

**平成 2 8 年度
騒音規制非適用内航船における
船内騒音対策に関する調査
報告書**

**平成 29 年 3 月
独立行政法人
鉄道建設・運輸施設整備支援機構**

平成 28 年度「騒音規制非適用内航船における船内騒音対策に関する調査」

目次

1. はじめに	1
2. 騒音規制非適用内航船の騒音レベル調査	2
2.1 全般	2
2.2 詳細な検討	6
3. 船内騒音対策	11
4. 騒音規制非適用内航船の騒音予測	13
5. 騒音対策による効果の予測	24
5.1 浮床対策	24
5.2 多孔質天井パネル対策	33
5.3 発電機防振対策	41
5-4 組み合わせ対策	50
5-5 その他対策	52
5-6 効果の予測まとめ	56
6. まとめ	57

付録

付録 1 騒音レベル調査船の居室・機関室配置図	省略
付録 2 騒音計測結果	省略

1. はじめに

2012 年 11 月の国際海事機関(IMO)第 91 回海上安全委員会(MSC91)において、船内騒音コードの改正案及び同コードを強制化する海上人命安全条約(SOLAS 条約)の改正案が採択された。同コードの適用対象は、2014 年 7 月 1 日以降に建造契約が結ばれた総トン数 1,600 トン以上の船舶であり、我が国では、限定沿海以遠 1,600 総トン以上の内航船についても同コードを適用することとし、騒音基準については 3 年猶予期間を設けて 2017 年 7 月 1 日建造契約船から適用することが決定された。

こうしたことから、騒音規制の適用対象となる 1,600 総トン以上の船舶については、基準に適合するために必要となる設計の変更や防振・防音対策について具体的な検討が進んできたが、499 総トン、749 総トンといった内航船の太宗船である非適用船舶については、未だ実現可能な具体的対策の検討は不十分と言わざるとえない。

一方、我が国の内航海運においては、近年の少子化、船員不足を背景として、船員確保のための方策という観点から、船員の労働環境の改善に対する要請が高まっており、中でも、騒音対策の必要性は広く認識されている。

こうしたことから、本調査においては、騒音規制の対象となっていない比較的小型の内航船について、騒音計測データを踏まえ、騒音低減のための具体的な対策案をまとめ、その効果を数値計算によるシミュレーションにより予測する。

2. 騒音規制非適用内航船の騒音レベル調査

騒音規制非適用である総トン数 1,600 トン未満の限定沿海以遠の船舶を対象として、過去 5 年に計測された騒音レベルを調査する。これら船内騒音計測データは、海上公試時に計測したデータである。

2.1 全般

調査した船舶を表 2.1-1 に示す。一般貨物船が 14 隻、油タンカーが 9 隻、ケミカルタンカーが 6 隻、油兼ケミカルタンカーが 2 隻、セメント船が 2 隻、コンテナ船が 1 隻、ガス (LPG) 船が 1 隻、ガス (LAG) 船が 1 隻、アスファルト船が 1 隻で合計 37 隻である。

表 2.1-1 調査した船舶一覧

船名	用途	GT
499C1	貨物船	499
499C2	貨物船	499
499C3	貨物船	499
499C4	貨物船	499
499C5	貨物船	499
499C6	貨物船	498
499C7	貨物船	499
499C8	貨物船	459
499C9	貨物船	461
499C10	貨物船	499
499C11	貨物船	499
499C12	貨物船	499
499C13	貨物船	499
749C1	コンテナ船	749
749C2	セメント 船	749
749C3	貨物船	749
749C4	セメント 船	749
499T1	ケミカル	499
499T2	油兼ケミカル	499
499T3	油タンカー	498
499T4	油兼ケミカル	499
499T5	油タンカー	499
499T6	油タンカー	499
499T7	ケミカル	499
499T8	ケミカル	499
499T9	ケミカル	499
749T1	アスファルト 船	769
749T2	ケミカル	769
749T3	ケミカル	749
749T4	油タンカー	749
749T5	ガス (LPG)	749
749T6	油タンカー	749
749T7	ガス (LAG)	749
999T1	油タンカー	997
999T2	油タンカー	999
999T3	油タンカー	999
999T4	油タンカー	999

上部構造物の高いコンテナ船を除いて、表 2.1-1 に示した船舶は、Upper Deck（または Poop Deck）の上層に Boat Deck と Nav. Deck を配置する上部構造となっている。表 2.1-1 に示す全船が、Upper Deck（または Poop Deck）でエンジンケーシングが居住区に巻込まれた配置となっている。1 層上の Boat Deck では Funnel となって居住区から前後に分離するか、前後に隣接する構造となっている。Upper Deck(または Poop Deck)、Boat Deck、Nav. Deck からなる船舶は、表 2.1-1 に示す全ての船舶で Upper Deck(または Poop Deck) に公室だけでなく、居室も配置している。

図 2.1-1 は、船種・トン数別（499GT 貨物船、749GT 貨物船、499GT タンカー、749GT タンカー、999GT タンカー）に騒音計測データを、居室と公室に分けて示す。

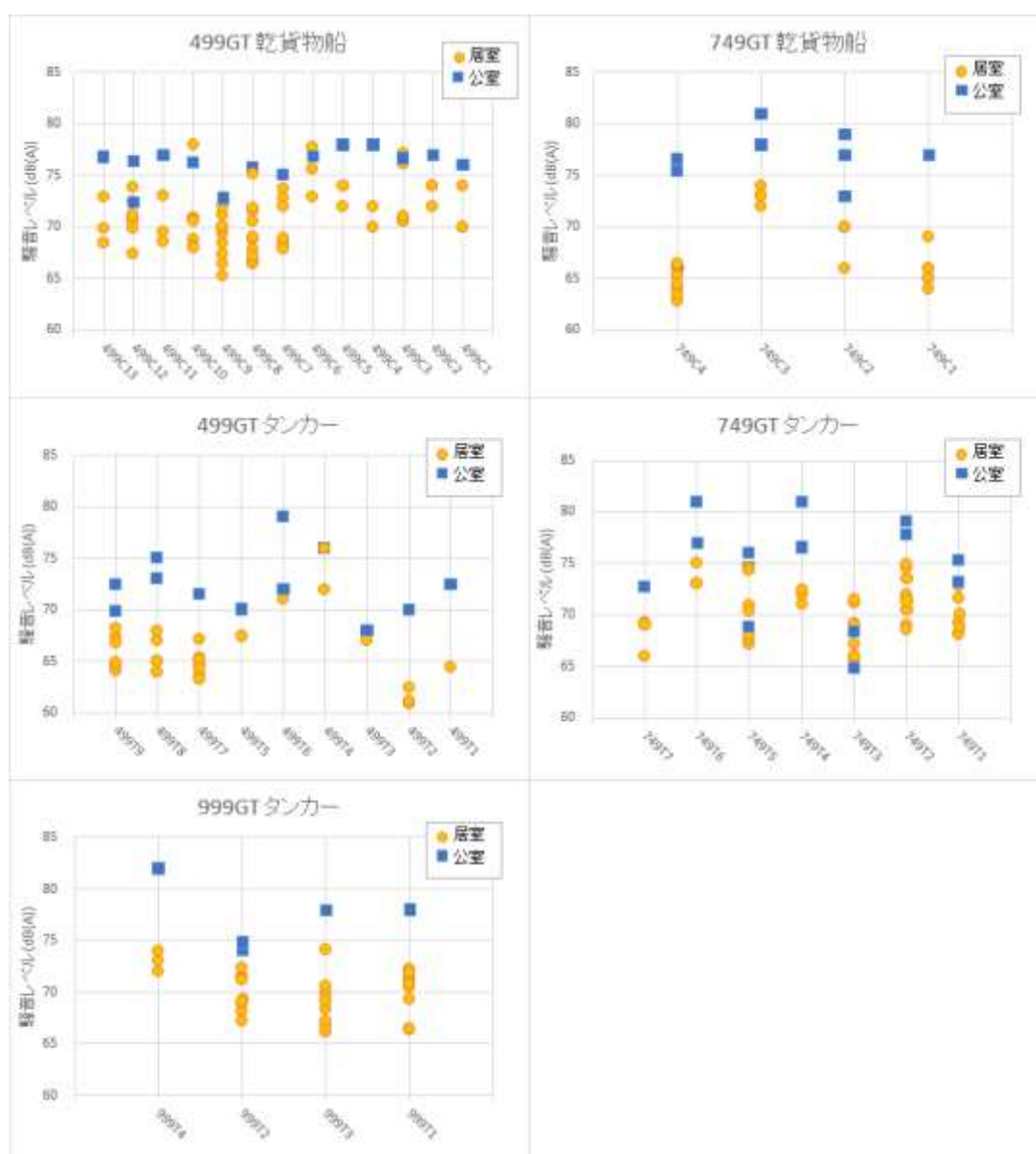


図 2.1-1 騒音レベル（船種・トン数別）

図 2.1-2 に、1,600 総トン以上 10,000 総トン未満の騒音規制値（居室 60dB(A)、公室 65dB(A)）を超えた部屋の頻度分布を示す。規制値を満足する居室は僅か 2 部屋である。大多数の部屋が 10dB(A)を超えている。

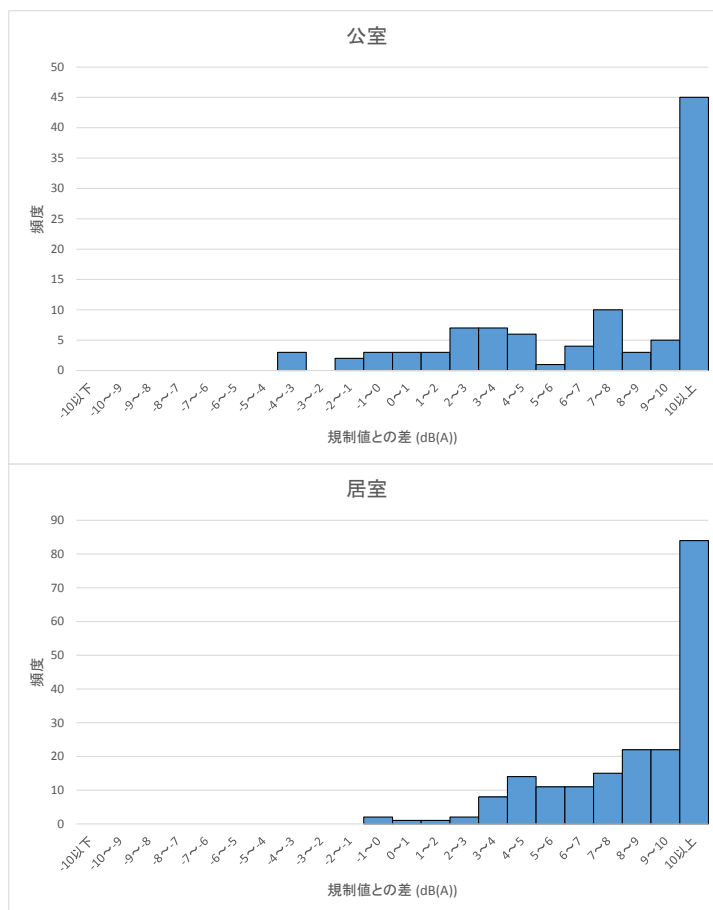


図 2.1-2 1,600 総トン以上 10,000 総トン未満の騒音規制値との比較

表 2.1-2 は、船種・トン数別（499GT 貨物船、749GT 貨物船、499GT タンカー、749GT タンカー、999GT タンカー）に、居室騒音レベルの順番に整理し、騒音レベルに影響を及ぼす可能性のある特徴をあわせて示したものである。499GT 乾貨物船と 499GT タンカーのグループで騒音レベルの平均値を比較すると、499GT タンカーの騒音レベルが小さい。これは、499GT ケミカルタンカーは階段室扉を設置しており、下層の騒音を上層に伝播させていないことが考えられる。499GT タンカーが、749GT 及び 999GT タンカーよりも騒音レベルが小さいことも階段室扉の有無が原因であると考えられる。749GT 乾貨物船の騒音レベルが小さい理由は、調査した 4 隻の主機・発電機が、他の船舶と比較して、居住区から離れていたためと考える。

