

救命いかだ用キャノピー灯及び室内灯 に関する開発

報告書

平成 27 年 3 月

一般社団法人 日本船舶品質管理協会

目 次

第1章 事業の背景及び目的	2
第2章 事業の目標	2
第3章 事業内容	3
第4章 事業の実施スケジュール	5
第5章 技術開発の実施状況	6
5.1 制御回路の開発	6
5.2 LEDグローブの形状開発	6
5.3 配光特性評価のための自動測定装置の開発	6
5.4 高性能なリチウム電池の選定	7
5.5 密封容器等の設計	7
5.6 評価試験等	8
第6章 商品化に向けた今後の活動	8
第7章 まとめ	8

第1章 事業の背景及び目的

生存艇（いかだ等）に使用されているキャノピー灯及び室内灯は、 -30°C 及び $+65^{\circ}\text{C}$ の各々の環境下で、12時間以上連続で作動させた後の光度が上半球全ての方向に対して4.3cd以上の光度が要求されている。この基準を満足するためには、高価で大容量の特殊なリチウム電池（日本では市販されていない）を3本以上使用する必要がある。現在は、電池を輸入するか、又は、キャノピー灯及び室内灯の製品輸入に頼っている状況である。従って、価格が高価となり、生存艇メーカーからは、コストダウンを図るためぜひ開発をして欲しいとの強い要望が出ている。また、生存艇のキャノピー灯及び室内灯は5年に1度、交換が義務付けられているが、取扱を誤るとリチウム電池は発火しやすいため度々火災が発生している。そこで、電池部と制御部を一体に組込んだ設計とし、交換後の不要な電池は灯部の負荷を利用して完全に放電させることで電池内のリチウムを強制的に消費させて安全な状態で廃棄することができる。さらに、デジタル回路技術や効率の良い電子部品などを用いて限られた電池容量をできる限り節約した省力型で安全な、小型・長寿命で低コストのキャノピー灯及び室内灯の研究・開発を行い、日本としては初めてのコンパクトで安価な省電力型で安全なキャノピー灯及び室内灯を市場に供給することにより海上安全技術の向上に寄与することを目的とする。

第2章 事業の目標

以下のような特長を実現するキャノピー灯及び室内灯の開発を目指す。

- 電池容量を従来品に比べ、 $1/3$ 以下を目指す。
- キャノピー灯及び室内灯の大きさを従来品に比べ、 $1/2$ 以下を目指す。
- 悪環境下で長期間保存しても確実に機能する接続部等の防水機構の確立。
- 5年間のメンテナンスフリーとする。
- 交換後の不要な電池を放電させる機能を持たせる。

電池容量は、環境温度に大きく左右される。特に -30°C では、高温時と比較すると著しく容量が少なくなる。

そこで

- ・放電(点灯)開始から12時間連続放電させる際に、消費電力を一定に制御して全体の消費電力を抑える。
- ・キャノピー灯は、誘目性及び電池寿命を延ばすための間欠点灯式とする。
- ・価格の大半を占める高性能なリチウム電池の選定。
- ・電池を放電する際に発熱するエネルギーを有効利用して、消費電力を抑える。
- ・発光源を白熱電球から消費電力の少ないLEDを選定する。
- ・回路に使用する各々の電子部品は、作動時にロスが少ない部品の選定をする。

- ・発光源の光源を上半球全ての方向に略均一化するため、グローブの形状、材質などを試作し効率化を図る。
- ・救命いかだが膨脹した際に、自動的に点灯させる機構の研究、開発。

本事業では上記の手法で発光型救命器具の一つとして、高性能なキャノピー灯及び室内灯を市場に供給すべく研究・開発を行う。

開発するキャノピー灯及び室内灯は世界の海上安全に寄与するために、本邦内のみならず広く国際的に供給できるように、EC 船用機器指令(MED)に基づく型式承認をはじめとして複数の主管庁による型式承認の取得を目指す。

