

騒音対策指針と 新しい船の設計について

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
海上技術安全研究所

平方 勝

目 次

1. はじめに
2. モデル船のSEAによる検討
3. 簡易船体SEAモデルによる騒音対策の効果検証
 - A) エンジンケーシング (EC) 配置
 - B) 発電機配置
 - C) エンジンベッド剛性
 - D) 空調騒音
4. 騒音対策指針
5. まとめ

はじめに (1)

2012年、国際海事機関(IMO)において、騒音コードが強制コードとして採択された

(適用)

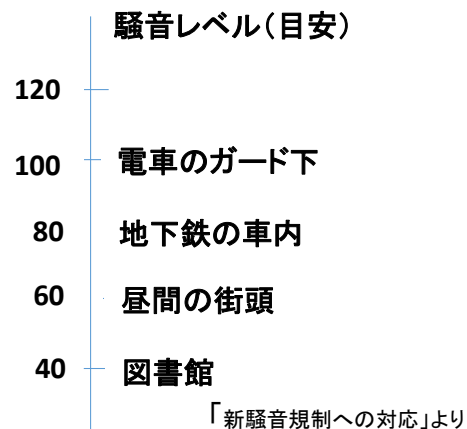
2014年7月1日以降の建造契約船で1,600総トン以上の国際航海に従事する船舶
内航船についても平水区域を航行する船舶を除く1,600総トン以上の船舶
ただし、騒音レベルの規制値についてのみ、2017年7月1日までの3年間適用が延期される。

(規制内容)

単位: dB(A)

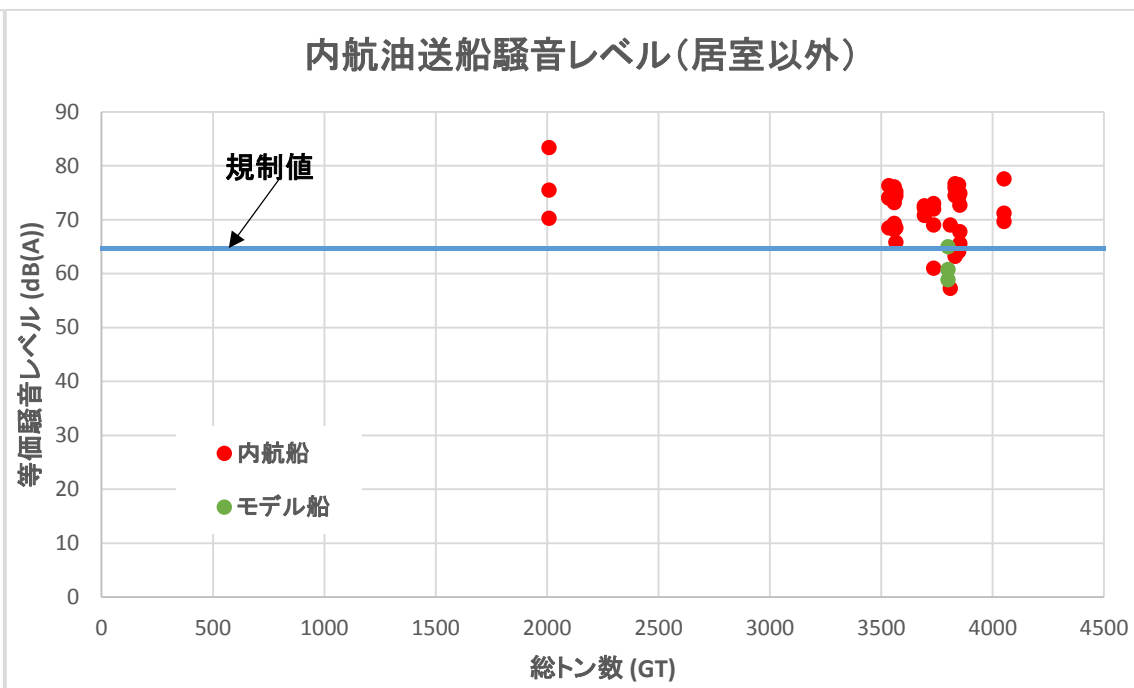
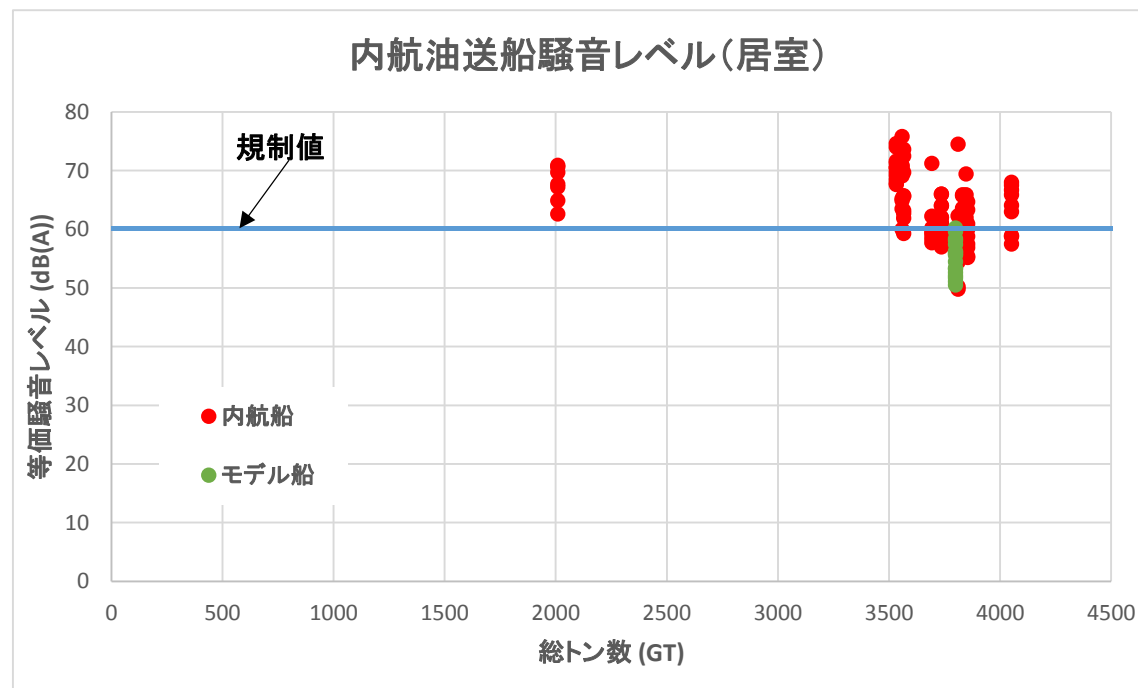
室・区画の名称	1,600GT以上 10,000GT未満	10,000GT以上
機関室	110	110
機関制御室	75	75
船橋	65	65
無線室	60	60
レーダー室	65	65
居室及び病院	60	55
食堂	65	60
娯楽室	65	60
事務室	65	60
調理室	75	75

- ✓ 海上公試時に騒音計測を実施する。
- ✓ 騒音測定は、常用出力または最大出力の80%以上で行う。
- ✓ 騒音測定中は、通常航海で使用する全ての機器が運転。
- ✓ エンジンルームファン、空調装置は通常運転。



はじめに (2)

内航船の騒音レベル実態 (2015年時点)



小型船では、規制値より10 dB(A)以上超えた部屋がみられる。

➡ 抜本的に船体構造、配置を見直す必要がある。

騒音規制値を満足する船舶(以降、モデル船という)がある。

- モデル船の特徴をSEAで詳細に調査
- 簡易船体SEAモデルを作成し、騒音低減に寄与する設計因子を調査

はじめに (3)

H27年度「内航船における船内騒音の予測手法及び対策指針に関する調査」事業

1. 静音性に優れたモデル船の調査及び主機の振動分析

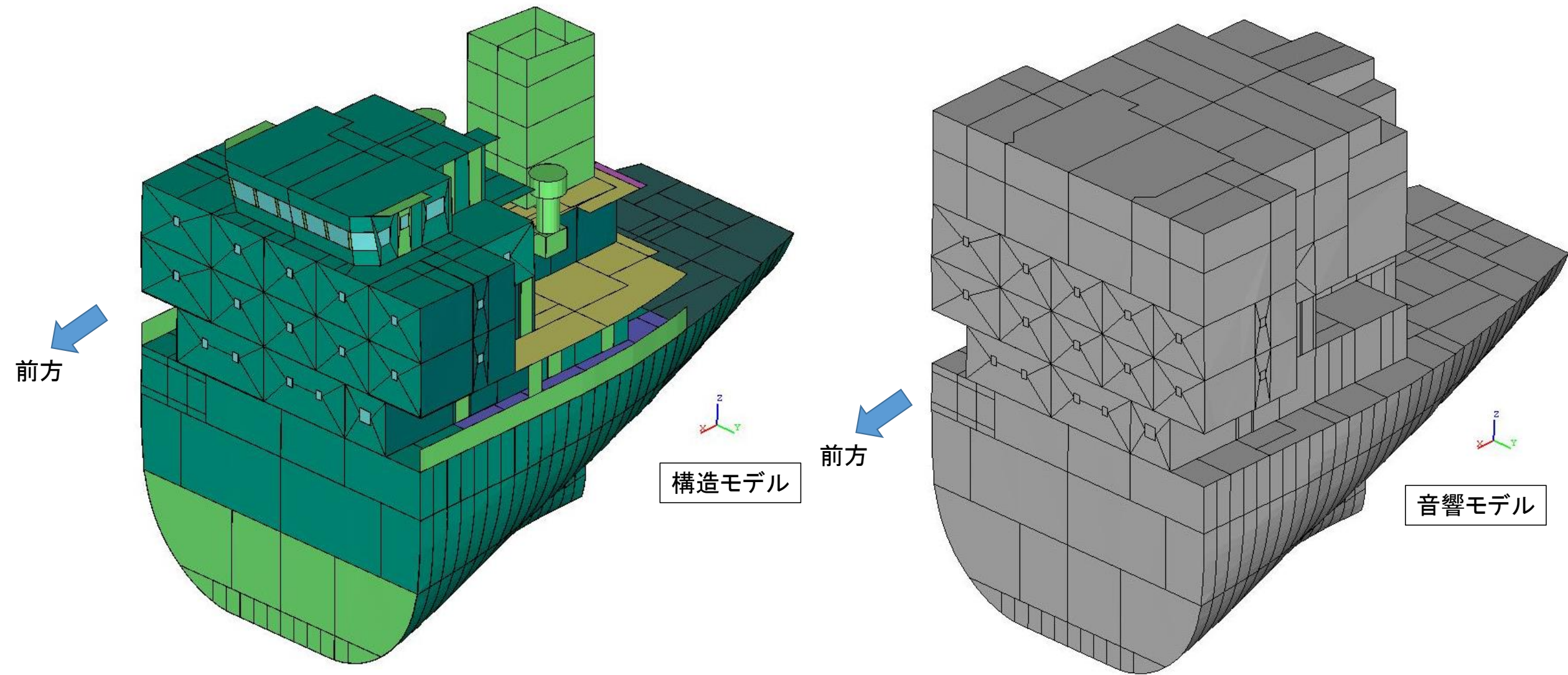
- ① 静音性確認のため、モデル船の実船計測
- ② 主機を対象とした陸上試験時の振動計測結果と海上試運転時の振動計測結果の比較

