの運用結果は期待通りで、ドームの効果は非常に大きい。「もっと何年も前から実現していたら」という声が実験班内から多く寄せられたのは担当者として喜びであった。