

カップ 6 型ロケット回収用フロートについて

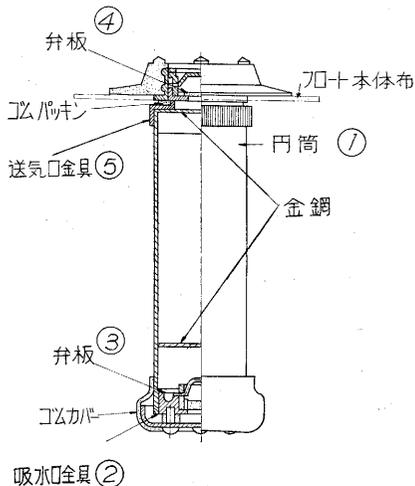
吉山 巖・尾島学二・成沢一男・間野吉雄・渡辺太郎

国際地球観測の本観測にカップ 6 型ロケット頭部に分光器を搭載し太陽光線のスペクトルを観測撮影、高度約 40 km においてロケット頭部を本体より切断、パラシュートによって減速し海中に落下せしめ、海水注入式ガス発生装置を有するフロートによって海上に浮遊させ回収する方法を新たに設計試作し幾多の予備実験を経てカップ 6 型-R S 1 号および 2 号に搭載された。

1. 計画について

回収用フロートはロケット発射後大気圏外に放出されて落下し、大気圏に復帰、パラシュートにより海面近くでは約 30 m/sec 以下に減速されるもので、ペビーロケットに搭載した炭酸ガスボンベによるガス発生装置がパラシュートの開傘ショックにより作動するようなものでは、気圧・温度によるフロートの耐圧の問題ならびに落下時なかならず海中突入時のショックに対する抵抗が大きいためにつぎのように設計計画した。

- (1) フロートの充気が海中突入時、または直後に確実に作動すること。
- (2) 回収重量が約 11 kg であること。したがって浮力はそれ以上であること。
- (3) 落下速度 30 m/sec に耐え、なかならず海面におけるショックに十分耐えること。
- (4) 発見が容易であること。
- (5) 浮遊時間が 24 時間以上保てること。
- (6) ロケットへの収納が容易であること。すなわち収納容積が小さく 150φ mm×210 mm に収まること。



第 1 図

(7) フロートの重量が軽いこと。すなわち約 1.5 kg 以下であること。

2. ガス発生装置

上記計画におけるガス発生装置については、種々検討の結果第 1 図に示す水素ガス発生装置を設計した。すなわち調整金具によって調整される不還弁③を有する吸水口金具②および送気用ゴム不還弁④を有する送気口金具⑤を備えた発生円筒①からできているもので、いずれも材質的には化学薬品に耐えるよう金属部はクロムメッキし、ゴムは耐化学薬品性合成ゴムを用いた。この中に予め規定量のアルミ粉末のような金属粉末、および苛性カリのような固形のアルカリを装填し、吸水口より入る水と速かに下記のような化学反応をおこし、送気口不還弁を通りフロート内部に水素ガスが送られるものである。



水素ガス 1 l を得るためには標準状態において理論値としてはアルミ 0.8 g 苛性カリ 1.67 g を必要とする。アルミ材料としては純度・反応表面積が関係し箔・薄肉の小パイプ・粉末をテストの結果試薬用アルミ粉末が最もよい。試薬用アルミ粉末を用い基礎実験を行なった結果 1 l の水素を発生させるに要する時間は試薬用アルミ粉末 0.8 g・苛性カリ 1.67 g・水 5.35 g を用いた場合すなわち水量を 10 倍とした場合において早いもので 3 秒、おそいもので 15 秒以内に収量がほとんど 100% 近くとなる。また反応にあずかる水をそれぞれ 1.07 g, 10.7 g, 21.4 g, 42.8 g, 85.6 g, すなわち、化学方程式において、理論値の 2, 20, 40, 80, 160 倍の水を用いて、アルカリ濃度を変えた場合、反応時間は水を、20~80 倍にした状態がよく、この範囲内での温度上昇も大差なく 40~60°C で 15 秒以内に水素がほとんど、100% の収量で得られる。