第一浪速丸
白油タンカー
浪速タンカー(株)
新来島広島どっく建造
3,834 GT
4,999 DWT
平成26年8月竣工

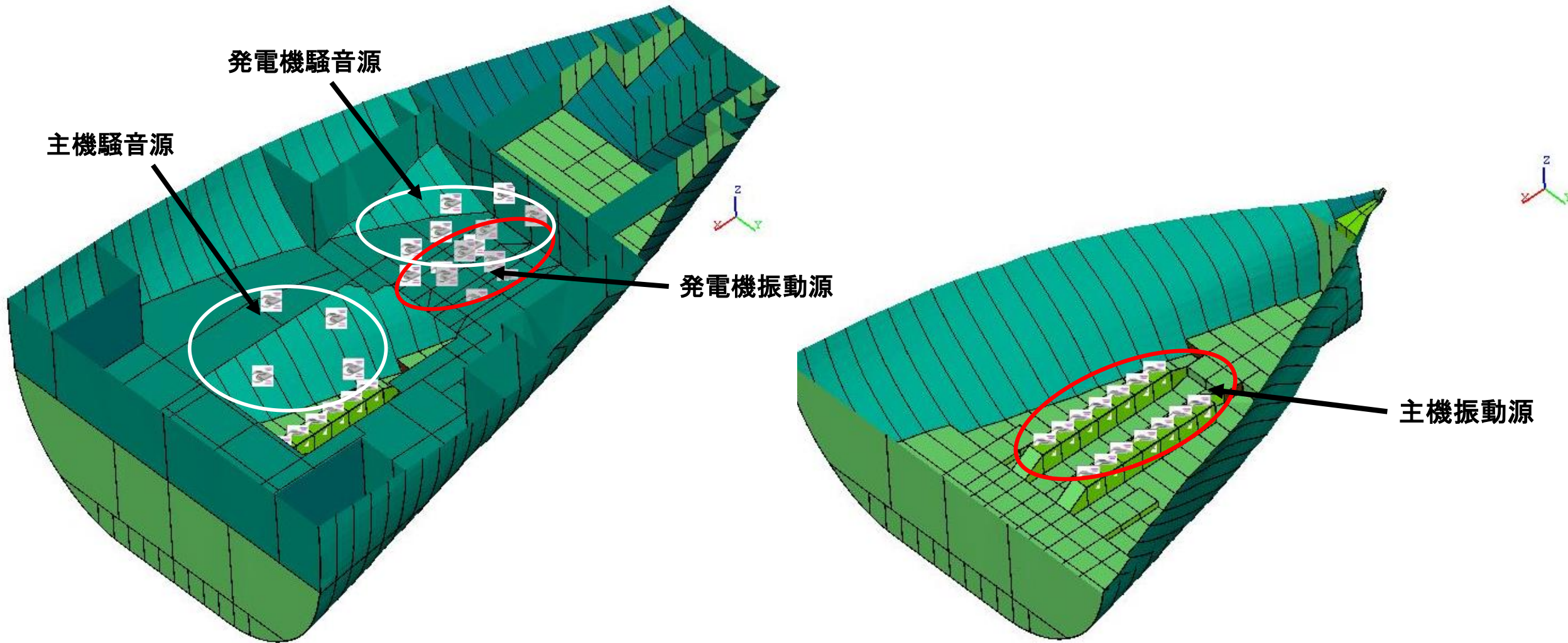
2. 騒音対策指針の作成

- ① 統計的エネルギー解析(SEA)手法を用いた、モデル船の特徴を分析
- ② 騒音対策指針の作成

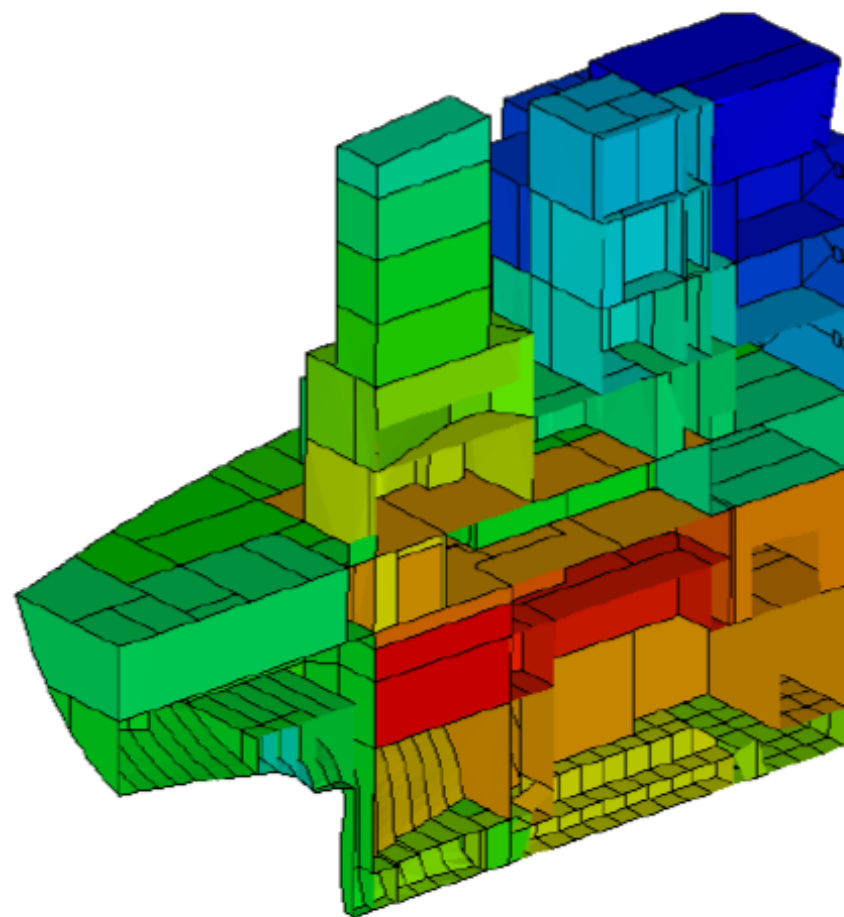
モデル船のSEAによる検討 (1) ーモデルー



モデル船のSEAによる検討 (2) ー振動源、騒音源の設定ー



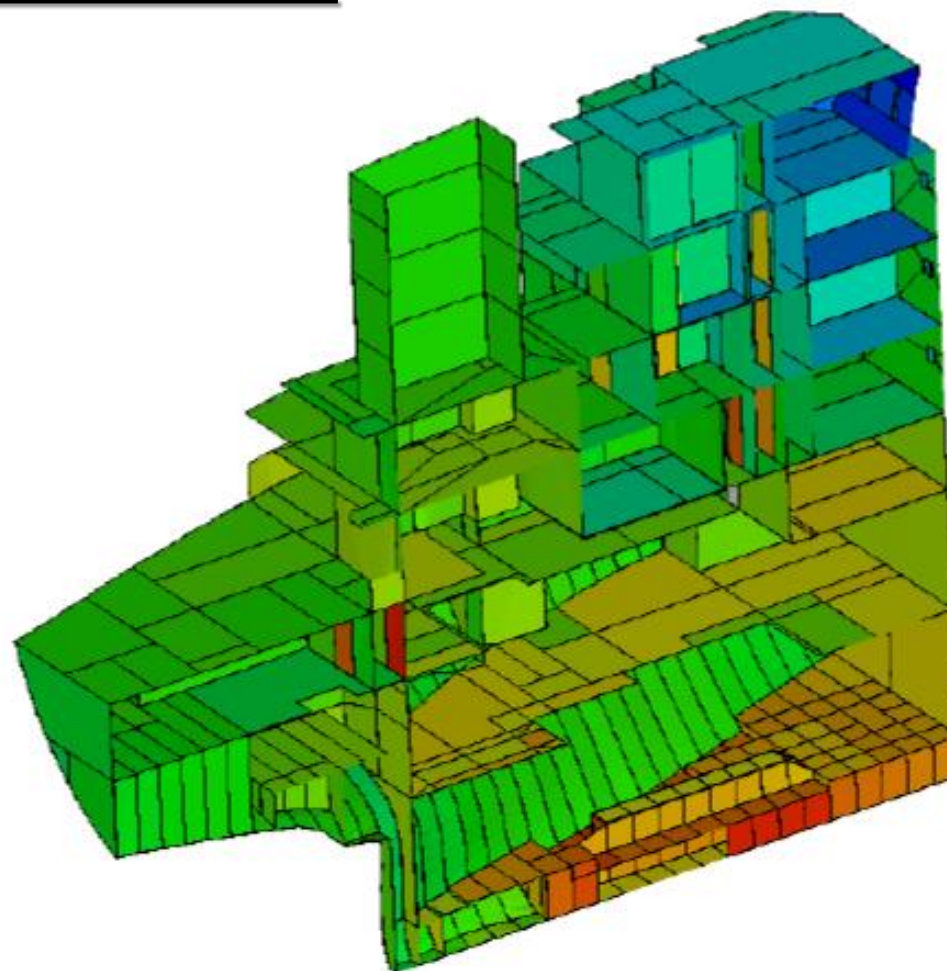
モデル船のSEAによる検討 (3) —結果1—



Overall Level
Pressure Magnitude RMS
dBA
ref=2e-5 Pa

105.4
101.6
97.82
94.04
90.26
86.47
82.69
78.91
75.13
71.35
67.56
63.78
60
56.22
52.44
48.65

