

## 水難救助用ペットボトルロケットの開発

Development of plastic bottle rockets for rescuing people from water accidents

後藤恵之輔\*<sup>1</sup>, 中尾祐一郎\*<sup>2</sup>, 上田晋弘\*<sup>3</sup>, 上田 憲\*<sup>4</sup>, 後藤健介\*<sup>5</sup>

Keinosuke Gotoh, Yuuichiro Nakao, Kunihiro Ueda, Ken Ueda, and Kensuke Goto

\*<sup>1</sup>工博, 長崎大学名誉教授 (〒852-8521 長崎市文教町1-14), \*<sup>2</sup>元長崎大学学生, 工学部社会開発工学科

\*<sup>3</sup>三幸工業 (株) システム営業部主任 (〒802-0003 北九州市小倉北区米町2-2-1), \*<sup>4</sup>同社代表取締役

\*<sup>5</sup>博 (工), 長崎大学熱帯医学研究所助教 (〒852-8523 長崎市坂本1-12-4)

The number of casualties from water related accidents is increasing in Japan. In 2006 the total number of such accidents was 1448; persons affected were 1674 including 826 dead or missing persons. This number is more than three times of that of mountain accidents. On this background, the purpose of this study is to develop easily constructible plastic bottle rockets to enable the rescue of people from water accidents. The result of the study demonstrated the effectiveness of plastic bottle rocket in rescuing persons meeting water accident. It is hoped that the findings of the study would help to reduce the casualties resulting from water accidents.

*Key Words: water accidents, plastic bottle rocket, rescuing goods*

キーワード: 水難事故、ペットボトルロケット、救助具

### 1. まえがき

わが国においては、毎年、約 800 人が水難事故によって亡くなっている。最たる例は、1999 年 8 月、神奈川県玄倉川で水かさの増す中洲に取り残されたキャンプ中の家族ら約 20 人が水死した事故で、まだ記憶に新しい。

本論は、これら水難事故で死亡する人々を救助すべく、ペットボトルロケットを用いた水難救助具を開発するものである。軽量で水に浮く、100~120mの遠方にまで飛ばすことが出来る、人に当たっても傷つけることがない、現場で準備から救助まで 1 分程度しか要しない、夜間でも使用可能などの特長を持つ。水難事故だけでなく、ビル火災等にも適用が期待される。

### 2. 水難事故の現状

少し旧聞に属するが、2006 年度までの発生傾向と 2006 年度の現状について、水難事故を紹介する<sup>1), 2)</sup>。

#### (1) 発生傾向

2002 年度から 2006 年度までの過去 5 年間の発生件数・水死者数を、表 1 に示す。発生件数、水死者数はいずれも横ばい傾向にあり、発生件数は 1400 件前後、水死者数は 800 人台であることが分かる。発生件数の

約 6 割で水死者がでており、うち子どもは水死者の約 1 割を占めている。

表 1 2006 年度まで過去 5 年間の水難事故発生状況

年 度	2002	2003	2004	2005	2006
発生件数 (件)	1722	1414	1505	1363	1448
水死者数(人)	977	827	892	825	823
うち子ども	91	87	94	85	77

#### (2) 場所別水死者数

2006 年度における水死者 823 人を発生場所別にみると、海、河川、用水路、湖沼地、プール、その他の順に多く、海は 444 人で全体の 53.9%、河川は 251 人で全体の 30.5%を占めている。海と河川で全体の約 85%となり、ひじょうに多い割合となっているのが現状である。

子どもの場合では、海 21 人 (27.3%)、河川 28 人 (36.4%)、湖沼地 15 人 (19.5%) であり、海・河川・湖沼地で全体の約 80%を占めている。プールなど監視人がいる場所では水死者の割合は少ない。

#### (3) 夏期 (6 月~8 月) における水難事故発生状況

2006 年度中の夏期における水難事故の状況は、発生

件数 761 件であり水難者 920 人であった。そのうち水死者数は 391 人と約半数の人が亡くなっている。夏期の 3 ヶ月間で、2006 年度の約半数を占めており、夏期の水難事故発生確率はひじょうに高いものであることに気付く。

