

個人用捜索救助用ビーコン（PLB）の  
技術開発

報告書

平成25年3月

一般社団法人 日本船舶品質管理協会

## 目 次

第1章 事業の背景および目的	
1. 1 コスパス・サーサット・システムの変遷に関する概要	1
1. 2 コスパス・サーサット・システムの捜索救助用ビーコン	4
1. 3 リターンリンクとは	5
1. 4 我が国におけるリターンリンク・システム	6
1. 5 技術開発の目的	6
第2章 事業の目的	8
第3章 事業内容	9
3. 1 実施体制	9
3. 2 実施期間	9
3. 3 実施場所	9
3. 4 実施項目およびスケジュール	9
第4章 技術開発の内容	12
4. 1 操作性の確立	12
4. 2 ハンディータイプの筐体試作(2)	12
4. 3 基盤の製作	13
4. 4 PLBの実用モデルの試作	13
4. 5 性能評価	14
第5章 まとめ	15
第6章 PLB商品化に向けた今後の活動	17
6. 1 第一世代ビーコンの製品化	17
6. 2 第二世代ビーコンの製品化	17

# 第1章 事業の背景および目的

## 1. 1 コスパス・サーサット・システムの変遷に関する概要

コスパス・サーサットは、捜索救助（SAR : Search and Rescue）を支援するため、遭難時に発射される捜索救助用ビーコンの遭難信号の位置を衛星により計算し、その情報を捜索救助機関に配信するために米国、フランス、カナダ、そして当時のソビエト連邦によって 1979 年に設立された国際衛星システムです。その概要図を図 1-1 に示します。

