

南極におけるロケット飛しょう実験報告

—1970年～1973年—

鮎川 勝*・平沢威男*・国分 征**・大瀬正美***

Report of the Sounding Rocket Experiment at Syowa Station, 1970-1973

Masaru AYUKAWA*, Takeo HIRASAWA*, Susumu KOKUBUN** and Masami Ose***

Abstract: The rocket launching facilities were inaugurated in 1969 and completed in 1971 at Syowa Station (60°00'S, 39°35'E: geomagnetic lat. 69.6° S, long. 77.1°E). In the rocket range, about 500 m south-west of the main base of Syowa, there are three buildings, namely a propellant magazine (10.4 × 6.0 m), a radar-telemeter hut (14.4 × 6 m) and an assembly shop (12 × 7.6 m) connected with a turntable. A turntable (8 m in diameter) in the center of the launching platform is at the same level as the floor of the assembly shop. A rocket carriage can be moved on rails from the assembly shop onto the launching turntable. Rotation of the turntable and movement of the launcher are remote-controlled. An iron-grating box covered with a vinyl sheet is attached to the launcher for keeping the rocket warm. The box is air-conditioned. The rocket is assembled and tested in the assembly shop and transferred to the turntable. The whole launching system is capable of firing a rocket with a diameter up to 350 mm.

A radar-telemeter system and the igniter and timer controllers are installed in the radar-telemeter hut. A radar-tracking system with a power of 10 kW is used to measure the azimuth angle, the elevation angle, and the direct range, as well as to record telemeter signals in two channels transmitted by PPM modulation. The receiving frequency of the telemeter system is 290 MHz and the data in 12 channels is recorded. The control system consists of an ignition controller, a timer controller, and a probe controller. These control systems were designed to be operated by a limited number of technicians.

There are two types of single-stage sounding rockets, S-160JA and S-210 JA. Their specifications are as follows:

* 国立極地研究所. National Institute of Polar Research, 9-10, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo.

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

*** 郵政省電波研究所. Radio Research Laboratories, Nukuikita-machi, Koganei-shi, Tokyo.

S-160JA type		S-210JA type	
Diameter	160 mm	Diameter	210 mm
Total length	3,890 mm	Total length	5,270 mm
Total weight	113 kg	Total weight	260 kg
Payload	5 kg	Payload	20 kg
Peak altitude	90 km	Peak altitude	130 km

Butadiene solid propellant is used from the viewpoint of low temperature characteristics. There is another type of rocket which will be used in the future; S-310JA type (payload 40 kg, peak altitude 220 km). These rockets were developed by the Institute of Space and Aeronautical Science, University of Tokyo.

In order to fire the rockets at the moment when auroral activities begin to show a drastic increase at the onset of an auroral substorm, some considerations were needed in the procedure of the firings in the Antarctic severe natural environment. As a result of many considerations and trainings, the rocket could be fired within one minute after the receiving of the introduction in the rocket launching.

The ground-based observations were consolidated at Syowa Station, assisting the direct measurements of physical quantities in auroras by means of the sounding rockets. The instruments to be used in the auroral observations are: all-sky camera (35 mm, every 10 s), auroral zenith photometer (4278 Å), multicolour geomagnetic meridian scanning photometers (4278, 5577, 6300 Å, $H\beta$), high sensitive TV camera and VHF auroral radar.

It was 10th February 1970 when the first launching of the sounding rocket was carried out at Syowa. Since then, four S-160JA type and nineteen S-210JA type rockets were flown during the period of the research program in 1970-1973. Objects of measurements were electron and ion densities, electric and magnetic fields, infrared and ultra-violet emissions, energetic particles, X-rays and radiowave in aurora. Through the successful rocket flights, the significant information to reveal the physical nature of auroras was obtained. The present paper mainly reports on the progress of the research program by means of sounding rockets at Syowa Station in 1970-1973 concerning the transportation, the construction and maintenance of the launching facilities, arrangements of the rocket firing and tracking and the obtained results of the rocket flights.

During the period of International Magnetospheric Study (IMS, 1976-1979), the rocket facilities will be reopened and more than twenty sounding rockets (S-310JA and S-210JA) are scheduled to be launched from Syowa Station.

1. はじめに

極地域の超高層物理現象であるオーロラの解明を目的として計画された昭和基地 (69°00' S, 39°35'E) における観測ロケット実験は、第11次観測隊 (1970年) による S-160 JA 型ロケット2基のテスト・フライトの成功に引き続いて、第12次隊 (1971年) から第14次隊 (1973年) までの3年間第1次長期計画として、本格的冬期の打ち上げ実験を実施した。

夜間の観測ロケット実験の初年度として出発した第12次隊ロケット班は、初めての夜間実験であり、その上、長いオーロラ待ちのスタンバイが必要と思われるので、その間、ロケット本体と観測計器類を冷やさないために、発射台上にドームを作り、内部を保温するという計画であった。しかし砕氷艦ふじ往路の長期ビセットと接岸不能のために、ドームを昭和基地に搬入することができなかった。その結果、予定を大幅に変更して、現地で走行台車ブーム上に保温槽を製作し、スタンバイの第1の問題点を解決した。実際の打ち上げ実験では、オーロラの活動が当初予想していたものより大きく下まわって低かったことから、ロケット発射のタイミングをつかむのに著しい困難があった。そのために、晴天暗夜は必ずスタンバイするという態勢をとり、ようやく夜間5基の S-210JA 型ロケット実験を終了させることができた。今になってみれば第12次隊ではよい条件のオーロラを求める余り、やや待ち過ぎたきらいがあったように思われる。

観測ロケット越冬実験2年次の第13次隊ロケット班は、第12次隊と同じく S-210JA 型ロケット6基と S-160JA 型1基を準備した。1972年2月11日15時00分00秒 (現地時間)、S-210JA-12号機の実験を皮切りに、次々に打ち上げられたロケット7基は、すべて正常な飛しょうをした。搭載観測計器は8号機の磁力計データの不良、および7号機のオーロラ可視光のレベルがスケールオーバーしてしまったことを除いては、すべて良好に作動した。一方、地上施設は、ロケット格納庫として推薬庫を建設、テレメーター装置には、復調装置を2チャンネル増加して、チャンネル数が IRIG, BAND# 9~#15までの7チャンネルとなり、その施設関係の充実を果たした。

第14次隊ロケット班は前次隊までと異なり、S-210JA 型ロケットのみ7基を準備した。7基のロケットは、宙空部会ロケット分科会の決定による第14次ロケット観測の4つの観測題目に、各々の目的・予算・技術的問題ほか、諸条件を考慮した上で基数を割り振った。地上装置は、テレメーター受信装置が5チャンネル増設され、12チャンネルのテレメーター受信装置に拡充、より密度の濃いデータの取得が可能となった。観測ロケット実験は、これまでの南極ロケット実験の経験を十分に吸収した上に、新たな創意工夫、慎重なる準備等によ

って順調な経過を果たした。S-210JA-13~19号機7基のロケット飛しょうはすべて正常であった。また、搭載計器は現地における判断で一部解析が困難と思われる点、感度設定の問題点を除いて、実験時の動作状態はすべて良好であった。

南極における観測ロケット実験は、S-160JA型ロケット4基、S-210JA型ロケット19基、合計23基の観測ロケットを打ち上げ、オーロラを解明していくうえでの貴重なデータの取得、南極ロケット実験オペレーション技術の取得ほか、多大な成果をあげて、第1次長期計画を成功裏に幕を閉じることができた。本報告書が再開時における諸準備の参考手引きになれば幸いである。なお、第11次隊ロケット観測の詳細に関しては、川口他(1971)を合せて参考にされたい。

2. ロケット班人員構成

2.1. 第11次隊ロケット班

実験総括 : 川口 貞男(極地研)
実験主任 : 平沢 威男()
ロケット : 伊東 弘二(日産)
レーダー : 芦田 成生(明星電気)
ロケット一般: 鮎川 勝(極地研), 白壁 弘保(松村組)

2.2. 第12次隊ロケット班

実験総括 : 小口 高(東大理)
実験主任 : 大瀬 正美(電波研)
ロケット : 竹内 徳男(日産)
テレメーター: 見城 正幸(国際電電)
レーダー : 古田 敬博(明星電気)

2.3. 第13次隊ロケット班

実験総括及び主任: 国分 征(東大理)
観測機器 : 宮崎 茂(電波研)
ロケット : 比留間 徳久(日産)
テレメーター: 平山 昭英(日本電気)
レーダー : 山崎 茂雄(明星電気)
ロケット一般: 上滝 実(電波研)

2.4. 第14次隊ロケット班

実験総括 : 平沢 威男 (極地研)
 実験主任 : 鮎川 勝 (")
 ロケット : 島野 邦雄 (日産)
 レーダー・観測機器 : 芦田 成生 (明星電気)
 テレメーター・共通計器 : 梶川 征毅 (日本電気)

3. 内地における準備および訓練経過

3.1. 第12次隊の経過

第12次隊ロケット班の準備は、3月11日(1970年)第1回のロケット部会が開かれ、観測項目、搭載計器等の具体的な検討がなされた。その後5月末までに、各機器とも発注・製作の段階に入り、ほぼ予定通り軌道にのった。6月下旬にはロケット担当隊員も決定し、7月末から本格的な物品調達および訓練が始まった。基地における建設作業や機器の取り扱い等については、担当隊員を中心に計画案を作成して準備を進めた。10月に入って総合的な環境テストを各号機について行った。また、頭胴部の組付、解体、電波テスト等を行い取扱いに

表 1 第12次隊観測ロケット計画表

Table 1. Research programs for 1971 by means of sounding rockets.

研究題目	観測項目(搭載計器)	観測担当者	使用ロケット号機
極光の電磁気学的性質の研究	水平線検知器 (HOR) 磁場 (MGF) 電場 (EF)	等松 隆夫 青山 巖 石川 晴治	S-210JA-1
	磁場 (MGR) 極光紫外線 (AUV) 極光電波雑音 (RNH)	青山 巖・国分 征 等松 隆夫 鎌田 哲夫	S-210JA-2
極光の動力学およびエネルギー収支の研究	オーロラX線 (SCI) 極光紫外線 (AUV) 水平線検知器 (HOR) 地磁気姿勢計 (GA)	小玉 正弘 等松 隆夫 等松 隆夫 青山 巖	S-210JA-3 S-210JA-4
極光のイオン化学的研究	電子密度・温度 (NEL・TEL) オゾン測定 (NNP-O ₃) 水平線検知器 (HOR)	宮崎 茂・大瀬正美 等松 隆夫 等松 隆夫	S-210JA-5 S-210JA-6
	電子密度 (NEL) オゾン測定 (NNP-O ₃)	宮崎 茂 等松 隆夫	S-160JA-3

習熟する訓練をした。Gテストは44~45G (h=80 mm) まで行い、最終チェックで異常は認められなかった。表1に観測計画を示す。

3.2. 第13次隊の経過

1971年3月宙空部会ロケット分科会において、第13次隊ロケットの観測テーマとして「極光に伴う下部電離層の電離源と電流」が決定され、観測項目の原案が作成された。この原案に基づき3月11日のロケット部会で、観測項目およびその組み合わせの実行案が作成され、引き続き行われた第1回設計会議にて、具体的な打ち合わせが始められた。4月5日には第2回設計会議、4月28日には最終確認会議がもたれ、ロケット本体および搭載計器の設計製作の段階に入った。設計の基本方針として、S-210全機とも集中電池にすることとした。また、このために生じた搭載計器管制グループの余裕を利用し、管制系のアンサーバックを新設することとした。ロケットに関しては共通計器の収容の容易さを考え、頭胴部を60mm伸すことになった。

ロケット担当隊員による物品調達、各種訓練は7月中旬より始められた。夏期には発射台上屋および推薬庫の建設が計画されていること、またロケット地上施設のほとんどすべては

表2 第13次隊観測ロケット計画表

Table 2. Research programs for 1972 by means of sounding rockets.

