

## 昭和基地における接地抵抗の測定結果

鮎川 勝\*・芦田成生\*\*・伊東弘二\*\*\*

### Measurement of Ground Resistance at Syowa Station in the Winter of 1970

Masaru AYUKAWA\*, Shigeo ASHIDA\*\* and Hiroji ITO\*\*\*

**Abstract** : The rocket launching facilities were constructed at Syowa Station (69°00'S, 39°36'E), Antarctica, in January 1970.

For operating the rocket launching with safety, it is necessary to maintain a good ground even during the winter season. In order to investigate the seasonal variation of ground resistance the measurements of the earth-plate resistance and the ground temperature at 50cm were carried out once in ten days from February 1970 to February 1971.

The ground resistance measured at three sites showed the increase with lowering of the ground temperature: the minimum being 8.4  $\Omega$  (at 0°C) and the maximum 280.0  $\Omega$  (-14.5°C) in the rocket ignition system; the minimum 5.4  $\Omega$  (1.0°C) and the maximum 150.0  $\Omega$  (-12.0°C) in the rocket radar-telemeter system; the minimum of 21.0  $\Omega$  (1.5°C) and the maximum 390.0  $\Omega$  (-20.4°C) in the radio station system.

#### 1. はじめに

1970年2月、第11次南極地域観測隊によって昭和基地初の観測ロケット打上げが成功をおさめた。危険なロケット作業に携わる場合、注意すべき点は多種多様であるが、中でも特に、放電現象に取り扱い者は、関心を深めなければならない。なぜならば、ロケットは、火花によって着火する危険性を有し、放電現象は、その可能性を多分に含むと考えられる。湿度の低い昭和基地においては、その放電現象の誘因である静電気の帯電が活発である。その帯電防止策として、抵抗値の小さい接地をいかにしてやるかということが問題になる。従来昭和基地においては、良質の接地を設備することに多くの観測者が、検討を重ねてきた。しかし、硬い岩盤の昭和基地周辺の大地、年平均気温-10.8°C(1970年)などの自然条件の特異性によって、冬期における接地抵抗値は、必ずしも満足するものではなかった。それが接地部分の凍結に起因するものであることは、既に知られていた。それを定量的に確かめるため、接

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

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

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

地抵抗が地温によってどのように変化するかを、初めての試みとして、一年を通じて定期的に、毎月3回接地抵抗の測定を行なった。

この接地抵抗測定は、1971年（第12次隊）以降、冬期ロケット打上げの安全性を高める対策の一助となることを目的としたものであるが、他の観測部門の接地問題に関しても、若干の検討資料になろうことを願って報告するものである。

## 2. 接地材料、埋設場所および測定方法

接地材料には、図1に示す長さ3m、巾2cmの渦巻状銅板を使用した。当初の計画としては、この材料を1.5~2.0m程度、昭和基地周辺の硬い地盤に接地板打込み機を使用して、打込む予定であったが、硬い地盤には、新たに準備した打込み機の効力がなく、計画変更を余儀なくされた。



図1 接地材料の渦巻状銅板

埋設場所は、比較的地盤軟弱で、良質接地を必要とする組立調整室、レーダテレメータ室両建築物に近い湿地帯（夏季）を選定した。図2のA地点を点火系統の接地、B地点をレーダテレメータ系統の接地とした。この場所は夏季期間泥沼と化し、地下60~70cm近辺より岩盤質となっていた。接地面積を広げるために、図1に示す円型渦巻状銅板を引き伸ばし、点火系統、レーダテレメータ系統として、各々4~5本ずつ地下約50cmの個所に、チョコゲルと称する助導電剤とともに埋設、それらを系統ごと一個所に集結させ、3RNCT3c×5.5mm<sup>2</sup>のキャプタイヤケーブルを使用して、図2の破線で示す経路で、組立調整室、レーダテレメータ室に導いた。

