

海上機器の品質保証活動

Quality Assurance Activities of Marine Equipments

小 西 裕 石 寺 剛 南 浩 明
Yutaka Konishi Takeshi Ishidera Hiroaki Minami

要 旨

本稿は、当社海上機器製品の品質保証を担当する海上機器品質保証部の活動概要と、平成20年に販売を開始した新製品の品質向上活動を紹介する。船用電子機器は主に無線通信、航海支援、漁労支援に分けることができるが、いずれも人命尊重、安全航行のために高い品質と過酷な環境に耐えられる信頼性が求められている。

Abstract

This paper gives an overview of the JRC marine product quality assurance activities that the Quality Assurance Department /Marine Electronics is in charge of, and introduces its activities to improve the quality of new products that have been released during 2008. Marine electronic equipments are grouped into radio communications, navigation assistance, and fishing assistance equipments. To ensure safe navigation and prevent injuries, all of these types of equipment need to have the high quality and reliability which can withstand harsh environments.

1. ま え が き

海上機器品質保証部では品質保証のため、新製品の企画段階から市場リリース及びフィールド対応まで幅広く品質保証活動を展開している。

今回は特に新製品の品質作り込み上で重要な、新製品開発活動への取り組み事例を紹介する。

2. 活動姿勢

海上機器品質保証部は、「お客様に良い製品を提供し、満足して使っていただくこと」をテーマとしている。このテーマを追求するために、以下の項目を「活動姿勢」として定め、実践している。

- ①「お客様本位」で物事を考える。
- ②「三現主義（現地・現物・現実）」を実践する。
- ③「自分の目で検証（確認）」する。
- ④「計画は実行」する。
- ⑤「疑問を放置」しない。
- ⑥「素早く行動」する。
- ⑦「安全第一」を心がける。

この活動姿勢のポイントは、自分の目で確認し、認識することにより物事を的確に判断し、素早く行動を起こすことである。

3. 海上製品を取り巻く環境

海外、国内の顧客が求めているものは、以下の4つに纏められる。

- ① 安くて丈夫な製品（高信頼性）
- ② 操作性の良い製品（ヒューマンエラー防止）
- ③ 船員のための製品（福利厚生向上）
- ④ テロ対策製品（安全航行）

上記の中でも近年変化が大きいのは、優秀な船員を確保するための船内設備で福利厚生の上に繋がる製品、マラッカ海峡やソマリア近海等で出没する海賊対策製品に関心が高まっている。

また、環境問題への対応製品や運行効率向上に貢献する製品への関心も高い。

4. 業務の紹介

4.1 対象製品

近年、船舶の利用目的が多様化しており、以下に示すような各船舶に必要とする海上製品も多様化している。

4.1.1 船舶の種類

海上機器品質保証部の扱っている機器を搭載する船舶には様々な種類がある。それらの搭載船舶について簡単に紹介する。船舶の種類は以下のように大きく4つに分けられる。

(1) 商船

旅客・物資・貨物などを大量に輸送し、商用に従事するために使用される船など。

旅客船（フェリー）、タンカー（原油、石油製品、化学製品、

LPG (Liquefied Petroleum Gas)), 貨物船 (ばら積み, 一般貨物, コンテナ), 自動車運搬船, 客船, 貨客船, 貨物船など。

(2) 漁船

漁業に従事する。漁の対象により種々の船種があり, はえ縄漁船, 流網漁船, 刺網漁船, まき網漁船, 曳網漁船, トロール船, 一本釣り漁船, 漁業練習船, 漁業調査船など。

(3) 特殊船

業務の目的に応じた特殊構造船で, タグボート, 練習船, 気象観測船, 海底ケーブル敷設船, 自衛艦, 監視船, 巡視艇, オイル掘削船など。

(4) プレジャー

レクリエーションに使用される。セールクルーザー, ヨット, キャビンボート, オープンボート, クルーザー, 和船など。

4.1.2 海上機器製品群

海上機器は, 国際的なSOLAS (The International Convention for the Safety of Life at Sea) 条約や国内の船舶安全法により搭載が義務付けられている規格の定められた電子機器や, 漁船など業務の目的のため搭載する電子機器があり, 大別すると無線通信機器, 航法機器及び漁労機器に分類される。

