

第11次南極地域観測隊ロケット部門報告

川口 貞男*・平沢 威男**・伊東 弘ニ***.
 芦田 成生****・鮎川 勝*・白壁 弘保*****

REPORT OF THE ROCKET TEAM OF THE 11TH JAPANESE ANTARCTIC RESEARCH EXPEDITION IN 1970

Sadao KAWAGUCHI*, Takeo HIRASAWA**, Hiroji ITO***,
 Shigeo ASHIDA****, Masaru AYUKAWA* and Hiroyasu SHIRAKABE*****

Abstract

The rocket launching facilities were constructed at the Japanese Antarctic base, Syowa Station (69°00'S, 39°35'E: geomagnetic lat. 69.6°S, long. 77.1°E) in January 1970. On the 10th and 17th of February, 1970, the two launching experiments of sounding rockets were carried out. Through the successful rocket flight, the reasonable vertical profiles of electron and ozone density in the polar ionosphere were obtained.

1. Rocket Launching Facilities at Syowa Station

In the rocket range, about 500m southwest of the main base of Syowa Station, there are three huts, namely, an assembly shop connected with a turn table, a Radar-Telemeter hut and the control center. The rocket is assembled and tested in the assembly

shop, and transferred to the turn table on the launcher. The Radar-Telemeter Hut contains a radar-telemeter system and an igniter controller. Probe parts of rockets are assembled and tested in this hut. In the control center, there is a seat for the commander of the rocket experiments. The whole system is capable of launching the single-stage rocket, S-160JA type (length 3890 mm, diameter 160 mm, pay-load 5.4 kg, max. altitude 88 km), S-210JA type (5210 mm, 210 mm, 12 kg, 120 km), S-300JA type (diameter 300 mm, max. altitude 160 km) and S-350JA type (diameter 350 mm).

2. Results of Observation

2.1. Electron density

The electron density profiles in the ionosphere D-region obtained by the present rocket experiments are illustrated. The first rocket (JA-1) was launched in a magneti-

* 国立科学博物館極地研究センター. Polar Research Center, National Science Museum, Kagurazaka 1-9-10, Itabashi-ku, Tokyo.

** 東京大学理学部地球物理学研究施設. Geophysics Research Laboratory, University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo.

*** 日産自動車(株)宇宙航空部. Nissan Motor Co. Ltd., Momoi 3-5-1, Suginami-ku, Tokyo.

**** 明星電気(株)目黒研究所. Meisei Electric Co. Ltd., Kamiōsaki 3-8-3, Shinagawa-ku, Tokyo.

***** (株)松村組. General Constructor Matsumura-gumi, Uchisaiwai-cho 1-1-2, Chiyoda-ku, Tokyo.

cally quiet condition, and the second (JA-2) during a small positive bay 40 γ with an ionospheric absorption of 0.5 dB. The N-h profile obtained by JA-2 shows about $3 \times 10^8 - 2 \times 10^4$ ele/cm³ higher than that by JA-1 in the 78-87 km height range.

These facts suggest that the energetic electrons (or protons) with an energy of about 100 keV (or 1 MeV) penetrate down to the 70-90 km height in the polar ionosphere with a flux of about 10^6 ele/cm²/s to enhance the D- and lower E-region ionization during

the positive-bay event in the daytime.

2.2. Ozone density

The results of ozone density can be summarized as follows:

(i) The ozone density decreases above 40 km level as

$$N(O_3, z) = N(O_3, 40 \text{ km}) e^{-(z-40)/5.1}$$

where z : altitude(km)

$N(O_3)$: ozone density(cm⁻³)

(ii) The ozone density profile in the polar region seems to be essentially similar to that ever obtained in middle latitudes.

1. は し が き

本報告書は、第11次南極地域観測隊による昭和基地での初のロケット、S-160JAの飛しょう実験報告である。

昨年度第10次隊の手によりロケット基地の建物、コントロールセンター・レーダテレメーター室、組み立て調整室がすでに建設されていた。今回は引き続き発射台、ランチャー、レーダー設備などの飛しょう実験に必要な諸設備を設置し、S-160JA、2機の飛しょうを行なった。

ロケットは2機とも、発射後正常に飛び、高度約88kmに達し、約4分30秒間飛しょうして昭和基地の西南西約90kmの海水上に落下した。その間、所期以上の観測データも取得することができ、実験は成功裏に終わった。

南極でのロケットによる超高層観測の計画は、3年計画で、今回はその前年でテストフライトの要素が強いが、来年以降の計画では、ロケットも大型(S-210, S-300など)になって、おもに越冬期間中に飛しょうを行ない、本格的な観測にはいる。今回の成功で、南極ロケットの先行は非常に明るいものになったと思う。

2. 出発以前の準備訓練

われわれの任務は、昭和基地において、初めてロケットを打ち上げることであった。出発以前においても、ロケット発射設備の建設計画、ロケット打ち上げオペレーション計画などの案を慎重に検討し、それに伴う物品調達を行なった。また実際に基地で行なう物品輸送、建設、およびロケット打ち上げオペレーションなどを手順よく行なうため各種訓練を行ない、

その技術の習得につとめた。

2.1. ロケット班オペレーション会議

昭和44年4月3日の第1回第11次隊ロケットオペレーション会議以降36回に及ぶオペレーション会議を行ない、ロケット担当隊員を中心にロケット打ち上げのための実行計画案の検討が慎重に進められた。日本出発時（昭和44年11月25日）までに大型建物輸送案、ロケット発射台ランチャー建設案、ロケット基地電源設備案、電話、スピーカー設備案、およびロケット打ち上げオペレーションの案などのほとんどすべての計画案が作製された。

2.2. ロケット班訓練経過

基地における作業を円滑に行なうため、昭和44年8月20日～9月15日、国立科学博物館極地研究部板橋分室で行なわれたロケット発射台・ランチャー組み立て訓練など16回の各種訓練を通じて、計画案の再検討、各種建物の建設手順、建設技術の実習、またレーダー装置、点火系管制盤などの調整、操作方法の習得を行なった。表1に訓練経過表を示す。

表1 第11次隊ロケット部門訓練経過

(1) ロケット打ち上げオペレーション訓練		ロケットエンジンの性能確認	
場所	東京大学鹿児島宇宙空間観測所	結果	良好
日時	44.8.1～8.10	(6) ロケットスリッパ低温特性試験	
内容	ロケット打ち上げオペレーション実習	場所	日産自動車(株)川越実験所
		日時	44.10.18～10.21
		内容・結果	良好
ロケット本体関係			
(2) ロケット頭胴部計器合せ		搭載計器関係	
場所	日産自動車(株)荻窪工場	(7) ロケット搭載計器環境試験	
日時	44.9.22	場所	東京大学宇宙航空研究所
内容	観測器組付け訓練及び確認 組立て手順及び組立工具類の確認	日時	44.10.31
結果	良好	内容	衝撃試験、振動試験
		結果	良好
(3) ロケットランチャー通し		(8) レーダと搭載計器とのかみ合せ	
場所	極地研究部板橋分室	場所	明星電気(株)守谷工場
日時	44.9.26	日時	44.11.1
内容	ランチャーレールとロケットスリッパの合せ確認	内容	レーダトランスポンダの送受信テスト
(4) ロケットコンテナと収納場所(ふじ)との合せ		結果	PPM 復調器によるデータ復調良好
場所	鶴見、浅野ドック	レーダ関係	
日時	44.10.22	(9) レーダ取り扱い組み立て訓練	
内容	船積み及び収納場所との合せ確認	場所	明星電気(株)守谷工場
(5) 地上燃焼試験及びロケット取り扱い訓練		日時	44.10.16～10.21
場所	日産自動車(株)川越実験所	内容	1. 動作原理、各部回路の講義 2. 取り扱い実習 3. 分解、組立
日時	44.10.10～10.14		
内容	ロケットエンジン及び点火薬の取り扱い訓練		

結果	4. 追跡訓練 良好	場所	明星電気(株) 守谷工場
		日時	44. 10. 19
		内容	電話設備組み立て 機能試験
		結果	良好
管制盤関係			
(10) 管制盤動作機能説明会			
場所	東京大学鹿児島宇宙空間観測所	ランチャー発射台関係	
日時	44. 8. 8	(14) 発射台組み立て訓練	
内容	管制盤系統, 動作機能説明, 問題 点検討	場所	極地研究部板橋分室
(11) 管制盤取り扱い訓練		日時	44. 8. 20~9. 15
場所	極地研究部板橋分室	内容	発射台組み立て
日時	44. 10. 13	結果	良好
内容	1. 管制盤システム, 機能説明 2. 取り扱い方法 3. 点火訓練(点火玉使用)	(15) ランチャー組み立て訓練	
スピーカーシステム		場所	極地研究部板橋分室
(12) スピーカーシステム設置訓練		日時	44. 9. 15~9. 20
場所	極地研究部板橋分室	内容	ランチャー組み立て及びオペレー ション
日時	44. 8. 12~8. 13	結果	良好
内容	設計, システム組み立て 性能試験, ヒートランニング	(16) パワーリーチ組み立て分解訓練	
結果	良好	場所	極地研究部板橋分室
(13) 電話設備, 設置訓練		日時	44. 8. 18
		内容	組み立て及び分解
		結果	良好

3. 輸 送

ロケット関係の物品(73 t, 248m³) 輸送は, ふじの基地接岸以降, 予定に従って順調に行なわれ, ロケット本体, パワーリーチ, および大型建物以外の物品は, すべてロケット基地内の第二ヘリポート近辺にスリングで空輸された。輸送作業は2月5日に始まり, 約7日間では完了した。

3.1. 大型建造物の輸送

ロケット関係の大型建造物は次の4点,

ランチャー用ターンテーブル (2.28 t, 9.75m³) 3 点

ランチャー車 (2.22 t, 13.94m³) 1 点

である。

これほどの大型重量物を基地輸送したことはいまだかつてなく, 氷上および東オングル島内の道路の状態によっては, あるいは困難かと懸念されていたが, ふじ飛行科の好意もあり, あらかじめ計画されていた方法で輸送に成功した。

輸送方法は

- 1) ふじ接岸点から島岸までは, 連結された大型そり2台を用いて雪上車でケン引。
- 2) 島岸において, ヘリコプターのスリングにより, そりから陸上の大型トレーラーに積