研究題目	観測項目(搭載計器)	観測担当者	使用ロケット号機
下部電離層の電流	磁場 (MGF) 極光可視光線 (AGL) 電子密度 (NEL)	青山 巖 金田 栄祐 宮崎 茂	S-210JA-7
	磁場 (MGC) 電子密度・温度 (NEL・TEL) 地磁気姿勢計 (GA)	国分 征 宮崎 茂 青山 巖	S-210JA-8
下部電離層の電離源	電子密度・温度 (NEL・TEL) オーロラX線 (SCI) 極光紫外線 (AUV) 地磁気姿勢計 (GA)	宮崎 茂 小玉 正弘 等松 隆夫 青山 巖	S-210JA-9 S-210JA-10
	電子密度 (NEL) 極光紫外線 (AUV) 極光可視光線 (AGL) 地磁気姿勢計 (GA)	宮崎 茂 等松 隆夫 金田 栄祐 青山 巖	S-210JA-11
下部電離層のイオン化学	正イオン組成測定 (CPI) 電子密度	畚野 信義 宮崎 茂	S-210JA-12
	電子密度	宮崎 茂	S-160JA-4

基地にあるものを使用することを考慮し、10回にわたる各種の訓練が行なわれた。表2に観測計画を示す。

3.3. 第14次隊の経過

南極観測ロケット実験第1次長期計画の最終年度に当たった第14次隊のロケット部門の予算は、S-210JA型ロケット1基増の7基、テレメーター受信装置5チャンネル増設、搭載観測機器平年なみを主骨としたものであった。第13次隊が出発してまもない、1971年12月21日、「第14次隊観測ロケット計画作成について」と題し、実際面で計画を練りあげる超高層専門委員会が開かれた。この会議において、第14次隊の観測ロケット実験実行計画の設計会議に至るまでの筋道が次の通りつけられた。

1) 観測ロケット実行計画案の作成（宙空部会超高層専門委）

内容：観測テーマ案作成

観測項目（搭載計器）案作成

組み合わせ（機数割当）案作成

各号機設計責任者選出

準備スケジュール案作成

2) 観測ロケット実行計画案の決定（宙空部会ロケット分科会）

内容：観測テーマ案の決定

観測項目案の決定

組み合わせ（機数割当）案決定

各号機設計責任者案の決定

3) 観測ロケット実行計画の決定（宙空部会・総合部会）

ロケット分科会から提出された実行計画案のチェック、承認とその最終決定。

以上の手続きを経て、第1回の設計会議が開催されたのは、1972年2月29日であった。第14次隊の観測ロケット設計の基本的な考え方は、ロケット本体に関しては、第13次隊と同様に頭胴部を60mm伸ばしたものにすること、観測項目（搭載計器）に関しては、一つの自然現象を集中的に捕え、キメの細かい観測をするために同一機種をなるべく多くすること、また、全く新しいユニークな号機を産み出すことなどであった。その結果、観測に関する計画は、表3の通り決定された。

ロケット担当隊員の物品調達、各種訓練等実際の活動は、1972年7月10日の第1回ロケット班全員集合から始められた。表4に14次隊ロケット部門の各種会議・訓練などの準備経過

を示す。

表 3 第14次隊観測ロケット計画表

Table 3. Research programs for 1973 by means of sounding rockets.

研究題目	観測項目(搭載計器)	観測担当者	使用ロケット号機
極光の励起機構	極光赤外線 (AIR)	等松 隆夫	S-210JA-13
	極光可視光線 (AVL)	金田 栄祐	S-210JA-14
	電 場 (AEF)	石川 晴治	S-210JA-15
	地磁気姿勢計 (GA)	青山 巖	
入射粒子と電離層の電離	オーロラX線 (SCI)	平沢 威男	S-210JA-16
	電子密度・温度 (NEL・TEL)	宮崎 茂	S-210JA-17
	地磁気姿勢計 (GA)	青山 巖	
極光の電場・電流	磁 場 (MGF)	青山 巖	S-210JA-18
	電 場 (AEF)	小川 俊雄	
	電子密度・温度 (NEL・TEL)	宮崎 茂	
	地磁気姿勢計 (GA)	青山 巖	
極光の電磁波	電波雑音 (RNW)	鎌田 哲夫	S-210JA-19

表 4 第14次隊各種会議・訓練などの経過

Table 4. Lists of the meetings and trainings on the stage of setting for the planning, making and test of the rockets.

日 時	項 目	内 容	場 所
1971年 12月21日	企画委員会宇宙部会超高層 専門委員会	ロケット実行計画作成方法 について	国立極地研究所
12月25日	第14次隊観測ロケット実験 希望調書締切	(第2回目募集)	〃
1972年 1月26日	観測実行計画作成	専門委員会から委託された 在京関係者(小玉, 等松, 平沢, 鮎川)	〃
2月 4日	企画委員会宇宙部会超高層 専門委員会	実行計画作成	〃
2月12日	企画委員会宇宙部会ロケッ ト分科会	実行計画作成決定, 承認	国立科学博物館
2月24日	企画委員会宇宙部会	実行計画作成決定, 承認	国立教育会館
2月29日	企画委員会宇宙部会超高層 専門委員会	第1回設計会議 S-210JA 7 基の具体的打合せ	国立科学博物館
3月17日	企画委員会総合部会および 総会	実行計画承認	国立教育会館
3月27日	企画委員会宇宙部会超高層 専門委員会	第2回設計会議 S-210JA 7 基の細部に渡る打合せ	国立科学博物館
4月26日	〃	第3回設計会議最終確認会 議	〃
6月26日	隊員発表		
7月10日	ロケット班集合	物品調達, 実行計画, 各種 訓練等実動開始	国立極地研究所
7月11日	観測船“ふじ”と打合せ	ロケット積込みに関するハ ッチ改造他	ふじ(浅野ドック)

日 時	項 目	内 容	場 所
7月21日	ロケット本体製作状況チェック, 打合せ	プリセッション問題打合せ	日産自動車 K.K.
7月24日	南極観測ロケット本部専門委員会	実行計画, 承認	文部省
8月 8~11日	ロケットオペレーション訓練	ロケット施設, 打上げ見学 11名参加	綾里気象ロケット 観測所
8月29日	搭載計器説明会	SCI, AUV, AIR (オーロラX線, 可視光, 赤外線)	国立極地研究所
9月 5日	搭載計器説明会	RNW (電波雑音)	〃
9月 6日午前	風計算説明会		東京大学 宇宙航空研究所
9月 6日午後	12次越冬隊現況報告会	テレメーター, レーダー地上装置の状況説明	国立極地研究所
9月 7日	搭載計器説明会	AEF (電場)	〃
9月11・12日	テレメーター装置 (送・受信), PI コントローラ取扱講習		日本電気 K.K.
9月13日	タイマー, タイマー管制盤および集中電源取扱講習		松下通信 K.K.
9月18~21日	計器合せ		日産自動車 K.K.
9月25日	N.C ダイナミックバランス	プリセッション問題に関連	相模原明石製作所
9月26日	搭載計器説明会	MGF (磁場)	国立極地研究所
9月27日~ 10月 7日	環境試験		東京大学 宇宙航空研究所
10月11日	搭載計器取扱講習	AIR, AVL (赤外線, 可視光)	松下技研 K.K.
10月14日	〃	MGF, GA (磁場, 姿勢計)	K.K. 測機舎
10月16・17日	レーダー取扱講習		明星電気 K.K.
10月30・31日	環境試験	#16, 17, 18 号機の再テスト, スピン, 脱頭, ANT 開頭テスト	東京大学 宇宙航空研究所
11月 7日	無線検査	レーダートランスポンダ, テレメーター送信機	明星電気 K.K.
11月13日	火薬取扱講習	火薬取扱訓練およびロケット本体検査	日産自動車 K.K.
11月20日	ロケット本体船積み	AM0500 日産川越工場発 0700晴海埠頭着	晴 海

4. 輸 送

第12次隊の輸送は、S-210JA 型 6 基を木箱梱包にして、“ふじ”の 2 番船艙右舷側に特別に取付架台を作製し、3 基ずつ 2 段に積み付け、その上部に頭胴部 (搭載機器組込済) 2 基分を 1 梱包とした 3 箱を積みあげた。直接、上部の荷重が下部に加わらぬよう 1 段毎に取り付け、金具で仕切りをつけた。

S-160 は第11次隊と同様メタルコンテナーに入れ、ヘリコプター格納庫の既設架台に積み付けた。

船艙内にロケットを積み付けて輸送するのは初の試みであるため、東京出港時から空輸を開始するまでロケット梱包箱の上側に自記温度計を取り付け、船艙内の温・湿度の連続測定を行った。気温は、 $0^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 、湿度は50~95%の範囲で変化した。火工品類は各号機別に梱包して、ふじの火薬庫に収納した。

1月後半から2月の空輸まで、2番船艙の気温が零度以下になることがあり、観測機器のトラブルを心配したが、低温による障害はなかった。2月中旬から空輸が開始されたが、ロケット本体、門型クレーン等の重量物や長尺物の空輸は3月に行われた。ふじが接岸不能のため発射台ドームの建設は出来なかった。テレメーターのアンテナ反射板が開梱しても寸法が大きくヘリコプター機内搭載が不能なため、ランクル自動車の荷台に乗せて一緒にスリングで空輸した。S-210の本体に小型衝撃計を1個取り付けて、輸送中の上下衝撃を測定した。陸送、空輸を含め、ほとんど2G以下であったが、ふじ甲板上の運搬時に17G位の衝撃を記録している。せまいハッチからのつり出しや甲板上での運搬のための衝撃と思われる。なお、S-210型コンテナは木箱であったが、ヘリコプター機内搭載のためにはこれが唯一の方法であったと思われる。

基地に空輸されたロケット本体は、組立調整室の北側約100mの露岩上に保管した。頭胴部については保温のため、第9居住棟前室に收容保管し、調整の段階でレーダーテレメーター室に人力で運搬した。火工品類はすべてコントロールセンターに格納し、ロケット調整の時、1基分ずつ組立調整室の保管用金庫に収納した。

第13次隊の輸送は、ほぼ12次隊と同様な輸送形式（積み込み場所・温度・湿度チェック他）をとったが、搭載計器については、12次隊が、すべてのロケットについて組はずし、再調整を行った実状にかんがみ、各各単体で輸送することにした。自動記録式加速度計の記録結果に依れば、艦内での移動運搬中に20G以上の加速度が記録された以外は、あまり大きな衝撃がロケットに加えられた形跡はない。なお、トラックおよびヘリコプター輸送中の記録は2~3G程度であった。温度に関してはほとんど12次隊のものと大差ない値が記録されている。昭和基地内では、1972年2月23日推薬庫の完成と同時にその中に保管した。しかし暖房装置がないため、室内温度は外気温度と同様 -35°C まで下がった。輸送・保管のすべてにおいてロケット自体には何等異常は認められなかった。

第14次隊のロケット本体、点火薬などの輸送は、積み込み場所、温度・湿度測定、衝撃測定ほか、全く従来と同様な方法で実施した。過去の経験により、ほとんど問題なく昭和基地推薬庫に搬入することができた。14次隊ではS-210JA型ロケットが従来に比して1

表 5 輸送中の衝撃値 (第14次隊の場合)

Table 5. Shocks on the rocket body in transit.

(単位G)

衝撃方向	前後方向				上下方向			
	15号機	16号機	*16号機	17号機	15号機	16号機	*16号機	17号機
ロケット号機								
トラック積込	0	3	0.5	3	2	2	1	6
陸送(トラック)	0	0.5	1	0	2	1	0.8	0
船艙積込	1	10	1.5	3	10	6	4	10
航海中	0	0	0	0	0	0	0	0.5
空輸積込	1	5	3	5	12	8	3	12
空輸中	0.5	3	3	1	2	3	2	2
空輸積み下ろし	9	5	2.5	8	16	25	9	7

1) * 印は衝撃計の測定範囲が最大 ±5G のものを使用, 他は, 最大 ±20G のものを使用した。

2) 表内の値は p-p で各時点最大値を示す。

表 6 ロケット本体関係梱包仕様概略

Table 6. Packing of the rocket body.

() 内は, Net 重量を示す

品名	数量	重量 kg (Net)	梱包容積	備考
ロケット本体	7 機	460 (220)	670(タテ)×685(ヨコ)×4200(ナガサ)	火薬表示あり
頭胴部	1梱包(7式)	308 (154)	915 ×1200 ×2000	
組立部品	1 式	76 (26)	350 ×1000 ×1100	
点火薬類	7 式	21 (2.2)	230 ×700 ×720	火薬類表示あり
点火薬類予備	1 式	20 (2.0)	230 ×700 ×720	"

注意: ロケット本体梱包箱の両側面に, 把手板 (厚さ 21mm) を設けたが, 空輸時, ヘリコプターの入口で当たってしまい搭載出来なかった。それゆえ, 梱包箱横寸法は, 最大 700mm と考えなければならない。

基増えたため, 増加1基分を“ふじ”のヘリコプター格納庫を改造して輸送した。輸送中に測定した環境条件は従来のものでほとんど同様な結果を得ている。表5に輸送中の衝撃値, 表6にロケット本体関係の梱包仕様概略を示す。

計器類の輸送については, 従来から, かなり問題があった。そのため, 梱包方法などについて種々の議論の結果, 14次隊としては, 13次隊に近い形ではあるが, 必要最小限の開梱によって, 一つのロケットが組み立て得るような梱包形式をとった。すなわち, 搭載計器を種類別梱包とせず, 各号機別に一梱包とし, 集中電源, テレメーター, レーダー, 姿勢計など共通計器類は種類別に梱包した。この方法は現地での作業をかなり能率の良いものにした。船内での保管場所は, 比較的動揺が少なく, 空調設備のある隊員寝室および重力観測室を使用した。昭和基地においては, 観測棟の隊員個室に保管して, 必要に応じてレーダーテレメ

ーター室に搬入する方法をとった。

5. ロケット地上施設の建設・拡充

ロケット地上施設は、第10次隊（1969年）による建物関係の建設から始まって年次毎充実の一途をたどってきた。第11次隊（1970年）までに完成されたものは、川口他（1971）で報告されている。ここでは、第12次隊以降の地上施設について建設年次別に記述する。