表 2.1-2 船種・トン数別グループの騒音レベルとその特徴

	整理番号	船種	居室騒音 平均	グループの 騒音平均	発電機位置	階段室扉	エアコン ルーム
499GT 乾貨物船	499C9	貨物船	68.9	71.4	主機斜め前方	なし	Boat Dk
	499C8	貨物船	69.5		主機斜め前方	なし	Boat Dk
	477C7	貨物船	70.3		主機横前方	なし	Boat Dk
	499C13	貨物船	70.4		主機斜め前方	なし	
	499C11	貨物船	70.4		主機斜め前方	なし	
	499C10	貨物船	70.7		主機斜め前方	なし	Boat Dk
	499C12	貨物船	70.9		主機斜め前方	なし	Boat Dk
	499C4	貨物船	71.0		主機斜め前方	なし	Boat Dk
	499C1	貨物船	71.3		主機斜め前方	なし	Upper Dk
	499C5	貨物船	73.0		主機後方	なし	
	499C2	貨物船	73.3		主機斜め前方	なし	
	499C3	貨物船	73.7		主機斜め前方	なし	Boat Dk
	499C6	貨物船	75.4		主機斜め前方	なし	
749GT 乾貨物船	749C4	セメント 船	65.0	68.2	主機横前方	なし	
	749C1	コンテナ 船	65.6		主機斜め前方	なし	
	749C2	セメント 船	69.0		主機横後方	なし	Boat Dk
	749C3	貨物船	73.0		主機斜め前方	なし	Boat Dk
499GT タンカー	499T2	油兼ケミカル	60.7	66.8	主機前方	あり	
	499T1	ケミカル	64.4		主機斜め前方	あり	
	499T7	ケミカル	64.8		主機斜め前方	あり	Boat Dk
	499T8	ケミカル	65.4		主機斜め前方	あり	Boat Dk
	499T9	ケミカル	65.8		主機斜め前方	あり	Boat Dk
	499T3	油兼ケミカル	67.0		主機斜め前方	あり	Boat Dk
	499T5	油タンカー	67.5		主機横前方	なし	Boat Dk
	499T6	油タンカー	71.5		主機斜め前方	なし	Boat Dk
	499T4	油兼ケミカル	74.0		主機斜め前方	あり	Boat Dk
749GT タンカー	749T3	ケミカル	68.2	70.7	主機横前方	あり	Boat Dk
	749T7	ガス (LAG)	68.4		主機斜め前方	あり	Boat Dk
	749T1	アスファルト船	70.2		主機横前方	なし	Boat Dk
	749T5	ガス (LPG)	70.5		主機後方	なし	Poop Dk
	749T4	油タンカー	71.8		主機斜め前方	なし	Poop Dk
	749T2	ケミカル	71.8		主機斜め前方	なし	Boat Dk
	749T6	油タンカー	73.7		主機斜め前方	なし	Poop Dk
999GT タンカー	999T3	油タンカー	69.0	70.5	主機横前方	なし	Boat Dk
	999T2	油タンカー	70.0		主機斜め前方	なし	Poop Dk
	999T1	油タンカー	70.0		主機横前方	なし	Poop Dk
	999T4	油タンカー	73.0		主機横前方	なし	Poop Dk

2.2 詳細な検討

表 2.1-2 に示す船舶を対象に、構造上の特徴、騒音計測結果について検討する。付録 1 に表 2.1-2 に示した整理番号順に、居住区配置、機関室配置を示す。居住区外壁を青線で、音源を緑色で、階段室扉、機関室扉を黄色で示す。付録 2 に、表 2.1-2 に示した整理番号順に騒音計測結果を示す。

2.2.1 船種・トン数別の検討

(a) 499GT 乾貨物船

機関室前壁の位置は居住区前壁の位置よりも前方にあり機関室が大きな船舶が多い。前方の部屋は主機、または発電機の真上に位置することが多い。エネルギー伝播を考えると、主機・発電機の振動エネルギーは、据付デッキを前後方向、左右方向に伝播すると推測できるが、機関室前隔壁が居住区前隔壁よりも大きく前方に配置されている場合は、図 2.2.1-1 に示すようにエネルギーが伝播すると思われる。前方角部屋へは船側外板を伝播するエネルギーと機関室前方隔壁を伝播するエネルギー双方からの影響をうけると思われるのに対し、中央よりの部屋は機関室前壁を上昇するエネルギーのみの影響により、角部屋の騒音レベルが中央よりの部屋よりも騒音レベルよりも大きいと想定したが、表 2.1-2 に示す 499GT 乾貨物船では角部屋の騒音レベルが大きくなる傾向はあまりみられなかった。機関に起因する振動(固体伝播音)と同程度に通路の騒音が影響していると考え。船舶(499C7)の機関室出入り口近傍に配置された部屋(1/ENG)の騒音レベルは他の部屋より大きい。同一デッキの部屋の騒音レベルにあまり差がない。エアコンルームが Boat Deck に配置されることが多い。エアコンルーム内の騒音・振動が周辺の部屋への影響はみられない。

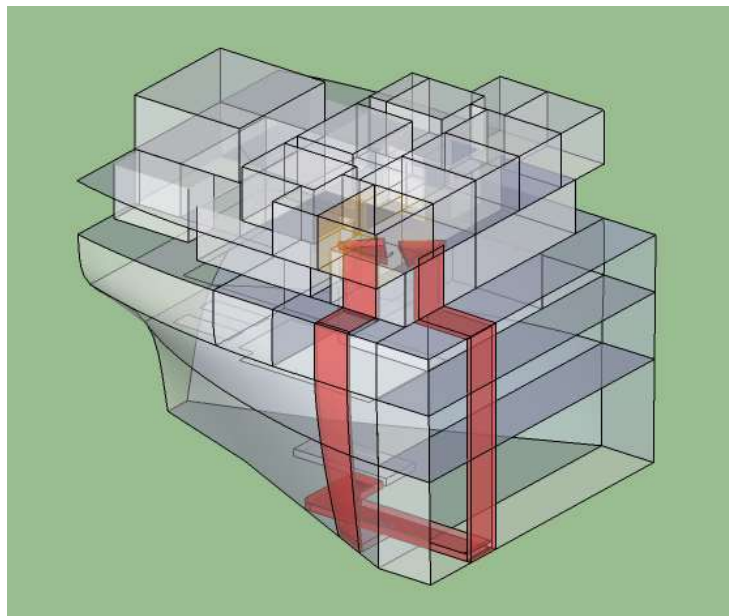


図 2.2.1-1 角部屋への想定される支配的なエネルギー伝播経路

(b) 749GT 乾貨物船

機関室前壁の位置は居住区前壁の位置よりも前方にある機関室の大きな船舶が多い。499GT 乾貨物船と同様、角部屋の騒音レベルが大きくなる傾向は見られない。船舶（749C4）の主機・発電機は居住区後方部屋の下周辺に配置されている。船舶（749C2）の発電機は主機後方で居住区から離れて配置されているが、**Upper Deck** に配置され居住区に近いので、他の船舶（749C4、749C1）よりも騒音レベルが大きくなったと考えられる。エアコンルームが配置された船舶で、その周辺の部屋への影響はみられない。このクラス内で騒音レベルが小さかった船舶は、主機・発電機の配置が居住区から離れていることが原因と考える。

(c) 499GT タンカー

機関室前壁の位置と居住区前壁の位置は同じであった。主機、発電機の振動エネルギーが船側外板、機関室前方隔壁から上昇して前方角部屋に流入していると思われるが、騒音レベルではその影響はあまりみられない。主機、発電機振動以外の空気音の影響が支配的であることが考えられる。ケミカルタンカーは階段室となって一方に扉を設置している。船舶（499T2）は電気推進船であり、騒音レベルが小さい。船舶（499T7）の機関長室はエアコンルームの影響をうけていると考える。船舶（499T8）は、上下のデッキ、同一デッキで騒音レベルに差がない。**Boat Deck** 右舷後方に位置する甲板長室の騒音レベルが大きいのはエンジンルームファンの影響と考える。船舶（499T9）は、**Boat Deck** では船長室を除いて同一デッキ内ではほぼ同じ騒音レベルであった。船長室にエアコン騒音等なんらかの事情が考えられるが、ここでは判断できない。**Poop Deck** では機関室入口扉に近い甲板員の部屋で、騒音レベルが僅かながら周囲の部屋よりも大きい。

(d) 749GT タンカー

機関室前壁の位置と居住区前壁の位置は同じであった。階段室となって扉が設置している船舶は2隻のケミカルタンカー（749T3、749T5）であり、これらはこのグループのなかで騒音レベルが小さかった。船舶（749T5）の発電機は主機後方に配置しているが、他の船舶より上層（**Upper Deck**）に配置しているため、発電機を居住区から後方に離れた効果はあまりみられない。船舶（749T3、749T5、749T2）の **Boat Deck** 後方部屋は **Funnel** またはエンジンルームファンの空気音の影響を受けているとみられる。船舶（749T2）は、**Boat Deck** で上部構造物の形状から角部屋で騒音レベルがわずかながら大きくなっている。

(e) 999GT タンカー

機関室前壁の位置と居住区前壁の位置は同じであった。3隻（999T3、999T2、999T1）で図 2.2.1-2 に示すように、前方の部屋へは船側外板を上昇するエネルギー伝播と前隔壁を伝播するエネルギー伝播が重なり合って角部屋騒音レベルが大きくなる特徴が表れている。2隻（999T3、999T2）では **Poop Deck** 機関室入口付近の部屋で騒音レベルが大きい。船舶（999T1）の **Boat Deck** 後方部屋ではエンジンルームファンの空気音の影響がみられる。

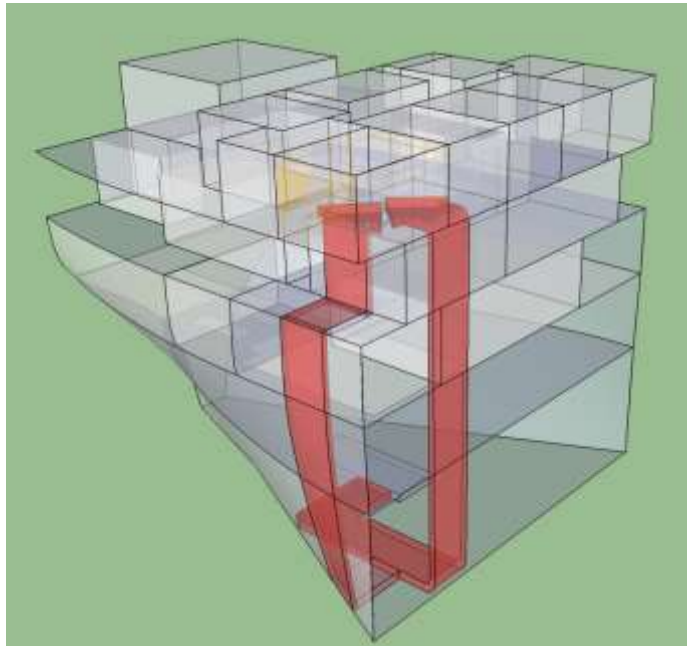


図 2.2.1-2 想定される支配的なエネルギー伝播経路

2.2.2 通路騒音からの検討

居住区内通路の騒音計測を実施した船舶に対してより詳細な検討を行う。調査した船舶を表 2.2.2-1 に示す。比較検討のため、1,600 総トン以上で静音性に優れたモデル船を調査対象に加えた。表 2.2.2-1 に示した船舶は Boat Deck と Upper Deck（又は Poop Deck）の通路を対象に、モデル船（6,500kl 積みタンカー）は Captain Deck と Boat Deck の通路を対象としている。通路の騒音を図 2.2.2-1 に示す。モデル船は全ての部屋で騒音規制値をクリアした船舶であり、通路の騒音レベルも小さい。

表 2.2.2-1 に示した非適用内航船は、通路の騒音レベルが 70dB(A)以上であり、なかには 90dB(A)程度とエンジンルーム内と同程度のレベルもある。通路の騒音レベルが大きい要因を検討する。固体伝播音（振動）が原因と考えると、発電機が機関室前方、居住区の真下にあることが挙げられる。空気伝播音が原因と考えると、Poop Deck 内にあるエンジンケーシング、Ventilation Tunnel (V/T)等、Boat Deck 後方にある Funnel、エンジンケーシングファンが挙げられる。

表 2.2.2-1 詳細な検討を実施した船舶一覧

モデル船	499C8
499T2	499C9
999T1	499C10
999T2	499T7
749T1	499T8
999T3	499T9
XTA	749T5