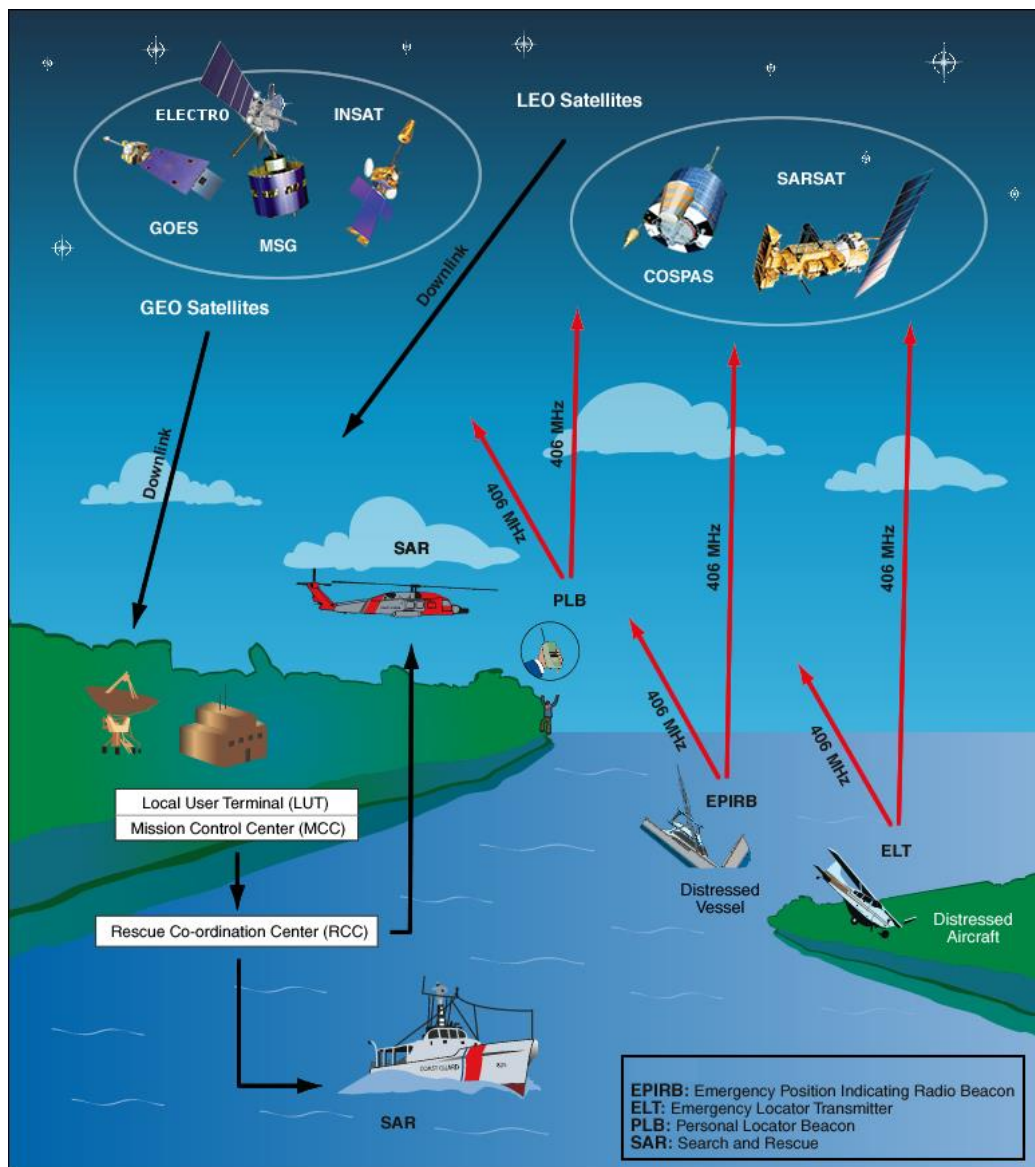


図 1-1 コスパス・サーサット概念図

初期のシステムは、高度約 1,000km で極軌道を高速で周回する低軌道衛星（以降「LEOSAR」といいます。）によって構成されており、受信した遭難信号のドップラー効果を計測すること（遭難信号の発生源が LEOSAR に近付く場合には波の振動が詰められて周波数が高くなり、逆に遠ざかる場合は振動が伸ばされて低くなることを利用して、周波数の変曲点から遭難信号の発生位置を特定する方法です。）によって、捜索救助用ビーコンの位置を計算する仕組みでした。しかし、LEOSAR 衛星の軌道パターンの影響により、遭難信号の発射から警報メッセージの生成までに最大 2 時間程度の遅延が生じる等の問題点がありました。

1998 年には、LEOSAR システムの欠点を補うため、静止衛星（以下「GEOSAR」といいます。）を利用することをコスパス・サーサット理事会は決定しました。GEOSAR システムは、地球の 3 分の 1 をカバーする GEOSAR の受信可能範囲内からの遭難信号の発射をリアルタイムで伝送し、LEOSAR システムのような遅延が生じません。しかし、その高い高度（地上約 36,000km）や衛星が相対的に静止しているため、以下の問題があります。

- ・ ドップラー効果による測位が出来ず、捜索救助用ビーコン自体に GPS 受信機などの測位システムから位置情報が提供されない限り、GEOSAR システムでは捜索救助用ビーコンの位置が特定できません。
- ・ 衛星が静止しているため、捜索救助用ビーコンから衛星までの経路上に障害物があると遭難信号が遮断されます。
- ・ 捜索救助用ビーコン⇒衛星⇒LUT（ローカル・ユーザー・ターミナル：地上受信局）までの通信の確実性は、距離が長いこと LEOSAR ほど強固ではありません。
- ・ 静止衛星が赤道上に配置されているため高緯度の位置での遭難通報に対応できません。

2012 年 12 月現在、LEOSAR6 機、GEOSAR6 機で運用されています。

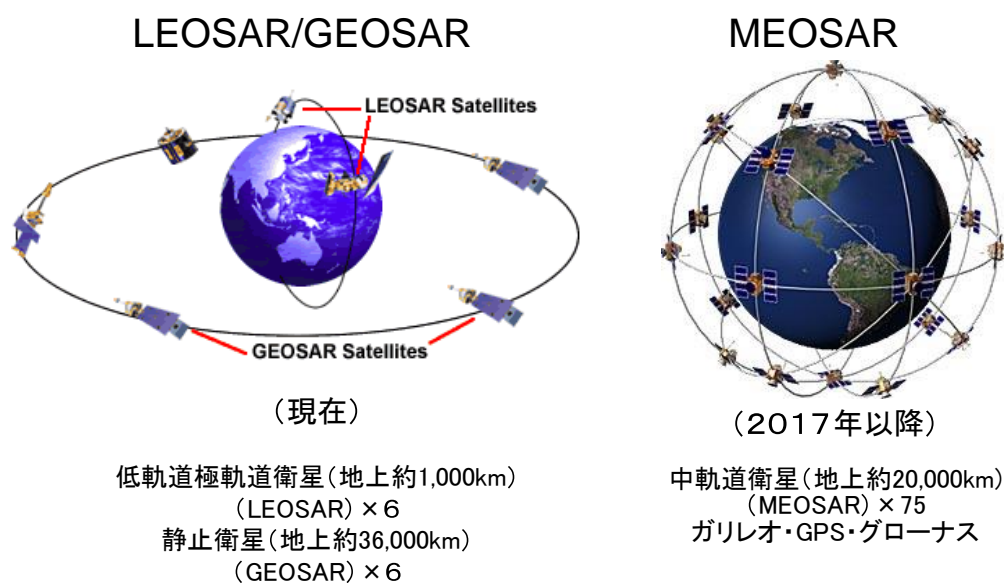
そこで、2000 年より、米国、欧州（EC）及びロシアが中軌道のナビゲーション衛星システム（以後「MEOSAR システム」という。）に 406MHz 帯の捜索救助機器を搭載することを検討し始めました。

