

平成24年度
「中小型船の居住区騒音対策のための研究開発」事業
報告書

平成25年3月

社団法人 日本中小型造船工業会

はじめに

IMO では、船員の健康保持のため、船内騒音規制コード（任意基準、1981 作成）に基づき、船舶の機関区域等から発生する騒音値及び船員の騒音曝露（船内活動中にさらされる騒音の程度を表す指標）を一定以下に抑えることを推奨している。2010 年 2 月に開催された DE53 においては、本コードに規定する騒音値規制の強化等を行うと共に、海上人命安全条約（SOLAS 条約）を改正してコードを義務化する提案が欧州よりなされた。審議の結果、2012 年 2 月の DE56 においてコード改正案が合意され、11 月の MSC91 にて採択された。これにより、2014 年 7 月 1 日以降の建造契約船舶から騒音コードへの遵守が義務付けられることとなった。

本コードの改正により、騒音対策のための大幅な設計変更が必要となる。特に、騒音源（機関）から居住区までの距離が短い中小型船舶への影響は非常に大きい。また、騒音予測が必須となり、これまで、会員造船所において実施していない実船計測によるデータの蓄積、実用的数値解析手法の開発が必要となる。

会員造船所の本分野に対する研究開発体制は脆弱であり、独自の対応は不可能な状況である。このため、会員企業が協力して、騒音計測データを収集解析し、騒音予測手法及び防音対策の研究開発を行い、船舶の安定供給に資することを本部会の目的とする。

平成 24 年度 「中小型船の居住区騒音対策のための研究開発」 事業報告書

目次

はじめに

1. 騒音等基礎調査結果	1
2. 船内騒音レベルに関するコード概要	2
2.1 船内騒音コード強制化の経緯	2
2.2 改正船内騒音コードの主な内容	2
3. 騒音予測法の比較	6
3.1 空気伝搬音の予測	6
3.2 固体伝搬音の予測	6
4. 実船騒音等計測方法及び結果	9
4.1 実船騒音等計測方法	9
4.2 実船での騒音計測結果	12
5. 実船の騒音・防振対策工事概要及び騒音計測結果	14
6. 防音・防振材試験内容及び試験結果	15
6.1 試験の目的	15
6.2 防振材試験計画	15
6.3 試験結果	16
7. 中小型船向け実用的予想法の構築	18
7.1 Janssen 法プログラム	18
7.2 Main シート	18
7.3 Calculation シート	19
8. 成果	22
おわりに	23

1. 騒音等基礎調査結果

本事業を実施するにあたり参加する各造船所が現在どのような防音対策を講じているのか、現状を把握するために各造船所にアンケート調査を行った。その結果を表1 中小型船の居住区騒音対策研究開発事業基礎調査票に示す。

表1 中小型船の居住区騒音対策
研究開発事業基礎調査票

船種	L	GT
ケミカルタンカー		6,000~20,000GT
BC		15,000~25,000GT
tanker		4,000GT前後
Ro-Ro	115	13000
tanker	66	749
ケミカルタンカー	137	DWT 19,900
BC	83,000	
GC	109	8715
GC	119.5	99815000
ケミカルタンカー	100	
tanker	99	3,700
BC	172.5	20,900
LPG		4,300
LPG		749
tanker		4,000
tanker		999
ケミカルタンカー	140	12,200
ケミカルタンカー	135	11,850
ケミカルタンカー	170	20,500
BC	171	23,300
コンテナ船	135	9,000~10,000
冷凍船	127	6,000~7,000
GC	120	9999
GC	120	13150
BC	149.8	15500
LPG	112.5	5850
BC	128	9999
貨物船		499

計測実態 ほぼ全社全船計測 部屋中央、高さ0.9m~1.5m
特定の船舶計測: 1社

計測機器 リオン 11 社
B&K 1 社
長野計器 1 社
日本科学工業 1 社
電子通商 1 社
カスタム 1 社

2. 船内騒音レベルに関するコード概要

2.1 船内騒音コード強制化の経緯

2007年10月に開催されたIMO第83回海上安全委員会(MSC83)において、船員の健康保持のために機関室等から発生する騒音値及び船員の騒音暴露を一定以下に抑えることを勧告する船内騒音コード(IMO Res.468(X II):非強制 以下、現行コードという。)について、デンマークを中心とする欧州諸国より、本コードの強化及び強制化の提案があり、その後、騒音規制値、騒音の計測方法、計測装置等について見直しが行われていた。

2012年11月に開催されたIMO第91回海上安全委員会(MSC91)において、同年5月開催のIMO第90回海上安全委員会(MSC90)において承認された船内騒音コードの改正案及び同コードを強制化するSOLAS条約第II-1章第3-12規則が一部修正の上採択された。尚、改正船内騒音コードは以下のいずれかに該当する総トン数1,600トン以上の新造船に適用される。

- ・2014年7月1日以降の建造契約
- ・2015年1月1日以降の起工(建造契約が無い場合)
- ・2018年7月1日以降の引渡し

2.2 改正船内騒音コードの主な内容

改正船内騒音コード(以下、改正コードという。)は、第1章から第7章で構成されており、強制要件と勧告(非強制)を含んでいる。航行中、主機関等の各機器から発せられる騒音に対し、居住区域及び制御区域等における騒音計測を行い、基準値を満たす必要がある。また、各機器から発せられる騒音への対策に加え、隣室及び通路からの音を遮断するため居室の仕切りに対する防音特性が求められている。これに加えて、騒音レベルの計測結果を基に船員の騒音曝露見込み値を計算する必要がある。各章の主な内容を以下に示す。

(1) 総則(第1章)

本コードの適用対象船舶は、総トン数1,600トン以上の新造船であり、総トン数1,600トン以上の現存船及び総トン数1,600トン未満の新造船については勧告となっている。

(2) 計測器(第2章)

- ・騒音計は、IEC 61672-1(2002-05) Class1(精密騒音計)を満足する必要がある。
- ・較正器は、IEC 60942(2003-01)を満足する必要がある。
- ・騒音計及び較正器は、2年毎に適当な機関において較正されなければならない。

(3) 計測条件(第3章)