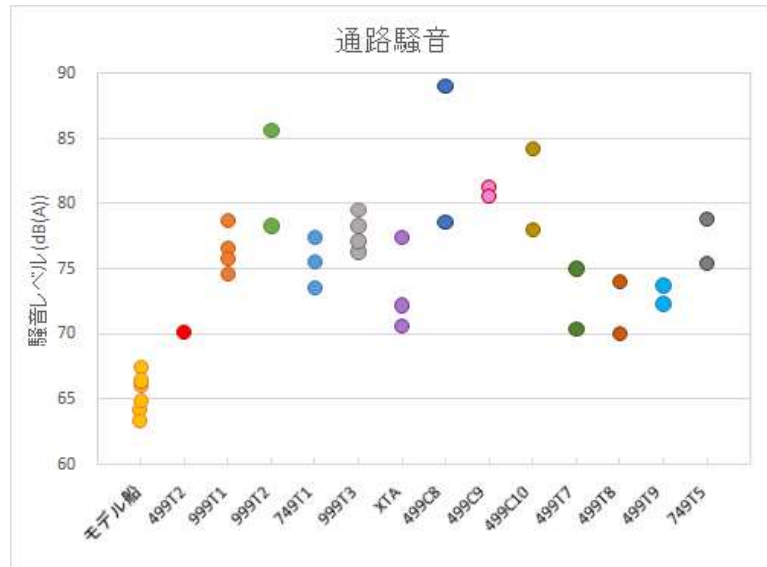


図 2.2.2-1 通路の騒音レベル

表 2.2.2-2 に各デッキの居室騒音レベルの平均を示し、図 2.2.2-2 に通路と近隣部屋の騒音レベルの差、音の遮音性を示す。図 2.2.2-2 では、第一浪速丸と非適用内航船では大きな違いはない。したがって、通路の騒音レベルを下げることで改善につながると思われる。

表 2.2.2-2 各デッキの居室騒音レベルの平均

	モデル船	499T2	999T1	999T2	749T1	999T3	XTA
Captain Deck	53.6	—	—	—	—	—	—
Boat Deck	56.4	60.2	69.4	69.3	69.4	68.2	65.6
Poop Deck/ Upper Deck		61.0	71.2	71.6	72.9	70.6	64.9
	499C8	499C9	499C10	499T7	499T8	499T9	749T5
Captain Deck	—	—	—	—	—	—	—
Boat Deck	68.1	68.6	69.3	64.8	65.0	65.3	—
Poop Deck/ Upper Deck	71.2	69.5	74.3	64.9	66.0	66.6	70.5

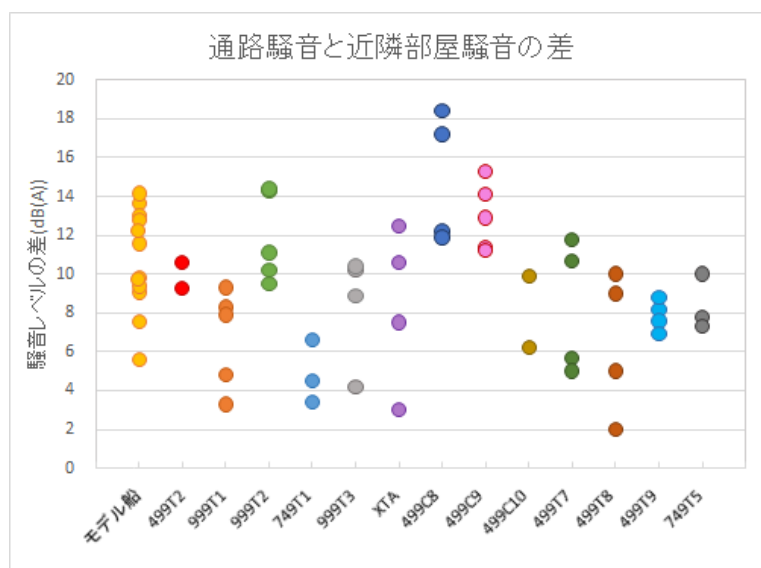


図 2.2.2-2 通路の騒音レベルと近隣部屋の騒音レベルの差

3. 船内騒音対策

船内騒音対策を検討する上で、部屋の騒音レベルに影響を及ぼす音源、すなわち、構造部材の振動に起因する固体伝播音なのか、空間内を伝播する空気伝播音なのかを見極める必要がある。固体伝播音への対策なのか、空気伝播音への対策なのかに応じて、対策内容は異なる。ここでは、B&K社のアコースティックアレイを活用した船内音源探査の実例を紹介する。写真3-1(a)から写真3-1(d)は、騒音レベルの大きかった部屋の音源探査から始まり、機関室ファンが音源であることをつきとめた一例である。この場合、機関室ファン対策、遮音対策が必要である。

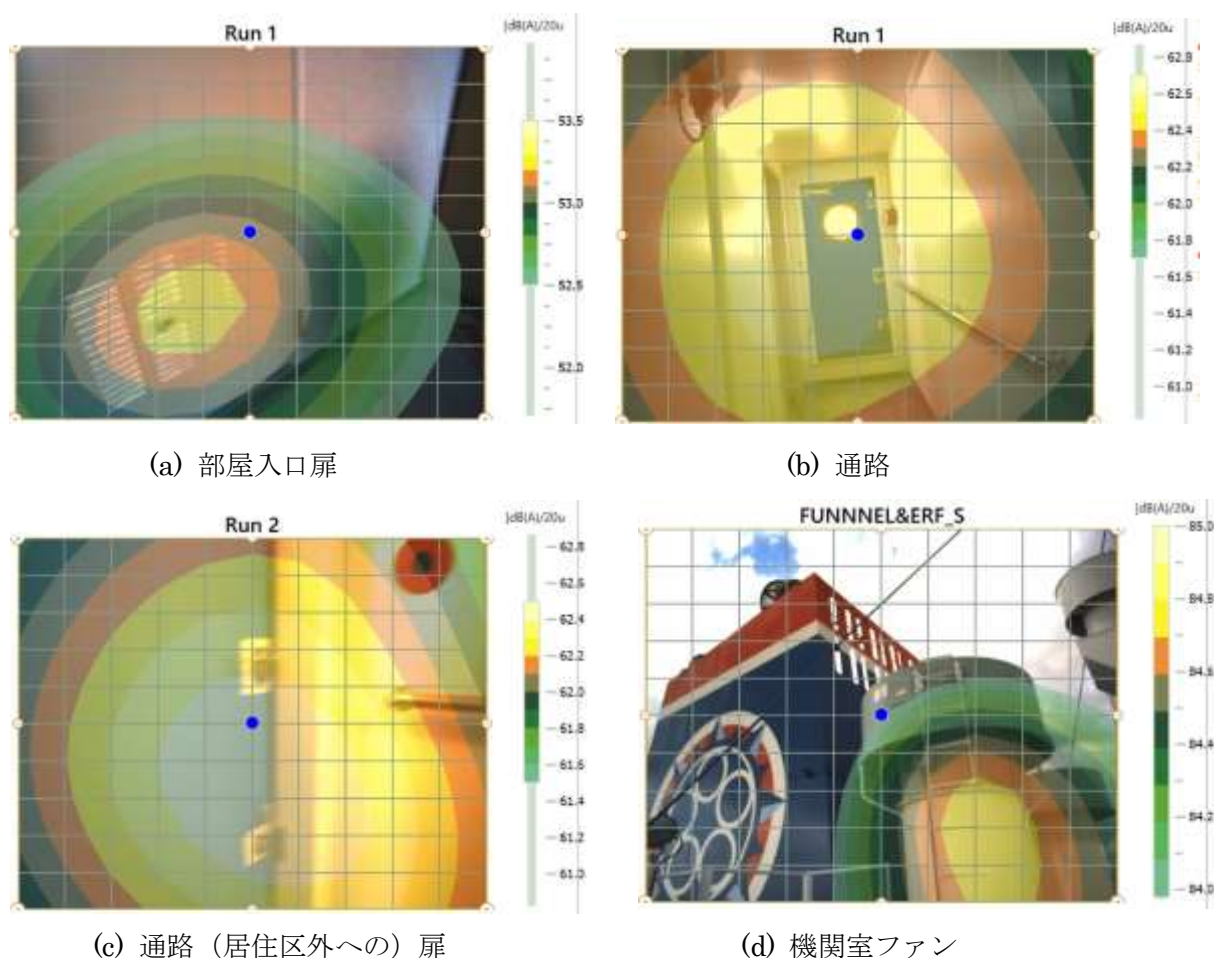


写真 3-1 音源探査の一例

1,600 総トン以上の船内騒音は、機関室に搭載された主機、発電機等を起振源に、船体構造を伝播する固体伝播音が支配的であるといわれる。しかしながら、エンジンケーシングの配置、ファンネル・エンジンルームファンの騒音レベルと居住区配置、エアコン吹き出し口の騒音レベルによっては、固体伝播音への対策だけでは不十分であり、空気伝播音への対策も同時に行う必要がある。

表 3-1 に、1,600 総トン以上の船舶に対する代表的な船内騒音対策を列挙した。なお、表 3-1 の騒音対策の中には、実船で検証されていないものも含まれている。

表 3-1 代表的な船内騒音対策

船内騒音対策項目	対策内容	備考
電気推進	固体伝播音対策	設計変更
上部構造物（浮構造）	固体伝播音対策	設計変更
エンジンケーシングと居住区の分離	固体伝播音対策	設計変更
壁パネルへの防熱材挿入	固体伝播音対策	設計変更
高速4サイクル主機の防振支持	固体伝播音対策	対策品購入
発電機の防振ゴム支持	固体伝播音対策	対策品購入
プロペラ変動圧の低減 (FRPプロペラ採用)	固体伝播音対策	対策品購入
浮床	固体伝播音対策	対策品購入
主機トップブレーシングの防振支持	固体伝播音対策	対策品購入
排気管弾性支持	固体伝播音対策	対策品購入
制振材貼り付け	固体伝播音対策	対策品購入
エンジンルームファン対策	空気伝播音対策	設計変更
機関室と居住区画間の二重扉設置	空気伝播音対策	設計変更
低騒音エアコン	空気伝播音対策	対策品購入
主機過給機遮音	空気伝播音対策	対策品購入
遮音壁・遮音扉	空気伝播音対策	対策品購入
主機排気管系統にマフラー挿入	空気伝播音対策	対策品購入
発電機排気管系統にマフラー挿入	空気伝播音対策	対策品購入
多孔質天井パネルの設置	空気伝播音対策	対策品購入

4. 騒音規制非適用内航船の騒音予測

船内騒音予測手法として、統計的エネルギー解析（SEA）による評価と Janssen 法による評価が広く使用されている。統計的エネルギー解析（SEA）は、エネルギー伝播経路の分析など行える反面、解析用の SEA モデル作成に多くの時間を要するとともに、モデル変更の融通性がよくない。一方、Janssen 法による予測は、経験的手法によるところが大きく、同型船に対しては実用的な精度で予測することが可能である、すなわち基本設計のように設計パラメータの変更による予測を簡便に行うのには適しているが、伝達経路等の分析には限界がある。また、Janssen 法は、固体伝播音が支配的であるといった前提のもと、予測計算を行っている。本調査では、Janssen 法による騒音予測プログラムを用いて、騒音対策を施さない状態での騒音予測を実施した後、騒音対策品を施工する場合の騒音予測を、1,600 総トン以上の騒音対策品の効果実績値をもとに行う。

2 章で調査した船舶の中から、船種、大きさと騒音計測データの整備状況を考慮して船舶を抽出した。表 4-1 に抽出した 7 隻の船舶の要目を示す。

Janssen 法は、標準データベースのデータを用いて予測計算を行った後、同型船（ここでは、表 4-1 に示した自船）の騒音計測データを基に、チューニングプログラム DAT JEANS を用いてチューニングを実施し、騒音予測を行う。本チューニング計算では、計測値と予測値の間の誤差は固体伝播音（振動）減衰とみなして誤差を最小化する。現行のチューニングプログラムでは、騒音計測スペクトルを基にチューニングを行うが、2 章で示した騒音計測データは、騒音スペクトルの値がなく OA 値のみであったため、ここでは OA 値から騒音スペクトルを算出し、チューニングを行った。

表 4-1 予測計算対象船舶

整理 番号	用途	総トン数 (GT)	定員 (人)	主機		主発電機	
				製造者	KW	製造者	KW
499C2	貨物船	499	6	阪神	1,471	ヤンマー	160×2
749C1	コンテナ船	749	8	阪神	2,206	ヤンマー	265×2
749C3	貨物船	749	7	阪神	1,471	ヤンマー	160×2
499T1	ケミカル	499	6	阪神	735	ヤンマー	120×2
499T3	油タンカー	498	7	阪神	735	ヤンマー	200×2
749T1	アスファルト船	769	8	阪神	1,471	ヤンマー	265×2
999T3	油タンカー	999	11	阪神	1,765	ヤンマー	265×2

非対策時の騒音計測値と騒音予測値の OA 値での比較を表 4-2、図 4-1 に示す。予測誤差は予測値から計測値を差引いた値である。騒音スペクトルの比較を図 4-2 に示す。