み換え（その間約 50m）。

3) 大型トレーラーをトラックでけん引し、ロケット基地まで輸送。

今回はこの方法でどうにか成功したが、積み換えの時の短い距離のスリングとはいえ、ヘリコプター的能力から考えて、これ以上の大型重量物の基地輸送は、現在のところ不可能と考えられる。しかし今回この輸送に成功したことは、観測隊史上画期的なできごとといえる。

3.2. ロケット本体の輸送

ロケット本体のエンジン部は、火薬が装てんされており、また本体自身の変形のひずみは“絶対”にさけねばならないので、輸送中の衝撃、温度および湿度による影響を極力なくするため、種々の方策が講じられた。

a) 輸送コンテナ

S-160JA 1, 2 号機は金属コンテナに各号機別に収納し、「ふじ」のヘリコプター格納庫に2段積みして輸送した。ふじ航行中、その温度、湿度および衝撃をチェックし、記録した。コンテナ内は $0.2\text{kg/cm}^2\text{G}$ の加圧がされている。

仕様概略は次の通り

長さ×幅×高さ：約 $3,000 \times 760 \times 850\text{mm}$

重量：約 350kg （ロケットなし）

湿度計：内蔵、内部の湿度が40%以上になると標示される。

温度計：コンテナ外部に棒状温度計を取り付ける。

衝撃計：コンテナ外部に自記録式の衝撃計を取り付ける。（吉田式小型衝撃記録計FIR $106 \pm 20\text{G}$ 固有振動数 60cps 。）

点火薬類は本箱輸出梱包とし、「ふじ」火薬庫内に収納した。

b) 輸送中の振動

前記の加速度計を取り付け、晴海出航時からチェックしたが、1, 2 号機共開梱するまで衝撃の記録はなかった。ロケット輸送については担当者はもとより、船側および観測隊の人達の全面的な協力により、きわめて慎重にかつスムーズに行なわれた。

c) 輸送中の温度、湿度

輸送中および保管時の温度は図1のグラフの通りであるが、「ふじ」船内においては赤道付近で最高となり、 $33 \sim 35^\circ\text{C}$ に達し、接岸中は $0 \sim 5^\circ\text{C}$ の範囲であったと考えられる（12月2日より格納庫を開閉し、温度調整をした）。昭和基地搬入後は、昼間時であるが、室温、薬温、コンテナ温度を記録した。なお保管場所の組み立て調整室は現在暖房装置はない。

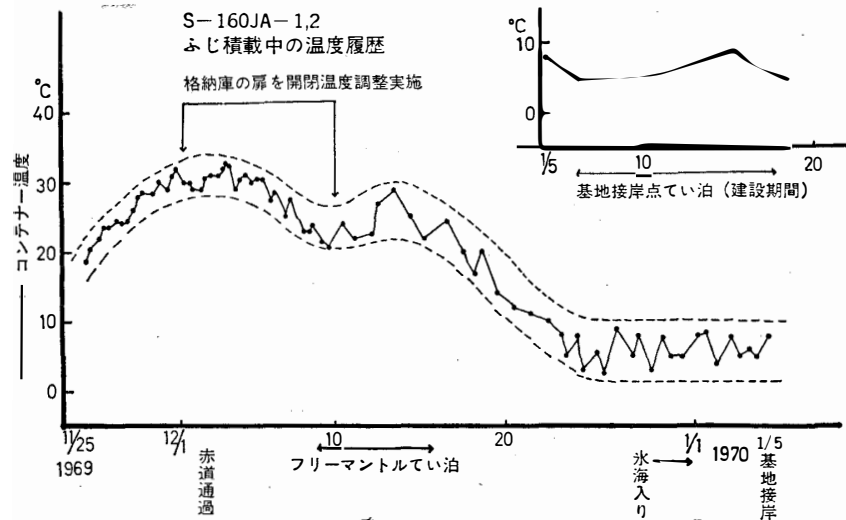


図 1 S-160JA1, 2 号機のふじ積載中の温度履歴

湿度については、コンテナ内は開梱時まで40%以下を保っていた。また開梱時の空気抜き
の状況から推して、輸送中の空気漏れはなかったと判断される。

d) 陸上輸送の場合の振動テスト(参考)

用済み後のコンテナに衝撃計を取り付け、クレーン車に積み、陸上輸送経路の基地一見
晴らし岩間を往復し、振動の状況を調べた。この結果、路面は凸凹が多く良くないが振動の
かからぬよう注意し、徐行運転をして、トラック荷台上にクッション(エバーソフトなど)
を敷き、耐振処置をすれば問題はないことがわかった。むしろトラックの様なショックアブ
ソーバーを持たないそりによる雪上輸送の方が、きびしい条件である。この他ヘリコプター
によるスリング輸送の場合、着地する際の衝撃が大きいと予想されるので、この場合もクッ
ションを考える必要があろう。

4. ロケット発射設備建設

第10次隊により、昭和基地のロケット発射設備として、すでに組み立て調整室、レーダー
テレメーター室およびコントロールセンターの3つの建物が建設されていた。11次隊はそれ
以外のロケット発射実験に必要な諸設備を設置し、その設備の完成を確認するために、実際
にロケット2機の試射を行なうことである。今回の飛しょう実験のために実施されたおもな
建設および設備設置は次の通りである。

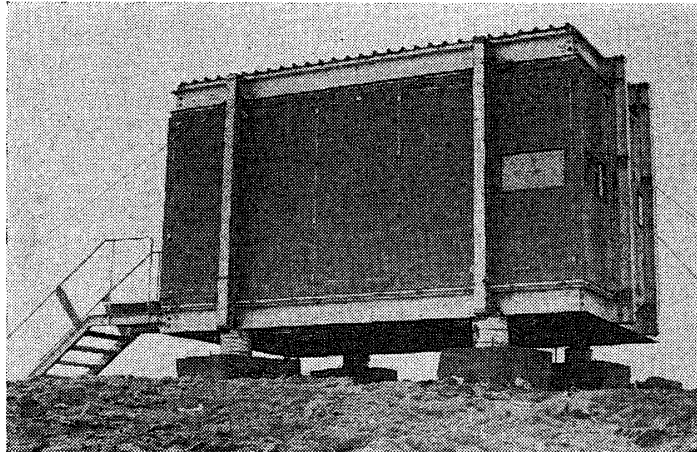


図 2 コントロールセンター

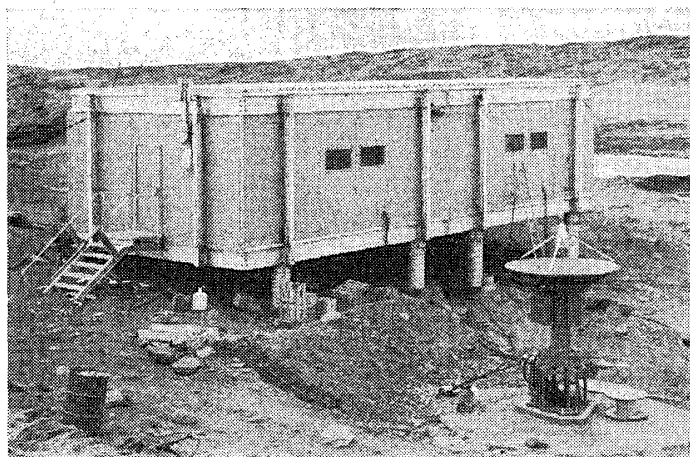


図 3 レーダーテレメーター室とレーダーアンテナ

- 1) 発射台建設
- 2) ターンテーブルおよびランチャー設置
- 3) レーダー装置およびアンテナ設置
- 4) 発射管制盤および点火系統の設置
- 5) 電源装置および各種ケーブル施設
- 6) 電話および放送装置の設置
- 7) アース埋設および配線
- 8) レーダーテレメーター室暖房器設置
- 9) レーダーテレメーター室および組み立て調整室の屋根の取り付け
- 10) レーダーテレメーター室、組み立て調整室およびコントロールセンターの階段取り付け

これだけの諸設備を夏期間のうちに設備し、ロケット発射実験を行なうためには、これらの建設作業を約1か月間のうちに完了しなければならない。そこでさきに述べたように、日本における各種訓練を通じ、各隊員は建設手順および技術の習得につとめ、またそれらにより実際にチェックされた各種設備の詳細にわたる設備計画案が、ロケットオペレーション会議で作製された。

基地における設備作業は、この計画案に基づいて順調に行なわれ、昭和45年1月10日から始められた作業は、実働18日間でほぼ終了した。

4.1. ロケット発射台およびターンテーブル・ランチャー建設

a) ランチャー

本ランチャーは、南極でのロケット発射用として設計製作されたもので、直径 8m の 360°

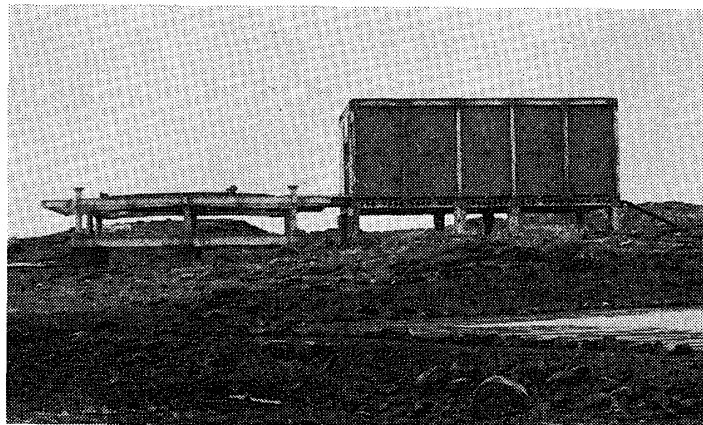


図 4 組み立て調整室とロケット発射台

回転可能なターンテーブル部があり、その上に走行台車ランチャーブーム・スリッパールールおよびこれらを駆動する電動機、減速機、制御盤から成っている。ターンテーブルは、鉄骨構造の発射台によって支えられており、将来は、この発射台に開閉できるドームが付き、冬期の発射に備える計画である。またこのランチャーは、スリッパールールを交換する事により、直径 350mm 程度のロケットまで発射可能な設計である。特に低温条件下での使用を考慮し、電気部品潤滑油などは、低温特性の良いものを使用し、 -40°C （実際の使用は -20°C 以上が良い）まで使用できる。