- ・騒音計測時の主機出力は、常用出力とし、MCR(連続最大出力)の80%を下回らないものとする。
- ・荷役装置からの騒音が居住区域等において、騒音レベル基準値を超える可能性がある場合は、騒音の計測が推奨されている。

- ・非常用発電機及びバウスタスタ等、通常、長時間連続して使用しない機器については、参考値として計測する必要がある。
- ・計測値は、A 特性の重み付けをした等価騒音レベル $L_{Aeq}(T)$ で求める。ただし、 $L_{Aeq}(T)$ が $85\text{dB}(A)$ を超える場所においては、C 特性の重み付けをした等価騒音レベル $L_{Ceq}(T)$ 及びピーク音圧レベル L_{Cpeak} とする。

(4) 騒音レベル基準値 (第 4 章)

- ・表 2.1 に示す通り、区域毎に満足すべき騒音レベルが規定されている。
- ・現行コードでは、総トン数に関係なく基準値が定められているが、改正コードでは、総トン数 10,000 トンを境に基準値が定められており、主に、総トン数 10,000 トン以上の船舶の居住区域に対して、現行コードの基準値に比べ $5\text{dB}(A)$ 強化されている。(表 2.1 中の網掛け部は強化された基準値を示す。)

(5) 騒音暴露限界 (第 5 章)

図 2.1 に示す通り、船員が晒される騒音暴露限界の区分が **Zone A** から **Zone E** に区分けされている。例えば、**Zone E** の区分では、耳保護具の使用の必要はないが、**Zone B** から **Zone D** では、騒音レベルに応じ、許容される暴露時間が定められており、少なくとも $25\text{dB}(A)$ 以上の防音効果のある耳保護具の使用が推奨されている。**Zone A** の騒音レベルにおいては、耳保護具を使用しても、当該騒音レベルの区域に立ち入ってはいけない。尚、本章の規定は勧告となっており、強制要件ではない。

(6) 仕切りの防音特性 (第 6 章)

- ・表 2.2 に示す通り、居住区域内の仕切りの空气中防音特性 (R_w) が規定されており、ISO717-1 に基づき防音特性を満足する必要がある。改正コードにおいては、居室間の防音特性が $5\text{dB}(A)$ 強化され、通路及び居室間等の防音特性が新たに規定されている。(表 2.2 の網掛け部は強化又は新たに規定されたものを示す。)
- ・海上試運転中、仕切りの施工等の不具合による防音特性に疑義が生じた場合は、船上における空气中防音特性 ($R' w$) の計測が推奨されている。

(7) 耳保護具の要件及び警告表示 (第 7 章)

- ・機関区域等、騒音レベルが $85\text{dB}(A)$ より高い区域にあつては、警告表示を当該区域の入口に掲示するよう規定されている。
- ・耳保護具は、騒音レベルを $85\text{dB}(A)$ 未満まで低減できるものでなければならない旨規定されている。

表 2.1 騒音レベル

区域	改正コード		現行コード Res.A.468(XII)
	1,600GT 以上 10,000GT 未満	10,000GT 以上	
- Work spaces			
Machinery spaces	110	110	110
Machinery control rooms	75	75	75
Workshops other than those forming part of machinery spaces	85	85	85
Non-specified work spaces (other work areas)	85	85	90
- Navigation spaces			
Navigating bridge and chartrooms	65	65	65
Look-out posts, incl. navigating bridge wings and windows	70	70	70
Radio rooms (with radio equipment operating but not producing audio signals)	60	60	60
Radar rooms	65	65	65
- Accommodation spaces			
Cabin and hospitals	60	55	60
Messrooms	65	60	65
Recreation rooms	65	60	65
Open recreation areas (external recreation areas)	75	75	75
Offices	65	60	65
- Service spaces			
Galleys, without food processing equipment operating	75	75	75
Serveries and pantries	75	75	75
- Normally unoccupied spaces			
Spaces referred to in section 3.14	90	90	90

表 2.2 仕切りの防音特性

	改正コード	現行コード
Cabin to cabin	$R_w = 35$	$R_w = 30$
Messrooms, recreation rooms, public spaces and entertainment areas to cabins and hospitals	$R_w = 45$	$R_w = 45$
Corridor to cabin	$R_w = 30$	-
Cabin to cabin with communicating door	$R_w = 30$	-

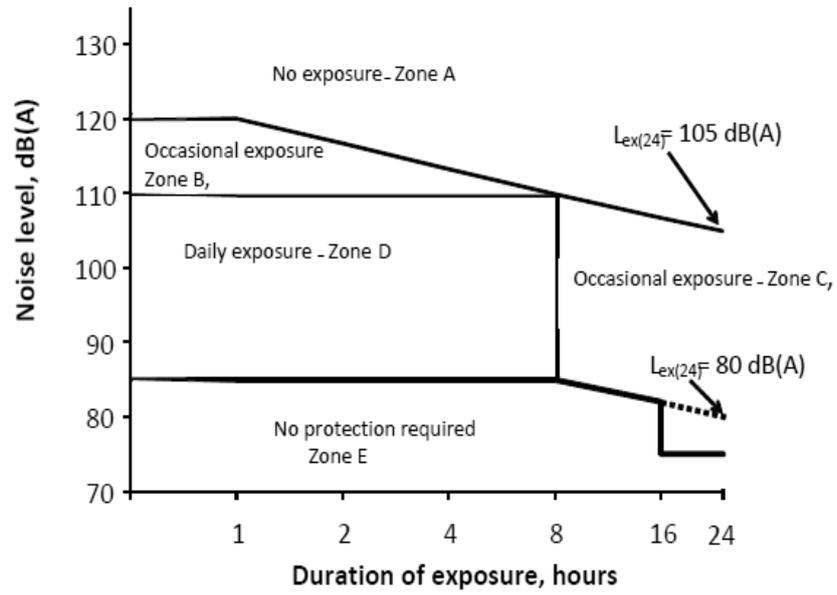


図 2.1 許容騒音曝露限界の区分

3. 騒音予測法の比較

船内騒音の予測では、空気伝搬音と固体伝搬音の予測が必要となる。空気伝搬音は、主に音源が設置されている区画内の騒音と音源が設置された区画に隣接した区画の騒音である。音源から放射された騒音は空間内を音圧として伝搬し、壁、床、天井を透過して隣接した区画に音圧として伝搬する。固体伝搬音は、音源が設置された区画から離れた区画に伝搬する騒音であり、音源の振動（音響域周波数）が船体構造内を伝搬して、区画（受音室）の壁面、床面、天井面の振動から音圧として放射される。

