

## 南極周回気球放球オペレーション

秋山 弘光\*<sup>1</sup>・藤井 良一\*<sup>2</sup>・小野 高幸\*<sup>3</sup>

### Launching Operation of Two Polar Patrol Balloons

By

Hiromitsu Akiyama, Ryouichi Fujii and Takayuki Ono

**Abstract:** From late December of 1990 to early January 1991, We launched two large zero pressure balloons from Syowa Station which is the Japanese research base in the Antarctica.

The first balloon launched on December 25, 1990 returned near Syowa Station after 15 days flight keeping constant altitude of about 30 km. It finally accomplished a one and half a circumpolar flight successfully.

The second balloon, launched on January 5, 1991, also flied a half round at a constant ceiling altitude and its flight duration was 5 days. Those balloon experiments were carried out by the members of 31st and 32nd Japanese Polar Research Expeditions.

In this paper specially designed field instruments and apparatuses for launching works at Syowa Station are explained and actual launching process of above two balloons are also described in detail.

### はじめに

科学観測にとって重要な高緯度地域での気球による長時間観測の可能性について1984年より検討がなされ、南極を周回するPPB (Polar Patrol Balloon) 観測計画<sup>1</sup>が立案された。これに基づいてPPB 実用化に向けての基礎実験として、第28次<sup>2</sup>及び30次<sup>3</sup>の観測隊によって計3機の気球が放球され、南極の夏期間に於て気球が南極大陸を西廻りに1周する可能性を立証した。

---

\*<sup>1</sup> 宇宙科学研究所

\*<sup>2</sup> 名大STE 研究所

\*<sup>3</sup> 国立極地研究所

第32次南極観測隊<sup>4</sup>は、このPPBによる科学観測を行うため、夏期間に気球を2機、越冬明けの春に1機の計3機の長時間観測する気球を実施することとし、昭和基地に観測器及び放球機材を搬入した。

ここではPPB気球観測実験の為の地上放球設備及び夏期間に放球した2機の放球オペレーションについて述べる。

今回の夏期間に放球するPPBの2つの気球は基礎実験段階で昭和基地で放球した気球体積B15 (15,000m<sup>3</sup>) よりも大きいB25とB32 (32,000m<sup>3</sup>) の気球を使用し、気球の総浮力は従来の2倍を超える518kgであった。この気球放球作業には少なくとも10名以上の要員が必要であり、第32次隊と31次越冬隊との協同でこの気球放球実験を遂行した。(秋山は32次夏隊員、藤井は32次越冬隊員、小野は31次越冬隊員でいずれも宙空グループ)

## 1 昭和基地

昭和基地は東オングル島の片隅に宿舎と研究棟が密集して建設されており、人の動きが効率良く出来るよう配置されている。またブリザードにより雪が積もるのを防ぐために建物は高床式か地面より高く建設されている。昭和基地周辺の建物配置図を図-1に示す。今回の気球の観測器重量はバラストを含むと350kgと重いため、観測器を3つに分割して構成した。こうする事により観測船しらせの船倉内観測室に搬入する事が可能であり南極への航行中に船内で観測器の動作チェックを続ける事が出来た。

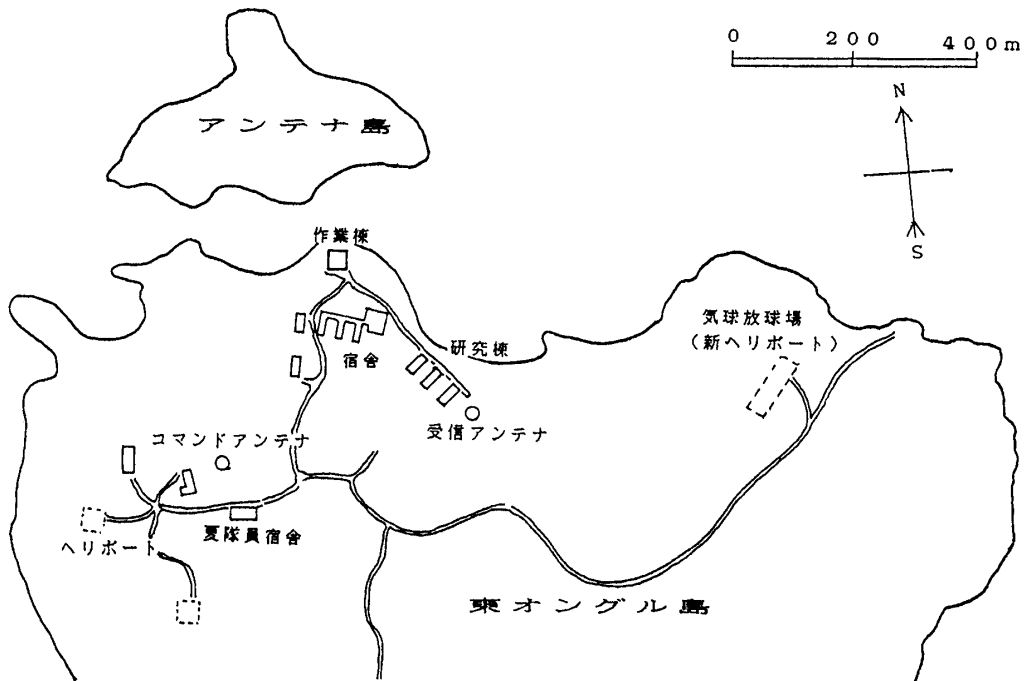


図1 昭和基地の見取り図

昭和基地に於いては観測器の重量が重いため組立調整には室内クレーンが必要である。また総合試験や放球の為に室内から屋外へと数回出し入れする際にもクレーンで持ち上げ小型

