

奨励賞を受賞して

—高層気象観測現場での創意工夫—

阿部 豊 雄*

思いがけない日本気象学会奨励賞を賜り望外の喜びです。天気掲載の「気象庁における高層気象観測の変遷と観測値の特性」(阿部 2015, 2016) を評価され、奨励賞への推薦とご尽力をいただきました方々に深謝申し上げます。選定理由を熟読玩味し感激しました。

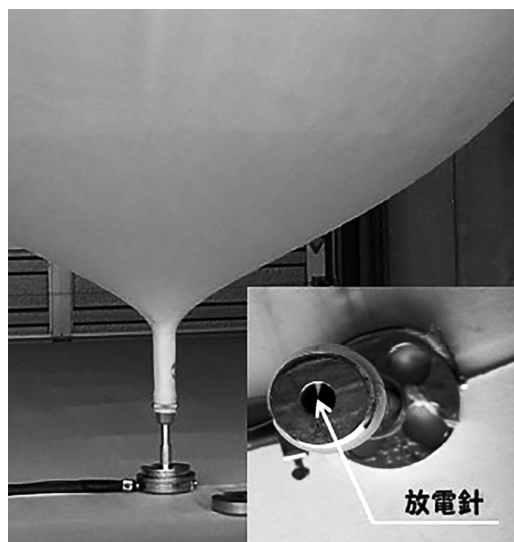
奨励賞対象の解説は、投稿原稿を掲載稿まで導いてくださいました担当編集委員の藤部文昭さん、原稿を精査されて懇切丁寧な改稿意見と助言で指導してくださいました査読者の方々のお力添えで完成することができました。お礼申し上げます。また、原稿の作成と資料の収集においてお世話になりました下道正則氏、中村雅道氏、木津暢彦氏、成田 修氏、茂林良道氏、高塚康史氏、能登美之氏、古林絵里子氏、岩淵真海氏にあらためて感謝申し上げます。

受賞稿は高層気象観測の変遷と観測値の特性について記述しました。本稿では、高層気象観測における先人達の創意工夫について紹介します。

1. 気球への水素ガス充てんに用いる浮力錘

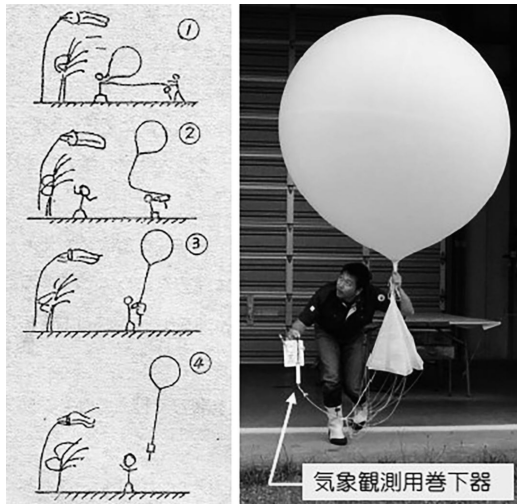
気象観測用ゴム気球(以下「気球」)への水素ガスの充てん量は、気球の重量、純浮力、観測器(以下「ゾンデ」)・パラシュート等の懸垂物重量で定まる。純浮力は気球がゾンデ等を吊るして飛翔するときの上昇速度を決定する浮揚力である。気球の上昇速度は気温センサへの適正な通風を考慮して約6 m/secに設定する。気球への水素ガス充てん量は、上昇速度ばかりでなく、気球の到達高度(観測高度)にも影響を与えることから重要である(新井ほか 1990; 澁江ほか 2001)。

気球に設定量の水素ガスを充てんする際(以下「ガス充てん作業」)は浮力錘を用いてガス量を判断する(第1図)。浮力錘にはガス噴出時に発生する帯電防止用に放電針が取付けてある(第1図右下)。高層気象観測を開始した頃ガス充てん作業中に自然発火する事故があり、穂田ほか(1961)は発火原因について詳細な調査と実験を行いガス噴出に伴う帯電の火花放電によることをつきとめた。穂田ほかはその防止対策としてポンベの口金や浮力錘の出口に放電針を取付けることを考案し「可燃性ガス容器の自然発火防止装置」として特許(特許出願公告:昭38-10792, 特許0413702)



