

膨脹式救命胴衣の電気式センサー感知式
開栓装置(充気装置)に関する技術開発

報告書

平成26年3月

一般社団法人 日本船舶品質管理協会

目 次

1.	事業の目的	1
2.	事業の目標	1
3.	事業内容	3
4.	事業の実施スケジュール	3
5.	水感知センサー部の回路設計	4
6.	バッテリーの選定及び信頼性の評価	5
6.1	高温試験	5
6.2	温度繰返し試験(ヒートサイクル試験)	6
6.3	低温試験	6
6.4	暴露試験	6
6.5	回路解析装置	7
6.6	バッテリーの選定	8
7.	水感知部センサーの性能評価試験	9
7.1	水感知部プレートの試作	9
7.2	噴霧試験	9
7.3	油分付着試験	9
7.4	常温試験	10
7.5	湿度試験	10
7.6	温度繰返し試験(ヒートサイクル試験)	11
7.7	低温試験	11
7.8	連続衝撃落下試験	12
7.9	暴露試験	12
7.10	水感知センサーの性能評価	13
8.	まとめ	13

1. 事業の目的

膨脹式救命胴衣は着衣性に優れ、小型船舶の救命胴衣として使用されているばかりでなく、マリンレジャーやマリンスポーツ用としても広く普及している。膨脹式救命胴衣は、胴衣本体に装着されているガスボンベのガスにより、胴衣が水面に着水するとほぼ瞬時に胴衣本体が膨脹して浮力を得る構造となっている(図1)。従って、膨脹式救命胴衣が着水した時点で瞬時にガスボンベを開栓する機構部分(感知式開栓装置)は、まさに救命胴衣の心臓部である。

国内の膨脹式救命胴衣の多くは、和紙をセンサーとした感知式開栓装置を使用しているが、近年次の理由により、その改良あるいは新タイプの装置の開発が求められている。

① 膨脹式救命胴衣等を対象としたISO規格が規定され、「低温環境($0\pm 2^{\circ}\text{C}$)下に24時間放置された状態で、膨脹式救命胴衣の着水後5秒以内にガスボンベが開栓されること」との要求が新たに規定されたが、従来型の開栓装置ではこの要求を満たすことが困難であること。

② 使用中の膨脹式救命胴衣について、日本小型船舶検査機構(JCI)で膨脹テストを行った結果、膨脹が開始(ガスボンベが開栓)されるまでに5秒以上要した胴衣が多数あった。膨脹開始が遅れた救命胴衣を調査した結果、感知式開栓装置の劣化、油污れ等が原因であることが明らかとなり、救命胴衣の保管状態によっては、1年あるいは2年間隔の整備が必要であることが分かった。

これらの状況を踏まえて、本技術開発では、上記ISO規格の要求事項を満たし、かつ実際の保管環境下においても5年程度の間隔でメンテナンスを行えば作動機能を維持できる膨脹式救命胴衣を製造することを目標として、電気式センサーを用いた新しいタイプの感知式開栓装置の技術開発を行うこととした。

2. 事業の目標

電気式センサー、開栓用装置を作動させる為のバッテリーは微量の電流の消費及び環境などの影響で自己放電などが起こる為、開栓の駆動を火薬式若しくはモーター式のどちらを使用するにしても、長期使用を目標とした際に、作動させる為の電圧、電流を長期間維持出来るものにしなければならない。そこでメンテナンスフリー期間の目標を5年以上に設定して、デジタル回路の技術を用いて待受時にはほとんど電池消耗しない回路の開発をする。

また、救命胴衣使用前の点検時にも、作動可能な状態を容易に確認出来る構造とする。更に、膨脹式救命胴衣として繰り返し使用を可能とする為には、安全性、メンテナンス性を考え電気式センサーと作動部を交換可能な複数のユニットとし、ガスボンベ開封部を有する装置本体(救命胴衣気室部に固定されている)に再セットできる構造とし、交換作業時には、誤装着など起こりえない構造に設計する。