トラックで搬出しなければならない。基地内で唯一自動車の出入り出来る建物としては作業棟がある。そこは主に車両や雪上車の修理をしている作業工場で2階建ての大きな建物であり、半分は2階まで筒抜けに成っていて天井に走行クレーンを持っている。この作業棟にて観測器の組み立て及び計測器を持ち込んで調整をした。

今回の観測器は、日本に於て機器調整がほぼ済んでいたために主な作業はバラスト搭載や組立パッキング作業であり、大幅な機器の変更調整を行わずに済んだが複雑な作業を行うには、ここでは環境的に無理がある。

気球本体やガスカードル及び減圧器等の大型機器の短期保管は屋外に置く以外に方法がない。基地屋外では気候変化が激しく、かつ強風やブリザードに見舞われる場合もあるので、それらに対する防護策として気球を保護するグランドシート等で覆って設置した設備を保護した。将来は屋外で使用する計測器類及びガス減圧器は出来れば強風対策を施した機器を持ち込む必要がある。

## 2 気球放球システム

### 2-1 気球放球場

気球の放球場は第30次隊の気球実験から使用している新ヘリポートを使用した。この新ヘリポートはヘリコプタの緊急発着場として現在も整備中であり岩山を崩して長さ110m、幅30mが地均ししてある。強風やブリザードで整地した土砂が飛ばされないようにこの地面全面積に渡って金網が覆われており、気球放球場として基地内ではここ以外に良い条件の場所はない。放球場（滑走路）の向きは北東からの卓越風に合わせてあり、風下側20mの位置にランチャを固定する基礎のアンカーナットが埋め込まれており、ここに、改造した立て上げ放球用ランチャを据え付けた。

ヘリコプタの発着場の為に周囲にはアンテナ等の突起物もなく安心して放球出来る場所である。唯一の難点は、ここの放球場は風を遮るものが何もなく、陸から海水平原へと続く場所に位置しているので地上風をまともに受けることである。

ここでの放球可能な気球の大きさはランチャ設置位置から滑走路末端まで90mの長さが確保出来るために、最大10万立方メートル程度の気球まで放球可能である。

放球場の脇には同一平面に長さ30m、幅15mの物資集積場が整地されており、ガスカードル、配管ホースや気球等の放球に必要な準備物資はその場所に置いた。図-2には新ヘリポートの見取図と放球機器の配置位置を示す。

### 2-2 放球方式

今回のPPB本実験に先駆けて第30次観測から、昭和基地の気球の放球法を頭部保持放球法から立て上げ放球法に変更している。この立て上げ放球法は気球の大型化と観測器の重量増に対してより安定した放球法として、現在三陸大気球観測所（SBC）で採用している放球方法と同じである。

立て上げ放球法は気球全体を伸展し気球下部金具をランチャに結び、ローラを介した気球頭部にヘリウムガスを充填する。ガス充填後の気球はローラー車にて立て上げて行きランチャまで来たらローラを静かにはずしてランチャに浮力がかかるようにする。この際地上風に

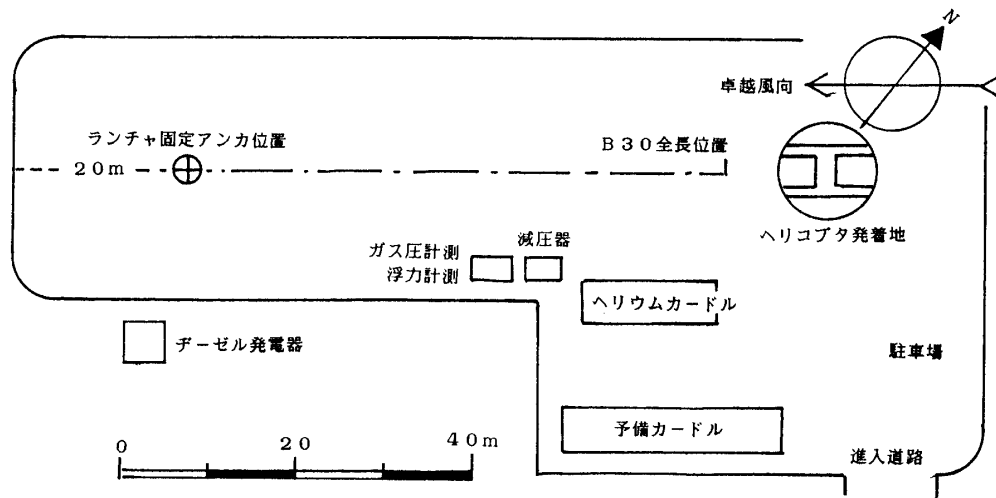


図2 放球場内機器設置配置

よって立て上げた気球下部皮膜が帆を張ったように膨らむのを防ぐために気球上部をカラーで固定する。立て上げた気球はランチャによって浮力が測られるが、これはガスの浮力が計算どおりに充填されているかを再確認する為である。

昭和基地の放球設備のランチャは据置型固定ランチャにした。それは気球が強風にあおられてもランチャがしっかりと大地に固定しておれば安全だからである。このランチャは30次観測で4機の気球を放球したが1部に不具合が有りその手直しとグリスアップのために持ち帰り、32次観測でそれらを変更して再度昭和基地に搬入して設置した。ランチャに取り付けた浮力観測用のロードセルは1トンである。ランチャの浮力キャリブレーションは鉛ブロックを使用して実重量及びロードセル抵抗の2つの方法によって行った。ランチャの概略図を図-3Aに示す。