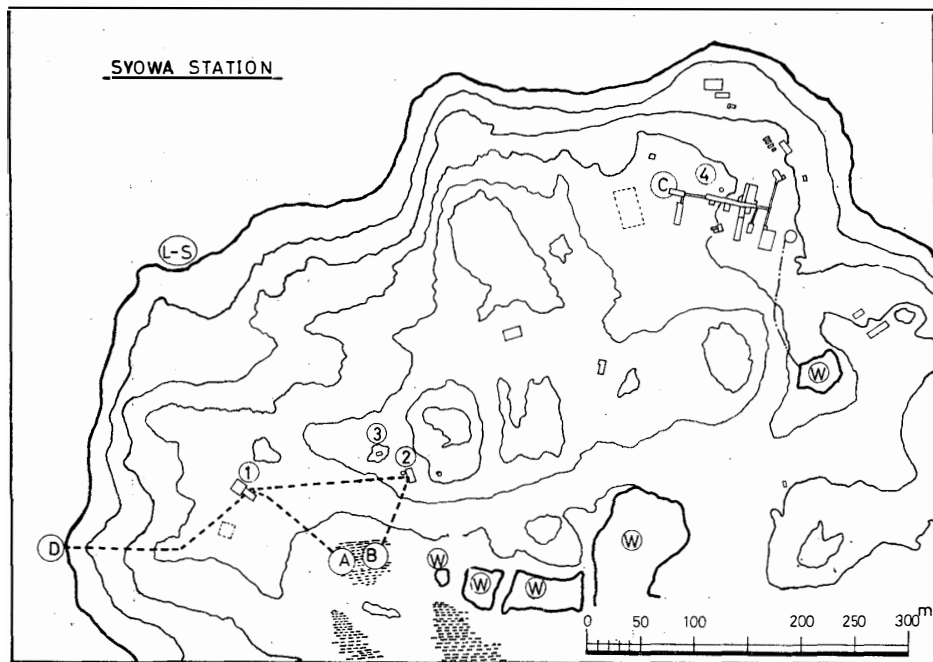


図2 接地場所

④ 点火系の接地点(1970), ⑤ レーダテレメータ系の接地点(1970), ⑥ 通信棟系の接地点(1966), ⑦ 点火系の接地点(1971), ① ロケット組立調整室と発射台, ② レーダテレメータ室, ③ ロケットコントロール室, ④ 主基地, ⑤ 池, ⑥ 陸—海境界線, 〰️ 湿地帯(夏期間), ..... 接地の導線

接地抵抗の測定は、アース・テスター3235型を使用し、補助棒を接地部より約10mおよび20m離れた2地点に設け行なった。地温は感知部として、密閉型サーミスタ（ $-50\sim 50^{\circ}\text{C}$ ）を接地板埋設地（地下約50cm）に埋込み、温度測定器MGA-II型（ $-50\sim 50^{\circ}\text{C}$ ）によって測定した。なお比較検討の資料として、1966年に第7次隊によって既設の通信棟系統（図2のC地点）の接地抵抗も併せて測定した。

### 3. 測定結果

接地部は、1970年1月20日に埋設を完了した。その時の接地抵抗値は、点火系 $10\Omega$ 、レーダテレメータ系 $5.5\Omega$ であった。測定は原則として、毎月10日、20日、30日としたが、ブリザードなどにより、若干の測定日変更があった。接地抵抗値の地温による変化は、表1、図3、図4および図5のように記録された。測定値三点のうち、接地抵抗値が最も大きくなったのは、通信棟系 $390\Omega$ （8月31日）、ロケット基地においては、点火系 $280\Omega$ （9月19日）、レーダテレメータ系 $150\Omega$ （9月30日）が最高値であった。地温が約 $-5^{\circ}\text{C}$ 以上であれば、抵抗値の地温による影響は比較的小さいが、 $-5^{\circ}\text{C}$ 以下になると、抵抗値は急激な上昇傾向を

表 1 昭和基地における接地抵抗の測定結果 (1970年2月~1971年2月)

(注) ① 45°E.M.T.: 45° East Meridian Time (東経45°子午線時間)

② IG : Ignition System (点火系統)

③ RT : Radar-Telemeter System (レーダテレメータ系統)

④ RS : Radio Station System (通信棟系統)