救命器具に課せられている技術基準は、SOLAS 条約とその附属強制規則である国際救命設備コード(LSA コード)および関連 IMO 決議などによって定められており原則は各国共通であるが、主管庁によっては既存の国内基準を盛り込むなど追加の試験やその具体的な実施方法が規定されている場合がある。

キャノピー灯及び室内灯についてもそのような追加が存在し、MED では配光分布の測定を上半球全体にわたってきわめて稠密に行うことが具体的に規定されている。例えば日本の「型式承認試験基準」への準拠が確認されているのみでは、MED での型式承認は必ずしも取得できない。

欧州では上述したような配光の稠密測定解析のための装置がすでに配備されていると考えられ、それを前提としたものと思われる。

このような細かな配光分布の測定を、すべて手作業で行った場合 1 回当たり数時間から場合によっては数日を要する。

研究・開発の際はこのような配光分布の測定を繰り返し行う必要があり、さらに日常の品質保証のためにも測定を繰り返す必要があるため、測定の効率化・自動化が必須である。

そこで、前述したキャノピー灯及び室内灯の開発に併せて、本事業ではキャノピー灯及び室内灯の配光分布測定の自動化について研究と実用化を行う。

第3章 事業内容

上記目標を達成するため、以下の開発・研究を行った。

3. 1 制御回路の開発

放電(点灯)開始から 12 時間連続放電させる際に、消費電力を一定に制御して全体の消費電力を抑え、さらに誘目性及び電池寿命を延ばすために間欠点灯式とする。

発光素子としては、高効率・高光度発光のために高輝度 LED を選定する必要がある。

3. 2 LED グローブの形状開発

配光特性を各規格に適合させるため、かつ生み出された光束を損失少なく上半球全体に拡散させ略均一な配光特性を得るために最適な LED グローブの形状を（コンピュータシミュレーション）検討・試作し、配光を測定し効率化を行う。

3. 3 配光特性評価のための自動測定装置の開発

上記 3. 1 や 3. 2 を行う上で、繰り返し配光特性評価を行う必要があるが、これを効率的に行うために、自動測定装置を研究・開発し、実用化する。

3. 4 高性能なりチウム電池の選定

国内で製造されていない低温特性の良い特殊なりチウム電池の低温時及び高温時の評価が今回の事業のポイントとなることから、多大な時間を要する。

3. 5 密封容器等の設計

救命いかだが膨脹した際に、自動点灯させる必要があることから自動点灯機構を含んだ密封防水容器の研究・開発を進め具体化する。

3. 6 評価試験等

5年以上の長期保存が可能であることを加速環境試験等で繰り返し行い信頼性を確認する。

3. 7 製品化

開発された各要素を盛り込んだ製品を設計し、プロトタイプの製造を行った。

第4章 事業の実施スケジュール

事業の実施スケジュールは以下のとおりである。

実施項目	平成26年度			
	1 / 4	2 / 4	3 / 4	4 / 4
制御回路、LED グローブ、密封容器等の設計	←		→	
高性能なりチウム電池の選定	←		→	
制御回路、LED グローブ、密封容器等の試作品製作等		←	→	
配光特性評価のための自動測定装置の設計		←	→	
配光特性評価のための自動測定装置の試作			←	→
評価試験				←
評価結果などの解析及びとりまとめ				←

第5章 技術開発の実施状況

5. 1 制御回路の開発

制御回路は、密閉容器を考慮した形状、電流値の異なる3種類を設計、製作し、安定化電源を使用して、点滅周期及び点灯時間が所期の性能を有しているかどうか、電池の電圧降下に伴い電力を維持できるかどうか、消費電力の測定等の評価試験を実施し、最適なものを選定した。

また、LED は、メーカーのデータシート等により輝度及び消費電力の効率の良いもの数種類について、安定化電源を使用し光度配光試験を実施し、最も高輝度ものを選定した。試験の結果、所期の目標よりも約30%明るいものを採用することができた。(写真1)