表 4-2 予測結果と計測結果の比較

整理 番号	用途	GT (ton)	Location	部屋名	予測結果 dB(A)	計測結果 dB(A)	予測誤差 dB(A)
499C2	貨物船	499	B-1	船員室	73.1		
			B-2	機関長室	73	72	1.0
			B-3	一機室	73		
			B-4	一航室	73		
			B-5	船長室	73	74	-1.0
			U-1	二航室	75.1	74	1.1
			U-2	食堂	75.9	77	-1.1
499T1	ケミカル	499	B-1	CREW	62.2		
			B-2	C/ENG	64.3		
			B-3	CREW	64.1		
			B-4	CREW	64.1		
			B-5	CAPTAIN	64.3	64.4	-0.1
			P-1	CREW	71.7		
			P-2	MESS ROOM	72.4	72.5	-0.1
499T3	油タンカー	498	B-1	C/ENG	66.5		
			B-2	CREW(B)	66.2		
			B-3	CREW(C)	66.2		
			B-4	CREW(A)	66.2		
			B-5	CAPTAIN	66.5	67	-0.5
			P-1	1/ENG	66.7		
			P-2	C/OFF	67		
			P-3	MESSRM & OFF RM	68.6	68	0.6
749T1	アスファルト 船	769	B-1	CREW(A)	69.5	68.9	0.6
			B-2	CHIEF ENGINEER	69.6	71.6	-2.0
			B-3	1st ENGINEER	69.2	68.2	1.0
			B-4	CHIEF OFFICER	69.2	68.1	1.1
			B-5	CAPTAIN	69.6	69.3	0.3
			B-6	CREW(B)	69.5	70.1	-0.6
			P-1	CREW(C)	73	72.9	0.1
			P-2	CREW OR OTHER	73.1		
			P-3	TALLY & SALOON	73.9	73.2	0.7
			P-4	MESS ROOM	74.6	75.3	-0.7
749C1	コンテナ 船	749	C-1	一等航海士室	63.5	66	-2.5
			C-2	船長室	63.5	64	-0.5
			BA-1	船員室、その他の乗船者室	65.2	65	0.2
			BA-2	二等航海士室	65.2	65	0.2
			BB-1	一等機関士室	67.1	66	1.1
			BB-2	機関長室	67.1	65	2.1
			B-1	船員室、その他の乗船者室	69	69	0.0
			B-2	二等機関士室、その他の乗船者室	69	65	4.0
			U-1	食堂兼サロン	72	77	-5.0
999T3	油タンカー	999	B-1	CREW OR O PASS	69.5	68.3	1.2
			B-2	CHIEF ENG	69.3	69.1	0.2
			B-3	1st ENGINEER	65.8	66.1	-0.3
			B-4	2nd OFFICER	65.8		
			B-5	CHIEF OFFICER	65.8	66.7	-0.9
			B-6	CAPTAIN	69.3	69.8	-0.5
			B-7	CREW OR O PASS	69.5	69.2	0.3
			P-1	SAILOR(D)	72.7	74.1	-1.4
			P-2	SAILOR(C)	69.3	67.2	2.1
			P-3	SAILOR(B)	69.7		
			P-4	SAILOR(A)	69.7	70.6	-0.9
			P-5	MESS ROOM & TALLY OFFICE	78	77.9	0.1
749C3	貨物船	749	C-1	機関長室	71.8	73	-1.2
			C-2	一機室	71.8		
			C-3	船員室(A)	71.9		
			C-4	船長室	71.8	72	-0.2
			B-1	船員室(B)	74.9	73	1.9
			B-2	船員室(C)	74.9		
			B-3	一航室	74.9	74	0.9
			U-1	事務室	78.8	78	0.8
			U-2	食堂	78.8	81	-2.2

図 4-1 予測結果と計測結果の比較＜省略＞

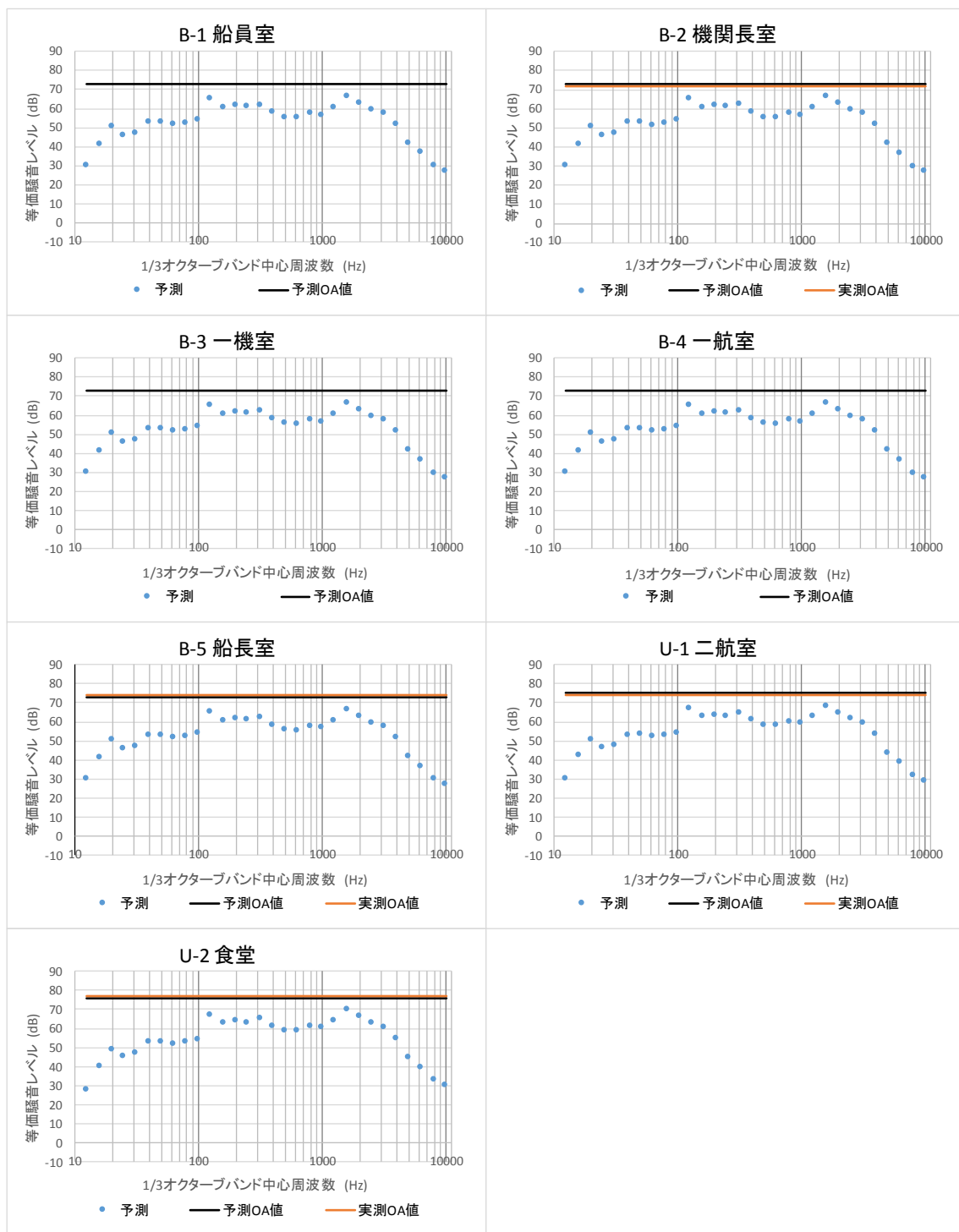


図 4-2 騒音スペクトル (499GT タイプ乾貨物船 : 499C2)

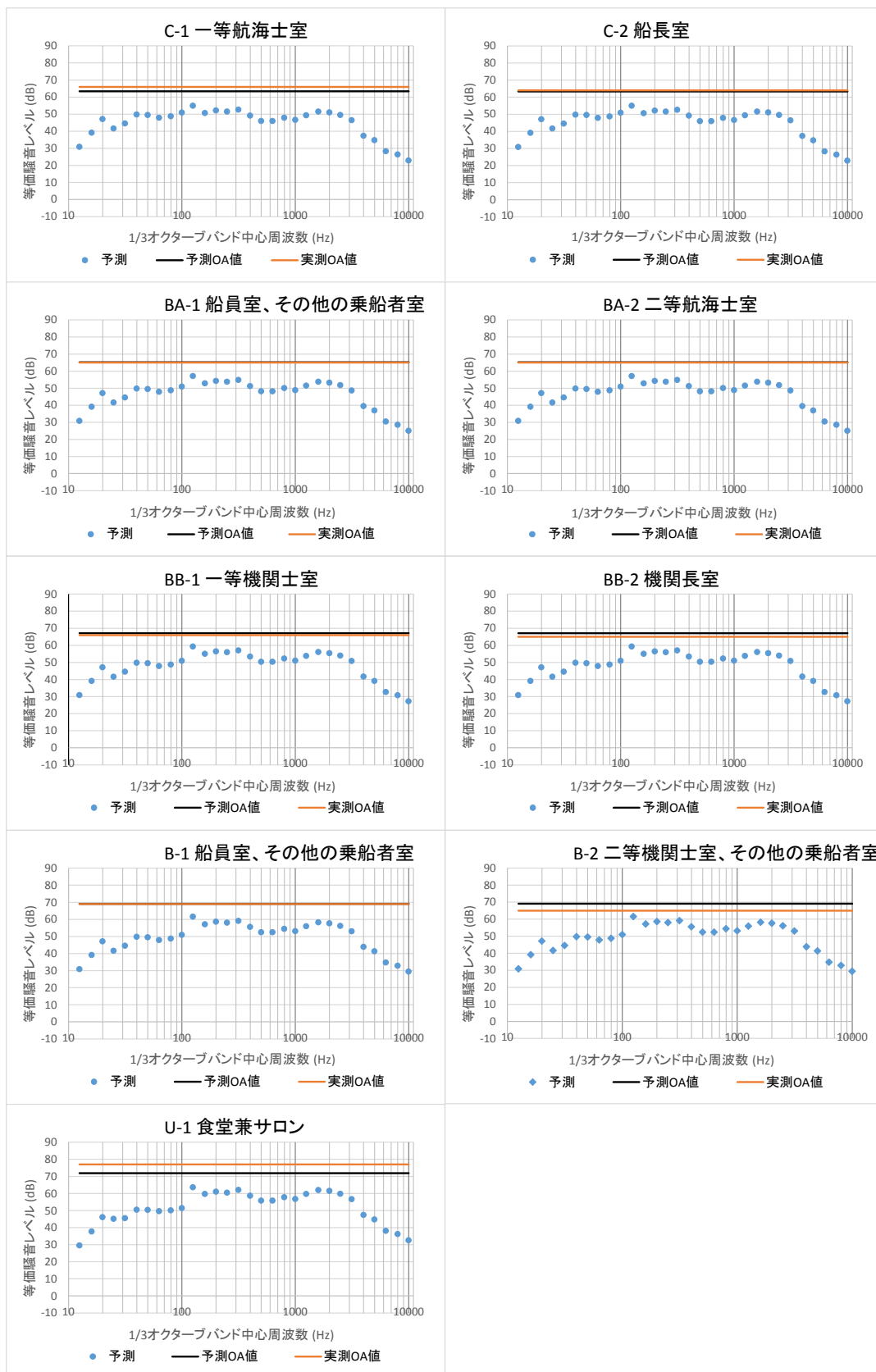


図 4-2 騒音スペクトル (749GT タイプ乾貨物船 : 749C1)

