

- 業界要望による共同研究 -

船内騒音予測に関する研究開発(フェーズ1)
に関する成果報告

船内騒音予測プロジェクト

- I. 研究の背景及び目的
- II. 研究体制、期間及び費用
- III. 研究の目標
- IV. 研究の実施
- V. 研究の成果
- VI. 今後の計画

I .研究の背景及び目的

➤ 背景

現在、IMOで騒音コードA.468(XII)の義務化及び規制値の強化が審議されている。船内騒音規制が義務化となった場合、造船所では船内騒音レベルを規制値以下に確実に低減させる必要があり、費用対効果の高い騒音対策を講じることが急務となる。

➤ 目的

このような背景から、ルール上問題となる居住区等の騒音値を確実に下げるため、騒音対策の検証ツールとして騒音予測プログラムを開発し、船内騒音予測法を確立して、乗組員の居住環境向上に対応した船舶の建造に寄与する。

➤ 研究体制

- (1) 共同研究者：函館どつく、内海造船、尾道造船、名村造船所、サノヤス造船、新来島どつく、今治造船、佐世保重工業、大島造船所、常石造船、東海大学、NK
- (2) 事務局：NK

➤ 期間

- フェーズ1：2011年4月～2012年3月（1年間）
- フェーズ2：2012年8月～2014年9月

➤ 費用（フェーズ1）

研究費総額 1800万円

➤ 目標

船舶の騒音低減に適応可能な船内騒音予測法の開発

➤ 成果物(フェーズ1)

- 騒音予測プログラム仕様書
- 空気音及び固体音の標準計測方案

1. 概要

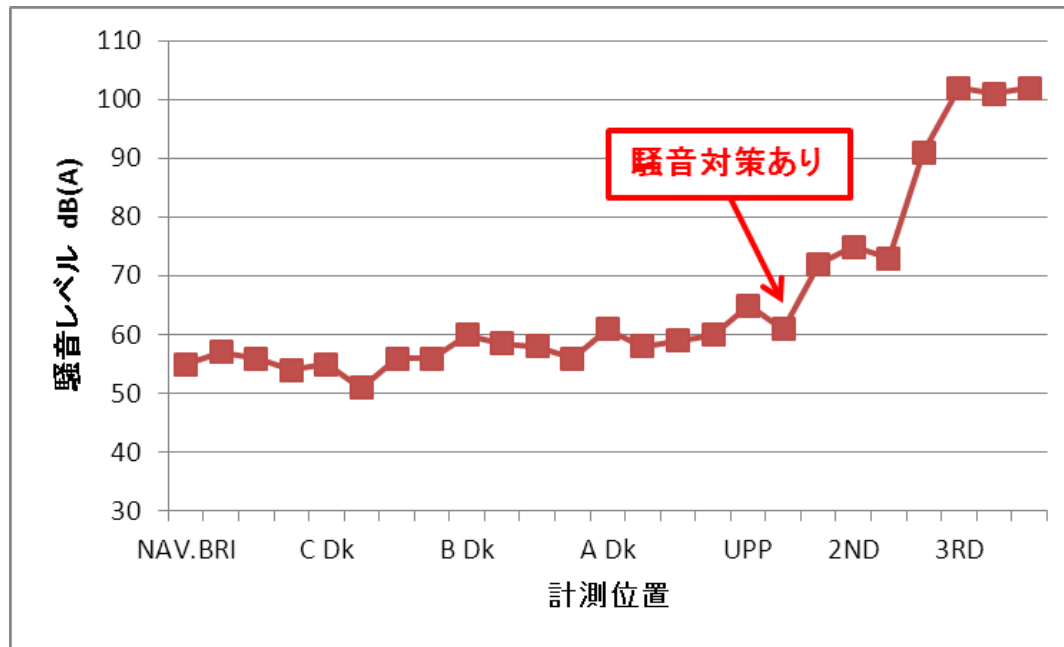
- (1) 騒音予測プログラムの仕様検討(フェーズ1)
- (2) 空気音・固体音の標準計測法の検討(フェーズ1)
- (3) 騒音予測プログラムの作成(フェーズ2)
- (4) 主機メーカー実測データの収集(フェーズ1~2)
- (5) 建造船の実測データによる騒音予測プログラムの検証及び完成(フェーズ2)

