

水中音響計測技術からの展開

野口 敏

わが国は四方を海に囲まれ、国土海岸線の総延長は約35,000kmで、地球円周の9割程度にもなる。古くから海や河川との係わりは深く、海中や水中での計測という領域も重要な位置を占めているといえる。株式会社オキシテックは1987年の創立で、前身は1962年からの沖電気工業株式会社臨海実験所に遡る。この間、一貫して水中音響機器、海洋観測機器の開発に不可欠な実海面等での試験・評価を中心とした計測業務を行っており、防衛庁をはじめ造船各社、ソナー関連メーカ各社、大学、研究機関などに幅広くご利用頂いている。お客様の多種多様な要求にお応えできる計測業務は計測技術・環境・試験設備の一体化によるものである。本稿では、まず当社の保有する計測技術・環境・試験設備について述べる。また、当社では水中音響計測技術に基づく商品として各種送受波器、音響解析装置、計測装置などを提供するとともに、異分野への展開として音による地下タンク点検装置の商品化を行っており、これらの一端について述べる。

水中音響と計測技術について

水中では音が遠くまで伝わりやすいということは古くから知られていたことであるが、水中音響という領域が進展する契機となったのは「タイタニック号の遭難」といえよう。1912年4月に処女航海中の豪華客船タイタニック号は北大西洋上で氷山に衝突し、多数の死者を出す悲劇となった。欧米各国は悲劇の再発を防止するための研究を進め、ソナー（SONAR:SOund NAVigation and Ranging）の開発に至った。その後、両大戦下では潜水艦探知の有効な手段として重要視され、水中音響技術の発展につながった。わが国でも1930年前後から旧海軍がソナーの研究に着手した。1940年には海軍技術研究所音響研究部が設立され、沼津を拠点として駿河湾での研究開発と試験評価が行われた。現在、水中音響技術はソナーのみならず、海底資源調査や深海潜水調査船の測位システムおよび地球規模での海洋構造研究（エルニーニョなどの発生メカニズム研究等）の分野でも幅広く使用されており、その領域は大きく広がっている。

ソナーや海洋調査・観測機器の研究開発および製品の試験評価は実海面での計測に基づくことが品質確保および生産性向上の面で重要である。試験評価のための水中音響計測では信号と雑音レベル、周波数特性、指向性および伝搬特性等々が計測対象になるが、あらかじめ送波器（音を出す側）、受波器（音を受ける側）の音響特性を把握しておくことが必要である。送受波器の感度校正には幾つかの方法があるが、相互校正法、比較校正法が主に用いられており^{1) 2)}、防衛庁規格（NDS）で制定されている³⁾。

実際の計測作業に際しては計測品質の向上のために幾つかの留意事項があるが、特にSN比には十分な注意を払うことが重要である。SN比を劣化させる雑音要因には周囲雑音、機械的雑音、電氣的雑音がある（図1）。

周囲雑音は「測定する場所」に依存するものであり、海上計測の場合は波浪・降雨雑音、船舶航走雑音、生物雑音などがある。陸上計測（水槽等）の場合は付近の工場や走行車両および土木工事などにも影響されやすい。一般的に、周囲雑音は低周波数帯域でレベルが高くなる特性を有している。良好な計測結果を得るためには測定周波数帯域での周囲雑音を事前に把握し、信号レベル設定などの試験条件を検討しておくことが必要である。

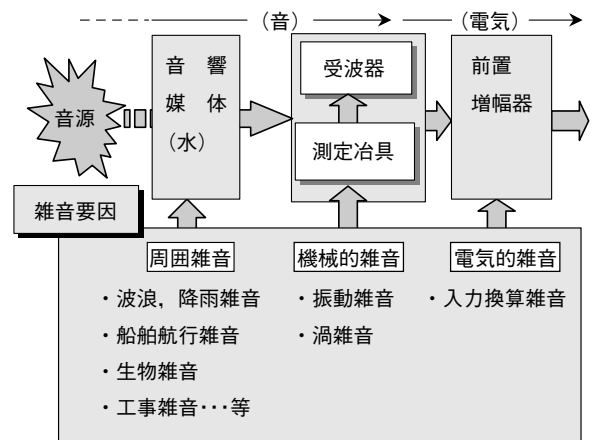


図1 水中音響計測での雑音要因

機械的雑音は「測定する方法」に依存するものであり、振動雑音、渦雑音などがある。通常、測定に際しては送波器や受波器を測定治具に取り付けて水中に吊下するが、この治具を介して送波器や他の機械的振動源の振動が受波器に伝わることを避けることが求められる。したがって、測定周波数帯域に応じて構造や材質および防振方法を考慮した測定治具設計が必要である。また、流れが存在する場合には渦などの発生による雑音増加を避けるための構造・形状を考慮した設計が求められる。