夏休み中(7月 20 日～8月 31 日)の発生件数は多く、うち子どもの割合がひじょうに高く水死者は年間子ども水死者数の約 8 割を占めるものになっている。これは、夏休みに水辺で遊ぶ機会が増えることと、台風・豪雨などの影響によるものと考えられる。

### 3. ペットボトルロケットの概要

ペットボトルロケットは、炭酸飲料などが入っていたペットボトルに水と圧縮空気を入れて、一気に弁を開放することにより噴出する水の反作用を利用して、飛行するロケットの模型である。

このロケットの模型は、火薬などの法規制が厳しい日本において、手軽にロケットの実験を行なえることが最大の特徴である。他のロケット推進エンジンとは異なり、圧縮空気の圧力で水を噴出して飛ぶ、このわずか 200 g 程度のロケットは、現在までつぎのように使われている。

- (1) 作用・反作用の力学的な学習を行なう上で、子どもにとって安全かつ面白い教材として好まれている。
- (2) 追い風・向かい風によって飛ばす技術的な面もあるため、競技としての打上げも日本各地で開催されている。
- (3) 火薬を使わず火災の心配がないことや、環境汚染の心配もないことから、山岳地帯の電線敷設の際に、尾根から尾根への架線作業に利用されている。

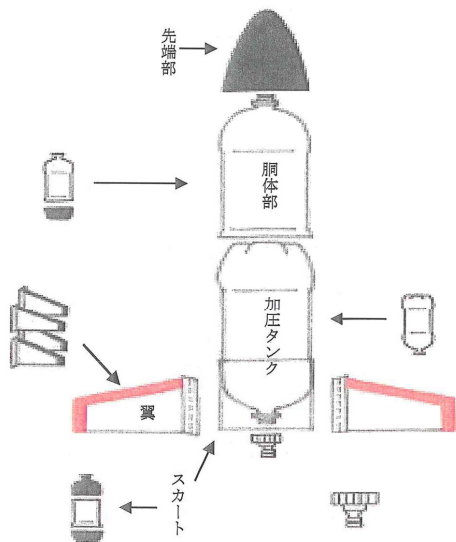


図 1 ペットボトルロケットの構造模式図<sup>3)</sup>

ペットボトルロケットの構造模式図(2連式の場合)を図 1 に示す。3つのペットボトルを加工して繋ぎ、その先端部にスポンジ製やゴム製のクッションを付け、さらに、飛行時の安定性をもたせるため 4 枚の翼を付けたものである。

### 4. 海上保安部等への聞き取り調査

水難救助用ペットボトルロケットの開発にあたり、海上・陸上での救助を専門的に行なっている 2 機関に聞き取り調査を行ってアドバイスをいただき、開発の参考にすることとした。2 機関は長崎市北消防署と長崎海上保安部である。

#### ○長崎市北消防署

- ①先端部のペットボトルに発泡スチールを入れ、更に浮力を持たせるとよい。
- ②救助での紐の結び方はひじょうに難しく、水難者が紐(またはロープ)を体に結びつけるのは難しい。
- ③水中では、ペットボトルまでの距離が 5m もずれたら、水難者が動いて掴まえに行くことはできないだろう。
- ④水中ではパニックにもなっているため、ピンポイントで水難者に行くものがよいと考えられる。よって、少し遠くに飛ばして引っ張りながら距離を調節する方がいいだろう。

#### ○長崎海上保安部

- ①若松海上保安部では「浮くっちゃボトル」を開発している。水上でも発見しやすくするため赤く塗ってあり、灯台に設置している。釣り人たちには、このようなペットボトルが役に立つと講習会で教えている。
- ②ペットボトルそのままでは掴んだ手が滑りやすいので、網をかぶせるなどして表面を掴めやすいようにする必要がある。
- ③水難者に何かをしてもらおうという考えは止めたほうがいい。救助するほうがいろいろと手を施したほうがいいだろう。
- ④プラスチックのようなものでは、長い間保管していると劣化して硬くなり、水難者のところに行って割れてしまったら、かえて不安をあおるようになってしまう。設置したものがいたずら等で無くなるようにするためにも、管理が必要である。