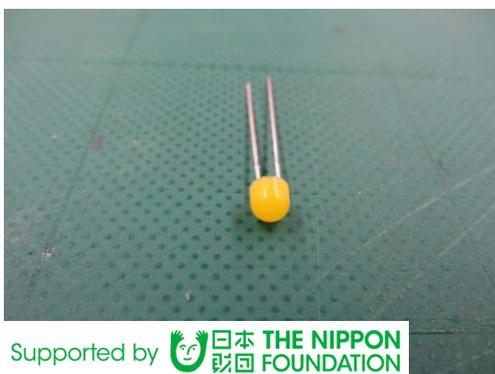


写真1 LED

5. 2 LED グローブの形状開発

形状及び透明度の異なる7種類（写真2）のグローブを製作し、安定化電源を使用してそれぞれのグローブの配光特性を計測した。半透明度のものは、過去に行った透明度別の評価試験で実績のあるものを使用した。

LED 自身の配光のばらつきはほとんどなく、グローブの大きさの違いによる差異もないことが分かり、この結果、グローブの大きさが一番大きく、材料は透明で、できる限り肉厚が薄いものが最も効率がよいことが分かり、これを採用することとした。（写真3）

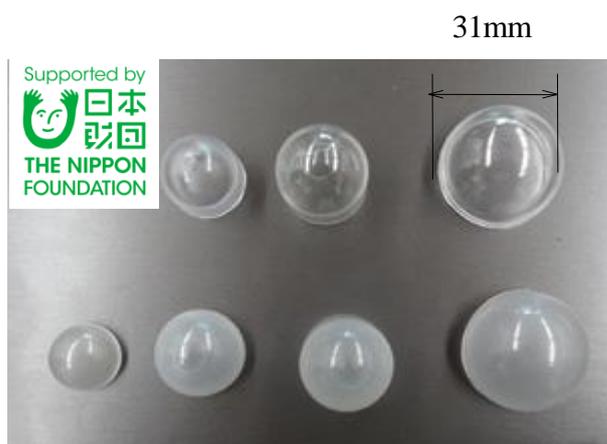


写真2 グローブ

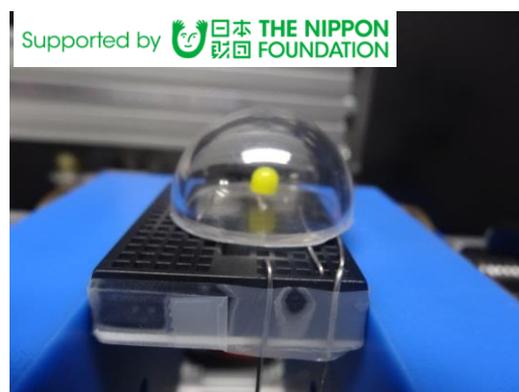


写真3 透明なグローブ及びLED

5. 3 配光特性評価のための自動測定装置の開発

装置は、光源と照度計の距離を設定可能とし、照度 (lx) 及び光度 (cd) の表示及び記録ができ、水平 (0~360°) 旋回及び仰角 (0~90°) 旋回の最小角度を0.001° 単位で設定できるものとした。（写真4）

また、測定データ解析ソフトウェアは、測定モードを連続モード、静止モード及び手動モードの3種類とし、それぞれの仕様の主なものは以下のとおりである。

①連続モード

- ・仰角方向に角度-5° から 95° までをそれぞれ 5° 間隔（レンジは可変）で測定でき、水平方向に角度 0.2° 以下で 360° 連続測定できる。
- ・上半球すべての方向の光度を正確に自動計測できる。
- ・各角度ごとに限界光度の表示及び配光をグラフ化できる。等

②静止モード

- ・上記の測定後、最低光度の位置において下記の項目の測定ができる。

測定項目：点滅周期、限界光度時（可変）の点灯時間、ON Time、実行光度算出等

③手動モード

- ・任意の仰角角度において、水平方向に角度 0.2° 以下で 360° 連続測定できる。
- ・任意の水平角度において、仰角方向に角度 5° 以下で 100° 連続測定できる。
- ・各角度ごとの限界光度の表示及び配光をグラフ化できる。等