電氣的雑音は「測定する装置」に依存するものであり、特に前置増幅器の入力換算雑音が測定対象の信号レベルよりも十分に低くなるよう機器の設計と選定をしなければならない。

当社は、「測定する場所」「測定する方法」「測定する装置」について多くの技術ノウハウを有しており、感度校正をはじめとする各種音響計測技術をコアコンピタンスとして確立している。

計測品質を支える環境と試験設備

顧客満足度の高い良好な計測品質を提供するには、計測に適した環境（測定する場所）と多様な要望に対応できる試験設備が不可欠である。

(1) 計測海域の環境

駿河湾東部の内浦湾周辺は海底地形が平坦なこと、周辺には水深が500~1,000m以上の海域があり浅深度から深々度までの試験が実施しやすいこと等により、昭和初期から旧海軍の技術研究所を中心に各種音響試験の「場

所」として利用されてきた海域である。

当社はこの内浦湾を拠点とし、海上計測作業に適した立地条件を最大限に活用している。また、同じ「海」を利用する地元漁業関係者の皆様のご理解を頂きながら円滑な業務実施と試験設備の拡充ができています。この立地条件と地元との良好な関係は我々にとって無形の財産である。

(2) 試験設備

水中音響機器や海洋観測機器の試験評価についてのお客様からのご要求は幅広いものである。たとえば、周波数範囲は低域から高域、計測対象品も小型から大型、さらに装置レベルからシステムに亘り、試験評価項目も送受波器の音響特性（感度周波数特性、指向性等）や音響材料の反射・透過特性から装置・システムの総合試験評価に至るなど多種多様である。弊社はお客様からのご要求にお応えするために幾つかの試験設備（海上および陸上）を保有している。主たるものについてその概要を以下に示す。

◆ 海上計測バージ（Barge）：シーテックⅡ

海上計測バージは試験海面に固定係留され、船内で各種音響計測を行うものである（図2）。この種の専用設備としては、民間レベルで国内唯一といわれている。

船内中央部付近には開口部（7.5×3.0m）を設けてあり、ここからクレーンを使用して供試品を水中に吊下し、校正装置などが常設された計測室で所要データの取得を行う。供試品専用の電子装置類を計測室に設置すること

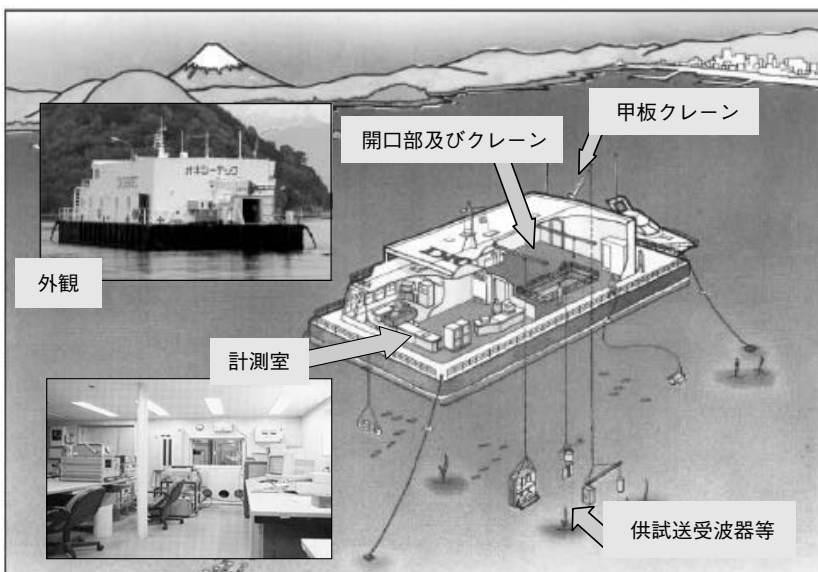


図2 海上計測バージ（シーテックⅡ）

諸 元	
全長	30m
全幅	13m
総トン数	300トン
係留方式	4点係留
開口部寸法	7.5×3m
開口部クレーン	1トン×2
甲板クレーン	2.9トン×1
水深	32m