気球を立て上げる際に用いるローラー車の概略図を図-3Bに示す。ローラ直径は60cmで長さは1mとSBCのローラと同じサイズである。ローラの材料はFRPで製作してある。

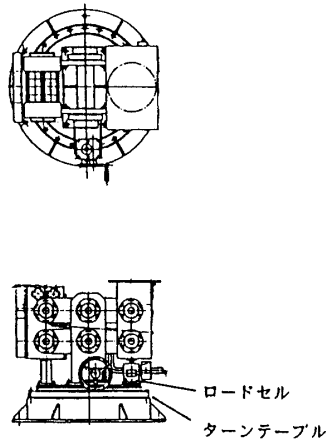


図3A 立て上げ放球用ランチャ

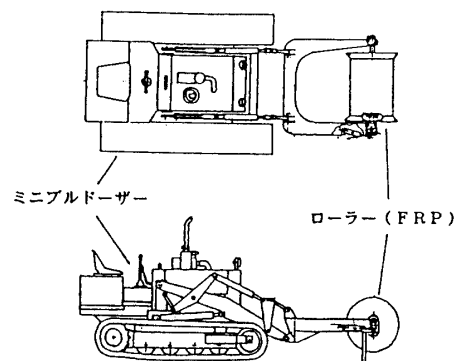


図3B ローラー車

ローラー車の機体本体は通常は汎用除雪作業車（ブルドーザ）として使用しておりキャタピラ式である。気球実験の時にのみ前部のバケットをローラに交換することによりローラー車として使用できる構造である。ローラー車の動きもキャタピラの為に接地面積が大きいのでローラ自体は軽いが安定して浮力700kgまでは気球を立て上げることが出来る。

### 2-3 ガス注入及び浮力決定方式

南極に搬入出来るヘリウムガスカードルのサイズは観測船しらせの船倉規格と船から基地までのヘリコプタの輸送能力量によって規制される。基地で使われているガスカードルは容積47リッタのガスボンベ（温度35°Cで150気圧充填，ガス容積にして7 m<sup>3</sup>）を8本組み合わせたものを標準規格としている。これは南極での定常気象観測のゾンデ用ヘリウムガスカードルと同じ形である。このガスカードルは南極暴風圏を通過し安全確保のため、全部のボンベに金属キャップをかぶせて搬入し、基地に到着してから8本を1つの集合管にまとめてそれを相互に接続してガス供給源とした。集められたガスは減圧器を介して気球のガス注入口に接続される。使用する減圧器の2次側配管には弁を設けずに直接気球注入口に接続されており、ガス流量の制御は減圧器の圧力調節ハンドルを廻して調節した。この減圧器はガス流量調節弁として機能し、1次圧力が低下すると圧力調整ハンドルを強く廻してガス流量を大きくすることが出来る。しかし1次圧力が10気圧以下になると流量が低下するので充填時間を短縮するために15気圧付近で充填を停止するようにした。

ガス圧力計測はブルドン管の圧力指示メータと圧力ロードセルのデジタル指示計の双方で計測して見誤りの無いようにした。ガス温度の計測は2個のサーミスタ温度センサによってボンベ本体温度を計測した。ランチャの浮力計測は圧縮ロードセルを使用し、デジタル指示計とペンレコーダに記録した。しかし気球を完全に立て上げた後でなければ計測出来ないし、その際の値は気球重量を差し引いた値である。図-4にその計測系ブロックダイアグラムを示す。

立て上げ放球法の浮力は伸展した気球頭部にのみガスを充填するためガス量で決定しなければならない。そのガス量はボンベの容積と圧力及び温度とボンベ本数によって決まる。SCBで行う通常の実験では、容積275リッタのボンベ18本を使い1つのコンテナから750m<sup>3</sup>のガス量が得られる。ガス供給は単純になるが、ボンベにガスが大量に残っている場合には充填中にそのガス量を精度良く計測することは困難である。ガス充填による断熱膨脹により、ボンベ内のガス温度が低下するが、高圧ボンベ内のガス温度を直接測ることは実際的でないので、間接的にボンベの温度を測るが、その場合実際のガス温度とは誤差がある。残留ガス圧力が大きいほど誤差も大きい。この為にコンピュータによる推定を挿入して充填ガス浮力の精度を向上させている。

上記の方法は、臨時の設営である昭和基地での気球実験には必ずしも適さない。多少精度が低くても簡単で確実な方法が望ましい。昭和基地でのガス充填がSBCと異なる点は、小さい容積のボンベの集合体であることである。従って必要なボンベ本数だけ開弁すれば、ガス充填後の残留ガスを小さく出来、かつ温度変化による誤差の影響を小さく出来る。具体的なガス充填手順は下記の様に定式化する事で、作業の確実性を高めた。