膨脹式救命胴衣のメリットとして、未使用時にはコンパクトにたたんでセットされ、使用時には通気性が良く、作業性も良い事が使用者に受け入れられている事を考えた場合には、装置全体をできるだけ軽量、コンパクト化することが必要不可欠である。

また、誤使用防止という観点から装置とボンベの取り付け方法を従来のネジ式からワンタッチロック式とする。

開発目標として具体的な仕様内容は以下のとおり。

- (1) 低温 (0 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ で24時間放置後、5秒以内でガスポンペを開栓できること。
- (2) 使用可能期間が5年以上であること。
- (3) 電池容量を可視化できること。
- (4) 電気式センサーと作動部のみを交換できる構造であること。
- (5) サイズが縦13cm×横9cm以下であること。
- (6) 重量が200g以下であること。
- (7) 救命胴衣製品価格を¥30,000(充気装置本体 ¥10,000)以下を目標とする。



気室
ガスポンペ
手動作動索
充気装置
エアー充填バルブ

図1-膨脹式救命胴衣(膨脹時)

3. 事業内容

平成25年度の事業内容は以下のとおりである。

①水感知センサー部の回路設計

- (1) 長期稼働が可能とする為に省電力で反応する回路開発
- (2) 誤作動を防ぐ為の通電部の開発
- (3) メンテナンスフリーを実現するため、作動可能、不可能の確認を使用者が容易に確認できる設計。

②バッテリー選定及び信頼性の評価

- (1) ボンベ開栓の駆動部(火薬、モーター)に必要な電力が供給できるバッテリーの選定及び信頼性の評価。
- (2) 自己放電の少ない長期稼働が可能なバッテリーの選定及び信頼性の評価。
- (3) 装置全体をできるだけ軽量・コンパクト化するためには、バッテリーが小さいことが不可欠である。そのため、国内外からサンプルを入手し選定及び信頼性の評価を行なう必要がある。

③水感知センサーの性能評価試験

- (1) 噴霧試験
- (2) 油分付着試験
- (3) 常温試験
- (4) 湿度試験
- (5) 温度繰返し試験(ヒートサイクル試験)
- (6) 低温試験
- (7) 連続衝撃落下試験
- (8) 暴露試験

4. 事業の実施スケジュール

以下の線表どおり実施した。

実施項目	平成25年度			
	1/4	2/4	3/4	4/4
1. 水感知センサー回路設計	←	→		
2. バッテリー選定、評価		←	→	
3. センサー性能評価試験			←	→

5. 水感知センサー部の回路設計

火薬式

ポンベ開栓の駆動部が火薬式のものの仕様を以下のとおりとした。

- ・作動後再セット不可とする。1回限りの使用とする。
- ・回路、電池及び火薬は、1つのユニット化し消耗品とする。
- ・水を感じ後、火薬(点火玉)に1秒間の出力と1秒間のOFF状態を3回繰り返した後、リセットされる。
- ・使用の可、不可の状態を表示できるようにする。チェックスイッチを押したとき、使用可能状態ならば緑LEDが点灯し、使用不可能状態(バッテリーの残量が少ないか、又は回路が不良)ならば赤LEDが点灯し、バッテリーの残量が0で使用不可能ならば不点灯とする。
- ・待ち受け時の電池消費を限りなく0に近づけ、5年間メンテナンスフリーとする。
(電池交換不要)
- ・基盤は、温度変化による変形の少ないものとする。
- ・回路は組込前に検査が容易に出来ること。差し込みコネクタを設ける。