(1) 無線通信機器

海岸局などの遠方と通信する中・短波帯送受信機, 港湾内での近距離通信用の超短波通信機, 船上通信用極超短波のトランシーバ, 静止衛星を利用するインマルサット通信機器, および救命用ブイなどがある。

(2) 航法機器

レーダー (航海用X-band/S-band, 河川航行用近距離X-band), GPS (Global Positioning System) 航法装置, ECDIS (電子海図), ARPA衝突予防援助装置, VDR (航海記録装置) などの航行支援機器, 船速計, 測深器などの航法機器がある。

(3) 漁労機器

探鳥レーダー, 魚群探知機など漁業の支援機器が漁の形態に合わせラインアップされている。

中でも特に, 船員の福利厚生の向上や海上におけるインターネットなどの情報ブロードバンド化の要求に応えるべく開発された, 世界初インマルサットFleet Broad band (FBB) JUE-250, レーダーの国際規格変更にいち早く対応し世界初の新規格対応検定を取得したJMA-9100シリーズが注目を浴びている。

4.2 品質保証業務

海上機器品質保証部は, 前記の機器に対して品質保証業務を担い, 日々の品質保証活動として以下のような取り組みを行っている。

4.2.1 開発段階の品証業務

(1) 予防品証活動

製品の企画・開発段階から参画し, 顧客の要求・要望事項を漏れのないように把握し, 過去に発生した問題が再発しないように予防処置活動を実施している。

(2) 設計の妥当性確認

各規格に基づく機能・性能の確認, 更には, 装備・使用される環境を考慮した振動試験・温度試験等の信頼性試験を実施している。

(3) ユーザビリティの確認

お客様の視点から製品を操作し, 操作性等を確認するユーザビリティ評価試験を行っている。

4.2.2 製造段階の品証業務

(1) 品質管理

生産ラインに於ける不良発生状況の監視, 新製品の初期流動管理。

(2) 再発防止

発生した問題の真の発生原因, 流出原因を追究し, 開発・設計・生産の各工程へフィードバックする是正処置活動。

(3) 外注品質指導

製造協力会社と協力して製造品質監視を行うと共に必要な時には品質指導も行う。

4.2.3 フィールド・顧客対応の品証業務

(1) 故障分析

フィールドで発生した問題を早期に解決すべく調査と再現試験を行い, 原因を究明する活動。

(2) 品質改善

フィールド・顧客からの要望・苦情・問い合わせなどの情報収集と分析を行い, 品質改善を現行製品及び新製品に早期反映するための活動。

4.2.4 各種検定・工場審査認定取得業務

新製品の国内・海外の機器型式検定取得のため, 設計部門と協力して受検。

顧客・検定機関による製造工場審査認定取得の対応。

4.2.5 各種自己宣言書の発行

船舶の検査を行う各国船級の要求事項に合致することを宣言する自己宣言書を発行。

最近では, 船舶搭載電子機器が欧州, 各国検定規格に適合しなければならない機能・性能要件に加えて, 船舶を廃棄する際に必要な環境影響物質の所在を明らかにするグリーンパスポートやシップリサイクルに関する宣言要求が増加している。また, 当社が推進しているRoHS対応についても自己宣言書を発行する。

5. 新製品品質向上への取り組み

5.1 新製品開発の流れ

海上機器品質保証部では新製品開発の最終段階で「設計の妥当性確認 (DVa)」として新製品の最終評価試験を行っている。

最終評価試験は時代の変化と共に変遷を辿り, ハードウェア重点から機能評価, ソフトウェア品質評価と進化してきた。

その後, 製造プロセス評価や船上での実環境評価による

品質向上を図ってきた。

近年では商品企画段階で新製品に組み込む機能・性能構想を把握することからスタートして、以下に紹介する設計の各段階のデザインレビュー（DR）で要求事項の製品反映状況を確認することを行っている。

試作段階では設計部門が行う試作評価結果から要求事項の実現状況を確認した上で最終のDVaに望み、「顧客要求⇒営業要求⇒商品企画⇒新製品への要求事項の反映」が実現できているかを見極めるための評価試験を行っている。

