

ロ ク ー ン

平 尾 収 ・ 岡 本 智

地面近くの濃密な空気層を超音速で突破することは、でき得る限り軽量に作られたロケットの機体については苛酷な条件となり飛しょう性能の点でも大きな損失である。これを回避するには、いくつかの方法が考えられる。ロケットを気球に吊り下げて濃密な空気層を気球で徐々に上昇した後、比較的希薄な空気層に達してからロケットに点火発射するこのロクーンも一つの方法である。この考案は Iowa 大学の Van Allen 等のロクーングループによって 1952 年頃から試みられた。名案ではあるが大きなポリエチレン気球を使用すること、さらに人手を離れて数十分低温低圧下でロケットに点火すること等の別の条件が加わるために種々苦心したようである。しかし、かれらが最初に使用したロケット Deacon は全備重量約 90 kg の小型ロケットで地上から発射すれば 30.5 km に達するに過ぎないが、気球を使用して高度 15 km から発射すれば 80 km に達し、高度 20 km から射てば 91 km を越す事実は確かに一考に値すると思われる。

わが国でも 1956 年からロクーンについて種々の計画が試みられてきた。この事情は生産研究 Vol. 12, No. 3 に中川重雄氏が詳述しておられるので割愛し、1959 年から、生研で担当して以後の経過について概要を述べるとともに今後の問題点について記することにする。

当初われわれが処理すべき問題として受け継いだのは次の 3 点であった。

- I ロケットおよびタイマーを地面に衝突させることなく安全確実に放球上昇させること。
- II 気球に吊り下げられて上昇および浮遊しているロケットの推薬の温度状態を調べ、要すれば推薬の適温 20°C 前後に保温する方法を工夫すること。
- III 安全で作動確実なタイマーおよびテレメータの製作。

以上であるが、これらの問題を解決するために実験を行なう過程でさらにいくつかの問題点のあることを見出した。

これらの諸問題を逐次解決するために約 2 年間にわたって行なった実験経過を整理して一覧表にすると第 1 表に示すようになる。

1) ランチングテスト

これは前述の I に対応する実験であった。ロクーンに

使用する大バルーンはポリエチレン製の定容積型のものである。放球前地上で充填する水素は全容積の十数分の一に過ぎない(浮遊高度 20 km として)。したがって気球側面につけた数本の運用綱で気球を保持しながらバランス、ウェイトで浮力を秤定する方法では、僅かの突風でも非常に危険を伴う操作である。現在は後に述べる小バルーン(地上でほとんど満膨張になる)にのみこれに準じた方法を用いている。大バルーンは気球ランチャーに啞えて、浮力の測定を行なうと同時にある程度の突風に対しても気球の飛去することを防いでいる。写真 1 にこの様子を示す。

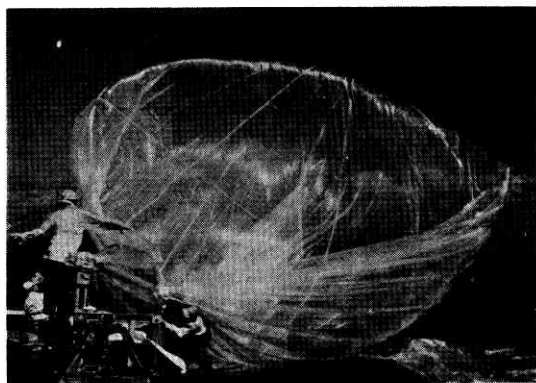


写真 1 風 (4~6 m/s) にもまれる大バルーン

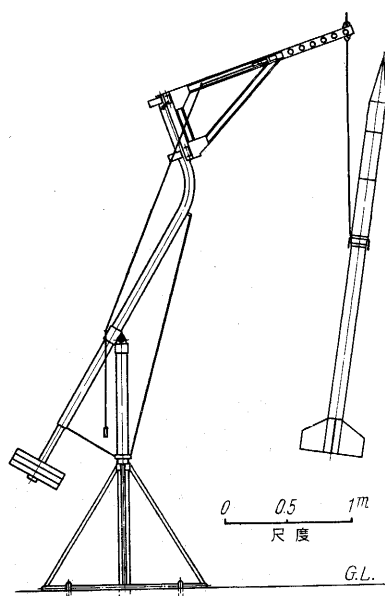
つぎに最も問題であった点は、大バルーンが放球の瞬間からメインロープが伸び切って、ロケットやタイマー等の負荷がかかるまでに僅かの風でも流されるために、最後にロケットやタイマーを放す際振子運動によって地面に衝突する事故を起こし易いことである。

実際にこのような放球方法が可能な無風状態は極めてまれと云ってよいほど少ないようである。この放球の際の振子運動について安全確実で、しかもできる限り容易で経済的な対策を案出しない限りロクーンを成立させることはほとんど不可能であった。メインロープに巻下げ器を使用する方法によってもこの危険を避けることは困難である。われわれが引き継いだ当初それまでの関係者とこの点について種々検討した。たとえば風向、風速に自動的に連動するカタパルト式の補助放球装置を使用する方法や、水面を滑らせながら離昇させる方法とか、あるいは風船爆弾の方法まで持ち出された。結局費用と期