Date and time (45°E.M.T.) ①	Measurement station	Ground resistance (ohm)	Underground temperature (°C)	Air temperature (°C)	Depth of snow cover (cm)
Feb. 21 (1970) 14h 00m	IG② RT③ RS④	8.4 5.4 21.0	0.0 1.0 1.5	3.0	No snow (dry ground)
Feb. 28 14 00	IG RT RS	9.0 5.9 21.5	- 0.5 0.0 0.5	- 1.8	No snow (dry ground)
Mar. 10 16 00	IG RT RS	13.8 8.5 22.3	0.0 - 0.1 - 2.0	- 3.5	No snow (dry ground)
Mar. 20 15 00	IG RT RS	22.5 14.5 42.0	- 1.8 - 1.0 - 4.2	- 9.1	No snow (dry ground)
Mar. 30 14 00	IG RT RS	64.0 44.0 49.0	- 7.5 - 5.5 - 7.5	- 8.6	0.6 4.0 No snow
Apr. 10 16 00	IG RT RS	69.0 45.0 52.0	- 4.5 - 4.5 - 5.0	- 8.7	3.0 6.0 No snow
Apr. 20 15 00	IG RT RS	87.0 55.0 60.0	- 6.5 - 6.5 - 8.5	-11.7	33 30 60
Apr. 29 13 00	IG RT RS	92.0 54.0 53.0	- 6.8 - 5.9 - 8.5	-13.8	35 30 80
May 9 14 00	IG RT RS	116.0 68.0 51.7	- 8.2 - 7.2 - 8.8	-21.6	40 40 80
May 19 14 00	IG RT RS	Instrument malfunction	-13.2 -11.0 -16.2	-13.2	
May 30 13 00	Could not locate thermistors covered with deep snow			-10.0	
June 9 15 00	IG RS	143.0 85.0	- 9.8 -10.0	-16.1	80 100
June 10 14 30	RT	84.0	- 8.2	-17.2	90
June 20 14 00	IG RT RS	169.0 95.0 140.0	-10.5 - 9.0 -14.0	-19.2	90 100 100

Date and time (45° E.M.T.)	Measurement station	Ground resistance (ohm)	Underground temperature (°C)	Air temperature (°C)	Depth of snow cover (cm)
June 30 13h 00m	I G	161.0	-10.8	-13.3	100
	RT	96.0	-9.2		100
	RS	102.0	-12.2		100
July 11 14 00	I G	165.0	-10.8	-17.3	120
	RT	96.0	-9.1		130
	RS	105.0	-12.5		100
July 20 13 00	I G	175.0	-11.7	-10.3	150
	RT	108.0	-10.8		170
	RS	89.0	-10.8		120
Aug. 1 10 00	I G	194.0	-12.2	-14.8	180
	RT	110.0	-10.0		200
	RS	131.0	-13.3		120
Aug. 10 10 00	I G	210.0	-11.9	-20.8	200
	RT	113.0	-10.0		200
	RS	183.0	-16.8		183
Aug. 22 10 00	I G	225.0	-12.2	-22.5	200
	RT	118.0	-10.3		200
	RS	210.0	-18.3		120
Aug. 31 14 00	I G	260.0	-14.2	-31.0	200
	RT	125.0	-12.0		200
	RS	390.0	-20.4		120
Sept. 10 15 00	I G	270.0	-14.2	-20.6	230
	RT	142.0	-11.5		250
	RS	310.0	-18.5		130
Sept. 19 14 00	I G	280.0	-14.5	-22.5	230
	RT	148.0	-11.9		250
	RS	300.0	-17.3		130
Sept. 30 09 00	I G	260.0	-14.2	-16.0	200
	RT	150.0	-12.0		230
	RS	230.0	-15.2		120
Oct. 11 13 00	I G	240.0	-13.1	-15.2	180
	RT	142.0	-11.3		200
	RS	130.0	-11.9		100
Oct. 23 13 00	I G	200.0	-13.0	-11.0	170
	RT	140.0	-11.3		190
	RS	80.0	-11.5		100
Nov. 1 16 00	I G	181.0	-12.5	-8.2	150
	RT	134.0	-11.0		160
	RS	76.0	-10.2		100
Nov. 11 14 00	I G	150.0	-11.8	-4.7	180
	RT	126.0	-10.0		200
	RS	73.0	-3.8		100
Nov. 20 14 00	I G	130.0	-6.5	-3.7	130
	RT	119.0	-6.5		170
	RS	73.0	-2.8		50