- 1) 各温度、圧力に対するボンベ1本当たりの潜在浮力を計算し表にして準備する。

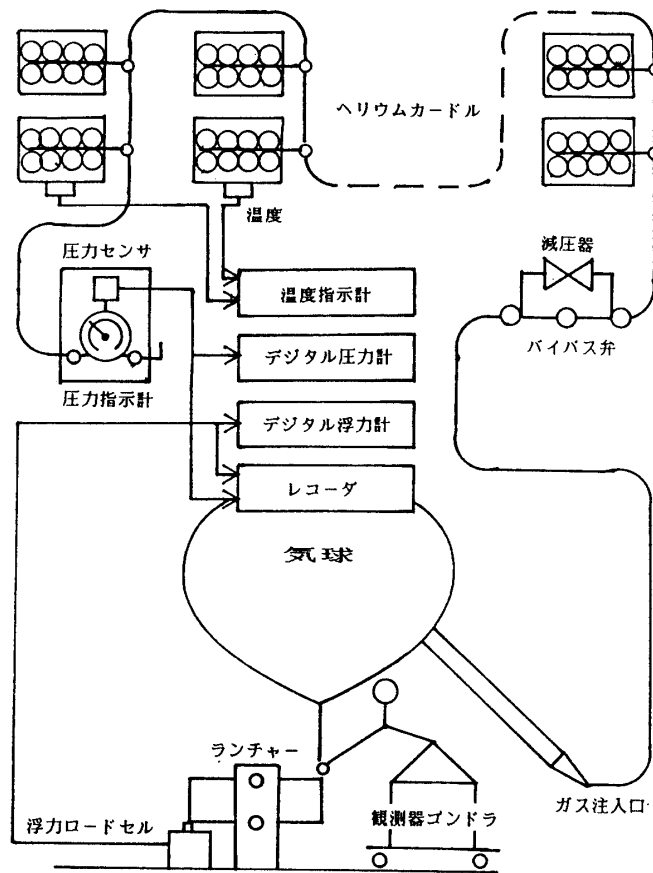


図4 ヘリウムガス注入方式と計測システム

表-1 に  $5^{\circ}\text{C}$  の時の潜在浮力表を示す

- 2) 残留圧力が小さい場合について、図-5 のようなボンベ温度と圧力の関係を潜在浮力をパラメータとして温度補正グラフを作る。
- 3) 使用ボンベの全バルブを開けてガス圧力を均一化して置く。
- 4) 平均圧力  $P_0$  と温度  $T_0$  から潜在浮力表よりボンベ 1 本当たりの潜在浮力  $F_0$  を求める。
- 5) 最終充填ガス圧力を 15 気圧まで使うとして、そのときのボンベの潜在浮力  $F_f$  を表より求める。
- 6) 総浮力  $W_b$  を与えるために必要なボンベ本数  $N$  を、 $N = W_b / (F_0 - F_f)$  として求め、端数をきりあげる。
- 7) ガス充填後にボンベに残る潜在浮力  $F_f'$  を  $F_f' = F_0 - (W_b / N)$  として求め、その直線を図-5 の上に引く。
- 8) 図-5 の直線上で、温度  $T_1$  として第一充填目標圧力  $P_1$  を決めその圧力になるまでボンベ温度を気にせずにガスを充填する。
- 9) 圧力  $P_1$  となった時点で一旦ガス充填を中断して、ボンベ温度とガス温度が平衡するまでの 3 分間以上待つ。
- 10) ボンベ温度  $T_1$  を読み、その温度での目標ガス圧力を図-5 から求め、第 2 目標圧力