音響騒音レベル[dBA] (ref = 2e-5 Pa)



Overall Level
Velocity Magnitude RMS
dB
ref=5e-8 m/s

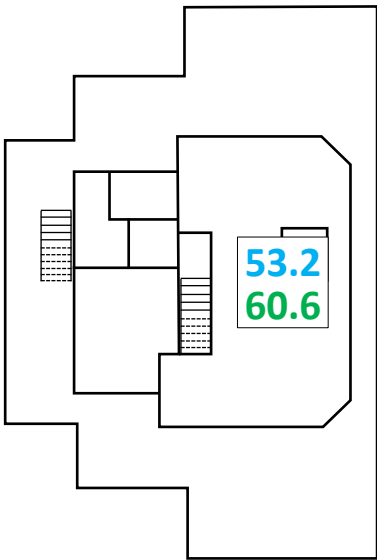
95
92.08
89.16
86.23
83.31
80.39
77.47
74.55
71.62
68.7
65.78
62.86
59.94
57.01
54.09
51.17

構造振動レベル[dB] (ref = 5e-8 m/s)

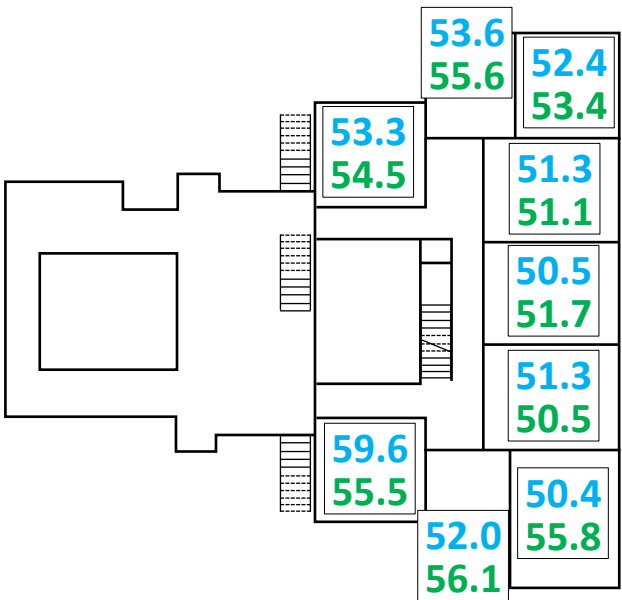
モデル船のSEAによる検討 (4) - 結果2 -

SEA解析 OA値
海上公試OA値

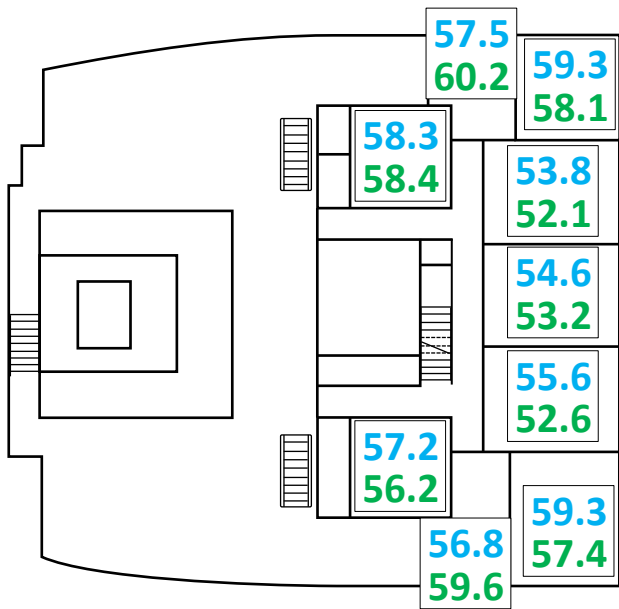
NAV.BRI. DECK



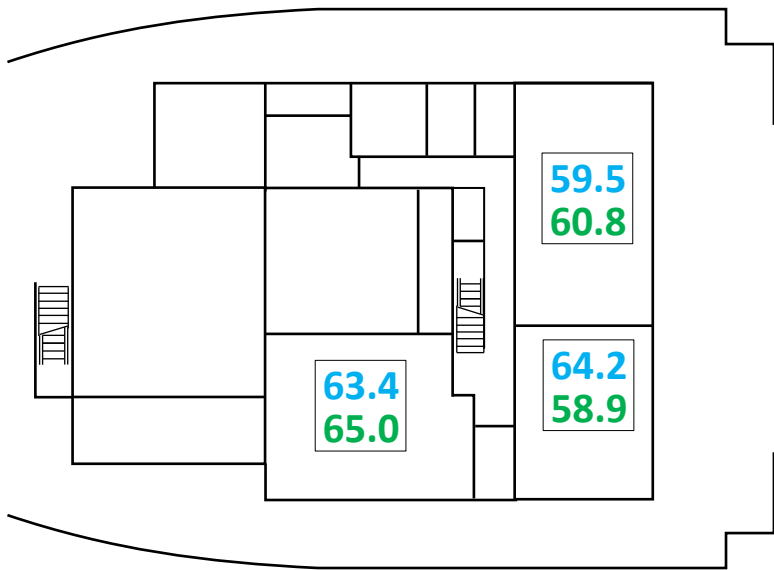
CAPTAIN. DECK



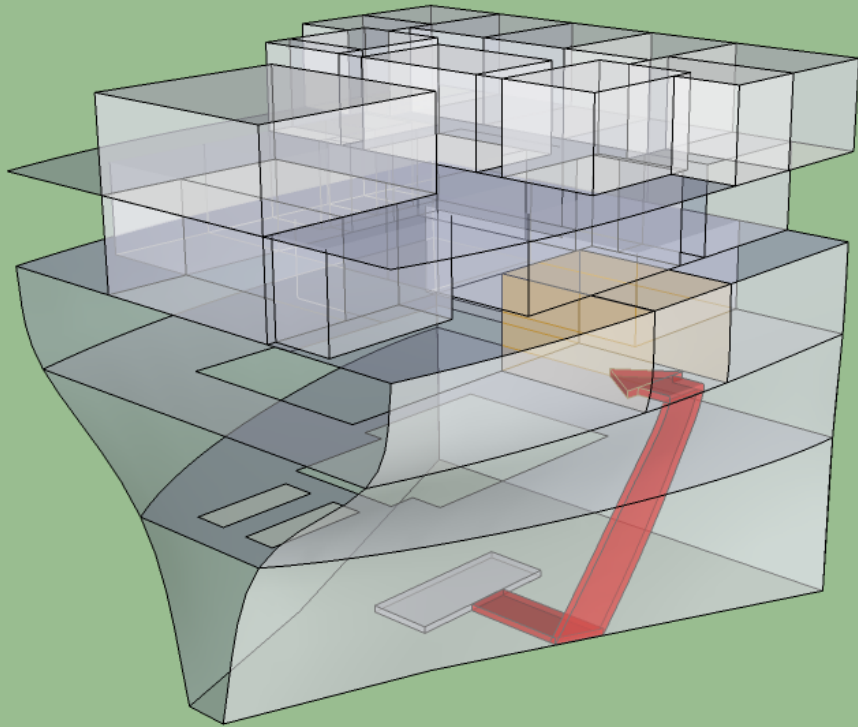
BOAT DECK



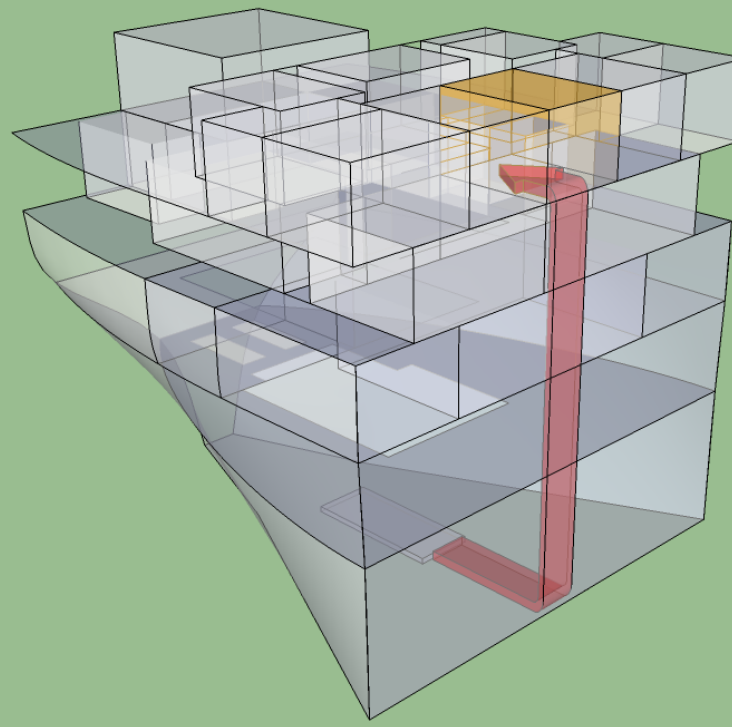
POOP DECK



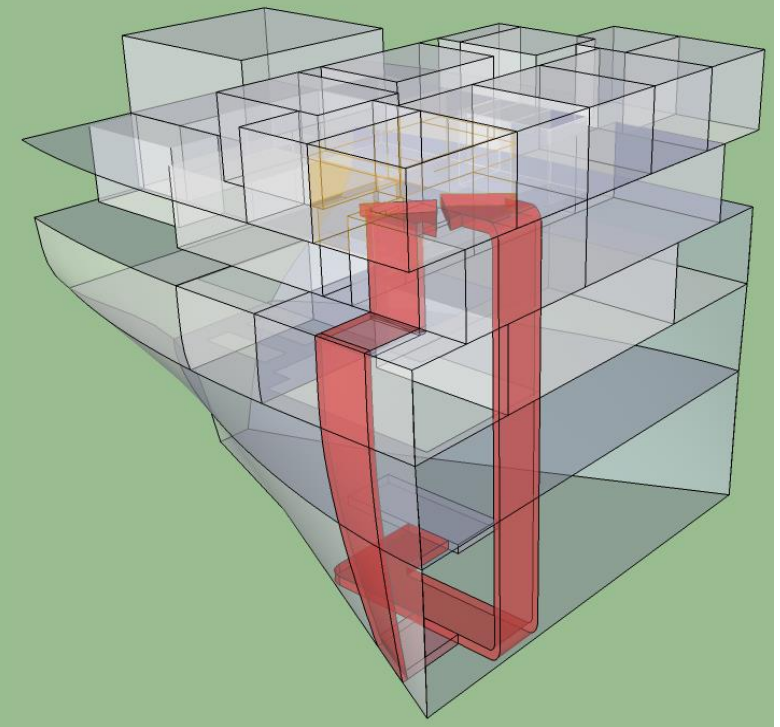
モデル船のSEAによる検討 (5) ー伝播経路ー



舷側区画



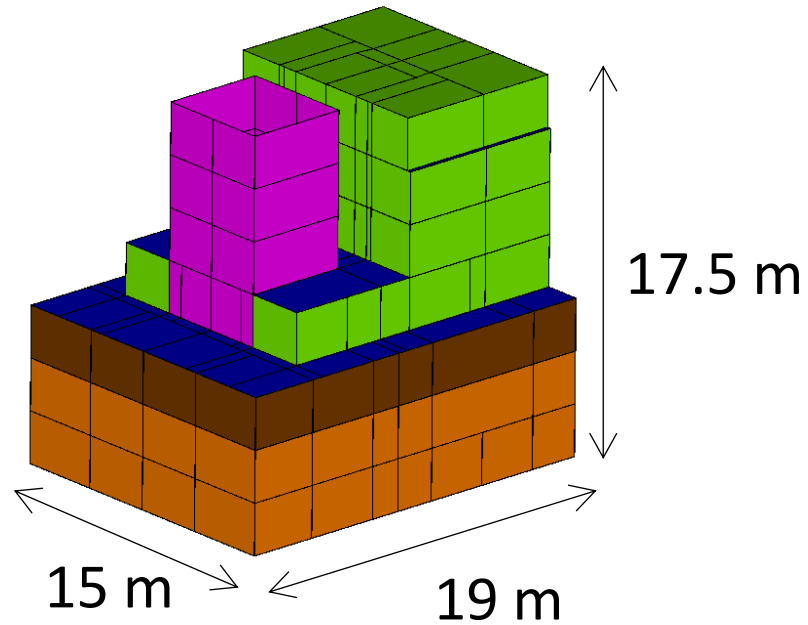
前方居室



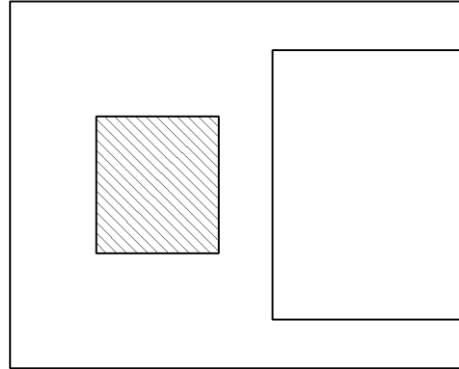
前方右端居室

- いずれの区画へのエネルギー伝播も、主機の振動が支配的である。実船計測結果と整合する。