第1図 浮力錘を用いた気球への水素ガス充てん。右下の写真は浮力錘を上から見たもので、可燃性ガス容器の自然発火防止装置(放電針)が装備してある。茨城県つくば市の高層気象台で2007年12月4日に撮影。

* Toyoo ABE, 無所属。
東京都青梅市東青梅4-14-13。
© 2018 日本気象学会



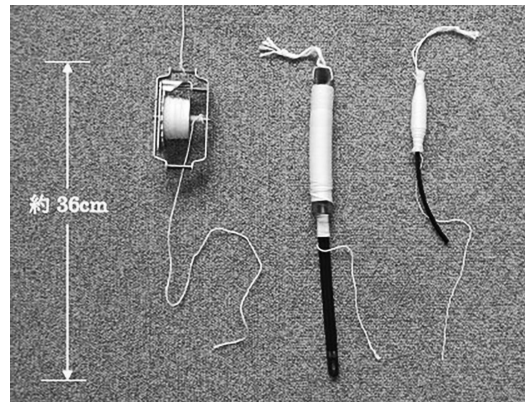
第2図 強風時におけるゾンデの飛揚。左図は2名で飛揚する要領で、一人が気球を持って風上に立ち他の一人はゾンデを持って風下に立つ。風上の観測者は風の息を見て気球を放し、風下の観測者は吊紐が延びるのを見計らいゾンデを放して飛揚する（中央气象台（1951）掲載の第9.3図を転載）。右図は巻下器を使用した飛揚で、左手に気球とパラシュートを持ち、右手に気象観測用巻下器とゾンデを持って風下に走りながら飛揚する（金子ほか（2007）掲載の写真8を転載）。

を取得した。穂田らはこの考案によって高層気象観測ばかりでなく可燃性高圧ガスを取扱う産業界の防災と保安にも大きく貢献した。

ガス充てん作業は、気球のゴム膜から微量の水素ガスが漏れ出ている（澁江ほか 2001）ことを認識して、換気はもちろん衣類の帯電や充てん後の気球を長時間放置しないように細心の注意を払う必要がある。

2. ゾンデの飛揚を補助する巻下器

静穏な時のゾンデの飛揚はとても気持ちが良い。しかし、強風時の飛揚は至難の業である。気球とゾンデ間の吊紐の長さは15 mで、パラシュートを取付けた場合の気球とゾンデの間は約17 mある。風が強いと気球は風下に流されて地面に接触して破裂したり、気球が風下に流された状態で飛揚するとゾンデが地面を引きずられて破損することがある。高層観測指針（中央气象台 1951）では、強風時の飛揚要領として、2名で飛揚する方法を示している（第2図左）。一人は気球を持って風上に立ち、他の一人はゾンデを持って

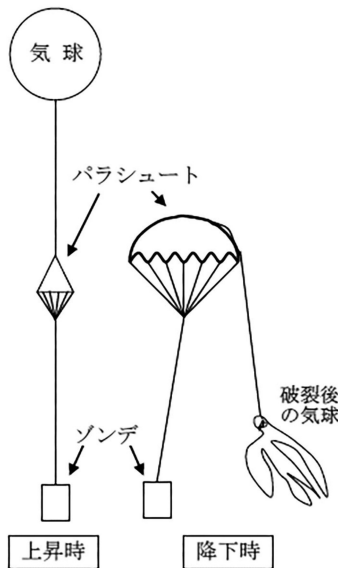


第3図 強風時のゾンデ飛揚を補助するための巻下器。左からアルミ合金製の66型運動式巻下器、ビニールホースとゴムバンドを素材とする気象観測用巻下器、気象観測用巻下器をさらに小型化した気象観測用小型巻下器でゾンデの小型軽量化に合わせて考案・改良が図られた。茨城県つくば市の高層気象台で2017年9月25日に撮影。

