

## FMS 調達イージス艦向けソナー用国産送受波器の開発

日本電気株式会社 山本 満  
NEC ネットワーク・センサ株式会社 鈴木 知視  
株式会社トーキン 吉田 弘幸

### 1. はじめに

本プロジェクトは、FMS(Foreign Military Sales)として導入されるイージス艦搭載ソナーシステム (AN/SQQ-89) に使用される送受波器 (米国製 : TR-343) と性能が同等以上の互換品国産送受波器 (NEC 製 : TR-343J) を、弊社らが海上自衛隊向けソナーにおいて培ってきた設計技術の発揮、及び協業会社による製品の活用により開発を行い、FMS 構成品の一部として実現したものである。本件は、防衛省への提案、米海軍および AN/SQQ-89 ソナーシステムメーカーへの交渉、米海軍による評価試験・認証獲得を経て、イージス艦「まや」、「はぐろ」向けとして納入に至ったものである。本案件は、FMS 調達の増加が確実化する中、国内生産基盤の維持を目的とした FMS 導入システムへの国産技術と海外技術をミックスした先駆け例となるとともに、防衛装備品移転 3 原則に基づいた海外展開にもつながるものと期待する。

### 2. イージス艦向けソナー用送受波器の概要

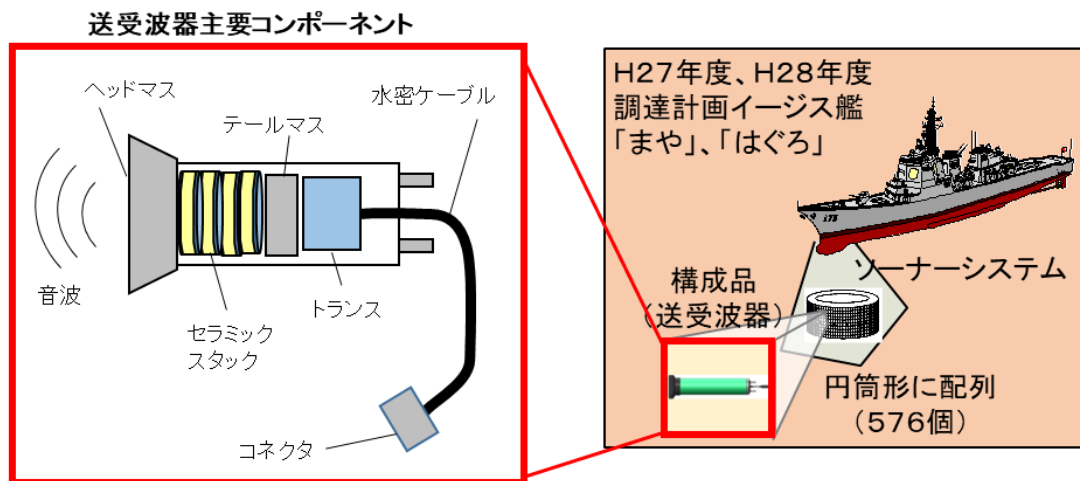


図1 イージス艦向けソナー用送受波器のイメージ図

海上自衛隊のイージス艦「まや」、「はぐろ」に搭載されるソナーシステムされるソナーシステムの中で、一番重要な役割を果たすのが送受波器であり、音波を送受信する音響センサである。送受波器の主要なコンポーネントとしては、図1に示すように、音波を放射する放射面となるヘッドマス、電気信号と機械振動との変換を行うセラミックスタック、放射音波の周波数のバランスを司るテールマス、電気的なインピーダンス整合を図るトランス、

そして艦上システムと電氣的に接続するコネクタ付き水密ケーブルで構成される。本プロジェクトでは、米海軍が要求する送受波器の電氣的、音響的特性を満足する設計を海上自衛隊向け送受波器の長きに亘る開発・納入実績のある日本電気(株)が担い、送受波器の製造・組立を高品質な製造ノウハウを持つ NEC ネットワーク・センサ(株)が担い、送受波器のキーコンポーネントであるセラミック素子(セラミックスタックの個体)の製造を(株)トーキンが担う役割分担により成功を取めた。

### 3. 開発経緯

我々は、海上自衛隊が平成 27 年度、28 年度予算で調達するイージス艦向けソーナーの送受波器について、国内生産基盤維持の観点から国産互換品の提案をさせて頂き、米海軍による認証試験に合格すれば、搭載採用することとなった。米国製送受波器である TR-343 の構造/図面等は米海軍が保有する。米国では同 TR-343 送受波器を製造するメーカー(競争入札により決定)が米海軍の指導を受けながら生産している。我々は、米海軍により TR-343 送受波器の要求仕様および要求仕様の一部として基本的な構造、外観、寸法・重量の図面の開示を受けて、同 TR-343 の互換品の設計を行った。その際に、送受波器の最重要ポーネントであるセラミック素子(圧電材料)については、秘密性が高い事から材料組成を含めて、非開示であったのと、長年海上自衛隊向けソーナーの開発で培ってきた送受波器技術、および我々独自の材料組成には自信があったため、米海軍から開示された情報の利用は、要求仕様、および要求仕様の一部としての構造、外観、寸法・重量の図面利用のみ留め、ライセンス生産ではなく、あくまでも弊社独自の設計による互換品開発を行った。セラミック素子の材料組成は米国製のものと異なるため、その電氣的特性ならびに音響的特性は米国製の TR-343 とは異なる。これらの相違を送受波器全体の設計・製造で吸収し、互換性能を担保した。送受波器の互換性を担保するために、主として、以下の項目の実施が必要であった。