- 舷側区画へは船側外板を経由して、前方居室へは前隔壁を経由する、すなわち、構造的連続部を直線的に伝播する経路が支配的であった。
- 前方右端居室へは、船側外板を経由する経路、前隔壁を経由する経路の両方が寄与している。前方居室よりも騒音レベルが高いのは、両経路からのエネルギー伝播が原因と考える。

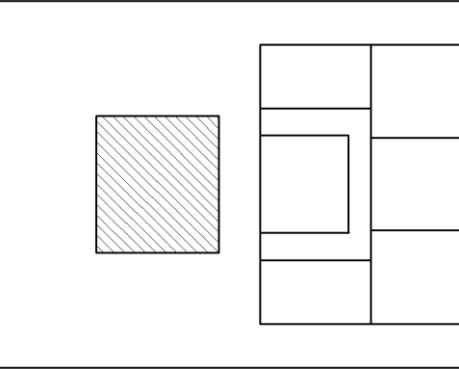
簡易船体SEAモデルによる騒音対策の効果検証



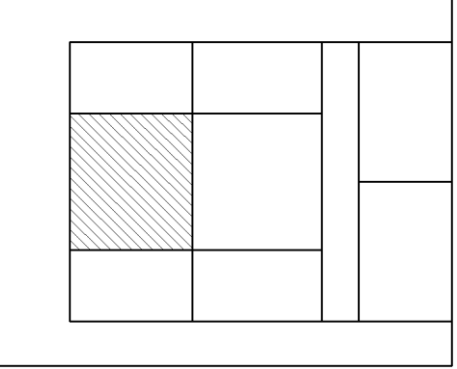
N DECK



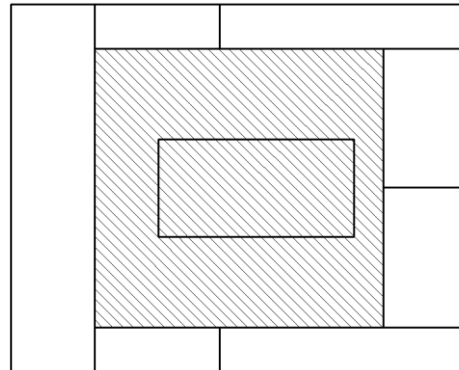
C & B DECK



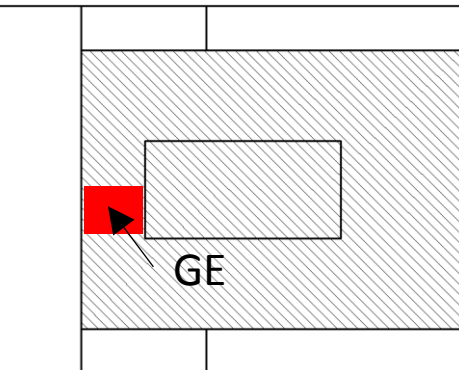
P DECK



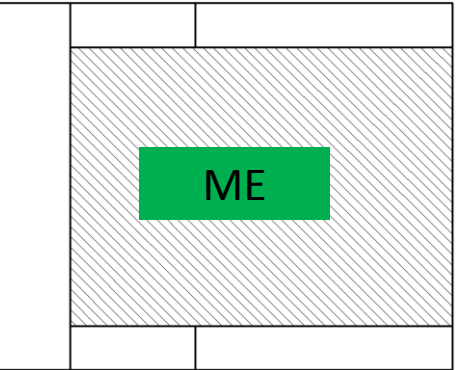
U DECK



2nd DECK



Lower Floor

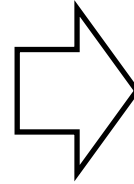


- ✓ 船幅、デッキ高さ、機関室長さはモデル船を参考に
- ✓ デッキ数はモデル船と同じ
- ✓ モデル船と同じ板厚を使用(二重底構造でない)
- ✓ 桁材、柱等は省略
- ✓ 居住区床はモデル船と同じデッキコンポジション使用
- ✓ ME・GE取付部のパネルとその周辺のキャビティに Constraintを用い実船計測値入力

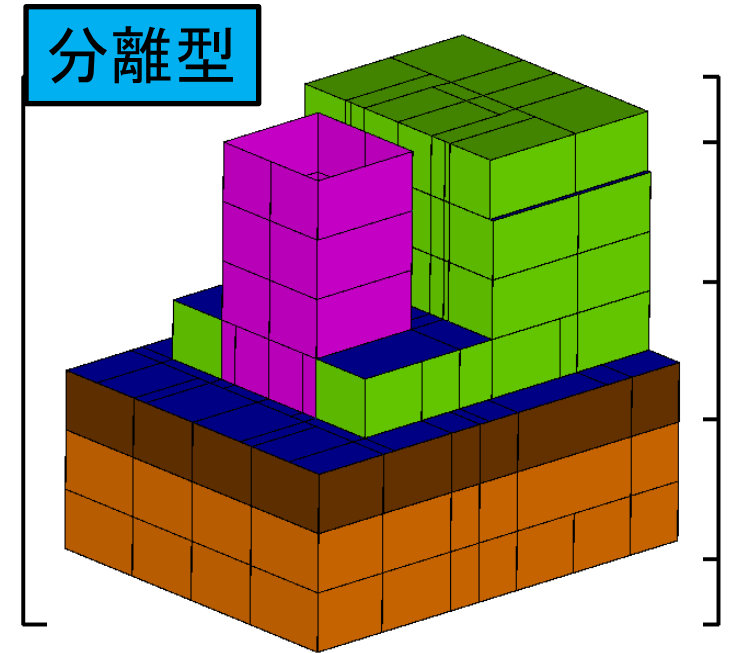
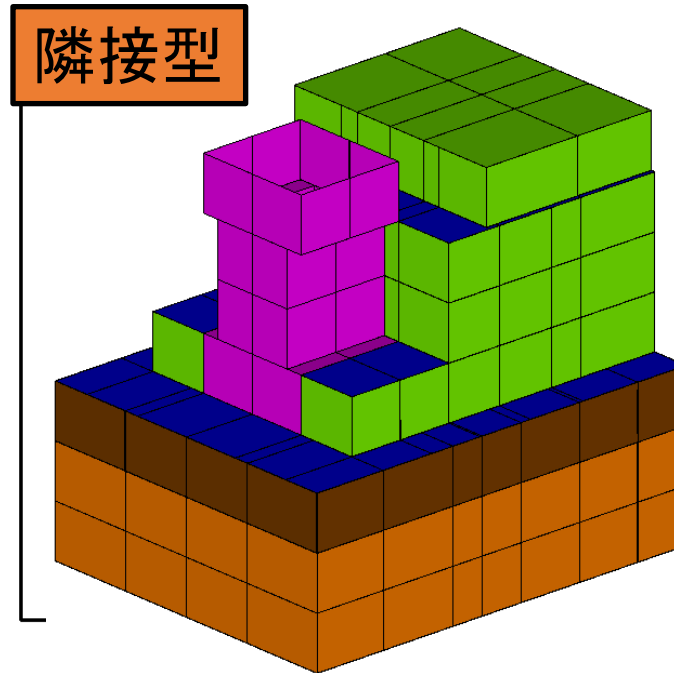
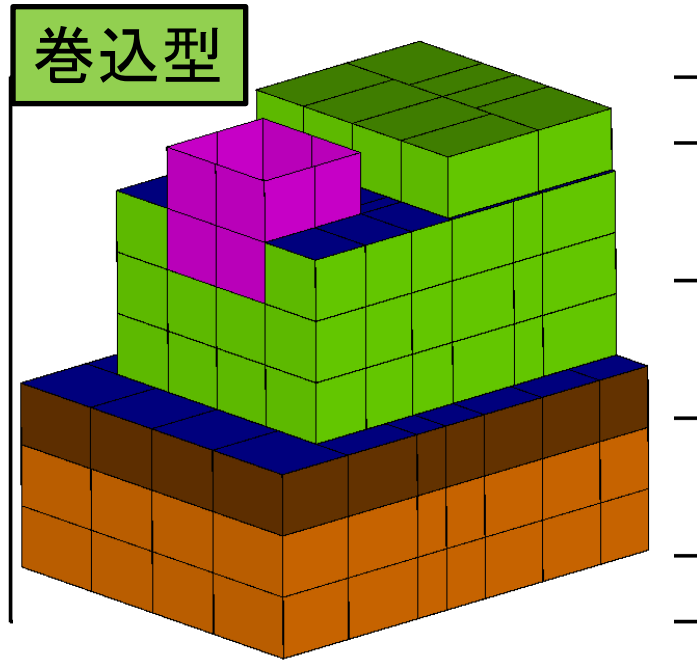
A. エンジンケーシング(EC)配置 -概要-

