

日本-スウェーデン国際共同大気球観測報告

鮎川 勝*・江尻全機*

Japan-Sweden First Balloon Experiment

Masaru AYUKAWA* and Masaki EJIRI*

Abstract: This report is to describe a result of the first Japanese balloon campaign at Esrang (67°52.2' N, 21°04.2' E) which has been carried out in August-September, 1980. Two balloons of Japanese type B₈ (5000 m³) were successfully flown on September 10 and 11, 1980 from the balloon launching pad at Esrang, Kiruna, Sweden.

A prime objective in this campaign was to study the high-latitude (auroral zone) upper-atmospheric phenomena associated with magnetospheric/ionospheric activities. Also to establish technological basis for a first launching of Japanese balloons at Esrang was of prime importance in this campaign.

Two balloons have been successfully flown and typical quiet time data of VLF waves, X-rays and ozone contents have been obtained. These are data bases for the study of high-latitude phenomena representing a quiet time condition.

Since the launching itself depends on the weather and since the ceiling period is not very long due to the limitation of flight area (within Swedish territory) this time, it is very difficult to encounter a magnetic disturbance within a week of launching window.

The ground-based observations of VLF waves, ULF waves, magnetic variations and cosmic noise absorptions have been carried out during the campaign of about one month.

The first Japanese balloon campaign at Esrang has been hereby successfully completed.

要旨: 本報告は、日本-スウェーデン国際共同大気球観測計画の初年度として、日本製の大気球を初めて外国で使用して実施した大気球実験の経過と初期解析結果の報告である。

1980年9月10日および11日に、オーロラ粒子の降り込みに伴うエネルギー収支の研究を目的とした大気球実験を、スウェーデン国キルナ市エスレンジ (67°52.2'N, 21°04.2'E) において実施した。実験は2機とも成功し、オーロラ X 線、VLF 自然電波およびオゾン密度分布等のデータを取得した。また9月1日から約1カ月間、同場所においてオーロラに伴う超高層物理現象の地上観測を行った。

* 国立極地研究所. National Institute of Polar Research, 9-10, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173.

1. はじめに

日本-スウェーデン国際共同大気球観測計画は、北半球高緯度電離圏へのオーロラ粒子の降り込みに伴うエネルギー収支と、それに関連する超高層物理現象を、飛しょう体(大気球)を用いて直接測定し、磁気圏と電離圏、電離圏と中間圏の結合問題に関して新しい知見を得るために、国際協力のもとに実施することを目的として、1977年の中頃から名古屋大学空電研究所、東京大学宇宙航空研究所を中心とした研究者と、スウェーデン国キルナ地球物理研究所との交渉から始まった。その実現可能性について国内関係者は、機会あるごとに非公式な検討会を開いて種々の議論を行った。

検討会の結論として、キルナ市(67°31.8'N, 20°09'E)が北極圏(極地)に所在すること等の理由から、本計画執行機関として国立極地研究所(以後極地研という)が強く望まれた。極地研は、その要請に基づき極地研宙空専門委員会(委員長:大林辰蔵)の了承のもとに、「日本-スウェーデン国際共同大気球観測」として本計画を具体化した。

この報告は、「日本-スウェーデン国際共同大気球観測」(以後日-ス計画という)の初年次としてスウェーデン国キルナ市エスレンジ(67°52.2'N, 21°04.2'E)において実施した大気球観測実験および地上観測について述べる。

2. 実験計画と諸準備経過

2.1. 観測項目(担当者)と現地派遣者

昭和54年度に初年度計画として「高緯度電離圏国際共同観測」が概算要求として提出され、その予算が内示されたことから、極地研では本研究観測に関係する超高層研究グループが中心となって、1980年1月より日-ス計画を実行に移すための手続きを開始した。

日-ス計画の初年度実験期日は、すでに関係者の対スウェーデン交渉により、8月から9月にかけて実施するとの了解が得られていたことから、その具体的準備行動は急を要した。そこで極地研では、日本の大気球観測関係者の意見を求めつつ具体的観測計画の立案と現地派遣者の人選を急いだ。

日-ス計画初年度観測項目(担当者)が決定するに至るまでの経過を表1に示す。表1の経過にしたがって作成された日-ス計画の観測項目(担当者)および現地派遣者を以下に示す。

表 1 日本-スウェーデン国際共同大気球観測初年次 (1980 年) 計画作成経過表
 Table 1. Lists of meetings for planning of the Japan-Sweden first balloon experiment (1980).

期 日	内 容	参 加 者
1980年 1月22日	日-ス計画の従来経過説明 初年度計画立案の具体的手法について 日-ス計画の将来問題	鎌田 (名大空電研), 小玉 (山梨医大), 小川俊 (京大理), 平沢, 鮎川 (極地研) 於極地研
1月25日	日-ス計画の従来経過説明 日-ス計画の宇宙研大気球グループと 極地研の協力態勢について 南極における大気球観測再開について	西村, 山上, 藤井, 秋山, 太田, 粕 (宇宙研) 小玉 (山梨医大), 鮎川 (極地研) 於宇宙研
4月18日	日-ス計画初年度実行計画案の検討と 未確認情報の洗い出し	鎌田 (名大空電研), 小川利, 岩上 (東大理), 平沢, 鮎川 (極地研)・[八巻・古賀・横山 (明 星電気)] 於極地研
5月7日	日-ス計画初年度実行計画案作成 現地派遣候補者の推薦 現場情報収集事項の検討	鎌田 (名大空電研), 小川利, 岩上 (東大理), 平沢, 江尻, 山岸, 小野, 鮎川 (極地研), 古 賀, 横山 (明星電気) 於極地研 * 小玉 (山梨医大) 計画書提出済
5月14日	日-ス計画初年度 実行計画案と 現地派 遣候補者の承認	国立極地研究所宙空専門委員会 (委員長: 大林辰蔵)
6月16日	タイマー, カッターおよびパラシュート 等の情報収集と大気球一般の打ち合 わせ	山上, 秋山 (宇宙研), 江尻 (極地研) 於宇宙研
6月18日	日-ス計画初年度 搭載機器設計, 進 捗状況調査と細部検討事項洗い出し	江尻, 鮎川 (極地研), 古賀, 横山 (明星電気) 於明星電気守谷工場
6月20日	日-ス計画最終確認会議 および 将来 計画の検討	鎌田 (名大空電研), 小川俊 (京大理), 小玉 (山梨医大), 平島 (立教大理), 山上 (宇宙研), 小川利, 岩上 (東大理), 平沢, 江尻, 山岸, 藤井, 鮎川 (極地研), 古賀 (明星電気) 於極地研

