

船内騒音規制に係る遮音性能試験および船内騒音技術者講習会（NoMS）

Sound Insulation Performance Tests and NoMS Seminar (Seminar for Technical Expert for Noise Measurement on Board Ships) related to Code on Noise Levels on Board Ships

田中 学*1

1. はじめに

新たに建造する船舶内の騒音を国際的に規制するための“船内騒音コード”が2014年7月に発効¹⁾してから10年が経過した。我が国は世界の年間造船竣工量の約5分の1を占めており、中国・韓国とともに造船大国である²⁾。船内騒音コードによる船内騒音規制の義務化に伴って、日本国内の多くの造船所も、新規受注する船舶に対して新たな船内騒音対策や船内での騒音測定が必要となった。2014年にこの騒音規制が義務化される直前には、新造船の駆け込み受注が数多く発生するほど、造船業界において衝撃的で影響が大きい出来事であった。

船内騒音コードに伴う船内騒音規制への対応が進む中、当法人も船舶機装品の遮音性能評価のための実験室測定や、新規建造された貨物船内での騒音測定の実施、騒音測定技術者の養成などを通じて、造船業の各社とも深く関わるようになった。

本稿では、船内騒音コードによる騒音規制の全体概要を述べるとともに、船舶機装品に対する実験室での空気音遮断性能試験や、船内騒音測定技術者を認定するための講習会（NoMS）など、当法人が実施する各種業務を紹介する。なお、本稿は学会誌「騒音制御」に掲載された筆者の解説記事³⁾を参考に執筆したものである。

2. 船内騒音コードによる騒音規制

2.1 船内の騒音

船内の騒音環境と聞かれると、海運業・遠洋漁業・造船業など仕事として日常的に船舶に携わっている人を除き、一般の方々にとってはまず、クルーズ船やフェリーの客室内などの状態が想像されるだろう。これらの客船

では乗客の快適性を確保するために以前から様々な騒音低減対策が独自に鋭意行われ、静音化が図られてきた。一方、貨物船など業務用船舶ではこれまで騒音対策があまり行われていなかった。このため、機関室内だけでなく船員居住区域も、エンジン（主機と呼ばれる）や発電機の駆動音および空調設備の音などにより、騒音レベルがかなり大きな状態であった。本稿の“船内騒音コード”は、こうした船内で働く船員も対象に含めて、騒音への暴露を抑制するために策定されたものである。

船舶内の居住区域で騒音レベルが大きい要因としては、船舶の一般的な構造として船体が鋼板製であること、および、特に貨物船では機関室と船員室との距離が比較的近いことが、まず挙げられる。鋼板を經由して機関室から船員室に固体伝搬する騒音の成分が大きく、騒音を低減するためには伝搬経路での振動減衰や放射面での制振処理などの対策が第一に必要であろうと推測される。

また、長距離航路などの場合には、航海中に船員が船内居住区域に滞在する時間が長い場合、大きな騒音に長時間暴露されると、難聴や睡眠障害などの健康被害が引き起こされることも懸念される。

2.2 船内騒音コードの概要

船舶は世界中で航行しており、船主・造船所・海運業者・船員なども国を跨いで関わることが多い。このため、国際的に航海する船舶に関しては国連の専門機関であるIMO (International Maritime Organization) が世界共通のルールを策定している。また、IMOの傘下にはMSC (Maritime Safety Committee) があり、旅客船・貨物船の両方を対象にして、船舶の構造・設備、危険物・救命器具・防火システムなどの要件、海上安全の手続き

*1 TANAKA Manabu : (一財) 日本建築総合試験所 試験研究センター 環境部 部長 博士 (工学)

や要件などに関し、国際条約の採択や改正を行っている。海上での人命安全に関する国際条約としては、タイタニック号事故を契機としたSOLAS条約 (International Convention for the Safety of Life at Sea) がある。

