

中小造工における船内騒音に関する取組

—2012年度から2014年度 船内騒音対策に関する研究開発の概要—

本研究開発は、日本財団助成事業として実施しました。

平成27年7月

CAJS (一社) 日本中小型造船工業会

1. 船内騒音対策の取組概要
2. 騒音等データ収集
3. 騒音対策検証
4. 騒音予測法プログラムの概要
5. 騒音対策製品・技術に関する欧州調査の概要
6. まとめ

- 平成24年度から26年度まで、34社(造船所27社、船用メーカー7社)参加、実船騒音等計測、騒音対策、騒音予測プログラム作成。
- 騒音対策製品・技術に関する欧州調査(平成26年度)

実船騒音計測	
貨物船	21隻
タンカー	15隻
その他	8隻
合計	44隻

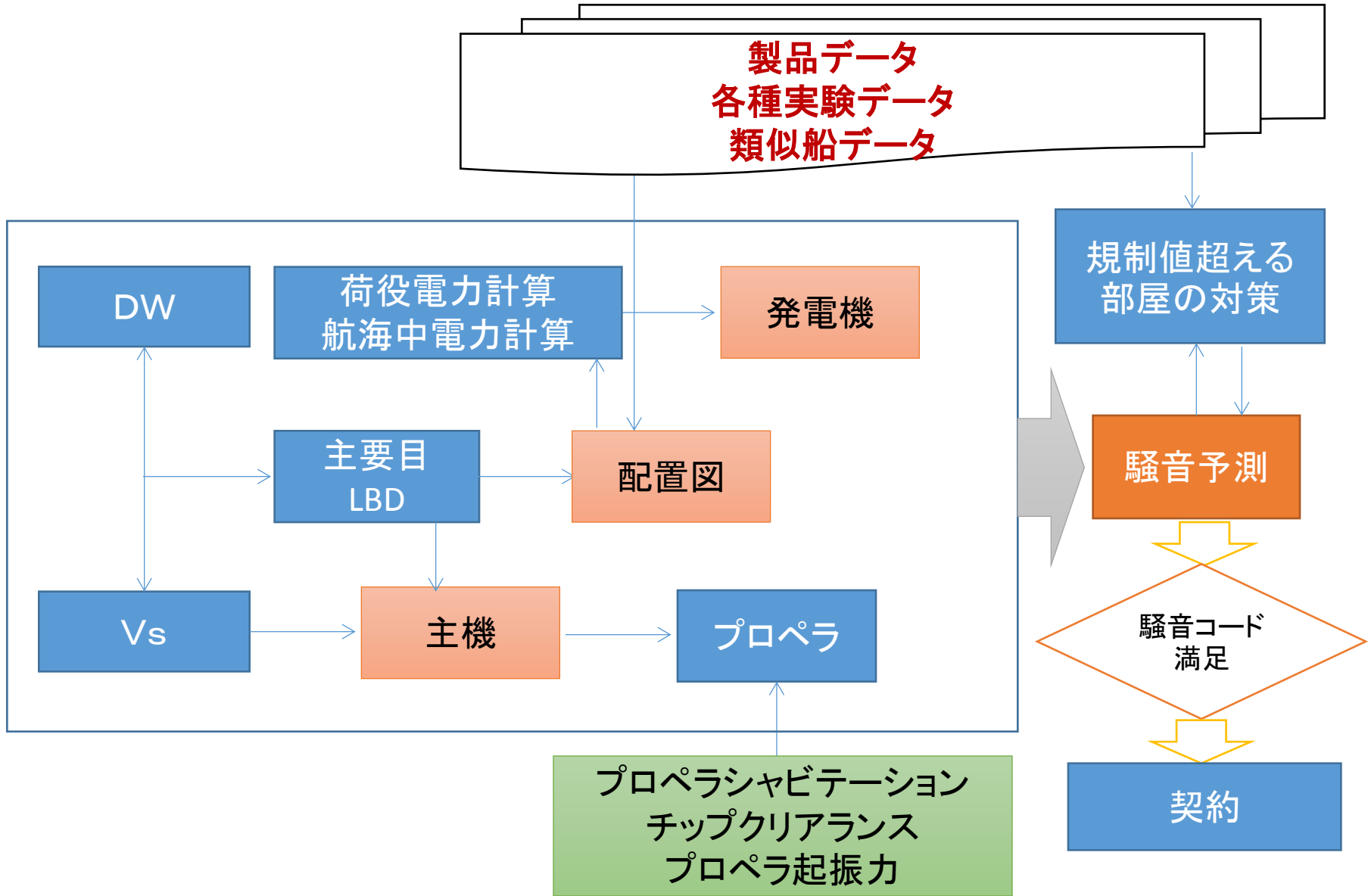
実船騒音対策	
●	制振材対策
●	防音塗料対策
●	空調防音対策
●	浮床対策
●	発電機防振支持対策
●	排気管防振支持対策
●	配置対策(機関室囲壁と居住区切り離し対策、機関室と甲板室の間に空所)