5.1. 第12次隊における施設拡充作業

5.1.1. アース設備

第12次隊では、初めての冬期間ロケット打ち上げということで、アースについて特に配慮が必要となった。第11次隊が湿地帯に埋設したアースは凍結して接地抵抗が高く使用不能となり（鮎川他，1971），冬季のロケット実験では危険性があることから，海面が凍結しない前に海中アースを埋設した。海中アースは，ロケット発射台から西側の海岸まで約160mを14SQの3相ケーブルで結び，海岸線から10m沖に1.5m平方の（厚さ0.3mm）銅板の4隅に銅線を半田付けして海底まで沈めた。ケーブルは鉄パイプに通して海岸線をわたした。年間を通じて10日毎に接地抵抗を測定したが，1オーム以下で充分効果のあることが確認できた。

5.1.2. テレメーター装置の設置

テレメーター装置はレーダーテレメーター室の東側に設置した（図1）。その主要性能諸元は次の通りである。

主要性能諸元

I) 受信機：受信周波数，290MHz 帯の1波。入力レベル範囲， $-106\text{dBm} \sim -60\text{dBm}$ 。雑音指数，4.5dB 以下。中間周波帯域幅，360kHz \sim 400kHz（ -3dB ）。出力レベル（基準出力），0.1Vrms/ch。

II) 復調器：測定チャンネル数，5チャンネル。信号弁別器中心周波数，7.35kHz，10.5kHz，14.5kHz，22.0kHz，30.0kHz。公称レスポンス（ -3dB ），110Hz（7.35kHz用），160Hz（10.5kHz用），220Hz（14.5kHz用），330Hz（22.0kHz用），450Hz（30.0kHz用）。出力直線性，フルスケール（6%）の3%以下。

III) 時刻信号発生器：ペンレコーダー，および電磁オシログラフの記録に添える時刻信号を飛ばしう時および再生時に出力信号として得るためのものであり，飛ばしう時においてはテープレコーダーに録音するための変調器を内蔵するものである。

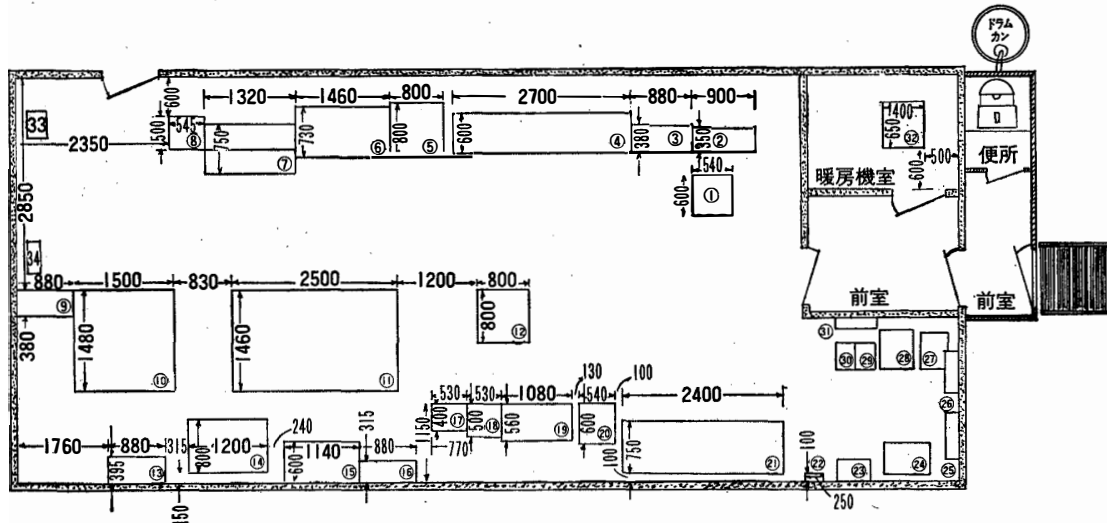


図 1 レーダーテレメーター室の室内平面図

Fig. 1. Layout of the radar telemeter hut.

- ①ロケット追尾レーダー用測定器ラック ②ネジ類他小物入れラック ③レーダー予備品付属品ケース
- ④ロケット追尾レーダー装置 ⑤レーダートランスポンダ, PI調整用機 ⑥指令卓
- ⑦イグナイター管制盤 ⑧タイマー管制盤 ⑨書類その他ケース
- ⑩⑪作業台 ⑫テレメーター, PI調整用機 ⑬整理用ケース
- ⑭真空試験装置 ⑮測定器用ラック ⑯PI 関係用ラック
- ⑰テレメーター用フォトコーダー ⑱PI 管制盤 ⑲テレメーター受信・記録装置
- ⑳テレメーターアンテナ駆動制御装置 ㉑一般用テーブル ㉒信号系ケーブル中継端子箱
- ㉓ロケット専用電話交換器 ㉔400/200V トランス ㉕配電盤 (A)
- ㉖配電盤 (B) ㉗200/100V トランス ㉘テレメーター装置用 AVR
- ㉙ロケット追尾用レーダー-AVR (A) ㉚ロケット追尾用レーダー-AVR (B) ㉛ロケット追尾レーダー用分電盤 (A) (B)
- ㉜RT室用暖房機 ㉝衝撃試験機
- ㉞事務机

IV) 記録装置等：テープ記録再生装置；録音方式，交流バイアス直接録音方式．テープ幅，1/4インチ．リール，最大10.5インチ．トラック数，4トラック．テープ速度，60IPS, 30IPS, 6IPS, 3IPS, 切換．周波数特性，300Hz~100kHz ±3dB (60IPS), 150Hz~50 kHz ±3dB (30IPS), 100Hz~10kHz ±3dB (6IPS), 100Hz~5kHz ±3dB (3IPS)．連続録音時間，約2時間半 (3IPS)．ペンレコーダー (三栄測器製，準カタログ品)；電磁オシログラフ記録装置 (横河電機製，準カタログ品)；交流自動電圧調整器．

テレメーターのアンテナはレーダーテレメーター室東側の丘の上に設置した (図2)．

5.1.3. 組立調整室内部の建設作業

組立調整室は第11次隊までほとんど未使用の建物だった．まず暖房機の取り付け配管を行い，室内の保温が出来るようにし，ついで電気配線を行った．工事は防爆型であるために相当の日数を要した．また，S-210 ロケットをランチャー上に設置するため，門型クレーンの

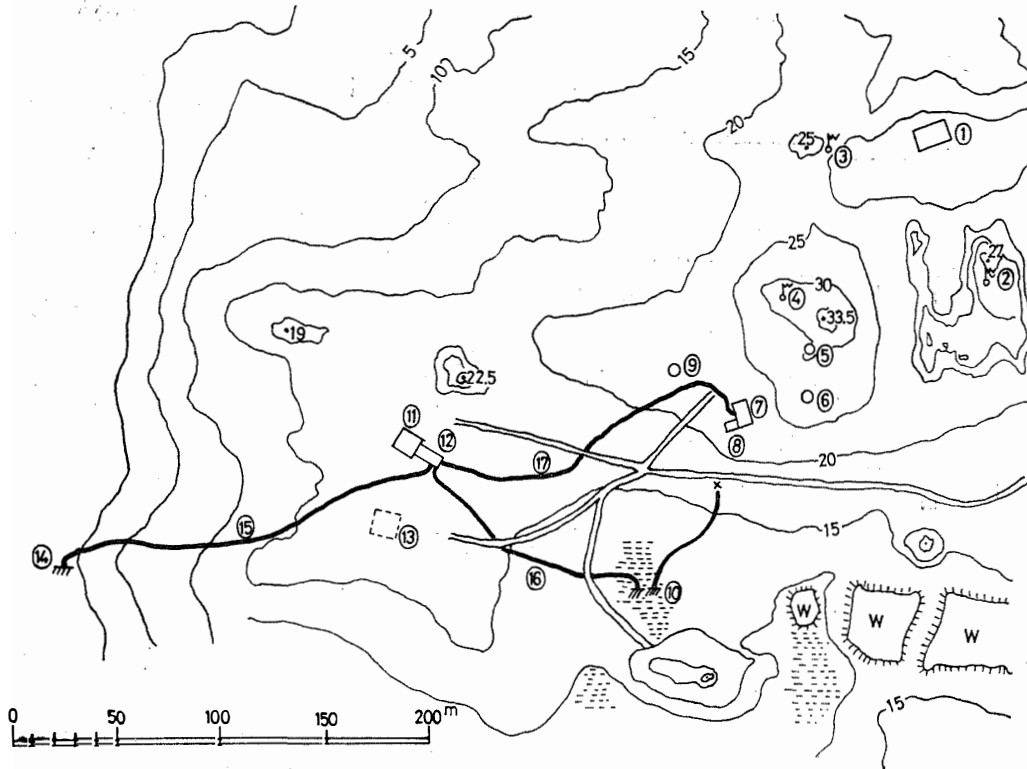


図2 ロケットセンター付近見取図

Fig. 2. Map of the rocket base at Syowa Station.

- | | | |
|-------------|----------------|----------------|
| ①倉庫 | ②, ③電離層観測用アンテナ | ④レーダー用ターゲットポール |
| ⑤風向風速計 | ⑥テレメーターアンテナ | ⑦RT室 |
| ⑧コントロールセンター | ⑨レーダーアンテナ | ⑩池アース |
| ⑪発射台 | ⑫組立調整室 | ⑬第2ヘリポート |
| ⑭海中アース | ⑮, ⑯, ⑰アースケーブル | |

取り付けを行った。天井近くまでブームを引き上げる作業は、張線器を使用して引き上げた。この建物のエプロンから直接地面におりられるように、エプロン北側へ階段を取り付けた。

5.1.4. レーダー・テレメーター室内作業

テレメーター受信装置、PI 管制盤、テレメーター・アンテナ駆動制御装置、タイマー管制盤、テレメーター装置、AVR 等を搬入設置し、前室の入口に前前室を取り付けた。タイマー管制盤とイグナイター管制盤のコネクションを行い、タイマー管制盤でも非常停止ができるように配線がえを行った。発射管制盤電源用電池の充電用チャージャーに容量不足があった。配線がえを行って、これを解決した。

5.1.5. ケーブル展張他、屋外作業

組立調整室とレーダーテレメーター室間の各種ケーブル展張に際して、低温のため、被覆がかたくなり作業はかなり困難であった。また、道路の埋め込み作業では、既に土地が凍結していたため、掘ることができず、実験終了後、12月に本格的なトレンチ埋め込みを行った。

テレメーター室北東側の丘にレーダー校正用ターゲットポール (10m), 風向風速計用ポール (5 m) を建設した。

5.1.6. 保温槽の試作

予定していたロケット発射ドームが建設不能になったため、スタンバイ中の搭載機器を低温より保護する対策として、保温槽の検討を行った。Lアングルを加工して、枠を作り、ランチャーブームの上側に着脱できるような保温槽 (Lアングルを1m角に溶接してランチャーの長さだけ作り、その周囲にビニールを張り、内部には暖房機のダクト末端から強制的に温風を送り込む) を試作したが、これは冬期実験中、非常に効果があった。

なお、この保温槽は、初め1m角で作り S-160JA-3号機の実験に使用したところ、フレームに若干のゆがみが出た。対策として、フレーム中間部に補強を施した。その結果、以後の実験では全く問題なく使用することができた。実際の打ち上げ時における保温槽内各部、および保温槽外の気温変化の例を図3に示す。

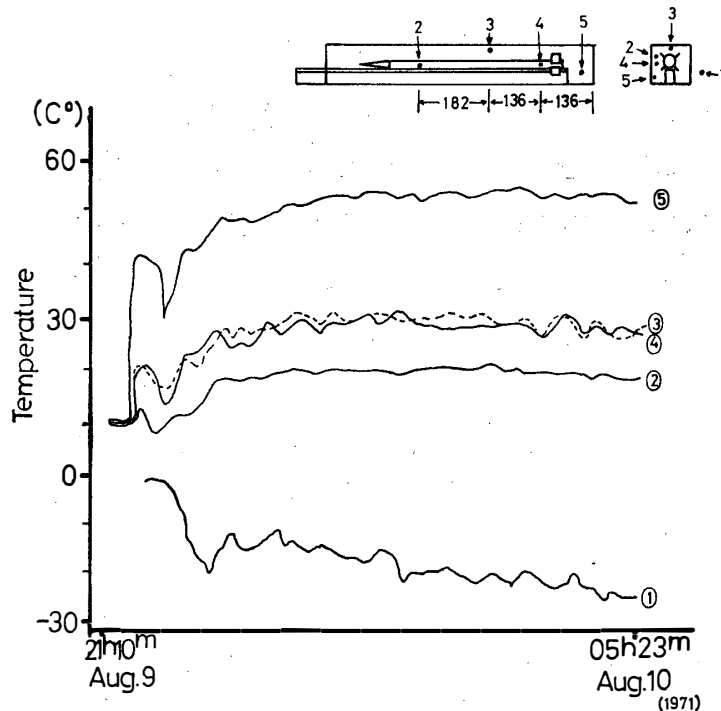


図3 ロケット保温槽内温度変化

Fig. 3. The air temperature variations in the heating cabin for the rocket.

