

## 南極周回気球 (PPB)

山上 隆正\*<sup>1</sup>・矢島 信之\*<sup>1</sup>・秋山 弘光\*<sup>1</sup>  
太田 茂雄\*<sup>1</sup>・並木 道義\*<sup>1</sup>・松坂 幸彦\*<sup>1</sup>  
岡部 選司\*<sup>1</sup>・本田 秀之\*<sup>1</sup>・鳥海 道彦\*<sup>1</sup>  
鶴田浩一郎\*<sup>1</sup>・西村 純\*<sup>2</sup>・平澤 威男\*<sup>3</sup>  
江尻 全機\*<sup>3</sup>・佐藤 夏雄\*<sup>3</sup>・山岸 久雄\*<sup>3</sup>  
宮岡 宏\*<sup>3</sup>・門倉 昭\*<sup>3</sup>・小野 高幸\*<sup>3</sup>  
小玉 政弘\*<sup>4</sup>・福西 浩\*<sup>5</sup>・山中 大学\*<sup>6</sup>  
国分 征\*<sup>7</sup>・利根川 豊\*<sup>8</sup>・藤井 良一\*<sup>9</sup>

## Polar Patrol Balloon (PPB)

By

T. Yamagami, N. Yajima, H. Akiyama,  
S. Ohta, M. Namiki, Y. Matsuzaka,  
Y. Okabe, H. Honda, M. Toriumi,  
K. Tsuruta, J. Nishimura, I. Hirasawa,  
M. Ejiri, N. Sato, H. Yamagishi,  
H. Miyaoka, A. Kadokura, T. Ono,  
M. Kodama, H. Fukunishi, M. Yamanaka,  
S. Kokubun, Y. Tonegawa and R. Fujii

---

\*<sup>1</sup> 宇宙科学研究所

\*<sup>2</sup> 神奈川大学 工学部

\*<sup>3</sup> 国立極地研究所

\*<sup>4</sup> 山梨医科大学

\*<sup>5</sup> 東北大学 理学部

\*<sup>6</sup> 京都大学 超高層物理

\*<sup>7</sup> 東京大学 理学部

\*<sup>8</sup> 東海大学 工学部

\*<sup>9</sup> 名古屋大学 地球環境研究所

**Abstract:** Since 1984, the National Institute of Polar Research and the Institute of Space and Astronautical Science have studied the feasibility of a long duration circumpolar balloon experiment, called Polar Patrol Balloon (PPB) project. This project aims at establishing a PPB system to bring scientific payloads in the stratosphere over the Antarctic region by large zero-pressure balloons. Three test balloon flights in 1987 and 1989 at Syowa Station have shown that the PPB would have a good condition of coming back to the launching site during the summer season in Antarctica.

The PPB experiments for scientific observation were consequently carried out since 1991. It would be necessary to continue, because we have a lot of interesting research subjects in many scientific fields in the Antarctic region.

This paper will describe the summary of the balloon launching system and the scientific ballooning technology of the PPB project.

## 概 要

南極周回気球（ポーラー・パトロール・バルーン：PPB）計画は、1984年国立極地研究所、宇宙科学研究所および大学機関の研究者が中心になって検討会が発足し、PPB 実験に必要な成層圏での輻射環境および風系等の気象学的研究、基本搭載計器の開発および気球放球設備の整備等が検討された。

この計画は、気球を成層圏内に一定高度を保ちながら数週間位浮遊させ、南極大陸の周りを安定した風系に乗せ周回させることである。検討および開発は順調に行われ、1987年第28次観測隊によって、最初のテストフライが行われ、続いて1989年第30次観測隊によって、周回を目指したPPB 気球が放球された。1991年より本格科学観測のためのPPB 気球が放球され、改めてPPB 気球の有効性が再確認されてきた。本稿では、PPB 気球実験のあらましおよび成果をまとめ、今後多岐にわたる分野の研究者の示唆を得ることと利用の際の参考になることを目的として現在の状態を記す。

## 1. PPB 気球の気象条件

PPB 気球の周回の可能性および南北分散については、1988年の Yamanaka et . al. の論文に詳しく述べられている。ここではその要点のみを記すことにする。

一般に成層圏大気の風速変動は次の5つのカテゴリーについて検討すれば良い。

- 1) 平均東西風（緯度円上の等速運動成分）
- 2) 平均南北風（一定の系統的な南北運動）
- 3) 大規模変動（地球を取り巻く波動による流れのうねり）

- 4) 小規模変動 (局所的な波動による流れの乱れ)
- 5) 微細乱流 (風の息)