3. フロートおよびダイマーカー

(1) フロートの材料

フロートの材料は耐圧強度、発見の容易さ、ならびに 24 時間以上の浮遊に耐えるべき気密性のよいものとして第 1 表に示す性能を有するナイロン二重布の両面に黄色に着色した合成ゴム（ネオプレン）を塗布したもので形状は接着部の僅少、パラシュートとの連結の容易さ、収納容積の縮小などからクラゲ型とした。

(2) 浮力

浮力決定についてはこのものが海中にいったん突入し

第1表 フロート本体布

項目	性能	試験方法
構成	ナイロン二重布	—
色調	黄色	—
本体布重量	600 gm ² 以下	—
引張強サ	経緯とも 100 kg/5 cm 以上	JIS L-1004 による
気密試験	1 l/m ² /24H/15°C 水素	オストワルド式気密試験機を用い水素ガス圧・流動パラフィン 30 mm で 30 分行ない、24時間 換算する
耐熱試験	異状なし	JIS K-6328 による
耐水圧試験	異状なし	JIS K-6328 による ただし水圧 3 kg/cm ²
耐寒試験	異状なし	JIS K-6328 による ただし温度 -30°C
耐揉試験	異状なし	JIS K-6328 による ただし荷重 1 kg

てガス発生が行なわれるために、水圧の影響を考慮しなければならぬ。したがって回収重量、水中落下速度、ガス発生時間、水圧の関係によって浮力を決定しなければならない。このことについては海水より抵抗の少ない湖、川においての落下速度、浮力などについて実験した例を示す。

(3) 水中沈下速度測定

場所、箱根・芦の湖 日時、昭和32年10月14日
水深 35 m の湖上で重量物 5.7 kg の鉄製円柱に紐を 1 m ごとに目盛して結び、そのまま投下した速度と、これにパラシュート(観測用と同一のもの)をとりつけたものについて行なった結果を第2表、第3表に示す。

第2表の結果からみれば3ヶとも比較的バラツキが少

第2表 水中落下速度 (重量物のみ)

深サ(m)	時間(秒)		
	1	2	3
0	-	-	-
3.5	2	2	2
8.5	4	4	-
13.5	6	6	6
18.5	8	9	9
23.5	13	11	12
28.5	15	14	14
33.5	17	16.5	16.5
35	-	19	19

第3表 水中落下速度 (重量物+パラシュート)

深サ(m)	時間(秒)	
	1	2
0	-	-
3.5	2	-
8.5	9	7
13.5	19	17.5
18.5	29	28
23.5	38	39
28.5	46	49.5
33.5	-	59
35	55	65

なく平均落下速度1.84 m/sec で、それぞれ5 m ごとの測定時間からみれば 2.5 m/sec でありこれはストークスの法則に近似的に一致し、かつあまり沈下速度は加速されていない。

第3表の結果では明らかにパラシュートのバラストとしての効果があり、バラツキがあるにしても初速は早いのが10 m 以上においては0.5 m/sec で加速も減速もされないように見うけられる。

これらのことからガス発生装置が確実に作動すれば、

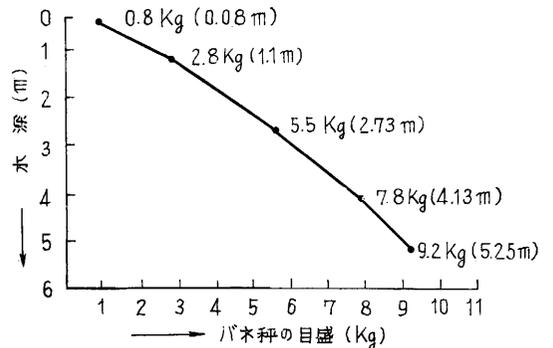
パラシュートの効果によりフロートは 30 m 以上の深さに沈むことは考えられず、浮力としては 30 m 沈下後における状態、すなわち水圧により浮力が減じられた状態を基準に設計すればよいとの考え方に立った。

(4) 水圧による浮力(容積)変化

場所、小河内・深山橋下 日時、昭和32年12月23日
この実験は非常にむずかしいので5 m の状態をしらべ、深い場合はこれを計算によって推定した。結果においてはほしい一致するのではなからうか。