研究代表者 平沢威男 (極地研)

観測項目

現地派遣者

江尻全機 (極地研)

1. VLF 自然電波 鎌田哲夫 (名大空電研)

鮎川 勝 (極地研)

小野高幸 (極地研)

山岸久雄 (極地研)

2. オーロラ X 線 小玉正弘 (山梨医大)
平島 洋 (立教大, 理)
3. オゾン密度 小川利紘 (東大, 理)
岩上直幹 (東大, 理)

2.2. 諸準備経過

日-ス計画初年度の諸準備作業は、諸般の事情により遅れて始動した。したがってスウェーデン国との間にすでに了解の得られていた大気球実験期日 (8 月末から 9 月初旬) に照準を合わせた準備作業工程は、少々無理とも思えるものであった。すなわち表 1 に示されるごとく、4 月中旬および 5 月初旬に実行計画案が関係者によって作成され、中旬に極地研宙空専門委員会より現地派遣候補者を含む承認を得た時点から公的な具体的行動が開始された。

スウェーデン国エスレンジ施設の情報は、広沢 (1978) によって紹介されていた。しかし、日本製の大気球を用いての外国における大気球実験の執行は、本計画が最初であることから、実験遂行上の基本的な部分で明らかにしなければならない事項が多かった。また実験計画を積みあげていく段階において、詳細な現地施設の技術資料が得られなければ解決できない問題が多数生じた。代表的な問題点としては、1) フライト・トレインの形態、2) 放球時のゴンドラ安全対策、放球方法、3) テレメータの搭載送信機と地上受信機との噛み合わせ、4) 気球トラッキング方法、5) データ処理系統、6) 観測時間 (電源容量) 決定の算出基準は何か、等があげられた。そこで筆者等は、極地研 Telex を使用してエスレンジとの情報交換による技術資料を入手しつつ、観測計器・共通計器の仕様書作成作業を行い、問題点の解決したものから順次物品調達を開始し、6 月末から 7 月末にかけて諸準備を一挙に消化した。また大気球観測に併せて地上観測 (VLF 自然電波観測・ULF 地磁気脈動観測) を 8 月末から 9 月末までの 1 ヶ月間実施する計画もあったので、小野・山岸 (極地研) が中心となって、その準備を同時進行の形で消化した。地上観測用機器は、VLF 受信アンテナ、検波器およびプリアンプ等を新規調達したが、テープレコーダ等ほとんどの機器を極地研の既存品を流用した。表 2 に諸訓練と物品発送までの経過概略を示す。

3. 行動の概要

筆者等は 8 月 24 日、アンカレジ、コペンハーゲン経由でスウェーデン国向け出発し、8 月 26 日の午後に目的地であるエスレンジ実験場に到着した。27 日から 30 日にかけて、現

表 2 諸準備, 訓練経過表

Table 2. Lists of preparations and trainings for the Japan-Sweden first balloon campaign.

期 日	内 容	場所および参加者
1980年 7月28日	① オゾンセンサー取り扱い講習 ② テレメータ送信機講習	明星電気 (守谷) (江尻, 鮎川, 古賀, 瓜本)
7月29日 30日	① VLF アンテナ組立て訓練 ② VLF アンテナ特性試験 ③ VLF 受信テスト ④ 脈動センサー較正 ⑤ ULF, VLF 地上系設置訓練 ⑥ 地上観測テスト	東京大学理学部地球物理研究施設 (柿岡) 気象庁地磁気観測所 (柿岡) (平沢, 江尻, 鮎川, 山岸, 小野, 外谷)
8月5日 6日	地上観測系総合組み上げおよびゲイン調整他	極地研 (江尻, 鮎川, 山岸, 小野)
8月7日 8日	大気球搭載機器類電気回路講習	明星電気 (守谷) (江尻, 鮎川, 古賀他) 注) 鮎川は7日のみ
8月8日	調達物品第1次梱包作業	極地研 (鮎川, 小野)
8月11日	第1次梱包物品運送業者引渡し	極地研 (川崎, 正富)
8月11日 12日	立合検査	明星電気 (守谷) (小玉, 平島, 鎌田, 岩上, 江尻, 鮎川, 山岸, 小野)
8月13日	大気球搭載機器関係納入 フライト・トレイン作成	極地研 (山上, 鎌田, 江尻, 鮎川, 古賀, 横山)
8月14日	第2次物品梱包作業	極地研 (鮎川)
8月15日	第2次梱包物品運送業者引渡し	極地研 (川崎, 正富, 鮎川)

地担当者との初期打ち合わせ, 地上観測用検出器設置場所の選定, 観測機器材の開梱およびその動作テスト等を行った。各観測機器の動作は良好で, 31日に地上観測の予備観測を実施することができた。9月1日に地上観測系の資材を所定の場所に移動, 配線を終了して日本側の地上観測を開始した。地上観測系の完成は, スウェーデン側の地磁気3成分, 電離層吸収 (27.6 MHz) 信号の提供が得られた9月3日であった。大気球観測機材の準備は, すでに8月末開梱と同時に単体としての動作テストを終了してあったが, オゾン反応液の挿入, 空気抜き, 全観測器動作状態での干渉試験, テレメータ合わせおよびフライト・トレイン変更などの作業が残されていた。これらの作業は, 地上観測系の準備のあい間に消化し, 9月7日に大気球実験遂行に必要なすべての準備が終了した。そして2日間の天候待ちの後, 第1号機を9月10日17時44分 (現地時間), 第2号機を9月11日19時18分 (現地時間)

表 3 行 動 の 概 要

Table 3. Lists of activities for the Japan-Sweden first balloon campaign.