船員の健康保持と作業環境向上を図るための船内騒音規制は、IMOにおいて1981年に採択された推奨基準 Res. A.468 (12) があった。その後、この任意規定を強制化する提案があり、2012年11月開催のMSC第91回会議において、A.468 (12) を強制化し、SOLAS条約を改正して船内騒音コード (Code on Noise Levels on Board Ships) を強制化することがMSC.337 (91) として採択され、2014年7月1日に発効した¹⁾。

今回の船内騒音コードは、国際航海に従事する総トン数1600 GT以上の新造船 (注：日本籍船の場合は内航船も含む) で、以下のいずれかに該当する船舶に適用される (詳細は文献¹⁾ 参照)。

- ・2014年7月1日以降の建造契約
- ・2015年1月1日以降の起工
- ・2018年7月1日以降の引き渡し

船内騒音コードの目的は、(a) 音声伝達に支障がなく正確な判断ができる労働環境の提供、(b) 聴覚障害の原因となる過度な騒音からの船員の保護、および (c) 高い騒音環境への暴露から船員を回復するための静穏な休息場所の提供、である。これらの目的を達成するため、船内騒音コードの中では大きく次の3項目が義務化された。

- (1) 新造船の海上試運転時の騒音計測実施と船内各箇所の騒音レベルの上限規制 (表-1)
- (2) 居住区仕切り材遮音性能の下限規制 (表-2)
- (3) 騒音レベルが高い区域での耳保護具の着用と警告の表示に関する規定

上記 (1) および表-1 に示す船内各箇所の騒音レベルの上限規制の設定は、基本的には以前から推奨基準として存在したA.468 (12) に準じたものであるが、一部区画については5dB小さな値が設定された。また、区画によっては10000GTを境に5dBの差があり、騒音低減対策を取りにくい比較的小さな船舶に配慮した内容である。

前述 (1) に示した船内各箇所の騒音レベルの規制に対応して、各造船所は新造船の海上試運転を行う際に船内で騒音測定を実施し記録を作成している。

また、各造船所の騒音測定技術者を養成するために当法人は「船内騒音測定技術者講習会」を開催している。その他、前述 (2) の居住区仕切り材の遮音性能を確認するため、次章に示す実験室における空気音遮断性能の試験が行われている。

表-1 船内各箇所の騒音の上限規制値

単位：dB(A)

区域及び区画の名称	船舶の総トン数(GT)	
	1,600 以上 10,000 未満	10,000 以上
1.作業区域		
機関室	110	110
機関制御室	75	75
機関区域外の工作場	85	85
その他の作業領域	85	85
2.操縦区域		
船橋及び海図室	65	65
船橋など監視場所	70	70
無線室	60	60
レーダー室	65	65
3.居住区域		
船員室及び病室	60	55
食堂	65	60
娯楽室	65	60
娯楽用の開放区域	75	75
事務室	65	60
4.業務区域		
調理室	75	75
配膳室及び食糧庫	75	75
5.通常無人の区域		
通常無人の区域	90	90

表-2 仕切り材の空気音遮断性能の規制値の例

設置場所	Rw
船員室間	≥35
公室と船員室又は病室との間	≥45
通路と船員室との間	≥30
船員室間 (戸が設置されている場合)	≥30

3. 実験室での空気音遮断性能試験

船内騒音コードにおいて、壁パネルや船内ドア、床デッキなど船内の仕切り材に使用する船舶艙装品に対しては、表-2に示す空気音遮断性能を満たす仕様のものを採用することが義務付けられている。この空気音遮断性能は、船内で測定するのではなく、船舶を建造する前に予め陸上にある実験室 (残響室) を使い、部材に対して測定を実施し、認定を受けた仕様だけが新造船に採用されている。

船舶機装品の空気音遮断性能の試験には、2つの隣り合う残響室が使用される。当法人の場合、4つの残響室（第1残響室～第4残響室）を保有し、当該の試験には第2残響室～第4残響室を使用する（図-1）。

残響室は音響試験を行うために壁面を反射性にして内部空間での音の拡散性を高めた実験室である。当法人の残響室の場合、壁は鉄筋コンクリート製である。また拡散性の確保のため、平面的には5角形の形状をしており、天井面も床面（水平面）に対して傾斜している。さらに、試験体以外を迂回伝搬する音が小さくなるよう出入口部や周壁は高い遮音性能の仕様としており、測定結果への影響を防いでいる。