モーター式

モーター式のものの仕様は以下のとおりとした。

- ・作動後再セット不可とする。1回限りの使用とする。
- ・回路、バッテリー及び駆動モーター部は、1つのユニット化し消耗品とする。
- ・水を感じ後、モーターに10秒間の出力を行なった後、OFFとなりリセットされる。
- ・使用の可、不可の状態を表示できるようにする。チェックスイッチを押したとき、使用可能状態ならば緑LEDが点灯し、使用不可能状態(バッテリーの残量が少ないか、又は、回路が不良)ならば赤LEDが点灯し、バッテリーの残量が0で使用不可能状態ならば不点灯とする。
- ・待ち受け時の電池消費を限りなく0に近づけ、5年間メンテナンスフリーとする。
(電池交換不要)
- ・基盤は、温度変化による変形の少ないものとする。
- ・回路は組込前に検査が容易に出来ること。差し込みコネクタを設ける。

火薬用、モーター用共に、回路が使用(作動)可能状態であれば、チェックスイッチを押した際に、緑LEDが点灯する。

回路が使用不可(作動済み)状態であれば、チェックスイッチを押した際に、赤LEDが点灯する。

6. バッテリーの選定及び信頼性の評価

バッテリーは、小型で自己放電の少ない電池を選定することとし、本研究では低温下での性能維持が最も重要な要素であるため様々な種類のバッテリーを調査した結果、本研究に適したものとして、リチウムバッテリーを選定することとした。

リチウムバッテリーの特徴は以下のとおりである。

- ①低温でも使用可能
- ②高電圧が得られる
- ③マンガン乾電池の10倍と電力容量が大きい
- ④長寿命
- ⑤軽い(重量あたりの電力容量が大きい)
- ⑥放電末期まで電圧降下が少ない

バッテリーは、以下の試験を行い、小型で自己放電が少なく、温度変化があっても必要な電力供給が可能な信頼性のあるものを選定することに決定した。

①高温試験

常温より高い温度における信頼性を確認する。

②温度繰り返し試験（ヒートサイクル試験）

常温より高い温度と低い温度を交互に繰り返す環境における信頼性を確認する。

③低温試験

バッテリーの低温状態での性能を確認する。

④暴露試験

バッテリーの自己放電の状態及び劣化の状態を確認する。

6.1 高温試験

各種バッテリーを70℃の恒温槽に168時間放置した後に、バッテリーの異常を確認した。

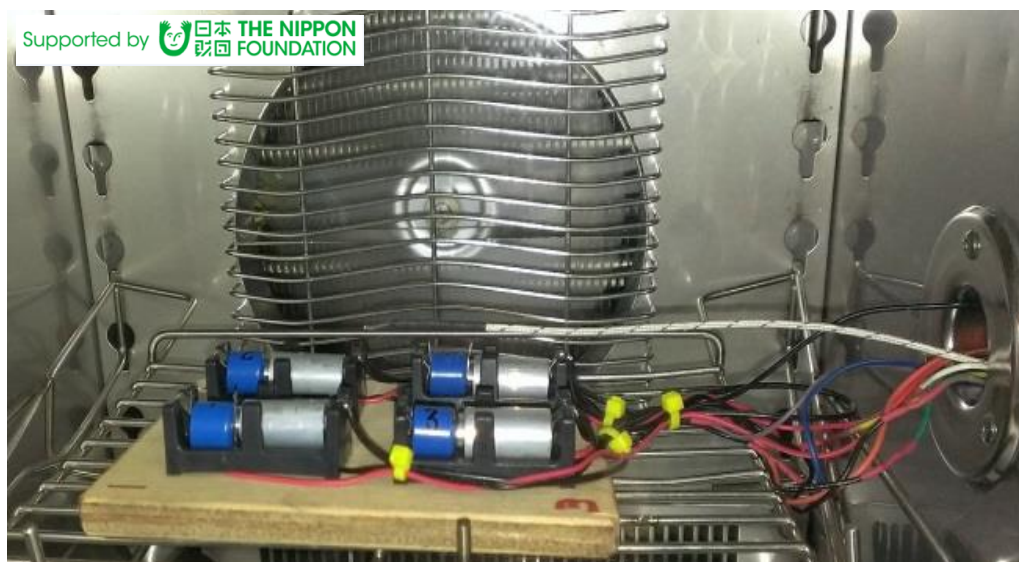


写真-高温試験

6.2 温度繰返し試験(ヒートサイクル試験)