3.1 空気伝搬音の予測

騒音源が設置された区画に隣接した区画の騒音は、1/1 又は 1/3 オクターブバンド毎に(1)式で予測することができる。

$$L_{pA} = L_{p0} - TL + 10 \log \left(\frac{S}{A} \right) \quad [dB] \quad (1)$$

L_{pA} : 居室内の空気伝搬音レベル[dB],

L_{p0} : 音源室の音圧レベル[dB],

S : 居室と音源室間の仕切り壁または甲板の面積[m²],

A : 部屋の吸音力[m²],

TL : 仕切り壁または甲板の透過損失[dB]

3.2 固体伝搬音の予測

騒音源の振動（音響域周波数）が船体構造を伝搬して、区画（受音室）の壁面、床面、天井面の振動から放射される騒音は、一般に、1/1 又は 1/3 オクターブバンド毎に(2)式から(4)式で予測することができる。これらは、オランダ TNO 応用科学研究機関の J.H. Janssen と J. Buiten が Inter-Noise 73 に提案した固体伝搬音の予測方法に示されているものである。

$$L_{ps} = 10 \log \left(\sum_{i=1}^6 10^{L_{psi}/10} \right) \quad [dB] \quad (2)$$

$$L_{psi} = L_v - \Delta L_{vwi} + 10 \log \left(\frac{4S_i}{A} \right) + 10 \log \sigma_i - IL \quad [dB] \quad (3)$$

$$L_v = L_{v0} - TD \quad [dB] \quad (4)$$

L_{ps} : 居室内の固体伝搬音レベル[dB],

L_{psi} : i 番目の壁から放射される音圧レベル[dB],

L_v : 居室甲板の振動速度レベル[dB],

ΔL_{vwi} : 甲板から i 番目の壁への伝達損失[dB],

S_i : i 番目の壁の面積[m²],

A : 居室の吸音力[m²],

σ_i : i 番目の壁の音響放射効率,

IL : 甲板構造（浮き床など）による挿入損失[dB],

TD : 振動伝達損失[dB],

L_{v0} : 音源の振動速度レベル[dB]

ここで、固体伝搬音の音源の強さは、一般に、機器、機械台あるいは機器近傍の甲板の振動速度レベルが用いられる。音源の強さ（振動速度レベル） L_{v0} 、騒音源から受音室の甲板までの振動伝達損失 TD 、甲板構造による挿入損失 IL 、受音室の甲板と壁面・床面・天井面の振動のレベル差 ΔL_{vwi} 、受音室の壁面・床面・天井面の寸法（面積） S_i 、音響特性（音響放射効率） σ_i 、受音室内の音響特性（吸音力） A などの音響・振動パラメータを得ることができれば、固体伝搬音の予測が可能となる。また、音響・振動パラメータを適切に変更することによって固体伝搬音の低減を予測することが可能となる。

固体伝搬音の予測では、(2)式から(4)式に示すように騒音源から受音室の甲板までの振動伝達損失 TD 、甲板構造による挿入損失 IL 、受音室の甲板と壁面・床面・天井面の振動レベル差 ΔL_{vwi} が重要な音響・振動パラメータになっている。挿入損失 IL と振動レベル差 ΔL_{vwi} は、一般には実験や実測によってのみ求めることができる。次に、振動伝達損失 TD の推定方法について紹介する。

3.2.1 Janssen 法

Janssen 法では、振動伝達損失 TD は実船実験データを整理して音源と居室の間のフレーム数とデッキ数で表され、(5)式で推定される。音源の振動速度レベルはタンクトップ位置の振動速度レベルを基準としており、タンクトップをデッキ番号ゼロとする。

$$TD = C_1 \cdot m + C_2 \cdot n \quad [dB] \quad (5)$$

m : 音源から居室までのフレームの数,

n : 居室があるデッキの番号（タンクトップを $n=0$ ）

$$C_1 = \begin{cases} 0.57: \text{プロペラの場合} \\ 1.0: \text{機器の場合} \end{cases}$$

$$C_2 = \begin{cases} 2 + 12/n: n \geq 4 \\ 5 & : n \leq 5 \end{cases}$$

船体前後方向の振動伝達損失係数 C_1 、上下方向の振動伝達損失 C_2 は、実船での計測から求めた値である。

3.2.2 WAVE GUIDE 法

フレーム間の板要素間を上下方向に伝搬する曲げ波のエネルギーを **Wave Guide** 法で計算した板要素の平均振動速度レベル差から船体上下方向の振動伝達損失を求める。船体前後方向の振動伝達損失は実船計測データを整理した実験式で与える。振動伝達損失は船体上下方向の振動伝達損失と船体前後方向の振動伝達損失から求める。

3.2.3 SEA 法（統計的エネルギー解析法）

船体居住区構造を構造部材（板要素）と空間（空間要素）でモデル化（**SEA** 計算モデル）して、船体居住区内の板要素の振動エネルギーと空間要素の音響エネルギーの流れを連立一次方程式で定式化する。この連立一次方程式を解くことによって、各要素の振動エネルギーおよび音響エネルギーを求める。板要素の振動エネルギーから平均振動速度、空間要素の振動エネルギーから音圧を求める。

一般に **Janssen** 法、**WAVE GUIDE** 法、**SEA** 法の順に振動伝達損失の精度は高く、騒音予測の精度も高いが、工数と費用は多くかかる。予測精度や工数を考慮した結果、本部会においては騒音予測法として **Janssen** 法を用いることとする。