実験は浮力約 28 kg のフロートを用いこれに 28 kg の重量物を取りつけたが約 0.8 kg 加えることにより、大体水面において平衡よりやや重量物が優っている状態にし、つぎのようにバネ秤によって記録した。(第2図)

第2図の結果は第4表の理論計算値にほぼ一致する。



第2図

すなわち、空気中において約 28 kg の重量物を水深 5 m において、持ち上げるに要するフロートの浮力は、重量物自体の浮力を無視してフロートのみによって浮上させるとすれば、フロートの水圧による影響を考慮し、フロートの水面すれすれにおける浮力が

$$[29 \div 0.75 = 38.7]$$

すなわち、38.7 kg 以上のものでなければならぬ。実験の結果 28 kg の重量物に 0.8 kg 加え浮力 28 kg のフロートを取りつけ5.25mの水深において、スプリング秤のよみが9.2 kg で計 38 kg でつりあっていた。すなわち、計算と実験値がほぼ一致するとみなされる。

第4表 水圧と浮力(容積)の関係

水深(m)	圧力(気圧)	容積(l)	水深(m)	圧力(気圧)	容積(l)
0	1.0	1	30	4.0	0.37
5	1.5	0.75	35	4.5	0.34
10	2.0	0.61	40	5.0	0.32
15	2.5	0.52	45	5.5	0.30
20	3.0	0.46	50	6.0	0.28
25	3.5	0.41			

したがって水圧と浮力の関係は第 4 表によることとした。ただし第 4 表においてはガスが断熱変化の完全気体と考え $P_1 V_1 r = P_2 V_2 r$ $r=1.4$ として出したものである。

これらのことから回収重量約 11 kg を深度 30 m より回収するに必要な浮力は水面において 30 kg 以上なければならない。しかしながらガスの温度の変化、発生量の不足を考慮し一方回収物自体の浮力および収納容積から設計を 35~40 kg とし呼称浮力 32 kg とした。

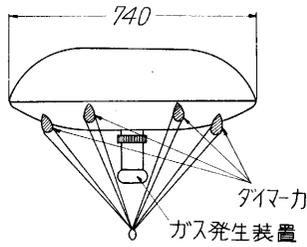
(5) ダイマーカ (フローレッシェンナトリウム)

海上におけるロケット回収の際フロートのみによって搜索することは、比較的海水と判別容易な黄色に着色してあるが、余りにも小さく船舶、航空機によっても困難視されるのでフロートにダイマーカをとりつけ、フロートの浮上後その周囲の海水を黄緑色に着色拡散せしめ、発見を容易にすることとした。当初持続時間を 10 時間以上に着色を保つために、固形ダイマーカすなわちフローレッシェンナトリウム 95% 以上の純度のものをパラフィンで固化して重量、収納容積から各 25g ずつ 4 個とりつけて実験したが、持続時間は 24 時間もつが拡散状況はなかなか結局粉末式のものとし、綿布に收容して取付け紐に連結して用いた。このことは固形ダイマーカと同量で、拡散面積が 10 m 平方に拡散しかつ持続時間も数時間保持し得る。

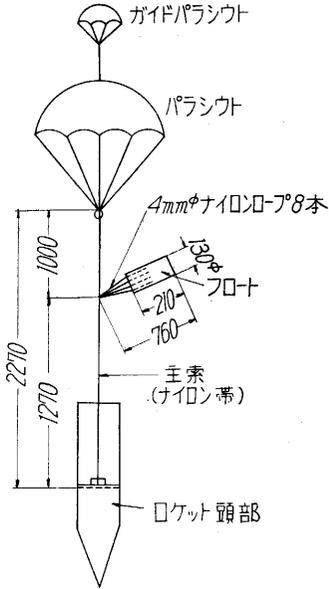
4. 予備実験

つぎにフロートの膨脹浮上試験を社内における基礎実験とともに海上において船あるいはヘリコプタによる投下試験を行なって本観測に備え改良を加えた。これらの予備実験の概要について若干説明する。