ヤンセン法騒音予測法プログラム作成

- 44隻の実船騒音等計測をデータベース化

騒音対策製品・技術欧州調査(2014年11月)

欧州の進んだ技術・製品・知見



(1) 防音材・制振材調査	防音材・制振材メーカーへの書面調査
(2) 実船騒音等計測	実船騒音計測（騒音対策船含む）、音響域振動等計測等
(3) 実船床モデルの試験	音響透過損失試験、音響域振動計測試験
(4) 制振材及び制振床材の損失係数	実船デッキ板厚での損失係数を求める試験
(5) 簡易装置による遮音試験	実船床モデルの簡易装置による遮音試験
(6) 加振試験	浮床の動的ばね定数算出のための試験



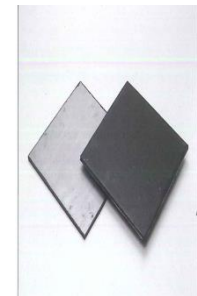
防音材



浮床



ダクトサイレンサー



制振・遮音材

(1)防音材・制振材調査

目的:各防音材・制振材各材料の特徴や性能等の情報収集。
調査内容: カタログ、船級承認の有無、実験データ等

調査した商品の区分と概要(12社、34商品)

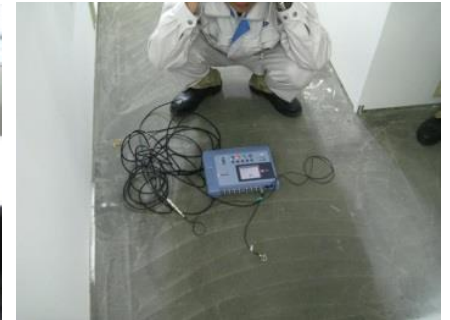
商品の区分	商品の概要
制振材	主に固体伝搬音を制振効果にて低減させる商品で、パネル状の製品や塗料、粘土状で施工後硬化するもの。
制振床材	制振材とデッキコンポジションをセットにしたもの。
浮床	甲板とデッキコンポジション間にロックウール等を挿入することにより、甲板からの放射音や壁パネルへの振動伝搬を低減するもの。
遮音シート	主に空気伝搬音を遮音するシート状のもの。
遮音パネル	主に空気伝搬音を遮音するパネル状のもの。
サイレンサー	ダクトの内部等に挿入し、送風音を吸音するもの。
防振材	機器と架台との間に挿入し、振動伝搬を低減するもの。

(2) 実船計測

2-1 実船計測項目

	騒音計測 (A特性1/3OCT)	音響域振動 計測	音響透過損 失用計測	室内平均吸 音用計測
海上試運転	○	○		
岸壁発電機運転	○	○		
岸壁陸電使用			○	○