上記のカテゴリーを過去の諸外国の高層気象観測および南極周辺のデータを基に検討した結果を図-1に示した。また、月別のPPB気球が緯度70度の円周上を一周するのに要する周回日数を示したのが表1である。このシュミレーションの結果、周回の最も条件の良い月は、12月と1月(南半球夏季)で高度30kmから40kmである。また、気球が周回し、放球点回帰時に予期される昭和基地からの緯度変位を表2に示した。

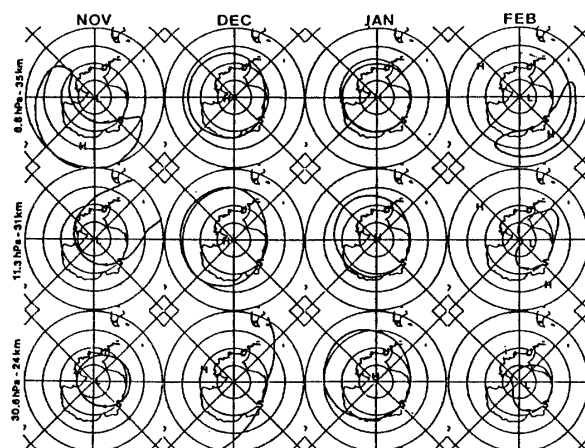


図1 BARNETT and CORNEY (1985a, b) に基づき計算された月別、高度別の風系の流れ線。PPBの周回に適するのは11月から1月の高度30km以上であることが分かる。YAMANAKA *et al.* (1988) より引用。

表1 KOSHELKOV (1985) に基づき計算された、月別のPPBの緯度70°円周を一周するのに要する周回日数 (YAMANAKA *et al.* (1988) による)。数字の付号は、正は東向き、負は西向きに気球が回ることを意味する。

高度	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
40 km	3	2	2	4	-53	-10	-12	-159	7	3	3	3
35 km	3	2	2	4	∞	-12	-18	∞	8	4	3	3
30 km	3	2	2	3	32	-20	-27	159	10	5	4	3
25 km	4	3	3	4	16	-53	-53	53	13	6	4	4
20 km	5	4	4	6	12	∞	-159	40	8	9	7	5

表2 回帰時に予想される昭和基地からの緯度変位の一例

月	水平浮遊高度	昭和基地からの変位
12月	30km	40km~700km
12月	40km	40km~200km
1月	30km	40km~300km
1月	40km	40km~100km

この結果、周回してきた PPB 気球からデータを昭和基地で受けられる可能性は極めて高い。実際に1989年および1991年の12月、1月期に気球飛翔が行われ、上記のシュミレーションが正しいことが実証された。

## PPB 用気球技術

### 2-1 放球システム

放球方式については検討が行われた結果、三陸で現在行っている立て上げ方式を採用することにした。そのため、放球設備も新設された。放球システムおよび放球オペレーションは本稿の「南極周回気球放球オペレーション」に詳細に書かれているので、ここでは概要のみを述べることにする。放球ランチャーは据置型固定ランチャーで総浮力1トンまで使用可能である。

気球を立て上げる際に使用するローラ車は、直径60cm、長さ1mのFRP製のローラを備えたキャタピラ駆動のブルドーザが新設された。

ガス注入および浮力決定方式は、三陸で採用している方式と同じ方式で、初期ガス圧、初期ボンベ温度および総浮力より、最終ガス圧および最終ボンベ音度の推定を行い、その最終ガス圧までガスを注入し、その時のボンベ温度を測定し補正を行う方式である。また、最終的には気球立て上げ後、ランチャーに備え付けられているロードセルによって総浮力量の再確認を行う方式が第32次観測隊によって確立された。

### 2-2 基本搭載機器

PPB に使用される基本搭載機器としては、大別してハウスキーピング系基本搭載機器と観測用基本搭載機器に分けることができる。ハウスキーピング系基本搭載機器と観測データ伝送アルゴスシステムについては本稿に詳細に述べられているので、ここではそれらの概要についてまとめることにする。

ハウスキーピング系基本搭載機器は、コマンド受信機、HK アルゴス送信機、精密圧力計、温度計回路、オートバラスト回路および電源等がある。

観測用基本搭載機器は、観測データ伝送のための ID アルゴス送信機および観測データ収録用データレコーダ等が準備されている。

#### (1) オートバラスト・システム

このシステムは、精密気圧計からのデータを得て、ある設定高度以下に気球が降下した場合自動的にバラストを降下させ、高度を保持するシステムである。

放球が夏季の場合は、南極では日没が無く白夜であるため、1日のバラスト消費量は全重量の約2～3%であり、20日間の飛翔計画では全重量の40%位がバラストとなる。このバラスト量は観測高度、許容できる設定高度および飛翔時期によって多少変動する。