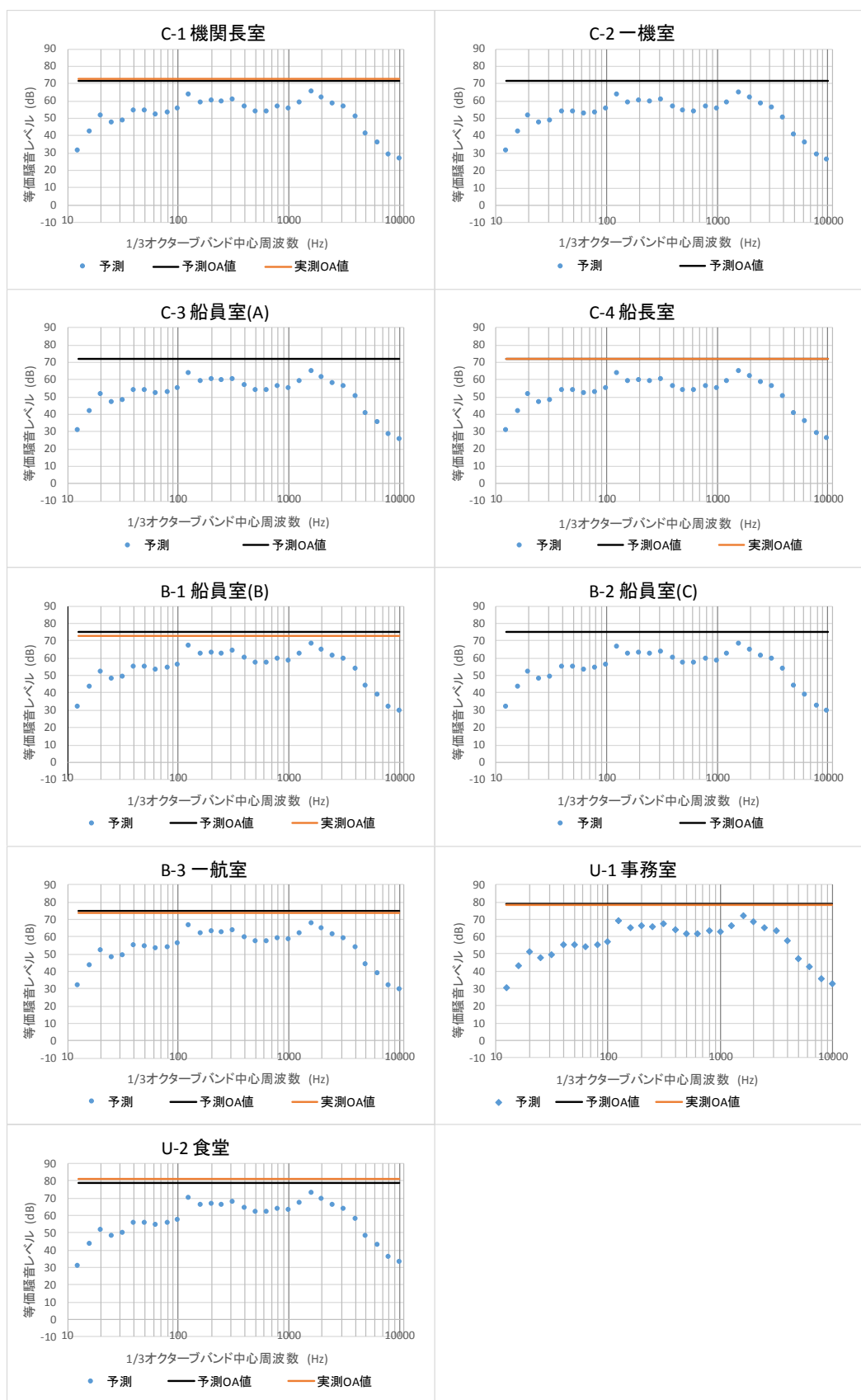


図 4-2 騒音スペクトル (749GT タイプ乾貨物船 : 749C3)

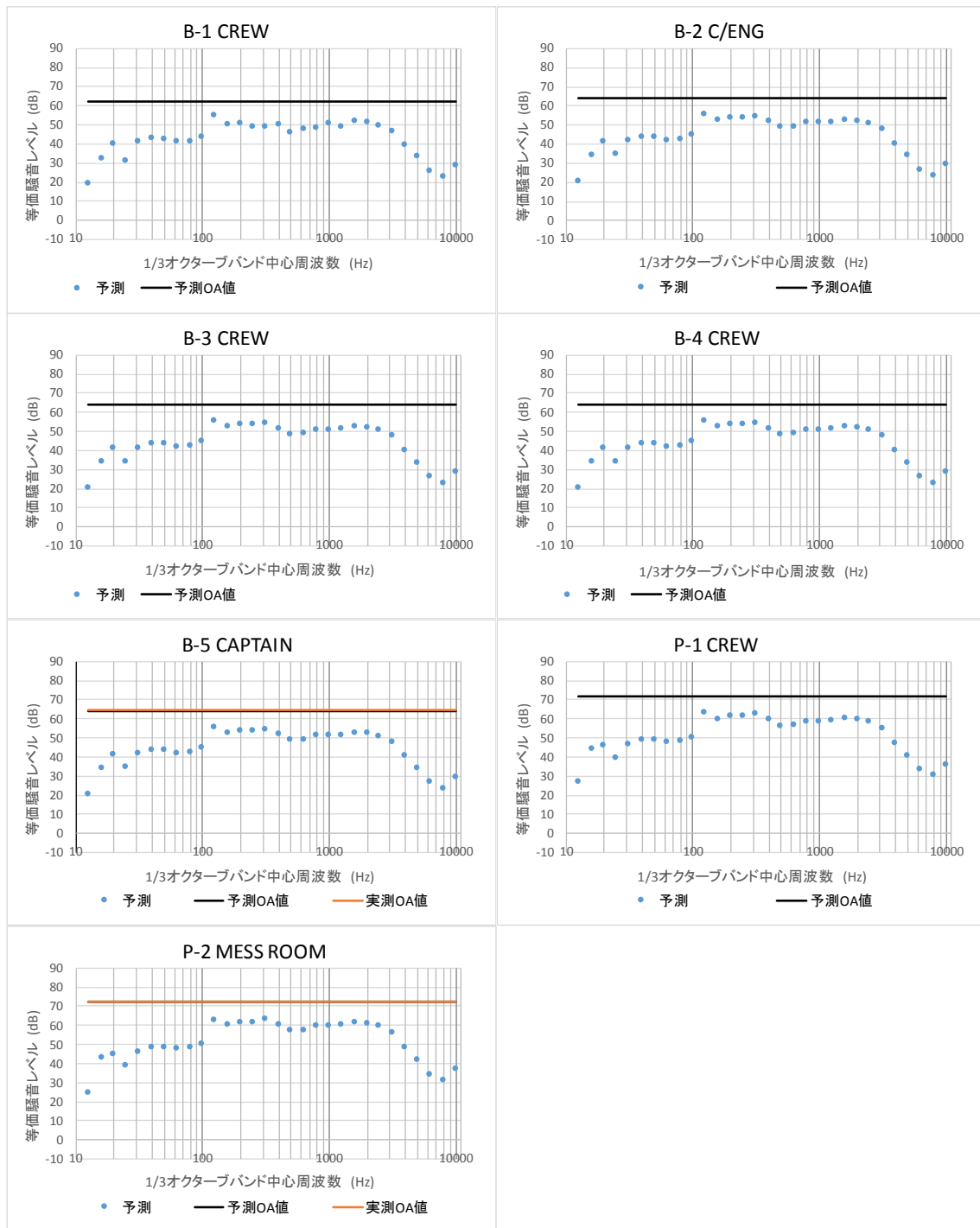


図 4-2 騒音スペクトル (499GT タイプタンカー : 499T1)

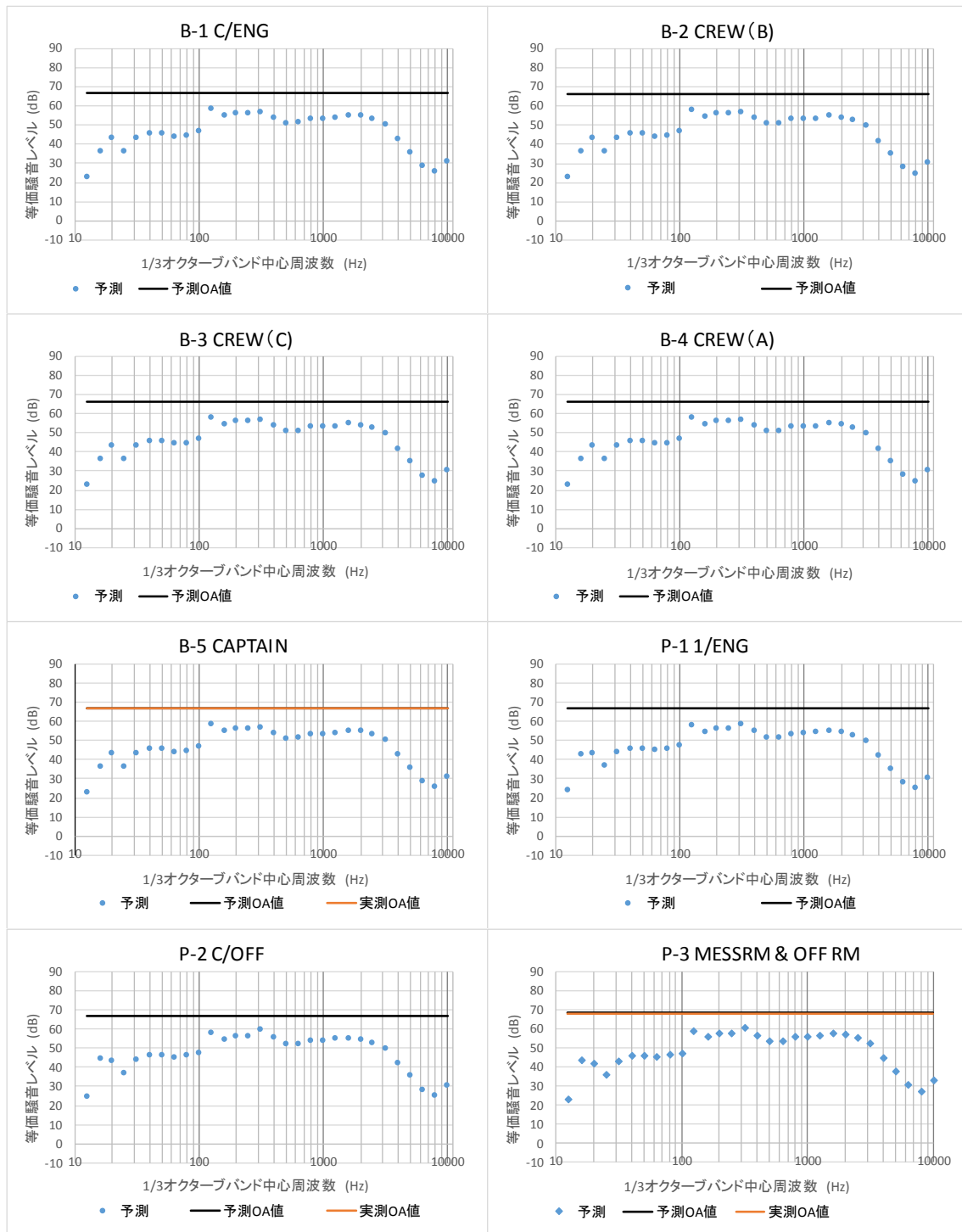


図 4-2 騒音スペクトル (499GT タイプタンカー : 499T3)

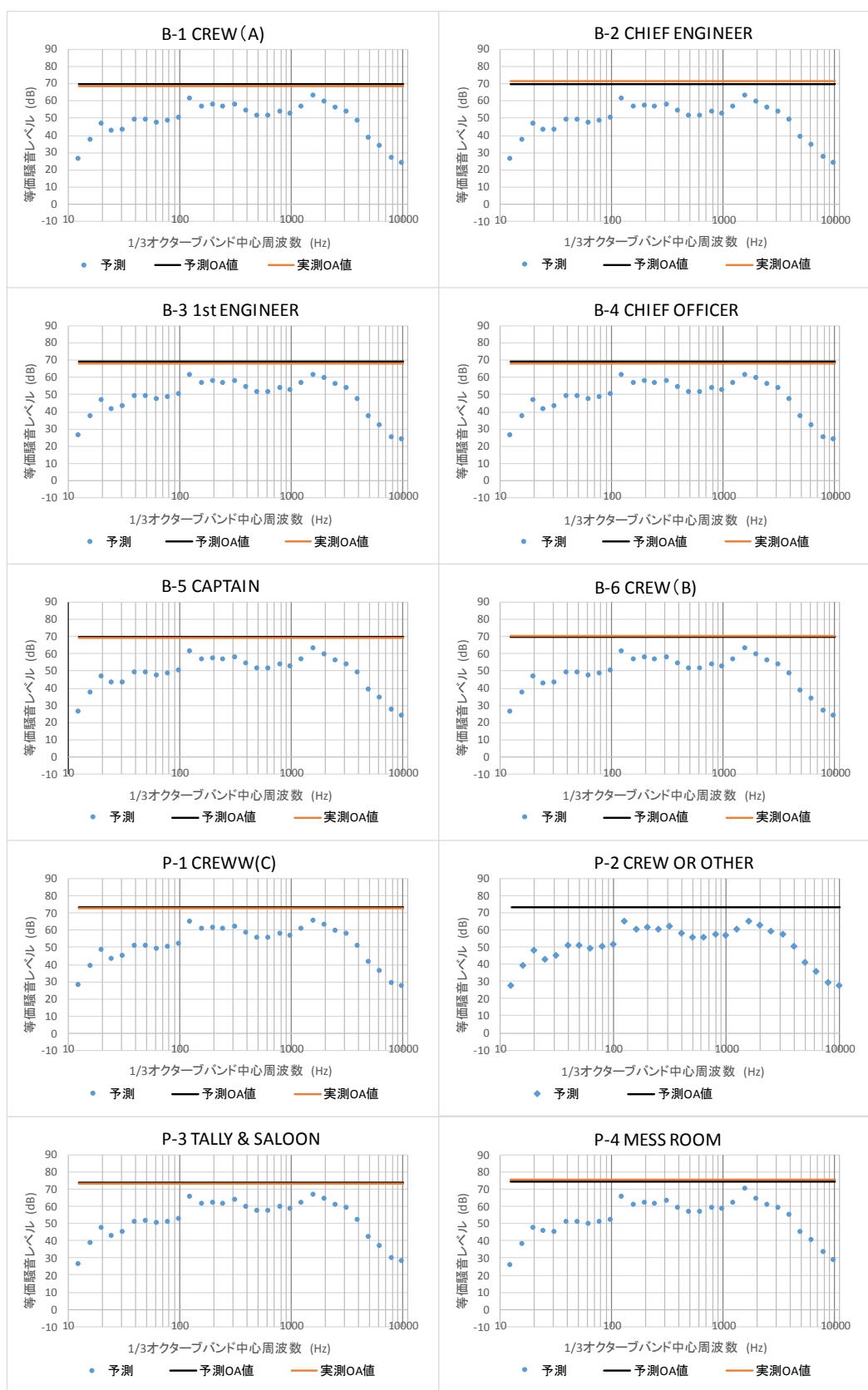


図 4-2 騒音スペクトル (749GT タイプタンカー : 749T1)