その他、

- i) 上下角および旋回角の精度は $\pm 0.1^{\circ}$ 以下。
- ii) 電気式および手動式の両方の操作が可能である。

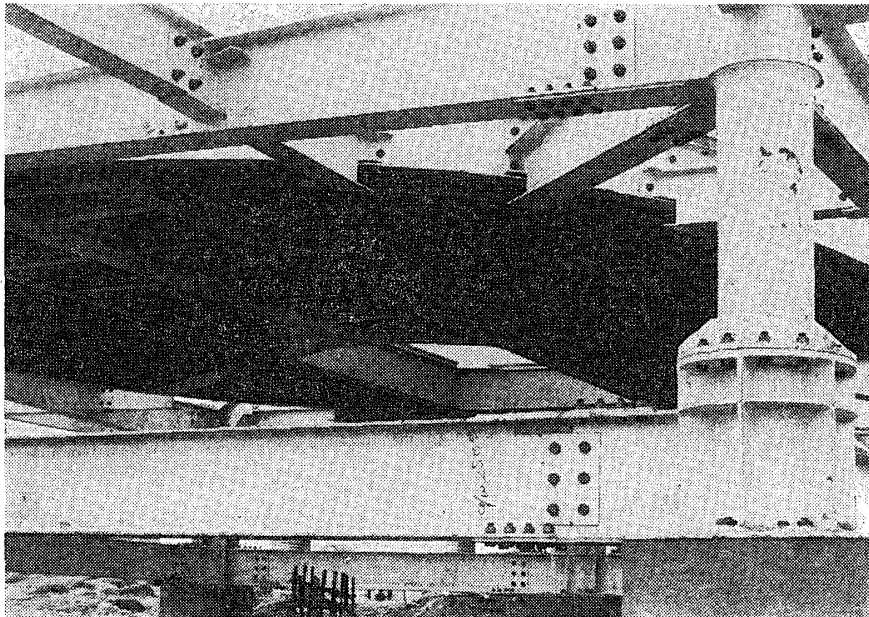


図 5 発射台下部およびターンテーブル

(iii) 輸送条件を考慮し分割構造である。

(iv) 将来遠隔操作も可能であるなどの特徴を持っている。

b) 組み立て作業

輸送作業，パワーリーチの組み立て設置と並行して，発射台の周辺の整地および基礎測量が進められた。2月9日にパワーリーチが設置完了。直ちに発射台の鉄骨の組み上げを2月10日より開始，組み立て作業は順調に進み，2月15日はほぼ完成した。その後，天候の回復を待ち，18，19日両日で大型建造物のターンテーブル，その他を発射台の上に組み上げた。この発射台ターンテーブルランチャーの建造作業は，第11次隊の夏作業のメインイベントであったが，日本での訓練の経験がたくみに生かされた。

4.2. レーダー装置およびアンテナの設置

a) レーダー装置

レーダーはロケット方位角，上下角，直距離を計測すると共に，レーダー電波で同時に送信されてくる PPM 変調方式のテレメーター信号 (2 ch) を復調し，記録できる。そのおもたる仕様は次の通り。

i) アンテナ：直径 2m のパラボロイド，ビーム幅 6° の円偏波，トラッキング速度；方位角，上下角共 $10^\circ/\text{s}$ 以上。

ii) 送信機：送信周波数；パルス幅 $1.0^{+0.3}_{-0.3} \mu\text{s}$ の 1,673 MHz 帯の 1 波送信，繰り返し。

周波数; 500 又は 250Hz, 送信出力; 公称 10kW (せん頭値).

iii) 受信機: 受信型式; クリスタルミキサー・スーパーヘテロダイン. 受信周波数; 1,670~1,690 MHz. 入力レベル; -30~100 dbm.

iv) 測距機: 測定型式; デジタル追尾式. 測距範囲; 300km, 600km 切り換え. 精度; $\pm 300\text{m}$ (対静止物). 測距単位; 10m. 測距追跡速度 (最高); 5km/s 以上.

v) PPM 復調器: 方式; パルス追跡型. 回路数; 2 ch. 総合精度; ch 1 $\pm 2.5\%$, ch2 $\pm 5\%$. 周波数応答; 5 Hz 以下. 出力電圧; 0~5V.

vi) 記録装置: 3 ch アナログ記録器 (ペン); 方位角, 上下角, 直距離. デジタル記録器 (プリンター); 方位角, 上下角, 直距離他. 8 ch アナログ記録器 (ペン); PPM データ他.

b) レーダー装置の設置

レーダーテレメーター室は, 10次越冬隊の非常物品倉庫として使用されていた. それらの物品を搬出して, 室内の清掃整美, さらに暖房器設置, 室内照明などの電源配線を行なった後, 1月17日よりレーダー装置の開梱, 搬入, 設置および配線を行なった. この作業と並行し, レーダーアンテナの基礎工事, 組み立てが行なわれ, 最後にレウィンゾンデを打ち上げ, それを追跡し, レーダーの動作確認を行なった.

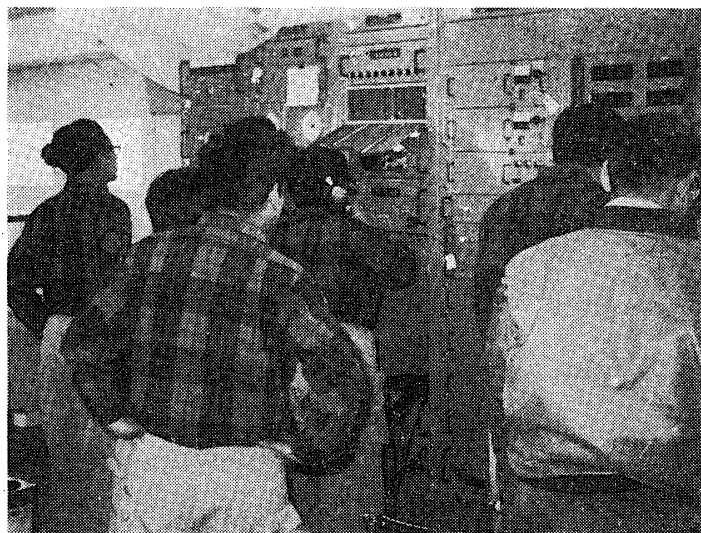


図 6 レーダー装置

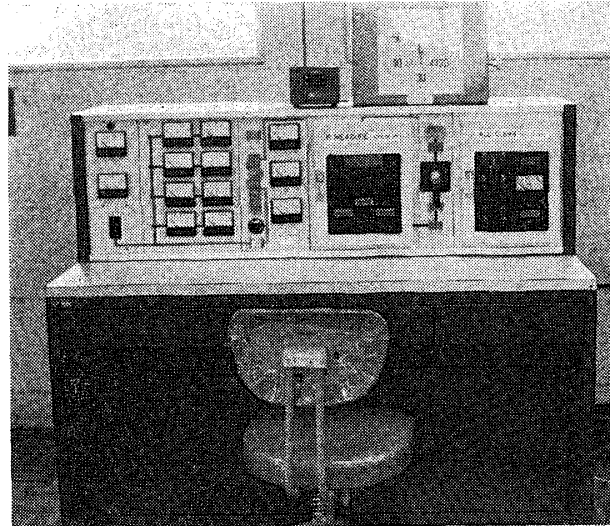


図 7 ロケット点火系管制盤

4.3. 発射管制盤および点火系統の設置

a) 発射管制盤

南極ロケット用発射管制盤は、現地電力事情、気象条件、人員などを考慮して設計されており、その概要は次の通りである。

i) 使用部品は低温特性の良いものを選んでいるが、室内使用なので周囲温度 $+10^{\circ}\text{C}$ を目安としている。

ii) 操作はできる限り簡素化し、1人でも操作できるもので、かつ安全に対しても充分考慮が払われている。

iii) 入力電源は AC 200V で、スライダック (0~240V) により電源電圧の変動に対処している。

iv) 出力 (点火電源) は、48V, 13 AH で開放型焼結式アルカリ蓄電池を使用している。

v) (iii) の 200V の電源の他に発射タイマー用に 100V, 50 Hz, 数 W の標準信号が必要である。

vi) 操作電源は AC, DC (点火電源とは別に 12V, 13 AH の蓄電池) 併用で蓄電池はフローティングチャージで使用する。

vii) 将来多段式ロケットになり、機上タイマーによる点火系が出た場合、S.O. (Safety Operation) の回路が入れられるよう設計上考慮がなされている。

b) 点火回路系統図

図 8 のごとき構成になっている。

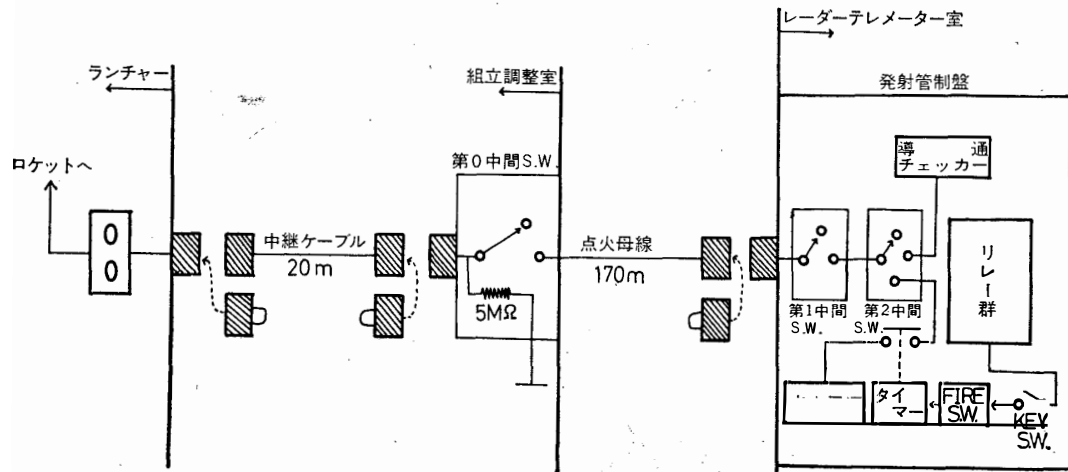


図8 ロケット点火回路系統図

点火母線 4 RNCT $2c \times 14mm^2$ (抵抗 0.52Ω)

中継ケーブル 3 RNCT $3c \times 5.5mm^2$ (抵抗 0.24Ω)