ECと居住区の配置の関係が

- ✓ 巻込型: 居住区中央にEC配置
- ✓ 隣接型: 居住区後方に隣接してEC配置
- ✓ 分離型: 居住区から分離してEC配置



これら3つのモデルを作成し、
居室騒音レベルを比較

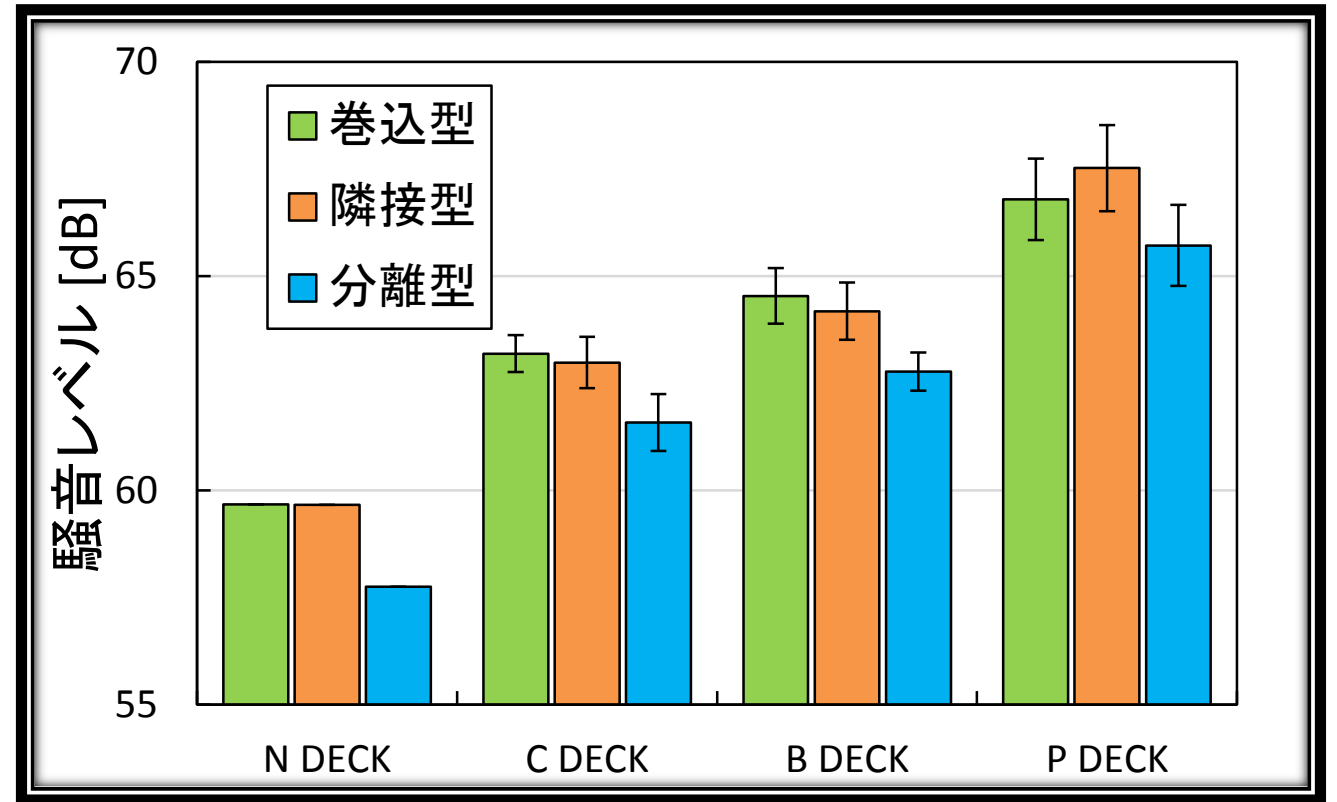


A. エンジンケーシング(EC)配置 -計算結果-

- ✓ C, B DECKで分離型が最も静かで巻込型が最も騒音レベルが大きい
- ✓ 分離型は他のEC配置よりも2 dB程騒音レベルが小さい

➡ 定性的・定量的に実船計測の結果と大きな差はない

ECの配置改善により、騒音レベルが低減することが期待される

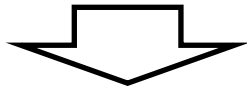


B. 発電機配置 -概要-

実船計測による経験

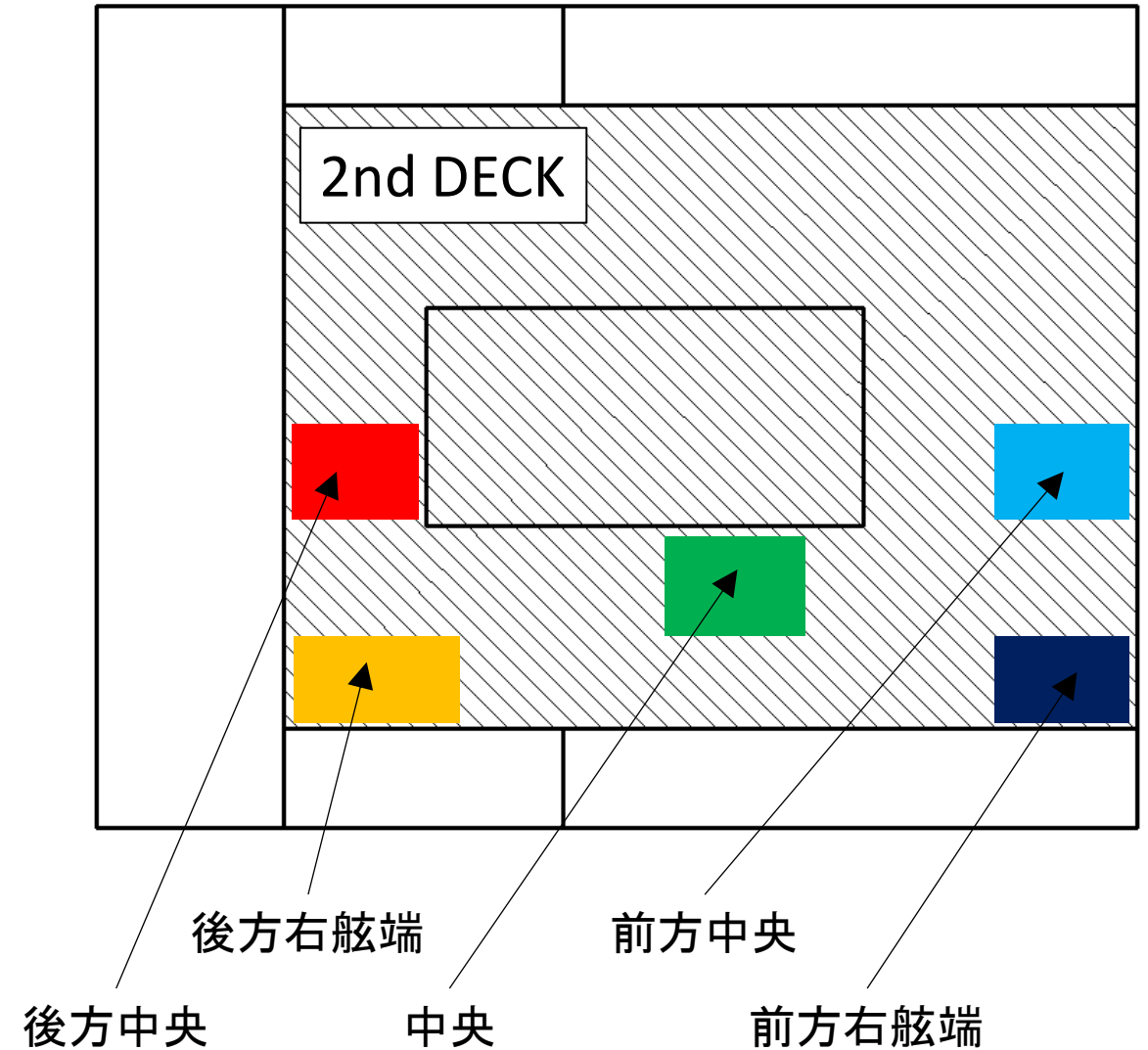
居住区に近い前方のGE配置により、騒音レベルが大きくなる傾向

ECの配置を5パターン作成し、それぞれの取付部のパネル、周辺のキャビティに同じ振動・騒音レベルを与える



各配置における居室騒音レベル比較

※EC配置は分離型モデルを使用

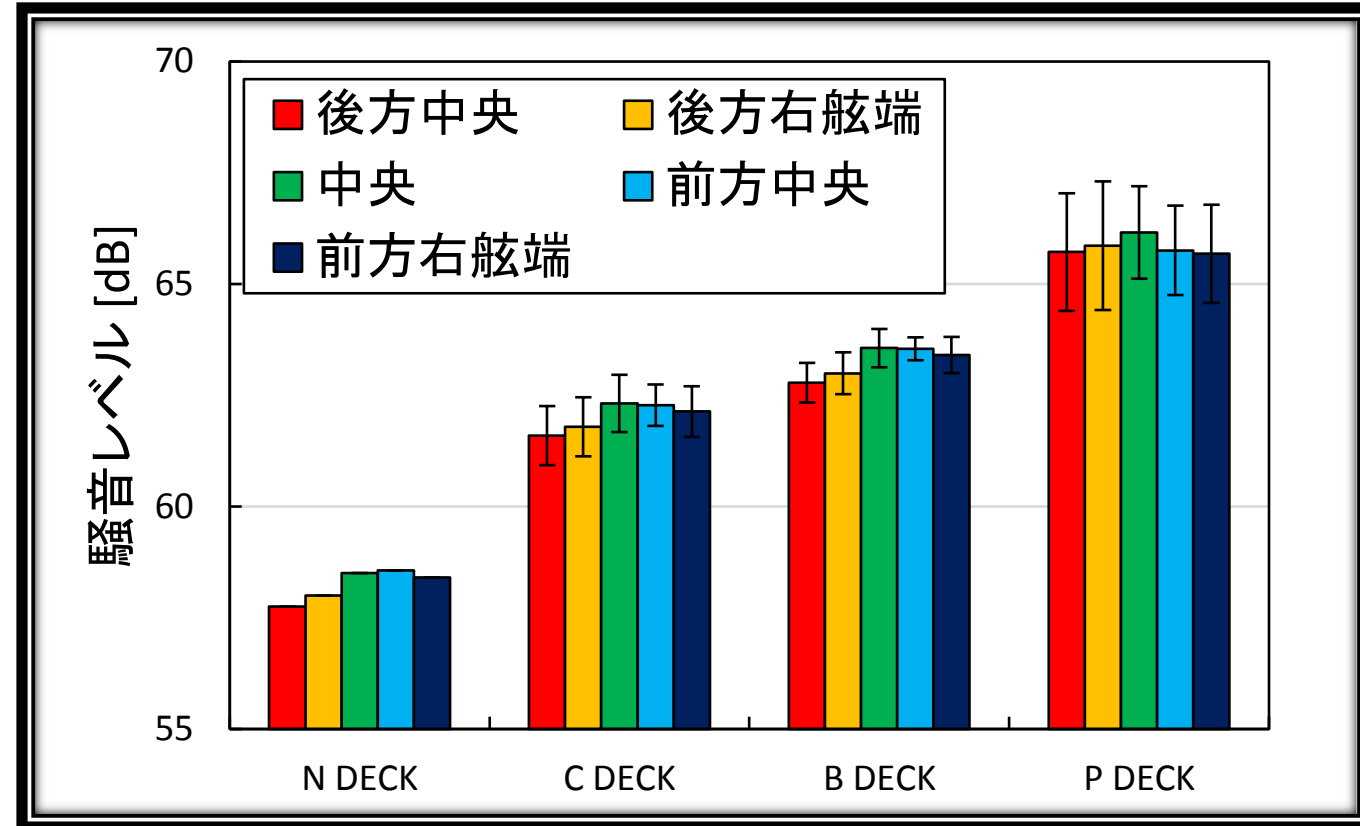