MEOSAR システムには、それぞれ次のような利点があります。

- ・ ほぼ全地球をカバーでき、かつ、正確な自立測位能力を有しています。
- ・ 捜索救助用ビーコンから衛星までの通信リンクが GEOSAR システムより強固であ

- り、かつ、十分な数の衛星が存在し、可用性が高くなります。
- ・ 捜索救助用ビーコンから衛星の間の障害物に左右されません。
- ・ 新規の拡張機能（リターンリンク機能など）が提供可能となります。

このような利点を認識し、コスパス・サーサット理事会は、MEOSAR システムの導入準備を開始することを正式に決定しました。(図 1-2)



注)LEOSAR衛星の打上は、2020年頃を最後とし、以降は、MEOSAR衛星とGEOSAR衛星によるシステムへ移行する予定。

図 1-2 各衛星システムの概要

本開発の提案時である平成 22 年 10 月（2010 年）において、MEOSAR システムは 2015 年に正式運用される計画であり、GIOVE (Galileo In-Orbit Validation Element) と呼ばれるガリレオの実験衛星の 1 号機、2 号機はそれぞれ 2005 年 12 月、2008 年 4 月に打ち上げられており、順調に実験が進んでいました。また、MEOSAR システムに対応した捜索救助用ビーコン（2011 年に「第二世代ビーコン」と正式に命名され、従来の仕様のビーコンを「第一世代ビーコン」と称することが決定した）の暫定仕様は 2013 年に公表される計画でした。

その後、リーマンショック後の欧州の金融・財政危機による影響が大きく、欧州で計画されていたガリレオの計画は延期され、現在では軌道確認用の構造をより運用機に近づけた、実証衛星 4 機が 2011 年 10 月～2012 年 10 月に打ち上げられ実証試験中の段階であり、MEOSAR の実運用衛星は GPS、グローナス共に、まだ打ち上がって

いません。よって、正式な運用は 2017 年以降に延期され、第二世代ビーコンの暫定仕様の決定も延期される可能性が高くなっています。

## 1. 2 コスパス・サーサット・システムの搜索救助用ビーコン

コスパス・サーサットの搜索救助用ビーコンには図 1-3 に示す通り、船舶用として海上における 20 トン以上の船舶に SOLAS 条約による GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System : 海上における遭難および安全の世界的制度) の機器である非常用位置指示無線標識 (EPIRB : Emergency Position Indicating Radio Beacon : 以下「EPIRB」と称します。)、航空機として ICAO 条約により搭載が義務づけられている救命無線機 (ELT : Emergency Locator Transmitter : 以下「ELT」と称します。) および、個人が携帯することを想定した個人用搜索救助ビーコン (PLB : Personal Locator Beacon : 以下「PLB」と称します) があります。



図 1-3 ビーコンの種類

このうち EPIRB および ELT は我が国においても既に導入されていますが、PLB については未だ導入されていません。(欧米では既に 23 ヶ国で認可、導入されています。)

PLB は、EPIRB/ELT に比べ小型かつ安価であるため、我が国においても、EPIRB の搭載が義務付けされていない小型船舶 (距岸 5 マイルを超える広い航行区域を有するプレジャーボート、遊漁船等の小型船舶は約 19 万隻といわれています。) が万一遭難した際に迅速な対応を可能とする搜索救助用のビーコンとして、早期導入が期待されています。

我が国で PLB の導入をこれまで困難にしてきた要因のひとつとして、EPIRB/ELT

における誤発射の問題が挙げられます。現在 EPIRB/ELT の発する通報のうち 90% 以上が誤発射といわれています。捜索救助機関としては誤発射であることが確認できるまでは捜索活動をしなければならず、PLB の我が国への導入、普及にあたっては、多発する誤発射に対して対策を施すことが一つの課題となります。