### 5. 水難救助用 PBR の開発

3. で述べた従来からあるペットボトルロケットに、4. の聞き取り調査からえられたアドバイスを活かして、下記のような水難救助用ペットボトルロケット(PB

R)を開発した。

#### (1) 開発PBRの構造

構造は図2に示すように、胴体部1、カバー2、加圧タンク3、スカート部4、尾翼5、発射台6、リング状金具11、糸または紐、巻き取り部(リール)、浮き輪、ロープから構成される。

胴体部1：底部が切除されたPBRから成る。

カバー2：柔らかい素材から成り胴体部1の先端側を閉塞する。

加圧タンク3：先端部が開口部となっているPBRから成り、底部または近傍部分が前記胴体部の下端部に接合されている。

スカート部4：一端が加圧タンク3の下方部分に接合されている。

尾翼5：スカート部4の外周面に配置されている。

リング状金具11：スカート部4に開けられた挿通穴に取り付けられている。

糸または紐：リング状金具11または挿通穴に挿通されている。

巻き取り部(リール)：前記糸または紐を供給可能、または巻き取り可能に保持するもの。

浮き輪：前記糸または紐の他端に接続されている。

ロープ：前記浮き輪に接続したもの。

#### (2) とくに創意工夫した部分

本開発でとくに創意工夫した部分は、リング状金具、挿通穴、糸または紐、巻き取り部、浮き輪、ロープである。

開発当初にはつぎのような方法を始めていろいろ考えたが、最終的には、リング状金具などを用いて水難者がPBRに掴まるだけで、後は救助者が手を施すだけで救助できるようにした(次節(3)を参照)。

・PBRに取り付けた糸または紐を水難者に巻き取ってもらおうとしたが、4.にあるとおり、水難者がそれを巻き取ったり体に結びついたりするのは難しい。

・PBRに浮き輪を萎ませて付け、水難者がPBRを掴んだ時点で浮き輪を膨らませることを考えたが、浮き輪の空気抵抗によりPBRの飛行距離が減殺されてしまう。

#### (3) 水難救助の方法

本開発においては、水難事故が発生したとき、PBRを飛ばして、水難者の近くに到達させる。このとき、4.にあったように、PBRを少し遠くに飛ばして引っ張りながら距離を調節するとよい。

この到達したPBRは、前記胴体部や加圧タンク部の内部が空洞で浮力を有していることから水の上に浮くので、水難者は容易にこのPBRに掴まることができる。

水難者がこのPBRを掴んだ後、前記スカート部に取り付けたリング状金具または前記スカート部に形成された挿通穴に挿通された糸または紐を、前記巻き

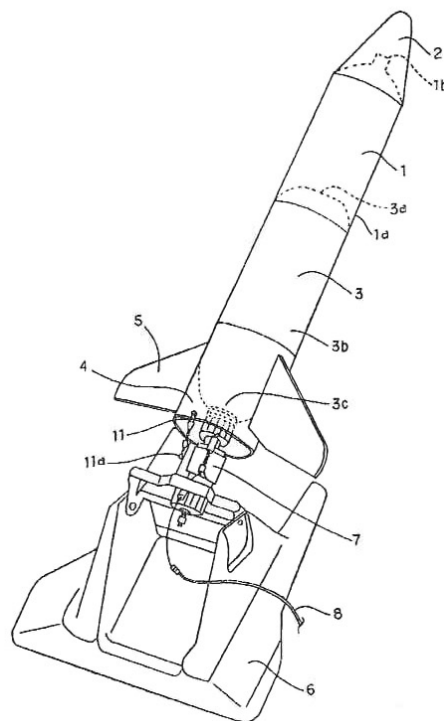


図2 開発ペットボトルロケット(水難救助用)の構造

部で巻き取るようにすると、前記糸または紐の他端に接続されている浮き輪とロープが、引っ張られて水難者のほうに移動する。

そして、水難者が前記浮き輪を掴んだら、前記ロープを引っ張ることにより、水難者を容易に救助することができる。

このように、本開発によれば、安価に製作できるPBRを使用して、水難事故の水難者を容易にかつ確実に救助することができるようになる。

## 6. 飛行実験

水難救助用ペットボトルロケットの開発にあたっては、ペットボトルロケット(PBR)の特性を知ることから始めた。PBRキットを購入、PBRを製作して、22次にわたる種々の飛行実験を行なった。その中から、最終目標の水難救助用PBRの製作に直接関係する、いくつかの実験結果を列記する。