5.2. 第13次隊における施設拡充作業

5.2.1. 推薬庫 (ロケット格納庫) の建設

1972年1月末までに推薬庫の基礎工事を終了し、2月23日に建物が完成した。

推薬庫の大きさは、内側で縦 10.4m、横 6.0m、高さ 2.9m の大きさで、S-310 型ロケットが二段重ねで約14基、S-210 型ロケットが三段重ねで約20基収納できる大きさである。推薬庫の引戸の大きさは幅2.4m、高さ 2.5mであり、入口前にはエプロン (4.2m×3.6m) を取り付け、ロケットの積み降ろしに容易なように便宜を計った。

推薬庫内には40ワット防爆型蛍光灯 1 個を上部に取り付け、屋外には外灯 1 個、差し込みソケット 1 個を取り付けた。また、静電気による火薬類取り扱い上の危険を防止するため、海から引いた接地アースを銅板に取付け、床上 1 m の高さに室内 2 箇所、室外 (入口) 1 箇所にタッチアース板を取付けた。

推薬庫内へのロケットの搬入出は、手動式ホークリフト (最大能力 500kg) 2 台により行った。

推薬庫からロケット組立調整室までのロケット運搬は 2 トン用クレーン車で行った。冬期においては推薬庫前方にかなりの積雪 (ドリフト) があり、ロケットの運搬は困難であった。将来は、モノレール、雪上クレーン車等によるロケット運搬設備が望まれる。

5.2.2. レーダー装置に関する作業

レーダーアンテナはレーダーテレメーター室の南西側の壁近くにあり、ドリフトが付きやすくロケット打ち上げ前に除雪しなければならなかった。また、90度方向はレーダーテレメーター室の影になり、この方向の追尾のとき、上下角が低くなると追尾しにくかった。このためレーダーアンテナをレーダーテレメーター室北西側の海拔25mの点に移設した。レーダー装置とレーダーアンテナ間の高周波ケーブル (23D-4A) は40mで、損失は 1.5dB であった。

なお、レーダーアンテナを移設したためアンテナ方位角を設定しなおした。ネスオイヤの基準点にラジオゾンデを置いて電気軸を合わせ、トランシットでの測定値に基づき方位角を設定した。アンテナからネスオイヤの基準点を見た方位角は、トランシットの測定値によると、 $348^{\circ} 54' 45''$ であった。

また、レーダー調整のためのターゲットを設置した。レーダーアンテナとターゲットとの距離は約 50m で、レーダーアンテナから見たターゲットの位置は方位角 40.10° 、上下角 13.55° である。

5.2.3. ケーブル敷設

レーダーの移設に伴うケーブルの敷設の他、以下に示すような作業を行った。

レーダーアンテナ制御用

レーダー信号用

敷設場所 レーダーアンテナ RT 室

敷設場所 レーダーアンテナ RT 室

長 さ 40m

本 数 4本

長 さ 60m

本 数 2本 (1本はチェック用)

温度測定用補しょう導線

(1) 敷設場所 組立調整室—RT室

長 さ 60m

本 数 3本

(2) 敷設場所 組立調整室—推薬庫

長 さ 100m

本 数 1本

アース線

敷設場所 組立調整室—推薬庫

長 さ 100m

本 数 1本

その他

RT室—組立調整室間のケーブルの整理ならびに RT—レーダーアンテナ間の道路にケーブル用橋げたの建設。

5.2.4. アース設置作業

ロケットの点火装置(火薬)は、静電気、迷走電流等により容易に発火する恐れがあり、不慮の爆発事故を誘引するため、第12次越冬隊のものに加えて、第13次越冬隊でも海水中に接地アースを埋設した。

接地アースは 40cm×30cm (厚さ 3cm) の銅板三枚を三角形に組み合わせ半田付けし、ケーブルを取り付け海底に沈めたものである。

ケーブルがタイドクラックの上下運動や、腐蝕等で断線した場合は、ロケットの火薬類取り扱い上危険になるので、月に3回(10日おき)接地抵抗値を測定したその結果は、一年間を通して、0.33~0.35Ωであり、ロケットの接地抵抗として非常に良好であることが確認された。

5.2.5. テレメーター装置の拡充

テレメーター装置は、第12次隊の設置した5チャンネルの受信装置に新たに復調器2チャンネルを追加して、7チャンネルのテレメーター受信装置となった。なお、持帰り用の磁気記録テープとして、計測用データレコーダー(アナログセブン)1台を増設した。

5.2.6. 衝撃試験装置の設置

衝撃試験装置はロケットの発射時に発生する加速度を、地上にてシュミレーションし、ロケットの搭載機器のテストをするものである。

この衝撃試験装置は、落高を調節することにより、自由に加速度を変えることができる。また搭載機器の落下部には円錐型受台を置いて、この円錐部のつぶれる時間で加速時間を出す。加速度の測定は、搭載機器取付台に固定した加速度計の出力を歪計で増幅し、ペン書オシログラフ、またはフォトコーダー等に記録した。

なお、この装置はレーダーテレメーター室内に設置したが、S-210型ロケットより大きなロケットでは搭載機器が天井につかえること、床が衝撃時に振動する等の恐れがあることを考慮し、何らかの対策が必要であろう。

5.3. 第14次隊における施設拡充・改善作業

昭和基地のロケット地上施設は、第13次隊まででかなり充実したものとなった。第14次隊では、基本的には従来の施設をそのまま引き継いで実験した。ただし、テレメーター受信装置の5チャンネル増設他既成施設各各について若干の改善作業を実施した。

5.3.1. テレメーター受信装置の増設

第13次隊から引き継いだ7チャンネルの復調装置を、一挙に5チャンネル増設して、12チャンネルのテレメーター受信装置とした。これに伴って記録部は8チャンネルペンレコーダー1台を追加、合計16チャンネルの記録装置となった。14次隊では、これをテレメーター送信機信号10チャンネル、タイミング2チャンネル、トラポンのテレメトリー2チャンネルを割り振って使用した。なお、ペンレコーダー2台を一人で同時に操作できるように、操作系統の改造を試みた。この結果は、少人数による南極ロケット実験にとって非常に良好な効力を発揮した。

5.3.2. ロケット発射装置の改造工事

a) 保温槽着脱コネクタ部の枠拡大

着脱コネクタアームがロケット発射時に尾翼と接触する危険を解消するために、従来から使われていた保温槽の着コネ部の枠を600×400mm、奥行200mm程度の出窓形式状とした。

b) ストッパー部侵食防止策

ランチャーブーム後端に位置するストッパーは、ロケット発射の度に、侵食が激しく、調整に従来からかなりの時間を要していた。ストッパーがロケットノズル部と接触する面に、厚さ1mmのゴム板を貼付け、周辺を耐熱セメントでコーティングして、発射時のバックファイヤーによる侵食防止を試みた。結果は非常に良好であったが、今後ストッパーの製作に当たっては、ストッパー自身の材質面から検討する必要があると思われる。

c) 着脱コネクタ用モーターの交換

ロケット発射実験において、例年、どの隊次でも、この着脱コネクタ部の扱いに苦心を重ねてきた。第14次隊では、着脱コネクタの引抜き用モーターのパワーアップを計り、離脱速度のスピード化を試みた。動作は非常に良好で、この結果、打ち上げオペレーションにおけるコネクタ離脱がロケット発射5～6秒前程度でも可能となり、オーロラ観測を目的とする南極ロケット実験にとって、効果的な役割を果たすようになった。

以上 a), b), c) の他、発射装置関係では、従来から使用されてきたイグナイター中継端子箱が上下角82度設定時、ランチャーブーム下面により圧縮を受けていた。これを解消するために厚さ120mmを70mm厚さと改めるなどの改造を行った。

5.3.3. レーダー装置の一部更新

第13次隊越冬半ばで使用不可能となったアバランシェダイオード発振器をガンダイオード発振器使用のパラメトリックアンプに更新した。旧来のものとの特性差はほとんどない。

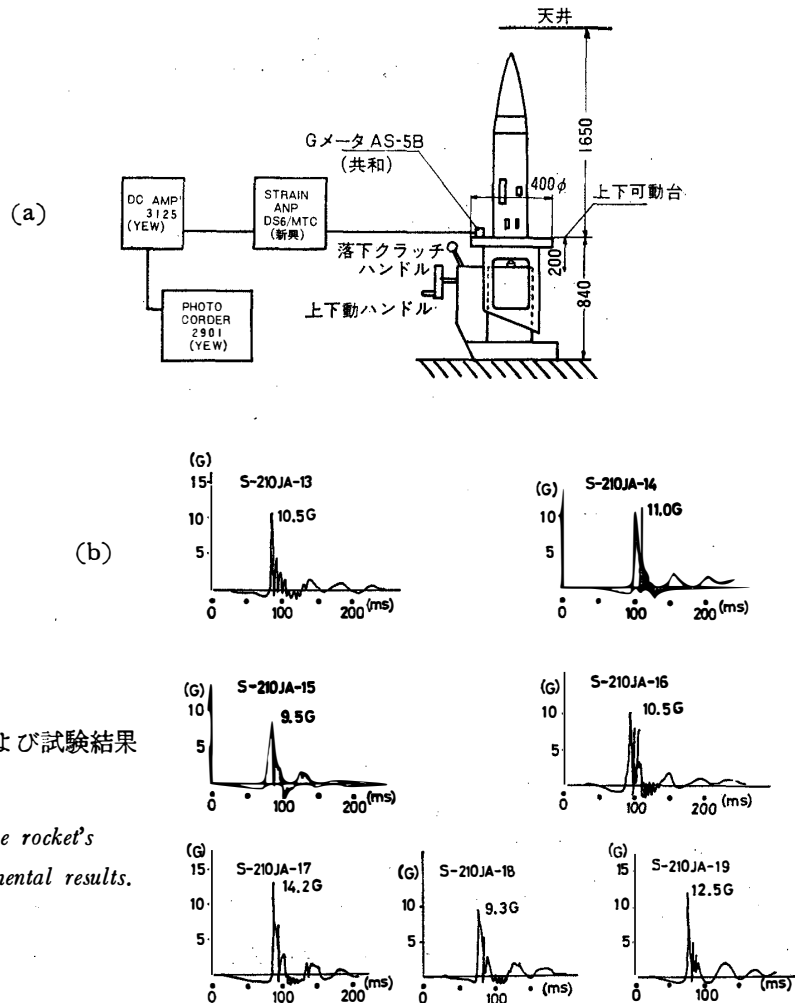


図 4 衝撃試験器 (a) および試験結果 (b)

Fig. 4. Shock tester for the rocket's instruments and experimental results.

5.3.4. 衝撃試験装置の改造

本装置はすでに述べてあるが、第14次隊では頭胴部取付台を改造して、ロケット頭胴部に搭載計器を組み込み、ノーズコーンを被せた完全組み上げ後の状態で、衝撃試験を行うことを可能にした。実際の試験は、衝撃10～15Gを加えてテストした。試験器は正常に作動したが、レーダー・テレメーター室床上に置いただけであるので、衝撃力の減衰が非常に悪く今後コンクリートなどで固めた完全な基礎の上に設置する必要があると思われる。図4に装置の概略と試験結果を示す。

5.3.5. テレメーター系30芯ランチャーケーブルの更新

第12次隊の冬期実験時から、すでに不具合が指摘されていた、ランチャー点と組立調整室内中継端子箱間のテレメーター用30芯ケーブルの作製交換を行った。使用キャブタイヤケーブルは、2RNCT の 0.5mm^2 - 30 芯である。

6. ロケット実験

6.1. 実験経過の概略

6.1.1. 第12次隊の経過（1971年）

第12次隊ロケット班の実験は、例年のように空輸が順調にいけば、第11次隊との引き継ぎをかねて、1月下旬に S-160JA-3号機の打ち上げを実施する計画であったが、実際には3カ月もおくれた4月末ようやく準備したロケットの1発目を打ち上げることができた。S-160JA-3号機は4月30日13時00分（現地時間）に打ち上げ、保温槽の中間フレームに若干のゆがみがでたが、他には全く問題がなく、電子密度・オゾン密度の測定が行われた。5月に入って S-210JA のオペレーションに必要な作業を開始、ランチャー、スリッパールールの取り替え、テレメーター、タイマー関係の調整チェックを行い、S-210JA-1 の頭胴部最終組付、電波チェックが5月26日に完了、27日から第2スタンバイに入った。5月中旬ごろは比較的強いオーロラが出現したが、27日以後第2スタンバイに入ってから6月19日まで強いオーロラが現れず、やむなく静穏時に打ち上げる予定になっていた4号機と取り替えることにした。3、4号機は1号機待期中に頭胴部の解体、組付、電波チェック等を完了し、6月21日に1号機と4号機の交換を行い、6月24日04時08分初の S-210の打ち上げを行った。しかし、発射後8.8秒で集中電源マイナス側とレーダートランスポンダの信号がほとんど同時に中絶した。しかし、ロケットはテレメーター AGC 信号により正常に飛しょうしたこと、および同じく AGC 信号のモジュレーションからプラス電源は正常であったことが確認でき

た。このオペレーションでは、6月23日20時00分から第2スタンバイに入り、24日04時08分まで約8時間保温槽に温風を送って保温した。このスタンバイ時間中、外気温は $-30^{\circ}\sim-35^{\circ}\text{C}$ であったが、頭胴部付近の槽内温度は $+5^{\circ}\sim+13^{\circ}\text{C}$ 付近で保温槽の効果は充分であった。