4.4. ロケット基地電源設備

昭和基地の主発電機 65kVA (第9発電棟) から、ロケット基地 RT 室まで 400V の高圧送電を行ない、RT 室内の主配電盤に接続した。ロケット基地の使用電源は、すべてこの主配電盤から分岐される。

a) 電力送電

第9発電棟から電力供給するため、通信棟横の分電盤の近くに昇圧用 3 相 20kVA 変圧器 (200V→400V) を設置、既設の分電盤より分岐し、相互に鉄函開閉器を設け接続した。基地と RT 室間のケーブルは $30mm^2$ のキャプタイヤケーブル (約 300m) を使い、地面にはわせ、道路横断地点のみコンクリート・トラフを埋設して通した。RT 室内に降圧用 3 相 20kVA 変圧器 (400V→200V) を設置し、降圧電力 (200V) をロケット基地用主配電盤に接続した。

b) ロケット基地主分電盤

図9のごとく結線し、使用した。

c) RT 室内第1, 第2および第3分電盤

第1分電盤は 100V 雑電気供給源として、第2および第3分電盤はレーダー装置電源用に使用した。

d) RT 室屋内配線

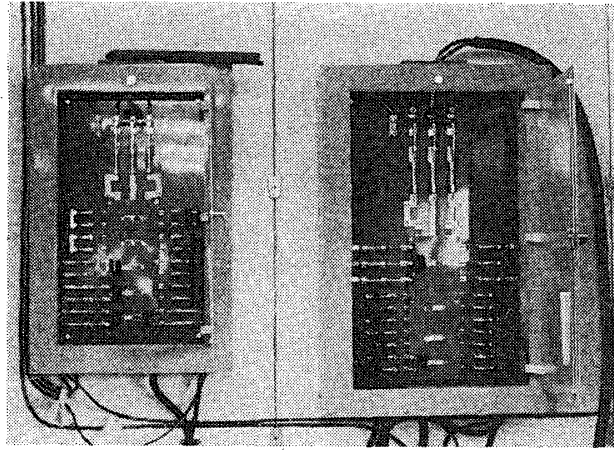


図 9 ロケット基地，電源設備，分電盤
(右) 主分電盤 (左) 第1分電盤

室内照明は蛍光灯(40W 2灯)を10か所，白熱灯を2か所，また100V用室内コンセントを5か所に取り付けた。

4.5. ロケット基地通信設備

ロケット基地内およびロケット基地と主基地(メインベース)間の情報伝達を円滑にするため，新たにロケット基地電話ライン，指令電話ラインおよび放送装置を設置した。

a) ロケット基地内線電話ライン

20回線の自動交換機(RAX)を使用し，内線電話をRT室2(指令卓用，一般用)，組み立て調整室，コントロールセンター，電離棟および気象棟に設置，またRT室の指令卓には，主基地内線電話の1回線をひいた。

b) 指令電話ライン

ロケット打ち上げオペレーション時に使用する指令電話は，オペレーションの円滑化を考慮し，RT室内(指令卓用，管制盤用，レーダー装置用，ロケット実験主任用の4か所)，組み立て調整室用(ロケット取り扱い用)の5か所に設置した。

c) 放送装置

メインアンプとマイクは，RT室内の指令卓に置き，放送はここから行なう。スピーカーの設置場所は次の通りである。

屋内：RT室，コントロールセンター，組み立て調整室

屋外：RT室屋上，電離棟屋上，基地(気象タワー上)

d) 各棟の敷設ケーブル

- i) RT 室—組み立て調整室：10芯5対ケーブル（内線電話，指令電話，スピーカーに3対使用）
- ii) RT 室—コントロールセンター：10芯5対ケーブル（内線電話，スピーカーに2対使用）
- iii) RT 室—電離棟：20芯10対ケーブル（内線電話3対，スピーカーに2対使用）
- iv) 電離棟—主基地：40芯20対ケーブル（内線電話2対，スピーカー1対，計3対使用）

4.6. アース設置

日本地工製のパラアースを垂直に打ち込む計画であったが，予定地はいずれも 30～50cm で固い岩層に突き当たり，これ以上打ち込めなかった．やむなくこの深さで長さ 3～4m の横穴を掘り，パラアースを横にして埋設し，チコーゲルと称する助導電剤を注入した．設置場所は，予定では RT 室か，組み立て調整室付近であったが，いずれも砂地で岩が多く適当でないと判断し，組み立て調整室東側約 120m の湿地帯（低地で水がたまっていた）とした．ここに 5～10m 間隔で4か所9本のパラアースを埋設し，内4本をレーダーテレメーター用に，5本を点火系用アースとして使用した．特に点火系のアースは静電誘導に関連し，保安上必要と考えられるので特に注意した．埋設したおのこの接地抵抗は下記の通りである．なおこの抵抗値は越冬中も測定し，冬の乾燥凍結期の変化を調べる予定である．接地抵抗測定結果（接地抵抗計，YEW 3235 型使用），

アース No.	埋設場所	助電剤なし (1月19日)	助電剤あり (1月20日)	助電剤乾燥
(1)	湿地帯	20Ω	→ 17Ω	—
(2)	〃	14Ω	→ 11.5Ω	—
(3)	〃	6.5Ω	→ 6.5Ω	→ 7.5Ω
(4)	〃	6.5Ω	→ 6.5Ω	→ 7.5Ω
(1) + (2) (5 本) 点火系アース → 10Ω				
(3) + (4) (4 本) レーダーテレメーター系アース → 5.5Ω				

配線は 3 RNCT 3c×5.5mm² のキャプタイヤーケーブルを3芯パラレルに使用し，レーダーテレメーター系は RT 室内のアース端子板に接続している．点火系アースは，埋設点より組み立て調整室迄施設，ここで端子板，建物，発射台，ランチャーに接続されている．この様にレーダーテレメーター系と点火系アースとは，おのこの独立して配線されている．またタッチアース板は，すべて点火系アースラインに接続されている．

4.7. レーダーテレメーター室および組み立て調整室の整備

第10次隊によって建設されていたRT室および組み立て調整室は、第10次隊越冬時、RT室は非常物品倉庫、組み立て調整室は建設資材倉庫として使用されていた。この2室を清掃、若干、補修工事および諸設備の設置を行ない、本来の目的に使用できるよう整備した。

a) RT 室の整備作業

- i) 室内物品搬出、清掃
- ii) 暖房器設置
- iii) 室内照明、室内配線
- iv) レーダー装置搬入、設置
- v) 管制盤搬入装置
- vi) 電話、スピーカー系設置配線
- vii) 実験用机、指令卓、棚、椅子および真空装置などの搬入設置

b) 組み立て調整室の整備作業

- i) 室内物品の搬出、清掃
- ii) 発射台との連結、レベル調整、レール施設
- iii) 室内アース設置
- iv) IG 系統配線
- v) 電話、スピーカー系設置、配線
- vi) 作業台、棚などの設置

など。

4.8. 建設作業進ちょく表

基地における建設作業の成否は、いつにち密な事前の計画によることはいうまでもない。実行計画を基礎として、建設作業は天候不順にもかかわらず、きわめて順調に進み、作業開始後約18日間ではほぼ完了した。表2にロケット関係の作業進ちょく表を示す。

5. ロケット発射オペレーションシステム

5.1. ロケット点火系統

a) ロケット点火系統タイムスケジュール

ロケット点火系は、前章 4.3. 図8のごとく設置された。ロケット発射時にはこの点火系を“万一の間違いもなく”確実に点火電源まで接続していかなければならない。そこで、表

表 2 ロケット関係作業進ちょく表 (45. 1. 2~45. 2. 19)

JARE-11

月 日	作 業 内 容
1. 2	先発隊
3	基礎測量
4	
5	
6	輸送作業
7	
8	
9	パワーリーチ設置了. RT室内物品搬出, 清掃
10	
11	
12	
13	発射台組立
14	(休日)
15	RT室内暖房機設置 及び整理, 電源配線
16	
17	ターテーブル, ランチャー組立
18	レーダ装置開梱, 搬入 設置, 配線及び 動作チェック
19	レーダアンテナ基礎 工事
20	管制盤搬入
21	組立調整室と連結
22	レベル調整, レール施設
23	組立調整室内整理
24	(休日)
25	パワーリーチ運搬, 搬出
26	PI, RT調整
27	バルーン打上げによるレーダテスト
28	IG運搬
29	IG系オペ訓練
30	ロケット, ランチャー系オペ訓練
31	開梱導通チェック
2. 1	ロケット運搬(空輸)
2	(越冬隊交替の為午前休ミ)
3	1号機開梱, 検査
4	ランチャー乗せ, ランチャー通し, 頭部結合, スリッパテスト
5	(2号機, 屋外へ搬出)
6	天候悪化の為, 発射中止
7	レーダ装置再調整
8	レーダ, PI動作チェック, ロケット検査
9	天候悪化の為, 発射中止
10	1号機発射 X=15:30
11	データ整理
12	#2 PI, RT調整
13	
14	
15	
16	頭部本組, 動作チェック
17	2号機発射 X=15:10
18	データ整理
19	データ集積, 持帰り
20	IG予備品廃部 (前日同様へり飛ばすふじ再接岸1.5時間上陸)

表3 点火系統タイムスケジュール

ランチャー運搬
 ランチャー発射点セット (方位角指示)
 トランスポンダ PI 用リード線結線
 点火玉用意
 管制盤 X マークチェック (エマージェンシー ストップチェック)
 薬温測定
 ランチャー上 IG 結線および第1回導通テスト
 角度セット
 ロケットバンドはずし
 IG 第0中間スイッチ off 確認
 中継端子箱に IG ケーブル接続
 IG 管制盤接続コネクタ off およびショート確認
 第0中間スイッチ on
 伊東・鮎川隊員退避
 総員退避確認
 第2回導通抵抗テスト
 IG 抵抗値報告
 第1, 第2中間スイッチ off 確認
 管制盤コネクタ接続
 点火回路準備
 1) 点火電源 on
 2) 点火電源電圧チェック
 3) 第1中間スイッチ on
 4) Main リレー, 第2中間スイッチ off 確認
 5) 第2中間スイッチでの導通チェック (抵抗値報告)
 第2中間スイッチ on およびタイマーリセット確認
 〔点火回路準備完了〕
 コントローラースタート
 発射

3に示すような点火系のみのタイムスケジュールを作製した。このタイムスケジュールでは、あるスイッチ (あるいはコネクタ) を接続する時には、その一つ先 (点火電源側) のスイッチの off およびショートを必ず確認する。たとえば、第0中間スイッチを on にした時には、IG管制盤接続コネクタの off 及びショートを確認する。これは“万一にも”あるスイッチを on にした時、それより点火電源側のスイッチがすべて on になっていてロケットが点火するようなことを“絶対”にさけるためである。また3回の導通抵抗テストで、それまでに接続した回路がまちがいに接続されていることを確認している。

b) 点火系オペレーション

上記タイムスケジュールにより、ダミーロケットを使用、イグナイターを装てんして、管制盤およびロケットランチャーの操作を含めた点火系オペレーション訓練を前後2回にわたって行なった。