計測マニュアルを基に、海技研、日本海事協会協力のもと、計測実施。



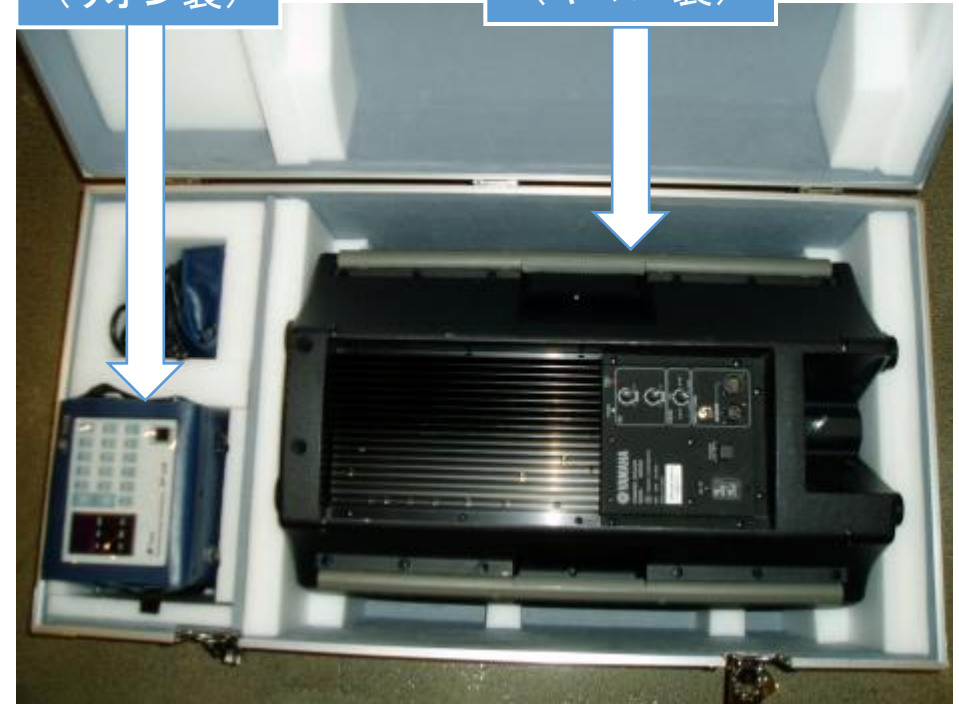
(2) 実船計測

2-2計測器材

1Hz~10MHz

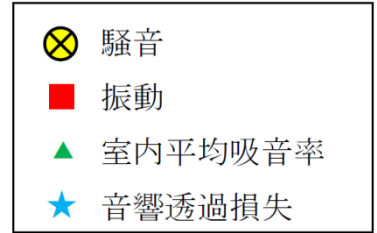
振動ピックアップPV-94
(リオン製)データレコーダ
DA-40
(リオン製)騒音計
NA-28
(リオン製)

1Hz~20MHz

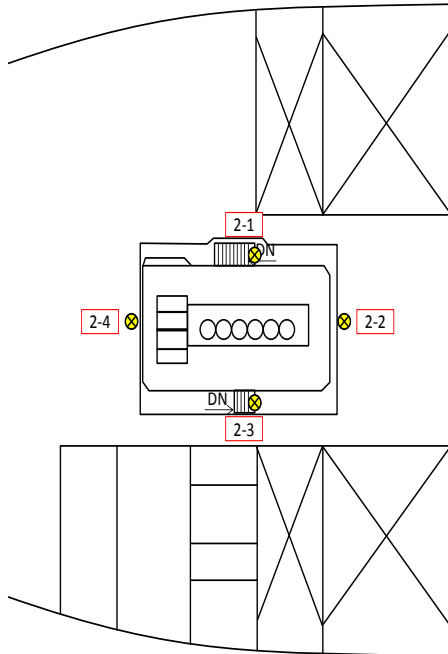
振動計VA-12
(リオン製)雑音発生器
SF-06
(リオン製)スピーカ
MS300
(ヤマハ製)

(2) 実船計測

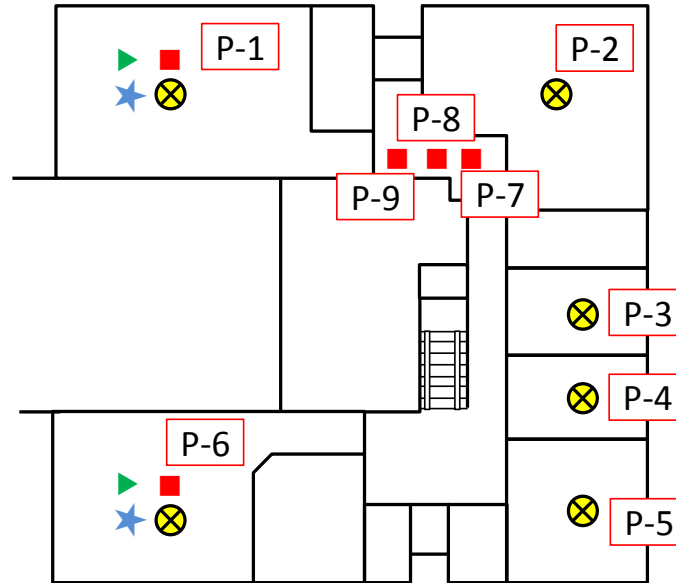
2-3計測箇所



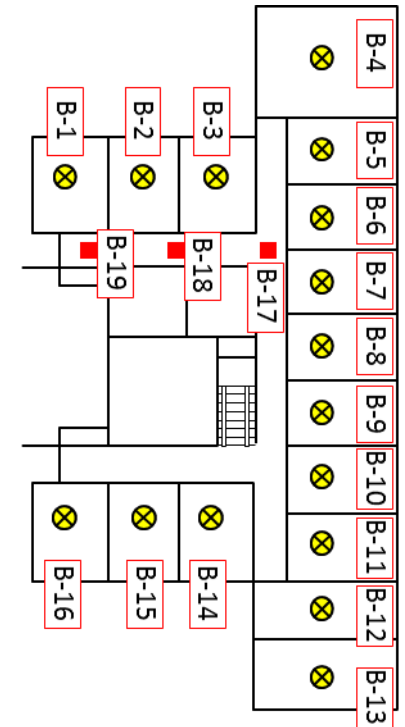
(2nd Deck)



(Poop Deck)



(Boat Deck)



(2)実船計測

2-4計測方法

計測項目	計測箇所	計測時間	計測または取付位置	備考
騒音計測	居室等、主機、発電機	10秒	<p>居室等：区画中央、床から1.2m～1.6m（三脚固定）</p> <p>主機、発電機：音源から1m離れた場所を目安に、高さ1.2m～1.6m（三脚固定）</p> <p>注：騒音コードの計測方法とは異なる）</p>	A特性の重み付けをした等価騒音レベル：LAeq(dB(A))を計測する。(1/3OCT)
音響域振動計測	居室等、通路、主機台盤、発電機台盤	10秒	居室等：各面(6面)中央にピックアップを取付	振動加速度波形データ計測