期 日	内 容
1980年 8月26日	江尻, 鮎川キルナ (エスレンジ) 着
27日	Mr. B. SJÖHOLM (project manager) と打ち合わせ VLF アンテナ, ULF センサー設置場所選定, 開梱
28日	Dr. A. HELGER (Esrage head) 表敬訪問, KGI Prof. B. HULTQVIST 訪問 大気球 1号機観測器検査
29日	大気球 2号機観測器検査, VLF アンテナ建設
30日	地上系観測資材仮設置・機器動作試験
31日	VLF, ULF 室内較正データ取り, 地上系記録器関係レベルセット, ULF センサー用穴掘りおよび設置, 地上系予備観測開始
9月 1日	地上観測機器材移動, 本設置・配線, テレメータ合わせ, 大気球用 VLF アンテナ組み上げ, 地上系 VLF 較正, 日本側地上観測開始
2日	地上観測系, 対スウェーデン中間領域整備 テレメータ合わせ
3日	オゾン観測器 (#1) 反応液挿入, 空気抜き作業 Pre-flight meeting (HELGER, SJÖHOLM etc.) 地上観測系完成
4日	オゾン観測器 (#2) 反応液挿入, 空気抜き作業 地上系室外信号線張り直し作業 日本側大気球パラシュート・タイマー, カッターおよびゴンドラ等放球班に公開, 大気球 1号機重量検査, KGI 訪問 (超高層じょう乱予報データ収集)
5日	地上観測, 持ち帰り物品リスト作成, 提出
6日	地上観測
7日	オゾン観測器 (#1) 空気抜き作業, フライト・トレイン作成, 地上観測
8日	大気球実験待機, 地上観測
9日	"
10日	15h 44 m UT 1号機放球, 実験成功
11日	17h 18 m UT 2号機放球, 実験成功
12日	報告書作成
?	地上観測
14日	地上観測プリアンプ部保温対策
15日	Post flight meeting (HELGER, SJÖHOLM etc.) 江尻キルナ出発, スカンジナビヤ研究諸機関訪問, 21日帰国 鮎川地上観測継続 (於エスレンジ)
26日	15 h 00 m (UT) 地上観測終了
27日	地上系観測資材撤収, 梱包作業
?	
30日	
10月 1日	鮎川キルナ発, 極域ロケット発射場視察, 23日帰国

に放球し、観測に成功した。9月15日江尻はキルナ市を出発、スカンジナビア諸国の各研究機関と将来研究計画を打ち合わせて9月21日に帰国した。鮎川は、その後9月末まで地上観測を続行した。表3に行動の概要を示す。

4. 観測の概要

日-ス計画初年度の観測計画は、科学的成果の期待よりも、その実験技術の取得に重きがおかれて作成された。表1に示される観測計画立案に携わった関係者の総合的な意見は次の通りであった。

- 1) 北極圏において、日本製大気球使用による超高層観測を成功させること。
- 2) 外国の大気球実験技術を取得すること。
- 3) エスレンジ実験場地上施設の把握と日-ス協力態勢の確立に努力すること。
- 4) 日-ス計画の将来計画について、スカンジナビア各研究機関の研究者と議論して行くこと。
- 5) 将来計画の参考に資するためと大気球実験のデータ解析に資するものとして地上観測を少なくとも1カ月以上実施すること。

これらの意見をもとに筆者等が実行した観測の概要を以下に述べる。

4.1. 地上観測

大気球実験の裏づけデータを取得するためと2年次以降の本格的な大気球実験観測計画立案に資するため、基本的な地上観測を図1に示すブロックダイアグラムで実施した。地上観測は、日本側でVLF自然電波、ULF地磁気脈動観測の検出器および記録系一式を準備し、スウェーデン側が地磁気3成分、電離層吸収観測データおよび標準時計信号(IRIG-B, Slow code)を提供すると同時に、ペンレコーダ1台の運用を担当して行った。観測は、9月1日から始めたが、計画したすべてのデータ収集を開始したのは9月3日からであった。観測期間を通じ機器動作はおおむね良好であり、極域サブストームに伴うPi型脈動、recovery phaseに発生するVLFコーラスあるいはPc型脈動現象などを順調に観測することができた。しかし、VLF自然電波観測は電源ノイズの混入が大きく、また脈動観測は検出器周辺での土木工事によるノイズが頻繁に入感する等、必ずしも良質のデータであるとはいえない。観測データの1例を図2に示す。これらの記録は、今後パワースペクトラム表示等の1次処理終了後関係者に公開する予定であると同時に、北半球極光帯におけるVLF-ULF波動研究の初期情報に資する。データレコーダ等のチャンネル配分を表4に示す。