5.2. レーダーおよびロケット搭載計器系統

a) レーダー系オペレーション訓練

ロケット発射オペレーションにおいて、レーダー装置およびロケット搭載計器(PI)を正常に動作させ、ロケットの飛しょうデータおよび観測データを確実に取得しなければならない。そこでロケット発射(X時)1分前のコントローラー・スタートから、発射5分後(ロケット飛しょう時間約4分30秒)までのオペレーションを行ない、発射時の人員配置、作業分担、レーダー操作、秒読みの訓練を前後2回行なった。

5.3. 共同地上観測

今回のロケット実験の観測器機は S-160JA1, 2 とも

a) 電子密度観測器(NEL)

b) オゾン観測器(OZO)

であった。これらのロケットによる観測と同時に関連ある地上観測を共同して行ない、よりよい観測成果を上げることを期した。

共同地上観測項目

電子密度観測関係

- i) 電離層(垂直打ち上げ)観測。ロケット飛しょう時連続観測
- ii) リオメーター(CNA). 30 MHz 観測
- iii) 大気球による X 線観測。ロケット飛しょう後

オゾン観測関係

- i) ドブソン2重分光計によるオゾン全量の観測
- ii) オゾンゾンデによる高度 30km までのオゾン量高度分布の観測

5.4. ロケット飛しょう方向の風による影響

ロケットは、発射時風の影響を受け、その風向、風速に応じて飛しょう方向を変える。従って事前に風を測定し、変化角(風による補正角)を算定し、それに応じたランチャーの設定角(方位角および高度角)を決定しなければならない。今回は気象部門隊員に発射2時間前

にレウィソンドを上げてもらい、10km 上層までの風のデータの提供を受けた。その後は、ロケット発射直前まで随時パイロットバルーンを上げたり、地上風のデータに注意を払い、風の変化が認められた時には、それに応じてレーダーの待ち受け角の補正を行なった。

5.5. 保安対策

ロケット発射実験における保安の問題は、なによりも重要な問題である。発射場保安(range safety)はいかなる問題よりも優先すべきであり、“万に一”“兆に一”の危険性をも考慮し、保安対策をたてる必要がある。発射場保安の問題は次の二つに大別される。

1) 地上保安 (ground safety)

ロケットならびに付属火工品の発射場までの輸送、場内での貯蔵、火工品のロケットへの組込み、ランチャー（発射台）上の作業などに関すること。

2) 飛しょう保安 (flight safety)

ロケットが発射されてから、落下するまでに関すること。

5.5.1. 地上保安 (ground safety) 対策

a) 保安事項

i) 各種火薬に関する取締り法に従うこと。火薬取締り責任者の指示に従い、その意見は十二分に尊重すること。

ii) 推進薬あるいは点火薬の発火温度は通常 150°C 以上である。これは火気、電氣的短絡、火花放電、摩擦、衝撃などで起こりうる。

iii) 点火器には電流で火薬に点火する部分を含んでいる。その感度はいろいろあるが静電気による放電に対して、直流より敏感なことがある。

ロケットに対して、特に注意すべきものは電気である。(i)点火器装着後、搭載機器のスイッチ投入、切り換え、(ii)付近の電力使用が点火回路におよぼす電氣的誘導、(iii)静電気、(iv)強力なレーダー電波など注意を要する事項である。

iv) ロケットの取り扱いには、必要最小限の人数で行ない、この人達の安全に万全の策を講ずる。ロケット取り扱い中は、二つの作業を同時に行なってはならない。

b) 保安対策

1) 静電気対策

i) 衣服への帯電防止のため、帯電防止処置のしてあるアノラックを着用する。

ii) 衣服および人体に対して除電効果のあるよう、導電靴（靴底に導性材料を使用）を着用する。

iii) 組み立て調整室の床面は木板なので、作業台付近は金属マットを敷き、これをアースし、作業時は常にこの上で行ない、除電効果を上げる。

iv) 作業台、ランチャー、レール、発射台、建物などすべてアースに接続し、同電位とし、作業台（金属製）上に敷くマットも導電性のあるものを用いている。

v) 組み立て調整室、レーダーテレメーター室には、要所にタッチアース板を設け、作業前、入室時にはこれに触れ帯電を除去する。

vi) 点火薬を取り扱う時および裸の点火系ケーブルに直接接触する場合（導通チェック、点火薬装てん、結線など）は必ず人体除電用の腕輪をつけて作業する。また点火系ケーブルも点火薬側と接続する前にアースする。

この他にオペレーション訓練時にダミー点火薬を用い、リハーサルを行ない、取り扱い時の安全を確認している。

以上のような対策を施して作業をした。不確定な要素の多い静電気の事なので、これと言った決め手がないが、できる限り帯電を除去し、事故の起こらぬように努め、点火系ケーブルに触れる場合に特に注意して作業した。静電電圧計を使って開梱時にロケット点火薬の帯電を調べたが、帯電はなく、また帯電防止アノラックを着用し、摩擦帯電（200～400V）させ、導電靴、腕輪、アースマットの効果を調べたが有効である事が確認された。

2) 電氣的誘導対策

今回はロケット搬入後は、組み立て調整室での電力の使用を禁止した。

3) 搭載機器のスイッチ投入、切り換え回路は IG 系統と完全に分離、相互干渉をさけた。

4) 点火器の装着は、ロケット発射2時間半前、打ち上げオペレーション開始直前に行なう。

5) ロケット輸送および組み立て作業中、ロケットまたは点火器に衝撃を与えぬよう極力注意する。

6) 火災防止、消火装置の整備、建物の周囲、発射点付近の環境整備。

7) ロケット発射時、総員退避の確認。

5.5.2. 飛しょう保安 (flight safety)

南極においては、発射方向を含む広い方位角範囲に、もちろんのこと人家も船もない。ゆえにロケット発射後の保安は特に考慮する必要はない。しかし夏期間打ち上げる場合には「ふじ」の位置または「ふじ」のヘリコプターの飛行状況を一応確認しておく必要がある。

表 4(a) ロケット関係チェックシート (チェック No. 1~29)

ロケット型式 号機 S-160JA-

飛しょう年月日 昭和 年 月 日

実験主任	月日／
担当責任者	／
チェック者	／

番号	チェック項目	判定	月 日	チェック者	備考
1	ランチャー配線のチェック				
2	開梱時の点検 (イ)頭胴部, モータ部, 尾翼部の外観 (ロ)点火薬類の外観				
3	点火薬類の単体導通チェック				
4	点火薬の増締め				
5	〃 ネジ合せ				
6	モータの叩音検査				
7	推進薬の内面検査				
8	尾翼精度検査				
9	推進薬温度測定用温度計取付				
10	頭胴部とモータ部仮組付				
11	ランチャー通し (イ)スリッパとストッパーの位置関係確認 (ロ)ランチャー配線とロケットの 〃				
12	頭胴部組付 (イ)各計器の取付ビス締付確認 (ロ)プローブ後端の盲ブタ 〃 (ハ)プローブアンテナケーブルのビス止め確認 (ニ)プローブ締付確認 (ホ)ノーズコーンと計器胴部の結合ビス締付 (16ヶ) (ヘ)観測窓及び取付ビスのチェック				
13	頭胴部組立後の外観				
14	点火薬装填 (イ)シリカゲル除去確認 (ロ)Oリング取付 〃 (ハ)レッドプレート塗布 〃 (ニ)点火薬締付, 隙間チェック (3/100mm以下) サーチャー				
15	点火薬装填後の導通チェック				
16	IG リード線短絡処理確認				
17	頭胴部とモータ部結合ビス締付確認 (16ヶ)				
18	ランチャー乗せ				
19	ロケット用止めバンド取付				
20	〔タイムスケジュール入り〕 ↓ ランチャー発射点に (走行台車位置及び) セット (ストッパー確認)				

番号	チェック項目	判定	月 日	チェック者	備考
	(i)方位角指示及びセット (r)方位角用ストッパーセット確認 管制盤チェック				
21	点火玉用意及び点火玉作動確認				
22	薬温測定 (シリカゲル除去, クロジャー固定 チェック)				
23	点火系結線及び導通チェック (第1回)				
24	上下角セット (i)上下角指示及びセット (r)上下角用ストッパーセット確認				
25	ロケットバンド外し				
26	IG ケーブル接続 第0中間 S.W. on				
27	最終導通抵抗測定				
28	第 1, 2 中間 S.W. off } 確認→リード線持参 管制盤リセット				
29	IG ケーブル管制盤に接続				

表 4(b) 尾翼精度成績書 (チェック No. 8)

型 式				検査年月日	
号 機				検査員	

m : 尾翼間距離 (mm)
↑ : ランチャー位置

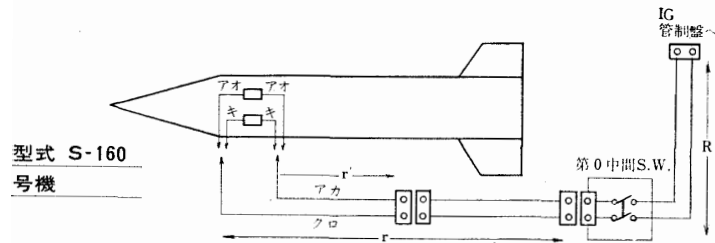
ステージ : _____

尾翼No.	1~2	2~3	3~4	4~1
前 部				
後 部				

ステージ : _____

尾翼No.	1~2	2~3	3~4	4~1
前 部				
後 部				

表 4(c) 点火薬類データシート



1. ランチャー及び母線抵抗値 (チェックNo.1)

種 別	測 定 値	点火玉による確認
r' (ランチャー配線のみ)	Ω	アオーアオ _____
r (IG-第0中間S.W.)	Ω	キーキ _____
R (点火母線抵抗)	Ω	アオ・キーアオ・キ _____
絶縁 (ランチャー本体)		結果 良, 否 _____

2. 点火薬導通抵抗値 (チェックNo.3, 15)

名称及びNo.	リード線色別	開梱時、導通抵抗、絶縁			本体組付前導通CHECK		
		測定値	リード線抵抗	抵抗値	測定値	リード線抵抗	抵抗値
点火薬 No. _____	アオーアオ	—	—	Ω	—	= ①	Ω
	キーキ	—	—	Ω	—	= ②	Ω
	アオ・キ アオ・キ	/			—	= ③	Ω
	絶縁(線間)				/		
	絶縁(ボディー)						