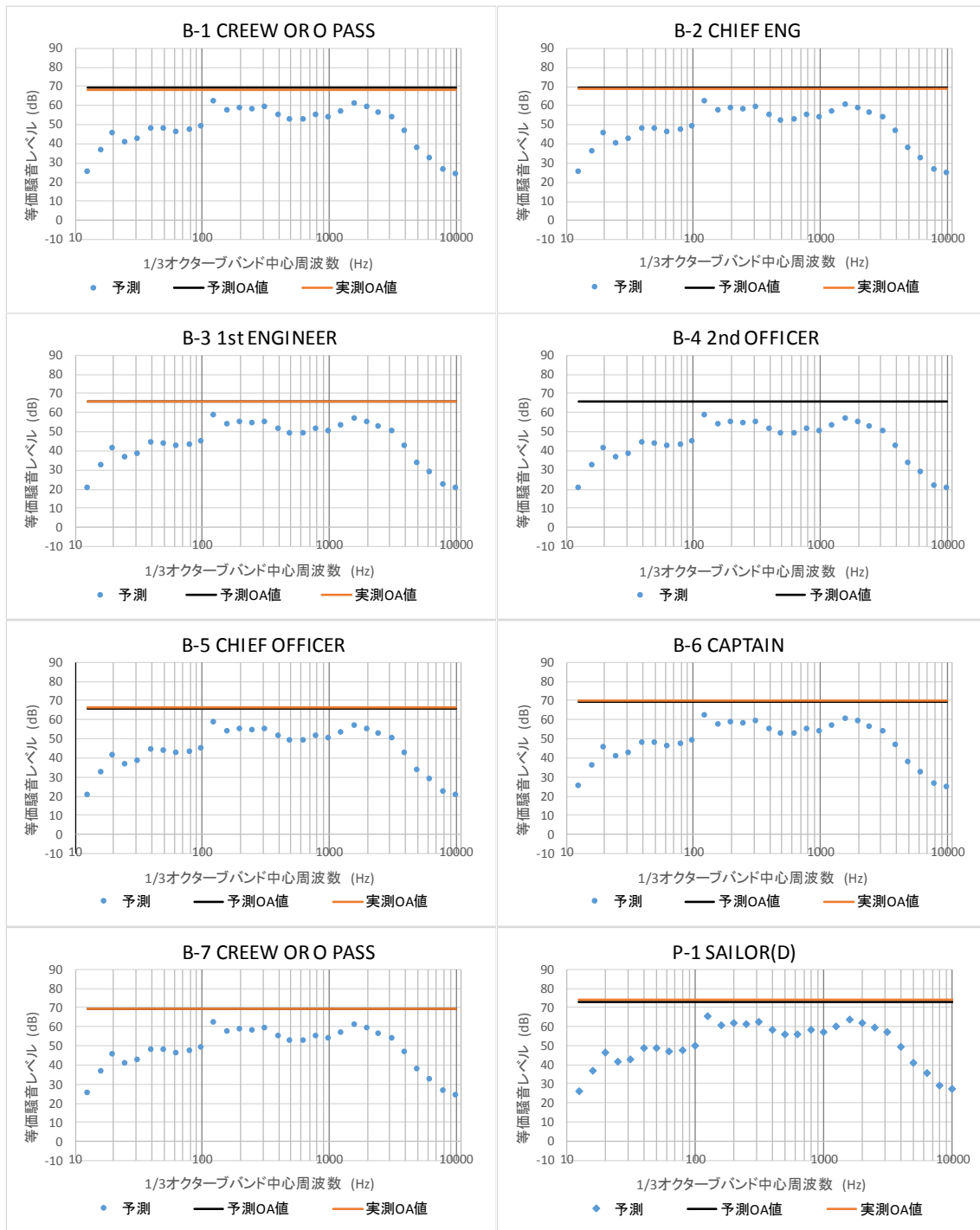


図 4-2 騒音スペクトル (999GT タイプタンカー : 999T3)

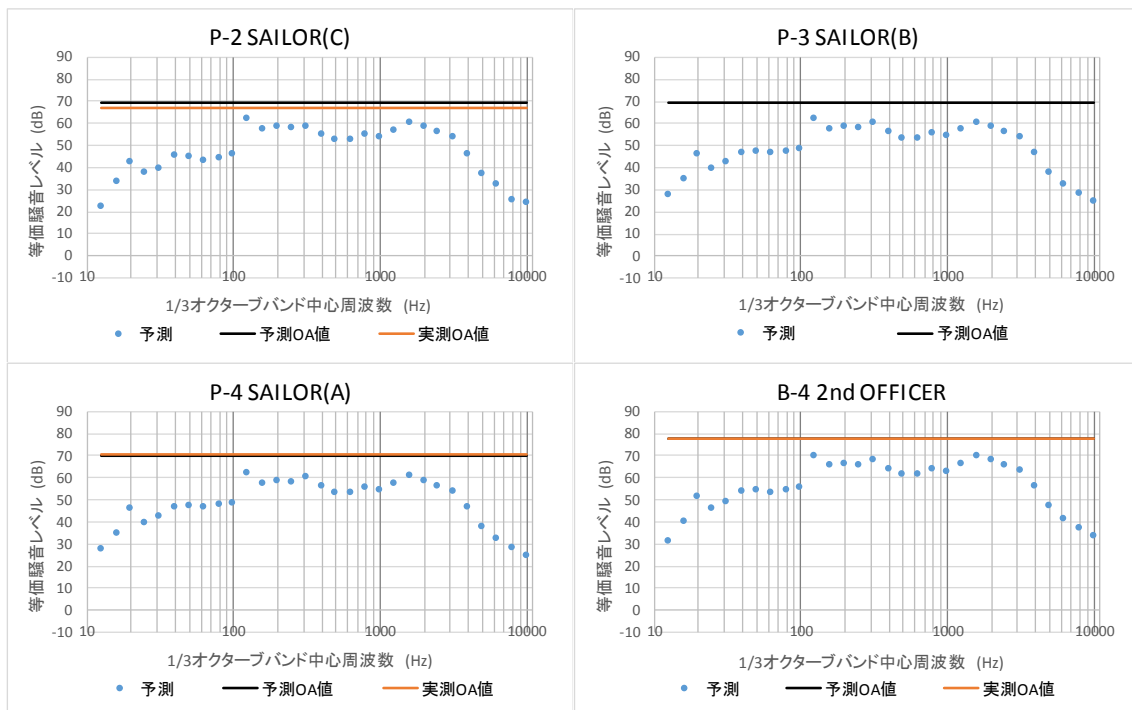


図 4-2 騒音スペクトル (999GT タイプタンカー : 999T3)

5. 騒音対策による効果の予測

1,600 総トン以上の船舶を対象に、浮床対策、多孔質天井パネル対策、発電機防振対策を行った実船計測を行い、これらの音響パラメータを整備した。そこで、これら3つの対策について Janssen 法によりこれら音響パラメータを利用した騒音予測を実施する。

5.1 浮床対策

居住区の床は、通常、鋼板の上にデッキコンポジションを施工する。1,600 総トン以上の船内騒音は固体伝播音が支配的であり、床面からの影響が大きい。そこで、鋼板上に浮床材（防熱材等から構成される）を施工することによって、鋼板面からの振動を絶縁し、居室内の騒音レベルを低減できる。図 5.1-1 に、浮床構成の一例を示す。浮床材がバネ・ダンパとして機能する物理モデルを検討する。1,600 総トン以上の船舶に採用した浮床材に対して、実験室における加振試験を行い、基礎的データを取得した後、実船計測でその効果を検証した。本結果を用いて浮床材を対象に予測計算を実施する。なお、浮床材の製品によっては、MLC 条約で規定するクリアハイトを維持するためにデッキ高さを大きく取り、総トン数が増えることが予想される。

図 5.1-2 に、浮床材を対策したときと非対策状態での騒音スペクトルの比較を示す。本浮床は 1/3 オクターブバンド中心周波数 100Hz 付近に共振周波数があり、浮床の効果は共振周波数の $\sqrt{2}$ 倍を超えた周波数から浮床の効果があらわれる。そのため、共振周波数付近では、浮床施工状態の方が、騒音レベルが大きくなっている。この共振周波数は床面の上にある家具等重量物に影響を受ける。浮床材は、製品（浮床構成）によって防振効果は変化するので、本予測計算結果は浮床材の効果の一例である。

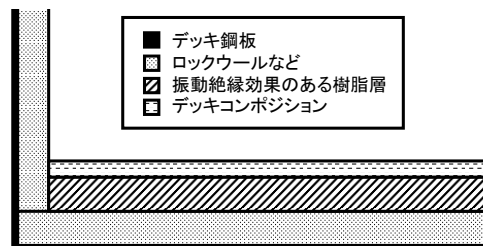


図 5.1-1 浮床構成の一例

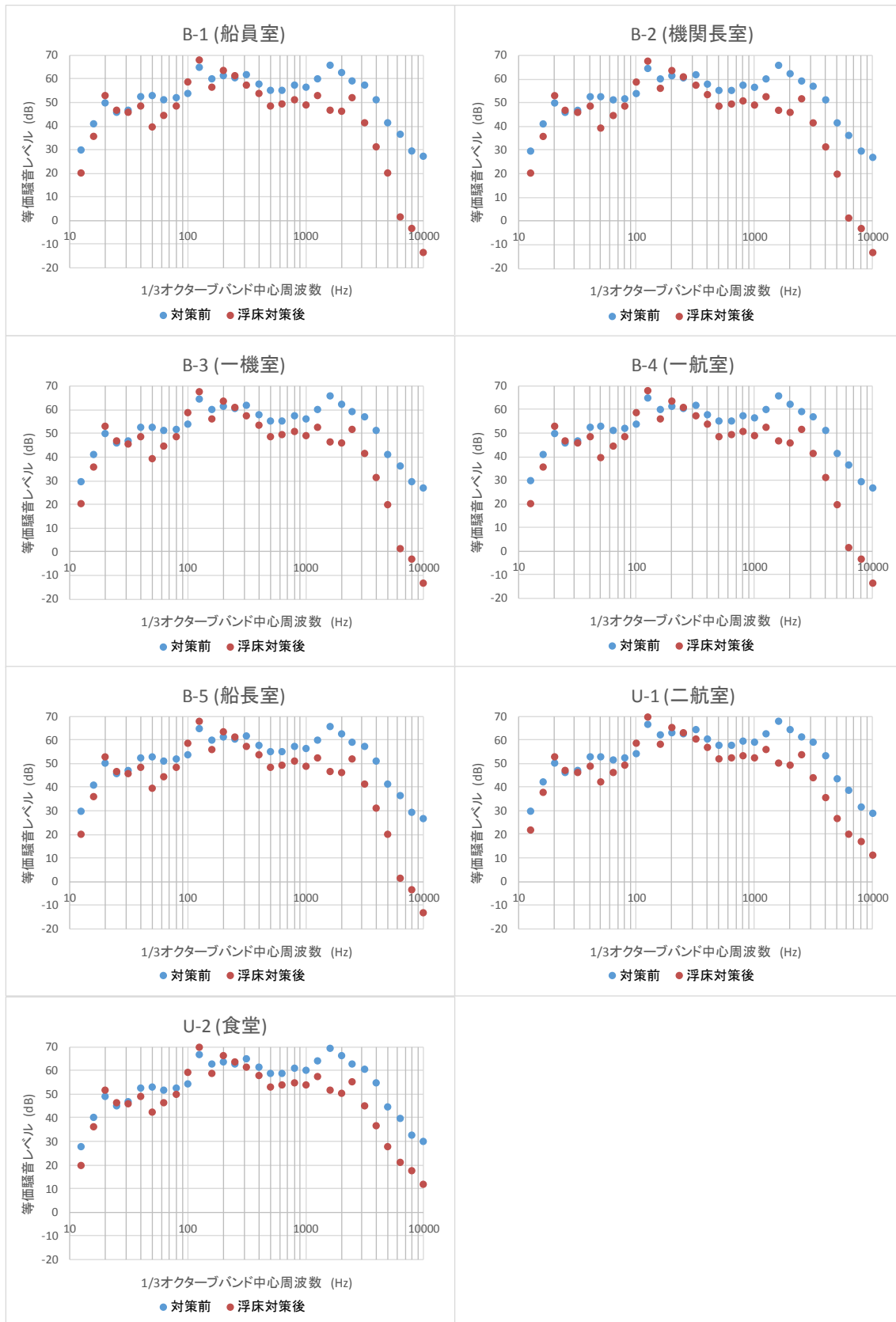


図 5.1-2 騒音スペクトル (499GT タイプ乾貨物船 : 499C2)