Date and time (45°E.M.T.)	Measurement station	Ground resistance (ohm)	Underground temperature (°C)	Air temperature (°C)	Depth of snow cover (cm)
Nov. 30 11h 00m	I G R T R S	130.0 112.0 59.0	-10.8 -9.5 -2.4	-3.1	100 150 A pool with thawing snow
Dec. 11 13 00	I G R T R S	90.0 95.0 45.0	-9.3 -8.8 2.3	2.5	80 100 A pool with thawing snow
Dec. 20 14 00	I G R T R S	42.0 26.0 38.0	-3.8 -3.2 3.8	-1.0	60 80 A pool with thawing snow
Dec. 31 11 00	I G R T R S	28.0 20.0 23.0	-2.8 -2.3 -1.0	1.5	28.0 20.2 No snow (wet ground)
Jan. 9 (1971) 13 00	I G R T R S	19.0 14.8 32.0	-2.0 -1.8 5.8	6.0	A pool with thaw- ing snow " No snow (wet ground)
Jan. 20 13 00	I G R T R S	12.5 9.0 21.0	0.5 0.5 3.5	1.0	A pool with thaw- ing snow " No snow (wet ground)
Jan. 30 11 30	I G R T R S	7.4 7.0 21.3	1.8 0.5 2.7	0.5	A pool with thaw- ing snow " No snow (wet ground)
Feb. 10 14 00	I G R T R S	13.0 6.7 31.0	1.5 0.5 3.0	0.2	A pool with thaw- ing snow " No snow (wet ground)

しめしている。また通信棟系の記録から推察すれば、地温 $-20^{\circ}\text{C}$ を境として、それより低いような状態になると、地温変化に伴う抵抗値の変化する割合は、より一段と大きくなりそうである。いずれにしても、1年の間で8~9月に接地抵抗値が最も大きな値になる事実は、否めないであろう。

#### 4. 検 討

測定結果によれば、冬の乾燥凍結期における点火系接地抵抗値は、 $300\Omega$ まで上昇している。今次越冬中(1970年)、接地抵抗測定と併行した帯電気測定を行ない得なかったため、越冬中(真冬における)の人体着衣やロケット・ランチャーなどに、どの程度までの帯電があったのか不明であるが、測定結果が示す約 $300\Omega$ の接地抵抗値であれば、一応放電によるロケット推進薬の自然着火は、充分防止できると判断してよい。しかし接地抵抗の最大約 $300\Omega$ という事実は、電流感度の高い点火玉にとって、必ずしも効力があるとはいえない。なぜならば、