3. タイムスケジュール内導通抵抗値 (チェックNo.23)

色 別	測 定 値	リード線抵抗(r)	IG抵抗値
アオーアオ	—	—	= ① Ω
キーキ	—	—	= ② Ω
アオ・キーアオ・キ(最終)	④	—	= ③ Ω
絶縁(ボディー)	—	—	—

4. 点火母線抵抗値 (R) 測定 Ω ⑤: 最終抵抗値(報告)

5. 最終導通抵抗測定 (チェックNo.27)	測 定 値	リード線抵抗(R)	導通抵抗値
	⑤	—	= ④ Ω

5.5.3. ロケット関係チェックシート

ロケットがコンテナから開梱され、組み立てられて、発射するまでのすべての作業が順序通り確実に間違いなく行なわれるよう表4に示されるチェックシートを作製した。実際の作業もチェックシート通り行なわれ、その作業内容は作業担当者およびチェック者（共同作業）によりチェックされ、最後に実験主任により承認されて、はじめてロケット発射が行なわれる。

5.6. ロケット発射オペレーション・タイムスケジュール表

ロケット点火系統、レーダーおよびロケット搭載機器系統、共同地上観測、風による影響

表 5 S-160JA1, 2 号機タイムスケジュール

Y 日 (打上げ日): 昭和45年 2 月 日

R 地域内は, 打上げ担当隊員以外立入禁止

砕氷艦ふじ	X-分	基地(Main base)	ロケット・ランチャー	RT 室 (本 部)
「ふじ」現在位置及び 航空機飛行状況報告	2:00	<ul style="list-style-type: none"> 関係者以外 R 地域より退避 監視保安要員配置 パイロットバルーン上げ 	<ul style="list-style-type: none"> ランチャー運搬 ランチャー発射点にセット (方位角指示) ランチャーアース確認 トランスポンダ, PI 電源 用リード結線 芦田隊員退避 点火玉用意 	<ul style="list-style-type: none"> 動作チェック用意 動作チェック 管制盤 X マークチェック (エマージェンシースト ップ確認)
	1:00	<ul style="list-style-type: none"> ドブソン 2 重分光 計観測 	<ul style="list-style-type: none"> 1:20 薬温測定 ランチャー上 IG 結線及び 第 1 回導通テスト 1:00 ランチャー角度セット 動作チェック用意 動作チェック :40 ロケットバンドはずし IG 第 0 中間スイッチ off 確認 中間端子箱に IG ケーブル接続 IG 管制盤接続コネクター off 及びショート確認 :30 第 0 中間スイッチ on 伊東, 鮎川隊員退避 総員退避確認 第 2 回導通抵抗テスト :15 IG 抵抗値報告 第 1, 第 2 中間スイッチ off 確認 管制盤コネクター接続 点火回路準備 ① 点火電源 on ② 点火電源電圧チェック ③ 第 1 中間スイッチ on ④ Main リレー, 第 2 中間 スイッチ off 確認 ⑤ 第 2 中間スイッチでの導 通チェック :07 搭載機器スイッチ on :03 受信確認 :02 発射準備完了 :01 キースイッチ on :00 コントローラスタート 	<ul style="list-style-type: none"> 発 射
	×			
	+10	<ul style="list-style-type: none"> ドブソン 2 重分光計観測 		<ul style="list-style-type: none"> 監視保安要員状況報告
	+20	<ul style="list-style-type: none"> ロケット実験終了 		<ul style="list-style-type: none"> 発射管制装置リセット

（補正角算定）および保安対策などのロケット発射実験に必要なすべての要素を考慮し、また前後4回（点火系統およびレーダー系統、各2回）のオペレーション訓練の結果に基づいて、表5に示すS-160JA 1, 2号機タイムスケジュールが最終的に決定された。

5.7. ロケット発射オペレーション時の人員配置

担 当	役 目	担当隊員
実 験 主 任	実験総括	平沢
指 令 者	実験進行・スピーカー放送	平沢・途中より鮎川に交替
管 制 盤 担 当	管制盤操作	川口・途中より伊東に交替
ロケット本体担当	ランチャーセット・IG 系統結線	伊東・鮎川
搭載機器担当	PI 結線・動作チェック	芦田
レーダー担当	レーダー操作・観測データ記録	大野・芦田・福西
気 象 担 当	補正角算定・気象状況監視	川口
監 視 ・ 保 安	監視・状況報告	白壁・鎌田

5.8. ロケット発射オペレーション

a) ダミーロケットを使用してのオペレーション訓練

飛しょう実験と全く同じに行ない、タイムスケジュールの確認、風補正、他の関連部署との連系も確認する。なおロケットには、ダミー点火薬を装てんし、静電誘導などに対する取り扱い時の安全確認も併せて行なった。

b) 実機を用いてのオペレーション訓練

すべての準備が整い、2月5日S-160JA1 実機（イグナイターのみ装てんせず）を用いて最終リハーサルを行なう。すべて予定通り進行、搭載器機の電波テストも良好。成功裏にリハーサル終る。

6. ロケット発射実験

天候の悪化、レーダー装置の不調などで延期されていた第1号機の発射も、2月10日15時30分に行なわれ、完全な成功をおさめた。続いて2月17日15時10分、第2号機の発射が行なわれて、夏期のロケットオペレーションは成功裏に終了した。

6.1. S-160JA 型ロケット諸元

型 式 S-160JA

機 数 2

全 長	3,890 mm	搭 載 計 器	電子密度観測器, オゾン観測器, レーダートランスポンダ
全 重 量	約 113kg		
推進薬重量	約 64kg	モーター性能	最大推力 1,660kg
搭載計器重量	約 5.4kg	燃焼時間	12.7 s

6.2. S-160JA1, 2 の発射

昭和45年2月10日13時50分, すべての準備が整い, 第1号機の打ち上げオペレーションに入る. オペレーションはタイムスケジュール通り, 順調に進められ, 15時27分発射準備完了, 29分コントローラースタート, 秒読みに入る. 5, 4, 3, 2, 1, 15時30分, ロケットは轟音を残し, 紅色の炎を吹き出しながら南極の空, 雲の中に吸い込まれていった. 発射10秒後, レーダーはロケットをトラッキングし, ロケットの軌道要素およびPPM 変調で送られてくる観測データも正常に受信された. 4分30秒後, ロケットが全飛しょうを終え, 基地の西南西約88km の海氷上に落下するのを確認し, オペレーションは終了した. 2月17日13時30分, 第2号機打ち上げオペレーションに入る. オペレーションは予定通り進行, 15時10分, JA 2号機発射.

a) S-160JA 1, 2 の飛しょう (軌道) 結果

項目	S-160JA1	S-160JA2	項目	S-160JA1	S-160JA2
飛しょう年月日	S 45.2.10	S 45.2.17	上下角 (設定角)	75°	79°
飛しょう時間	15:30 (LT)	15:10 (LT)	方位角 (")	240°	240°
発射時(地上)気温	0°C	-3.5°C	最大到達高度 (時間)	86.9km (2'14")	87.6km (2'18")
湿度	80%	56%	水平到達距離	88km	91km
風速	4.0m/s	0.2m/s	全飛しょう時間	4'30"	4'38"
風向	50°	50°	落下点方位	253°31'	241°34'
推進薬温度	+1°C	-1.5°C	観測項目	オゾン・電子密度	電子密度

各号機の飛しょう線および推定落下点を図10および図11に示す.

b) ランチャー設定角, レーダー待ち受け角

前章 (5.4. に述べたごとく, ロケットは風の影響を受け, その風向, 風速により飛しょう方向を変える. 従って, それに応じたランチャー設定角, レーダー待ち受け角を決定しなければならない. 各号機のそれらの資料を示す.

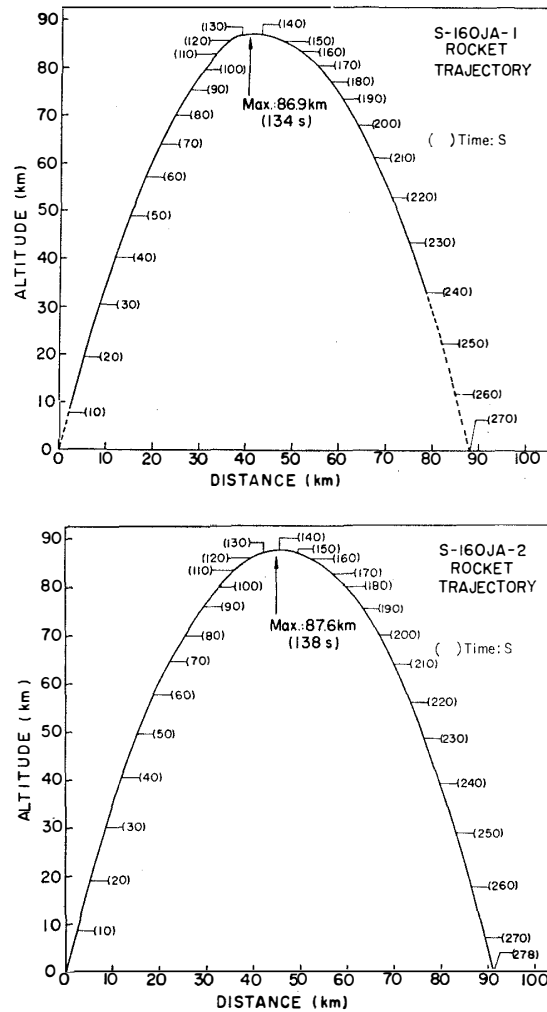


図 10 S-160JA1, 2 飛しょう軌道図

	発射想定角	風による補正角	ランチャー設定角	レーダー待ち受け角	レーダートラッキング角
1 号機	高度角 82°	-7°	75°	75°	74.23° (12 s 後)
	方位角 252°	-12°	240°	249°	255.38°
2 号機	高度角 82°	-3°	79°	75°	73.57° (10 s 後)
	方位角 246°	-6°	240°	240°	245.80°

7. ロケット観測結果

今回のロケット観測の結果の詳細については, Report of Ionosphere and Space Research in Japan, Vol. 24, No. 3, 1970 に報告されている. 参照されたい.