#### (2) データレコーダ

アルゴスによる観測データ伝送能力は、1時間あたり1280バイトであり、アルゴスで伝送できないデータはデータレコーダに記録し、回帰時に再生伝送する必要がある。PPB 搭載データレコーダとしては、エキサバイト製の2.5Gバイトのデータレコーダが第32次観測隊で試験され使用可能である。このデータレコーダは1気圧を保つ耐圧容器に収納され放熱対策が施されている。また、回帰時の気球を追跡できる時間を5時間位とし、昭和基地の人工

衛星受信装置を用いると40Gバイト位まで再生受信可能である。再生伝送するためにはコマンドシステムで再生要求を送信する必要であり、コマンドシステムは第30次観測隊によって設置されている。

### (3) 電源

電源としては、一次電池、二次電池および太陽電池等が候補にあがり、重量および消費電流に対する評価が行われ、南極夏期時期では日没が無く太陽電池を主とし、バックアップとして一次電池の使用が検討され、第28次観測隊ではこの方針に従いゴンドラの側面に4枚の京セラ株式会社製太陽パネル（一枚当り12.6W、重量3.2kg）を搭載した2機の気球が放球され、気球環境下での試験が行われ、基本的に問題が無いことが実証された。（宮岡他、1988）第32次観測隊および第34次観測隊による実験では、観測項目によるゴンドラの制約および重量の関係でリチウムの一次電池を使用している。

### (4) データ伝送用アルゴス・システム

PPB 気球の観測データの伝送は、極軌道を周回する NOAA 衛星を利用するアルゴス・システムを用いて行っている。このアルゴス・システムは、地球上のあらゆる地点に配置されている観測点からデータを収集するシステムである。NOAA 衛星は現在2機打ち上げられており、それぞれ約100分間で極軌道を周回している。このため、観測点の緯度によってデータ収集回数に大きな差があり、赤道地方で最小収集回数となり、極地方で最大となる。このシステムは比較的小電力で衛星とリンクできるため、極パトロール気球のテレメータ伝送方式としては最適である。極地方では衛星は1日約24回上空を通過し、1回の衛星通過で平均15分間衛星とリンクできるので、1日当り6時間のデータ収集ができる。このため、現在では1時間当り1480バイトのデータを伝送することができる。また、アルゴス・システムは観測地点の位置（緯度、経度）を検出できるため、気球の航跡も併せて得ることができる。同時にハウス・キーピング・データを100分間に16バイト伝送されている。データ伝送速度を向上させるためには、外国基地との協力による再生データの取得ネットワークの確立および低周波伝送システムの検討等が今後の検討項目である。

## 3. まとめ

この8年間で南極昭和基地からのPPBの気球放球方式、基本搭載機器、データ収録およびテレメータ伝送方式は基本的に確立され、利用者の希望に即した実験ができる状態になってきた。

PPBは、夏期時期に放球すると南極大陸を周回し、飛躍的な長時間観測が可能であると同時に航空安全および都市安全の観点から、今後の気球を用いた科学観測に重要な役割を果たすことになっていくと考えている。

今後の観測項目として、南極の地理的条件を十分に生かした地球物理現象、宇宙線観測および南天天文観測があり、これらの分野に新しい道を切り開き、益々昭和基地での気球実験が重要な地位を占めることとなろう。

この観点より、これまでのPPB実験の開発状況および基本搭載機器についてまとめておくことにし、本誌にそれぞれの詳細を記載することにした。

**参考文献**

- [1] J. Nishimura et. al.; Adv. in Space Res., Vol. 5, No. 1, P. 87~P. 90
- [2] Yamanaka, M. D., Yamazaki, K. and Kanzawa, H.: Proc. NIPR Symp. Uper Atmos. Phys., Vol. 1, 65-74 (1988)
- [3] 宮岡 宏他：日本南極地域観測隊第28次隊報告 P. 165~P. 174 (1998)
- [4] M. Ejiri et al.; Adv. in Space Res., Vol. 13, No. 2, P. 127~P. 130
- [5] T. Hirasawa et . al.; Proceedings of the 18th Internatinal Symposium on Space Technology and Science (Kagoshima) , P. 1473~P. 1478