そこで期待されるのが新しいシステムであるリターンリンク機能です。

### 1. 3 リターンリンクとは

リターンリンクは従来、送信のみで片方向の通信であったビーコンへ図 1-4 のように救助活動を行う側からビーコンに対して通信を行い双方化するものです。

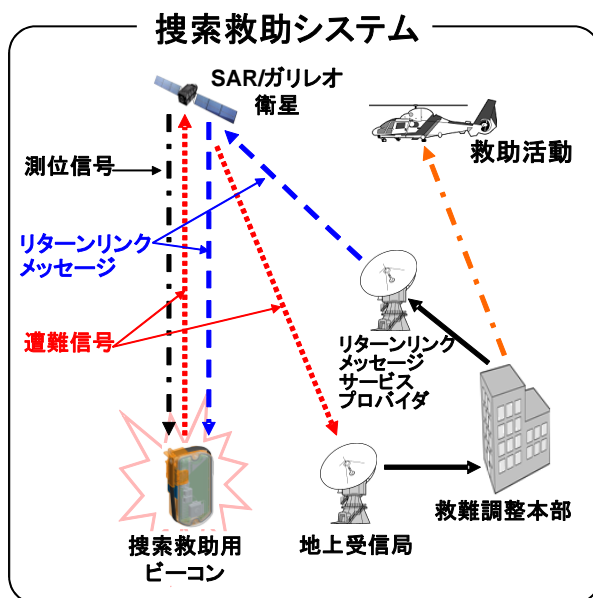


図 1-4 リターンリンク機能図

従来、片方向の通信であったビーコンを双方向にすることにより、次の様なメリットが期待されています。2011年6月の段階で、コスパス・サーサットで検討していた内容は ACK1 および ACK2 のみでしたが、本内容は 2012年3月末に行われたコスパス・サーサット専門家会合において日本から提出されました。ビーコンの電源や遭難信号の送信を制御する項目に関しては、真の遭難を見過ごす可能性も有り否定的意見もありますが、継続検討中です。

- ・ 遭難者へ捜索救助機関が遭難信号を受信したこと (ACK1) や捜索救助開始 (ACK2) を通知することにより、遭難者の生存への意欲が向上することが期待できます。
- ・ 真の遭難通報か誤発射かの確認ができることから、多発する誤発射の際に捜索救助

機関による不要な出動を低減することができます。

- ・ 約 50 秒間隔で送信される 406MHz 帯の間隔を測位完了後に約 150 秒などに広げて電池の寿命を延ばすことができます。
- ・ 捜索救助隊が近くに来るまで不要な 121.5MHz ホーミング周波数を ON/OFF 出来て電池の寿命を延ばすことができます。
- ・ 遭難者の状況を捜索救助隊が知ることができます。
- ・ 救助後、不要な電波を送信しているビーコンの電源を接断することができます。
- ・ 電源を自ら切断することによりキャンセル信号を送信して遭難信号をキャンセルします。

#### 1. 4 我が国におけるリターンリンク・システムの検討

我が国では、平成 20 年度及び平成 21 年度に総務省からの技術試験事務を一般社団法人電波産業会（ARIB）が受託して「衛星通信を利用した個人用捜索救助システムの周波数有効利用技術に関する検討会」が実施されました。

これは、遭難緊急時の通報のための PLB の国内導入への一環として、先に述べた MEOSAR システムのリターンリンクサービスを利用したビーコンを導入することが、周波数の有効利用などのために有効ではないかとの観点から実施されたものです。

また、平成 22 年度および平成 23 年度には文部科学省の地球観測技術等調査研究委託事業による受託業務として、太洋無線株式会社が実施した「測位衛星システムを利用した捜索救助衛星システムの高度化に関する実証試験」において、準天頂衛星の 1 号機「みちびき」を用いてビーコンに信号を送る、実衛星を用いたリターンリンク・システムの実証試験を世界に先駆けて実施しました。

そこで、世界的にコスパス・サーサット・ビーコンを双方向化（リターンリンク）するなど高度化することがコスパス・サーサット合同委員会等で検討されています。

#### 1. 5 技術開発の目的

本事業は、我が国における衛星を用いた PLB システム構築を機に、世界に先駆けて将来のシステムとして欠かせない双方向で通信可能なリターンリンク機能（誤発射対策や万一の遭難時、遭難者に遭難信号の受信状況や捜索救助状況を知らせることによ