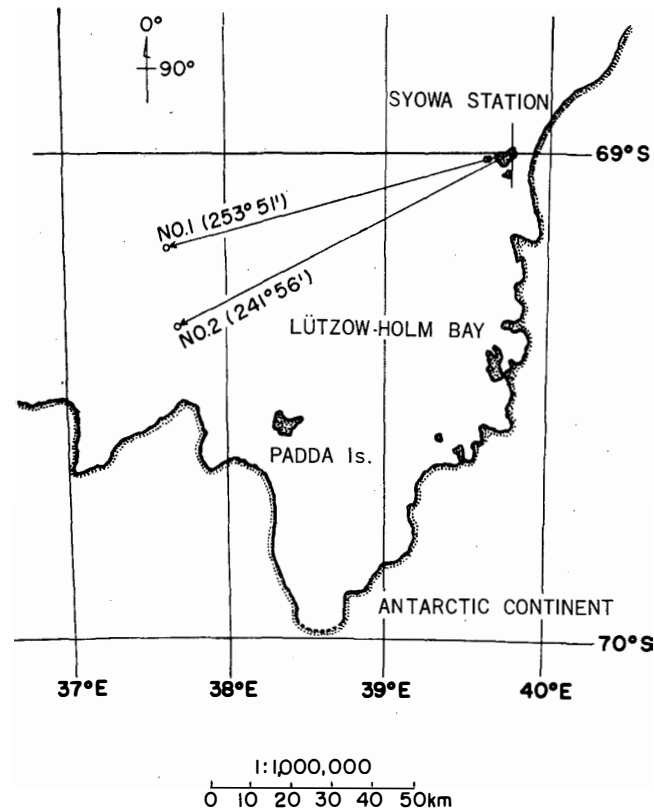
S-160JA-1, 2. LANDING POINT

図 11 S-160JA1, 2 落下推定点

7.1. 電子密度観測

a) 観測の目的

昭和基地が位置するオーロラ帯では、中低緯度地域とは異なり、多数の荷電粒子（オーロラ粒子）の侵入が低域電離層までおよび、粒子による多量の電離が起こされていると考えられる。実験にさいしては、地上の電離層観測（垂直打ち上げ）および 10, 20, 30, 40, 70MHz のリオメーターの観測が同時に行なわれる。ロケット搭載機器で得られる直接観測データは、それらの結果と組み合って極地方の低域電離層に関する貴重な資料となる。

b) 観測装置

この装置はプローグ固定電圧方式（ラングミュアー・プローグ）である（図 12）。このロケットの頭胴部コーンは fiber reinforced plastics で作られているので先端部のみを金属製とし、金メッキを施こして、プローグとして使用している。長さ 200mm、底面の直径は 74mm で円錐とした場合より先端は 4mm 短くなっている。表面積は 251.75cm² である。プローグには、電子を捕そくするためにプラスの固定電圧（+2.68V）が加えられている。捕そくされた電子は、その量に応じたプローグ電流として回路を流れる。電流は入力抵抗に

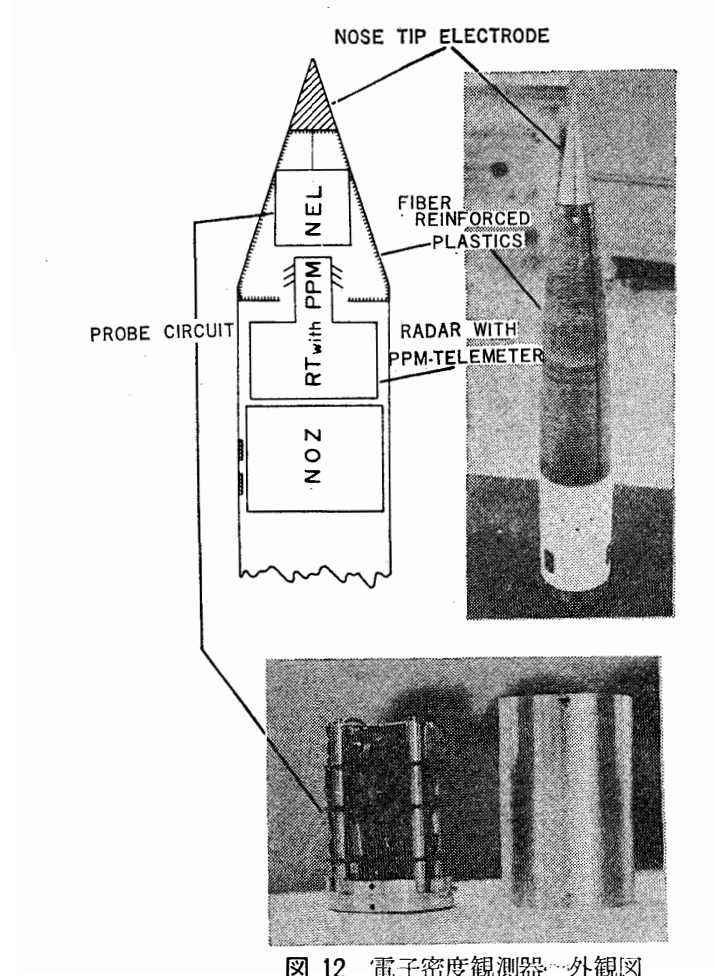


図 12 電子密度観測器…外観図

より，アナログ電圧に変換され，operational amp. (26 dB) で増幅され，テレメーターされる．入力抵抗は $270\text{ k}\Omega$ と $3\text{ M}\Omega$ とし，一秒毎に切り換えられ，低感度，高感度出力を

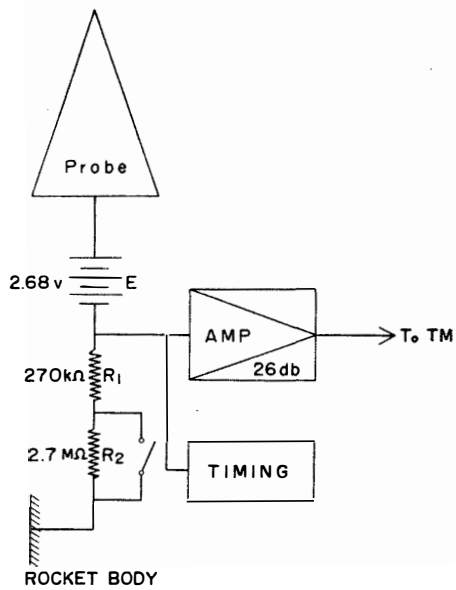


図 13 電子密度観測器 ブロックダイヤグラム

表 6 ロケット打ち上げ時の太陽高度，地磁気変動および電離層の状態

Rocket No.	Date and time of rocket launching	Solar zenith angle	Magnetic condition	Sporadic-E activity at the time of rocket launching (no X-ray burst)		
				fE_s (MHz)	$h'E_s$ (km)	$N E_s$ (ele/cm ⁻³)
S-160JA1	Feb. 10, 1970 1530 (45°EMT)	61°	Quiet	3.3	120	1.35×10^5
S-160JA2	Feb. 17, 1970 1510 (45°EMT)	61.5°	Positive bay	4.7	105.5	2.49×10^5

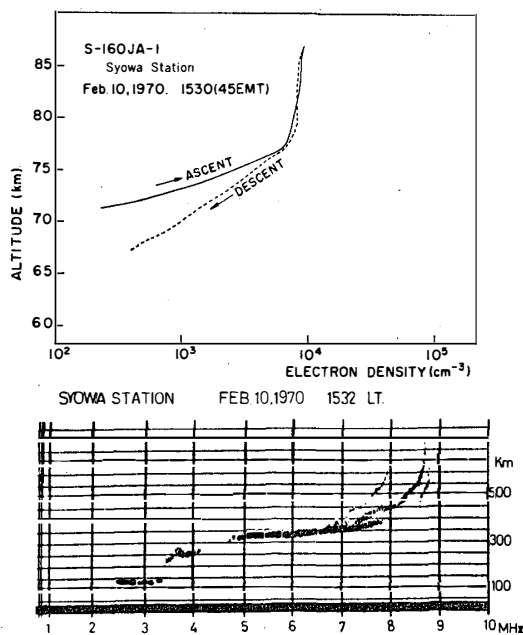


図 14 S-160JA1 による電子密度高度分布およびアイオノ・グラム

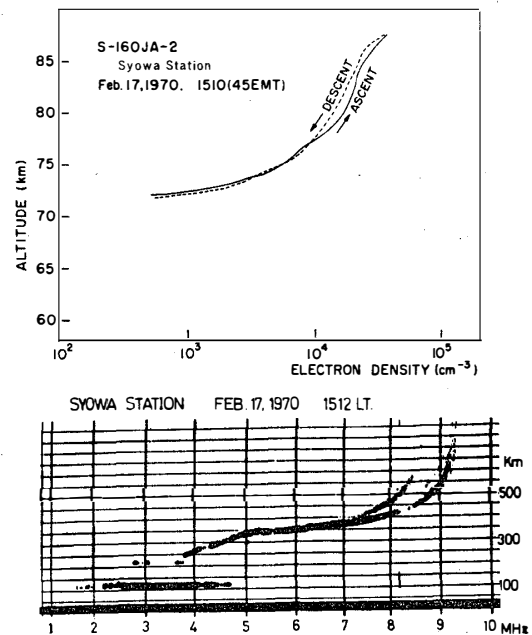


図 15 S-160JA2 による電子密度高度分布およびアイオノ・グラム

得る．なお飛しょう中の calibration として，10秒に1回，0 V と 0.8 V の較正比較が記録される（図13）．

c) 観測結果

S-160JA1, 2 の発射時における太陽高度，地磁気変動および電離層の状態を表6に示す．また図14および図15に今回のロケット飛しょう実験で得られた電離層下部領域の電子密度分布を示す．この観測の精度は，相対的には数パーセント，絶対精度は数十パーセント程度である．

表6からわかるように，JA1 と JA2 はほとんど同じ太陽高度角の時に発射されたが，JA1 は地磁気静穏時，JA2 は positive bay 現象時と地磁気じょう乱の程度が異なっている．JA1 と JA2 で得られた2つの電子密度分布の間には，高度 78~87km の間で約 3×10^3

$\sim 2 \times 10^4$ electron/cm⁻³ 程度の差が認められるが、これは positive bay 現象時に侵入する極光粒子による電離と考えれば説明がつく (HIRASAWA *et al.*, 1970).