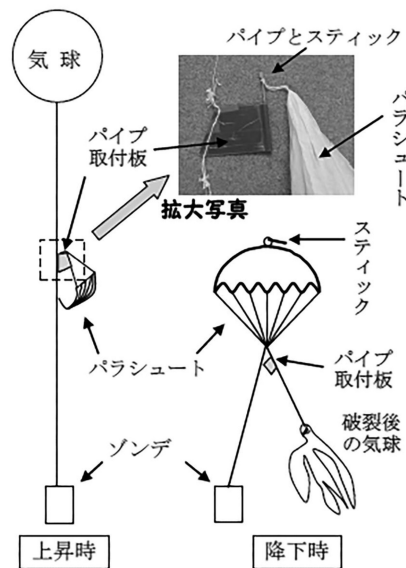
風下に立つ。風上の人は風の息を見て気球を放し、風下の人は吊紐が延びる時を見計らいゾンデを放すように説明している。また、船上では巻下器を使用して飛揚すると記述してある。巻下器は所定の長さの吊紐を巻付けたもので、気球とゾンデ間を短くしてゾンデの飛揚を容易にする（第2図右）。気球が飛揚されると巻下器の吊紐はしだいにほどけ通常の長さになる。1966年頃から20年以上使用された66型運動式巻下器が第3図左である。

ゾンデは1981年3月にRS II56型からRS2-80型に移行し、ゾンデ重量は約580 gに半減した。このことに伴いアルミ製の堅ろうな66型運動式巻下器に代わる軽量で安価な巻下器として開発されたのが気象観測用巻下器（第3図中央）である。気象観測用巻下器は、ビニールホースとキャリヤゴムバンドからなり（新井・大胡田 1988）、ビニールホースの太さと長さを変えることで巻き付ける紐の長さを調節でき、ゴムバンドへの巻き数で運動時間の調節が可能である。気象観測用巻下器の原型は柳橋・中村（1987）が考案し実用新案登録した緩降下装置（実登1986203）である。この緩降下装置はゴムバンドに吊紐を巻付け、気球の上昇時にゾンデの自重によってゴムバンドから紐がゆっくり解きほぐれる機能を利用したものである（実用新案出願公告、平5-8240）。2017年9月から使用開始

a) 通常のパラシュート接続形態



b) パイプセパレータ方式の接続形態



第4図 パラシュートの接続方法による降下時の違いの模式図。aは通常接続形態の例で、気球破裂後は気球からの吊紐がパラシュートにかかって開傘を阻害する可能性が高い。bはパイプセパレータ方式パラシュート（パラシュート・パイプ取付板・パイプ・スティック等で構成）の接続例で、気球が破裂するとパイプ取付板のパイプからスティックが抜け、破裂後の気球・パイプ取付板・吊紐・ゾンデの全てはパラシュートの下に垂れ下がるためパラシュートの機能を損なう可能性が低い。

能性が高い。この欠点を解消する方法として成田ほか(1999)はパイプセパレータ方式パラシュートを開発した。この方式の模式図を第4図bに示す。気球とゾンデの間に取付けたパイプ取付板(厚紙)のパイプにパラシュートの頂部に結びつけたスティックを差し込み、パラシュートの紐は吊紐に結んで飛揚する。気球破裂後パラシュートは降下に伴う下からの風を受けて浮き上がりスティックがパイプから抜けて、ゾンデと破裂後の気球、パイプ取付板はパラシュートの懸垂物となって降下する。この方式は、梶原と成田が1999年に「ラジオゾンデ用パイプセパレータ方式パラシュート」として実用新案登録(実登3065371)を取得し、ルーチン業務で使用

れたIMS-100型GPSゾンデの重量は40g未満と軽量であることから、気象観測用巻下器をさらに小さくした気象観測用小型巻下器(第3図右)が開発された。

3. 飛揚器材を安全に降下させるための工夫

ゾンデ等の飛揚器材は、気球の破裂によって、その残骸とともに降下する(以下「落下ゾンデ」)。地上付近での降下速度はゾンデの重量や気球の残重量と形状によって異なるが約13m/secとの調査結果がある(成田ほか1999)。このことから落下ゾンデによる衝撃を軽減するため、地上付近での降下速度が約2~3m/secになるようにパラシュートを取付け緩降下させる。また、落下ゾンデが送電線や架線に引っかかる危険性を少なくするため、パラシュートを気球とゾンデの間に取付けて飛揚し降下時に吊紐の長さが上昇時の半分になるようにする(第4図)。