以下、フェーズ1で実施した研究内容を報告する。

2. 騒音予測プログラムの仕様検討

2-1. 各社建造船における騒音レベルの実態調査

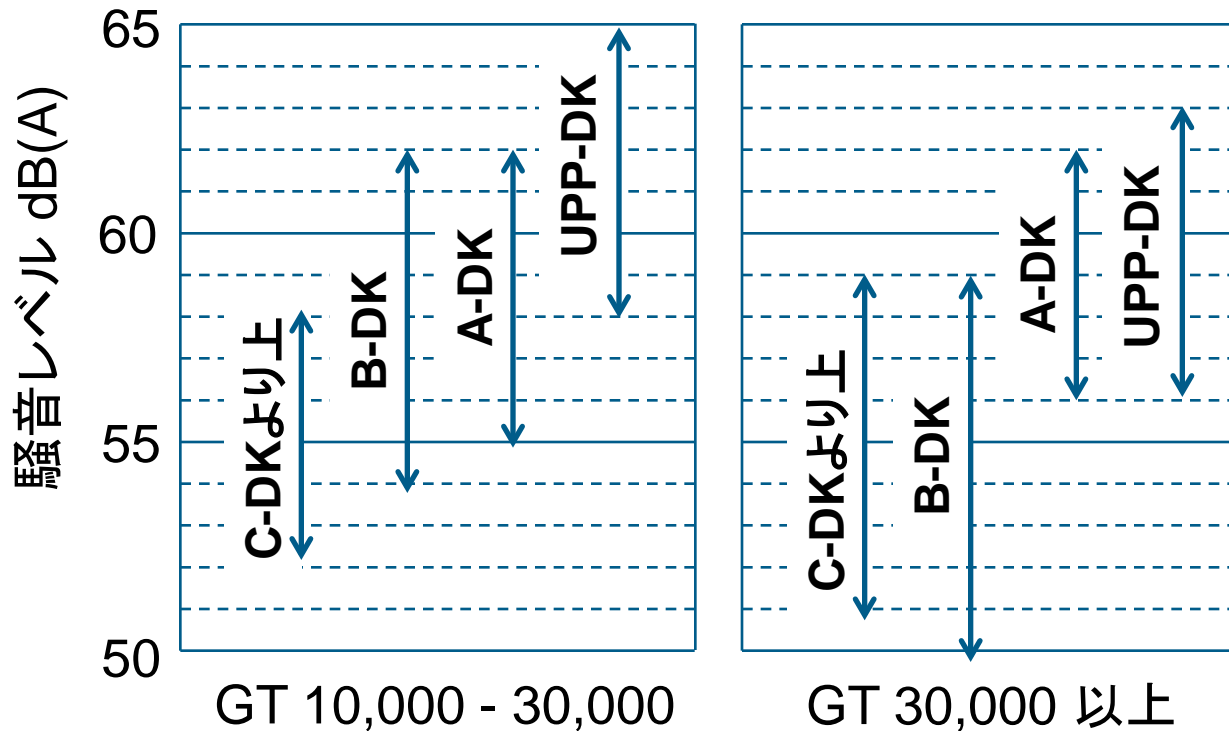
- 現状の設計における騒音レベルの把握及び共有化を目的として、騒音レベルの実態調査を行った。



2. 騒音予測プログラムの仕様検討

2-1. 各社建造船における騒音レベルの実態調査

- 国内中手造船所で建造されたBulk Carrierにおける居室及び病室の騒音レベルの例:



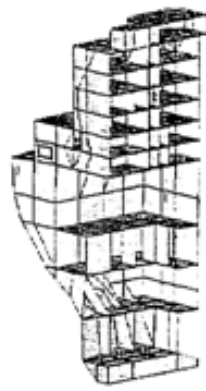
2. 騒音予測プログラムの仕様検討

2-2. 騒音予測法に関する調査

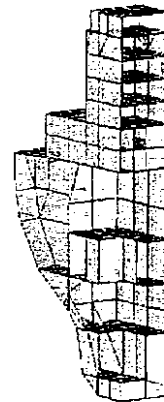
- SEA法、ヤンセン法等の騒音予測法について調査し、本プロジェクトでは、船舶を部分的にモデル化して固体音の伝搬を予測する簡易SEA法(SEA法の簡易版)を採用することとした。



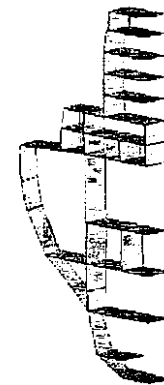
(a) SEA 全体モデル
(要素数: 1,275)



(b) SEA 断面モデル 1
(要素数: 558)



(c) SEA 断面モデル 2
(要素数: 272)



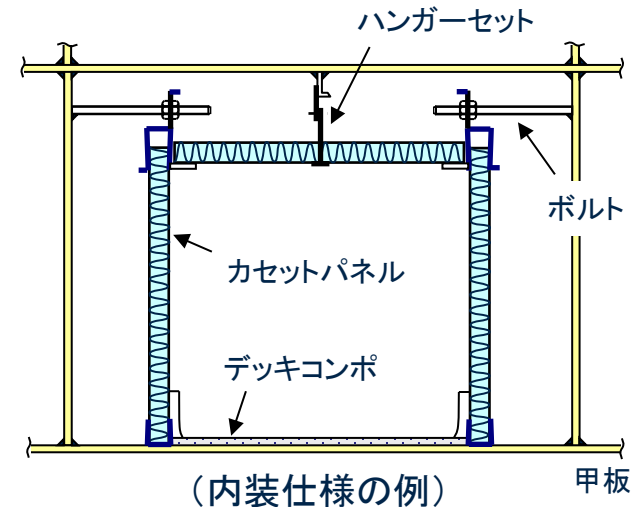
(d) SEA 断面モデル 3
(要素数: 53)

出典: 横倉, 「初期設計段階における船舶居住区騒音予測に関する研究 - 改良ヤンセン法と断面モデルSEA法の提案 -」, 騒音制御 Vol.29, No.5 (2005), pp.382-389

2. 騒音予測プログラムの仕様検討

2-3. 内装仕様、防音仕様の調査

- 騒音予測プログラムで使用する吸音力、音響透過損失、音響放射効率などのデータベース構築のため、造船所各社の建造船において船室（居室/公室）、作業室等の内装仕様・防音仕様を調査した。
- カセットパネルの厚さや壁サポートの有無などにより、床、壁及び天井の仕様を分類・整理した。