7.2. オゾン観測

a) 観測の目的

高度 50~90km の超高層大気では、太陽紫外放射による酸素の光電離にともない、化学反応が盛んに行なわれ、超高層物理や高層気候学上きわめて興味ある対象である。オゾンは高層での化学反応や熱収支、あるいは気候学上重要な大気成分であり、その量は中間圏大気量の 1 万分の 1 以下という微量ではあるが、その領域を支配する活性物質のうちで極めて興味ある観測対象となっている。

極地域では、太陽紫外放射以外に極光に伴った荷電粒子の流入があり、これによる中間圏大気の変成や、低域電離層の諸現象との関連において、オゾンを観測することも今回の実験の一つの目的である。

b) 装置

観測器は S-160JA の平行部に取り付けられ、検出器は側壁の 6 個の水晶窓から太陽放射を取り入れるようになっている (図 16)。このうち 3 個は 2550Å、他 3 個は 4500Å 付近の中心波長で測定する。後者はロケット姿勢変化による光量変化を補正するための controller の役目をする (4500Å ではオゾン吸収はほとんどない)。また同一の検出器を 3 個ずつ付けた

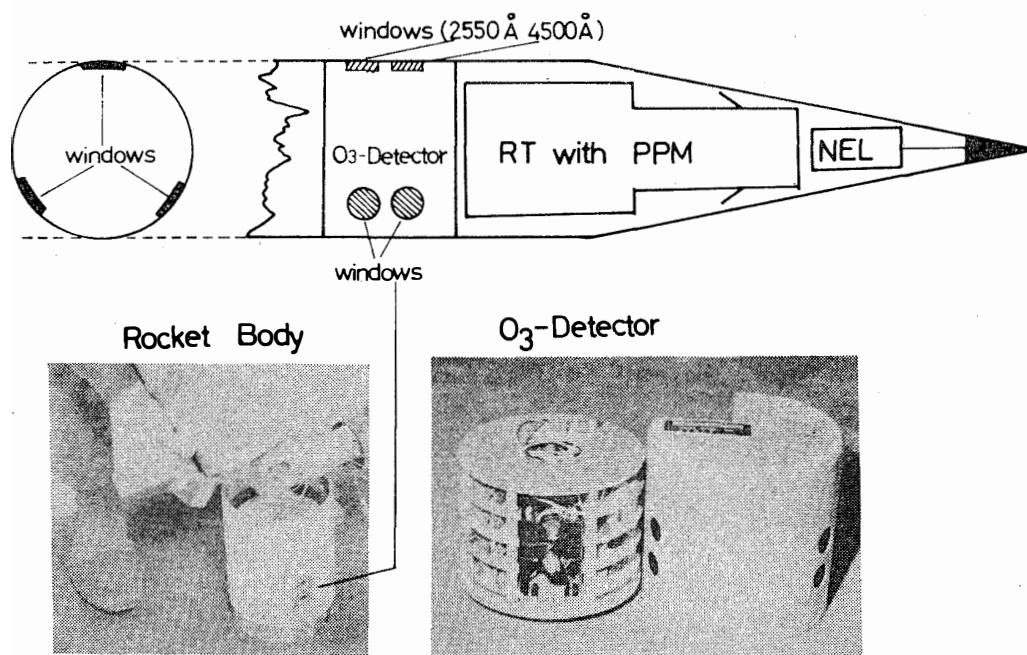


図 16 オゾン観測器 外観図

のは、S-160JA のスピンの小さいのでロケットスピンのいかににかかわらず、データが得られるようにしたためである。

検出器は干渉フィルター（半値幅約100Å）と特殊光電管（R 404）からできており，光電流は，FET 入力直流増幅器で増幅されて，PPM 入力として加えられるが，使用できるテレメーターチャンネルが1chに制限されているので各色3個の出力は和として合成されたものを各色約1秒ずつ交互に送信される（図17）。3個の検出器は互いに120°に配置されているので信号が重複するおそれはない。

c) 観測結果

オゾン観測装置は1号機は正常に動作し，電子密度観測と同様，中間圏大気中のオゾン量の観測に成功したが，2号機はレーダートランスポンダのPPM変調器不調のため，観測を残念ながら断念した。第1号機による観測結果を図18に示す。

この結果により

- i) 高度40km以上の領域では，オゾン密度の減少は次の関係式で示される。

$$N(O_3, z) = N(O_3, 40\text{km}) e^{-(z-40)/5.1}$$

z : 高度 (km), $N(O_3)$: オゾン密度 (cm^{-3})

- ii) 地磁気静穏時の極地域のオゾン密度高度分布は，中低緯度のものと本質的な差はない (HIRASAWA *et al.*, 1970).

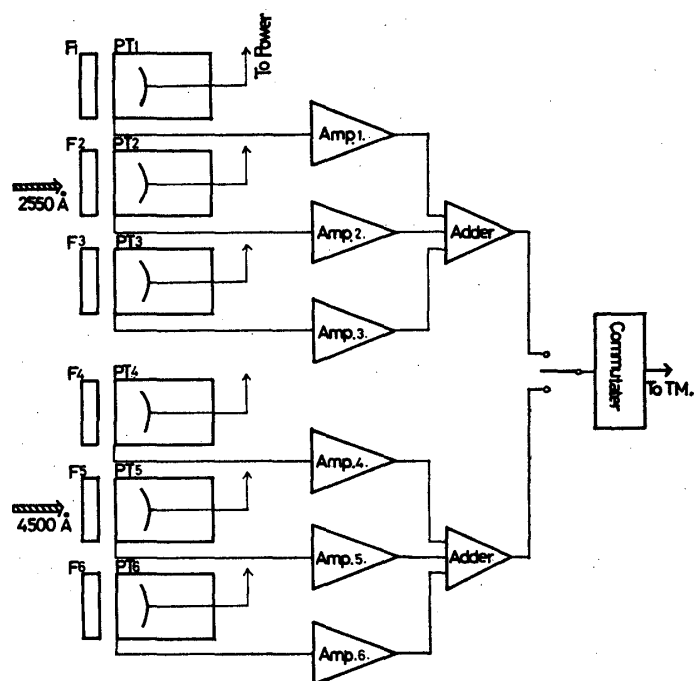


図 17 オゾン観測器 ブロックダイアグラム

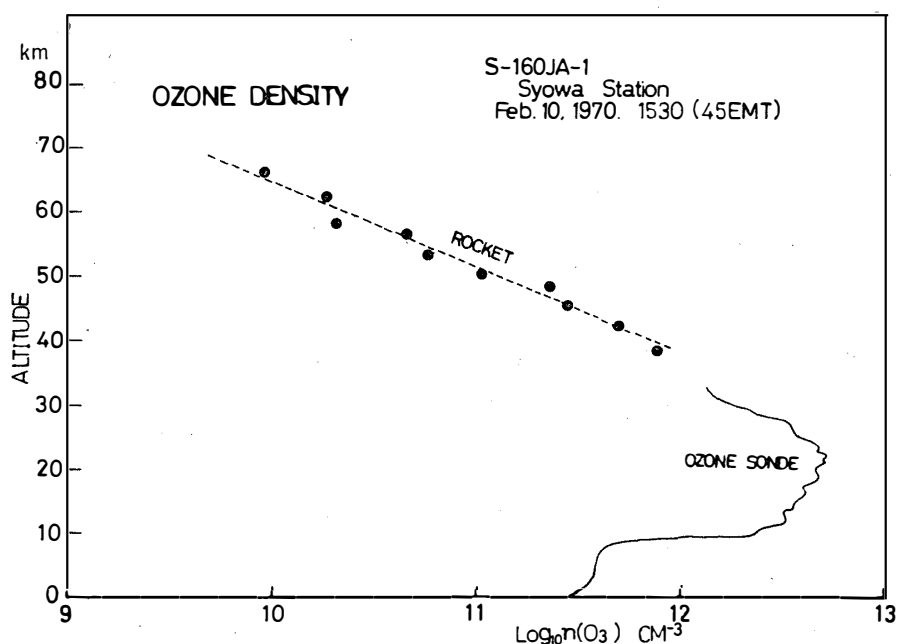


図 18 S-160JA1 によるオゾン密度高度分布

8. む す び

オーロラのなぞを解くロケット観測のための恒久発射設備建設，それに続く S-160JA 型ロケット 2 機のテストフライトという大きな任務を持って，夏期のオペレーションを行なった。このため輸送，建設，ロケット発射オペレーションのあらゆることに関して，ロケット担当隊員を中心に真剣に討議され，工夫され，細部にわたる計画案がつくられた。基地においては，この計画案に基づいて作業は順調に行なわれ，最後には所期以上の成果を得て，オペレーションを終ることができた。

まだまだ設置，建設などに改良しなければならぬ問題が多く残されているが，今後の各隊により漸次整備され，南極の空高く多くのロケットが打ち上げられ，大いなる成果が得られることを心から願いこの報告を終る。

最後に今回のロケット発射オペレーションは，かなり困難なものであったが，これを幸いに成功裏に終わらせることができたのは，隊長以下第 11 次隊員ならびに艦長以下「ふじ」乗組員のかたがたの暖かいご支援のたまものであり，深く感謝の意を表します。

文 献

EATHER, R. H. and K. M. BURROWS (1966): Excitation and ionization by auroral protons. Aust. J.

Phys., **19**, 309-22.

HIRASAWA, T., T. NAGATA, S. KAWAGUCHI and K. HIRAO (1970): Rocket observations of electron density of the daytime ionosphere at Syowa Station, Antarctica. Rep. Ionos. Space Res. Japan, **24**, 237-243.

HIRASAWA, T., T. TOHMATSU, T. NAGATA and S. KAWAGUCHI (1970): Rocket measurement of atmospheric ozone density at Syowa Station, Antarctica. Rep. Ionos. Space Res. Japan, **24**, 244-246.

KAMIYAMA, H. (1967): The electron density distribution in the lower ionosphere produced through impact ionization by precipitating electrons and through photoionization by the associated bremsstrahlung X-ray. J. Geomag. Geoelect., **19**, 27-47.

NAGATA, T., T. TOHMATSU and T. OGAWA (1970): Sounding rocket measurement of atmospheric ozone density, 1965-70. Presented at COSPAR, Leningrad.

SMITH, L. G. (1964): Langmuir probes for measurements in the ionosphere. COSPAR Inf. Bull., **17**, 2-32.

SMITH, L. G. (1966): Rocket observations of sporadic-E and related features of the E-region. Radio Sci., **1**, 178-186.

TOHMATSU, T. (1969): Solar radiation detector system for meso-turbosphere ozone density measurement. Small Rocket Instrum. Tech., North-Holland, Amsterdam, 195.

第11次南極地域観測隊ロケット部門(1969): 南極用ロケット S-160-JA 実験計画書. 31pp.

(1970年11月25日受理)