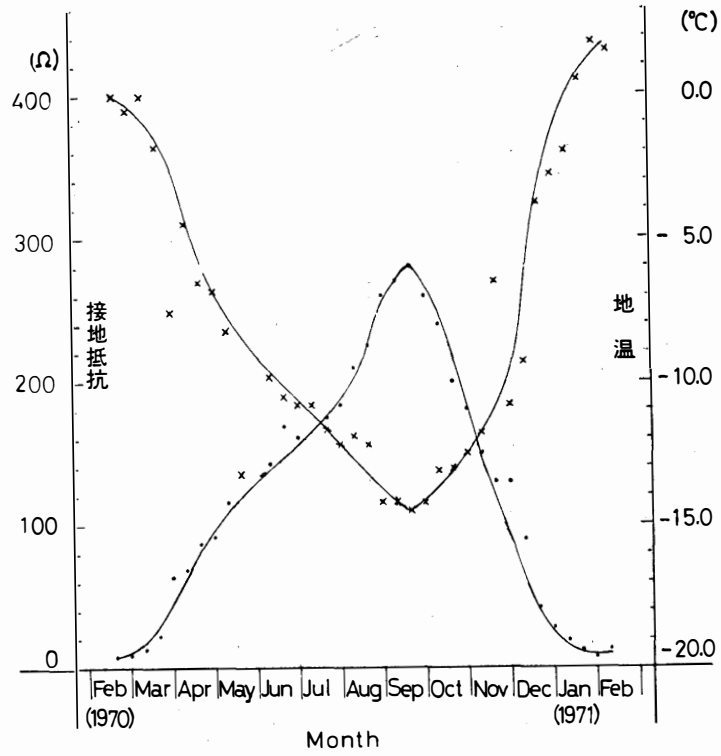


図3 点火系統の接地抵抗測定結果      • 接地抵抗値    × 地温

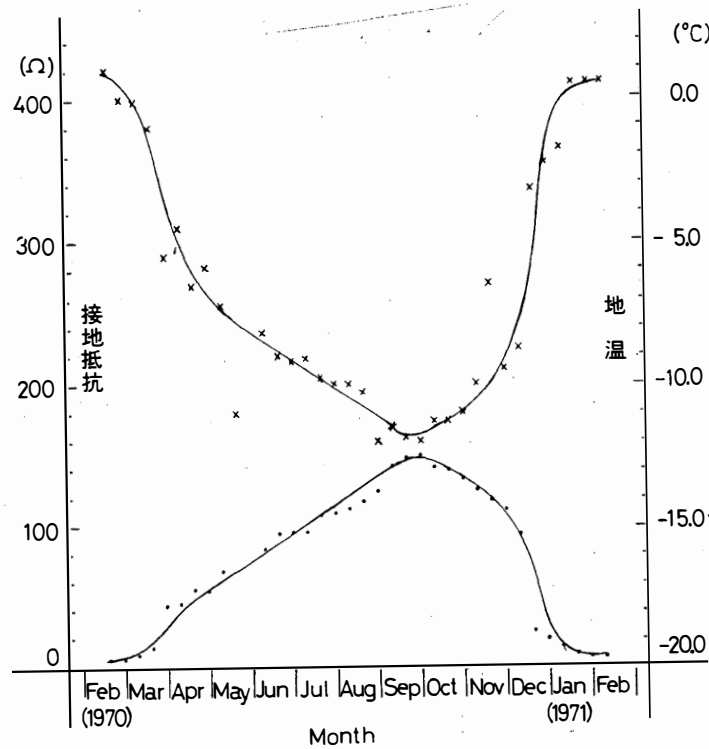


図4 レーダテレメータ系統の接地抵抗測定結果      • 接地抵抗値    × 地温

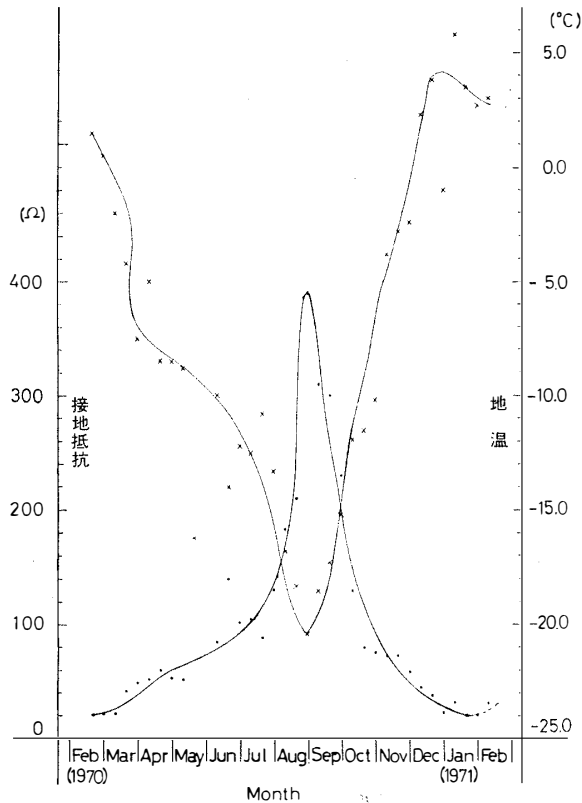


図 5 通信棟系統の接地抵抗測定結果  
 ・接地抵抗値      ×地温

点火玉系統との接触通電によるロケット推進薬の着火という事態が考えられるからで、むしろ問題はこちらの方にある。この接触通電の防止策の一つに、イグナイターの胴体部と点火玉回路とを $100\text{k}\Omega$ 程度の抵抗で接続することによって、ある程度の防止となるが、いずれにしても、ロケット作業の安全性の一点を接地設備の面から考える時、真冬に抵抗値が約 $300\Omega$ まで上昇する接地設備は、充分満足できるものとはいえない。それ故、南極昭和基地で、良質の接地を確保するには、ただか地下数十 cm 程度で岩盤となり、接地板を深く埋設することが不可能な地盤条件の特異性、気温約 $-40^{\circ}\text{C}$ 、地温約 $-20^{\circ}\text{C}$ （地下約 $50\text{cm}$ ）まで下がる気候条件の特異性など考慮した接地材料、接地方法、例えば、1969年第10次隊の送信棟接地設備で接地板周辺に注入した(ベントナイト)+(塩)+(水)、あるいは今回(1970年)ロケット基地接地設備で使用したチコーゲルのような助導電剤など、電解質液の改良開発の研究の必要性を感じる。

越冬全期間の測定による経験および現地事情などから判断して、地温の低下による接地抵抗値の増大を少しでも緩和するには、当面の対策としては、前述の電解質液の改良、接地面積の拡大および接地部をより深く埋設することなどの他に、良策はないと考えるが、接地場所の選定に検討の余地がある。例えば、ロケット基地周辺で、最も導電性のある地脈を調査し、そこに接地設備を埋込む、あるいは接地点を海底とし、海に良質接地を求めるなどである。