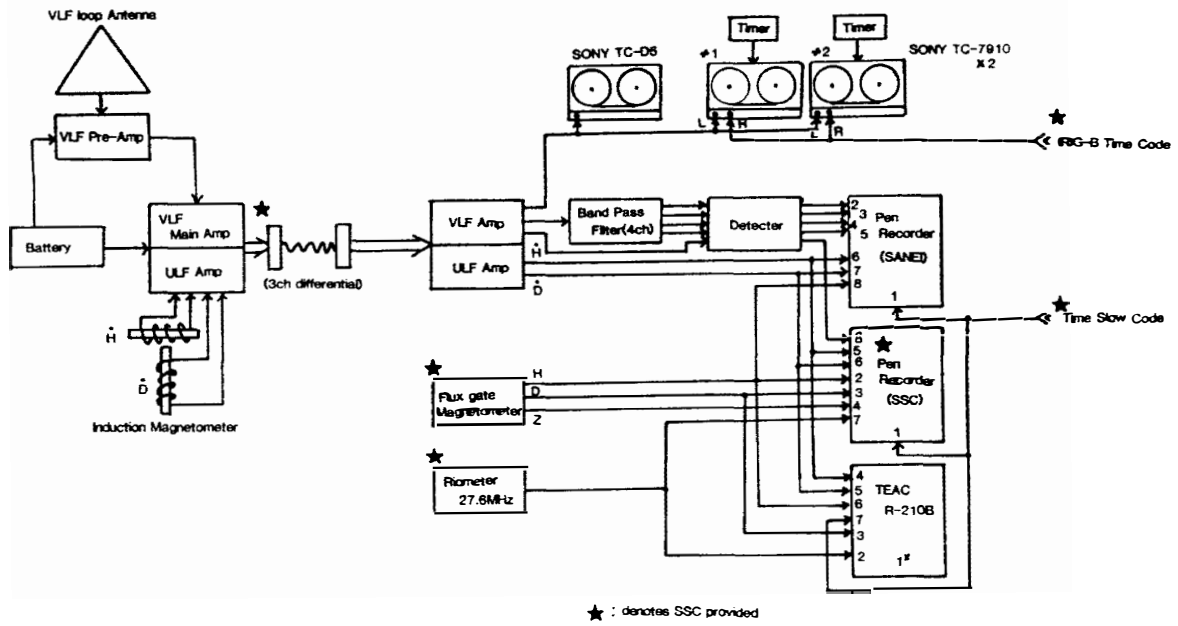


図 1 地上観測ブロックダイアグラム

Fig. 1. Functional block diagram of ground-based observations.

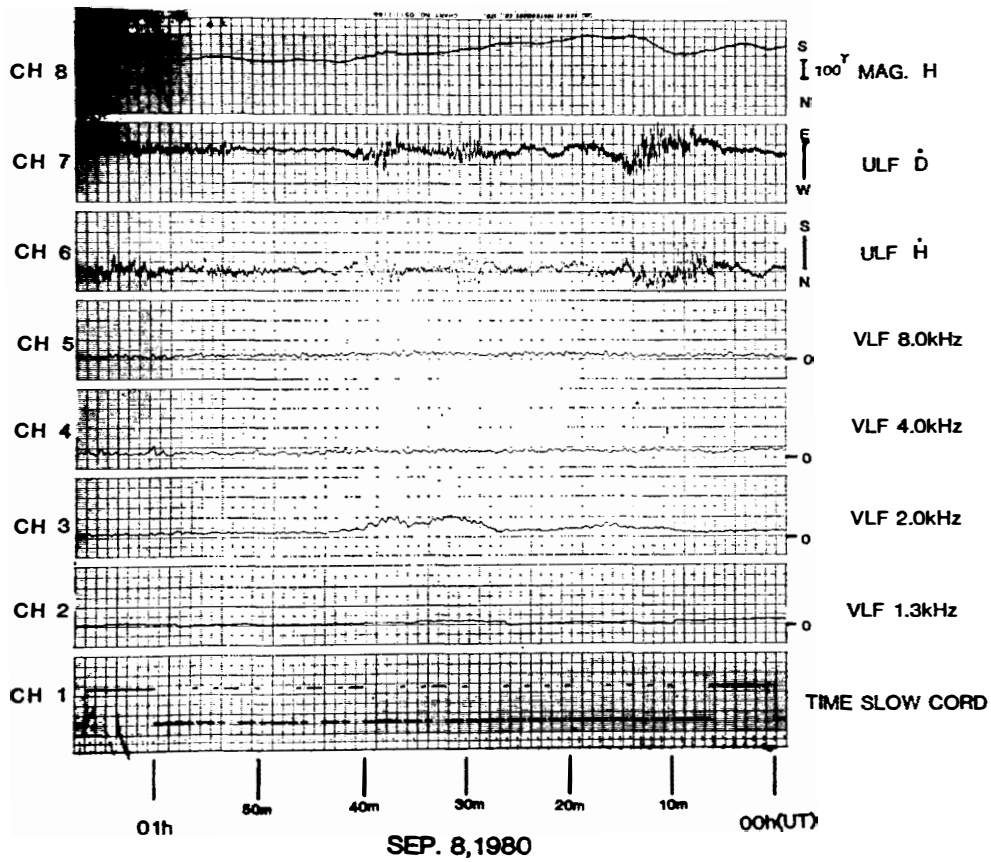


図 2 地上観測データの例

Fig. 2. Example of ground-based observation record at ESRANGE.

表4 記録系チャンネル配分表
 Table 4. Channel allocations of tape recorders and pen recorders.

Instrument	Channel	Mode	In flight	Ground observation
AMPEX (Tape speed: 7.5 IPS)	1	FM	Time slow code	
	2	DR	TM video sig.	
	3	DR	TM VLF demod. sig.	
	4	FM	IRIG #12 (O_3)	
	5	FM	IRIG #13 (X-ray)	
	6	DR	VLF ground	
	7	DR	IRIG-B time code	
TEAC R-210B (Tape speed: 3-3/4 or 15/16 IPS)	1	FM	NA	NA
	2	FM	Riometer	Riometer
	3	FM	IRIG #13 (X-ray)	Flux-gate D
	4	FM	ULF- \dot{H}	ULF- \dot{H}
	5	FM	ULF- \dot{D}	ULF- \dot{D}
	6	FM	Flux-gate H	Flux-gate H
	7	FM	Time slow code	Time slow code
SONY TC 7960 (#1/#2 time shearing, Tape speed: 3-3/4 IPS)	R	DR	VLF ground+time code	VLF ground
	L	DR	VLF balloon	IRIG-B time code
SONY TC-D5	R	DR	VLF ground	VLF ground
	L	DR	VLF balloon	NC
Pen recorder (SANEI) (Chart speed: 5 mm/min or 25 mm/min)	1		Time slow code	Time slow code
	2		IRIG #12 (O_3)	VLF-band 1 (1.3 kHz)
	3		IRIG #13 (X-ray)	VLF-band 2 (2.0 kHz)
	4		VLF-band 1 (1.3 kHz)	VLF-band 3 (4.0 kHz)
	5		VLF-band 4 (8.0 kHz)	VLF-band 4 (8.0 kHz)
	6		ULF- \dot{H}	ULF- \dot{H}
	7		ULF- \dot{D}	ULF- \dot{D}
	8		Flux-gate H	Flux-gate H
Pen recorder (SSC) (Chart speed: 5 mm/min)	1		Time slow code	Time slow code
	2		Flux-gate H	Flux-gate H
	3		Flux-gate D	Flux-gate D
	4		Flux-gate Z	Flux-gate Z
	5		ULF- \dot{H}	ULF- \dot{H}
	6		ULF- \dot{D}	ULF- \dot{D}
	7		Riometer	Riometer
	8		VLF-all band	VLF-all band