第 1 表 ロクーン実験経過一覽表

	目 的	結 果
1) ランチングテスト (34年2月3日) (生研)	1) ロケットランチャーおよび小バルーンを使用する放球方法の検討	1) 3~5 m/s 程度の風速の場合にも安全に放球し得ることが確かめられた。
2) ダミーテスト (34年2月19・20日) { 本 庄 館 野	2) ロケットを気球に吊るして浮遊させたときの推薬の温度を 20~25°C に保つための保温方法の検討	2) ロケットエンジン部(黒塗)をポリエチレンのカバーで二重におおえば上昇中約1時間くらいは推薬の温度はほぼ 20° 程度に保てることがわかったが浮遊に入ってから温度についてはなお疑問の点が残った。また気球の強度上の問題、小バルーン切離し装置の信頼性、ゾンデの信頼性、水素取扱いの合理化の問題が新たに生じた。
3) 地上テスト (34年5月7・8日) (生研)	3) 小バルーン切離し方法の検討, 450m ³ の実物気球の加圧破かい試験	3) 導火線により発熱薬に点火してロープを溶断する方法を用いることに決定、また気球の強度はほぼ設計値に一致することを確かめた。
4) ダミーテスト (34年7月20・21日) (尾駁)	4) 浮遊状態になってからのロケット推薬の温度の測定浮揚中の気球がさらされる条件の把握(破裂原因の探究)	4) 浮遊状態になってからも推薬の温度は 25°C 程度に保ち得ることがわかった。また気球には静的条件から推定される荷重の数倍の荷重が加わることが判明、気球の強度を向上する必要があることがわかる。
5) ロクーン実験 (34年10月1日) (尾駁)	5) ロクーンロケットの発射実験ロケットの姿勢角の測定。 浮遊中のロクーンのスピンの測定	5) 推薬の点火も確実に行なわれその燃焼特性も、地上燃焼実験の結果とよく一致することが確かめられた。姿勢角についての資料は得られなかった。浮遊中のスピンは毎分1回くらいの割合であることが認められた。気球は補強の程度では、なお強度不足であると思われた。注入水素ガスの温度も考慮する必要がわかった。
6) 気球電位測定 予備実験 (35年3月2・4・6日) (館野)	6) ポリエチレン気球の静電氣的挙動の測定法として気象用電気ゾンデの利用を検討	6) 電気ゾンデは大バルーンの下 10m の位置が適當なこと。 気球の電位は気球ランチャーにくわえられて風にもまれる時と放球の時最大となり、その値は条件が悪ければ放電の危険のある程度であるが高空では気球全体の電位は下がるらしいことがわかった。 なお極性については不明
7) ダミーテスト (35年7月21日) (尾駁)	7) 新型気球の試験 コマンドの実験 気球電位の測定	7) 放球操作の過誤により電気ゾンデ以外は結果なし。
8) ダミーテスト ロクーン実験 (35年10月18日) (尾駁)	8) 新型気球の試験 コマンドの実験 ロクーンによる宇宙線観測	8) コマンドの信頼性確認 新型気球については強度上の不安は除かれたように思われる。 ロクーンの発射は実施し得なかった。水素充填中の気球の風からの、保護が重要であると認められる。

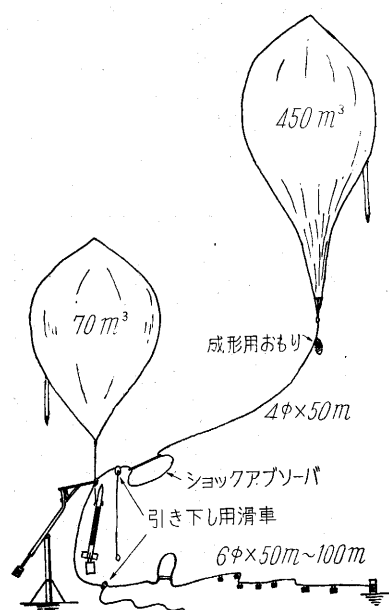
間の点をも考慮して、それまで原子核研究所のロクーン委員だった西村純氏の発案になる補助小バルーンを使用する方法を研究してみることに意見がまとまった。そしてこれに必要なロケットランチャーについては構想条件を示して富士精密工業KKの五代富文氏に設計していただいた。これを第1図に示す。



第1図 ロケットランチャー

第2図は補助小バルーンとロケットランチャーを使用する放球方法のテスト・ランチングテストの説明図である。

この方法はロケットと吊下げ荷物を吊金具とロープによって、ロケットランチャーの左右に開くことのできる両腕の先端に挟んで第1図のように吊り上げる。吊金具の上端には前述の大バルーンを結合するメインロープと、これとは別に途中に切離し装置を取り付けたことができる限り短い補助ロープを結び付ける。この補助ロープの上端に第2図のようにロケットや吊下げ荷物の重量を支えるに足る浮力



第2図 ランチングテストの説明図

を持たせた補助小バルーンを取り付ける。

放球にはまず気球ランチャーで浮力測定の完了した大バルーンを放球し、メインロープがほとんど伸び切る直

前、ロケットランチャーの腕を人力あるいは火薬のガス圧を利用した遠隔操作で開放すれば、ロケットおよび吊下げ荷物は小バルーンの浮力に支えられて、振子運動をすることなく、地面に衝突せずに上昇する。適当な高度に達した後、前記の補助ロープに取り付けた切離し装置で小バルーンを切り離せば普通のロクーン系の姿になる。メインロープには小バルーンを切り離した時ロケット等の落下のショックがあり、またロケットランチャーの開放のタイミングが遅れた時にもメインロープにショックがかかるのでショックダンパーを取り付けておくのである。