(2) 実船騒音等計測

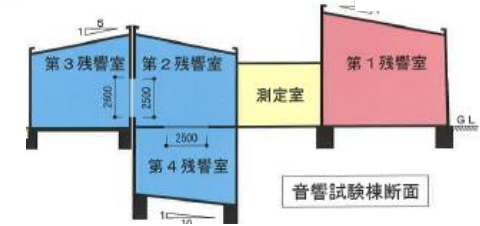
2-4 計測方法

計測項目	計測箇所	雑音発生	計測時間	計測位置	計測回数
音響透過損失計測	音源室及び受音室	音源室にスピーカを設置し、ピンクノイズを発生させる。	10秒/回	床から1.2m～1.6m(三脚固定)。音源室の場合:床または壁から50cm以上離し、かつ、スピーカから1m以上離す。受音室の場合:床または壁から50cm以上離す。	音源室:スピーカ位置を変えて2セット(1セット:音源室5回、受音室5回)

計測項目	計測箇所	計測時間	計測位置	スピーカ位置	計測回数
室内平均吸音計測	居室等	5秒	居室中央で、床から1.2m～1.6m(三脚固定)。	騒音計から1m以上離し、部屋の隅に向けて設置。	8回(スピーカを四隅に向けて2回ずつ)

(3) 実船の床モデルによる音響特性試験等

3-1 音響透過損失試験

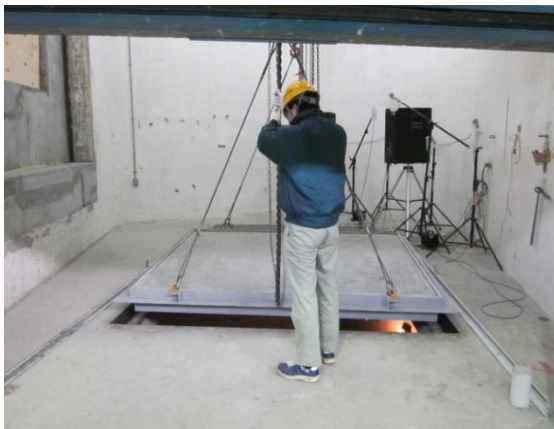


目的: 実船に施工した防音・防振材を実験室で音響透過損失、吸音率、振動伝達を測定し、実船の騒音計測データと比較解析し、騒音予測法のデータとする。

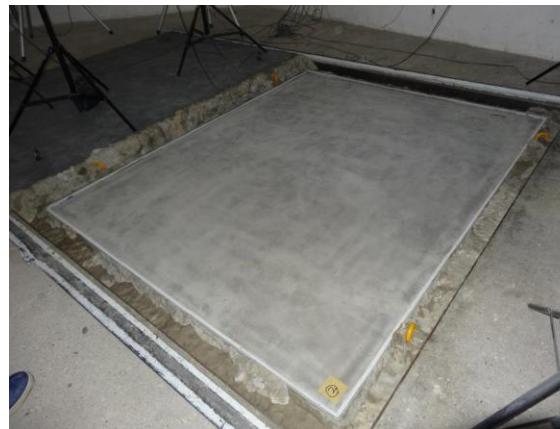
試験体サイズ: 縦×横×厚さ=2700mm×2200mm×9mm

試験体構造: デッキコンポジション、他(鋼板上)、A-60(ロックウール)(鋼板下)(Log.付き)

騒音計: NA-28(リオン製)



試験体設置



試験体設置



試験体(奥)と塞ぎ板(手前)(地下室からの撮影)

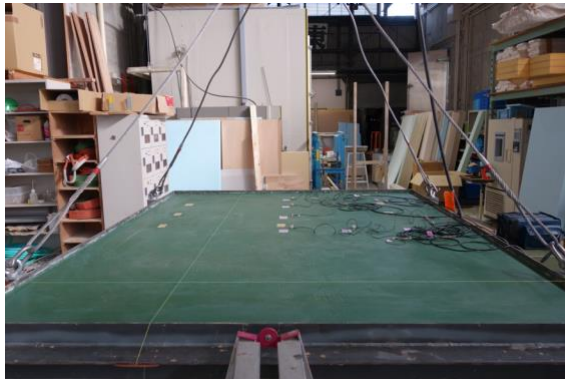
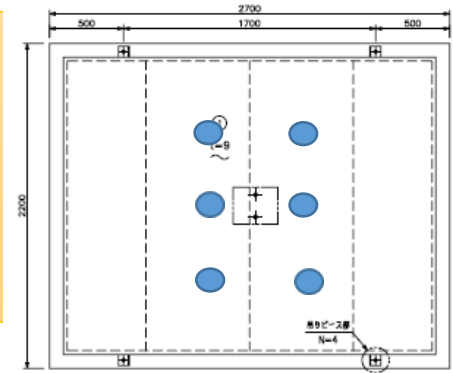
(3) 実船の床モデルによる音響特性試験等