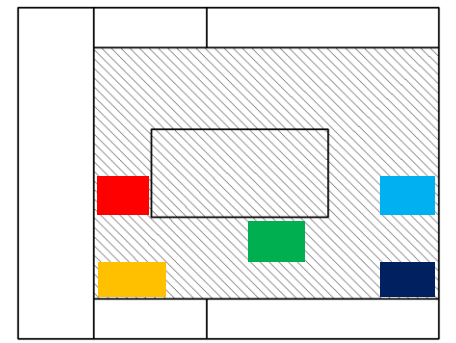


B. 発電機配置 -計算結果-

- ✓ 中央 > 前方中央 > 前方右舷端 > 後方右舷端 > 後方中央
- ✓ 中央と後方中央でおよそ1 dB程度、騒音レベルが変化

➡ 定性的・定量的に実船計測の結果と大きな差はない

発電機配置改善により、騒音レベルが低減することが期待される



C. エンジンベッド剛性 -概要-

実船計測による経験

ME取付部の剛性が高い(極厚板を使用など)とMEから伝播する振動レベルが低減される

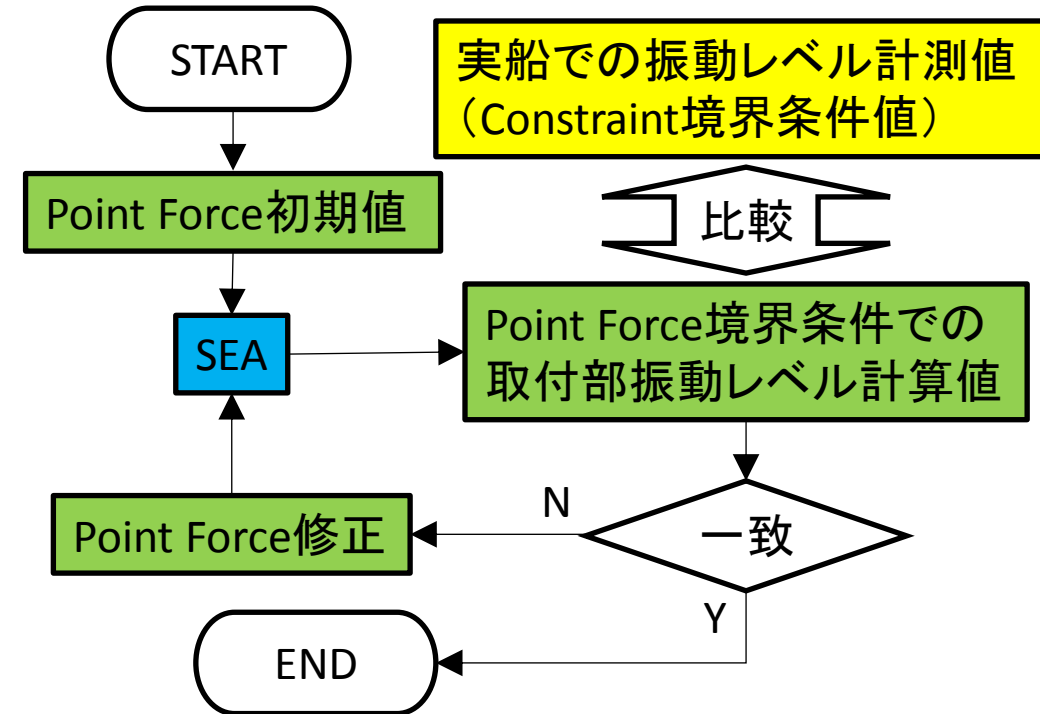
⇒ 主機取付部の板厚を変更し居室騒音レベル比較

ただし、同じME、異なる板厚の取付部にConstraintで同じ振動レベルを与えるのは不適切

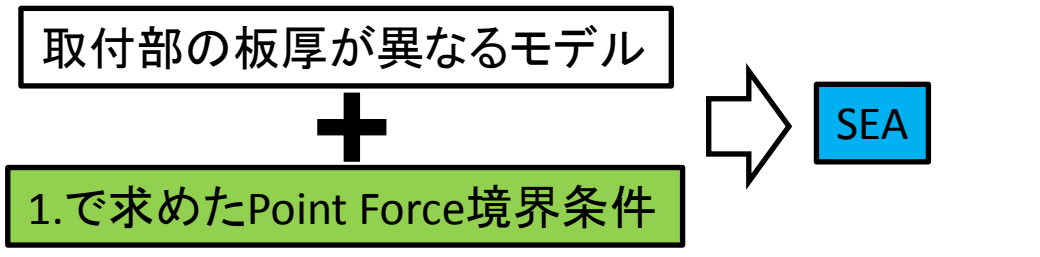
⇒ 取付部に負荷する加振力は一定と仮定し、境界条件をConstraintからPoint Forceに変更

1. 元の板厚を用いPoint Forceの値(加振力)を導出
2. 求めたPoint Forceを用い異なる板厚で騒音予測

1. Point Force導出(元の板厚)



2. 騒音解析(異なる板厚)