初めて行なうこの方法は単なる思考実験だけでなく、本番を行なう前にテストする必要がある、主としてロケットランチャーを開放するタイミングについてランチングテストを行なった。第2図に示すように本番には実際用いない引き下ろし用の滑車や控網を取り付けて前後9回にわたりテストした。この結果水素充填の終わった気球は風速 3~5 m/s 程度まで安全確実に放球可能であることが判明した。実験当日はこれ以上の風のない小春日和であったので、さらに強い風の条件でのテストができなかったのは残念であった。ロケットランチャーの開放のタイミングはやはりメインロープの伸び切る寸前が最も好適と判断された。なお第2図の大バルーンの下につけた成形用のおもりは、ランチングテスト用に、本番の約3分の1の大きさに作ったものであって、地上で水素の入っていない裾が本番のものより少ないため特別に必要なものであったことが、後の青森の実験の結果判明した。

以上で第一に問題になった安全確実な放球方法について見通しができたので、次にロケット・エンジンの固体推進の温度関係の問題について実験を進めた。

2) ダミーテスト

これは以前にも推進の温度を推定するための飛昇実験が行なわれ、そして点火発射実験も行なわれたが、ロケットエンジンの燃焼が不完全であったため、再度採り上げた実験であった。方法は内面燃焼型のポリステル系コンボジット推進の使用を予想していたので、推進と温度伝導度を等しくしたポリエステル樹脂を推進の形状にし、薬長の半分の長さだけ填めたダミーロケット2本を作り、そのおのおのの所望測温点に約 16 箇のサーミスタを埋め込み、他の測温点のサーミスタの値とともにテレメータで受信することにした。上昇および浮遊中のデータを確実に得たいので実験地を種々検討の結果 1956 年末同じくロクーンの前備実験の行なわれた埼玉県本庄市西小学校校庭とこれに隣接する熊谷気象台本庄分室およびテレメータの第2受信所として館野高層気象台を選び、ともに絶大なるご協力とご便宜をはかっていただいた。

実験は予定通り2月19日午前5時にタイムスケジュールに入り、風はほとんど無く、午前7時56分首尾よく放球した。

しかし放球後1分36秒で、大バルーンは糸目が切れ、また小バルーンも切り離された。ダミーロケットは校庭の樹上にパラシュートで降下して目的を達しなかった。主原因は大バルーンが経費の関係で1957年6月に製作されたものを使用したのが、気球下端の排風口のところでまとめてある糸目が麻糸で、これが約2年間で劣化していたものと判断された。また小バルーンの切離し装置は構造上衝撃に対して欠陥のあることが判った。

ダミーロケットや計器類には異状が無かったので緊急対策を施した上で翌20日ふたたび実験を行なった。

幸い朝7時頃前夜来の雨はやみ風もほとんど無くなり、雲にも切れ間ができて青空が見えだしたので、風の吹き出す前に放球することになりXを午前9時として、直ちにスケジュールに入った。全員大活躍の甲斐あって予定より5分も早く8時55分放球することができた。

実験の経過は測温計器とテレメータは終始好調であった。小バルーンは2分58秒に切離しのSw. onを受信したが、切り離されず最後までついたまま上昇した。ニクロム線関係の故障と推定された。さらに約13分高度約4,000mでゾンデの発信が止まった。高度したがって上昇速度も不明になったが、またも幸いなことに6時の南天赤道儀で雲一つない青空に気球を捕えていて63分後満膨張になって破裂する姿を確認したのである。これで航跡の推定が可能となった。

問題の推葉の温度状態は上昇中のデータのみで浮遊状態については得られなかった。これによるとアルミ合金チャンバーの外側と尾翼を黒塗にし、ポリエチレンシートのカバーを二重に被せると、地上で十数度の葉温は上昇するにしたがって適温の20°Cに近づいた。各部位によって若干の差はあるが、その差はコンポジット推葉の温度係数が比較的小さい点を考えると実用上ならさしつかえない範囲に納まった。したがって推葉の保温方法としては上記のポリエチレンシートの二重カバー方式で十分らしい見当がついたが浮遊中の状態についてさらに確認する必要が生じた。

その他この実験の結果新しく見出された問題点は、次の諸点である。

- 小バルーンの切離し装置の安全確実なものを作ること
- 大バルーンの強度について検討すること
- 水素ポンベの運搬および水素の充填を簡便迅速化すること
- ゾンデの信頼性を検討すること
- 実験準備次第では、タイムスケジュールを短縮し得る点

f) 葉温について浮遊中の状態を追試すること等であった。なお補助小バルーン放球方式についての確信が得られた。

3) 地上テスト

これは前記a), b), c)についての対策であって、a)については①空盒とマイクロスイッチとニクロム線を組み合わせてナイロンロープを溶断する方式、②空盒の変位を純然たる機械的切離し機構と組み合わせる方式③電気導火線と発熱薬とを組み合わせた方式の3案についてそれぞれ試作し、1)に述べたランチングテストの方法でテストした。結局富士精密帝火グループの試作した③がロケットランチャーの開放との連動性、および確実性、価格の点で最も合理的な実用性があると考えられたので、以後小バルーン切離しは、もっぱらこの方式を採用している。

b)のバルーンの強度については十分な研究データがない。現在は簡単な理論計算の結果を約30分の1の水モデルに作って実物の強度を推定しているに過ぎない。

実際のバルーンが果たして期待通りの強度を持っているか否かを検証するため、ランチングテストおよび地上テストに使用した450m³のバルーンについて温風を吹き込んでテストした。破壊強度

はだいたい水柱10mm前後で予期通りの値を示した。しかし破裂口の形状および位置から判断すると材料力学的条件もさることながら加工技術上も検討を要すると考えられた。さらにこれは約30°Cの温風を使用したため、高空での条件と同一でないことは注意