4.2. 大気球観測

初年度日-ス計画は、外国基地における日本製大気球使用による実験を完遂することに重きが置かれていたため、搭載計器の選定基準として、取り扱いが簡単、三陸または昭和基地においての実験で過去に実績を有する観測機器であること等を基礎として討議された。また本計画の研究題目が「オーロラ粒子の降り込みによるエネルギー収支」であることも考慮して、波動-粒子の相互作用 (VLF 観測器, オーロラ X 線観測器) と地上から成層圏に至るオゾン量の測定をバルーン 2 機について実施した。大気球実験時の地上観測施設のブロックダイアグラムを図 3 に示す。

4.2.1. 大気球および搭載機器等の概要

1) 大気球および補助気球

大気球 (藤倉航装製)

容 積: 5000 m³

型 式: B₅

全 重 量: 32 kg

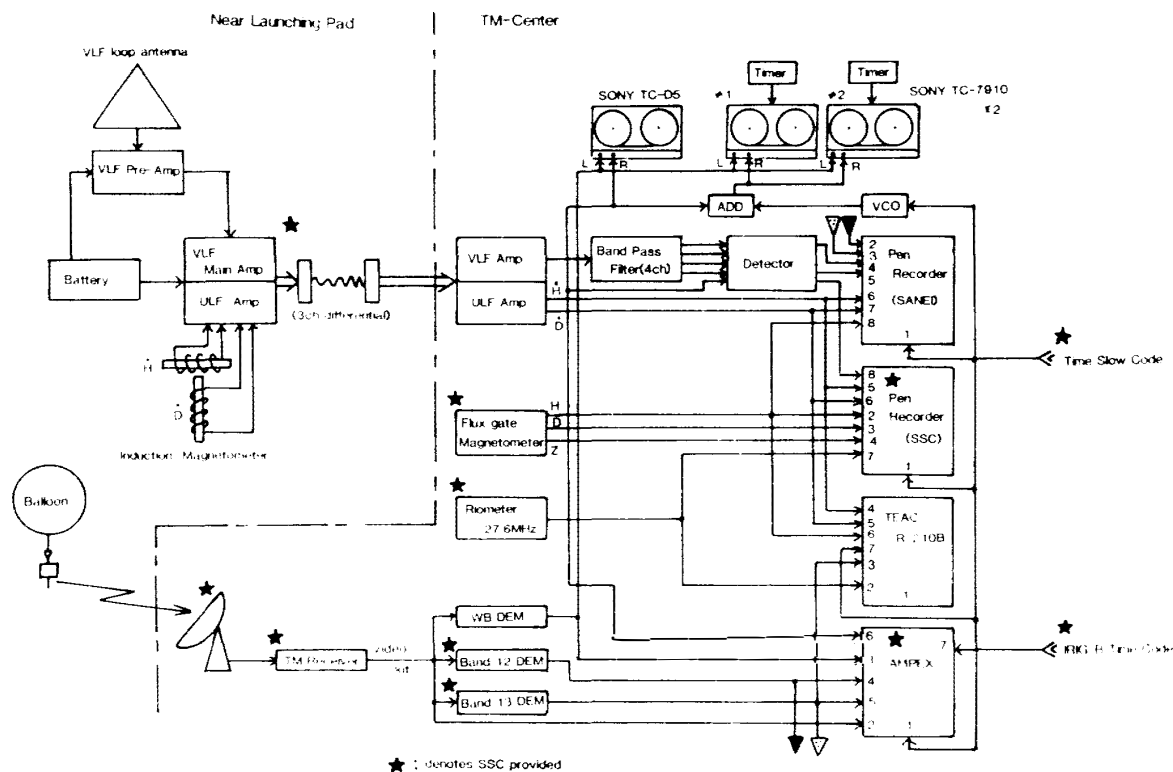


図 3 大気球実験時のブロックダイアグラム
Fig. 3. Functional block diagram of balloon experiment.

頭部重量: 10 kg

引き裂き: 有

補助気球 (French Zodiac 製)

容 積: 60 m³

型 式: 1/8 AX P50

2) テレメータ送信機

(イ) 変 調 方 式: FM-FM

(ロ) 搬 送 波 周 波 数: 245.88 MHz

(ハ) 送 信 電 力: 1 W

(ニ) ア ン テ ナ: $\lambda/4$ モノポール

(ホ) 偏 波 面: V

(ヘ) 最大周波数偏移: 150 kHz

(ト) 副 搬 送 波: VSB (27.0~35.0 kHz), VLF 自然電波

IRIG 13, オーロラ X 線

IRIG 12, オゾン量, 気温, 気圧, 液温

(チ) VCO 安 定 度: $\pm 1\%$ 以下

(リ) VCO 直 線 性: 1% 以下

(ヌ) 送信波スプリアス: -30 dB 以下

3) VLF 自然電波観測器

(イ) ア ン テ ナ 形 状: 3 m \times 3 m ループ

巻 線: 2 mm ϕ 銅線 2 ターン

(ロ) 測 定 電 界 強 度: 4×10^{-17} W/m² Hz \sim 4×10^{-14} W/m² Hz

(ハ) 測 定 周 波 数 範 囲: 0.2~8 kHz

4) オーロラ X 線観測器

(イ) 検 出 部: NaI (4 \times 20 型シンチレーター)

(ロ) 測定エネルギー範囲: 20 keV~150 keV

(ハ) 出 力 型 式: 2 重階段波型 1st step...2⁴ カウント

2nd step...2¹⁰ カウント

(ニ) 較正用放射線源: Cd¹⁰⁹ 0.1 マイクロキュリー

5) オゾン観測器 (標準オゾンゾンデ, RSII-KC68 型)