恒温槽で65℃にて8時間、-30℃にて8時間のサイクルを10回繰返し、バッテリーの異常を確認した。

6.3 低温試験

バッテリーの低温状態の性能を確認するとともに、作動限界値を測定し信頼性を確認する。

0℃の恒温槽内部に各種バッテリーを24時間以上収納したまま、作動テストを行うこととした。

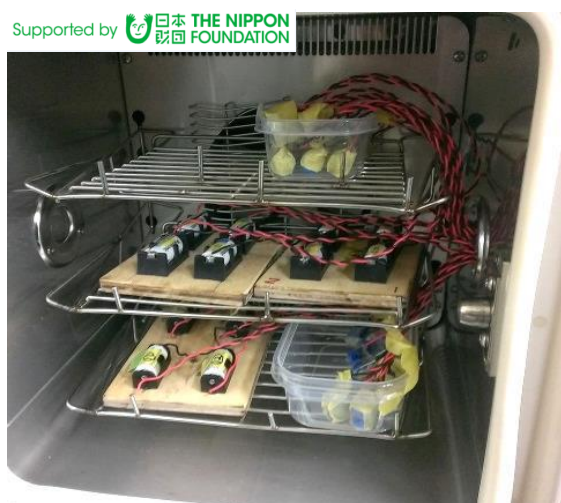


写真-低温試験(恒温槽)

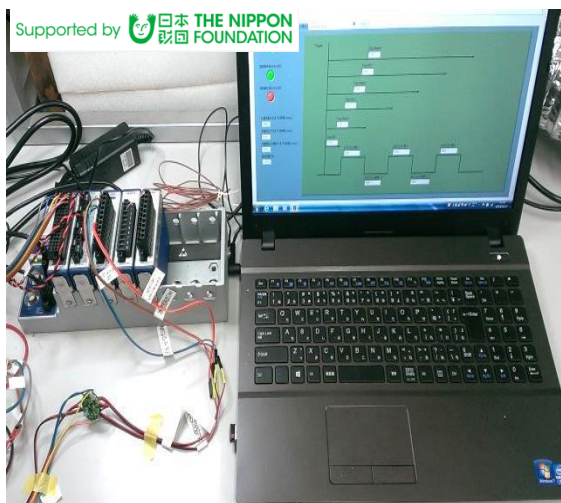


写真-低温試験(計測)

6.4 暴露試験

バッテリーをセンサー回路に接続し 容器に入れ、屋外に設置し自然の温度、天候にさらす(より実自然状態に近づける)。

この試験により回路の電池消費状態を長期間にわたり計測し続けることにより、バッテリーの電圧変化を確認した。

6.5 回路解析装置

バッテリーの性能評価を容易にするために、電圧、電流等のデータを同時に計測し、一つの画面に表示する専用プログラムを作成した。コスト削減の為に簡単に装置と接続でき、かつ迅速に解析できる仕様とし、このプログラムを組み込んだ回路解析装置を使用してバッテリーの性能試験のデータを計測、解析した。

また計測内容はロット毎に管理し、Excelファイル形式で保存できるようにした。

計測内容は下記項目とした。

- ①バッテリー電圧
バッテリー単体の電圧

- ②バッテリー電流
バッテリー単体の電流

- ③出力電圧
モーター、点火玉に出力する電圧

- ④出力電流
モーター、点火玉に出力する電流

- ⑤環境温度
作動時の温度(気温)