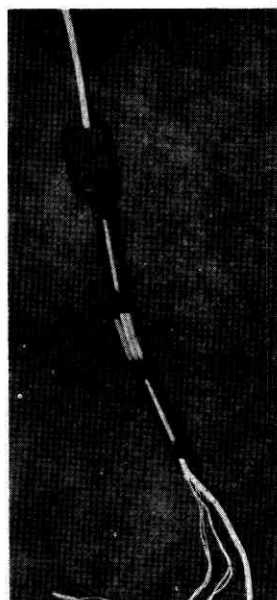


写真2 切離し装置

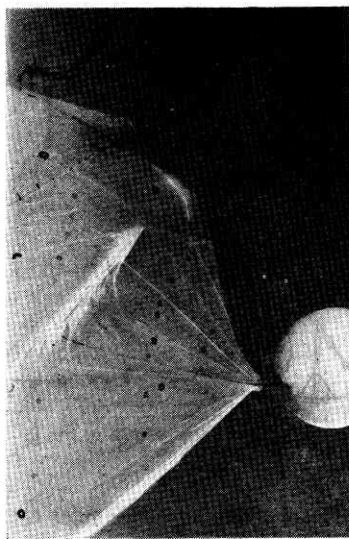


写真3 加圧試験によるバルーン破裂口

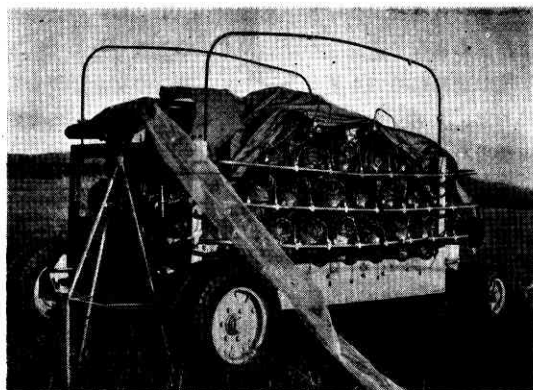


写真4 ポンベ車

すべきことである。

なお口絵写真に示すように、バルーンの要所に印をつけ、実際の二次元伸びも測定した。

c) については写真に示すように、全浮揚重量約 100 kg まかなえる水素ポンベ運搬車を試作テストした。

4) ダミーテスト

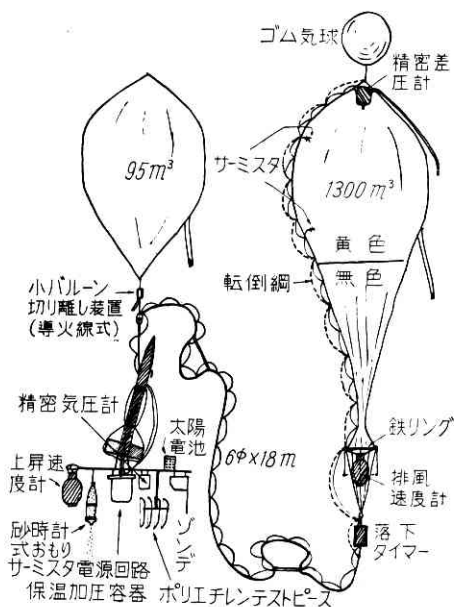
テレメータの改良により、その到達距離も見通しができ、かつ、秋に予定した本番発射実験地でのリハーサルもかねて、前記 b) および f) についての実験を行なった。f) については前述のように上昇および浮遊中のロケットエンジンの推進の温度を推定するために、前回と同様の方法で行なった。結果は浮遊中でもポリエチレンシートの二重カバー方式で十分実用的保温が可能であることが判った。

b) について大バルーンが満膨張になるや否や破裂する現象は、バルーンの静的強度から考えて説明し難いことに思われる。

古くから大気異常振動説、最近では Powell の上昇速度急増による説明等があるが、いずれもわれわれの経験した事実とは無関係のように考えられる。

そこで大バルーンの上昇運動中の状態を確かめることが必要と考えられた。大バルーンの力学的条件として、大バルーン内外の差圧を測るため頂部に感度水柱 1 mm 程度の精密差圧計を初め排風口には風車型の排風速度計と排風温度を測るサーミスタを、またバルーンシートの温度を推定するためバルーンの 2 カ所にサーミスタを貼り、さらにポリエチレンが紫外線とオゾンによって劣化し、強度低下することも考えられたので一定の負荷を加えたポリエチレンシートの試験片を、これにもまたサーミスタを貼り、温度推定を試みた。ロクーン系の上昇運動の変化を知るために精密圧力計（高度計）と風車型の上昇速度計を使用した。この外に太陽電池もテストのために計器桿に取り付けた。このように 53 項目にも及ぶ測定を試みることになった。