4. 実船騒音等計測方法及び結果

4.1 実船騒音等計測方法

本部会では、以下の目的から実船計測を実施した。

- ・現状での騒音レベルを把握する。
- ・Janssen 法騒音予測プログラム開発において使用するデータベースを構築する。

また、実船計測での本船状態と実施した計測項目の対応を表 4.1 に示す。

表 4.1 実船計測での計測項目

		実施した計測項目			
		(1)騒音計測	(2)音響域 振動計測	(3)音響透過 損失用計測	(4)室内平均 吸音率用計測
本 船 状 態	(a)海上試運転	○	○	—	—
	(b)岸壁係留中で 船内発電機使用	—	○	—	—
	(c)岸壁係留中で 陸電使用	—	—	○	○

騒音予測プログラムにおいて、騒音予測計算は 1/3 オクターブバンド毎に行うため、各計測データは 1/3 オクターブバンド分析したものを使用する。なお、計測対象とする 1/3 オクターブバンドの中心周波数は、JIS A1417「建築物の空気音遮音性能の測定方法」と計測機器の測定範囲から 50Hz～10kHz とした。また、計測機器の違いによる誤差をなくすため、同一の騒音計、データレコーダー、加速度ピックアップをそれぞれ 2 台、雑音発生器、スピーカーをそれぞれ 1 台事務局で購入し、当該機器を造船所で順番に回して使用した。次に、各計測項目について紹介する。

4.1.1 騒音計測

船内騒音コードに対応した計測を行うため、A 特性の重み付けをした等価騒音レベル： $L_{Aeq}(dB(A))$ を計測する。

(1)計測箇所

居室等、主機、発電機エンジン

(2)計測時間

1 回の計測時間：10 秒間

(3)騒音計の配置

居室等の場合、区画の中央、床から 1.2m～1.6m の位置に三脚で固定する。主機又は発電機エンジン計測の場合、音源から 1m 離れた場所を目安に、高さ 1.2m～1.6m の位置

で計測する。

主な計測機器：騒音計(リオン社製：NA-28)

4.1.2 音響域振動計測

計測箇所に加速度ピックアップを取り付け、振動加速度波形データを取る。

(1)計測箇所

居室等(6面：天井、床、壁4面)、通路、主機台板、発電機エンジン台板

(2)計測時間

1回の計測時間：10秒間

(3)加速度ピックアップ取付け

居室等の場合、各面の中央に取り付ける。マグネットアタッチメントでピックアップを取り付けられない場合、両面テープで取り付ける。

主な計測機器：データレコーダー(リオン社製：DA-40)、

加速度ピックアップ(リオン社製：PV-10)

得られた振動加速度波形データについて、振動データ解析ソフト：CAT-WAVE(リオン社製)を用いて振動速度への変換及び1/3オクターブ分析を行い、振動速度レベル(dB)を計算する。なお、振動速度への変換において、振動基準値は $5 \times 10^{-8}(\text{m/s})$ とする。

4.1.3 音響透過損失用計測

E/R(Engine casing 含む)と隣接する区画を対象とし、音源室(E/R)でスピーカーから雑音を発生させた状態で、音源室及び受音室(E/R と隣接する区画)の騒音値 $L_{Aeq}(\text{dB(A)})$ を計測する。

(1)計測箇所

音源室及び受音室

(2)雑音発生

音源室内で受音室近くにスピーカーを設置する。雑音種類はピンクノイズとする。

(3)計測時間

1回の計測時間：10秒間

(4)騒音計の配置

床から1.2m～1.6mの位置に三脚で固定する。音源室の場合、床又は壁から50cm以上離し、かつ、スピーカーから1m以上離す。また、受音室の場合は、床又は壁から50cm以上離す。

(5)計測回数

音源室のスピーカー位置を変えて2セット(1セット：音源室5回、受音室5回)

主な計測機器：騒音計(リオン社製：NA-28)、雑音発生器(リオン社製：SF-06)、

スピーカー(ヤマハ社製：MS300)

得られた騒音値と仕切り(床や壁)の面積を基に、該当する仕切りの音響透過損失が計算される。

4.1.4 室内平均吸音率用計測

スピーカーから雑音が発生している状態から雑音を停止し、残響時間を計測する。

(1)計測箇所

居室等

(2)計測時間

1回の計測時間：5秒間

(3)騒音計及びスピーカーの配置

騒音計は居室等の中央に三脚で固定する。また、スピーカーは騒音計から1m以上離し、部屋の隅に向けて設置する。

(4)計測回数

8回(スピーカーを四隅に向けて2回ずつ)

主な計測機器：騒音計(リオン社製：NA-28)、建築音響カード(リオン社製：NA-28BA)、雑音発生器(リオン社製：SF-06)、スピーカー(ヤマハ社製：MS300)

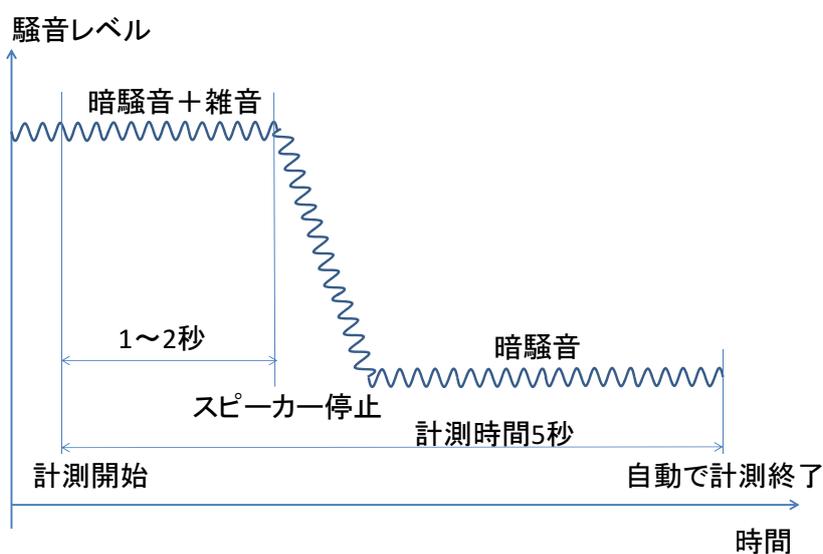


図 4.1 室内平均吸音率用計測

得られた残響時間と居室等の面積及び容積を基に、該当する居室等の室内平均吸音率が計算される。

4.2 実船での騒音計測結果

計測予定船舶のうち実船計測を行い有効なデータが得られた 17 隻の騒音計測の結果を表 4.2.1 乃至表 4.2.3 に示す。なお、表中のデッキレベルは、居住区最下層を 1 としたときに該当する居室等がある階層数を、また、騒音計測結果欄の数字は、騒音レベル別に該当する居室等の数を示している。