- ⑥電池残量
電池の容量

- ⑦作動開始までの時間
モーター駆動及び、点火玉点火までの時間

- ⑧出力パルス
モーター駆動及び、点火玉点火までの信号の波形

- ⑨LED緑の点灯確認
使用可能もしくは異常無しの場合に画面上で点灯

- ⑩LED赤の点灯確認
使用不可もしくは異常有りの場合に画面上で点灯

また、擬似的に作動状況を作ることの出来る項目は以下のとおりとした。

- ①水感知部の短絡
擬似的にセンサーのオンができる。

- ②モーター駆動時間の設定
モーターの駆動時間を設定出来る事により様々な状況を作ることができる。

③ 点火玉の破裂時の設定

点火玉作動時には熱線部が過熱し火薬に引火する仕組みとなっている。
しかし、擬似的に(実際に装置を作動させる事なく)作動確認するには断線状態を作らなければならないので、そのための設定。

④ ユーザーによる点検回数の設定

現行の救命胴衣も使用前のユーザーによる点検を推奨している。
毎日使うユーザーもいれば数か月、数年に一度程度しか使用しないユーザもいる。
必然的に点検回数にも違いがでる訳であり、その状況を擬似的に作ることができる。

⑤ テスト用スイッチの短絡

擬似的にオンができる。

6.6 バッテリーの選定

バッテリーは低温時でも使用可能なリチウム電池を使用することとし、火薬用のバッテリーとしては、電圧が3Vで作動が可能であり日本製のものが低温及び高温の温度変化にも対応し、経年変化による劣化にも強いことから、日本製の3Vが最適と考えられる。

7. 水感知部センサーの性能評価試験

水感知部は水没した際に、水が感知部金属にスムーズに流れ通電させることで、センサーの作動を早くできるが、必要時以外の作動をしてしまうことが考えられる。保管状態、保管場所、使用環境により、高湿度や降水時、使用者が感知部に触れてしまうことなどで誤作動することがないような形状とすることを検討した。各試験のデータは前記の回路解析装置を使用して計測、解析を行った。

7.1 水感知部プレートの試作

水感知部金属の間に壁を設けることで誤作動を防ぐ構造とし、3種類の形状のプレートを製作した。

7.2 噴霧試験

製作した3種のプレートのうち、形状の違う仕切りを設けたプレートを取り付けたものに霧吹きにて水を吹きかける、水感知部金属間が通電し、作動するかどうかを確認した。

7.3 油分付着試験

容器に水を張り、容器内上部に5mm程度の油膜を張るように油を注入し、この中にペープレート単独、A、B、Cタイプを水没させ通電するかどうかを確認した。



写真-油分付着試験

7.4 常温試験

室温約22℃の環境下で、常水温(20℃)の水にセンサーを水没させ作動の有無及び作動時間を計測した



写真-常温試験

7.5 湿度試験

恒温槽で湿度96%、温度49℃に168時間、センサー部を入れ誤作動の有無を確認した



写真-湿度試験

7.6 温度繰返し試験(ヒートサイクル試験)

恒温槽で65℃にて8時間、-30℃にて8時間のサイクルを10回繰り返し、水感知部の誤作動の有無を確認した



写真-温度繰返し試験

7.7 低温試験

恒温槽で0℃、24時間保管した後に水感知部を0℃の水に水没させ作動の有無を確認した。



写真-低温試験

7.8 連続衝撃落下試験

現行の救命胴衣検査基準に、1.8mからの300回の連続衝撃落下試験が規定されている。
(実際の試験では救命胴衣気室に装置が収納された状態で行う。)

火薬用及びモーター用の2種類の水感知センサー回路は、小さな基盤の両面に電子部品を詰め込んであり、強い衝撃などが加わると破損する恐れがあるため、連続衝撃落下試験を行い耐衝撃性を確認した。