第1表 温度5°Cの時のボンベの潜在浮力

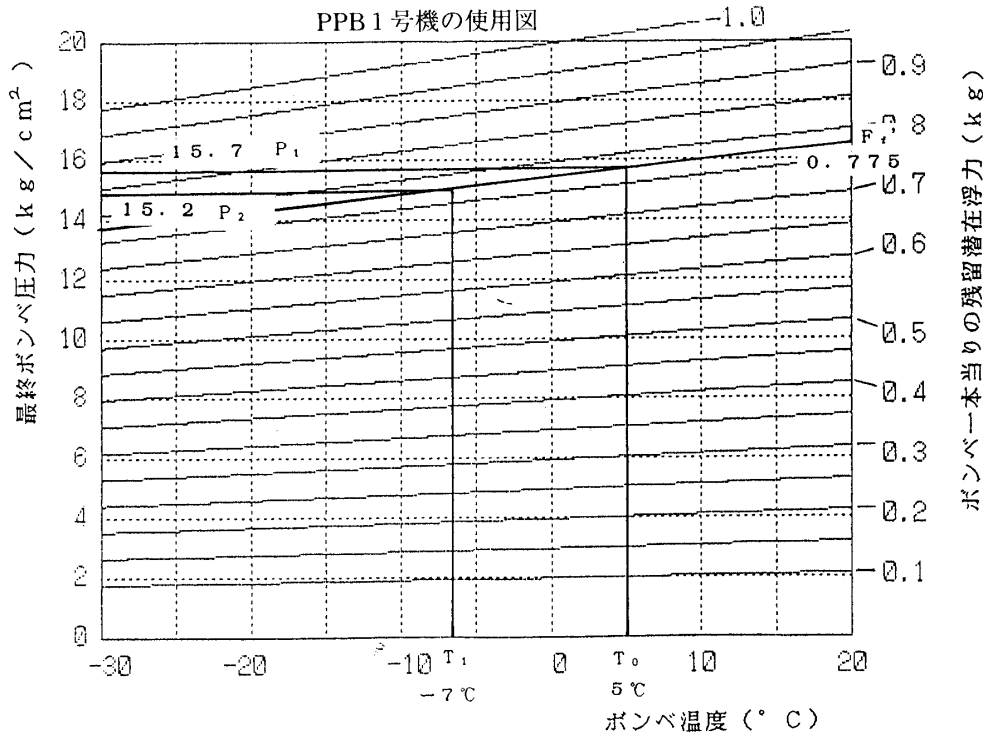
T=5°C

Pkg/cm <sup>2</sup>	F kg	Pkg/cm <sup>2</sup>	F kg	Pkg/cm <sup>2</sup>	F kg
1	0.050	51	2.473	101	4.774
2	0.099	52	2.520	102	4.819
3	0.149	53	2.567	103	4.864
4	0.199	54	2.614	104	4.909
5	0.248	55	2.661	105	4.953
6	0.298	56	2.708	106	4.998
7	0.347	57	2.755	107	5.043
8	0.397	58	2.802	108	5.087
9	0.446	59	2.849	109	5.132
10	0.495	60	2.896	110	5.176
11	0.545	61	2.943	111	5.221
12	0.594	62	2.989	112	5.265
13	0.643	63	3.036	113	5.309
14	0.692	64	3.083	114	5.354
15	0.741	65	3.129	115	5.398
16	0.790	66	3.176	116	5.442
17	0.839	67	3.222	117	5.486
18	0.888	68	3.269	118	5.530
19	0.937	69	3.315	119	5.574
20	0.986	70	3.361	120	5.619
21	1.034	71	3.408	121	5.663
22	1.083	72	3.454	122	5.706
23	1.132	73	3.500	123	5.750
24	1.180	74	3.546	124	5.794
25	1.229	75	3.592	125	5.838
26	1.277	76	3.638	126	5.882
27	1.326	77	3.684	127	5.926
28	1.374	78	3.730	128	5.969
29	1.422	79	3.776	129	6.013
30	1.471	80	3.822	130	6.057
31	1.519	81	3.868	131	6.100
32	1.567	82	3.913	132	6.144
33	1.615	83	3.959	133	6.187
34	1.663	84	4.005	134	6.231
35	1.711	85	4.050	135	6.274
36	1.759	86	4.096	136	6.317
37	1.807	87	4.142	137	6.361
38	1.855	88	4.187	138	6.404
39	1.903	89	4.232	139	6.447
40	1.951	90	4.278	140	6.490
41	1.998	91	4.323	141	6.533
42	2.046	92	4.368	142	6.576
43	2.094	93	4.414	143	6.619
44	2.141	94	4.459	144	6.663
45	2.189	95	4.504	145	6.705
46	2.236	96	4.549	146	6.748
47	2.284	97	4.594	147	6.791
48	2.331	98	4.639	148	6.834
49	2.378	99	4.684	149	6.877
50	2.426	100	4.729	150	6.920

P<sub>2</sub>とする。

11) ガス充填を再開してガス圧力P<sub>2</sub>になるまでガス充填をして終了する。

このガス充填作業で十分な精度で浮力を気球に与える事が出来る。最終目標ガス圧力P<sub>2</sub>を決めた場合、ガス温度の誤差に対する浮力への影響は、0.05%/°C程度である。図-5には、PPB1号機の時、使用した値を示す。



### 3 PPB1号機

#### 3-1 PPB1号機の気球構成

PPB1号機の気球構成を図-6に示す。気球は体積2.5万立方メートルのウインゼン気球を使用した。科学観測項目はプロント磁力計による地球磁場観測であり、気球の初期到達レベル高度は30km、全バラスト投下後の高度は34kmである。オートバラストの設定高度は初期レベル高度より2km低い高度28kmにセットした。

今回使用した全PPB気球の排気口にはISASにてシート状のゴムマグネットを分割して低温テープで張り付けた。このマグネットは長時間浮遊中に気球高度の上下反復により気球内に排気口から空気の吸入を出来るだけ抑えるためのものであり、一種の簡単な逆上昇を取り付けた。

#### 3-2 PPB1号機のオペレーション

観測船しらせの運行オペレーションは、昨年までは最初にあすか基地に立ち寄り資材を搬入したあと、昭和基地に廻っていた。今回はPPBを出来るだけ早い時期に放球するために最初に昭和基地に立ち寄り最少限の荷物と人を降ろしてからあすか基地設営に行き、再度昭和基地に戻って本格的な設営を開始するように運行計画が変更された。しらせからの最初の荷物搬入は昭和基地に接岸せず海上60マイルの地点からヘリコプタによって12月18日、19日の2日間にわたって行われた。