3-2 音響域振動試験

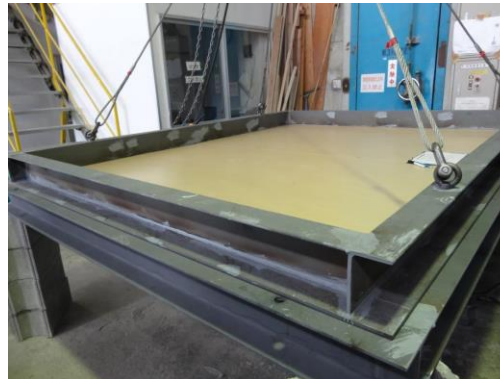
計測点：平成24年度片面6点。平成25年度片面11点。

振動ピンクアップ：PV-94（リオン製）

データレコーダ：DA-40（リオン製）



試験体設置



試験体設置



加振器

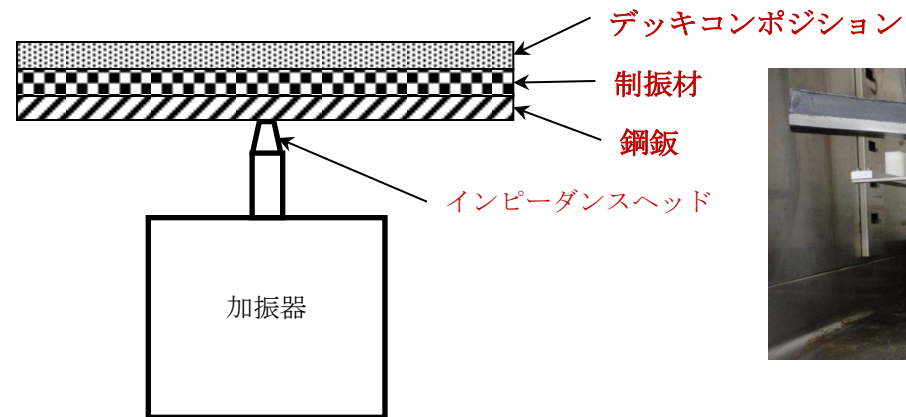
(4) 制振材及び制振床材の損失係数

目的	実船デッキ板厚の損失係数を計測する
試験体寸法	長さ 450mm × 幅 38mm × 厚さ 9mm 長さ 450mm × 幅 38mm × 厚さ 12mm
温度条件	10°C、20°C、30°C、40°C
試験方法	JIS G 0602-1993「制振鋼板の振動減衰特性試験方法」及び JIS K 7391-2008「非拘束形制振複合はりの振動減衰特性試験方法」 に基づく、中央支持定常加振法（機械インピーダンス法）により、損失係数を算出。