り生存意欲を高めることが期待される) の将来の搭載を見据えた上で、小型かつ低価格の PLB を我が国で初めて開発し、小型船舶に対して普及を図るものです。

本事業は太洋無線株式会社の EPIRB で培った技術を基礎として PLB 開発を行い、実機を開発しておよそ 19 万隻と言われる有効な搜索救助機器を持たない小型船舶の安全対策と不慮の事故発生に対し迅速なる搜索救助を実現させることを目的としたものです。

## 第2章 事業の目標

国産初の PLB を試作することとし、その開発目標を次のとおりとしました。

本体の小型軽量化	450グラム以下
2周波共用アンテナと筐体への収納性の実現	アンテナ長400mm以下
低消費電力化の実現	-20℃において24時間以上動作 (電池使用)
位置情報の送出	GNSS <sup>※1</sup> 受信機内蔵
浮揚性	水に浮く(自立はしない)
低価格化のための取り組み	10万円以下

平成23年度は、試作した筐体にアンテナを取り付けたモックアップを制作するとともに、筐体に内蔵しない制御部および送信部の機能・性能確認用の試作基板を製作し評価を行うことを目標としました。

平成24年度は、制御部、送信部および電池を内蔵した、PLBの実用モデル試作機を1台製作し、コスパス・サーサット規格に合致しているか性能評価を行うことを目標としました。

※1 Global Navigation Satellite System の略で「全地球測位システム」と称する。

## 第3章 事業内容

### 3. 1 実施体制

本事業は、船用機器メーカーの太洋無線株式会社への委託事業として実施しました。

### 3. 2 実施期間

本事業は平成 23 年度から 2 年間で実施しました。

開始 : 平成 23 年 4 月 1 日

終了 : 平成 25 年 3 月 15 日

### 3. 3 実施場所

太洋無線株式会社

〒144-0033 東京都大田区東糀谷 2-11-18

日本アンテナ株式会社 川里工場（アンテナ試験に関して）

〒365-0001 埼玉県鴻巣市赤城台 212-9

### 3. 4 実施項目およびスケジュール

本事業は、初年度として平成 23 年度に下記の事業内容を実施しました。

#### (1) 送信データ形式の開発

- ・ PLB 専用の送信データ形式の開発および書込器を開発する。

#### (2) 最適な遭難位置更新方法の確立

- ・ 精度、更新間隔および低消費電力化が並立する最適な制御方法を確立する。

#### (3) ハンディータイプの筐体試作（1）

- ・ 浮力を有する軽量化筐体を設計、試作し、内部の収納性、操作性を検証する。

#### (4) アンテナ基本設計

- ・ コスパ・サーサット規格に適合するアンテナの基本設計を行う。

(5) 送信機的设计

- ・低消費電力化を図った 406MHz と 121.5MHz の 2 周波送信機を設計する。

(6) 制御部的设计

- ・将来のリターンリンク機能搭載を考慮した制御部を設計する。

(7) 送信信号の測定系確立

- ・位置情報を付加したロングメッセージに対応する測定系を確立する。

(8) 電池の選択

- ・ $-20^{\circ}\text{C}$  で 24 時間以上動作するように電池をパック化する。

また、平成 24 年度に下記の事業内容を実施しました。

(1) 操作性の確立

- ・操作部は防水されたメンブレンスイッチの使用が想定される。操作性の優れたスイッチの配置を検討したうえで、スイッチの型を製作する。

(2) ハンディータイプの筐体試作 (2)

- ・筐体および付随する部分を設計、試作し、内部の収納性、操作性を検証する。

(3) 基板の製作

- ・送信機、制御部、GNSS 受信機、アンテナ同調回路を一つにまとめた基板を製作する。

(4) PLB の実用モデルの試作

- ・(2)で製作した筐体及び(3)で製作した基板を用いて、アンテナ規格の合致した PLB 実用モデルを試作する。

(5) 性能評価

- ・試作した PLB 実用モデルが、コスパス・サーサット規格に合致しているか性能評価を行う。

実施予定表を表 3-1 に示します。

表 3-1 実施予定表

平成23年度


No.	項目	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
1	送信データ形式の開発			→						→			
2	最適な遭難位置更新方法の確立		→	→									
3	ハンディータイプの筐体試作												→
4	アンテナ基本設計												→
5	送信機的设计												→
6	制御部の設計												→
7	送信信号の測定系確立												→
8	電池の選択								→	→			→

平成24年度

No.	項目	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
1	操作性の確立									→			
2	ハンディータイプの筐体試作(2)												→
3	基板の製作												→
4	PLBの実用モデルの試作												→
5	性能評価												→