4号機の観測失敗によって、次の3号機では問題点となる個所を入念にチェックし、その結果、集中電源にリード断線があることを認めた。ニッケル・カドミウム電池は上下をベーク板で押えて、端子リードを半田付けしているが、少しでも電池の寸法が違うと中であそびができ、振動が起こってリード線断線の原因となることがわかった。チェック後は接着剤を流しこんで、全部空間を埋め込み、電池が動かないようかためた。3号機は6月28日から第2スタンバイに入り、7月22日まで約1カ月近く待機してようやく打ち上げることができた。3号機は飛しょう中全機器ともすべて順調に動作し、オーロラ紫外線、オーロラX線の測定が行われた。3号機のスタンバイの間、1号機は再度解体して最初からチェックをやりなおした。7月23日には1号機の第2スタンバイを完了して待機に入り、8月10日に打ち上げを行った。1号機も4号機と全く同じように、発射後7.7秒でテレメーター信号が中絶し、かつ電源に異常を生じ観測はできなかったが、ロケットが正常に飛しょうしたことは、レーダー信号により確認できた。再度のトラブルについて現地で検討し、電源、テレメーター、およびレーダートラッキング系が同時に異常をきたす可能性について議論が行われたが、結論は出なかった。

次の5号機は8月25日から、第2スタンバイに入り、9月14日に打ち上げ、オーロラ紫外線、電子密度の観測を実施した。2号機のスタンバイは9月17日に完了、待機に入り9月25日に打ち上げた。オーロラ紫外線、電波雑音の観測は計画どおり実施されたが、磁場測定器は信号雑音比が悪く、よいデータが得られなかった。原因は発振不安定によるものと思われる。これで冬期間のロケット実験は全部予定通り終了することができた。

6号機は11月中旬より準備を開始し、12月3日昼間に発射を行い、電子密度、太陽紫外線の観測を行った。

6.1.2. 第13次隊の経過(1972年)

第1回の実験として2月10日15時00分にS-210JA-12号機を打ち上げることが予定し、1月28日より準備に入った。2月10日は天候悪く順延。2月11日15時発射。観測データは正常に受信され、13次隊ロケット実験は幸先きの良いスタートをきることができた。

越冬中の打ち上げ順序としては、4月にS-160JA-4号機、5月から8月の間にS-210JA

8～11号機の4機、太陽センサーが組み込まれている7号機は、12月の白夜に打ち上げる計画をたてた。また、冬季のオーロラ待ちのスタンバイ期間は新月の前後1週間ずつとし、打ち上げ準備の期間としては10日程度を予定した。

S-160JA-4号機は4月17日に発射された。この実験により、冬季の打ち上げオペレーションの状況がほぼつかめたので、5月には条件が許せば一夜に2基打ち上げる予定をたて、9号と10号の2基を準備した。14日02時13分に9号機を発射し、引き続き2時間ほどの作業で、10号機が打ち上げスタンバイに入ったが、オーロラ活動が活発にならず、1晩2基の実験はできなかった。10号機は1日おいた16日02時02分に打ち上げられた。

8月上旬はIGY以来という太陽爆発が起き、連日大磁気嵐が続いた。悪天候が続き、なかなか打ち上げのチャンスがなかったが、7日04時45分に11号機、11日04時01分に8号機を発射することができた。

13次隊の最終実験である7号機の発射は、12月14日00時23分に行われ、これをもってすべてのロケットオペレーションは終了した。

6.1.3. 第14次隊の経過（1973年）

2月1日、第14次隊としての最初のS-210JA-16号機打ち上げ準備作業に入った。打ち上げタイムスケジュールは、すでに、第11次隊以後3年間の積み重ねがあるが、それらを基にして、第14次隊ロケット班全員の納得のいくものを新たに作り上げた。打ち上げ準備が順調になされていく中で、このタイムスケジュールに沿って、2月8日にダミーロケットを使用してのリハーサル、2月13日には打ち上げ予定実機を用いてのリハーサルを実施した。こうして諸条件が整ったところで、2月14日にS-210JA-16号機の打ち上げ実験タイムスケジュール入りをした。16号機は2月15日02時45分に発射され、ロケットの飛しょうおよび観測記録ともに正常で幸先の良いスタートを切った。

翌月の3月25日、23時47分にはS-210JA-14号機の打ち上げに成功した。以後オーロラ出現の周期、天候の周期性等を考慮したロケット打ち上げ計画に沿って、その準備を極めてうまく消化させたため、飛しょう観測実験は、順調に経過した。しかし、2連射を予定していた13、15号機は、オーロラの状態、暗夜時間の問題および天候等の諸条件から2連射を断念し、2連夜打ち上げ成功にとどまった。ミッドウィンター以後の残り2基（18、19号機）に対する調整作業も順調な経過で、7月中旬発射スタンバイ状態になったが、天候悪化とオーロラ活動衰退に、打ち上げる機会を得ず、14次隊としては最も長い待機状態を経験した。8月23日、打ち上げ機会を捕え、最終号機18号機を、オーロラの中に命中させてすべてのロケ

ットの飛しょう実験を完了した。

6.2. ロケット本体の諸元および保安

a) ロケット諸元

① S-160JA 型	② S-210JA 型
全 長 3890 mm	全 長 5270 mm
外 径 160 mm	外 径 210 mm
全 重 量 約 113 kg	全 重 量 約 260 kg
推進薬重量 約 64 kg	推進薬重量 約 154 kg
搭載計器重量 約 5 kg	搭載計器重量 約 20 kg
頭胴部全重量 約 20 kg	頭胴部全重量 約 40 kg

b) ロケットの保安

ロケットの保安はいかなる問題よりも優先し、その取り扱い、火薬類取締法に基づき、火薬類取扱保安責任者の指示に従って作業をしなければならない。

特に南極では空気が乾燥しているので、人体に静電気が帯電し易く、その放電による火薬および火工品等の発火の防止に細心の注意が必要である。そのためロケット、発射台、レーン、ターンテーブル、建物などすべてアースに接続し、同電位とした。推薬庫、組立調整室、RT 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した。また、火薬類取り扱い中はアースバンドを腕にはめたり、アースされた金属マットを敷いてその上で作業する等除電に務めた。

また、ロケットに対して特に注意すべきものは迷走電流、電氣的誘導、強力な電波、搭載機器のスイッチ投入、切り換え等の電氣的なもの、摩擦、衝撃、火気等であり、これらについても細心の注意をはらった。

6.3. 搭載計器*類の故障・調整

3年間の実験を通じて、搭載計器に致命的な故障は発生しなかった。しかし、第12次隊ではほとんどすべての搭載計器について、現地においての再調整が必要であった。これについては搭載計器の輸送方法に起因すると思われる故障が多かった。例えば、アンテナの破損、ハンダ付けの外れ、電池の液もれ等があげられる。第13次隊、第14次隊で、このようなトラブルが発生しなかったということは、搭載計器の別梱包輸送方式の効果であると考えられる。

* 各号機の搭載計器一覧は表10を参照されたい。

ここでは故障の起こった計器，または調整に非常に暇を要した計器類について報告し，将来への参考としたい。

6.3.1. 第12次隊の場合

(1) 電場計 (EF)

- (イ) アンテナ No.2 信号ケーブルのアンテナ取付台基部への接続部半田付け断線。
- (ロ) QFT-2 (IC) の絶縁破損。
- (ハ) 真空試験の最中に焼切用電池の内部液漏れ発生。

(2) ルビジュウム型磁力計 (MGR)

- (イ) 動作せず。装置出力に約 30 kHz の信号が混入していた。解体しチェックしたが断線他，外見上に異常は認められなかった。
- (ロ) 安定化電源部の動作が不良 (安定化電源部除去)。

(3) 電波雑音測定器 (RNH)

FET, 3SK28 の絶縁が不良。

(4) 極光紫外線測定器 (AUV)

3号機，4号機ともに，内部の半田付けに一部不良な個所があった。

(5) オゾン測定器 (NNP-O₃)

光入射に対する周波数応答特性が不充分であった。直流増幅部入力の 0.05pF セラミックコンデンサを 1000pF スチロールコンデンサに交換。

(6) 電子密度測定器 (NEL)

(イ) LP (AC) の入力トランス 2 次側が時々アースに落ちた。トランスのタップ線を絶縁して解決。

(ロ) 5号機の NEL 電源回路 IC 破損。

(7) 水平線検知器 (HOR)

(イ) 3・4・5・6号機共すべて検出器角度と装置出力のタイミングが不一致であった。原因はタイミングスイッチ駆動用カムとマイクロスイッチの取付けネジのゆるみであった。

(ロ) 4号機の HOR は，出力のノイズレベルが約 2 (V) で大きい。検出器 No.19 を No.42 に交換して解決。

(ハ) 5号機と6号機の HOR 調整中，両方共出力信号が止絶えた。これはマイクロスイッチ端子の半田付け部分の断線で，角度切替と連動するマイクロスイッチリード線の曲

りの反復運動による動きがこの部分に集中したものと考えられ、その処置として接着材で端子部分を包み、力の分散を計って解決した。

(8) レーダートランスポンダ (RT)

1号機のトランスポンダを調整中操作ミスで不当外部電源投入による事故を除いて、全般的に大きな故障はなかった。

(9) 地磁気姿勢計 (GA)

GA センサー近くに RT・TM アンテナがあり測定不能、センサー部の位置を変更して解決。

(10) テレメーター送信機 (TM)

2号機と5号機のアンテナ・フィダー部の半田付け断線。

(11) 集中電源 (PS)

1号機の +18V 系のリード線接触不良および6号機の +18V 系に液漏れがあった。これらは電池の大きさ(長さ)の不揃いが原因であると思われる。

(12) タイマー (MT)

3号機タイマー動作不安定で予備タイマーと交換したほかは正常な動作をした。

6.3.2. 第13次隊の場合

(1) 極光可視光線測定器 (AGL)

利得設定の変更を必要とした。またラッチングリレーの不良が一カ所あった。

(2) 極光紫外線測定器 (AUV)

異常なし

(3) オーロラX線測定器 (SCI)

10号機の SCI は G テストの後高圧部からノイズが発生したが、これは AUV のロータリー・ソレノイドの切替えのショックによるものと判明し、可動部分に油を塗って解決した。

(4) 正イオン組成測定器 (CPI)

ゲッター回路のリセット部の配線がしてなかった。

(5) フラックスゲイト型磁力計 (MGF)

異常なし

(6) センチューム型磁力計 (MGC)

発振不良で内部の配線替えを行って解決、NEL との干渉はアルミ箔を外側に巻いて解決した。

(7) 電子密度・温度測定器 (NEL, TEL)

7, 11号機について電子密度測定器の相互比較をするために回路を変更し, 利得, バイアス電圧を変更した。

(8) 地磁気姿勢計 (GA)

すべて集中電池の影響によってスケールオーバーした。9号機はセンサーを逆につけ, 他の3つの号機は校正コイルに電流を流してレーダー PPM の測定範囲に入れて解決した。9号機の GA に電源回路の発振のトラブルがあった。

(9) レーダートランスポンダ (RT)

主な故障は次のとおり。

(イ) Gテストにより送信キャビティ内のハンダ付不良がでた。

(ロ) 真空テスト中にアンテナでグロー放電が起こり, 送信出力が下った。

(ハ) 受信周波数の温度ドリフトが大きいのがあった。

(ニ) (ロ)の送信出力が下ったトランスポンダは送信管を交換し, (ハ)の温度ドリフトが大きくなったのはスタンバイ中に起きたため, ロケット槽内温度をあまり上げないようにして(15°C程度)使用した。

(10) テレメーター送信機 (TM)

7~11号機の送信機は, ほとんど調整を要せずに, 規定の出力を示した。12号機のもののは出力が不安定であったので, 電力増幅部ベースの同調回路を再調整した。

(11) 集中電池 (PS)

S-210JA-8号機搭載予定の集中電源の容量特性を測定した結果, マイナス18ボルト系の電池が異常を示した。協議の結果, この電源は使用せず, 予備電源の特性を調べ予備電源を使用した。この他の電源については異常は認められなかった。

(12) タイマー (MT)

タイマーの開梱時のチェックにおいては, 電圧不足のためにスタートしない場合もあったが, 充電後はなんら異常なく良好に作動し, 衝撃試験においても, 良好であった。

6.3.3. 第14次隊の場合

(1) 極光赤外線観測器 (AIR)

周囲温度によって出力電圧が著しく変化し, 調整はかなり困難であった。特に13号機用の計器はその変動が激しかった。利得などの調整は, 内地でセットしたままで打ち上げた。感度がやや足りなかった様であるが, 機器の動作は正常であった。

(2) 極光可視光線観測器 (AVL)

13号機用の高圧電源の一部が低温のため発振せず、O 又は N_2^+ 系の低・高感度 ch 2 のデータを取得することができなかった。3月に打ち上げた14号機の記録により入力感度を下げることにした。なお、今後の問題として、光もの観測計器も、内部較正が必要と思われる。少なくとも、ロケットスタンバイ状態で観測機器の作動の有無が確かめられるような考慮が欲しい。