(イ) 測定項目 (出力切換法によりデータ取得)

- a. オゾン密度: 0~20 μA (等価電流)
- b. 気 温: $-90^{\circ}\sim+40^{\circ}\text{C}$
- c. 液 温: $-10^{\circ}\sim+40^{\circ}\text{C}$
- d. 気 圧: 5~1040 mb

(ロ) データ繰り返し周期: 約 5 分

6) 電 源

ナショナル Hi-Top, 6D-D および 4D-D

電源容量: 10 時間 (0°C において)

7) 切離し用タイマー: 標準 E-Cell タイマー (560-0002 型)

8) パラシュート: 30 kg 用パラシュート

9) 吊り下げ用ひも: 6 mm ϕ ナイロンロープ

4.2.2. レーダー, テレメータ地上受信施設の概略

今回の実験に使用したエスレンジのレーダーおよびテレメータの概略を以下に示す.

1) レーダー装置

最大追跡可能直距離: 300 km

アンテナ位置: $67^{\circ}52'50''\text{N}$, $21^{\circ}04'00''\text{E}$, 海拔 485 m

得られる情報: 海面からの高度, エスレンジからの距離, エスレンジからの方位

2) テレメータ装置

使用周波数: 245.88 MHz

変 調: FM-FM

副搬送波: IRIG 12, 13 および VSB wide band

ビデオ出力: 0-10 V, 100 mA

復 調: IRIG 12, 13 (VLF WB 復調器は日本側提供)

M T: 1/2 インチ幅 (AMPEX)

記録速度: 7.5 IPS

時計信号: IRIG-B

4.2.3. 実験経過の概略

8月26日に現地入りした筆者等は, 27日にエスレンジ担当者と打ち合わせを行い, 実験期日を9月8日~12日と決定した. 大気球実験に必要な諸準備は, 日本側とスウェーデン

側はほとんど独立に作業を進めた。テレメータ合わせなど噛み合わせの必要があるものは、関係するエスレンジ担当者との個別打ち合わせによって実行された。エスレンジの日本大気球実験班は、**project manager, telemeter** と **radar** 操作技術者3名が中心で、放球時のみロンチャー班として3名が加わった。実験当日は、この6名の他、江尻がゴンドラを放球点に移動させた後、観測記録室に待機し諸指令および観測モードの切り換え等の作業を行い、鮎川が放球点において、フライト・トレインの完成、タイマーセットおよび観測機器の電源ON等の作業を行って放球準備を整えた。大気球および補助気球への水素ガス封入開始は、江尻とトランシーバーで連絡をとる鮎川の合図によって、エスレンジ担当者が行った。大気球の放球は、すべての情報を把握した江尻の **Go** 指令に基づき、放球点 **project manager** の簡単なカウントダウン

により行われた。図4に大気球構成概略図を示し、大気球1号機および2号機の飛しょう経過を以下に示す。

大気球1号機実験経過概略

実験期日：1980年9月10日

08:00 LT (=UT+2h) 高層気象観測用気球放球準備

08:30 高層気象観測用気球放球

08:30-11:00 高層気象観測用気球追跡

11:00-11:20 大気球フライト時間算出

11:30 実験決行可否決定会議

16:00 上空雲消去および地上風減少 (1700 放球目標として実験開始指令), 搭載機

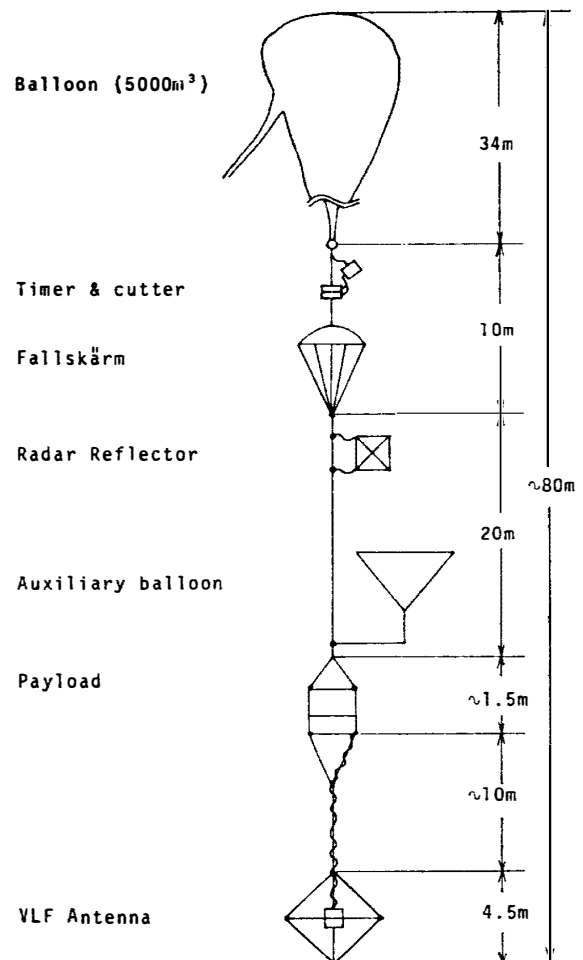


図4 大気球構成概略図

Fig. 4. Flight train configuration.