今後はより一層、市場要求を満たす製品を創り出すことを目指して行く。

現在の目標は、マーケットインの製品創りを達成してお客様に満足していただくと共に、当社製品が世界市場でトップとなることである。

5.2 商品企画段階の取り組み

マーケットインの製品を開発する為、関係部門に図1に示す要求事項整合マトリクスという手法を提供し、商品企画書を立案している。

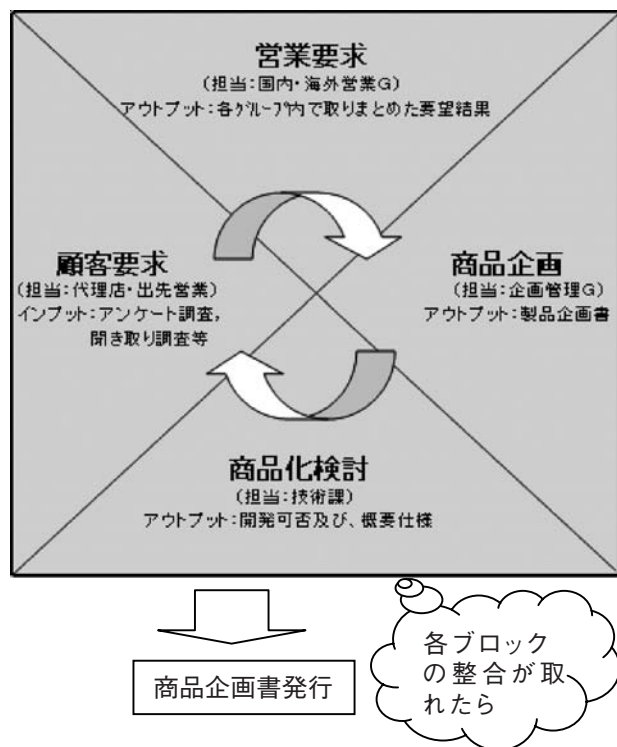


図1 要求事項整合マトリクス（商品企画段階）

FIG.1 Requirement alignment matrix(product planning stage)

要求事項整合マトリクスは、商品企画段階だけでなく基本設計／詳細設計の各段階にも存在し、各段階に於ける関連部門の要求事項が網羅されているかを確認するために、QC手法のマトリクス図を利用している。

図1は商品企画段階の例で、顧客、営業、企画、設計部門それぞれの要求事項の整合を確認している。

5.3 設計DRの取り組み

基本設計段階及び詳細設計段階では、予防品証のためのハードウェア・ミドルウェア・ソフトウェアに渡るデザインレビューを技術部門の各エキスパート及び品証部門の機器担当で構成されるレビューチームにて行っている。

このレビューチームには、エキスパートならではの異なる製品レビューに横断的に参加し、広く知識を有する人間が参画している。

当部門に於いては、フィールドで発生した過去の同型機の不具合に対する問題等、現場レベルに近い専門知識を持った見識者が参加して活発なレビューを実施している。

5.4 試作評価・妥当性評価試験

新製品開発に於ける試作評価段階までは技術部中心で進行するが、最終段階である設計の妥当性確認（DVa）は当部で実施している。

この最終段階の評価試験で発見した問題を改善要求項目として改善要求するが、改善のために製品リリースが遅延するケースが発生している。

6. 品質保証グループの活動事例

以下に2件の評価事例を紹介する。

1つ目は、技術部門と二人三脚で世界初の製品を評価・出荷した事例である。

2つ目は、製品品質向上のため技術部が行う試作評価段階にまで廻り、評価をした事例である。

6.1 船用通信機品質保証グループ

事例1：インマルサットFleet Broadband（FBB）の世界初の製品であるFB250（JUE-250）の完成まで

(1) Fleet Broadband FB250（JUE-250）とは

JUE-250はインマルサット第四世代衛星に対応した携帯移動地球局である。

音声、G3ファックス及びインターネットアクセスが可能なデータ通信サービスとしてスタンダード・パケットデータサービス（最大284kbps）とストリーミング・パケットデータサービス（32kbps、64kbps、128kbps）が利用できると共に、最大160文字（英数字）までのショートメッセージにも対応し、これらの通信を同時に行うことができる。