2. 騒音予測プログラムの仕様検討

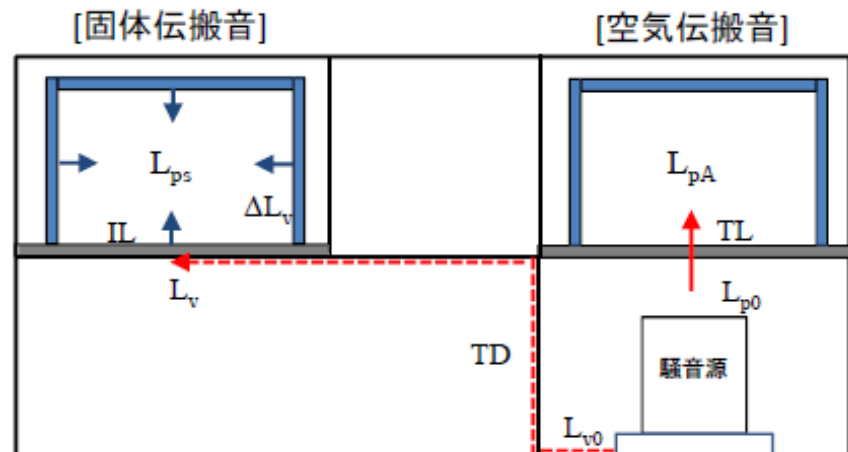
2-3. 内装仕様、防音仕様の調査

- 居室内における防音対策は次のとおり(防火構造規則を満足すること)。
 - ✓ 浮き床構造とする。
 - ✓ 内張り(カセットパネル)を厚くする。
 - ✓ 内張りを2列とし、中間にエアスペースを設ける。
 - ✓ 制振型デッキコンポを採用する。
 - ✓ 床(又は床と壁)に制振材を貼る。
 - ✓ 壁のサポートをなくす。
 - ✓ 防振ゴム付き天井サポートを採用する。等

2. 騒音予測プログラムの仕様検討

2-4. 騒音予測プログラム仕様書の作成

- 騒音は空気伝搬音と固体伝搬音からなる。特に空気伝搬音については、通常の主機、発電機関に加え、空調・換気音、屋外送風機音、煙突排気音も考慮して騒音を予測できるシステムとした。(次頁以降の「仕様書」及び「騒音予測プログラムの構成」参照)