- 器およびバルーン放球点移動
- 16:10-17:30 放球点において放球準備, TM 受信確認, タイマーセット (5 分間の充電)
- 17:40 タイマースタート
- 17:43 TM 記録開始 (AMPEX)
- 17:44:24 放球
- 17:44:37 場内放送 (放球情報提供)
- 17:44:39 レーダー大気球追跡開始 (高度~0.4 km)
- 19:29 大気球レベルフライト (高度~31 km)
- 20:55 大気球降下開始 (カッター動作)
- 21:07 大気球高度~10 km まで降下
- 21:15:44 レーダー追跡不能 (高度~5.2 km)
- 21:25 TM 受信不能

大気球 2 号機実験経過概略

実験期日: 1980 年 9 月 11 日

- 08:00 LT (=UT+2h) 高層気象観測用気球放球準備
- 08:30 高層気象観測用気球放球
- 08:30-11:00 高層気象観測用気球追跡
- 11:00-11:20 大気球フライト時間算出
- 15:00 実験決行可否決定会議
- 18:05 搭載機器およびバルーン放球点へ移動
- 18:15-19:10 放球点において放球準備, TM 受信確認・記録開始 (AMPEX)
- 19:11 タイマー・スタート
- 19:18:32 放球
- 19:20 場内放送 (放球情報提供)
- 19:23:21 レーダー大気球追跡開始 (高度~1.6 km)
- 20:56 大気球レベルフライト (高度~31 km)
- 22:20 大気球降下開始 (カッター動作)
- 22:55:15 TM 受信不能
- 23:24:57 レーダー追跡不能 (高度~3.8 km)

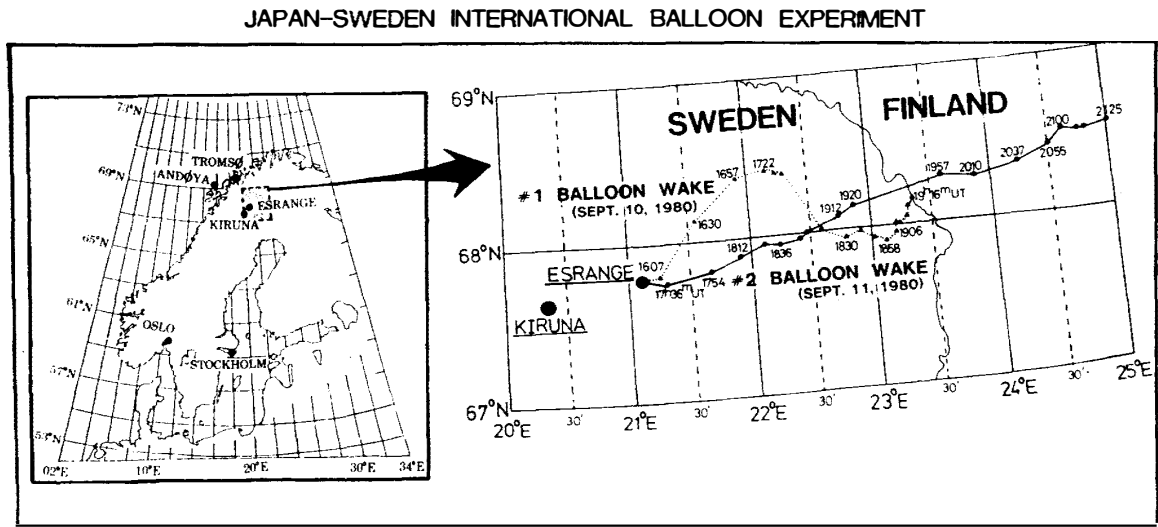


図 5 大気球航跡図
Fig. 5. Balloon trajectories.

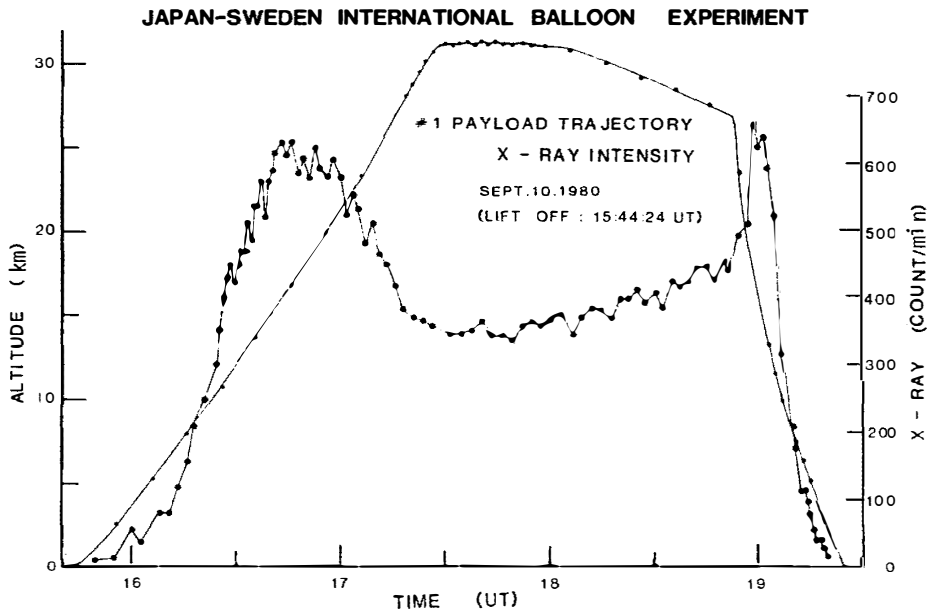


図 6 1号機のオーロラ X 線観測結果
Fig. 6. Auroral X-ray intensities observed with #1 payload.

4.2.4. 結果の概要

日-スウェーデン計画初年次大気球実験は、2機とも所期の目的を達し成功した。1号機は9月10日17時44分(現地時間)放球、約1時間35分後に高度31kmでレベルフライトに達し、その後日没の影響と考えられる若干の高度降下が認められたが約1時間21分後にカッター