PPB設営は18日の午後より開始された。放球までの時間を短時間に成し遂げる為にPPB



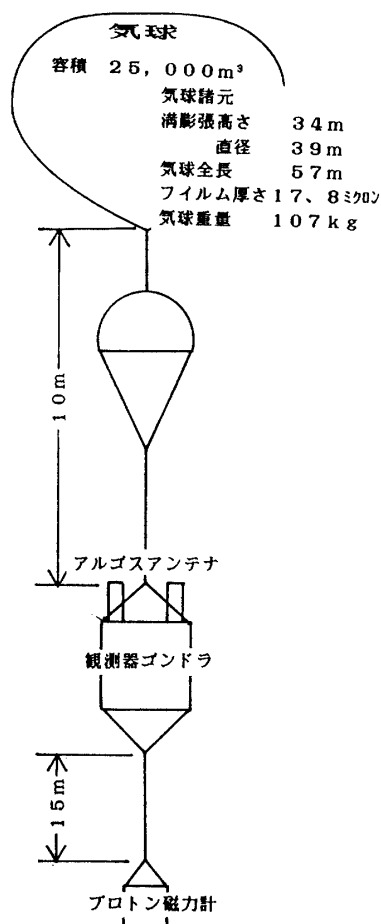


図6 PPB-1号機構成図

1号機の観測器の組立て調整と放球場設営の仕事を2班に分かれて行った。作業は天候も良く順調に進み入所して7日目の12月24日には昭和基地に保存されていたB5の気球を使用して午前中にフィールドリハーサルと観測機の噛み合わせが行うまでに至った。そしてリハーサル後、風が弱ければ気球を変更してそのまま放球態勢に入る予定にしていた。しかし地上風は弱くならず放球は1日延期し、翌25日の早朝より再度放球体制をとり直し、現地時間の11時25分に放球した。放球時の天候は晴れ、地上風は作業開始時は毎秒2 mと弱かったが気球を立て上げる時刻になって強く吹き始め、放球時には毎秒4 m以上と強かった。この為、観測器は気球下のロープ及びパラシュートを全部伸ばした位置で放球した。又、観測器底部から、紐で15 m吊り下げてあるプロトン磁力計センサは人が保持してタイミングを見て離れた。以上の放球作業スケジュールを表-2に示す。

気球と観測機の重量及びガス充填量の計算、計測値を表-3に示す。気球総重量は373.5 kgあり、これに浮力11% (41.1 kg) を与え総浮力414.6 kgとなるようにヘリウムガスを充填した。

ボンベ初期圧力は134気圧あり気温5°Cであった。充填最終圧力を15気圧として放出浮力を潜在浮力表から求め使用ボンベ本数を76本とした。その結果第1次目標充填ガス圧力は図-

表2 PPB1号機当日スケジュール

時 間	項 目
12月25日	
6; 30	気象棟にて今日の天気について検討をする。
8; 00	宿舎レークサイドホテル出発
30	グラウンドシート敷き, 観測機放球場へ到着
45	ランチャーキャリブレーション, 風見ゴム気球充填
9; 00	観測機噛み合わせ開始
10; 10	フィールド作業全員集合 (31次隊員参加) 気球搬出, 吊り, 赤玉ゴム気球充填
17	気球マーキング
19	ローラー車取り付け
20	気球結束完了 観測機噛み合わせ終了
35	ガス注入開始
39	頭部立て上げ
48	ローラー車移動
50	カラー取り付け
11; 05	ガス充填完了
07	吊りゴム気球取り付け, 観測器を所定位置に置く
12	立て上げ開始
16	立て上げ完了
18	風見パイロット赤玉ゴム気球放球
21	観測機設置位置移動
25	放球 地上風 4 m/sec
13; 20	レベル 高度 29.5km 平均上昇速度 259m/min
12月26日	
11; 25	テレメトリ消感

5から15.7気圧と算出した。ガス充填は最初第1目標のガス圧力まで充填した所で中断し、ガスの断熱膨脹によるボンベの温度降下量を確認した。ボンベ温度は $-7^{\circ}\text{C}$ となっていたのでその補正を温度補正グラフから読み取り最終ボンベ圧力を15.2気圧としてその圧力になるまで再度気球にガスを再充填してガスの充填を終えた。

総浮力値から気球重量を差し引くとランチャロードセルの指示値は307.1kgと計算されるが、実際に計測されたロードセルの浮力は315kgであった。しかしこの値の計測時には地上風が毎秒4 m以上あり、気球が風で揺れており、安定した測定は困難であったが浮力差は2%以下で確認出来た。

### 3-3 気球の受信追尾

気球の観測データは、昭和基地で直接に受信する1.6GHzのテレメータと2つのアルゴス送信機(基本アルゴス及びマルチアルゴス)及びゴンドラ内にあるデータレコーダに分配される。

表3 PPB1号機重量及び浮力計算

重量		
気球	107.5	kg
観測機	114.0	kg
バラスト	152.0	kg
浮力 (11%)	41.1	kg
総浮力	414.6	kg
-----		
初期浮力計算		
ボンベ初期圧	134	kg/cm <sup>2</sup>
温度	5	°C
浮力表より潜在浮力	6.231	kg
第1次目標ボンベ圧	15	kg/cm <sup>2</sup>
浮力表より潜在浮力	0.741	kg
ボンベ放出浮力	5.490	kg
-----		
ガス浮力計測		
必要ボンベ本数 (414.6/5.48=75.6)	76	本
残留潜在浮力 (6.231-414.6/76)	0.775	kg
ガス注入第一目標圧	15.7	kg/cm <sup>2</sup>
最終ボンベ温度 (-6.8)	-7.0	°C
換算表より最終ボンベ圧力	15.2	kg/cm <sup>2</sup>
計算上ランチャードセル指示値	307.1	kg
実際のロードセル指示値 (強風下)	315	kg

昭和基地で受信する1.6GHzのテレメータ電波の受信装置は、基地で常時使用しているNOAA衛星自動追尾受信パラボラアンテナとその受信機を使った。その受信データよりクイックルックによって気圧計データをモニタし、上昇の状態をチェックすると共に磁気テープに記録した。その受信はテレメータ電波の消感する翌日の朝8時まで続けられた。

気球が見通し範囲の外に出た後の気球の飛行位置データ等はアルゴスによって送られテレックスにより入手する。しかし昭和基地のテレックス回線が時折不調なため、気球の位置は1日1回程度しか確認出来なかった。完全なデータは極地研究所で後日フランスから入手出来ており、データ解析上の問題はなかった。

PPB1号機の南極周回は1月8日から9日にかけて基地の北約200kmのところを通過した。基地では気球から発信されているアルゴスの電波を昭和基地の多素子八木アンテナと受信機で受信し、飛行している気球の正確な方位を求めることが出来た。その受信方位にNOAA受信機アンテナおよびコマンドアンテナを合わせた。基地からコマンドを送信して気球搭載の1.6GHzのテレメータ電波の再起動を行い、その後更にコマンドを送信してデータレコーダに記録されているデータをテレメータで受信する手はずになっていた。しかし、