## 5. む す び

筆者等は、測定記録を基にして、今回の接地設備が、夏季期間のロケット打上げオペレーションに関しては、効力のあるものと判断した。しかし、冬期には十分な接地設備と考えられず、内地と連絡をとりながら、ロケット打上げのためのこれからの接地について、設備場所、材料および埋設方法などの検討を重ねてきた。この小報告の結びとして、筆者等が昭和基地を離れた1971年3月、第12次隊によって設置されたロケット基地の点火系統の接地設備について報告する。第12次隊ロケット班は従来通りの接地方法であれば、地面凍結による抵抗値上昇は、防止しきれないものと考え、新しい試みとして、接地点を海底に設けた。また接地面積の拡大を計って、約 $1.5 \times 1.0\text{m}$ の銅接地板を使用した。設地場所は、組立調整室・発射台の西南西約200mの海岸（図2，D地点）を選んだ。南極のような海面が結氷する場所で海中に接地板を設ける場合、最も問題になるのは、結氷と潮汐の影響によって、接地点からの導線を切断されることである。第12次隊ロケット班と筆者等は、この点を充分考慮して、図6のような工夫のうえ設置した。設置を完了した時の接地抵抗値は、 $1.0\Omega$ で非常に良い結果を得た。この海中接地設備が、導線切断などの事故を未然に防ぎ、一年間有効であったとするならば、接地問題に関して非常に明るい情報となるであろう。第12次隊越冬隊の報告を期待している。

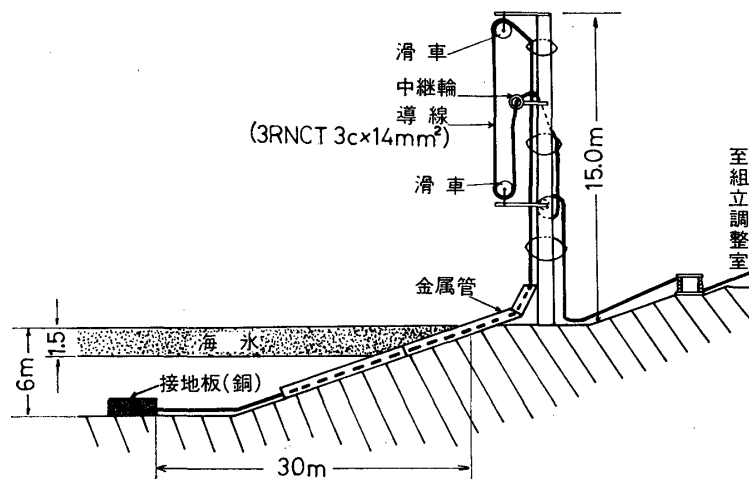


図6 海中に入れた接地板の導線保護装置

## 6. 謝 辞

第11次隊川口貞男副隊長と平沢威男隊員に接地設備、方法などについて種々の御指導をい

ただいた。厚く感謝の意を述べる。また松田達郎第11次隊長・白壁弘保隊員他第11次越冬隊員の御協力に深く感謝する。

(1971年8月20日受理)