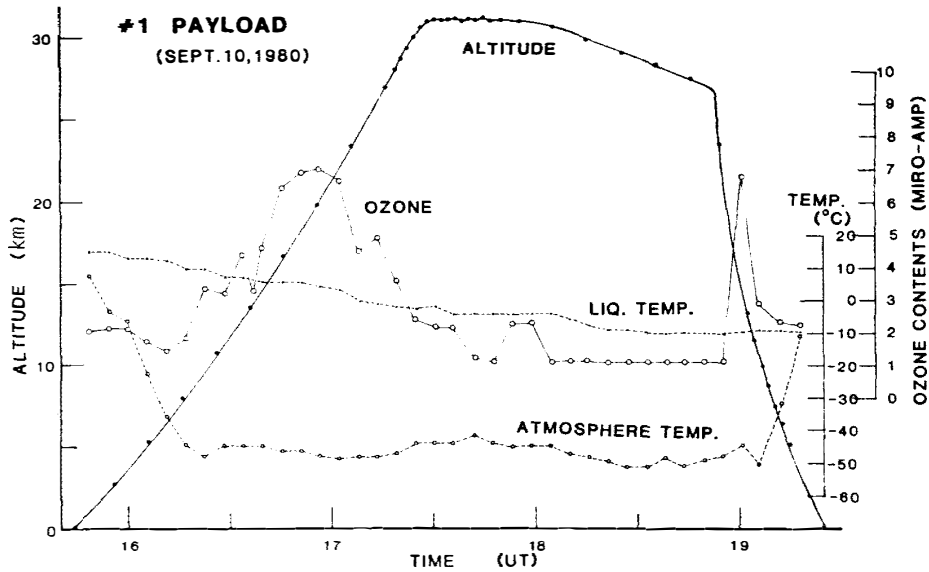


図 7 1号機のオゾン, 気温, 反応液温観測結果

Fig. 7. Ozone densities, atmospheric temperature, and liquid temperature observed with #1 payload.

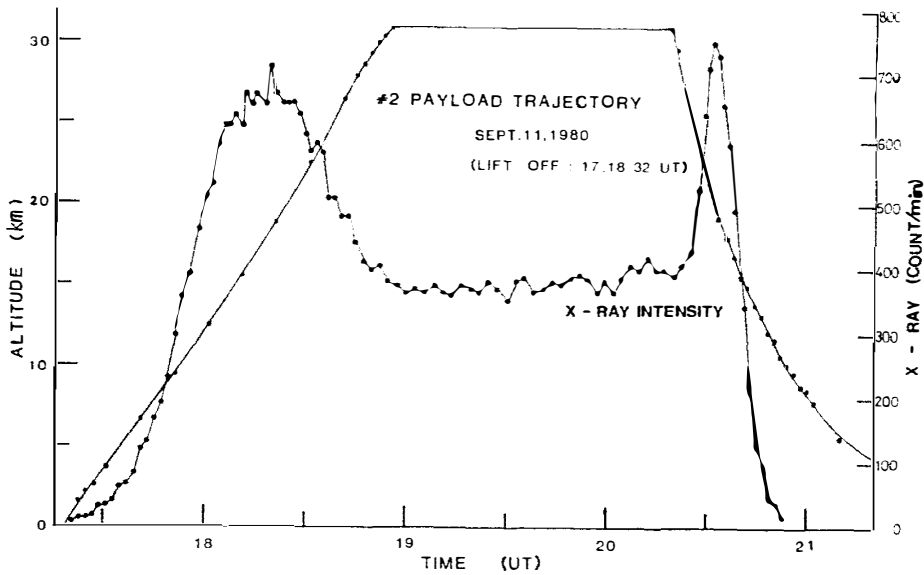


図 8 2号機のオーロラ X 線観測結果

Fig. 8. Auroral X-ray intensities observed with #2 payload.

が動作して、21時20分(現地時間)頃スウェーデンとフィンランドの国境近くに落下した。2号機は、9月11日19時18分(現地時間)放球、約1時間30分後に高度31kmでレベルフライトに達し、ほとんど一定高度で浮遊し、1時間24分後にカッターが動作して、23

時 25 分 (現地時間) 頃北緯 $\sim 68.5^{\circ}$, 東経 $\sim 25.0^{\circ}$ 付近のフィンランド国内に落下した。図 5 に 1 号機および 2 号機の飛しょう航跡図を示す。大気球飛しょう中, オーロラ X 線観測器をはじめとする各観測機器, およびテレメータ送信機は良好に動作し, 北半球極光帯における静穏時の高度分布を取得した。ただし 2 号機のオゾン測定は, 気球上昇途中で信号レベルが, ゼロレベルへ落ち, それ以後観測データは得られなかった。図 6, 7, 8 に初期解析結果を示す。得られた結果は, 小玉他 (1972), 小玉 (1980) の X 線観測結果, 清水 (1965) の示唆する高緯度におけるオゾン高度分布と同じ様相を示している。

5. あ と が き

日本-スウェーデン国際共同大気球観測の初年度実験は, 諸準備の立ち遅れにより, スウェーデン側科学者の参加協力が得られなかった。したがって現地に派遣された筆者等は, 実験遂行上何かと困難に遭遇した。しかしエスレンジ技術者の予想以上の好意的援助によって, 2 つの大気球実験を成功裏に終了させることができた。

最後に本計画実施に際し多大なる御指導を賜った国立極地研究所永田武所長, 東京大学宇宙航空研究所西村純教授, 山上隆正助手をはじめとする西村研究室のスタッフ一同, 名古屋大学空電研究所石川晴治教授, 鎌田哲夫助教授, 山梨医大小玉正弘教授, 東京大学小川利紘助教授, 岩上直幹博士, 立教大学平島洋講師をはじめとした多くの関係諸先生方に厚く感謝の意を表します。また国立極地研究所平沢威男教授以下超高層研究グループとスウェーデン国エスレンジの Dr. A. HELGER, Mr. B. SJÖHOLM 以下の日-ス大気球実験班の多大なるご援助に対し深い謝意を表します。

文 献

- 広沢春任 (1978): フランスおよびスウェーデンの気球について。気球海外情報資料 3 (東京大学宇宙航空研究所), 1-13.
- 小玉正弘 (1980): オーロラ X 線。地球, 2(4), 284-292.
- 小玉正弘・小倉紘一・玉井英次・小口 高 (1972): 南極昭和基地におけるオーロラ X 線の気球観測地磁気共役観測。理研報告, 48, 145-165.
- 清水正義 (1965): 大気オゾンの研究 (1)。天気, 12(6), 185-196.
- 清水正義 (1965): 大気オゾンの研究 (2)。天気, 12(7), 241-248.

(1980 年 12 月 27 日受理, 1981 年 1 月 12 日改訂稿受理)