表 4.2.1 デッキレベルと騒音計測結果
(Bulk carrier 6 隻及び General cargo ship 4 隻)

デッキレベル	騒音計測結果			
	55dB 未満	55dB 以上 60dB 未満	60dB 以上 65dB 未満	65dB 以上
6	—	—	2	—
5	5	11	2	1
4	29	49	4	—
3	23	62	6	1
2	1	52	14	15
1	—	5	10	10

表 4.2.2 デッキレベルと騒音計測結果
(Oil tanker 1 隻、Chemical Tanker 2 隻及び LPG carrier 1 隻)

デッキレベル	騒音計測結果			
	55dB 未満	55dB 以上 60dB 未満	60dB 以上 65dB 未満	65dB 以上
5	—	1	1	—
4	1	14	3	—
3	3	15	8	2
2	—	5	4	17
1	—	—	—	6

表 4.2.3 デッキレベルと騒音計測結果
 (Ro-Ro ship 1 隻、Container carrier 1 隻及び Coal carrier 1 隻)

デッキレベル	騒音計測結果			
	55dB 未満	55dB 以上 60dB 未満	60dB 以上 65dB 未満	65dB 以上
8	—	—	—	1
7	—	2	2	1
6	1	3	1	—
5	5	3	2	—
4	2	14	2	1
3	4	13	4	—
2	—	6	5	5
1		1	1	5

5. 実船の騒音・防振対策工事概要及び騒音計測結果

実船に騒音・防振対策工事を施工し、前述4の計測方法に基づき計測した。
工事の一覧を表5に示す。

表5 騒音・防振対策工事一覧

造船所	騒音・防振対策内容
A社	カルムーンシート
B社	浮き床(BIP)
C社	カルムーンシート、防音パネル
D社	カルムーンシート
E社	サイレントランニング、PD-8DL
F社	PD-8DL
G社	カルムーンシート
H社	浮き床(KD-20)
I社	カルムーンシート
J社	エコライフ

6. 防音・防振材試験内容及び試験結果

6.1 試験の目的

実船に施工した3種類の防音・防振材の約3メートル角の実船模擬試験材を製作し、当該3種類の試験材の音響透過損失、吸音率、振動伝達を測定し、同じ防音・防振材を使用した実船の騒音計測データと比較解析し、騒音予測法の確立に役立てる。

6.2 防振材試験計画

①試験材選定

試験材は、騒音・防振対策工事を実施した10種類の中から予算を勘案し以下の3種類を選択した。

- ・カルムーンシートを施工した工事が多いためカルムーンシートを使ったもの
- ・浮き床構造が効果が高いと考えられるため浮き床構造2種類

②試験材

3種類の試験材の構成は表6.1のとおりである。

③試験設備、試験方法

(i)音響透過損失試験

(一財)日本建築総合試験所(〒565-0873 大阪府吹田市藤白台5-8-1)の図6.1のような第2残響室と第4残響室(上下になっている室)の間に床モデル(試験材)を設置し、下室で音源を発し、上下両室で音圧レベルを測定し、試験材に入射する音響パワーと透過する音響パワーの比を求めて音響透過損失を算出する。周波数は1/3オクターブバンド中心周波数100Hzから5,000Hzで測定し、1/1オクターブバンドも算出する。

(ii)吸音率試験

日本建築総合試験所の第2残響室に床モデル(試験材)を設置し、試験材のある場合とない場合の残響時間を測定し、残響時間の変化から残響音室法吸音率を算出する。

周波数は1/3オクターブバンド中心周波数100Hzから5,000Hzで測定する。

(iii)振動伝達試験

振動については、試験材を四隅の支持により水平に設置し、試験材中央下部にボルトで取り付けた加振器据え付け箱に加振器をボルトで取り付け、加振器の発する振動レベルを上下それぞれ6点で測定する。

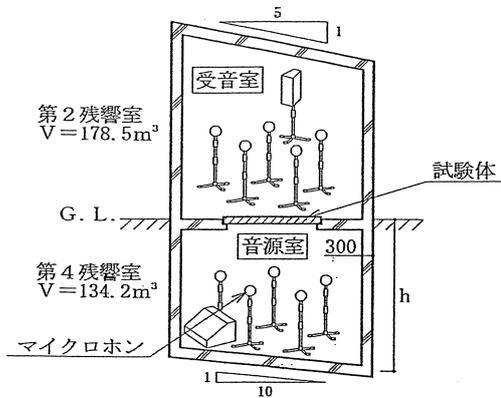
6.3 試験結果

音響透過損失試験、吸音率試験及び振動伝達試験とも有効な試験結果が得られた。

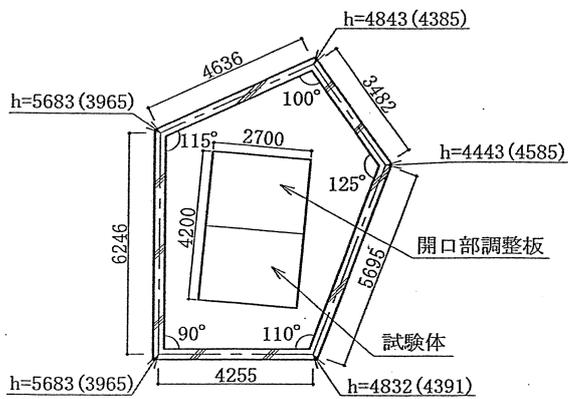
表6.1 試験材の構成

試験材	試験材(メーカー名)
1	ビニールシート HIGH-TEX #1007 NR(8) (神戸タフ興産) カルムーンシート(積水化学工業) 鋼材
2	HIGH-TEX #1007 NR(8) (神戸タフ興産) 鋼板カバー HIGH-TEX KD-20 (神戸タフ興産) HIGH-TEXエコライフ (神戸タフ興産) 鋼材
3	HIGH-TEX #1007 NR (神戸タフ興産) グラスウール(韓国、BIP社) HIGH-TEX #1007 NR(神戸タフ興産) 鋼材