試験は、回路基板を収納容器に収納し行った。

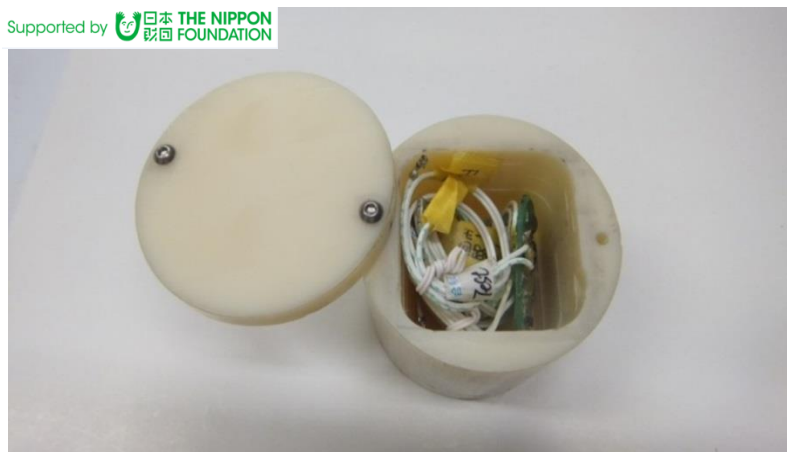


写真-回路基板を収納容器に収納した状態

収納容器を連続衝撃落下試験用の落下用ケース(長さ1.8m)の開口部より写真19のように挿入し、両端部を閉じた後、落下用ケースを手で持って中心点Aを基準にして水平状態から90° ずつ反復運動をさせて試験を行った(写真)。

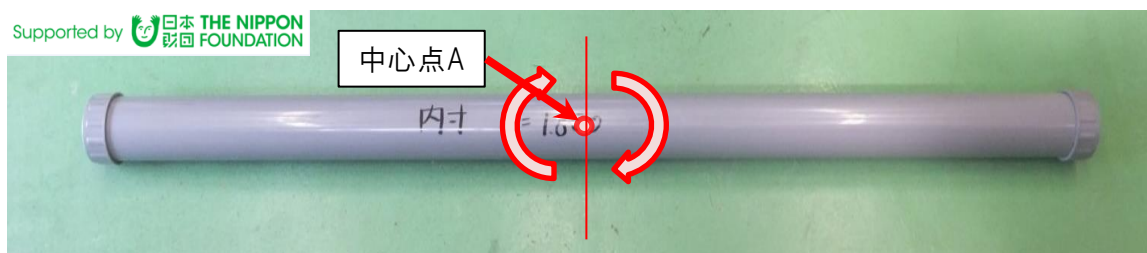


写真 - 落下用ケース

7.9 暴露試験

バッテリーと水感知センサー回路を接続したものを容器に入れ、屋外に設置し自然の温度、天候にさらす(より実自然状態に近づける)。

7.10 水感知センサーの性能評価

水感知センサーの水感知部形状は水没時の環境により作動時間に影響があることが分かった。また、高湿度による誤作動の予防の為に単に壁を作れば良いというわけではなく、粘度の高い油など通電できない液体などでは、油が水感知部に留まらない形状にする事も必要になることがわかったり、2つの水感知部金属を1枚の遮蔽板で区切る形状のプレートが最適であることが確認できた。

また、試作したこのプレートは、低温及び高温の温度変化、高湿度による誤作動、油污れに対応し、正常に作動することが確認できた。

さらに、試作した水感知センサーが耐衝撃性を有し、経年変化による劣化にも強いことが確認された。

8. まとめ

本年度は、①水感知センサー部の回路設計及び試作、②バッテリー選定及び信頼性の評価、③水感知センサーの性能評価試験を行った。

水感知センサー部の回路に関しては当初目標の、①小型であること、②低温時の作動が可能であること、③省電力であること、④誤作動防止対策、⑤電池残量の可視化等の目標が、性能評価試験によって立証され、達成できた。

バッテリー選定においては、低温環境での作動がネックであったが、低温時でも使用可能なリチウムバッテリーを使用することとし、水感知センサー部の回路と同様に、信頼性評価を行い、最適の製品を選定した。

以上の研究開発結果により、次年度の火薬ユニット部、モーターユニット部の開発に生かしていきたい。