デッキコンポジション	制振材	メーカー依頼
3種類	2種類	7メーカーに依頼



恒温槽と加振器



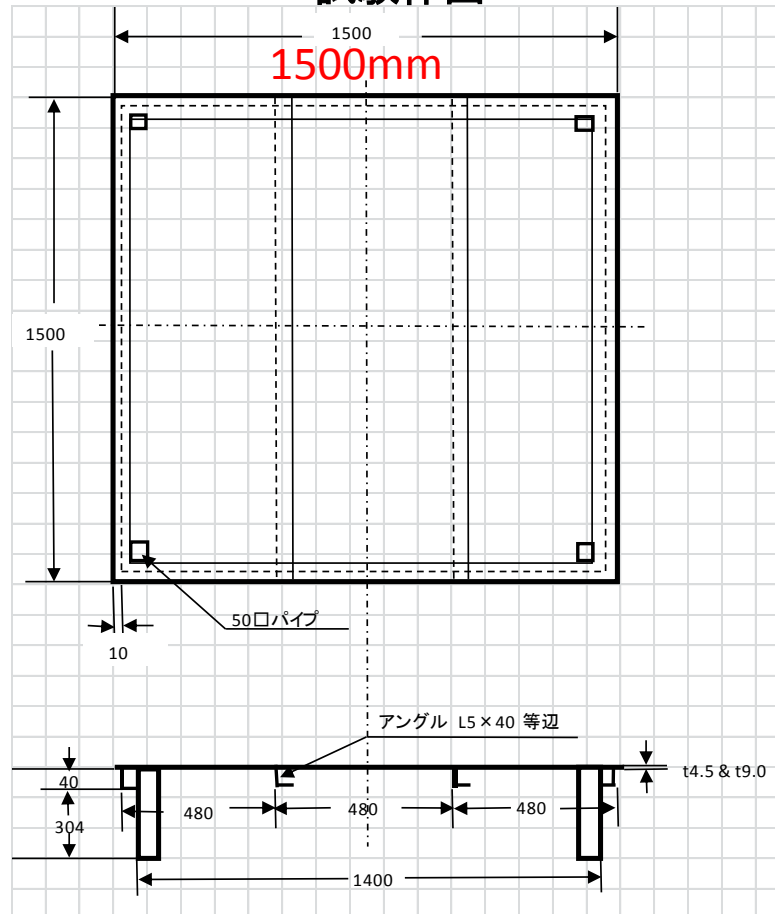
加振器と試験片

(5) 簡易装置による遮音試験

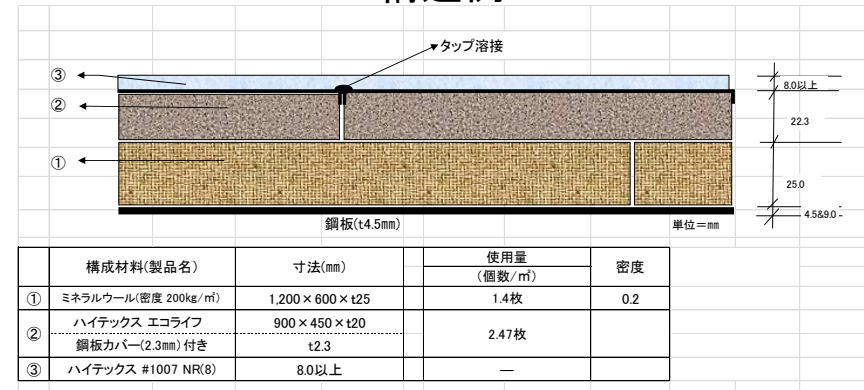
目的: デッキに見立てた鋼板上に遮音材を施し、その音響損失を測定し、効果を比較する。

試験体サイズ: 縦 × 横 × 厚さ = 1500mm × 1500mm × 4.5 & 9mm (Log. 付き)

試験体図



構造例



エコライフ貼り付け

参考

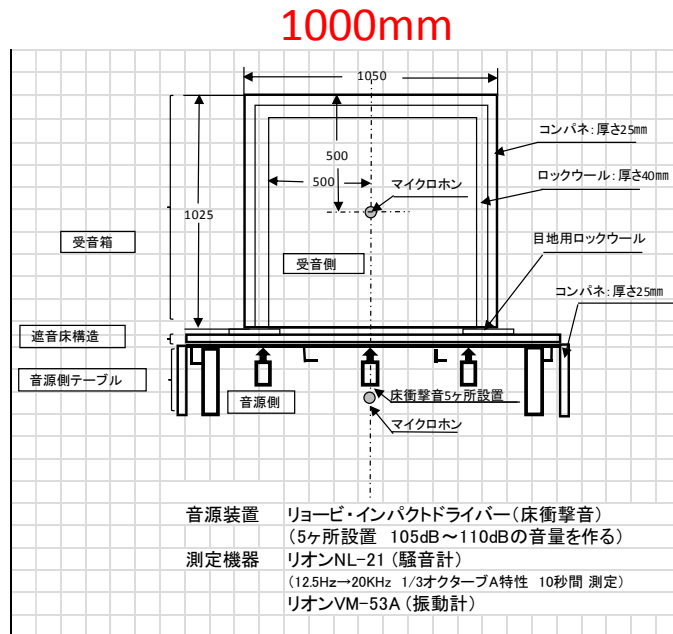
6mm 鋼板: Rw38
7mm 鋼板: Rw39
8mm 鋼板: Rw40
日本海事協会報告書より



(5) 簡易装置による遮音試験

受音箱サイズ: 縦 × 横 × 高 = 1000mm × 1000mm × 1000mm

試験数: 9試験体



簡易装置



マイクロホン



加振用インパクトドライバー

(6) 加振試験

目的: 各種浮床の固有振動数を計測する。
試験体サイズ: 300mm × 300mm



防振効果は、
固有振動数の $\sqrt{2}$ 倍以上の
周波数に対して効果がある。

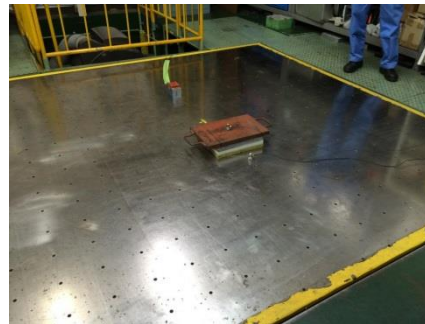
材料表(抜粋)

試験体材料名	厚さ
ロックウール(密度200kg/m ³)	15.0mm
ロックウール(密度200kg/m ³)	25.0mm
ロックウール(密度140kg/m ³)	15.0mm
ロックウール(密度180kg/m ³)	15.0mm
ロックウール(密度220kg/m ³)	15.0mm
エコライフ	20.0mm