### (1) 第6次実験

PBRを1.5ℓペットボトルで製作し、先端部カバーの中に90gの砂を入れて(90gの重さは第2次~第5次の実験結果から決定)飛行を安定させた。噴射に使う水の量は350mlである。本体を発射台(打上げ角度60°)にセットし、40回空気入れを用いて加圧して発射、飛距離の測定を行なった。20回実験の飛距離は最大88.3m(無風状態)、最低56.7m(向かい風2.7m)で平均76.53mであった。加圧回数を40回と定めていても、空気を入れる人の力によってPBRに入る空気

圧が違うので、飛距離が異なることも明らかとなった。

#### (2) 第7次～第13次実験

第7次の実験では平均飛距離が39.87mと第6次の約半分ではなかった。これはPBRに取り付けた「たこ糸」の重さと摩擦が原因であったため、以後の実験では「釣り糸」を取り付けることとした。風は無風～追い風（最大3.6m）である。空気入れ回数と飛距離の関係は平均で、20回一約25m、30回一約40m、40回一約55m、50回一約70mという結果であった。

#### (3) 第14次～第16次実験

釣り糸つきで向かい風（3.6m～6.3m）のときの実験である。空気入れ回数と飛距離の関係は平均で、20回一約20m、30回一約30m、40回一約42m、50回一約54mという結果が得られた。

### 7. 実証実験

6. の飛行実験に基づきながら、水難救助用ペットボトルロケット（PBR）の本格的な実証実験を実施した。50mの室内公認プールで2回行なったが、ここでは2回目の実験について述べる。

#### (1) 実験日と実験場所

2007年1月29日、長崎市民プール（長さ50m、プール幅20m、深さ2m）である。

#### (2) PBRの構造

飛行実験に用いたものと同じで、1.5ℓペットボトルで作成した。先端部カバーに90gの砂を入れ、最後部のカバーの挿通穴に釣り糸を通した。

#### (3) ロープと浮き輪

リードロープとして釣り糸、水難者を引っ張る救助用ロープとしてたこ糸（切断強度14.7kg）、ナイロンロープ（同約50kg）、PEロープ（同約90kg）の3種を用い、浮き輪をリードロープと救助用ロープとを結びかつ水難者を水面に浮かせる道具ともした。

#### (4) 被験者すなわち水難者

3人とし、被験者A：体重52kg、泳ぎ得意、被験者B：体重63kg、泳ぎ得意、被験者C：体重63kg、泳ぎ不得意である。

#### (5) 実験状況

写真1、写真2に示すPBR、発射台、釣り糸リール、浮き輪などを用いての実験状況が、写真3～写真12である。水難者を救助用PBRで救助する順序は写真番号の順で、救助する距離は40mの場合である。

#### (6) 救助用ロープの決定

3種の救助用ロープを3人の被験者それぞれに適用し、救助距離20m、40mの2ケースで実験した。結果の詳細は紙幅の関係から省略する。

いずれの被験者も、20mケースで30秒足らず、40mケースで1分前後という所要時間で救助されている。（所要時間とは、空気入れ始めから水難者がプール端

に着いて救助されるまでの時間である。）実験の結果では、救助用ロープにはPEロープが所要時間が最短で優れていることが明らかとなった。これはPEロープが太く握りやすいので、引っ張る力が強くなったためと考えられる。

### 8. 水難救助用PBRの常置・常備を

著者らは、水難事故の頻発から人命を守るために、本研究で開発した水難救助用ペットボトルロケット（PBR）の常置および常備を切望する。

著者らの願いは、水難救助用ペットボトルロケットを水辺の公共施設や海水浴場、キャンプ場、灯台などに常置したり、船内や自動車のトランクなどに常置したりすることを願うものである。水辺の公共施設には公衆トイレ、農機具等収納小屋などがあろうし、船であれば汽船、貨物船から釣り船、ヨット、プレジャーボートまでの大型～小型の船すべて、また自動車も業務用から自家用までのすべての車が該当する。これらに水難救助用ペットボトルロケットが常置・常備されておれば、何らかの水難事故が発生した場合、水難救助用ペットボトルロケットを水難者に向かって打つことにより、水難者は命を失わずにすむに違いない。