空気音遮断性能の試験に際しては、2つの残響室の間の開口部に、ドアや間仕切り壁などの試験体を取り付ける（図-2）。試験体以外の部分は遮音性の高い材料で遮り、音の廻り込みがない状態にする。

そして、音源室においてスピーカから広帯域雑音信号（ピンクノイズ）を発生させ、音源室における音圧レベル L_1 (dB) および受音室における音圧レベル L_2 (dB) を、中心周波数100～5000 Hzの1/3オクターブバンド毎に測定する。

遮音性能の高い試験体ほど両室の音圧レベル L_1 、 L_2 に差が生じやすいので、音圧レベル差 $L_1 - L_2$ を求めると試験体の遮音性能を基本的に評価できる。ただし、試験体の面積 S (m²) が大きければ音のエネルギーはより多く透過するし、同じ音のエネルギーが透過しても受音室が吸音性であれば音が吸収されるため受音室の音圧レベルは低くなる。このため、試験体面積 S (m²) と受音室の吸音の程度を示す等価吸音面積 A (m²) による補正值を加えた式 (1) によって音響透過損失 TL (dB) を求め、試験体の遮音性能を評価する。

$$TL = L_1 - L_2 + 10 \log_{10} \frac{S}{A} \dots\dots\dots (1)$$

音響透過損失 TL の値が大きいほど、試験体の遮音性能（空気音遮断性能）が高いことを示す。

第2～4残響室は相互に隣接しており、空気音遮断性能の測定など2つの残響室を組み合わせる測定を行う場合に用いている。原則として実際に近い状態の試験体を取付ける。ドアや間仕切り壁など鉛直に取り付ける試験体の場合には第2・第3残響室の間の開口を用い、床デッキや天井パネルなど水平に取り付ける試験体の場合には第2・第4残響室の間の開口を用いて、音響透過損失の試験を行う。

船内騒音コードに係る実験室での空気音遮断性能試験

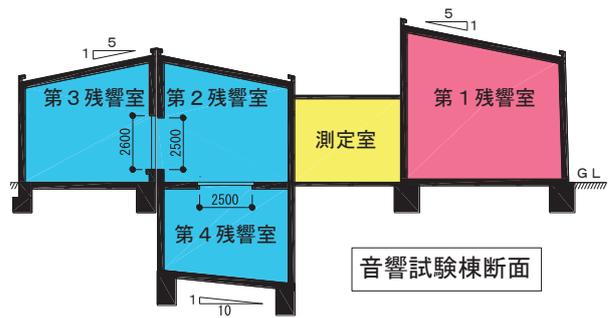


図-1 残響室の形状（日本建築総合試験所）

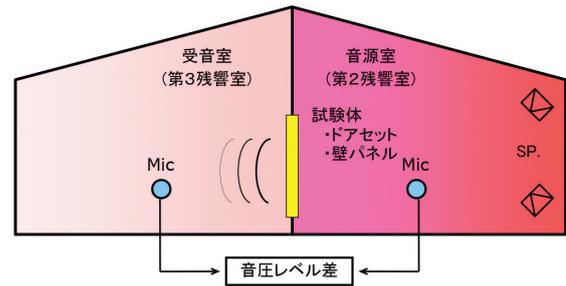


図-2 空気音遮断性能試験の概要図



図-3 床デッキに対する試験実施状況

は、ISO 10140-2:2010⁴⁾に基づいて実施される。また、ISO 17025:2005⁵⁾に基づく試験品質システムでの試験実施体制が求められ、国際的に通用する試験によって評価が行われる。なお、文献4)や文献5)などの引用規格はその後に改定されているが、船内騒音コードでは各規格の発行年を指定して引用されており、注意が必要である。

遮音試験の主目的は表-2に示した規制値への適合性の確認である。その他、遮音性能の高い材料・構造の選定を通じて、建造船での竣工時の船内騒音を低減する効果も期待される。