ポリエチレンシートは高分子が結晶質と非晶質と混在



第3図 青森7月ダミーテスト

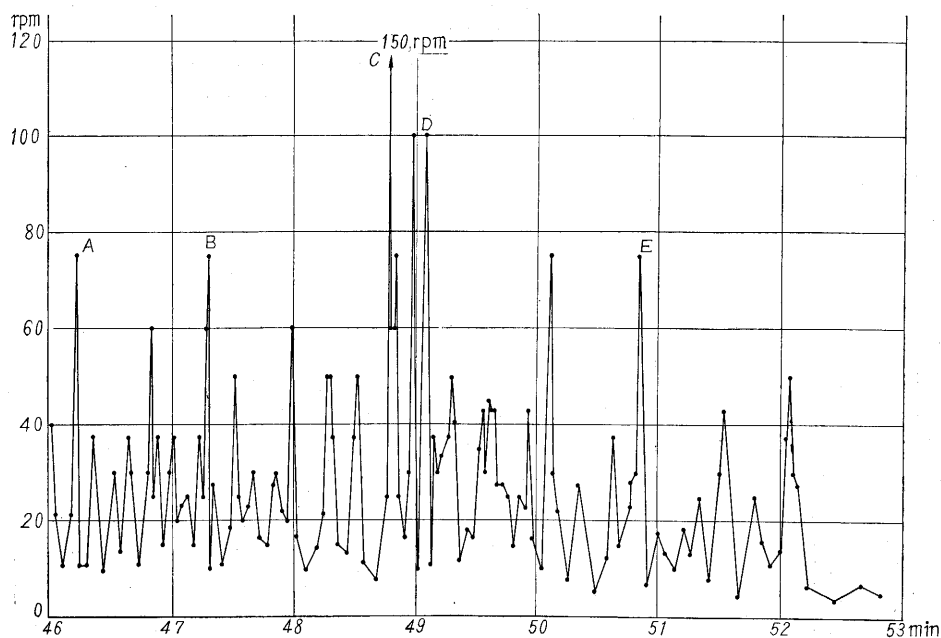
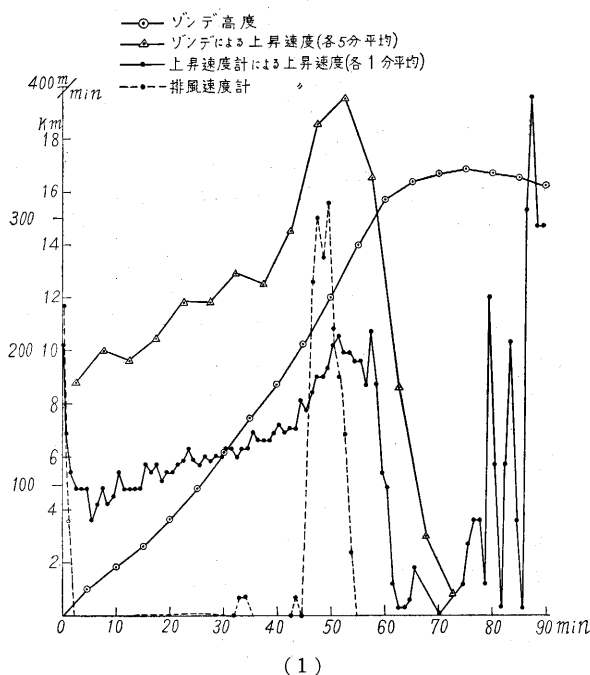
する材料で静電氣的挙動は分明がない点があり、あるいは上空で予期しない電氣的現象も疑問に考えられたので、この点をチェックすることも本庄でのダミーテスト以後計画していたが、今回は上記の測定のみで 50 項目を越え、余りにも複雑になり過ぎるので別の機会に譲ることにした。それでも第3図のようににはなはだ複雑な装置となった。このように複雑なロクーン装置の放球をマスターし、このように多くの計器で多重測定を試みて所期の目的を達したことは、これ自体も一つの収穫であったと思う。

実験結果からポリエチレンシートは -30°C 程度にまで下がると推定されるが、引張り強度は半分以下にはならないことが判った。また大バルーンの内圧は成層圏のゼットストリームを上昇速度約 400 m/min で通過する際第4図(1),(2)に示すように毎分数回の脈動を示しながら水素でなくそれまでに吸い込んだ空気を吐き出すことが知られた。これから必然的に考えられる大バルーン内の脈動的な内圧上昇を計算すると、最大は水柱で約 7 mm 程度にも達し、これは排風口面積を特に計算所要値の4倍にしておかつこの値に達している。普通は2倍くらいにとり、しかもバルーンの内圧の静的破壊内圧が水柱 10 mm 程度である点を考え合わせると、この脈動的な内圧上昇だけでも破裂することが推定される。本来ならば気球の設計を十分検討した上で実験を行なうべきであるが、時間的にも製作期間的にも間に合わないもので、次の実験には可能な程度の補強方法を施す外なかった。

なおこの実験では別の気球実験のために設計製作された気球ランチャーを便宜的に借用したが、クランプの強

度不足で水素を充填し終わる直前、ロケットランチャーではまだ準備途中に、大バルーンがはずれて上昇しかけた。幸いロープが気球ランチャーのボルトに引掛って事無きを得たが、今後はこの点にも十分の注意を払う必要を認め、大バルーンの準備中はアンカーロープをとることにした。それにしてもロクーン用の気球ランチャーはぜひ必要と考えられる。

5) 昭和 34 年度第 1 次ロクーン実験



第 4 図 4) ダミーテストにおける上昇中のバルーンの詳細データ

当初われわれが受け継いだ前記 I, II, III の諸項およびその過程で遭遇した諸問題も大略処理したので、本年度の最終目標であるロケットエンジンの完全燃焼を主におき、ロケットの飛しょう姿勢と観測を従としてこの実験を行なった。

使用したロケットはシグマ 3 型 2 機であった。実験を具体的に計画検討したところ、ロケットエンジンの点火燃焼については推葉の温度のみが問題視されていて、高空の低圧問題については、全く未処理であることを発見した。取りあえず地上燃焼実験とできる限り同一条件にする努力をし、放球前ノズルクロージャーの気密漏洩試験を行ない気圧保持を確認した上で行なうことにした。

1 号機は加速度計の見事な記録からエンジンは地上燃焼実験と同一の燃焼をしたことが明らかであった。2 号機も発射寸前大バルーンが破裂して落下したが、落下中にやはり 1 号機同様の完全燃焼をしたことが判った。飛しょう中の姿勢はロケットに搭載したジャイロの作動不良でデータがとれなかった。ピラニーゲージも作動不良で到達高度は直接のデータは無いが、飛しょう時間から推定して、80° 発射の計算高度よりはかなり下回っている。これについて考え得るもっともらしい原因は吊下荷物を切り落した後のロケットの振動が、いまだ減衰していなかったためと推定される。