## 第4章 技術開発の内容

### 4. 1 操作性の確立

平成 23 年度に 2 種類で製作を行った緊急時の起動とテストを兼ねるスイッチを 1 種類に集約し、これを筐体の側面に配置することで操作性を向上しました。また、判りづらかった起動および停止の操作ボタン表示を見直し、起動も停止も「世界共通の電源マーク：」一個で行うようにしました。

PLB の保持性およびアンテナの収納性を向上させるため、丸みを帯びた筐体デザインに変更しました。

起動したことを証拠として残す「起動のしるし」は、故意に取り外し出来ないような構成方法を検討しました。

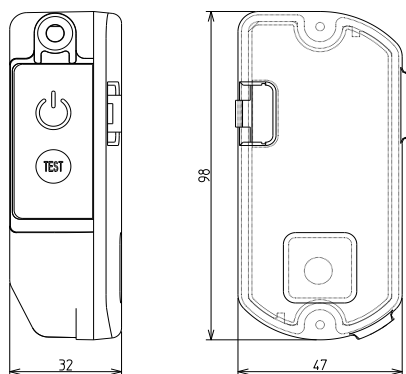


図 4-1 メンブレンスイッチの配置検討図

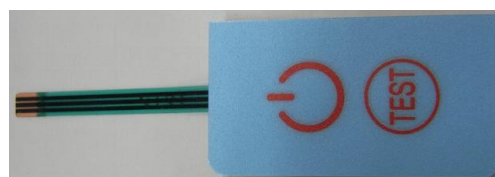


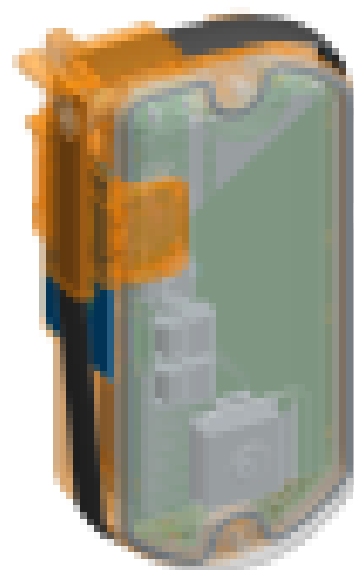
図 4-2 メンブレンスイッチ

### 4. 2 ハンディータイプの筐体試作(2)

高出力化と連続送信時間を増やすことを目的に、電池の本数を平成 23 年度の 3 本から 4 本に増やしましたが、外形寸法は従来のままを達成すべく、収納する筐体の内部構造に関して検討しました。また、分解性やリサイクルにも考慮してネジは装置全体で 2 ヶにまで減らすことができました。

収納する基板のサイズは、部品実装に影響が大きい基板上の穴を極力減らし、基板の固定は筐体側の形状とクッションで抑えることで固定することにしました。

これらの検討を元に、アンテナ試験などの電気試験で



Supported by  日本 THE NIPPON 財団 FOUNDATION

図 4-3 試作筐体外観

用いる光造形による筐体試作を行いました。

小型 PLB は、筐体単体で水に浮く機種は現在のところ市場に無く、また今回の開発品でも水に浮くことは出来ません。このため、浮揚性を持った収納ケースを併せて試作し、当該 PLB を収納ケースに納めた状態で試験を実施して、水に浮くことを確認しました。

以上の検討を元に簡易型 PLB 機を製作しました。その結果、外形寸法は奥行 32 mm × 幅 47mm × 高さ 98mm で質量 165g と、小型軽量化を達成することが出来ました。

#### 4. 3 基板の製作

将来の商用化を視野に入れて、電池パック、電源回路、変調回路、送信回路および制御部の設計見直しを実施しました。その結果、上記の機能を 90.5mm × 41.0mm のサイズの基板 1 枚に集約することが出来ました。

平成 23 年度に問題になった雑音は直流電源用 IC が原因と予想していましたが、シンセサイザ回路が原因であることが判明し、位相比較回路の位相比較周波数を 1/32 と低い値に設定することで雑音を小さくすることが出来ました。

#### 4. 4 PLB の実用モデルの試作

アンテナ構造の検討と、アンテナを基板に接続する方法を検討しました。アンテナの設計を先行するために、アンテナの同調回路のみ用意した基板を製作し、アンテナ単体で試験が行えるようにしました。