【試験装置】 (寸法単位: mm)



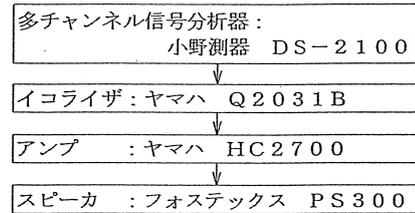
【第2・第4残響室断面図】



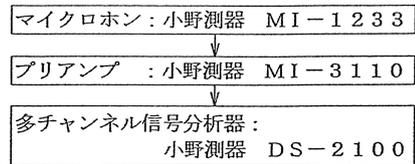
【第2残響室平面図】

(壁寸法・隅部高さ(h)は第2残響室(括弧なし)および第4残響室(括弧付き)の値)

【音源装置】



【受信装置】



【測定機器】

図 6.1 試験装置の概要およびブロック図 (寸法単位: mm)

7. 中小型船向け実用的予想法の構築

本部会で開発した Janssen 法プログラムについて紹介する。本プログラムは、3章で示した(1)式から(5)式の計算を Microsoft Excel 上で行うものである。なお、本部会では騒音源を主機及び発電機エンジンとする。

7.1 Janssen 法プログラム

本プログラムは、以下のシートから構成されている。

- ✓ Main シート：各種入力と騒音予測値の出力用シート
- ✓ Calculation シート：計算過程の確認用シート
- ✓ 入力参照用シート：居室等タイプ等を選択する際に参照するシート
- ✓ 各種データベースシート：計算式中のパラメータ別データベース用シート

7.2 Main シート

各種項目を入力すると、騒音予測値 $Lp(dB(A))$ が出力される(図 7.1 参照)。各種入力項目の内容は次の通り。

✓ 本船情報

- | | | |
|----------------------|---|--------------------------------|
| 1. 船種 | } | 該当する内容を入力する。 |
| 2. 総トン数 | | |
| 3. 主機メーカー/タイプ | : | 該当する内容を選択して入力する。 |
| 4. 主機 Frame no. | : | 主機中心の Frame no.を入力する。 |
| 5. 発電機エンジン | : | 該当する内容を選択して入力する。 |
| メーカー/タイプ | | |
| 6. 発電機エンジン Frame no. | : | 発電機エンジン中心の Frame no.を入力する。 |
| 7. 発電機エンジン Deck no. | : | 主機台板を 0 とし、Deck no.を入力する。 |
| 8. 機関室天井 Deck no. | : | 主機台板を 0 とし、機関室天井 Deckno.を入力する。 |

✓ 居室等情報

- | | | |
|------------------|---|--|
| 9. 居室等 Frame no. | } | 該当する内容を入力する。 |
| 10. 居室等 Deck no. | | |
| 11. 居室等タイプ | : | Cabin type シートを参考に、該当するタイプ(例：1A)を選択して入力する。 |
| 12. 壁パターン(船首側) | } | 該当する内容を選択して入力する。 |
| 13. 壁パターン(右舷側) | | |
| 14. 壁パターン(船尾側) | | |
| 15. 壁パターン(左舷側) | | |

- | | | |
|------------------|---|--|
| 16. 床面積 | } | 該当する面積(m ²)を入力する。 |
| 17. 船首側壁面積 | | |
| 18. 右舷側壁面積 | | |
| 19. E/R との隣接パターン | : | TL シートを参考に、該当するタイプ(例：TL11)を選択して入力する。 |
| 20. 隣接する壁 no. | : | E/R と隣接する壁番号(例：船首側であれば“3”)を選択して入力する。E/R と床のみが隣接する場合及び E/R と居室等が隣接しない場合は“0”とする。 |

7.3 Calculation シート

Janssen 法による騒音予測の過程（空気音、固体音の計算及び空気音と固体音の重ね合わせ）が確認できる(図 7.2 参照)。

今年度は、本プログラムの計算システム部分は完成したものの、計算に使用するデータベースが完成には至っていないため、実船計測データと比較した本プログラムの精度確認は来年度実施する。

居住区騒音対策部会
騒音予測プログラム

本船情報

入力例

船種	TYPE	BC
総トン数	GT	9990
主機メーカー/タイプ	METP	AAA/aaa
主機Frame no.	MEFR	20
発電機エンジンメーカー/タイプ	GETP	BBB/bbb
発電機エンジンFrame no.	GEFR	11
発電機エンジンDeck no. *1	GEDK	1
機関室天井Deck no. *1	BDDK	3

*1 主機台板レベルを0とする

居室等情報

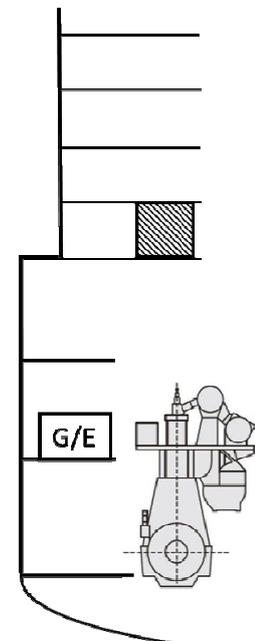
居室等Frame no.	CAFR	21
居室等Deck no. *1	CADK	3
居室等タイプ *2	CATP	1A
壁パターン(船首側)	WPTF	25mmパネル+鋼壁
壁パターン(右舷側)	WPTS	25mmパネル+鋼壁
壁パターン(船尾側)	WPTA	25mmパネル+鋼壁
壁パターン(左舷側)	WPTP	25mmパネル+鋼壁
床面積(=天井面積)	S1(m ²)	5.96
船首側壁面積(=船尾側壁面積)	S3(m ²)	4.57
右舷壁面積(=左舷壁面積)	S4(m ²)	5.38
E/R(E/C含む)との隣接パターン *3	TLPT	TL11
隣接する壁no. *4	TLWN	0