船舶機装品の空気音遮断性能の評価においては、ISO 717-1:1996 (Amended in 2006)⁶⁾に基づく R_w 値が求められ、規制値への適合性が評価される。具体的には、

中心周波数100～3150 Hzの1/3オクターブバンド毎の音響透過損失が評価対象となる。

音響透過損失の測定結果をプロットし、Rwの評価基準曲線(図-4)を1dB毎に上下させ、各帯域の音響透過損失が評価曲線を下回る差分の合計が32.0dBを下回る上限位置を求め、その時の基準曲線の500Hz帯域の値が評価量Rwとなる(図-5)。

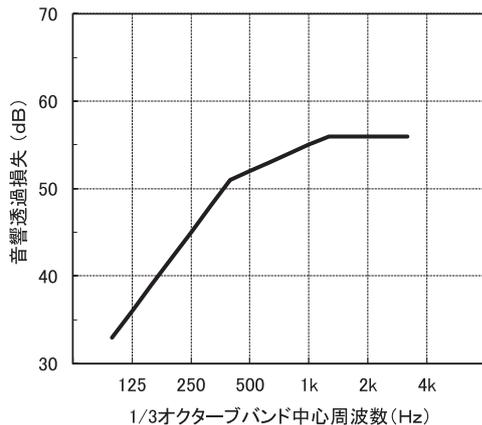


図-4 Rwの評価基準曲線

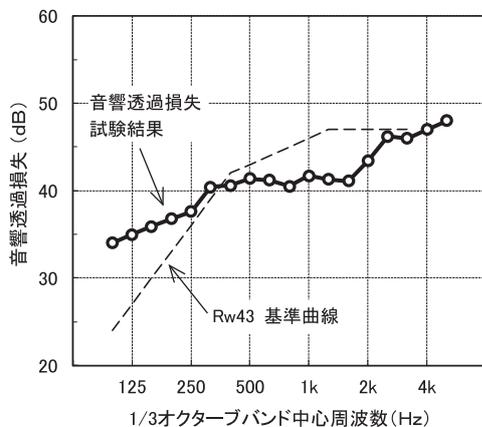


図-5 測定結果とRw評価の例

4. 船内での騒音測定

船内騒音コードでは、新造船を海上試運転する際に船内騒音測定を実施することも新たに規定された。また、測定者に対して、測定技術および同コードに関する知識を有することなどが要求されている。

船内騒音測定に使用する測器に関する要件として、サウンドレベルメータ(騒音計)はIEC 61672-1(2002-05)のClass 1に適合する製品、音響校正器はIEC 60942(2003-01)に適合する製品であることが規定されている。また、2年以内毎に、IEC規格に基づく定期試験^{7,8)}をISO 17025認証を受けた校正機関で受ける必要がある。

これらの測定機器を用いて、船内ではA特性時間平均サウンドレベル L_{Aeq} を測定する。測定の際にはスイープ法で騒音計のマイクロホンを空間中で移動させ空間平均を求める。平均化時間は15秒以上(安定した測定値が得られる時間)で、小数点以下一桁を四捨五入した整数値で記録する。なお、 L_{Aeq} が85 dB(A)を超える区域ではC特性時間平均サウンドレベル L_{Ceq} も測定する。

測定は原則的に甲板上1.2mから1.6mの間の高さで行う。壁など区域の境界からは0.5m以上離れた位置を対象とする。なお、主機や発電機など音源となる機器の周りでは、機器から1mの距離で測定を行う。また、居住区域では、測定対象区画の中央1箇所 sweep法により測定を行う。

船内騒音測定を実施する際の船舶の運航状態としては、以下のような要件が定められている。

- 1) 海上試運転(Sea Trial)に際して船舶が完成した状態で測定を行う。
- 2) 満載状態またはバラスト状態とする。
- 3) 主機の出力は常用速力及び連続最大出力(MCR)の80%以上で行う。
- 4) すべての機器類、航行装置、無線、レーダー等は通常通り作動させる。
- 5) 非常用発電機や消火ポンプなど、非常時のみ使用する装置のある場所では、当該装置を作動させて測定し、参考値として記録する。
- 6) 換気装置や冷暖房装置は通常運転する。
- 7) 風雨や海況等は測定に影響しない程度とし、風力階級4及び波高1m以下とする。