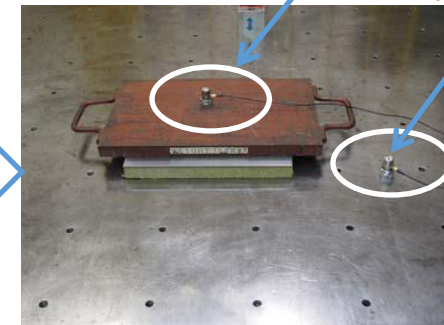
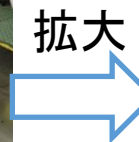
材料: 13種類
試験数: 11ケース
荷重: 4種類(6.4kgf、22kgf、52kgf、102kgf)



試験材



試験時外観



試験時外観

(6) 加振試験

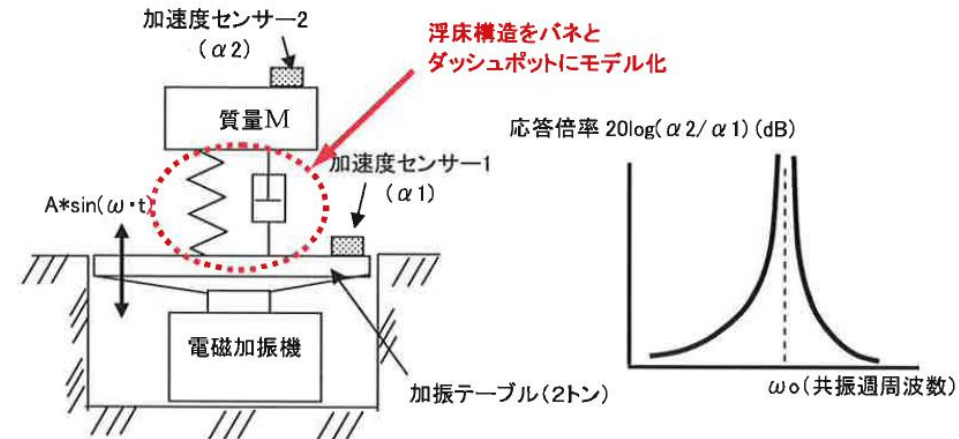
計測手順:

浮床の上にいろいろな重量の錘を乗せ、振動伝達率より固有振動数を求め、そのときの積載荷重(kg)から、動的なばね定数(N/mm)を算出する。

動的ばね定数(N/mm)は下記の式にて求める。

$$K = (2 * \pi * f_0)^2 * m / 1000$$

ただし、 f_0 : 固有振動数(Hz) m : 質量(kg)


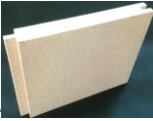

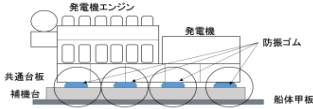



周波数応答関数の縦軸は、各振動数での

(試験体のパワースペクトル ch2) ÷ (振動台のパワースペクトル ch1) の値を dB 表示 ($\text{dB} = 20 * \log(\text{比})$)

このグラフから共振周波数を求めます。

29隻

イメージ	対策	実施隻数
	制振材	9
	浮床	6
	防音材	3
	防音塗料	2
	空調防音	1
	機関室囲壁と甲板室囲壁切り離し	3
	機関室と甲板室に空所、制御室、機器室等配置	1
	発電機防振(フレキシブルパイプ含む)	2
	排気管サポート防振	2