*2 Cabin typeシート参照

*3 TLシート参照

*4 0:無し 3:船首側 4:右舷側 5:船尾側 6:左舷側

騒音予測値	Lp(dB(A))	61.7
-------	-----------	------



入力例の参考図

図 7.1 Main シート

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1																
2								Hz	50	63	80	100	125	160	200	
3	METP	AAA/aaa		S	5.96			Lp0	64.10	66.05	69.55	72.25	73.75	74.45	77.55	
4	TLPT	TL11		S1-S2	5.96			TL	22.50	23.45	28.85	34.51	28.10	27.68	30.65	
5	TLWN	0		S3-S5	4.57											
6	CATP	1A		S4-S6	5.38			α	0.128	0.169	0.174	0.194	0.244	0.204	0.241	
7				Sm	31.82			10log(S/A)	1.64	0.44	0.32	-0.15	-1.14	-0.37	-1.10	
8	空気音の計算															
9								Lpa	43.25	43.05	41.03	37.59	44.51	46.40	45.80	
10																
11	TYPE	BC		MEFR	20			C1	-1.32	-0.90	-0.40	-0.35	-0.41	-0.54	-0.45	
12	GT	9990		ME _m	1			C2A	4.27	3.60	1.57	0.76	-1.53	-0.44	-1.86	
13				ME _n	0			C2E	-5.18	-7.41	-8.17	-7.82	-6.29	-6.62	-5.95	
14				ME _{nA}	0											
15	METP	AAA/aaa		ME _{nE}	4			Lv0 ME	73.28	70.50	69.37	67.75	66.78	65.97	62.40	
16								TD ME	-22.06	-30.53	-33.08	-31.62	-25.57	-27.03	-24.24	
17	CAFR	21		GEFR	11			IL0 ME	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
18	CADK	4		GEm	10			Lv ME	51.22	39.97	36.28	36.13	41.21	38.93	38.16	
19				GEDK	1											
20	GETP	BBB/bbb		GEn	3			Lv0 GE	85.53	81.03	75.13	72.70	73.78	70.93	69.03	
21				GEnA	0			TD GE	-28.80	-31.23	-28.52	-26.95	-22.97	-25.28	-22.37	
22				GEnE	3			IL0 GE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
23								Lv GE	56.72	49.80	46.60	45.75	50.81	45.64	46.65	
24																
25								Lv	57.80	50.23	46.99	46.20	51.26	46.48	47.23	
26								Δ Lvw1	-0.200	-1.847	-3.860	-3.507	-2.720	-3.127	-2.973	
27								Δ Lvw2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
28	WPTC	25mm/イネル+鋼甲板						Δ Lvw3	-0.200	-1.847	-3.860	-3.507	-2.720	-3.127	-2.973	
29	WPTD	8mm Deck composition						Δ Lvw4	-0.200	-1.847	-3.860	-3.507	-2.720	-3.127	-2.973	
30	WPTF	25mm/イネル+鋼壁						Δ Lvw5	-0.200	-1.847	-3.860	-3.507	-2.720	-3.127	-2.973	
31	WPTS	25mm/イネル+鋼壁						Δ Lvw6	-0.200	-1.847	-3.860	-3.507	-2.720	-3.127	-2.973	
32	WPTA	25mm/イネル+鋼壁														
33	WPTP	25mm/イネル+鋼壁						α	0.128	0.169	0.174	0.194	0.244	0.204	0.241	
34	CATP	1A		S1-S2	5.96			10log(4S1/A)	7.663	6.464	6.344	5.866	4.880	5.649	4.925	
35				S3-S5	4.57			10log(4S2/A)	7.663	6.464	6.344	5.866	4.880	5.649	4.925	
36				S4-S6	5.38			10log(4S3/A)	6.510	5.311	5.191	4.713	3.727	4.495	3.772	
37				Sm	31.82			10log(4S4/A)	7.218	6.019	5.899	5.422	4.436	5.204	4.481	
38								10log(4S5/A)	6.510	5.311	5.191	4.713	3.727	4.495	3.772	
39								10log(4S6/A)	7.218	6.019	5.899	5.422	4.436	5.204	4.481	
40																
41								σ 1	0.104	0.018	0.061	0.044	0.024	0.013	0.009	
42	WPTC	25mm/イネル+鋼甲板						σ 2	0.031	0.038	0.009	0.008	0.008	0.005	0.006	
43	WPTD	8mm Deck composition						σ 3	0.104	0.018	0.061	0.044	0.024	0.013	0.009	
44	WPTF	25mm/イネル+鋼壁						σ 4	0.104	0.018	0.061	0.044	0.024	0.013	0.009	
45	WPTS	25mm/イネル+鋼壁						σ 5	0.104	0.018	0.061	0.044	0.024	0.013	0.009	
46	WPTA	25mm/イネル+鋼壁						σ 6	0.104	0.018	0.061	0.044	0.024	0.013	0.009	
47	WPTP	25mm/イネル+鋼壁						10log σ 1	-9.820	-17.358	-12.170	-13.541	-16.267	-18.987	-20.638	
48								10log σ 2	-15.128	-14.210	-20.422	-21.230	-20.745	-22.671	-21.932	
49								10log σ 3	-9.820	-17.358	-12.170	-13.541	-16.267	-18.987	-20.638	
50								10log σ 4	-9.820	-17.358	-12.170	-13.541	-16.267	-18.987	-20.638	
51								10log σ 5	-9.820	-17.358	-12.170	-13.541	-16.267	-18.987	-20.638	
52								10log σ 6	-9.820	-17.358	-12.170	-13.541	-16.267	-18.987	-20.638	
53																
54								IL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
55																
56								Lps1	55.44	37.49	37.30	35.02	37.15	30.02	28.54	
57								Lps2	50.34	42.48	32.91	30.84	35.40	29.46	30.22	
58								Lps3	54.29	36.34	36.15	33.86	36.00	28.86	27.39	
59								Lps4	55.00	37.04	36.86	34.57	36.71	29.57	28.10	
60								Lps5	54.29	36.34	36.15	33.86	36.00	28.86	27.39	
61								Lps6	55.00	37.04	36.86	34.57	36.71	29.57	28.10	
62								revision	-30.20	-26.20	-22.50	-19.10	-16.10	-13.40	-10.90	
63								Lps1A	25.24	11.29	14.80	15.92	21.05	16.62	17.64	
64								Lps2A	20.14	16.28	10.41	11.74	19.30	16.06	19.32	
65								Lps3A	24.09	10.14	13.65	14.76	19.90	15.46	16.49	
66								Lps4A	24.80	10.84	14.36	15.47	20.61	16.17	17.20	
67								Lps5A	24.09	10.14	13.65	14.76	19.90	15.46	16.49	
68								Lps6A	24.80	10.84	14.36	15.47	20.61	16.17	17.20	
69																
70	固体音の計算															
71								Lps	41.92	30.04	31.53	32.66	38.05	33.79	35.28	
72																
73																
74	空気音と固体音の重ね合わせ															
75								Lp	45.6	43.3	41.5	38.8	45.4	46.6	46.2	
								Lp OA	61.7							