本端末システムを世界に先駆けて発表することを最大のミッションとし、第一ステップは2007年11月19日インマルサットのプレス発表には通常の運用に耐えるコマーシャルサンプルを提供すること、第二ステップとして当社独自の機能を反映した量産品の出荷開始を一刻も早く実現することを目標にスタートした。

(2) 試作評価試験への参画

目標達成のため、当部も海上機器技術部海事衛星グループと一体となって試作品の評価試験を実施した。

本製品のフィールド評価試験を実施する上で一番の障害となったのは、フィールド通信試験実施のためのインマルサット第四世代衛星が大西洋とインド洋の2衛星しか打ち上げられていないため、日本では関西以西でしか通信でき

ないという評価試験場所の苦勞があった。

実際には、大西洋衛星とインド洋衛星で通信評価をするためにアムステルダム支店、インド洋衛星で通信評価をするために長崎支店と、それぞれの支店に多大な支援を得て進めた。

中でもアムステルダム支店での通信評価試験は、試験担当者も慣れない海外生活の環境下で作業しなければならず貴重な体験をした(図2, 図3参照)。

(3) 最終DVa評価試験の実施

インマルサット検定にはフィールド評価試験として実船搭載による $\alpha \cdot \beta$ テストとして一定の評価試験が義務付けられている。

評価船として当社顧客の大型コンテナ船と大型貨物船にお願いして搭載していただき、インマルサット検定者と当社設計担当者や品証担当者が同乗して実船通信評価試験を実施した(図4, 図5参照)。

(4) 発生した問題について

FB250では主にソフトウェアに複数の問題が発生した。原因究明のため地道にログを取得して調査し、問題点を解析し、改善要求をするといった作業の繰り返しだった。

FBFのシステム自体も当初は不明点が多く、製品に未完成な部分があることが試験中に発覚して通信障害が発生する都度インマルサットへ確認する必要があるがあった。

更にJRC三鷹工場、JRC長崎支店、アムステルダム支店、インマルサット(ロンドン)とグローバルなエリアで実施していたため、時差、言葉、文化の違いにより円滑に作業が進まない現実を痛感した。

(5) 今後の活動

FB250は出荷開始後もフィールド情報を収集し、更によりよい製品品質を目指して活動している。幸いにしてまだ苦情を受けることなく順調に出荷している。



図2 長崎支店屋上の船上装置仮設置状況

Fig.2 Temporary installation of a shipboard device at Nagasaki branch office rooftop



図3 アムステルダム支店屋上の船上装置設置状況

Fig.3 Temporary installation of a shipboard device at Amsterdam branch office rooftop



図4 実船評価時船上装置設置状況

Fig.4 Installation of a shipboard device for on-site evaluation



図5 実船評価時船内装置設置状況

Fig.5 Installation of a device used for on-ship evaluation

6.2 航法機器品質保証グループの事例

事例2：新型船舶レーダーの評価

6.2.1 予防品証の活動への取り組み

新型船舶レーダー開発にあたって、試作評価段階で過去の不具合事例から予想できる理論的解析・検証、量産試作品による検証と、製造プロセスの検証を実施し、予防品質保証活動を行った。