IV.研究の実施（仕様書）

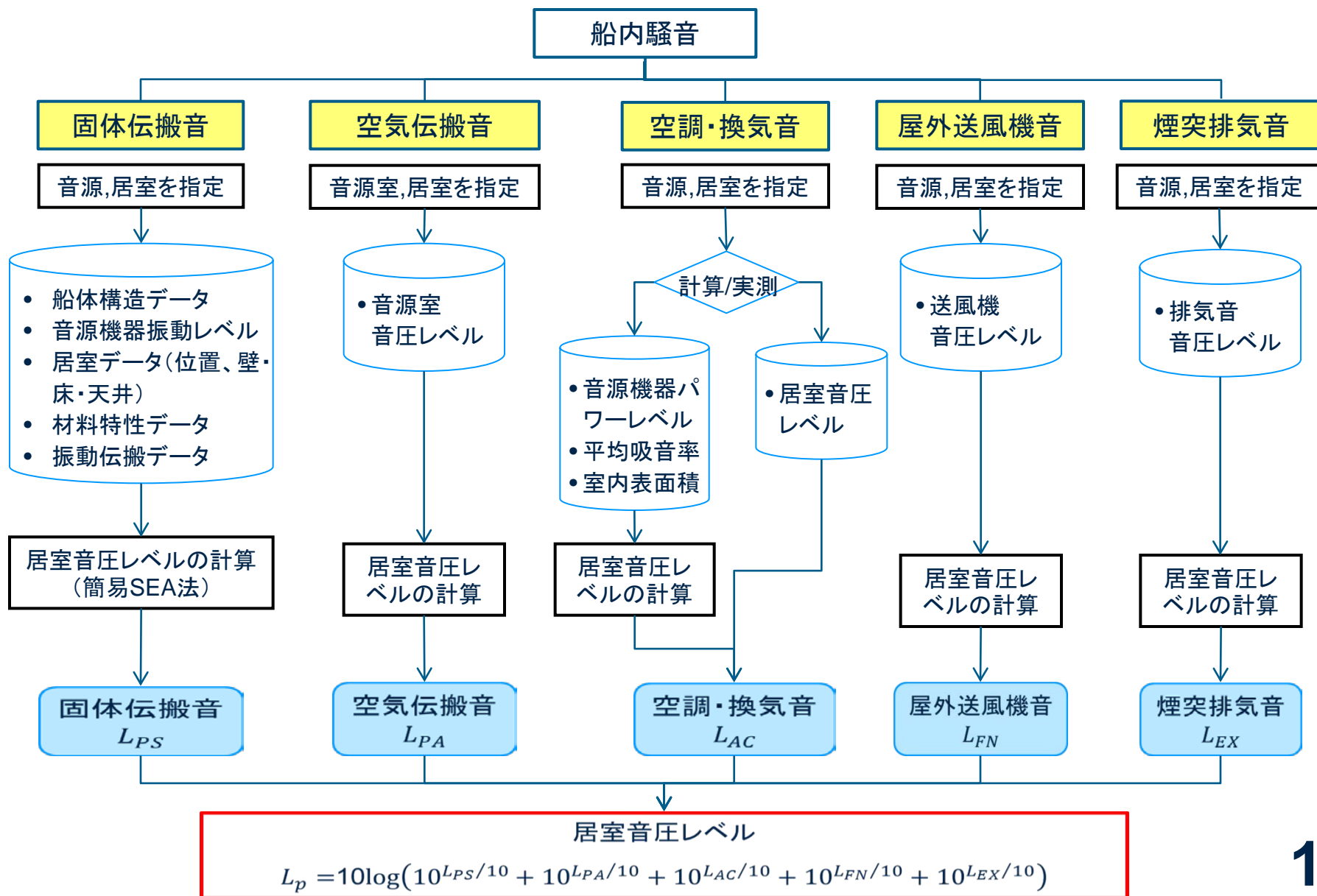
騒音予測プログラムのシステム設計書

騒音予測プログラムの機能仕様書

開発仕様書 Development Specification	機能名称 Function Name	開発番号 Development Number
	騒音予測プログラムのシステム設計書	
目次		
1.	概要及び開発全体計画	..... 3
2.	プログラムの構成と機能	..... 4
2.1	システム全体構成	..... 4
2.2	システムの機能仕様	..... 7
2.3	モデル生成プログラムの機能要件	..... 8
2.4	騒音予測計算プログラムの機能要件	..... 10
2.5	結果表示プログラムの機能要件	..... 11
3.	プログラム動作環境	..... 14
3.1	動作環境	..... 14

開発仕様書 Development Specification	機能名称 Function Name	開発番号 Development Number
	騒音予測プログラムの機能仕様書	
目次		
1.	概要、及び開発全体計画	..... 3
2.	騒音予測解析機能(計算式のアルゴリズム)開発	..... 4
2-1	全体解析要領	
2-2	固体伝搬音の計算方法	
2-3	空気伝搬音の計算方法	
2-4	空調・換気音の計算方法	
2-5	屋外の送風機音の計算方法	
2-6	主機関、発電機関の排気音の計算方法	
2-7	居室音圧レベルの計算方法	
3.	解析モデル生成機能(計算モデルの作成方法)開発	..... 44
3-1	解析のための特性データベースの整備	
3-2	船体解析モデルの作成	
4.	データ入力及び解析結果出力のGUI機能開発	..... 53
4-1	データ入力GUI機能	
4-2	解析結果出力GUI機能	
5.	検証テスト	..... 68
6.	マニュアル等、ドキュメント作成作業	..... 69
7.	開発スケジュール	..... 70

IV. 研究の実施 (騒音予測プログラムの構成)



固体伝搬音
 L_{PS}

$$L_{ps} = 10 \log_{10} \left[\sum_{i=1}^6 10^{L_{psi} / 10} \right]$$

$$L_{psi} = L_v - \Delta L_{vwi} + 10 \log_{10} \frac{4S_i}{A} + 10 \log_{10} \sigma_i - IL$$

$$L_v = L_{v0} - TD$$

- 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固体伝搬音レベル (dB)
- L_v : 居室甲板の振動速度レベル (dB)
- ΔL_{vwi} : 居室の床から i 番目の面への伝達損失 (dB)
- S_i : i 番目の壁の面積 (m^2)
- A : 部屋の吸音力 (m^2)
- σ_i : i 番目の壁の音響放射効率
- IL : 甲板の特殊な構造 (浮床など) による挿入損失 (dB)
- TD : 伝達損失 (dB) ← 簡易SEA法から求める
- L_{v0} : 音源の振動速度レベル (dB)