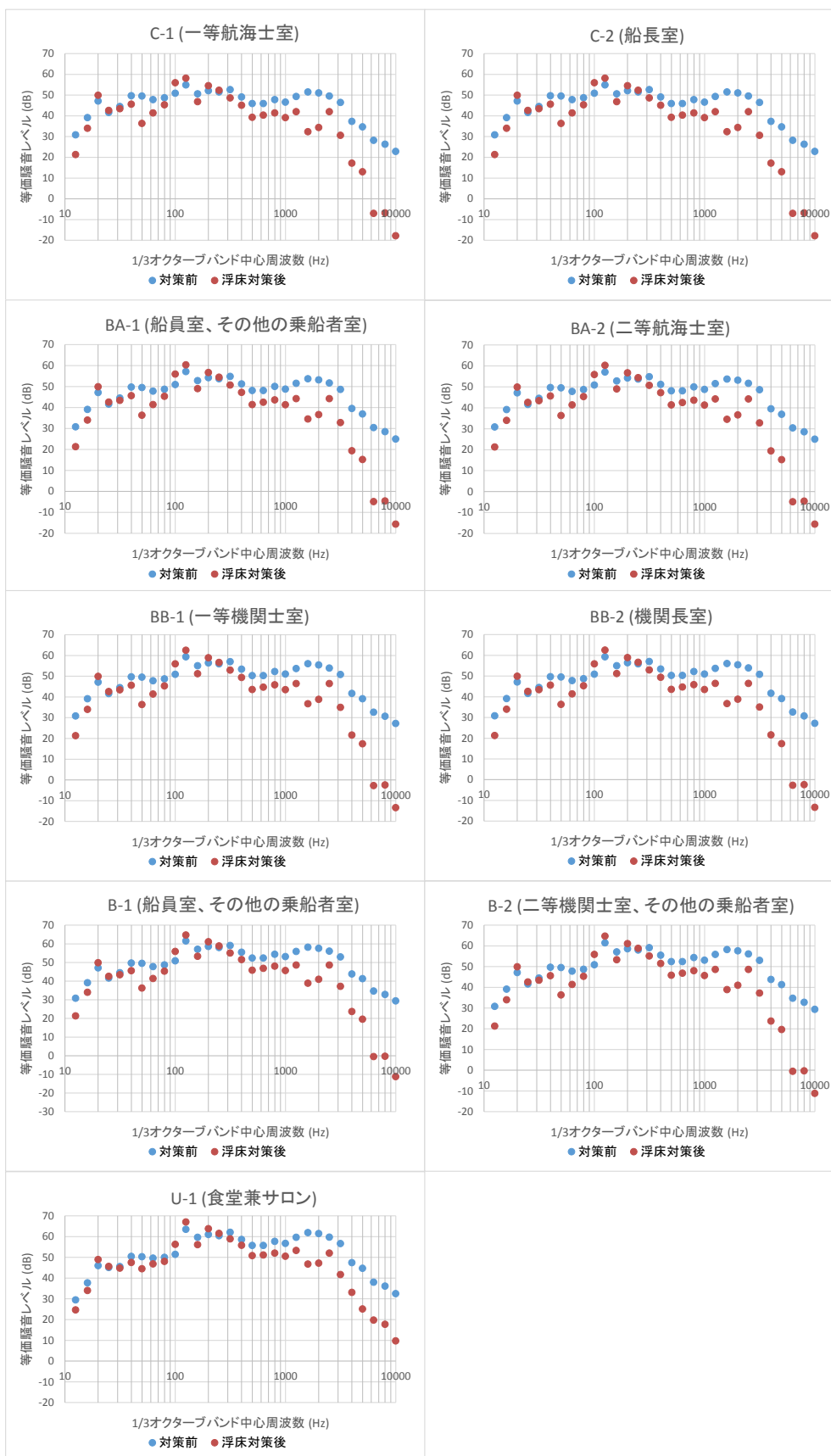


図 5.1-2 騒音スペクトル (749GT タイプ乾貨物船 : 749C1)

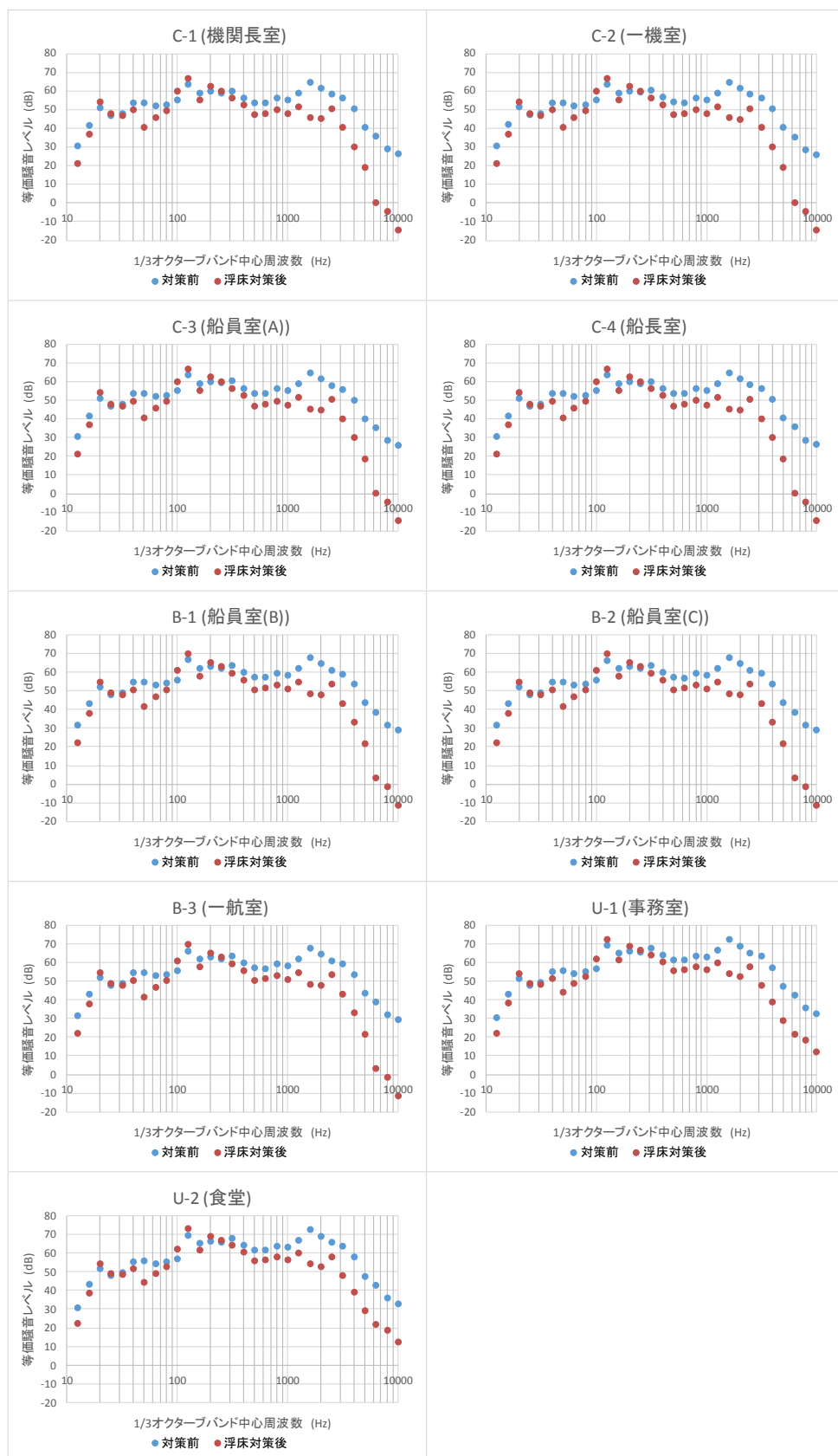


図 5.1-2 騒音スペクトル (749GT タイプ乾貨物船 : 749C3)

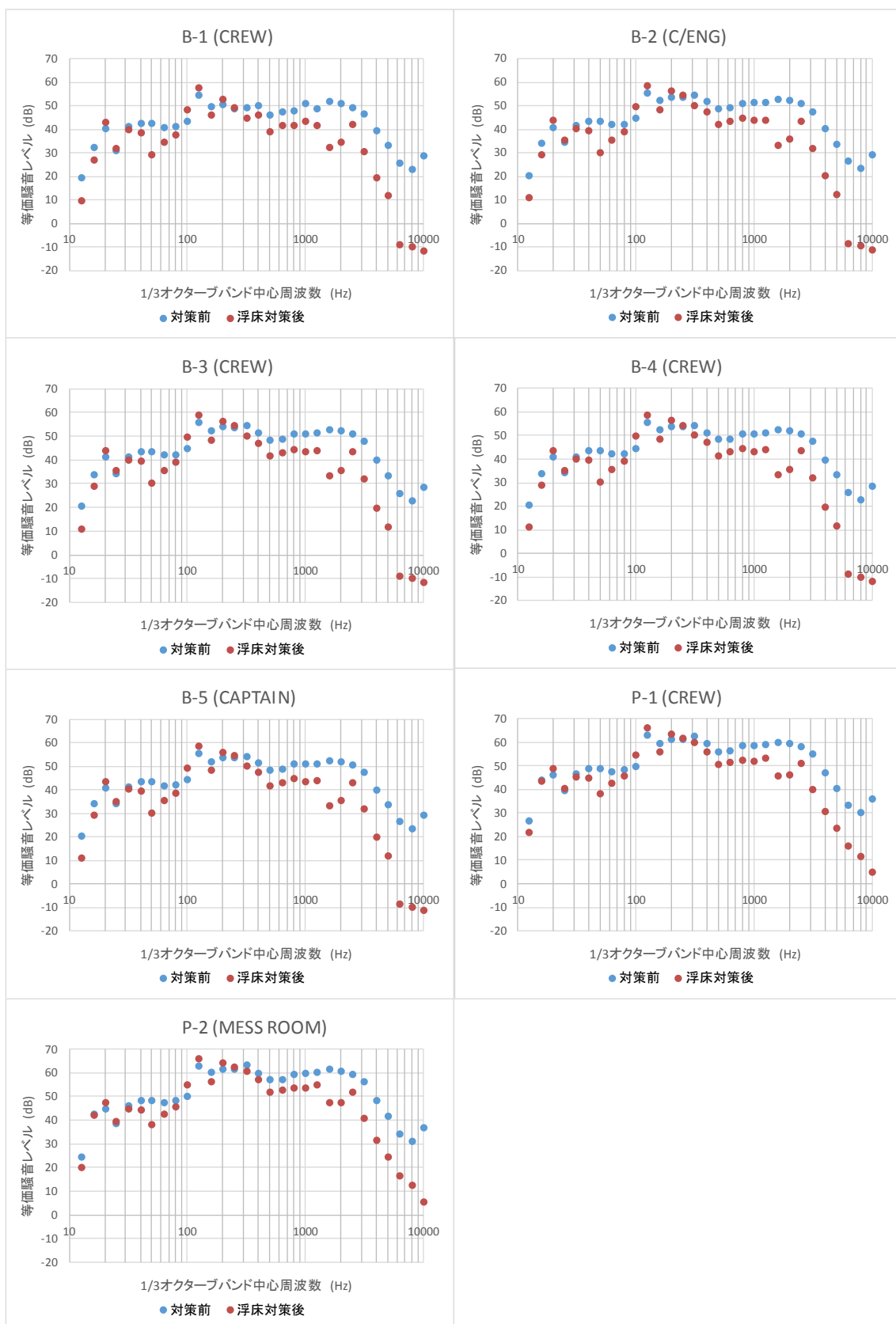


図 5.1-2 騒音スペクトル (499GT タイプタンカー : 499T1)