(3) 極光電場測定器 (AEF)

14号機の観測結果の出力がスケールオーバーしたため、飛しょう予定 AEF すべてのゲインを約 22dB に調整した (設計ゲイン約 40dB)。13, 15号機は良好, 18号機やや良好, 14号機スケールオーバーのデータを取得した。

(4) オーロラX線測定器 (SCI)

異常なし, 飛しょう記録良好。

(5) 電子密度・温度測定器 (NEL, TEL)

すべての号機の飛しょう記録は良好であった。変更箇所は次の通り。

(イ) ラングミュアプローブ用の H-L 切り換えリレーをすべて新品と交換。

(ロ) 18号機の周波数マーカの出力なし, 同軸コネクタ部内の断線, 修理で解決。

(ハ) 18号機の LP および EP の較正側切り換えリレーが, 搭載計器電源 ON 状態でなければ動作しなかったものを, 電源 OFF 時でも, 外部操作で切り換え可能なように回路変更した。

(6) フラックスゲート型磁力計 (MGF)

MGF 用チェック箱を用いて動作チェックを行う。H成分アナログ出力の切替不能とデジタル出力無しの2つのトラブルあり, 前者は 40kHz 増幅器と直流増幅器の増幅度をやや増すことによって解決。後者は回路中の半田付け不良が原因であった。取得データは, アナログH成分にやや問題がある他は解析可能である。

(7) 電波雑音測定器 (RNW)

異常なし。ループアンテナ系のデータはトランスポンダの DC コンバータの 3kHz の雑音が混入している。アンテナ突き出し方法に検討の必要がある。

(8) 地磁気姿勢計 (GA)

集中電源の影響でスケールオーバーしたので, 較正用コイルにバイアス電流を流して補正した。補正電流値は各号機によって異なる。作動はすべて正常であった。

(9) 集中電源 (PS)

特に異常なく良好に電源供給をした。

(10) テレメーター送信機 (TM)

異常なし, 良好。

(11) レーダートランスポンダ (RT)

昭和基地搬入段階で7個の RT 全機をチェック。7個中4個の RT 送信が発振状態であった。打ち上げ予定日に合わせて調整を急いだため, RT の搭載は予定号機と異なる号機に搭載したものがほとんどである。トラブルは, 気密試験における放電が多かった。16号機用 RT は PPM-2ch のパルスが出現せず, 12次隊持込みの予備 RT の PPM 部を使用して解決。

(12) タイマー (MT)

全号機正常に作動した。今回使用のタイマーは, スピン点火 X+45秒, 脱頭 X+60秒, 観測器接点信号 X+62秒を供給した。

6.4. オペレーション

昭和基地でのロケット実験オペレーションは, 国内実験の形態とかなり異なる。例えばできるだけ少人員で行わねばならないこととか, 厳寒期に長い間オーロラ出現が良くなるのを待たねばならないことなどである。ロケット打ち上げまでの準備は, 各次隊で若干の異なりはあるが, 打ち上げ予定日の約10~15日前に関係者による打ち合わせ会を開き, 予定号機の目的, 特徴, 打ち上げ方向ほか綿密な情報交換を行い, 相互理解を深めた上で, ロケット本

表 7 打ち上げ準備作業予定表の例

Table 7. A program setting for the rocket launching.

	ロケット, ランチャー	搭載機器
Y -10	全員打合せ	全員打合せ
- 9	ロケット・点火薬搬入・開梱	搭載機器の調整
- 8	点火薬導通チェック	バッテリー充電
- 7	推進薬・尾翼検査	
- 6	ランチャー配線, ランチャー通し	タイマーチェック
- 5	Sep・NUT 組込み	
- 4		机上嚙合せ, 仮組み
- 3	スピンモータ組込み	本組み・Gテスト
- 2	ロケット IG 装填, 頭胴部結合	電波テスト (頭部のみ)
- 1	ランチャー乗せ, 保温槽かぶせ, リハーサル	電波テスト, 較正, リハーサル
Y	打上げスタンバイ入り	

体整備，組み立ておよび搭載計器の調整作業などに入っていた．表7に第13次隊の準備作業予定表を例としてあげた．

6.4.1. ロケット打ち上げ時の担当人員配置

各次隊によって，人員数やオペレーションの進行に伴って変っていく人員配置に若干の差があるが，6～7名で打ち上げタイムスケジュールのすべての作業を実施していく形態は，何ら変わるところなく，南極でのロケット打ち上げ実験時における人員配置・担当項目などの割振りに一応の目安となるものが確立された．表8に14次隊のロケット実験に参加した人達およびその任務などを例示する．

表8 第14次隊ロケット実験時の人員配置

Table 8. The arrangement of the number of men at the time of the rocket experiment.

作業場所	担当隊員名	役 目
① タイムスケジュール入りの時点		
組立調整室	島 桑 野 鮎 川	ロケット本体・IG 結線・着コネ結線・保温 作業補助 作業指令・進行・確認・連絡・作業補助
R T 室	芦 田 椋 川 藪 馬	PI 動作チェック (レーダー装置) ・記録確認 PI 動作チェック (テレメーター装置) ・記録確認 進行アナウンス・連絡
② 総員退避以後		
R T 室	島 野 芦 田 椋 川 藪 馬 桑 川 鮎 川	IG およびタイマー管制盤・保温 レーダー装置操作・記録確認 テレメーター装置操作・記録確認 進行アナウンス・連絡 RT 記録監視 進行確認・情報把握・TM 記録確認
電 離 棟	西 牟 田	電離層状態監視・情報連絡
気 象 棟	気象担当隊員	気象状況監視・情報連絡
観 測 棟	平 沢	オーロラ状態監視・情報連絡
③ 発 射 時		
R T 室	島 野 芦 田 椋 川 藪 馬 桑 川 鮎 川	管制盤操作 レーダー操作 テレメーター操作 RT 記録監視 秒読み GO 指令, TM 記録監視
RT 室付近	阿 部	写 真
電 離 棟	西 牟 田	電離層連続観測, 発射時間記録
観 測 棟	平 沢	発射指令

6.4.2. ロケット発射タイムスケジュール

各次隊が使用したタイムスケジュール表は大同小異であるが、打ち上げタイムスケジュール入りの決定には、各各でかなり異なるように思われる。例えば、すでに述べてあるように、第12次隊の場合では、困難な種類の初期状況から、晴天暗夜は必ずスタンバイ入りを実施している。また、12次隊のタイムスケジュールの特別なこととしては、定時発射の実験（S-160JA-3号機、S-210JA-4号機および6号機）とオーロラスタンバイによる即時発射実験（S-210JA-1, 2, 3および5号機）の二本建てとしたことがあげられる。特に後者については、第1スタンバイ・第2スタンバイという新しい用語を生み出している。組立調整室内のランチャー上に組み付けた状態を第1スタンバイ完了とし、ランチャーを引き出し、打ち上げ角度にセットして総員退避してコントローラ・スタートできる時点を第2スタンバイ完了とした。第2スタンバイ以後はオーロラの出現を待って、発射指令が伝達される時がX-2分であり、指令とともに、後のオペレーションが進行するものとした。第2スタンバイ中は、主としてVLF電波、電磁気各観測モニターと超高感度のTVを使用してオーロラの動きを監視した。X-2分でスタートしても、実際ロケットが最高高度に上昇するまでには5分近くかかるので、5分後のオーロラの位置、明るさなどを予測することになり、オーロラがあらかじめ定められたロケット軌道にくるかどうかの判断は非常にむずかしい問題であった。昭和基地の場合、現在では第2スタンバイが完了して、総員退避するとランチャー方位角、高度角はリモートコントロールで変えられないため、おのずからオーロラがあらかじめ定められたロケット軌道に出現してくる事を待たなければならない。この問題はランチャー角度制御がリモコンできればかなり解決されると思われる。定時発射のタイムスケジュールも現地の人材やオペレーションが順調に進行するよう考慮して、余分なものは出来るだけ省略して、ポイントのみ確認チェックする方法をとった。

第13次隊の場合では、①雲がなく晴れていること。②風速が毎秒8メートル以下であること。③地磁気が乱れ、良いオーロラが打ち上げ方向に出現すること。④太陽、月が出ていないこと。⑤ロケットおよび観測機器がすべて異常なく良好であること。などの条件が満足されつつある状態の時に21時00分頃より、タイムスケジュールに基づいて、ロケット発射のための準備が行われた。準備は約1時間で終了し、発射条件を待つ（第2スタンバイ）。

発射条件が満足された場合は、発射2分前より、再びタイムスケジュールに入り、ロケットの発射を行う。

なお、搭載計器は発射X時まで少なくとも20分程度のウォーミングアップを必要とされて

いたため、オーロラ活動が低い場合でも、外部電源 ON20分以上、30分程度の間隔で行った。

第14次隊では、やや13次隊にかよったタイムスケジュール入り決定を行ってきた。すなわち、前述①～⑤の条件が満たされた場合に、その日のオーロラ活動、気象状態などの情報を勘案して、タイムスケジュール入りするか否かを決定し、原則として夕食時18:00に越冬隊員全員に通達した。しかし、第13次隊と異なって第14次隊では、ロケットの観測目的によって、曇天あるいは月が出現している場合でも、特に観測に支障がないと判断した号機は、タイムスケジュール入りを行った。表9にタイムスケジュール表を示すが、第2スタンバイ・発射指令待ちの状態（第2スタンバイ）に移行するのは、作業開始後1～1.5時間後であった。タイムスケジュール表では、発射2分前に打ち上げ指令が出され、再びロケット発射に必要な最終操作が行われることになっているが、実際には、発射指令後約1分少々でロケットを打ち上げることが出来た。そのためには、搭載計器の保守（外部電源 ON/OFF によるヒートラン）に随分気をつかった打ち上げ指令待ちのオペレーションを展開させた。なおタイムスケジュール入り、作業開始時間は、各ロケット号機の観測目的と、その時の電離層状態によって、大幅に変化させるという柔軟な態度で臨み、第2スタンバイ状態での待ち時間を極力短くするような方向で決定した。こんな点にも、過去3年間のロケット実験の積みかさねの成果が認められる。

しかしながら、オーロラ観測を目的としたこの南極ロケット実験は、基本的には13次隊の項で述べた①～⑤の条件がすべて満足していなければ発射することができず、そのためロケット打ち上げ可能日数は、1カ月に最大14日（新月の前後7日）程度であり、その間にブリザードの襲来等があると、打ち上げ日数は極くわずかになってしまう。また、そのわずかの日数内で上記条件が満足されなければ、ロケットの打ち上げは翌月に持ち越され、その機会を待たなければならないなど、非常に打ち上げチャンスを捕えることがむずかしいオペレーションであることに変わりない。

7. 地上施設の状況

ロケット地上施設の故障は、担当隊員の懸命なる保守に依って、3年間の実験を通じ、その発生件数を比較的少なくおさえることができた。ここでは各年次毎に発生した事故状況を記述して将来への参考資料としたい。

7.1. 第12次隊で発生した故障

7.1.1. レーダー装置

a) 空中線装置に W-101 信号ケーブルの E. F-アース間の絶縁不良により、位相ずれが発生した。修理としてアミラン編組線の1部を切断し、テフロンテープによる絶縁を行った。

b) パラメトリック増幅器は $+14^{\circ}\text{C}$ 以下にて動作不安定となる。特に利得が上がって発振する。よって室内温度は常時 $+20^{\circ}\text{C}$ に設定した。

c) 受信機の周波数目盛と波長計の目盛が合わなかった。ローカルキャビティは日本国内で精密級波長計で調整したので、受信周波数に合わせて波長計の較正を行った。また、パラメトリック増幅器、送信装置の周波数特性も受信周波数目盛と合致していた。

なお、駆動制御装置には異常は発生しなかったが、各 IC のオフセットバランスの時間安定度が少々悪かった。これは各号機打ち上げ時に調整を行ったので問題はない。

d) 測距装置の D/A コンバーターの D/A REF, POWER プリント板 CR₁, IS552 の不良により、ch 3 アナログレコーダーの記録不安定が発生した。IS552 を交換して解決した。

e) PPM 復調器については、PPM SYNCH, PPM DEMO 共にプリント板の接触不良が目立ち、エチルアルコールによる清浄を頻繁に行った。

f) アナログ記録部は、ch 3, ch 8, 共にインクつまりが多発した。

7.1.2. テレメーター受信・記録装置

a) 復調器の ch 11 と ch 15 にクロストークがあった。原因は、ch 11, ch 15 共に復調器フィルターの特性劣化と思われる。処置として、ch 11 については、BPF ユニットのトランジスタ Q₁ $\pm 15\text{V}$ 電源部にコンデンサー $10\ \mu\text{F}$ を付加してクロストークを取り除いた。ch 15 については、信号入力を BPF ユニット R₁ にて、規定値より約 40mV 低下させて現用に供した。

b) 復調器の OUT に -4V の出力が常時発生した。ただし信号入力がある場合には、この異常出力は認められなかった。原因は、検波器ユニットのツェナーダイオード、CR-9 (1S-552) の破損。ツェナーダイオード交換にて正常となった。

c) ペンレコーダーの ch 6 および 8 の記録に CAL のエル-PUT が ON の状態でノイズがあり、動作が不安定となった。原因はペンレコーダ制御装置内のリレー RL-402 の接点不良。リレー RL-402 (MR 9-104 NEC) を交換して正常となった。

d) 受信信号が全く出力しなくなった。原因はメインレシーバーの出力レベル調整用可変抵抗器 R₁ の端子接触不良。可変抵抗器 R₁ (TFN 15SB $5\ \text{k}\Omega$) を交換して正常となった。