空気伝搬音
 L_{pA}

$$L_{pA} = L_{p0} - TL + 10 \log_{10} \frac{S}{A}$$

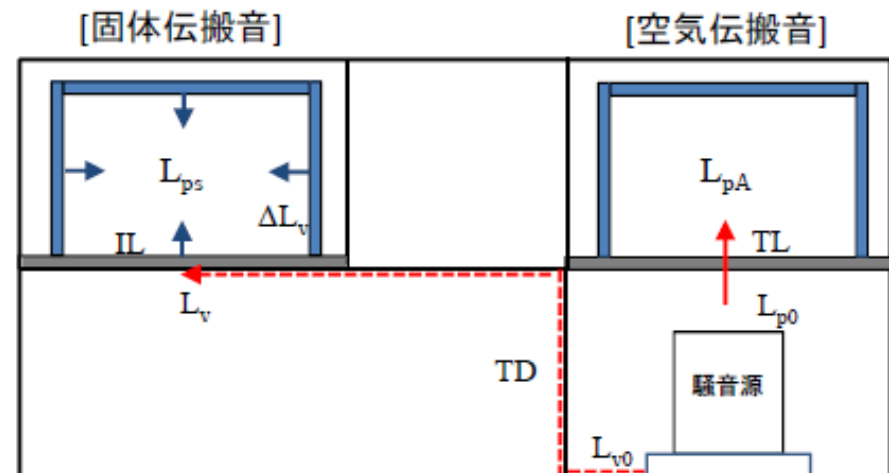
L_{pA} : 居室内の空気伝搬音レベル (dB)

L_{p0} : 音源室の音圧レベル (dB)

TL : 音響透過損失 (dB)

S : 居室と音源室間の仕切り壁又は甲板の面積 (m²)

A : 部屋の吸音力 (m²)



3. 空気音及び固体音の標準計測法の検討

- 空気音及び固体音の計測方法及び関連する国際規格について調査を行った。
- 騒音計測に関する造船所各社の現状についてアンケート調査を行い、騒音計測時の船舶運転条件、計測方法、居室内計測位置、計測器型式、騒音源（機関室）の計測位置等について取りまとめた。
- 上記より、従来の計測方案を見直し、IMO騒音コード改正案及び国際規格に従って、騒音予測プログラム作成を目的とする空気音及び固体音計測の標準計測法について検討し、取りまとめた（次頁参照）。

1. 一般

後述の運転状態のもとで海上試運転時に測定

2. 計測機器

- ✓ 精密騒音計： IEC 61672-1:2002
- ✓ オクターブ分析器： IEC 61260:1995

3. 運転状態

- ✓ 運転状態： 海上試運転中、できる限り直進航行時
- ✓ 載貨状態： バラスト状態又は満載状態
- ✓ 主機出力： 常用出力
- ✓ 補機及び航海計器等： 正常な使用状態
- ✓ 空調装置： 運転
- ✓ 通風装置： 運転
- ✓ 戸及び窓： 閉鎖

4. 居住区画計測方法

4.1 一般

- ✓ 騒音レベルは、等価騒音レベル(少なくとも10秒間)で測定
- ✓ マイクフォン位置： 部屋の周囲壁から0.5m以上離す、床上約1.2mの高さで測定

4.2 居住区画

- ✓ 基本的に全ての居住区画で測定
- ✓ 1/3オクターブ分析を実施

4.3 機械室(機関室を除く)

- ✓ 基本的に船員が日常、作業や点検を行う場所、通行に使用される場所で測定
- ✓ 騒音の激しい機械・器具から約1m離れて測定

4.4 工作室、制御室及び操舵室

- ✓ 会話の聞き取りと音響信号の可聴度が重要な場所、航海船橋ウイングで測定

5. 機関室計測方法

5.1 一般

- ✓ 騒音レベルは、等価騒音レベルで測定
- ✓ マイクロフォン位置： 床上約1.2mの高さ(方向：水平で機関室中央方向)

5.2 測定場所

- ✓ 原則として、主機又はエンジンオープニング周り(各デッキ)では、それらから約1m離れた船首尾・左右舷の4方向から測定
- ✓ 原則として、発電機周りでは、それらから約1m離れた船首尾・左右舷の4方向から測定
- ✓ 機関制御室、工作室で騒音レベル及び1/3オクターブ分析測定を実施