係留地：静岡県沼津市 内浦湾

でシステム全体の実海面試験評価も可能となる。また、シーテックⅡは4点係留されているので波浪の影響を受け難く、動揺は殆どないという特色がある。このため、供試品の動揺に起因するデータの変動や雑音の増加が少ないので、再現性のある安定した計測ができる。また、大型の供試品を安全かつ迅速に吊下揚収できるので、効率的な試験実施が可能である。

◆ 試験船：第二いこい丸

沖合でのえい航、敷設揚収、深々度吊下、漂流ブイ試験などの機動性が必要な試験には試験船「第二いこい丸」をはじめ幾隻かの試験船で対応する。計測品質に影響しないように試験船はエンジンの振動を船体に伝えにくい構造としており、供試品吊下用のAフレームクレーンや計測室を設けている（図3）。また、大型供試品の場合はクレーン船も含めた複数船舶運用で試験を行っている。

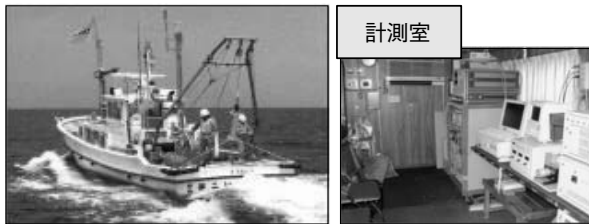


図3 試験船（第二いこい丸）

◆ 無響水槽

水中音響計測の陸上設備として、高周波用送受波器の感度や指向性などの計測用に無響水槽がある（図4）。水槽の内面には樹脂系の楔型吸音材が貼り付けてあり、およそ30kHz以上の周波数で水槽内面からの反射がない状

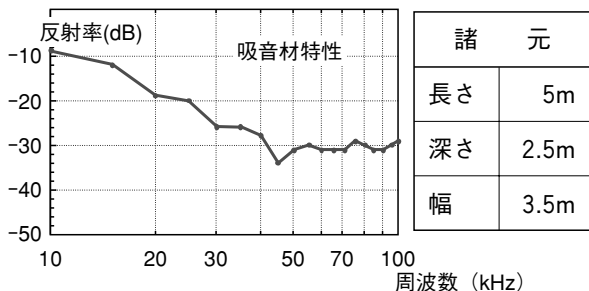
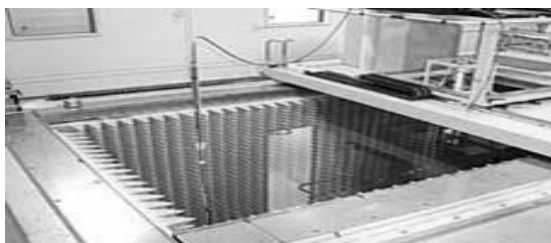


図4 無響水槽

態での計測ができる。

当社は特徴ある試験環境、試験設備をベースとして蓄積した水中音響計測技術により、お客様にご満足頂ける計測品質を提供している。

水中音響計測技術からの商品創出

コアコンピタンスである水中音響計測技術の水平展開として各種送受波器、音響解析装置、計測装置などの商品創出による新たな企業価値の向上も目指している。

以下にその一端を示す。

(1) 水中音響アナライザ：OST4100

通常、水中音響計測では受波器の他にオシロスコープ、FFT（周波数分析器）、データレコーダ等の汎用計測器材で計測系を構築しなければならない。水中音響アナライザは、これまで培ってきた水中音響計測技術を基に計測に必要な機能のみを抽出して、コンパクトで簡便に使用できる計測解析装置としたものである（図5、図6）。



図5 水中音響アナライザの構成

◆ 小型軽量、屋外でのバッテリー運用可能

◆ 一台で4つの機能

(1) 波形観測機能 (2) 周波数分析機能

(3) 分析表示機能 (4) データ記録機能

◆ 測定周波数範囲：20Hz～20kHz

◆ 周波数分解能：0.5Hz～25.0Hz

◆ データ記録時間：連続30分間(最大)