- ①全体外形寸法が同じであること
- ②周波数帯域(共振周波数)が同じであること
- ③艦上システム側から見たときの電氣的特性(インピーダンス)が要求仕様規格以内であること
- ④音響的特性が要求仕様規格以内であること

①については、ヘッドマスの外形寸法、ハウジングの寸法形状を米海軍開示の図面通りの設計とした。

②については、セラミック素子が米国製と異なることから、その弾性定数も異なるため、ヘッドマス、テールマスとセラミックスタックの機械的振動から決まる共振周波数が、米海軍が示す仕様と同じとなるように、主にテールマスの寸法等でアジャストさせた。

③については、ソーナーシステムの艦上部は、その変更を許容しないため、水中部である送受波器と艦上部(特に送信機、受信機)とは、その電氣的インターフェースを整合する必要があった。材料組成の異なるセラミック素子を用いながら、艦上システムとの電氣的インタ

一フェースの整合がとれるように、弊社独自の送受波器設計を行った。具体的には、一般に、このタイプの送受波器の電気的特性はセラミックスタックの電気的特性で決まる。このような送受波器の電気的特性と、艦上システムの電気仕様との整合には、図2に示すように、入出力のインピーダンス変換を行うトランス（変圧器）の挿入にて行われる。よって、米国製とは、異なるトランス設計にて電気的整合を図ることに成功した。



図2 送受波器の電気的特性と艦上システムの電気仕様の整合模式図

④については、電気系—機械（振動）系—音響系に亘る有限要素法解析（FEM：Finite Element Method）を駆使して、送受波器の音響的特性の設計シミュレーションを行い、米海軍が示す音響仕様を満たす設計を行った。図3に音響シミュレーションの解析結果（一例）を示す。

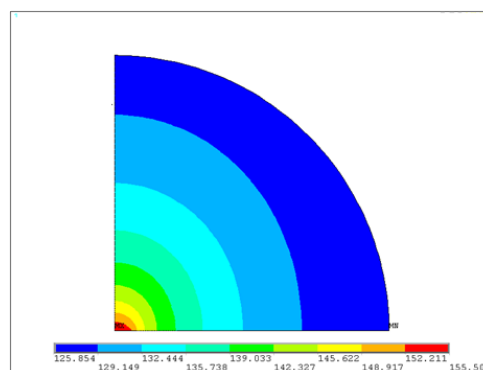


図3 音響シミュレーション結果（一例）

上記のような互換送受波器の設計のもと、米海軍の評価試験のためのプロトタイプ品を製造した。米海軍による評価は、セラミック素子の評価から送受波器の音響性能、連続運転、さらには、環境試験・耐爆試験と多岐に亘り、数ヶ月を要した。そして、平成29年12月に、米海軍による認証（Certification）を獲得した。図4、図5に米海軍による評価のセットアップ風景、ならびに耐爆試験の様子を示す。

米海軍からの我々の送受波器に対する評価は非常に高いものであり、特にセラミック素子の安定性は、米国セラミック素子メーカーに比べはるかに高いため驚きの声と共に絶賛されている。



図4 米海軍評価のセットアップ風景



図5 耐爆試験の様子

米海軍の認証獲得後、「まや」、「はぐろ」の2式分の送受波器（TR-343J）の量産契約を締結し、平成30年4月、平成31年4月にそれぞれ送受波器一式を完納した。図6は、弊社らにより製造したTR-343J送受波器の外観写真である。



図6 TR-343J送受波器の外観写真

#### 4. おわりに

FMS調達が本格化する中、本件はFMSにおける国内防衛基盤維持を目的とした国産技術と海外技術をミックスした契約のパイオニアとなった案件である。前例が無く、仕組みやスキームが出来上がっていない中で、多方面の各所、各組織の御指導、御協力のおかげにより成功するに至った。本案件は、国内企業のFMSへの関わり方に対する有用な例となったものである。

また、先に海上自衛隊にFMS導入されているイージス艦「あたご」、「あしがら」向けソナー含めた本送受波器の維持整備に対しても、国産技術による実施の可能性を秘めており、保守・整備における効率化／省力化にも資するものと考えます。加えて、米海軍からの評価が高いことから、米海軍向け送受波器の提供、共同研究等将来の海外展開も期待される。

#### 5. 謝辞

この度、弊社らのFMS調達イージス艦向けソナー用国産送受波器の開発活動に対して、防衛基盤整備協会賞という栄誉ある賞を賜り、大変光栄に存じます。今回の受賞を励みに、今後も防衛省・自衛隊・防衛装備庁殿のご期待に応えられるように、なお一層、技術力向上に精進し、日本の防衛生産基盤を確固たるものにするよう努めて参りたいと思います。

今回のFMS調達イージス艦向けソナー用国産送受波器の開発活動にあたり、御指導、御協力いただきました海上幕僚監部殿、防衛装備庁殿、経済産業省貿易経済協力局殿、経済産業省製造産業局殿をはじめ、各所、各組織の関係者の皆様に深く感謝致しますと共に、今後も一層の御指導、御鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。