試設計
6隻

注: 1船で2種類対策船5隻

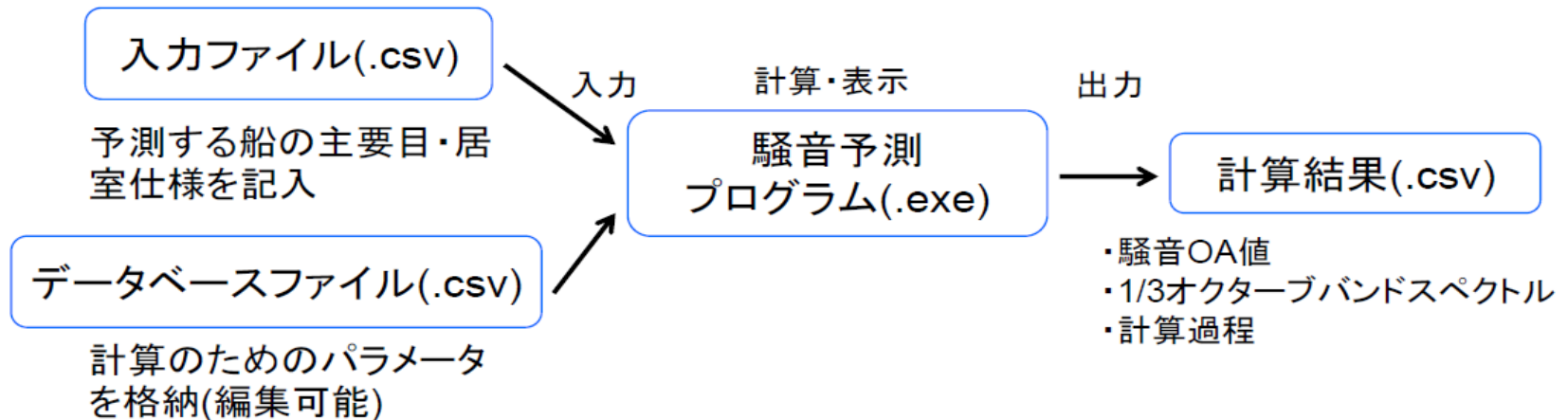
機関室囲壁と甲板室囲壁切り離し試設計船

Model No.	船種	L (m)	B (m)	D (m)	総トン数(ton)
1	ケミカルタンカー	133.00	24.20	13.20	11,700
2	ケミカルタンカー	100.00	16.80	8.30	4,200
3	コンテナ船	104.16	17.50	8.90	278TEU
4	一般貨物船	118.04	19.60	11.30	7,800
5	LPG船	96.00	15.00	7.00	2,900
6	タンカー	98.50	16.00	8.30	3,600

概要

- Janssen法により居住区居室の騒音予測を行う
- 予測に必要なパラメータは実船計測にて算出した結果を用いる
- 固体伝搬音、空気伝搬音共に結果だけでなく計算過程を表示

▶ 計算過程



騒音対策事業参加会社34社中19社が予測法プログラム使用(仮リリース中)

目的: 当会造船所で建造している船種・船型の騒音低減が可能であるか分析することを目指した。**→取り入れるべき技術は何か?**

調査団: 会員会社、関係機関、事務局13名(団長: 旭洋造船(株) 三井専務取締役)

日程: 平成26年11月10日から14日

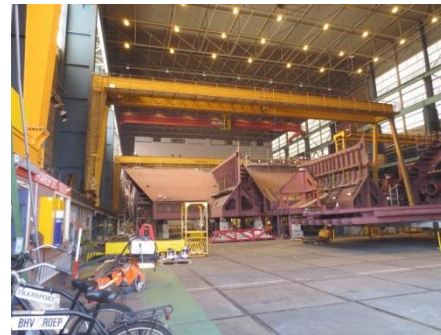
訪問先: 資機材メーカー2社、騒音対策コンサルタント2社、造船所3社、訪船1隻、その他3社



DWShipconsult社



Loggers振動防止支持
装置



Royal IHC造船工場



Gtfreese社

- オランダ、デンマークでは騒音規制が**20年以上前に法制化**
- 域内**船主の強い要求**があり対策技術が発展
- 欧州**騒音対策技術は10-20年以上の経験の蓄積**により組み立てられてきた。
- 船の**騒音対策を専門とするコンサルタント、メーカー、エンジニアリング会社**が存在し、ビジネスとなっている。
- **2ストローク主機**船舶でも適切な対策(**IMO基準値内**)に抑制
- 対策は、**初期段階から予測、解析、設計、計測**と騒音源、居住区での**騒音対策機器の使用の組み合わせ**による。

【2012～2014年度 騒音対策事業】

- 個別の騒音低減対策を実船に施工し、これら個別対策の効果を実測・検証
- Janssen予測法プログラムの策定、各種対策の検証結果を基に同プログラムの予測精度向上
- 各社建造船の特色等を踏まえた予測を行うため、同プログラムのチューニングマニュアルを策定
- 欧州の製品・技術・知見について調査を実施

- ◆過去3箇年の騒音対策事業により、個別の騒音低減対策と効果に関する知見等は蓄積。
- ◆しかし、各対策を組み合わせ、船全体を騒音コードに適合させる技術が構築できていない。船全体の騒音対策技術を検証することが必要。
- ◆騒音コード対象船の受注に備え、造船所は、対策技術を早急に確立する必要がある。

2015年度の取組（日本財団助成事業）

〔目的〕

これまでに得られた騒音対策事業の成果、欧州コンサルの活用及びコンサルのアドバイス等を踏まえた対策技術の導入等によって、船舶全体において振動・音に対する各々の騒音低減対策を総合的に施工、騒音コードに適合できる騒音低減対策の具体的な船舶・事例を検証・確立する。

〔対象船舶〕

- ・欧州コンサルへのコンサル依頼（騒音予測、実船騒音対策提言）
- ・欧州コンサルの活用及びコンサルのアドバイス等を踏まえた対策技術の導入等によって、船舶全体において振動・音に対する各々の騒音低減対策を総合的に施工し、海上試運転にて対策検証

多大なご支援とご協力を頂きました日本財団殿に厚く御礼を申し上げますとともに、本事業にご理解とご尽力を頂きました国立研究開発法人海上技術安全研究所、一般財団法人日本海事協会、並びにメーカー各社・参加造船所各社に、またご指導頂いた東海大学修理先生に深く感謝申し上げます。