7.2. 第13次隊で発生した故障

7.2.1. レーダー装置

年間を通じてのレーダー装置の故障は次のとおり。

- a) 測距機のプリント板コネクタ接触不良。
- b) パラメトリックアンプのアバランシェオシレーターの不良。
- c) 送信機のビデオアンプのトランジスタ不良。
- d) A/D 変換器内の IC 不良。
- e) プリンターのギヤ焼付き。

パラメトリックアンプのアバランシェオシレーターは予備品も整備中不良となったため使用できなくなった。そこで気象部門のラジオゾンデ追尾装置 (D55B-1) の予備パラメトリックアンプを借用して使用した。

7.1.2. テレメーター受信・記録装置

装置の調整については特に問題になる所はなかった。しかし保守の面で装置のドリフトによる誤差を最小限にするため、室内の温度や装置の温度をできるだけ早く安定になるような努力をした。トラブルについては一年間に次のような故障があった。

復調装置のテープスピード補正用出力メーターが、無信号時マイナスに振り切れていたので、検波器のダイオードを交換した。


テープ記録装置リールが回転せず、停止スイッチの接触が悪かった。ユニットスイッチのため、交換部品がなくスイッチを分解し、マイクロスイッチだけ交換した。

受信機 AGC 出力が出なくなり、AGC 検波器のダイオードを交換した。

7.3. 第14次隊で発生した故障

7.3.1. レーダー装置

- a) 15MHz 発振器不良：回路中の IC μ PC71 を交換することによって正常動作となる。
- b) PPM 復調器の ch 2 のトラッキングゲートパルス消滅：プリント板 PWM215 のハンダ付け不良。
- c) 測距装置架の +5V 系が規定値出力なし：原因不明、新しい電源に交換して解決した。
- d) 再開時に調整を必要とする箇所を参考意見として羅列記述すると、

 d-1) 測距装置のトラッキングゲートパルスの調整：電源投入後しばらくの間、同期がずれ、ふらつきを起こす。

d-2) デジタルプリンターのミスパンチが時々発生：指令回路の調整必要。

d-3) 駆動系方位角部のバランスが電源投入後30分程度不安定：温度特性の良いアンプに交換，あるいは増幅度を若干下げることにより正常に復起すると思われる。

d-4) アンテナトラッキング調整用ターゲットの故障：持ち帰り，修理して再度持ち込むことが望まれる。

なお，テレメーター・発射管制装置・タイマー管制装置および衝撃試験装置などに特別な故障は発生しなかった。

8. 結果の概要

南極ロケットシリーズ(1970~1973)では，19基の S-210JA 型ロケットと4基の S-160JA 型ロケットを打ち上げた。ロケットの飛しょうは全号機とも正常であったが，観測の面において，S-210JA 型ロケット2基に集中電源の事故，トランスポンダおよびテレメーター不良などが発生し，データー取得に失敗している。しかし，この冬期実験シリーズで打ち上げたロケットの観測成功率は実に90.5%という立派な成績をおさめ，極地域超高層における興味ある多くのデーターを取得している。表10に第1次長期計画のロケットシリーズの飛しょう一覧を示す。

8.1. レーダートラッキング

レーダーによるロケット追尾結果は，3年間を通じ概して良好であった。しかし，S-210JA-4号機のトランスポンダ信号中絶に伴う追跡不能，S-210JA-14号機のロケット側レーダーアンテナ放電事故による送信レベルの急減，また S-160JA-4号機の飛しょう中22秒間追跡できなかったこと，以上3つの号機の事故を除いて，他のすべての号機は正常な追跡ができた。図5，6に14次隊による実験のロケット・トラジェクトリーおよび落下地点を例示する。

8.2. 待ち受け角度の設定

南極ロケット打ち上げオペレーションにおけるレーダーアンテナの待ち受け角度の設定は，国内で行われている方法とかなり異なる。国内での待ち受け角の風による補正は，上層10kmまでの20層の風向風速をもとに計算しているが，南極の場合オーロラに伴う諸現象を観測の目的としているため，打ち上げ前にパイロットバルーンを上げて風を観測し補正することは不可能であった。

第12次隊では風補正は国内方式に従うとその作業だけで約2時間を要するとともに，第2

表 10 ロケット飛しょう記録一覧表

Table 10. Table of the rocket launching at Syowa Station in 1970-1973.

ロケット 機種・号機	飛翔年月日	飛翔時刻 (45°E MT)	発射方位角	発射上下角	レーダー待 受方位角	レーダー待 受上下角	最 達 高 度	到 度	最大高 到達時 間	水平到 達 距離	全飛翔時間	落下方位	頭胴部重量	槽内温度	推進温度	発射時 地上温度	発射時地上 風向・風速	天候	備考(搭載計器他)
S-160JA -1	1970年 2月10日	15時30分00秒	240°	75°	249°	75°	86.9km	02分14秒	88km	04分30秒	253°	約20.0kg	-	+1.0°C	0°C	NE 4m/s	曇	NEL.OZO (観測成功)	
S-160JA -2	2月17日	15 10 00	240	79	240	75	87.6	02 18	91	04 38	241	約20.0	-	- 1.5	- 3.5	NE 0.2	晴	NEL (")	
S-160JA -3	1971年 4月30日	05 23 30	180	82	191	80.5	83	02 16	80	04 32	184	19.5	+ 3°C	+11	- 6	0	曇	NEL.OZO (")	
S-210JA -1	8月10日	13 00 00	170	82	175.7	80.5	139	02 56	82.8	05 52	185	36.8	+24	+10	-30.9	E 3	晴	HOR.MGF.EF.+7.7秒でテレメータ不良(観測失敗)	
S-210JA -2	9月25日	00 08 01	170	82	174.7	78.1	138	02 58	108	05 49	160	37.9	+20	+12	-16.9	E 3	晴	MGR.AUV.RNH (観測成功)	
S-210JA -3	7月22日	00 52 01	170	82	170.4	78.1	131	02 53	101	05 40	154	38.0	+ 7	+10	-23.2	E 3	晴	HOR.AUV.SCI.GA (")	
S-210JA -4	6月24日	04 05 00	170	82	175.7	80.5	130	02 50	100	05 46	-	38.7	+11	+10	-34.3	NNE 3	晴	HOR.AUV.SCI.GA.+8.8秒後集中電源マイナス側 および、トランスポンダ不良(観測一部失敗)	
S-210JA -5	9月14日	00 49 57	170	82	174.5	76.9	114	02 40	99.7	05 16	158	37.1	+18	+11	-23.1	SE 2	晴	HOR.NNP-O ₃ .NEL (観測成功)	
S-210JA -6	12月 3日	15 00 00	170	82	173.9	74.5	132	02 54	93.8	05 41	161	37.0	-	-	+ 1.2	SSE 2	晴	HOR.NNP-O ₃ .NEL (")	
S-160JA -4	1972年 4月17日	02 42 00	135	82	123.0	80.4	86.0	02 19	79.1	04 33	105.7	17.8	+14	+12	-12	E 8	快晴	NEL (")	
S-210JA -7	12月14日	00 23 00	315	82	303.9	77.1	125.8	02 51	118.2	05 40	295.2	40.7	+15	+14	- 7	W 2	曇	NEL.AGL.MGF (")	
S-210JA -8	8月11日	04 01 00	135	82	139.6	77.0	126.6	02 50	132.2	05 35	150.6	40.5	+10	+ 9	-33	0	晴	NEL.TEL.MGC.GA (")	
S-210JA -9	5月14日	02 13 00	135	82	139.2	77.2	129.3	02 54	117.3	05 41	131.9	40.5	+24	+15	-22	0.2	快晴	NEL.TEL.SCI.AUV.GA (")	
S-210JA -10	5月16日	02 02 00	315	82	303.0	81.4	115.4	02 43	60.7	05 28	310.0	40.0	+15	+11	-20	SSE 4	晴	NEL.TEL.SCI.AUV.GA (")	
S-210JA -11	8月 7日	04 45 00	315	82	317.1	78.5	125.8	02 51	135.3	05 41	334.0	40.0	- 2	+13	-13	ENE 3	薄曇	NEL.AGL.AUV.GA (")	
S-210JA -12	2月11日	15 00 00	135	82	148.8	76.2	107.5	02 36	123.7	05 10	146.1	40.0	-	+17.5	- 0.5	SSW 3.8	晴	NEL.CPI (")	
S-210JA -13	1973年 6月10日	23 20 18	315	82	314.98	78.47	123.4	02 47.5	128.0	05 24	313	40.25	0	+12.0	-29.0	NNE 0.2	晴	AIR.AVL.AEF.GA (")	
S-210JA -14	3月25日	23 47 05	315	82	324.97	78.49	113.9	02 41	120.1	05 24	335	40.05	+10.5	+17.0	-13.8	ENE 4.9	快晴	AIR.AVL.AEF.GA (")	
S-210JA -15	6月12日	00 10 56	315	82	307.46	79.50	124.5	02 49.5	99.9	05 42	306	39.94	- 5.0	+ 5.0	-32.6	0.1	晴	AIR.AVL.AEF.GA (")	
S-210JA -16	2月15日	02 45 00	135	82	113.02	75.87	102.6	02 31	141.5	05 00	110	40.85	+18.0	+14.0	- 2.5	E 7.1	曇	SCI.NEL.TEL.GA (")	
S-210JA -17	4月23日	02 54 20	135	82	137.10	76.50	124.5	02 49	109.3	05 35	134	40.70	+13.0	+15.0	-15.0	E 0.2	快晴	SCI.NEL.TEL.GA (")	
S-210JA -18	8月23日	03 53 30	315	82	317.43	77.77	129.4	02 52.4	128.5	05 33	343	40.82	0	+ 8.0	-32.1	SE 0.2	快晴	MGF.AEF.NEL.TEL.GA (")	
S-210JA -19	7月15日	22 09 12	135	82	137.02	76.52	130.0	02 52.7	92.0	05 42	144	39.89	+ 8.0	+15.0	-31.5	0	快晴	RNW.GA (")	

MGF:フラックスゲート型磁力計 EF:電場計 HOR:水平線検知器 MGR:ルビジウム型磁力計 AUV:極光紫外線測定器 RNH:電波雑音測定器 SCI:オーロラX線測定器 GA:地磁気姿勢計
 NEL:電子密度測定器 TEL:電子温度測定器 MGF-SS:サンセンサー付フラックスゲート型磁力計 AGL:極光可視光線測定器 MGC:セシウム型磁力計 CPI:正イオン組成測定 AIR:極光赤外線測定器
 AVL:極光可視光線測定器 AEF:極光電場測定器 RNW:電波雑音測定器 NNP-O₃:オゾン測定器

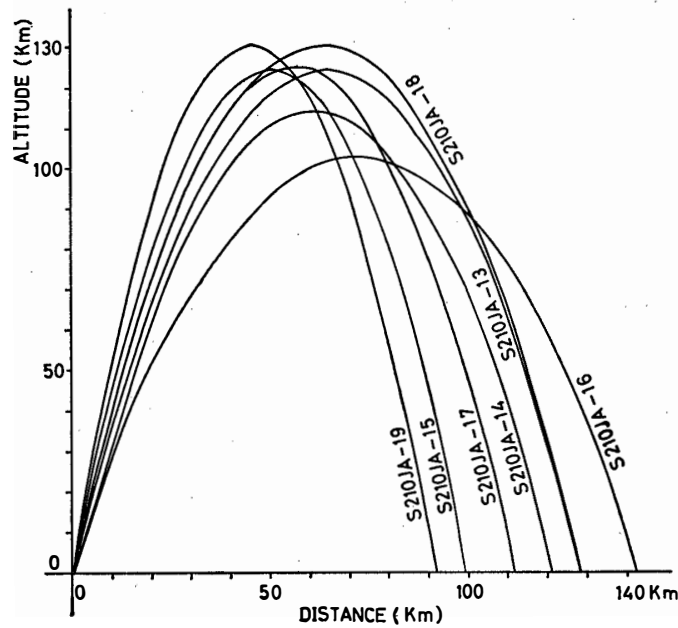


図 5 ロケット飛しょう軌道図 (第14次隊)
 Fig. 5. Trajectories of S-210JA type rockets (1973).