最初の起動コマンドを送信しても1.6GHzの応答はなく搭載されていたデータレコーダ観測データの読みだしは不調に終わった。これはアルゴス電波が受信出来ている時間中、間欠的にコマンドを送信し、受信したが気球からの応答は無かった。原因は、搭載コマンド受信系の不調ではないかと考えられる。

#### 4 PPB 2号機

##### 4-1 PPB-2号機の気球の構成

PPB-2号機の気球構成図を図-7に示す。この気球は3.2万立方メートルの気球を使用し、科学観測は3項目ありその内訳は1号機と同じプロトン磁力計と大気電場及びオーロラX線の観測器を搭載した。空中電場を計測するために観測器を一定速度で回転させる回転モータ(1rpm)と気球の帯電の影響を避けるために巻下げ器(5ミリステンレスワイヤで100m)を追加した。

気球は大型化した。搭載機器重量も1号機より重い。初期到達レベル高度は1号機とほぼ同じ30.7kmでありバラスト全量投下後の高度は33kmである。オートバラストの設定高度も1号機と同様28kmにセットした。

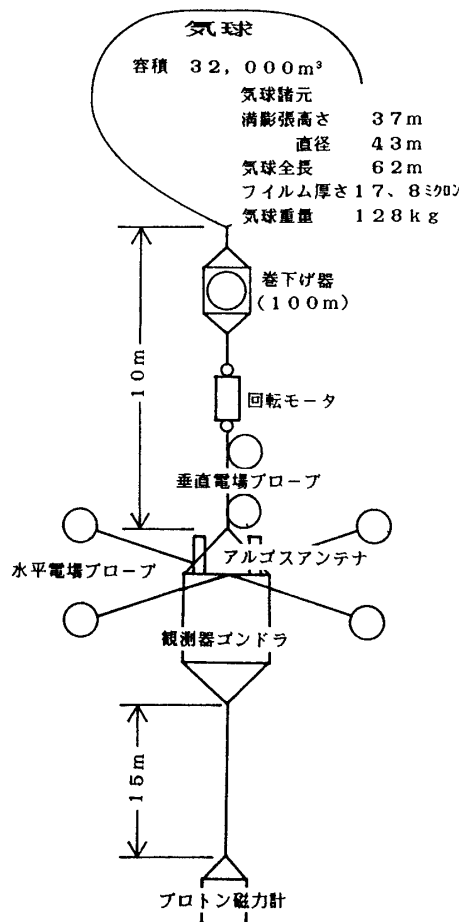


図7 PPB-2号機構成図

## 4-2 PPB2号機のオペレーション

PPB1号機の放球及び受信終了後直ちに2号機の観測器組立と気球を含むフィールド作業の準備に入った。観測器の組立調整は1月2日に完成した。しかし2号機のヘリウムガスカードルの搬入は第1回目の荷物の搬入時に搬入出来ずあすか基地設営以降の2回目の運行計画に廻されたために1月3日に入荷した。このため2号機気球の放球スケジュールはガス配管終了予定後の1月5日を第1日目とした。実験当日の朝は曇り、地上風は毎秒5m以上あったが午後から風が収まるとの見通しを得たので放球スケジュールに入ることにした。当日のスケジュールを表-4にまとめた。

午前中から実験体制に入り観測器の調整と噛み合わせの段取りを行い風見気球を上げて地上風の弱くなるのを待った。18時頃から徐々にではあるが弱くなりだしたので、20時から実験体制に入ることにした。気球を搬出しガス充填は20時55分に開始されたが、その時の地上風はまだ毎秒3m以上と少し強く、頭部を立て上げる際に気球が風に揉まれた。またカラー取り付け時には風はやや収まったかに見えたがやはり気球が揺れている中での作業であった。ガス充填作業が終わる頃になって周囲に霧が立ち始め、気球を立て上げる際には風は弱くなり毎秒2m以下となった。気球放球は21時55分(LT)に行われ、天候は霧、上空視界300mで風速は毎秒1m以下であった。放球手順はカラーカットをし、カラーの落下を確認したの

表4 PPB2号機当日スケジュール

時 間	項 目
6; 30	気象棟にて天気を検討する。早朝は強風午後は弱まると判断す
8; 30	観測機の搬出, 電波噛み合わせ
13; 20	グラウンドシートを敷く
14; 10	ランチャーキャリブレーション 鉛21個 133.8kg ヘリウムボンベ全開 圧力 137.8気圧 温度 7度 放球延期時間待ちをする。
20; 20	放球作業開始
	吊りゴム気球充填, 気球搬出
40	ガス圧力 133.2気圧 温度 0.4度
55	ガス注入開始 地上風 3 m/sec
21; 15	気球頭部立て上げ, カラー取り付け
28	ガス注入終了 地上風 2 m/sec, 霧が立ちこめる。 吊りゴム気球取り付け
	地上風方位変化しグラウンドシートの引き直し観測機の移動
45	ローラー車立て上げ完了
50	パイロット赤玉ゴム気球放球
54	カラーカット
55	放球 地上風 1 m/sec
0; 20	レベルフライト 到達高度 29.8km 平均上昇速度 194m/min
1月6日	
17; 20	テレメトリ消感