筆者が以前、新造された貨物船に実際に乗り込んで船内騒音測定を実施した例(図-6参照)では、海上試運転として瀬戸内海を数日間にわたり東西に行ったり来たり何度も往復し、その間に騒音測定を実施した。



図-6 貨物船での船内騒音測定の実施例(乗船時)

5. 船内騒音測定技術者講習会 (NoMS)

前章で紹介した船内騒音コードに基づく船内騒音測定を実施するために、国内の各造船所では騒音計など測定機器の導入とともに騒音測定技術者の養成が必要になった。船内騒音コードでは、測定を実施する者に対して、騒音、音響測定、および測定機器の取扱いに関する知識を有するとともに、船内騒音コードが定める手順に関する知識を有することが、要求されている。

こうした状況を受け、当法人では、2015年1月より、「船内騒音測定技術者講習会」を定期的に開催している。この講習会では、船内騒音測定を始める実務者を対象に、騒音測定の基本的な技術や船内騒音コードに定められている手順について、講義と実習を行っている。また、当法人は、国土交通省より船内騒音測定者の養成に係る講習会実施機関の認定を受けており、本講習会の受講修了者は、国土交通省および（一財）日本海事協会が実施する船舶検査においても有効な資格と認められる。なお、この講習会は「船内騒音測定技術者」の英訳“Technical Expert for Noise Measurement on Board Ships”より、NoMS講習会と呼んでいる

NoMS講習会は当法人が主催し、また、国土交通省・（一財）日本海事協会の協力、および（一社）日本造船工業会の後援を受けており、造船所に近い各都市で2年毎に開催している。同講習会の開催都市を表-3および図-7に示す。開催都市は西日本に多いが、これは、日本国内の造船所の地域分布に配慮したものである。

NoMS講習会の開催と運営に際しては、学識経験者・行政関係者・関係団体などから構成される運営委員会を設置している。講習会の基本的な運営方針は運営委員会において策定している。また、講習内容やテスト内容・合否判定も運営委員会での審議事項としており、講習会の中立性と公正性の確保に努めている。

NoMS講習会では、騒音計を使った実習を行う都合から、各会場とも募集定員を少人数に限定し、小規模な会場で開催している。なお、これまでに講習会を計41回開催し、合計718名が受講した。

船内騒音測定技術者講習会では、音と騒音の基礎知識、騒音計・音響校正器の基本知識と使用方法、騒音の測定技術と実施手順、船内騒音コードの解説に関して、講義と実習を行っている。また、講習会の最後には、講義と実習の内容に関する理解度確認テストを行い、受講者の力量を評価している。

NoMS講習会の講義と実習の内容を表-4に示す。なお、2015年1月の講習会開始から2021年度までは、

表-3 講習会開催都市の一覧

年度	開催都市
2023年度	大阪、広島、今治、福岡
2024年度	東京、高松、大分、佐世保



図-7 講習会開催都市の分布

表-4 船内騒音測定技術者講習会の内容

講義 1：音と騒音の基礎知識
講義 2：騒音計・音響校正器の基本知識と使用方法
講義 3：騒音の測定技術と実施手順（講義と実習）
講義 4：船内騒音コードの解説
～船内における測定手順～
テスト：理解度確認テスト（筆記試験・実技試験）

これら4つの講義・実習とテストをすべて講習会の会場で実施していたが、2022年度からは受講者の利便性などのため、実習を伴わない講義1・2・4については、受講者が講義ビデオを事前にオンデマンド視聴する形式としている。