C. エンジンベッド剛性 -計算結果-

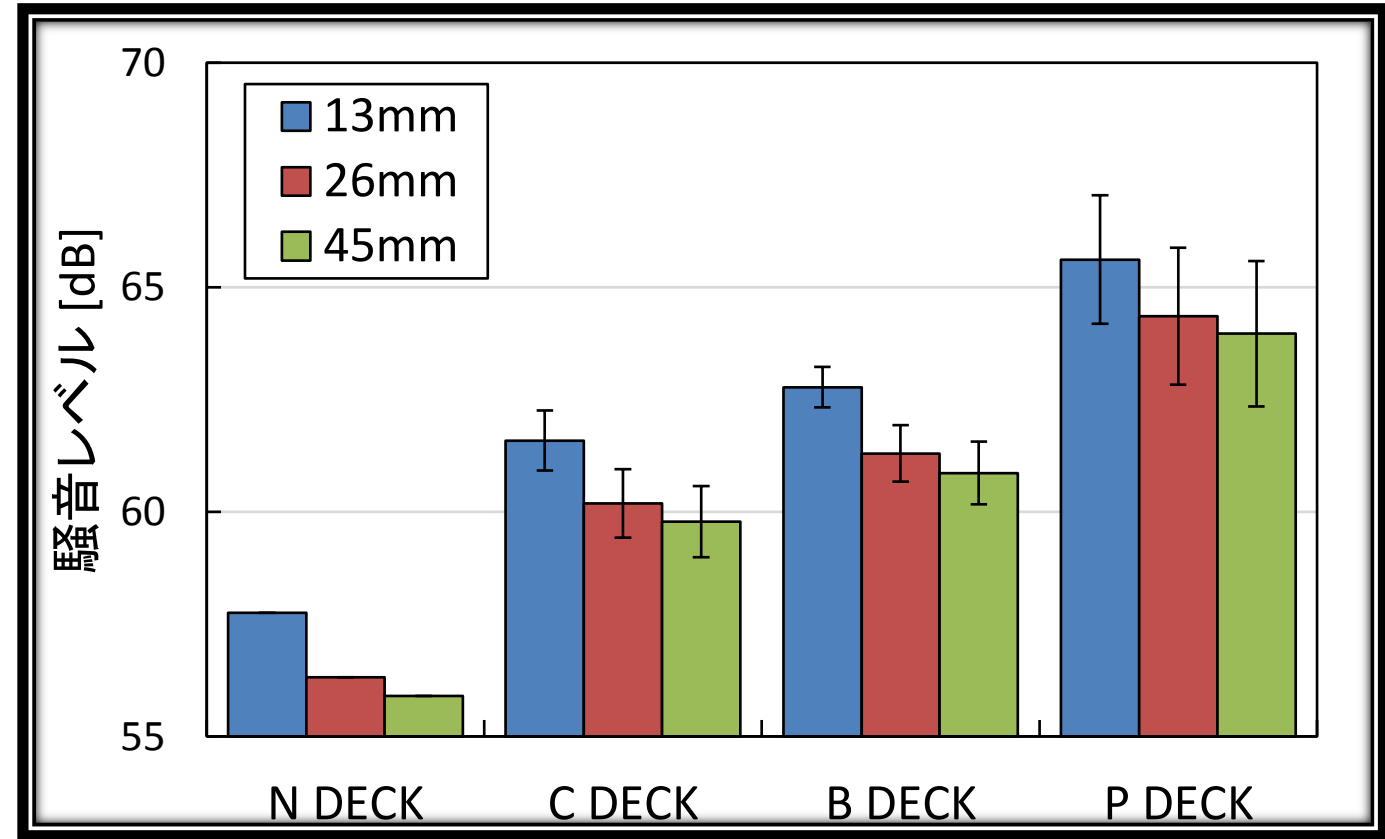
元の板厚(13t)と26t, 45tのモデルで
Point Force境界条件を用いて騒音解析
(※分離型モデルを使用)



ME取付部を増厚し, 居室騒音レベル
が2dB弱低減

※ただし, 26tから45tの増厚においては
騒音低減は比較的微小

実船の経験則とおおまかに一致



D. 空調騒音 -概要-

一部の船舶で居室内空調からの騒音が無視できないほど大きい



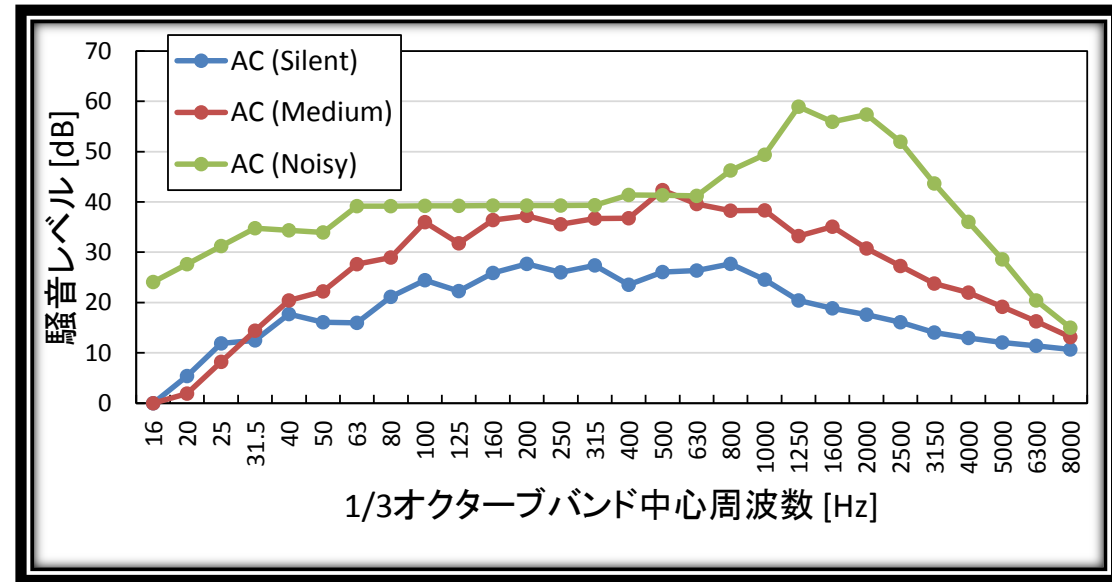
空調騒音の影響をSEAで検証

空調騒音を実船計測から3パターン(右図)作成し,
Power Source (Acoustic) により
居室内キャビティにエネルギー Π_{in} を付与して計算

	L_{AC} (OA)
AC (Silent)	36.7 dB
AC (Medium)	48.7 dB
AC (Noisy)	63.3 dB

$$p_{AC} = p_0 \times 10^{(L_{AC} - A_w) / 20}$$

$$\Pi_{in} = \frac{p_{AC}^2 A \alpha}{4 \rho c}$$



p_{AC} : 空調音圧
 p_0 : 基準音圧
 L_{AC} : 空調音圧レベル
 A_w : A特性補正值
 Π_{in} : 居室に与えるエネルギー
 A : 居室の表面積
 α : 居室の吸音率
 ρ : 空気密度(1.21 kg/m³)
 c : 空気音速(343 m/s)

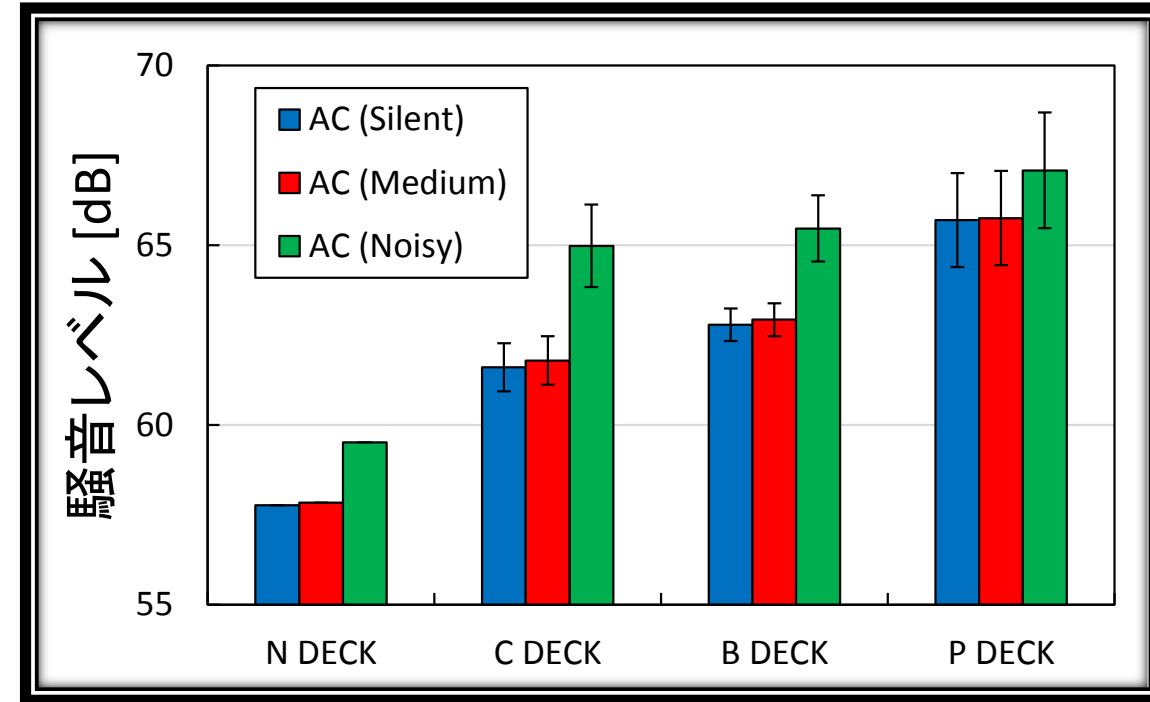
D. 空調騒音 -計算結果-

EC分離型にて各騒音モデルの比較を行う

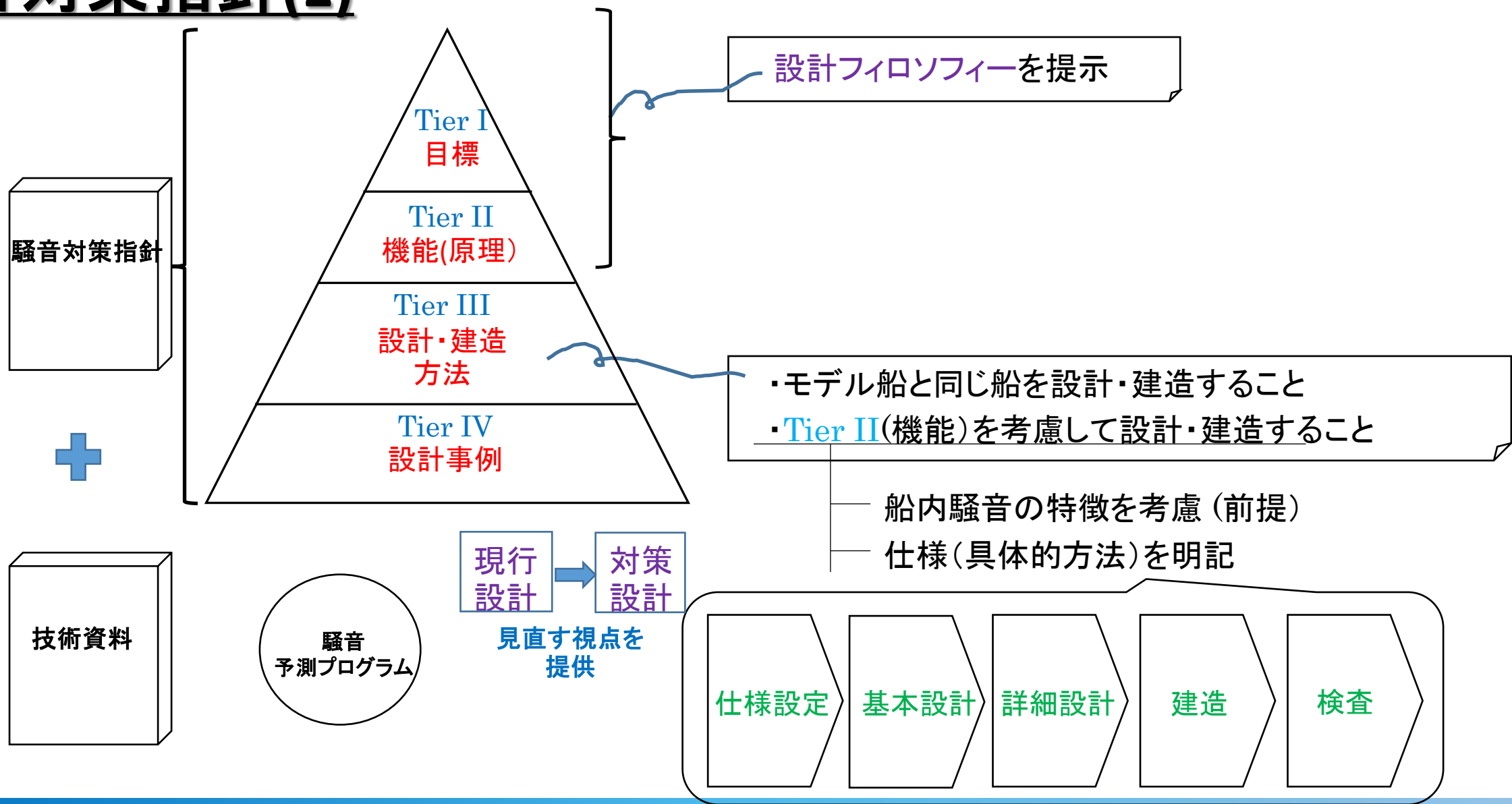
Silent (36.7dB)とMedium(48.7dB)に差はないが、Noisy(63.3dB)で著しく騒音レベルが高くなる