できあがったアンテナと基板、および電池を筐体に組み込み、PLB 実用モデルとして完成させました。

また、双方向通信が可能となるリターンリンクの試験の方法を確立しました。



Supported by 日本 THE NIPPON 財団 FOUNDATION

図 4-3 試作筐体外観



図 4-5 アンテナ

#### 4. 5 性能評価

コスパス・サーサット型式検定試験基準 T.007 に基づいて完成した PLB の試験を行った結果、全ての項目で規格を満足しました。

また、コスパス・サーサットには無い環境試験も米国や欧州規格を参考にして実施し、問題が無いことを確認しました。

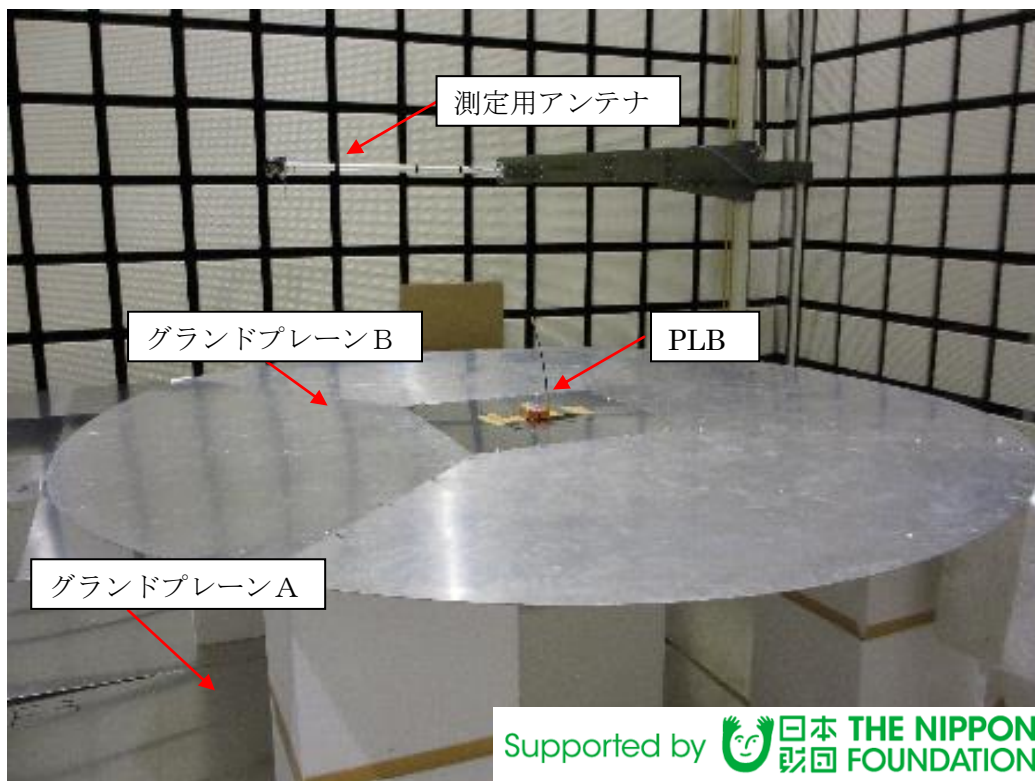


図 4-6 グランドプレーン有り環境でのアンテナ試験



## 第5章 まとめ

今回の技術開発により、小型船舶の万が一の遭難時に迅速で確実な捜索救難活動が行えるように PLB の開発を行いました。世界最小クラスの PLB にリターンリンクを搭載することを実現しました。また、全ての項目でコスパス・サーサット規格を満足するという一定の成果ができました。