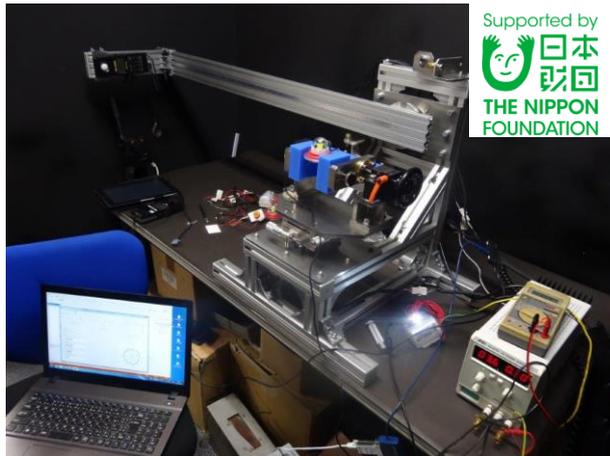


写真 4 自動測定装置



5. 4 高性能なリチウム電池の選定

10種類のリチウム電池について、内部抵抗の測定、温度繰り返し($-30^{\circ}\text{C}\sim+65^{\circ}\text{C}$)試験及び当該試験終了後、それぞれ -30°C 及び $+65^{\circ}\text{C}$ の環境下での回路実装放電試験を行なった。

その結果をもとに、低温特性、電池容量、長期間の貯蔵性、品質の安定性、大きさ及び価格の点で最も優れているリチウム電池を選定した。

なお、評価試験の結果、電池容量に対し特に影響が大きかったのは -30°C の低温の時であり、 $+65^{\circ}\text{C}$ の高温時では低温時の最大約2倍電池容量が伸びることが分かった。

5. 5 密封容器等の設計

密封容器全体の構成を次のとおりとした。（写真5）

- ・回路に室内灯のLEDを直接取り付けた。
- ・本体内に電池、回路、室内灯、スイッチON-OFF、モニター用LED及び自動ON SWを実装した。
- ・電池発熱エネルギーを有効利用するための断熱材スペースを設けた。

- ・自動作動スイッチ部は、リードスイッチ（磁力で ON-OFF）を採用した。
- ・本体ケースには、救命いかだに容易に固定できるベルト通しを設けた。
- ・本体ケースは、透明な PC で製作し一部を磨りガラス状とした。
- ・キャノピー灯部については、本体と灯部を防水コネクタで取り外し可能な構造とした。



写真5 キャノピー灯及び室内灯

5. 6 評価試験等

製品安全評価センターにおいて、SOLAS 条約で規定されている試験基準に基づき試験を実施した。その結果、3点について課題が残ったものの満足できる試験結果となった。3点の課題については追加試験の実施等によりクリアとなった。

第6章 商品化に向けた今後の活動

今回開発したキャノピー灯及び室内灯のままでも、国の型式承認を取得することができるが、より良い製品とするため、若干の改良を施したもので型式承認を取得し検定を受け、速やかに商品化を進めることとしている。

第7章 まとめ

上述の技術開発の結果製造コストの大半を占める高性能なりチウム電池を必要最小限に抑えることができたため、当初目標を次のとおり達成することができた。

- ・電池容量も従来品単1サイズ3本から単2サイズ1本にできた。
- ・キャノピー灯及び室内灯の大きさ従来品に比べ、約1/3のサイズにできた。
- ・悪環境下で長期間保存しても確実に機能する接続部等の防水機構の確立ができた。
- ・5年間のメンテナンスフリーとする。
- ・交換後の不要な電池を放電させる機能を持たせた。

また、電池選定に際して十分な容量を確保し、確実に5年間のメンテナンスフリーを実現す

るため本来の電池容量の 1.8 倍の電池を選定した。

性能面では精密評価試験結果のとおり、 -30°C の低温環境下での 12 時間後の光度は最も低い仰角 0 度の水平方向 360 度の平均光度は、5.5cd 以上を確保。上半球すべての方向の平均光度を 8.0cd 以上に確保できた。

最後にこのような技術開発の機会を与えて頂いた日本財団及び関係各位に深く感謝の意を表します。