⇒ 空調騒音はあるレベルまでは支配的だが、一定値以下に抑えれば十分

⇒ 実船計測と定性的に一致



騒音対策指針(1)



騒音対策指針(2)

目標 (Tier I)

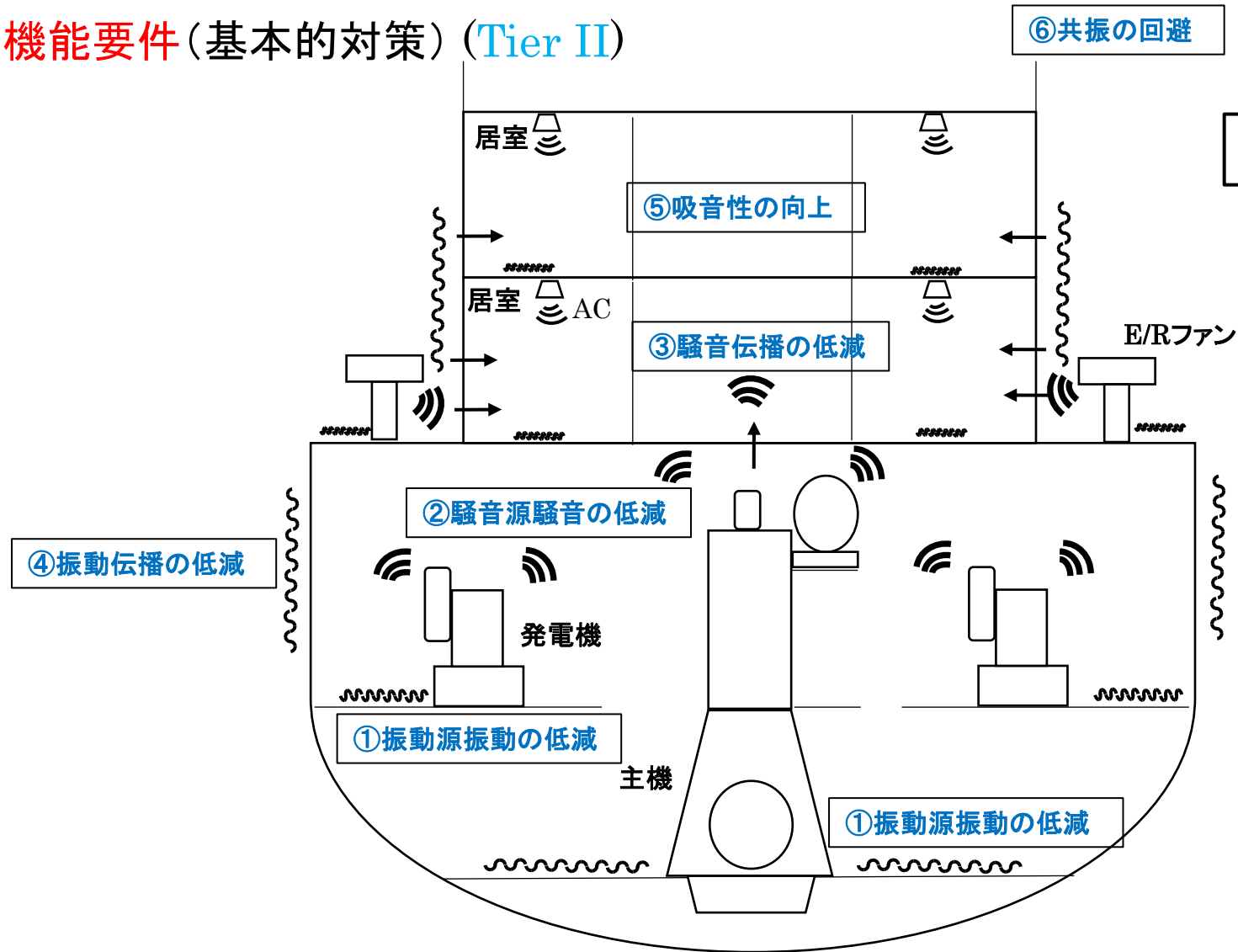
船員の健康に配慮し、安全な労働環境を提供することを目的としたIMO MSC決議 MSC.337 (91) “Code on noise levels on board ships” (以下、騒音コードという)で規定する騒音レベル以下に内航船を設計・建造するために、現行の設計・建造工程を見直すにあたっての技術的指針を与える。

適用

騒音コードが適用される総トン数が1,600トン以上の船舶で、10,000総トン未満の内航船に適用する。

騒音対策指針(3)

機能要件(基本的対策)(Tier II)



効果的な騒音対策

船体区画、居住区、機関室配置の最適化



最適な機関の選定



騒音対策品の選定

騒音対策指針(4)

機関室・居住区域の基本設計 (Tier III , Tier IV)

- エンジンケーシングの配置
- 発電機の配置
- 機関据付部の構造設計
- 機関室(上甲板区画)の配置と遮音性
- エンジンルームファンの配置と対策
- 空調機対策
- 上部構造物形状
- Ventilation Tunnel (V/T)の配置
- エアコンルームの配置

エンジンケーシングと居住区は分離

発電機を居住区から離す

機関据付部の剛性を高める

Poop Deck区画下は、遮音性のある区画を配置する

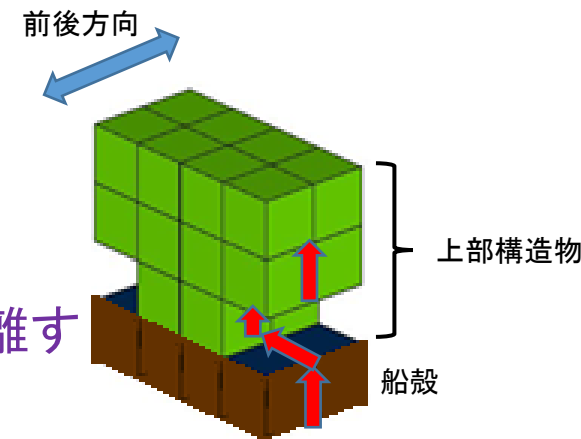
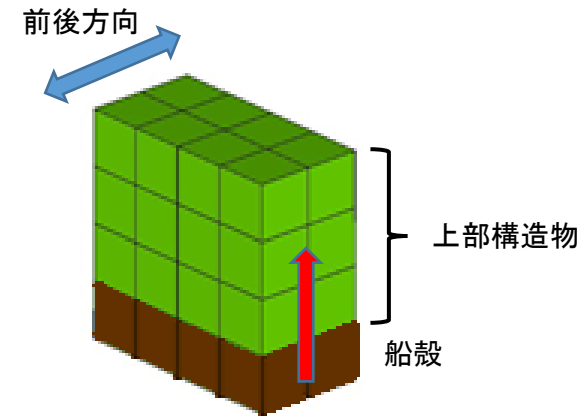
エンジンルームファン 給気口騒音レベルを下げる

静音性のいい空調機を採用する

エネルギー伝達損失の大きい形状

V/Tをエンジンケーシング壁面から離す

エアコンルームは規制対象の区画から離す



まとめ

- 静音性に優れたモデル船を対象に、統計的エネルギー解析(SEA)手法を用いて、振動伝播特性等、特徴を分析した。
- 騒音低減に寄与する設計因子を調査するために、船体構造を簡略化した簡易船体SEAモデルを作成し、騒音低減に寄与する設計因子を定性的に評価することができた。
- エンジンケーシングの居住区からの分離、発電機を居住区から遠ざける、機関据付部の剛性を高めるといった設計変更は、騒音レベルを低減できることが簡易船体SEAモデルで確認できた。
- モデル船の解析、簡易モデルの解析を基に、騒音対策指針を作成した。
- 騒音対策指針は、IMO Goal Based Standard (GBS)を参考に、指針の目標を明確に、目標を達成するための基本的要件を定め、さらに具体的な対策内容を定める構成とした。
- 騒音対策指針では、契約から設計・建造の段階を意識して、各段階での対応をまとめた。
- 騒音対策指針の基本的要件は、船舶の大きさに関係なく、適用可能なものである。

騒音対策指針は、下記に掲載

鉄道・運輸機構HPのトップ＞業務案内＞船舶共有建造＞騒音対策指針

<http://www.jrtt.go.jp/02Business/Vessel/vessel-noiseCtrl.html>