今回開発した PLB の諸性能は、以下のとおりです。

- ① 本体の小型軽量化・・・・・・・・・・・・・・・・ 450グラム以下  
筐体にアンテナ、電池、基板を内蔵した完成形で **165g** でした。  
大きさも奥行 **32mm**×幅 **47mm**×高さ **98 mm** とリターンリンクの無い世界最小の海外製品と同等のサイズであり、小型・軽量化を十分達成できたと考えています。
- ② 2周波共用アンテナと筐体への収納性の実現・アンテナ長400mm以下  
アンテナ長 **267.4mm** でコンベックス材料を使用したアンテナで、筐体の周辺を廻して収納することができ、**406MHz** 帯では、コスパス・サーサット規格に十分合致するアンテナを開発しました。  
**121.5MHz** に関しましては、コスパス・サーサットに規格はありませんが、海外の同等サイズの製品と同レベルの性能を達成しています。
- ③ 低消費電力化の実現・・・・・・・・・・・・・・・・ -20℃において 24時間以上動作  
(電池使用)  
-20℃において 24時間以上動作することという基準に対して、送信電力の規格を満足しながら **27時間**を実現しました。**5年**と想定する電池交換までの電池自身の自己放電や、その間に使用するテスト動作、待機時の消費電流(漏れ電流)の電池消費を考慮すると、これらの合計は動作時間の **2時間34分**に相当します。この時間を差し引いても **24時間26分**の動作時間となり、**24時間**以上の動作が実現でき、基準を十分クリアすることが出来ました。
- ④ 位置情報の送付・・・・・・・・・・・・・・・・ GNSS 内蔵  
GNSS 受信機は疑似ガリレオ受信機を選定し、通常の測位衛星が視認できる環境での位置情報更新、測位衛星が視認できない環境での動作、コスパス・サーサット試験による急激な移動や極点付近、赤道付近、日付変更線付近での微妙な位置変更にも対応する疑似ガリレオ受信機の制御を実現しました。
- ⑤ 浮揚性・・・・・・・・・・・・・・・・ 水に浮く(自立はしない)

世界最小サイズの筐体では、内部の空気の容積が少なく水に浮かないのが通常であると判明しました。今回の試作品も浮きません。同サイズの海外製 PLB でも同様であり、オプションの浮力を備えた収納ケースを用意し、このケースに入れることで浮揚性を達成することができました。

⑥ 低価格化のための取り組み・・・・・・・・・・ 10万円以下

実用モデルの試作段階であり正確な製品価格は算出していませんが、現状の回路構成、電池、筐体、アンテナで高額な部材は無く、量産時には目標価格を達成できると考えています。

## 第6章 PLB 商品化に向けた今後の活動

リターンリンクを搭載した第二世代のビーコンを用いた MOESAR システムの正式運用は、残念ながら本開発の提案時の予定より 2 年ほど遅れてしまいました。また、2013 年 2 月 25 日～3 月 1 日にオーストラリアのケアンズで行われたコスパス・サーサット専門家会合にて、アメリカよりビーコンや地上局の規格策定が必要であること等を考慮し、第二世代ビーコンの実施スケジュールを現在の計画から更に 3～4 年遅らせることが提案されました。

引き続きコスパス・サーサットの動向に注視しますが、これらの動向を勘案すると、今回、開発した PLB が同じ状態のまま製品化できるとは考えにくくなっています。

よって、製品化は現行の国際規格である第一世代ビーコンと将来の規格である第二世代ビーコンに分けて行う予定です。

### 1.7.1 第一世代ビーコンの製品化

今回の PLB 開発は、世界最小クラスまで PLB の小型化を実現しており、疑似ガリレオ受信機の代わりに GPS 受信機を搭載すること、ACK1 および ACK2 機能を削除することで、現行の第一世代ビーコン仕様の PLB として容易に転用可能です。

製品化に関しては、日本国内の法整備および省庁間の情報配信システムが出来ていないことから、すでに世界で 23 ヶ国が PLB を導入している事実を踏まえて、第一世代ビーコン仕様で早期に法整備および配信システムの構築が出来るように、関係省庁に対して働きかけを引き続き行う予定です。

また、広く普及させるためには、無線局で個別に免許を受けるのではなく、携帯電話の包括免許のように使用者が免許を持たずして使用できる制度が必要と考え、法整備と並行して働きかけを行う予定です。

日本国内の法整備および省庁間の情報配信システムが出来次第、第一世代ビーコン仕様の PLB 製品化に取りかかります。

### 1.7.2 第二世代ビーコンの製品化

当初 2013 年 10 月には暫定仕様が決まる予定であった第二世代ビーコンの仕様に関しては、コスパス・サーサットの国際会議でも、現行の LEOSAR/GEOSAR も使用できるように従来の仕様の上位互換を中心に提案しているグループと、従来の衛星は無視し MEOSAR のみ対応することで完全にビーコン仕様を変えることを提案してい

るグループの意見との調整がつかず、基本部分での合意には至っていません。よって細部の仕様は全く決まっていない状態です。

現状からはコスパス・サーサット専門家会合でのアメリカの提案に同意できる部分もあり 3～4 年遅れた場合、MEOSAR システムの正式運用は 2020 年～2021 年になります。引き続きコスパス・サーサットの動向に注視しますが、早期に開発した仕様のまま製品化を行うことは困難な状況になっており、2020 年～2021 年を目処に製品化を行いたいと考えています。