なお 2 号機大バルーンの破裂は上昇速度が 550 m/min くらいにも達して起こっており、この原因は、低温水素ガスをスケジュールより早く充填し終わってからさらに放球直前、テレメータ受信機の故障で合わせて約 30 分

間直射日光に照らされ、水素ガス温度が上昇し、自由浮力の増大があったためと考えられる。そこで注入水素ガス温度を大気温度まで高める装置を用いること、および気球も補強のような、こそくな手段でなく設計法の根本的な再検討がぜひ必要と考えられるに至った。

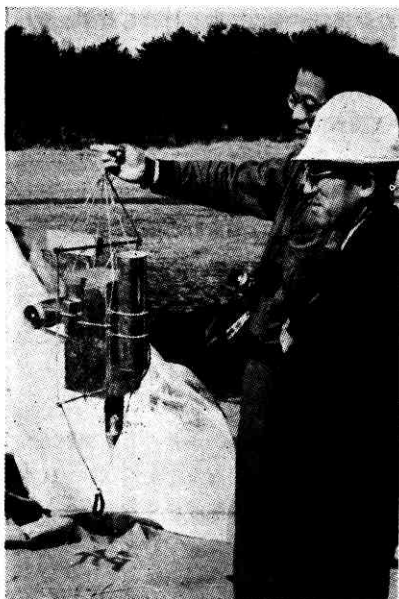


写真 5 気象用電気ゾンデ

郎教授と相原公一氏の協力を得て準備を進めつつあった。たまたま明星電気KKから気象用電気ゾンデのあることを知らされ、まずこれで予備実験することにした。大バルーンはSR主任研究員石井千尋氏の放射能ゾンデのそれに便乗させていただきお許しを得た。地上近くでの状態は岡崎研究室自製の回転集電計で測定した(口絵参照)。

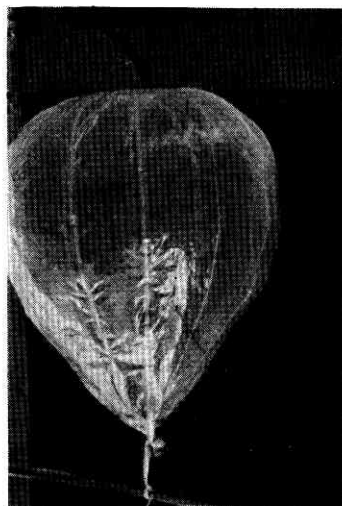
この結果は目下外遊中の岡崎教授の手許で整理していただいているが、概要は大バルーンに発生する電位は気球ロンチャーに咥えられていて、風にもまれる時と放球の瞬間が最大で、この時何か金属の尖端等が近接するような悪条件になると放電の危険があり得ること、高空に昇るに仕掛けて大気のエーダの増大とともに気球電位は下がる傾向が判り、電気ゾンデは大バルーンの下約10

mの位置に吊るせば測定に適當であることが判った。

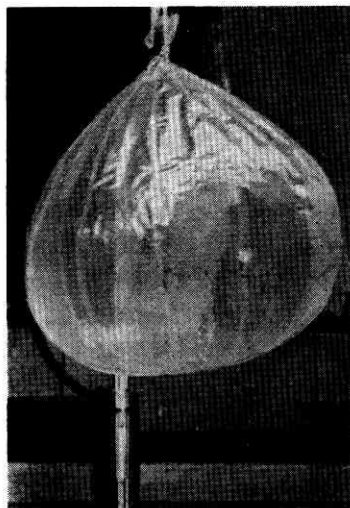
マクロ的な大バルーンに電位が常にこのようであれば満膨張破裂の問題における静電気の問題は度外視してもよいと考えられる。しかし常にこのようであるのか、日によって異なるのか、あるいはまたミクロ的に極性や電位がどの

6) 気球電位測定予備実験

前述の通りポリエチレンシートの静電気的挙動が明瞭でないので念のために大バルーンに電位を推定するため、大バルーンに電位によって生ずる電界強度を測定することを考え、航研研究所の岡崎三



(2) アクア型



(3) スカイフック型

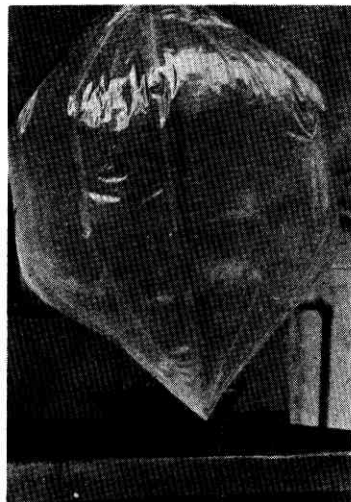
写真 6 テストした3種類のバルーンの水模型

スカイフック型程扁平な形状に飛躍するよりも、普通のパラシュートに使用する曲線を気球頂部に利用したアクア型(篠倉ゴムでは沈船引上げ等に水中気球としてこの型を採用し、製作と実用にも経験があるのでこの名称を使うようである)がかなり有効らしく思われた。そこで従来の多角形型と上記新型2種類について水模型を作り強度の比較試験を行なった。その結果新型2種はともに従来のものより満膨張の状態で30~50%程度強いことが判った。しからば新型2種のいずれを選ぶかの問題であるが、静的試験ではほとんど差を認め難いので、当然動的条件に対して有利な方を選ぶべきである。しかし大バルーンの遭遇する動的条件については、まだ明瞭でなく、理論的にも実験的にも基礎的研究の必要がある。(不徹底な研究態度であると思うが)現段階としては消極的ながら半歩前進主義をとり、前述の通り水素ガス混