講義1「音と騒音の基礎知識」では、騒音測定を行う上で最低限知る必要がある基礎知識が中心である。音の基本物理量として、高低に関わる周波数（単位：ヘルツ）やオクターブの意味や定義、大小に関わる音圧（単位：パスカル）や音圧レベル（単位：デシベル）の意味や定義から始まり、騒音に対する聴覚上の特性、室内での音の反射や干渉による挙動などについて解説している。また、音に対する感覚を養うため、強弱や高低を変えた音や、船内で収録した騒音を再生し、実際に体感している。

講義2「騒音計・音響校正器の基本知識と使用方法」では、船内騒音測定に使用するサウンドレベルメータ（騒音計）と音響校正器（ピストンホンなど）について、その基本構造と使用上の注意事項、船内騒音コードで求め

られる性能クラス、各種の測定機能・測定モードと測定される量の特性、定期校正の必要性、などを解説している。この講義については、騒音計および音響振動計測機器のメーカーである(株)小野測器が講義テキスト作成と講義ビデオ監修を行っている。

講義3「騒音の測定技術と実施手順(講義と実習)」では、騒音計の校正など準備から実際の計測までの注意事項を講義した後、実際に各受講者が1台ずつ騒音計を操作し、模擬騒音に対して船内騒音測定と同様の計測を実習し、計測技術が身に着くようにしている。騒音測定実習の実施状況を図-8に示す。

講義4「船内騒音コードの解説～船内における測定手順～」では、船内騒音コードの概要についての説明から始まり、船内騒音コードの各節の逐条の解説とともに、国内基準への取入れ状況についても説明がなされる。講義4については、国土交通省および(一財)日本海事協会が講義テキスト作成と講義ビデオ監修を行っている。

また、講習会の最後には、理解度確認テストを実施している。これは、騒音測定の実務に必要な技術を真に修得したのかを確認するために行っているものである。理解度確認テストでは、講義内容に対応した筆記テストと、騒音測定実習に対応した実技テストを、それぞれ実施している。そして、両方のテスト結果が合格基準点以上であることを同講習会の修了要件としている。

なお、NoMS講習会では、養成する船内騒音測定の実務者の技術水準として、参考資料を見ながらであれば間違った判断をすることなく正確かつ公正な測定業務を行えることを最低限の要件として設定している。このため、理解度確認テストに際しては、講義に使用したテキストなど参考資料の持ち込みも許容している。

NoMS講習会をすべて受講し、理解度確認テストに合格した方に対しては、日本語と英語で併記された「船

内騒音測定技術者登録証」を発行するとともに、船内騒音コードに関連した最新情報など、船内騒音測定技術者が力量を維持するために必要な情報を、継続的に発信している。

6. おわりに

本稿では2014年から新たに導入された船内騒音規制の概要と、同規制に関連して当法人が実施している実験室での空気音遮断性能試験、船内騒音測定、および船内騒音測定技術者講習会(NoMS)の概要について紹介した。実験室試験に関する取り組みや船内騒音測定技術者講習会の開催などを通じて、船内居住空間の騒音低減とともに造船業界の発展に少しでも寄与できれば幸いである。

【参考文献】

- 1) “Code on Noise Levels on Board Ships”, MSC.337 (91) pp.2-36, International Maritime Organization, 2012.
- 2) 国土交通省海事局：船舶産業を取り巻く現状, 2023.
- 3) 田中学：船内騒音コードに係る船内騒音測定と遮音性能試験、騒音制御, Vol.48 No.3, pp.115-120, 2024.
- 4) ISO 10140-2:2010, “Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements - Part 2: Measurement of airborne sound insulation”.
- 5) ISO/IEC 17025:2005, “General requirements for the competence of testing and calibration laboratories”.
- 6) ISO 717-1:1996, “Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation”, and its amendment published in 2006.
- 7) IEC 61672-3, “Electroacoustics - Sound level meters - Part 3: Periodic tests”, 2013.
- 8) IEC 60942 Annex B, “Electroacoustics - Sound calibrators - Annex B (normative) Periodic tests”, 2017.

【執筆者】



*1 田中学
(TANAKA Manabu)



図-8 講習会での騒音測定実習の様子