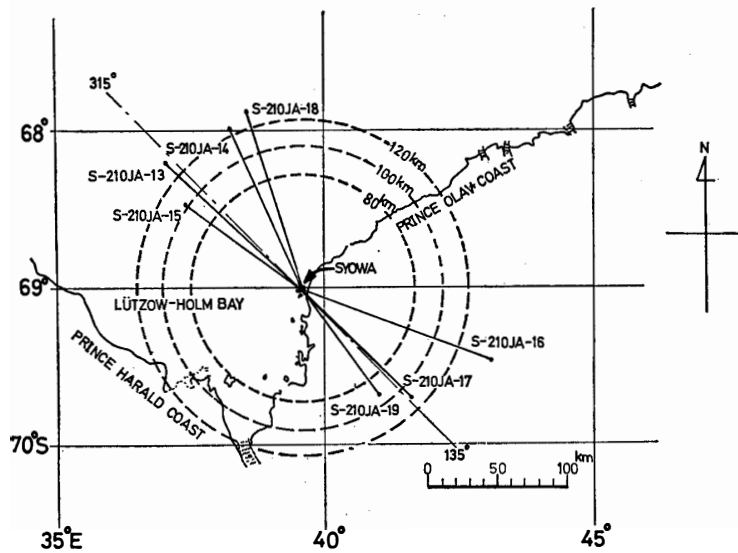


図 6 ロケット落下推定点 (第14次隊)
 Fig. 6. Landing points of S-210JA type rockets (1973).

スタンバイでの待機が長く、その間に状況が変化するので、国内方式はあまり実用にならないと判断して、表11に示すような簡易風補正一覧表を作成した。海拔約40mの高所に取り付けた風向風速計の指示をレーダーテレメーター室で打ち上げの約1分前に読みとり簡易風補正表によって待ち受け角を設定した。この補正表を作成するに当たっては、4個の気球を放

表 11 S-210JA ロケット用レーダー待ち受け角補正表

Table. 11. Table of the correction for the rocket flight due to the wind.

方位角補正表

(ランチャー方位角 315 度)

		西 風 m/s ←						→ 東 風 m/s							
北風 m/s →		5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	北風 m/s →		
	5	308.2	311.1	314.0	316.8	319.7	322.6	325.6	328.5	331.5	334.5	337.5		5	
4	305.4	308.2	311.1	314.0	316.8	319.7	322.6	325.6	328.5	331.5	334.5	4			
3	302.6	305.4	308.2	311.1	314.0	316.8	319.7	322.6	325.6	328.5	331.5	3			
2	299.8	302.6	305.4	308.2	311.1	314.0	316.8	319.7	322.6	325.6	328.5	2			
1	297.0	299.8	302.6	305.4	308.2	311.1	314.0	316.8	319.7	322.6	325.6	1			
	0	294.2	297.0	299.8	302.6	305.4	308.2	311.1	314.0	316.8	319.7	322.6	0		
南風 m/s ←		5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	南風 m/s ←		
	1	291.4	294.2	297.0	299.8	302.6	305.4	308.2	311.1	314.0	316.8	319.7		1	
2	288.7	291.4	294.2	297.0	299.8	302.6	305.4	308.2	311.1	314.0	316.8	2			
3	285.9	288.7	291.4	294.2	297.0	299.8	302.6	305.4	308.2	311.1	314.0	3			
4	283.2	285.9	288.7	291.4	294.2	297.0	299.8	302.6	305.4	308.2	311.1	4			
5	280.4	283.2	285.9	288.7	291.4	294.2	297.0	299.8	302.6	305.4	308.2	5			
		5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5			
		西 風 m/s ←						→ 東 風 m/s							

上下角補正表

		西 風 m/s ←						→ 東 風 m/s							
北風 m/s →		5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	北風 m/s →		
	5	74.3	74.7	75.2	75.6	76.0	76.4	76.9	77.3	77.7	78.2	79.6		5	
4	74.7	75.2	75.6	76.0	76.4	76.9	77.3	77.7	78.2	79.6	79.0	4			
3	75.2	75.6	76.0	76.4	76.9	77.3	77.7	78.2	79.6	79.0	79.5	3			
2	75.6	76.0	76.4	76.9	77.3	77.7	78.2	79.6	79.0	79.5	79.9	2			
1	76.0	76.4	76.9	77.3	77.7	78.2	79.6	79.0	79.5	79.9	80.4	1			
	0	76.4	76.9	77.3	77.7	78.2	79.6	79.0	79.5	79.9	80.4	80.9	0		
南風 m/s ←		5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	南風 m/s ←		
	1	76.9	77.3	77.7	78.2	79.6	79.0	79.5	79.9	80.4	80.9	81.3		1	
2	77.3	77.7	78.2	79.6	79.0	79.5	79.9	80.4	80.9	81.3	81.8	82.2	2		
3	77.7	78.2	79.6	79.0	79.5	79.9	80.4	80.9	81.3	81.8	82.2	82.7	3		
4	78.2	79.6	79.0	79.5	79.9	80.4	80.9	81.3	81.8	82.2	82.7	83.2	4		
5	79.6	79.0	79.5	79.9	80.4	80.9	81.3	81.8	82.2	82.7	83.2	83.7	5		
		5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5			
		西 風 m/s ←						→ 東 風 m/s							

球して、国内方式による補正値を計算し、これと實際上問題にならない程度の精度が何層までの補正で得られるかを検討した。その結果第一層の補正を2倍にすれば国内方式による全層を用いた補正に近い値が得られることを確認した。第12次隊の実験終了後、全機について補正値と実際の飛しょうとを比較した結果によれば、高度角補正は第1層の2倍でよかったが、方位角については第1層の3倍値をとった方が実際の飛しょうに近いことが判った。

第13次隊では、第12次隊の申し送り事項を基に、ランチャー角度を高度角82度、方位角135度、または315度と限定して、レーダー待ち受け角度の風による補正表を作った。レーダー待ち受け時間はS-160JAでは9秒、S-210JAでは13秒とした。この時の直距離はそれぞれ4.9km、7.5kmである。

第14次隊は、第13次隊の手法をそのまま引き継いで、待ち受け角の設定を行った。

第1期のロケットシリーズを通じて打ち上げ時の風速は、S-160JAで最大8m/sがあったが、S-210JAは、風速5m/s以下で打ち上げるようにした(例外S-210JA-16, 7.1m/s)。第14次隊7基の実験結果によれば、待ち受け角度の誤差平均は方位角9.03度、高度角3.12度であった。一般には方位角1度以下、高度角3度以下の精度でトラッキングしている。平均値を高めた原因は、待ち受け角設定後の発射時における瞬間風によって誤差を大とした号機があったためと思われる。誤差の最大は方位角35.72度(18号機)、高度角6.77度(16号機)であった。

この補正方式は、実際に全機とも待ち受けについて全く問題がなく、ロケットを見失うことはなかった。このことは3年間の実績によって南極ロケットのトラッキングに充分実用化しうる補正方式が確立したと考えられる。

8.3. ロケットの飛しょう姿勢

S-210JA型ロケットの飛しょう姿勢については、現在のところ確認できているものは、3,4号機であるが、3号機はGA、及びX線望遠鏡を対比してみることにより、プリセッション軸方位約170°、高度約80kmでプリセッション角は85°に達していることが判る。今後姿勢計の解析が進むにつれて各々のロケット飛しょう中の姿勢が、はっきりと判明されると思うが、全体的に飛しょう姿勢は余りよくないようである。

8.4. 観測データの概略

S-210JA-1号機がテレメーター不良のため、全く観測できなかったことを始めとして、下記に上げる数種の観測計器に事故があった他は、すべて良好なデータを取得することができた。

- 1) S-210JA-4: 集中電源マイナス側不良とトランスポンダ不良により観測失敗。
- 2) S-210JA-7: 極光可視光線測定器のスケールオーバー、読み取り不能。
- 3) S-210JA-8: センシューム型磁力計がノイズ多く不良。
- 4) S-210JA-13: 極光可視光線測定器の一部が高圧電源不良によりデータ欠損。

5) S-210JA-14: 各計器とも、感度設定に若干くるいがあった。

9. ロケット基地閉鎖時の状況

第14次隊のロケット実験終了が、南極ロケット観測第1次計画の終了を意味し、ロケット基地を約2年間閉鎖することになった。このため第14次隊では、閉鎖期間のロケット基地の建築物、諸設備が再開時に速やかに使用できるような考慮のもとに閉鎖作業を実施した。

9.1. ロケット基地の建築物

9.1.1. レーダーテレメーター室

室内のすべての機器材は、防湿梱包を施し部品棚に積載した。搭載計器の衝撃試験器、発射管制盤、タイマー管制盤およびタイマー・チェッカー類は、RT室天井からの水漏れを考慮してビニール・シートでおおった。RT室に隣接する物置小屋には、関係大型機材を保管して、扉は雪の吹き込みを防ぐための処置をした。

9.1.2. 組立調整室

諸工具類、機器材類はすべてダンボール梱包とし、これをビニールシートでおおい、部品棚あるいは前室の棚に整理積載した。建物そのものについては特別な処置を施してないが、扉はブリザード時の雪の吹き込みを防ぐため、すべての隙間に布、ウレタンホーム等でパッキングした。

9.1.3. 推薬庫

S-160JA, S-210JA のダミーロケットと若干の発射台ドーム関係機材を保管した。この建物は、第15次隊で航空機関係の機材格納庫として使用することと、特に閉鎖作業は施さなかった。

9.1.4. 発射台関係

発射台鉄骨そのものはペンキの上塗り、走行台車は、組立調整室に防錆処置を施し、ビニールでおおいをかぶせ残置した。重要関係部分は、特に入念な防錆を行った。予備のS-210用ランチャーレールは屋外エプロン下に、S-160用レールは屋内に保管した。

回転テーブル上の駆動モーター部および駆動輪との接続部は、防錆防湿処置を施した。制御盤は、全体をビニールシートおよび布シートにより二重オーニングを施し残置した。

9.2. ロケット追尾装置

1974年1月31日、第15次隊の保守担当隊員と一緒に性能チェックを行いながら引き継いだ。

すべての物品を昭和基地に残存させ、いつでも電源を入れ使用することが可能である。天井からの水漏れ対策のため、架全体をビニールシートでおおって残置した。

9.3. テレメーター装置

テレメーター装置は、内地からの指示により、下記の物品を国内へ持ち帰った。残置した架ほか関係機器材はビニールシートでおおった。

- | | |
|----------------------|------------------|
| 1) テープ記録再生装置テープ送り機構部 | 9) 電磁オッシログラフ本体 |
| 2) ペンレコーダー本体 | 10) 較正器 |
| 3) ペンレコーダー増幅制御盤 | 11) PI 制御盤 |
| 4) 時刻信号発生器 | 12) 電源4組 |
| 5) 復調器制御盤 | 13) テープ記録再生装置増幅部 |
| 6) 受信機電源 | 14) 復調器用ユニット39枚 |
| 7) 電磁オッシログラフ用増幅器 | 15) ダウンコンバータ |
| 8) 電磁オッシログラフ用制御器 | 16) 受信機本体 |

9.4. その他

指令電話装置、放送施設、インターホン装置などすべて引き継ぎ時の動作は良好で、これらの回路網はそのまま残置した。天井からの水漏れから機器を保護するために、ビニールシートでおおいを施した。なお、ロケット部門測定器類を基地閉鎖に当たり整理し、その存在を明確にした。

10. あとがき

1969年第10次南極地域観測隊によるロケット基地建設から始まった南極観測ロケット第1次長期計画は、1970年度のテスト・フライトを皮切りに、本格的冬期の観測を1971年から1973年の3年間に実施した。この間、厳寒地におけるロケット実験は幾多の困難に遭遇したが、各次隊ロケット班の努力で乗り越えてきた。この3年間のロケット実験では、オーロラ解明のための貴重な観測記録の取得と南極ロケット打ち上げオペレーション技術の確立など、関係者の所期の目的を満足させるに値する結果が得られた。この成果を報告できることは、第11・12・13・14次ロケット実験班にとって大いなる喜びである。

今後、IMS 期間(1976-78)に予定されているロケット実験再開に当たって、新たな多くの問題が山積みされていると思うが、ここに報告した第1次長期計画のロケット・シリー

ズの経験が役に立てば幸いである。来たるべき南極観測ロケット実験でより多くのロケットが南極の空高く打ち上げられて、ますます発展していくことを願いながらこの報告を終る。

最後に本ロケット・シリーズの計画に際して、深いご理解のもと、多大なるご指導を賜わった永田武先生、前田憲一先生、故玉木章夫先生、斎藤成文先生、森大吉郎先生および平尾邦雄先生をはじめとした多くの南極ロケット関係諸先生方に厚く感謝の意を表します。また南極昭和基地で直接ご協力・ご援助を賜わった第11次・12次・13次・14次観測隊員の皆様に深い謝意を表します。

文 献

- 鮎川 勝・芦田成生・伊東弘二（1971）：昭和基地における接地抵抗の測定結果。南極資料，**42**，43-52。
- 川口貞男・平沢威男・伊東弘二・芦田成生・鮎川 勝・白壁弘保（1971）：第11次南極地域観測隊ロケット部門報告。南極資料，**40**，74-107。
- 南極地域観測統合推進本部（1972）：日本南極地域観測第12次隊報告（1970-1972）。南極地域観測統合推進本部，p.1-364。
- 南極地域観測統合推進本部（1973）：日本南極地域観測隊第13次隊報告（1971-1973）。南極地域観測統合推進本部，p.1-246。
- 国立極地研究所（1974）：日本南極地域観測隊第14次隊報告（1972-1974）。国立極地研究所，p.1-197。