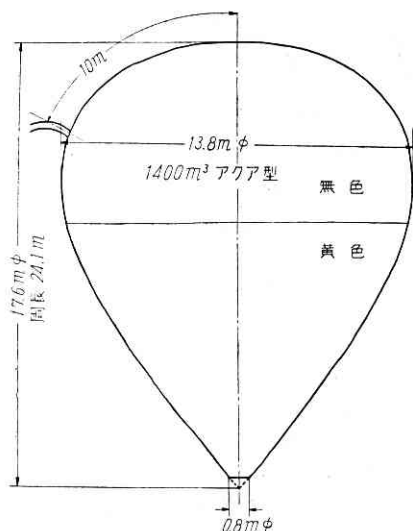
ようであるのかの未知の点が残っている。

7) ダミーテスト

従来のサルジニヤ型と呼ばれる角錐、角柱接合型の大バルーンは、溶接線が全部直線で加工容易であり、シートからの裁断にも無駄が無い。使用状態においても静力学的に最も苛酷な気球ロンチャーに咥えた時に他の形状よりも有利である等の利点がある。しかし高空で満膨張になった状態ではこの最後の点は不利になる。われわれの現在の大バルーンについての問題点は、まさにこの不利な状態においてである。そこでより合理的な大バルーンの形状について種々検討した結果、アメリカのス



(1) 六角型



第5図 8) に使用したアクア型大バルーンは 80° 発射では水平到達距離が大き過ぎるのでこの対策として、水平距離を半減するため 85° 発射とし、さらにロケットが気球に触れないようにメインロープを従来の倍 100 m にすることにした。発射そのものも地上からコマンドする計画で今回その予備実験を行なう必要があった。これらをまとめ気球電位測定の本番実験を併せて行なった。

2回放球したが 2 回とも十分には 目的を達しなかった。第1回目は放球直前の風向に対して気球ランチャーの位置を移動すべきだったが、高層気象台の観測業務の合間を利用する関係で時間的制約があったことと実験人員を最少減に絞った編成で開墾したての不整地での移動は短時間では困難であったことのため、普通では行なわない無理な放球を強行したのでロケットランチャーに引

度の点も考慮して水素加温器を併用して上記アクア型の実物バルーンの飛昇実験を行なうことにした

次にロケットを 100 km 前後に打ち上げるのに従来通

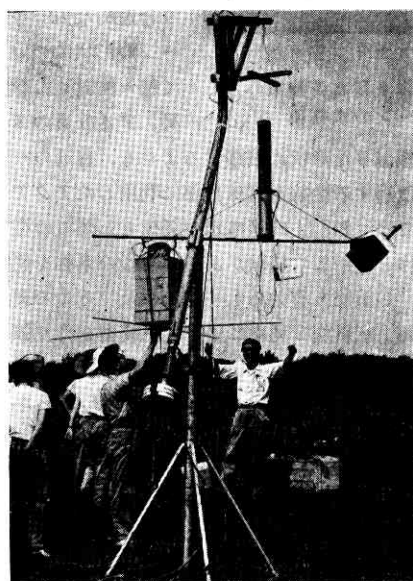


写真 7) のダミーテストに使用した水平計器桿、放球の際右端の天頂輝度計が落下した

掛けて写真 7 に示す計器を落としてしまった。

第2回目は第1回目に計器桿が目ざわりになるほど長かったので、負荷全体の姿を深く考えず、できる限り切りつめりハースル無しで直ちに本番を行なった

ところ、負荷用の砂袋が計器桿に取り付けられず、放球直前とときに全員合議もせずメインロープにこれを移した。小バルーンの自由浮力は約 7 kg 過大となり、これは前日落下した天頂輝度計の 10 kg より小さいはずであるが、小バルーンの高度は大バルーンとは方向違いにどんどん上昇して、小バルーンの切離しとともにメインロープが切れて落下した。ほぼ満足に目的を達したのは 2 回とも電気ゾンデの観測のみであった。

この原因は小バルーンを使用するロクーン放球法の本質的欠陥ではなく実験操作の一般原則を守らなかったために起こしたことで深く反省銘記すべき実験であった。

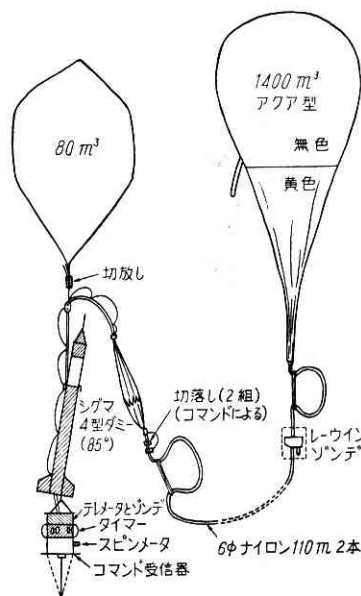
8) ダミーテストおよびロクーン実験

7) で目的を達しなかったため、本番の発射実験と全く同一の重量、形状のダミーロケットを使用し、メインロープも 2 本どりとし、結合部も強度低下をできる限り避けるように予めミシン加工し、ショックダンパーも再検討して改め、さらに小バルーン切離し、タイムをふたたび旧に戻して行なった。水素充填には館野のテストの際と同様温水を利用した水素加温器を用いた。