図 7.2 Calculation シート

8. 成果

今年度の成果は次のとおりである。

- (1) 改正船内騒音コードは、強制要件と勧告（非強制）を含んでおり、航海中、居住区域及び制御区域等における騒音計測を行い、基準値を満たす必要がある。主に、10,000 総トン以上の船舶の居住区域に対して、現行コードの基準値に比べ 5dB(A) 強化されている。
- (2) 騒音予測法を構築するに当たり、現状の予測法の特質を調査した。一般に **Janssen** 法、**WAVE GUIDE** 法、**SEA** 法の順に振動伝達損失の精度は高く、騒音予測の精度も高くなる。検討の結果、予測精度と工数を考慮し、本部会では、実用的騒音予測法として **Janssen** 法を選定した。
- (3) 現状での騒音レベルを把握し、**Janssen** 法騒音予測プログラム開発において使用するデータベースを構築することを目的に実船での騒音計測を実施した。そのための計測マニュアルを整備した。17 隻の騒音計測の結果、現状で改正コード規制値を満足する船は無かった。
- (4) 騒音・防振対策を行う船種・船型を各社で決めると共に、実船での計測を通じて対策効果を定量的に把握した。結果は、データベースとして整備した。
- (5) 実船に施工した 3 種類の防音・防振材による実船模擬試験体を作成し、音響透過損失、吸音率並びに振動伝達を実験室にて測定した。これら実験室レベルでの特性を実船での騒音計測結果と比較検討し、騒音予測法の確立に役立てることとした。
- (6) 中小型船向け実用的騒音予測法として **Janssen** 法に基づくプログラムを作成した。計算に必要な伝達損失等のデータベースが未完成のため、プログラムの精度確認は来年度に実施の予定である。

おわりに

本部会では、IMOにおける船内騒音規制コードの義務化に対応し、騒音計測データを収集解析すると共に、騒音予測手法及び防音対策の研究開発を行い、船舶の安定供給に資することを目的に調査研究、検討を行った。

詳細については各章を参照されたいが、本部会の重要な課題である実船騒音計測データの収集解析については、今年度は船種、デッキごとにデータを整理したが、今後は継続して実施する実船騒音計測のデータを加え、防音・防振材の特性も考慮したデータベースとし、さらに実船模擬試験体の試験結果を実船での計測結果と比較検討することにより、精度の高い騒音予測法を確立するよう研究開発を進めることとする。

次年度は、引き続き以下の調査研究を実施の予定である。

- 1) 実船計測による騒音計測値を解析、整理し、データベース化を推進する。
- 2) 中小型船向けの実用的騒音予測法の構築。
- 3) 音源の低減対策、配置・構造の影響による効果を検討し、防音対策を策定する。

居住区騒音対策委員名簿

(順不同:敬称略)

	氏名	所属・役職
委員長	戸澤 秀	(独)海上技術安全研究所研究統括主幹
委員	修理 英幸	東海大学 海洋学部 航海工学科海洋機械工学専攻 教授
〃	岡本 和之	一般財団法人日本海事協会 技術研究所
〃	佐々木 勉	北日本造船(株)常務取締役設計本部長
〃	山下 久孝	サノヤス造船(株)設計本部船舶設計部船装設計課
〃	有米 清二	金川造船(株)取締役設計部長
〃	石原 敏彦	(株)神田造船所設計部課長
〃	松原 政博	警固屋船渠(株)設計部主任
〃	後藤 博文	佐々木造船(株)船体設計部長
〃	吉永 貴史	中谷造船(株)設計部機装設計
〃	馬越 一郎	神例造船(株)設計部
〃	森野 誠治	檜垣造船(株)設計部係長代理
〃	菅 正享	浅川造船(株)設計部係長
〃	村上 貴博	村上秀造船(株)常務取締役製造本部長
〃	木元 裕行	伯方造船(株)取締役総務部長
〃	木下 博之	旭洋造船(株)設計部次長
〃	原井 信行	福岡造船(株)設計部課長
〃	後藤 亮	(株)臼杵造船所設計部船装設計課
〃	二宮 紀幸	下ノ江造船(株)艤装設計部船装設計課課長
〃	松本 伸一	本田重工業(株)設計部長
〃	宮地 国博	(株)三浦造船所設計部甲板艤装設計課課長
〃	福田 克治	(株)渡辺造船所設計部主任
オブザーバー	中村 康介	(株)神田造船所設計部
〃	松本 宏二	村上秀造船(株)設計部基本設計課
〃	阿部 司	村上秀造船(株)設計部艤装設計課
〃	笹本 幸司	北日本造船(株)設計部設計課長代理
〃	小林 秀行	警固屋船渠(株)設計部部长
〃	木元 陽一	伯方造船(株)代表取締役社長
〃	柴田 文志	サノヤス造船(株)
〃	佐々木雄一郎	旭洋造船(株)船体設計課
〃	吉田 悠	リオン(株)環境機器事業部 音響振動計測器営業部
〃	富永 高士	(株)三工社営業部第1グループグループリーダー

この報告書はボートレースの交付金による日本財団の助成金を受けて作成しました。

平成 24 年度 「中小型船の居住区騒音対策のための
研究開発」 事業報告書

2013 年（平成 25 年）3 月発行

発行 社団法人 日本中小型造船工業会

〒100-0013 東京都千代田区霞が関 3-8-1

虎ノ門三井ビルディング 10 階

TEL 03-3502-2062 FAX 03-3503-1479

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。