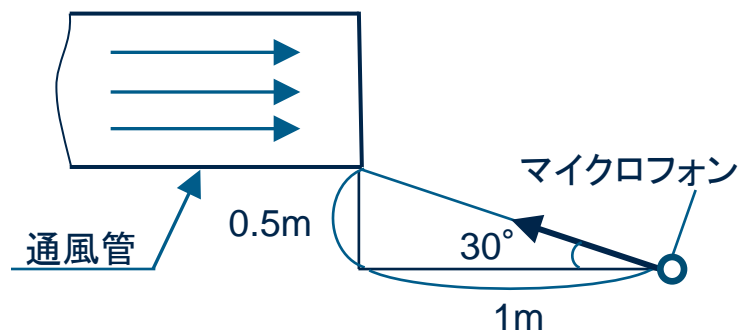
6. 空調装置及びファン計測方法

6.1 一般

- ✓ 5.1と同様

6.2 測定場所

- ✓ 空調装置周りでは、原則として、約1m離れた船首尾・左右舷の4方向から測定。測定できない場合は、空調装置と近くの反射面の中間の位置で測定
- ✓ 通風管、給気・排気管などの空気流の影響が考えられる場所の音源騒音測定は、開口端空気流方向に対して約30度の方向で1mのところマイクロフォンを設置して測定
- ✓ 参考として、陸電時に居室の吹出部の測定を実施
- ✓ 空調装置を設置している室内で騒音レベル及び1/3オクターブ分析測定を実施



7. 固体音計測方法

7.1 一般

- ✓ 振動レベルは、加速度レベルで測定
- ✓ ピックアップは、圧電型加速度ピックアップを使用
- ✓ 原則として、周波数補正は平坦特性を使用
- ✓ 1/3オクターブ分析を実施

7.2 測定場所

- ✓ ピックアップ取付方法：
 - ① パネルの垂直方向
 - ② スティフナ、根太の位置は避け、パネルのほぼ中央に装着
 - ③ 原則として、両面接着テープで取付け

加速度ピックアップ



騒音計（振動計）

8. 報告書

騒音計測データ(1/2)

(1) 一般

測定者の所属・氏名			
使用計器	騒音計 オクターブ分析器	準拠規格	準拠規格

(2) 船の主要目

一般	船の概要
船番	Lpp m
船名	B(molded) m
船総	D(molded) m
船籍	d(molded) m
船種	機関室長さ m
引渡し日	Dead weight M.T.
造船所名	Gross tonnage
	航海速力 KTS
上部構造	主機
上部構造の位置	主機数
構造のタイプ	種類
上部構造のタイプ	型式
デッキ数	出力 (M.C.O.)kW × min ⁻¹
煙突の位置	(C.S.O.) kW × min ⁻¹
プロペラ	発電機
軸数	発電機数
プロペラの翼数	種類
直径	BHP × r.p.m.
	場所

(3) 計測時の本船の状態

	MAIN ENGINE OUT PUT C.S.O.		
計測日			
計測場所			
天候			
風速			
風浪階級			
水深			
船の載荷状態			
排水量			
da(F.P.)			
da(A.P.)			
主機 kW × min ⁻¹			
発電機			
可変ピッチプロペラ			
機関室通風装置			
倉内通風装置			
居住区通風装置			
空調装置			

➤ 研究の成果

（1）船内騒音プログラム仕様書

- 造船所各社の要望に基づき、実用的、かつ、入力工数の低減を図るプログラム仕様を作成した。

（2）空気音及び固体音の標準計測法

- 騒音予測プログラムの開発に必要なデータを実船で収集するための空気音及び固体音の標準計測法を作成した。

➤ 今後の計画

- (1) 船内騒音プログラムを作成する。
- (2) 空気音及び固体音の標準計測法に基づき、各社建造船で計測を実施する。
- (3) 実船データを基にプログラムの検証作業を行う。
- (4) 2014年9月に本プロジェクトを完了する予定。

船内騒音予測に関する研究開発(フェーズ1)
に関する成果報告

終り