ロケットの発射関係では前述のようにコマンドを行なう計画だったので、さらにスピナーメータを併用して発射方向をも制御し、所望海面に落下させることを試みた。

天候に恵まれずダミーテストのみで終わったが、スピナーに関して以外は十分目的を達し、コマンドは最後まで十分な性能を示した。新しいアクア型大バルーンも浮遊後負荷を切り落とすと、さらに上昇を続けて健在なことが判った。高空における上昇速度の増大も従来は放球直後のその 100% にも達したが今回の実験によりこれも制御し得ることも判った。

切落しには従来のニクロム線による溶断方法の代わり



第6図 8) の装置

に火薬による方法に換えこれも完全に作動した。タイマーもマイクロモータ式の代わりに東芝製の時計型にして十分機能を果たした。全体の配置を第6図に示す。

シグマ4型ロケットは実際に発射できなくて残念であったが、これはシグマ3型に比べて推進が改良され

ており、比推力は約 5% 向上している。またエンジンチャンバーの外径を 5 mm 増して頭胴部と同一径の 125 φ に改めたため、推薬量は約 12% 増加した。

頭胴部の設計合理化を行ない全長 2,772 cm、テレメータの送信アンテナはノーズコーン先端部にかぶせた。したがって外見は先端に針が突出している。尾翼はアルミ合金単板からハニカム構造にし軽量化したがまだ 4 枚翼である。

計算性能は高度 20 km から 85° 発射して 96.5 km に達すると推算されている。

現在までの総括

実際に発射実験を行なって実証する段階にまで立ち至らなかったが、以上の諸結果を総合的に考察すると、天候条件さえある程度ならば、ロケットの自重数十 kg 程度のロクーンを安全確実に放球することが可能である。

シグマ程度のロケットでペイロード 6 kg 以下ならば約 100 km の高度に達することが期待できる。

落下方向地点もある程度所望範囲に限定し得る。

今後の問題について

ランチングテストによって、一度バルーンに水素を充填してしまえば 3~5 m/s 程度の風があっても、ロクーンを安全に放し得ることは明らかになったが、気球に水素を充填する途中の状態がほとんど無風であることが要求され、この期間に突風に合うとバルーンは破壊することを覚悟しなければならないのが現状である。このような危険をさける方法も種々検討したが、経費と期間の関係もあって、現在まではできる限り風の弱い状態を待って水素をできる限り短時間に充填する方針を採ってきた。この方法だけでは不十分なため天候待ちで実験期間が延びたり、突風でバルーンが破れたりした場合もあった。しかし、水素充填室あるいは少なくとも遮風板の設備をすることによりロクーン実験実施の計画性を大幅に改善し得るものと考えている。

また大バルーンには今一つの問題点すなわち高空での満膨張破裂があるが、これはバルーンに与える自由浮力を正確に計ってバルーンの上昇速度をある限度以下に確実におさえることが極めて有効なことが経験的に知られている。この点からもバルーンに水素を充填し終わる頃、バルーンが風を受けて浮力秤定に誤差を生ぜしめないように前述の設備をすることが非常に望ましい。

新しくテストしたアクア型バルーンにより破裂に対する強度は約 30% は向上したものと考えてるが、なお破裂の真の原因を明らかにするには、上昇運動中にバルーンのさらされる状態を把握して、理論的実験的に大バルーンをより合理的に設計するための資料を整える必要がある。形状、材料のシート、加工技術の点においてもなお多くの検討を要する。

なおロクーンの大バルーンは飛昇時間が長くても 2 時間を越えないようであるから今まで行なってきたリークテストは工場の完成検査を十分に行なうことによって省略し、実験のタイムスケジュールの短縮を考える必要があると思う。

次に気球ランチャーは放球時の風向に対して容易に移動し得る必要があるから、これらの条件を備えた新しいロクーン用気球ランチャーを試作する必要があると考えられる。

また現在の小バルーンを使用する方法の段階では、ロケットランチャーは放球の役目では完全であるが単にそれだけでなく、ロケットの下に吊下げ荷物を取り付け、放球飛昇の準備を最終的に整えるための作業塔の役目を果たせるように改める必要がある。

ロクーン用ロケットとしては、冒頭に述べた通り高空の低密度層から発射するので、機体の受ける空気力学的諸条件は地上から発射する場合のそれに比較して格段に緩和される。この点を十二分に活用した機体設計と製作を行なうべきである。

さらに今後はロケットの上昇性能の向上と落下危険海面の縮小および計測上の便宜等のために垂直発射ができるようにする必要がある。

その他ロクーンロケットの飛しょう姿勢についての確実な資料を得られなかったが、この点今後に残された課題である。

ロケット推薬の面では単に比推力の向上のみでなく、充填薬量を増すよう場合によっては長径比を適当にして質量比の向上による到達高度の向上をはかるべきである。また現在、比推力も推薬充填量ともに従来より約 10% ずつ大にすることも検討中であり、これが実現すれば、これと燃焼時間の短縮とによって、ロケットの飛ぶ高さを従来より 40% 程度増加させることも可能となり、機体重量の軽減も考慮するとシグマ型のロクーンの到達高度としてはペイロード 6 kg で 150 km 程度を期待することができる。

ロクーンロケットは高空で点火するのであるから圧力の低い状態においても確実に点火燃焼できるようにすることも必要である。

また、できれば低温で使用し得る推薬を開発すれば夜間放球のロクーンも成立可能になる。

む す び

まだデータの乏しい種々の諸問題を含んでいるロクーンの開発研究の丸 2 年間の経過と結論は、だいたい上述のようである。

この段階までロクーンの見通しを立て得たのも、ひとえに関係各位のご理解とご協力の結果であり、厚く御礼申上げたい。

(1960.11.7)