表5 PPB 2号機重量及び浮力計算

重量		
気球	127.5	kg
観測機	191.5	kg
バラスト	152.0	kg
浮力 (10%)	47.0	kg
総浮力	518.0	kg
-----		
ガス浮力計算		
ポンベ初期圧	133	kg/cm <sup>2</sup>
温度	0	°C
浮力表より潜在浮力	6.293	kg
第1次目標ポンベ圧力	15	kg/cm <sup>2</sup>
浮力表より潜在浮力	0.755	kg
放出浮力	5.538	kg
-----		
ガス浮力計測		
必要ポンベ本数 (518/5.538=93.5)	94	本
残留潜在浮力 (6.293-518/94)	0.782	kg
第一次注入目標圧力	15.5	kg/cm <sup>2</sup>
最終ポンベ温度	-8	°C
圧力換算表より最終ポンベ圧力	14.9	kg/cm <sup>2</sup>
計算上ランチャードセル指示値	390.5	kg
実際のロードセル指示値 (強風下)	395	kg

ち、放球カウントを5秒間して放球カッターを押した。ゴンドラは垂直に上昇し、すぐに霧の中に入り視界から消えた。

気球の総重量及びガス充填量の計算、計測量を表-5に示す。

PPB-1号機と同様にガス圧力と温度にて気球浮力を与えたが、気球を立て上げてランチャ浮力計測時には地上風も毎秒1m以下となり安定して計測することが出来た。その結果計算した浮力と計測した浮力とは約1%の差で与えることが出来た。

#### 4-3 2号機の受信

気球のテレメータの受信は1号機と同じNOAA受信機で受信し、放球後気球が見通し範囲外になるまでの17時間受信した。搭載された科学観測器の種類は増したが、観測データは1号機と同じアルゴスで伝送すると共に搭載データレコーダに記録された。

放球直後の直接波の1.6GHzによる気圧計その他のデータの受信は正常でクイックルックにより、気球の上昇やレベルフライトを監視した。アルゴスからもすべて順調にデータを取得出来た。

放球後アルゴスデータから位置及びバラスト投下回数等を求めたが、1号機とは飛行経路も異なり、気球はほぼ等緯度に沿って飛行して行った。気球はレベルフライト後徐降を始めたためバラスト投下回数は1日目で11回、2日目で21回、3日目に17回となり、5日間で搭載したバラストを全部投下してしまった。この間、気球飛行高度はバラスト投下設定レベルである高度28kmを保持していた。それ以降の気球は高度を上下に大きく変化させながら南極大陸を半周し、30日間浮遊を続けて飛行を終えた。このようなフライトとなった原因は、放球作業時に気球皮膜に小さな穴が開きヘリウムガスが漏れていたと考えられる。1日30kgというバラスト投下量から穴は小さくなく、かつ、下側であったと推定される。

今回のPPB1、2号機の気球に於いては地上でコマンドテストをしてバラストの投下をチェックした後放球したが、気球の上昇中にコマンドを送信することはなかった。測距コマンドは受信機の違いから接続することが出来なかった。

## 5 まとめ

南極の昭和基地から2機のPPBを夏作業期間に打ち上げた。PPB1号機は南極周回に成功したが、2号機は放球作業中生じたと思われる気球皮膜の傷によりガスもれを生じたためにオートレベル高度の28kmを維持して南極周回は出来なかった。2号機の地上作業開始時間をもう少し地上風が収まった状態になるまで待って作業を開始していれば気球の取扱が簡単に出来たと思えると残念でならない。

1号機も2号機もある程度強い地上風に見舞われるのを予測して作業を開始したが、風の変化が速く3時間の放球準備作業中に風向風速が変わってしまう。これは常に太陽が照りつけており、通常風と言われる風の変化が昭和基地周辺では無い事によると考えられる。今後も地上風をいかに予測するか大いに検討をする必要がある。

浮力決定は潜在浮力表と温度補正図を用いた方式で決定したが、1号機は2%以内に、2号機は1%以内に浮力を付ける事が出来たので上昇途中でのバラスト投下をせずにレベルフライトに入った。今後この方式で簡単に浮力を確実に決定する事が出来る見通しがついた。

昭和基地滞在期間としては50日間であったが、PPBに携わった日数は25日間程度である。最初の気球設備立て上げには大変苦勞したが、夜のない常時太陽の中での仕事なので1日が思ったより時間を長く使えて基地入りしてから6日目に放球準備が完了したのは天候に恵まれ最短時間であったと思える。

気温は考えていたよりも暖かく地上風がなければ仕事はやり易い。しかし放球場と観測器の置いてある建物とは離れており、その間の地面は雪や湿った道路のため観測隊全員が常に長靴にヤッケ服という服装での作業となり敏速に仕事を進めることが出来ない。

放球設営作業当初はまごつくことも多かったが、越冬隊の方達に助けられ段々南極という土地柄になれてきた。また放球時の作業に於いても、越冬隊の人たちに助けられて気球を放球することが出来た。ここに第31次越冬隊、32次隊の皆様方に心から感謝すると共に、後方支援のPPBワーキンググループの皆様方に御礼申し上げます。

**参考文献**

- [1] 西村純 小玉正弘 ポーラーパトロール気球 (PPB) 気球システム 南極資料 第82号別冊 1984年8月
- [2] 宮岡宏 他 ポーラーパトロール気球実験  
日本南極地域観測隊第28次隊報告 P 165-174
- [3] 門倉昭 大気球実験 日本南極地域観測隊第30次隊報告 P 165-178
- [4] 藤井良一 他 南極周回気球 (PPB) 将来計画 1991-93  
南極資料Vo 133, No 2, 1989年6月P 320-328