通常のパラシュート接続形態(第4図a)の場合、降下時にパラシュートの頂部から吊紐と破裂後の気球が垂れ下がるため、傘体を絞り開傘を阻害する可

されている。

飛揚器材を安全に降下させる工夫には、ラジオゾンデ用収納方式パラシュート(峯野ほか2000,実登3074645)やパラシュートと巻下器を一体化したもの(金子ほか2007)が開発試験されている。

4. おわりに

高層気象観測業務は多くの先人達の創意工夫により円滑に遂行されてきた。しかし、落下ゾンデが送電線や架線に引っかかる場合や、田畑や家屋等に落下し当事者の方々にご迷惑をお掛けすることも事実である。落下ゾンデによる被害を軽減するため、パラシュートの機能を最大限に生かす工夫やゾンデの小型軽量化、絶縁性の確保と自然に優しい素材の活用、観測値に影響を与えない範囲で吊紐の長さを最小限にするなどの対策を講じている。また、気象庁は、ゾンデに「お願い」ラベルを添付し、発見した方へ連絡と回収への協力を依頼している。回収されたゾンデを詳細に調査(熊本ほか2005)し、得た情報は落下ゾンデによる事

故を低減するための創意工夫に役立てられる。

このような実情を考慮されラジオゾンデによる高層気象観測へのご理解とご協力を切にお願いします。

謝 辞

本稿を記述するに際し、気象庁の山本健太郎氏、成田 修氏、松井一郎氏、飯野 悟氏に特許に関する情報を提供していただいた。また、高層気象台の阿保敏広氏には資料の収集と巻下器の写真撮影においてご配慮をいただいた。記して感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 阿部豊雄, 2015: 気象庁における高層気象観測の変遷と観測値の特性 第1部 高層気象観測の変遷. 天気, 62, 161-185.
- 阿部豊雄, 2016: 気象庁における高層気象観測の変遷と観測値の特性 第2部 観測値の特性. 天気, 63, 267-295.
- 穂田 巖, 中島正一, 伊達一俊, 1961: 水素ボンベと気球の帯電および自然発火について (第4報). 研究時報, 13, 190-198.
- 新井芳水, 大胡田輝信, 1988: 高層観測用巻下器について. 高層気象台彙報, (48), 11-16.
- 新井芳水, 阿部 寛, 鈴木恒雄, 上部ウィリー, 川上勝弘, 1990: 気球の浮力・錘浮力による上昇速度と到達高度について. 高層気象台彙報, (50), 11-14.
- 中央気象台, 1951: 高層観測指針1951.
- 金子哲治, 中島浩一, 日野原正巳, 2007: 生分解性素材を用いたパラシュート一体型巻下器の開発. 高層気象台彙報, (67), 107-120.
- 熊本真理子, 佐藤昌志, 日野原正巳, 金子哲治, 2005: 回収された落下ゾンデに関する調査. 高層気象台彙報, (65), 9-16.
- 峯野秀美, 中村 誠, 澁江 昇, 鎌田浩嗣, 川江 訓, 2000: ラジオゾンデ用収納方式パラシュートの開発. 高層気象台彙報, (60), 1-8.
- 成田 修, 大胡田輝信, 瀬堀パトリック, 鳥井克彦, 峯野秀美, 1999: パイプセパレータ方式パラシュートの開発. 高層気象台彙報, (59), 1-12.
- 澁江 昇, 鎌田浩嗣, 阿部豊雄, 2001: 高層気象観測用気球に関する諸特性の調査—到達高度・上昇速度・ガス漏洩量—. 高層気象台彙報, (61), 59-68.
- 柳橋 度, 中村匡善, 1987: レーウィン用軽量巻下器について. 高層気象台彙報, (47), 22-25.