○水素ガス発生装置によるフロート浮上確認試験



第 3 図



第 4 図

日時 昭和 32 年 7 月 12 日, 場所 東京港

参加 糸川, 成沢, 間野, 渡辺ほか

概要 社内における水素ガス発生装置によるフロートの膨脹, 浮上テストをさらに確認するために, この設計にもとづく最初の社外テストを小雨降る東京港沖において巡視艇しらうめに乗船して行なった。

浮力 9.5 kg および 16 kg のドーナツ形フロートにポリエチレンおよび黄銅製ガス発生装置をとりつけ, それぞれ約 5 kg の重量物を取りつけ投下し, いずれも 10 秒以内にほとんど 100% 膨脹浮上した。しかし 16 kg 用は浮上数秒後においてパンクした。本使用フロートは加工接着を前日行なったもので接着不良によるものと考えられまたポリエチレンは一部反応熱による変形があり, 今後フロートは接着加工部分の少ないクラゲ形とし発生機は金属製とすることとした。

○ダミー投下試験

場所 秋田土崎港外, 日時 昭和 32 年 9 月 21 日

参加 糸川, 吉山, 垣見, 間野ほか

概要 130φ×375 の円筒重量 9.2 kg の中にパラシュート, 16 kg 用フロート, ダイマーカを第 4 図のようにとりつけて入れ 高度約 700 m の高度のヘリコプタより約 20m/sec の速度で投下したが浮上しなかった。2 ヶ準備し 1 ヶの実験で中止した。浮上しなかった原因については水中における浮力不足が主因と考えられ, 次回よりは設計を変更し浮力の増加をはかることとした。

○水中落下速度の測定および投下試験 (秋田における失敗の究明)

日時 昭和 32 年 10 月 14 日, 場所 箱根・芦ノ湖

参加 吉山, 成沢, 間野, 渡辺

概要 1) 水中落下速度 前述のように水中落下速度は落下重量物のみではほとんどストークスの法則に従うことが判明するとともにパラシュートにより 1/2~1/3 に減速されることがわかった。

2) 投下試験

16 kg 浮力用フロート 3 ヶ, 32 kg 用フロート 1 ヶを準備し, パラシュートなしで重量 5.7 kg (ただし 32 kg 用は 11 kg) を付して行ない, いずれも回収したものは 15 秒以内で浮上した。しかし最初 16 kg 用 2 ヶについて, 1 ヶは弁が 2 mm でショアー硬度 45 のもので注入される水量が多く 3 分後でも浮上せず, 以降これを 2 枚重ねることによって改善され, 他の 1 ヶは 1 回使用したガス発生装置を再度使用したためか, 送気口側の金網において薬品が固化し, ガスが不還弁をおしかえし (吸水口側の弁) 水素が逆流した。このことから秋田における失敗は弁もその一因と考えられ, 今後この実験結果から弁, および吸湿について検討することとした。

○ダミー投下試験

日時 昭和 32 年 12 月 3 日, 場所 館山沖上

参加 成沢, 間野, 渡辺ほか

概要 秋田および箱根における実験結果から, 弁については吸水口不還弁を Shore 硬度 80 のもので 3 mm 厚の発生装置をとりつけたフロート, パラシュート, ダイマーカを 5.5 kg の重量物と結び高度 300 m ヘリコプタより約 20 m/sec で投下し, 着水後 15 秒以内に浮上回収した. この際万一浮上失敗の場合を考慮し, ダイマーカを約 20 m の紐でむすびダイマーカのみでも浮上せしめようとしたが紐は落下中からみあって逆効果があるように見受けられた.

○ダミー投下テスト

日時 昭和 33 年 7 月 31 日, 8 月 9 日

場所 田浦港外 (小柴崎)

参加 糸川, 斎藤, 間野, 渡辺ほか

概要 館山におけるダミー投下テストではほぼ確信を得て, その後運研風島研究所でも 22 m の塔上より投下し成果を収め, さらに吸湿防止方法の検討を加え, 社内において実験を行ない, つぎの諸元で田浦港外において 2 ケずつ 2 回計 4 ケのセスナ機から投下実験を行なった.