図6 水中音響アナライザの主要機能・性能

表示処理器はオシロスコープ表示、スペクトラム表示、スペクトログラム表示およびレベルレコーダ表示を同時に表示し、多面的な計測・解析が同時にできる（図7）。

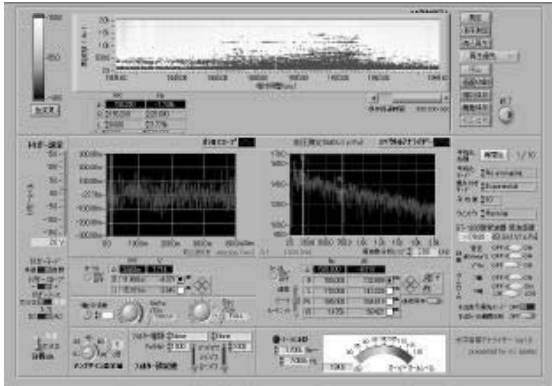


図7 水中音響アナライザの表示画面

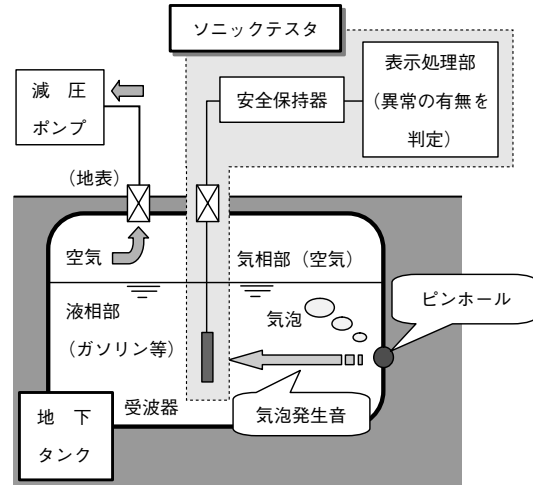


図9 ソニックテスタによる点検の概要

(2) ソニックテスタ：OST4200

ソニックテスタは、ガソリンスタンド等に埋設されている地下タンク壁面の微小なピンホールや亀裂等の有無を点検する装置である。

顧客（コダマ工業株式会社）からの委託を受けて開発・商品化したもので、2004年4月に施行された地下タンク検査の新基準に対応できるものである。本装置は受波部と表示処理部により構成されている（図8）。

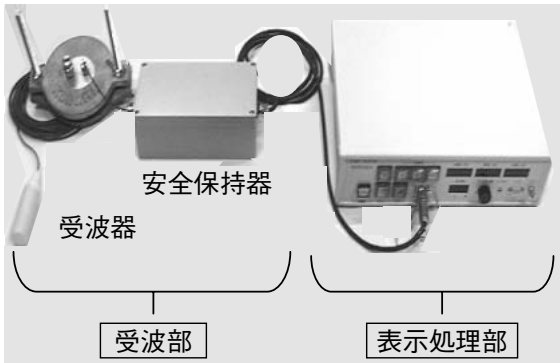


図8 ソニックテスタの構成

この装置の作動概要を以下に述べる（図9）。

- 受波器をタンク液相部に設置した後、減圧ポンプによりタンク内を所定圧力まで減圧する。
- 液相部タンク壁面にピンホールや亀裂等があれば、タンク外部の空気が吸引されて気泡が発生する。
- この気泡発生音を受波器で検出してピンホールや亀裂等の有無を判定する。

地下タンク内での気泡発生音を検出するというものであり、従来の水中音響計測とは異質の応用領域であるが、液体内の音の計測という点では水中音響計測と技術的に共通する面がある。社内のモデル実験装置および客先の試験装置で気泡発生音の特徴を把握した上で商品化を実現した。また、受波部（受波器＋安全保持器）は電気機

械器具防爆構造規格の「本質安全防爆構造」とすることが求められている。受波器、部品および回路パターン等を防爆構造とすることで型式検定を取得している（社団法人：産業安全技術協会、第TC16962号）。

おわりに

オキシテックは試験環境、試験設備、計測技術の三位一体を必要とする水中音響計測という分野において顧客満足度の向上を図っている。また、水中音響計測技術からの水平展開としての商品創出による新たな企業価値の向上も目指している。

本稿では言及しなかったが、近年、環境問題が問われる中で沿岸部での工事で発生する騒音が海中生物や生簀の魚類などへ影響することも懸念され、環境影響評価が実施される場合も多い。当社ではこれまで培ってきた計測技術を基に、計測器材と計測員を現地に派出して環境影響評価のための水中音響計測も手がけている。

これからも技術を磨き、お客様の多様なご要望にお応えし、ご満足をいただけるよう努力していく。 ◆◆

参考文献

- 1) R.J.Urick著（土屋 明 訳）：水中音響の原理，共立出版，1978年
- 2) 海洋音響学会編：海洋音響の基礎と応用，成山堂書店，2004年
- 3) 防衛庁規格：NDS-Y4301（ソナー用送受波器，送波器及び受波器の試験方法），2003年

筆者紹介

野口敏：Satoshi Noguchi. 株式会社オキシテック 技術部 部長