6.2.2 理論解析による検証

(1) FTA (Fault Tree Analysis) による検証

過去に発生した不具合事象をFTAにより解析し、不具合発生を予想・防止活動を行った (図6参照)。

(2) FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) による検証

使用している部品に対し、故障モードを想定し、FMEA解析により、不具合発生の予防活動を行った (図7参照)。



図6 FTAによる解析

Fig.6 FTA analysis

装置名		FMEAチェックシート		承認	検印	担当	発行番号		業番	1/1
型名							作成部門			
設計仕様書№							発行日			

番号	部品名 (主要な)		機能	故障モード	危険要素 (考えうる危険)	原因	重大さ	発生 頻度	リスク レベル	(設計・製造上、警告指示上の) 対策	対策後 のレベル
1	電源回路 CBD-1783										
1-1	T1 TR3 TR8, 9 CD6 CD11, 12 CD13, 14 CD17~20	H-7LTRD0254 2SK2995 2SK2508 10FL2C48A 285DL2C48A U1DL44A FMUG2FS	電源回路	ショート	海難事故 装置焼損、火災 (衝突・座席等)	過電圧、過電流に因る破損	S1	F4	II	温度限度・負荷短絡を考慮して設計	III
		オープン		装置焼損、火災	過電圧に因る破損	S1	F4	II	温度限度・負荷短絡を考慮して設計 過電圧保護対策等考慮して設計	III	
2	家調回路 CME-363										
2-1	IC1 TR3 L1	TC4069UBF 2SK1162 H-7LPRD0121	送信回路	ショート	海難事故 装置焼損、火災 (衝突・座席等)	過電流に因る破損・部品絶縁不良	S1	F4	II	温度限度・負荷短絡を考慮して設計	III
		オープン		装置焼損、火災	過電流に因る破損・部品絶縁不良	S1	F4	II	温度限度・負荷短絡を考慮して設計 過電圧保護対策等考慮して設計	III	
3	モータ電源制御回路 CBD-1782										
3-1	L1 L2 TR102 TR101, 103 TR3, 4 CD4	H-7LCRD0058 SHP-104S 2SK2238 2SK2508 2SK2995 20DL2C247A	モータ電源 制御	ショート	海難事故 装置焼損、火災 (衝突・座席等)	過電流に因る破損	S1	F4	II	モータ過負荷・過電流を考慮して設計	III
		オープン		装置焼損、火災 (衝突・座席等)	過電流に因る破損	S1	F4	II	温度限度内で使用	III	
4	モータ部 CBP-202										
4-1	M101	H-7BDRD0047	駆動回路	ショート	海難事故 装置焼損、火災 (衝突・座席等)	過負荷、過電流に因る破損	S1	F4	II	温度限度・過負荷を考慮して設計	III
		オープン		装置焼損、火災	過電圧・過負荷に因る破損 回生電圧による破損	S1	F4	II	温度限度・負荷短絡を考慮して設計 過電圧・回生保護対策等考慮して設計	III	

6.2.3 量産試作品による検証

(1) 素材の強度検証

引っ張り試験、曲げ試験、温度試験を実施し検証。

(2) 製造工程の確認

樹脂の製造工程、工程能力とバラツキの確認。

接着工程と硬化時間の検証。

(3) 外注業者の教育（モノづくりの前に人づくり）

一部作業を外注に依頼している為、製品の使用環境を外注作業担当者に説明し、品質の重要性を認識させた。

(4) 受入検査基準の確認

外注作業品について、立上げは品質が安定するまで全数検査を行い、検査基準の有効性と外注指導効果を確認した。

(5) 接着強度確認（接着面積）

接着面積と強度について関連性を確認。

(6) 破壊試験

社内・社外の専門機関にて繰り返し変形による破壊試験を実施。

(7) 各種検証結果の信頼性検証

シミュレーション結果と実機による加速試験結果からフィールドでの耐久年数を算出。

(8) フィールド試験（実船評価）

製品使用条件（環境）での試験・評価を行うため、再度大型商船に実験局として仮装備し、実船評価と各種詳細データを取得。

6.2.4 製造プロセスの検証

生産機製造ラインのプロセスを検証し、製造上の不具合発生の予防活動を行った。

(1) 生産性に問題はないか。（無駄な工程はないか）

(2) Q C工程図に従い製作されているか。

(3) 不良品を発生させるような工程はないか。

(4) 不良品を摘出できるシステムになっているか。

(5) 検査試験工程が確立されているか。

(6) 検査結果が“見える化”できているか。

以上の検証を経て、2008年7月1日の新IMO規格施行前に製品評価を終え出荷を開始することができた。

7. あとがき

冒頭活動姿勢で述べたように、私達海上機器品質保証部は、「お客様に良い製品を提供し、満足して使っていただくこと」を永遠のテーマとして、常に高い水準を目指し、技術部門と二人三脚で高品質の製品を提供するための品質保証活動を実践してまいります。