- a) フロート 32 kg 用 (アルミ 28 g, 苛性カリ 69 g) なお 発生機は防湿用ゴム輪 (25φ × 40 × 1 t) で吸水口をシールし落下と同時に外れるようにした.
- b) ダイマーカ 粉末 100 g 4 ケずつ
- c) パラシュートとの連結第 4 図による.
- d) 回収重量 約 11 kg

回収重量物であるダミーの中にパラシュート, ダイマーカ, フロートを 150φ × 200 mm 以内に収納し和紙によりカバーし, 粘着テープで和紙をダミーに接着せしめ全重量約 12.5 kg として 7-31 および 8-9 の 2 回に分け投下した.

第 1 回の最初の 1 ケは高度約 4,000 m より投下パラシュートが開かぬままに海中に没し (セスナ搭乗者よりの報告) 2 ケ目については約 2,000 m の高度より投下, パラシュートが開くのを確認したが着水場所を発見できず結局いずれも失敗した.

再び同じ状況で 8-9 第 2 回の投下テストを高度 1,000 m, 2,000 m より約 17 m/sec で投下しいずれも着水 15 秒以内で浮上, ダイマーカとともに確信を深め, 観測用は本フロート方式によることに決定した.

5. 飛しょう実験による結果

カップ 6 型-R S 1 号機が昭和 33 年 9 月 25 日 14 時 50 分秋田・道川海岸で発射され, ブースタ, メインロケットともに正常に飛しょうしたことが 30 秒までの光学観測により確認された. この追跡結果を TW 4, カップ

6 型-4 のレーダによる飛しょう径路の資料より 105 秒で最高高度約 50 km に達し, その後降下に移り 141 秒で約 42 km に達したときロケット頭部が切断しパラシュートが出て 40 km 前後で開傘され落下し海中に突入したと考えられる. 着水予想地点をヘリコプタ, 巡視船によって日没まで捜索したが発見されるに至らず, 10 月 1 日青森県深浦町行合崎沖において 1 漁船により発見された. すなわち着水予想地点が若干あやまって推測されたために当日発見できなかったが, 約 1 週間の浮遊をつづけ, かつその間 22 号台風の影響にも耐え, ほとんど異状なく回収された. なおフロートその他については田浦港外における予備実験用のものと同じであり, 詳細についてはつぎのようになっている.

(1) フロート

本体の有効直径は水平において 740 mmφ で浮力 35~40 kg (呼称 32 kg 用) で取付紐は 4 mmφ ナイロンをそれぞれ 4 ケ所に取り付けた. (第 3 図)

回収後ナイロン紐の一部がわずか溶融し始めた状況にあったが, これは発生装置の風防板との落下中における摩擦によると思われる.

(2) ガス発生装置

第 1 図に示すガス発生装置で寸法は約 50 φ × 180 mm で内部にアルミ粉末 28.4 g 苛性カリ 69 g とし, 風防板および円筒にわたって約 25φ × 40 × 1 t mm のゴムシールを施し装填後 5 日目に発射されたものである.

(3) ダイマーカ

粉末ダイマーカ 25 g を綿布二重袋に入れ 4 ケそれぞれ取付紐の下部に取り付けた. 回収後綿布は異状なくダイマーカが皆無になっていた.

さらに 2 号機が昭和 33 年 11 月 29 日 12 時 05 分第 1 号機と同様発射され, 観測予定落下地点において着水後 1 時間 40 分でダイマーカの拡散している中をフロートの浮上しているのを発見し直ちに回収された. 第 2 号機は落下位置が推定とほぼ一致したことは非常に観測班の努力に負うところが大きい.

回収されたフロートその他は異状なく, ただガス発生機の風防板が若干変形し海面への落下ショックの大きさを物語っていた. なおフロート, ダイマーカの諸元は 1 号機と同一である.

むすび

国際地球観測用ロケット, カップ 6 型-R S 1 号, 2 号ともに回収されたことは糸川, 高木両教授を始め, 多くの観測に参加された方々の惜しみなきご指導とご協力によるもので深く感謝申し上げて筆をおく. (1959. 5. 18.)