### 9. むすび

本研究の結果得られた成果をまとめると、つぎのとおりである。

(1) 水難事故で死亡する人々を救助すべく、ペットボトルロケットを用いた水難救助具を開発した。

(2) 開発した水難救助具は、ペットボトルロケットにリング状金具、糸または紐、リール、浮き輪およびロープを一体化させたものである。

(3) 室内プールでの実験により、本救助具は実践的に使用できることが実証された。

今後の課題として、確実に人命を救助するには、さらなる実験による使い方のマニュアル化、波浪等の影響を考慮した場合の対応などが残されている。

謝辞：本開発を行なうにあたりご協力いただいた、長崎海上保安部、長崎北消防署、長崎市民プール、並びに元・長崎大学工学部環境計画研究室のスタッフと学生諸氏に、深甚の謝意を表する次第である。

### 参考文献

- 1) 警察庁生活安全局地域課ホームページ
- 2) 警察庁交通局交通企画課ホームページ
- 3) 日本ペットボトルクラフト協会：「作った！飛んだ！ペットボトルロケット」、国土社、1996

(2010年8月6日受付)

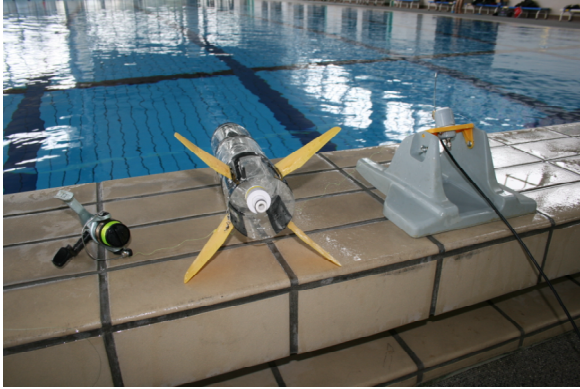


写真1 ペットボトルロケット、発射台、釣り糸リール



写真2 浮き輪と救助用ロープ

PBR～釣り糸～浮き輪～救助用ロープの繋がり関係である。



写真3 ペットボトルロケットの空気入れ

無風状態のプール内であるため、水難者までの距離 40 m に対して、空気入れ回数は 29 回とした。

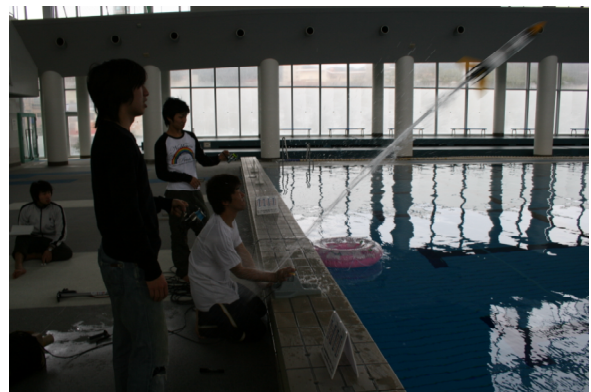


写真4 ペットボトルロケットの発射

PBRの空気弁を開くと、PBRは水を噴射しながら放物線を描き飛んでいく。



写真5 ペットボトルロケットを水難者の近くへ

PBRは水難者より若干遠くへ飛ばし、糸を引っ張って水難者の手元に持って行く。



写真6 浮き輪を水難者へ

水難者がPBRを掴んだら、糸を更に引っ張って他端に付いている浮き輪を水難者に運ぶ。



写真7 浮き輪に掴まった水難者



写真8 更に水難者は浮き輪の中へ

波や流れがある場合は、更なる安全のため浮き輪の中に入った方がよい。



写真9 救助用ロープを引っ張って、水難者を岸边へ

水難者は、PBRに掴まること→浮き輪に掴まること（中に入る）以外、何もしないでよい。



写真10 浮き輪ごと引っ張られる水難者



写真11 岸边に着く水難者



写真12 水難者、救助される

写真3の空気入れ始めから救助されるまで、岸边から40m離れていても1分前後しかかかっていない。