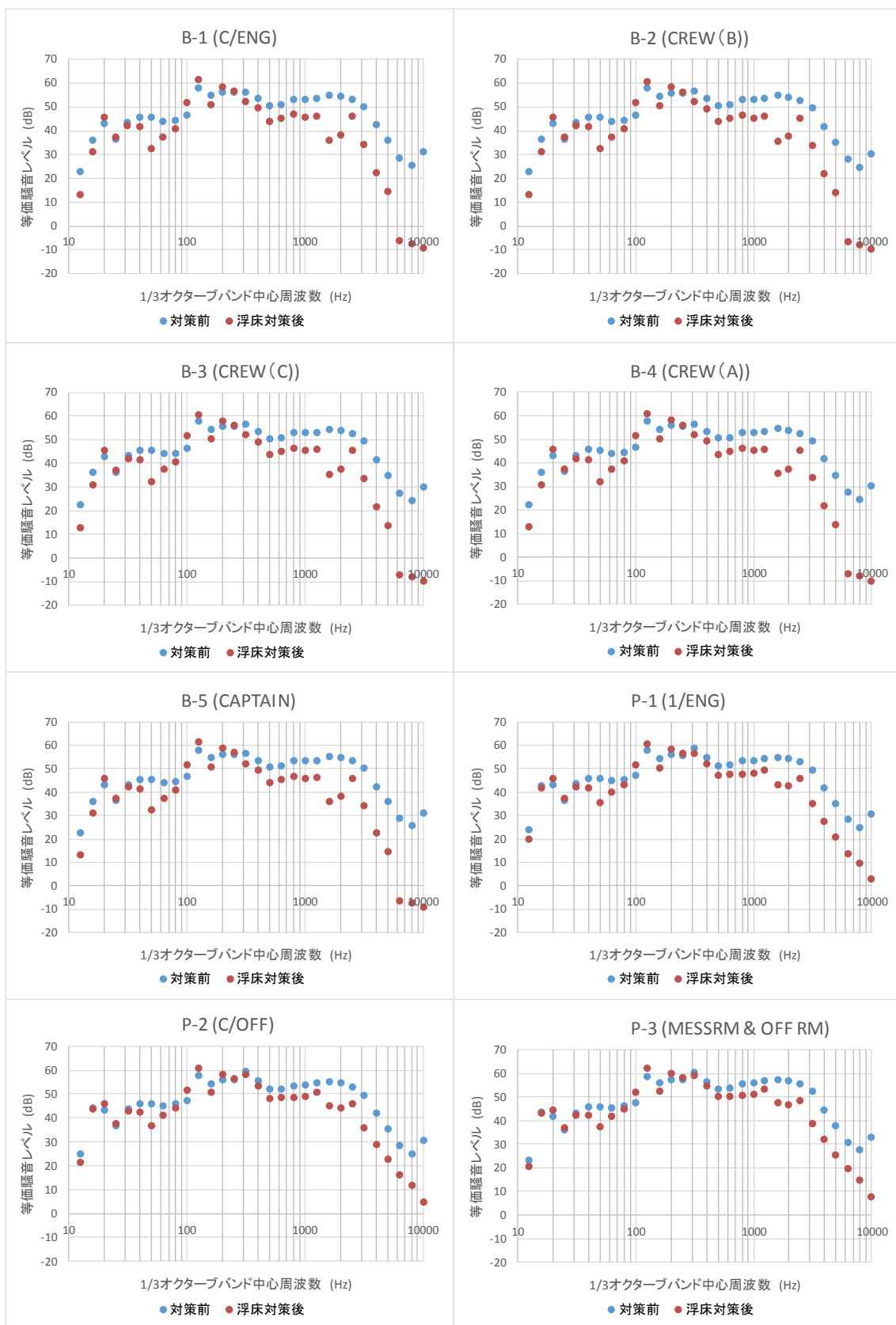


図 5.1-2 騒音スペクトル (499GT タイプタンカー : 499T3)

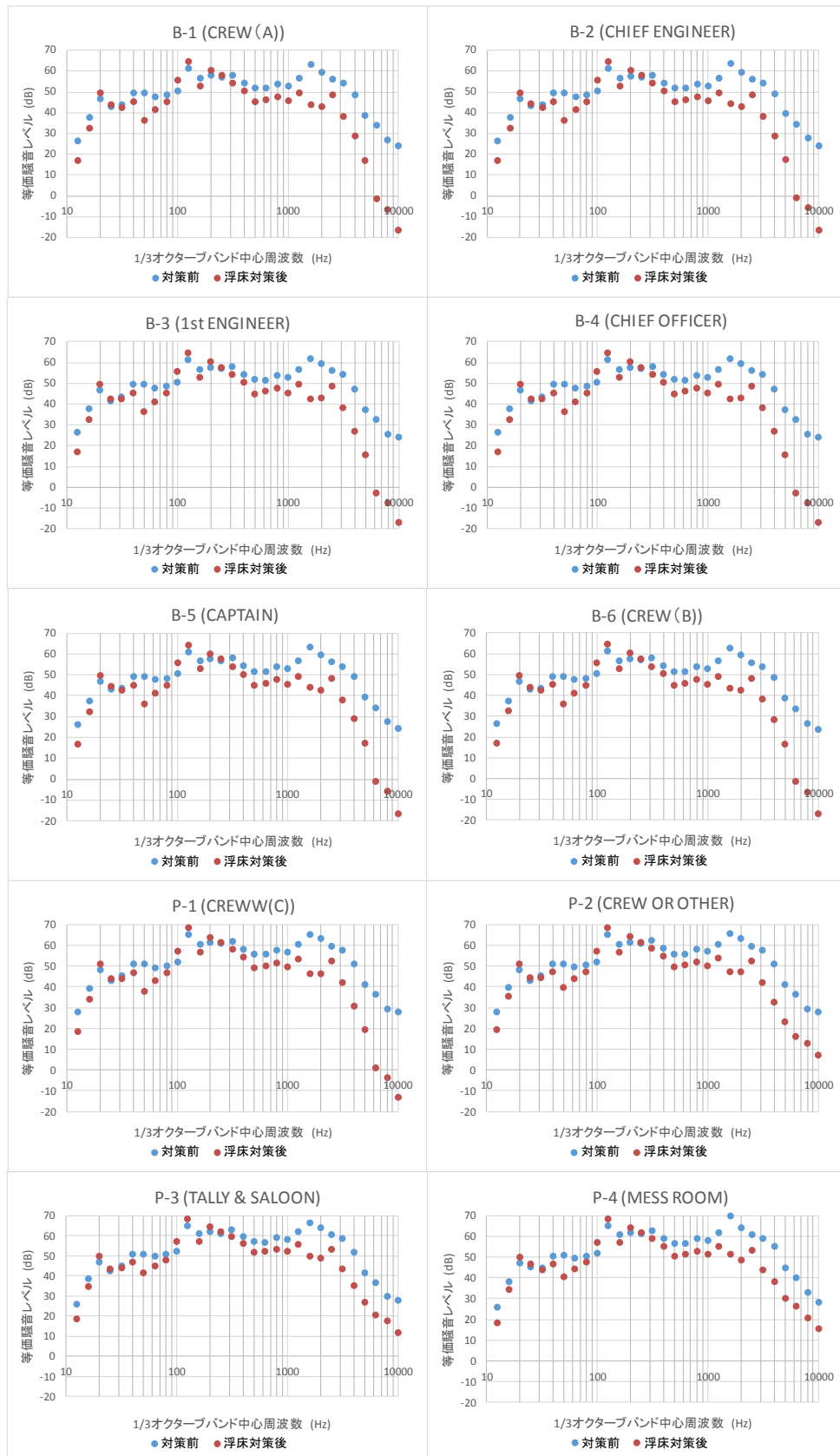


図 5.1-2 騒音スペクトル (749GT タイプタンカー : 749T1)

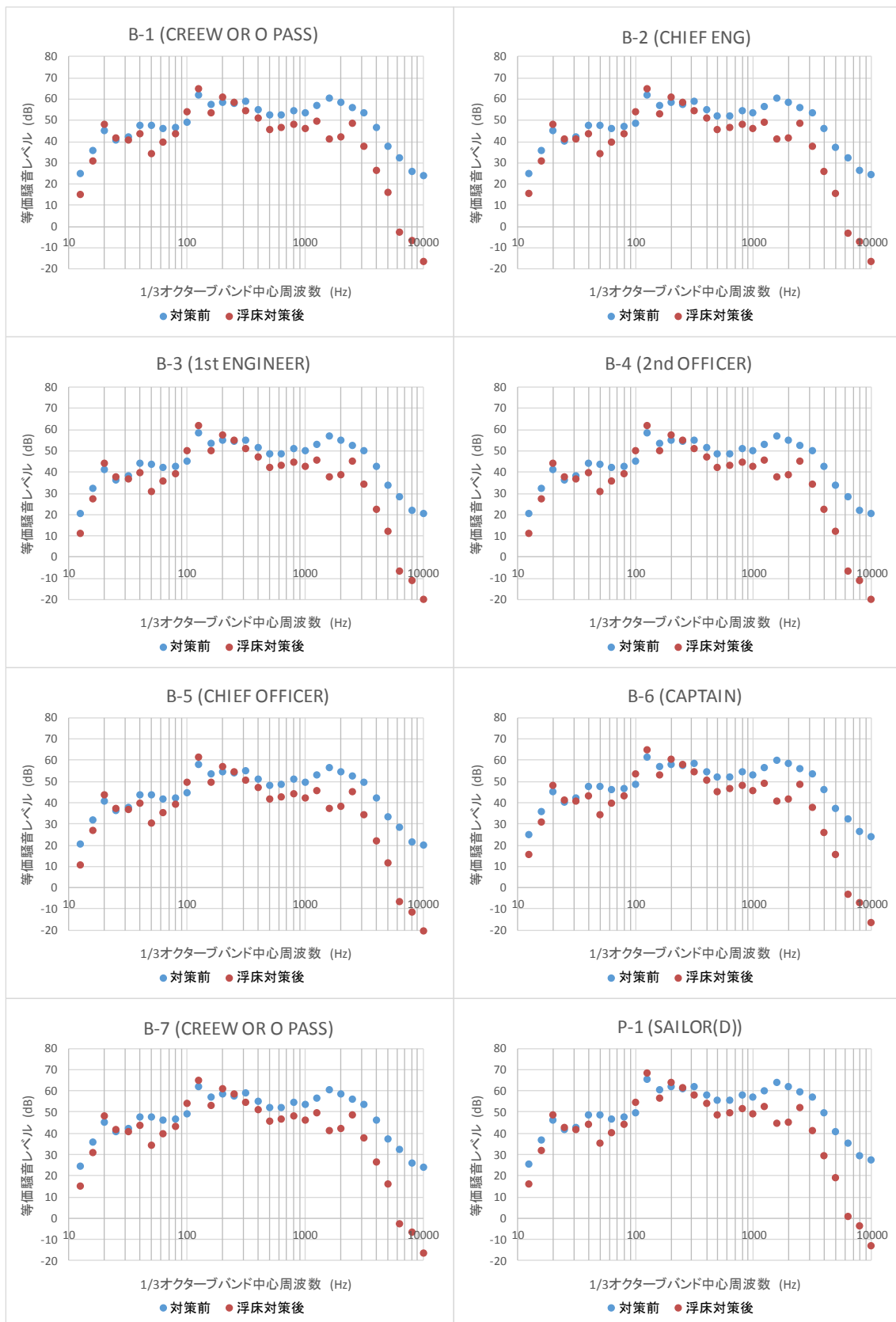


図 5.1-2 騒音スペクトル (999GT タイプタンカー : 999T3)

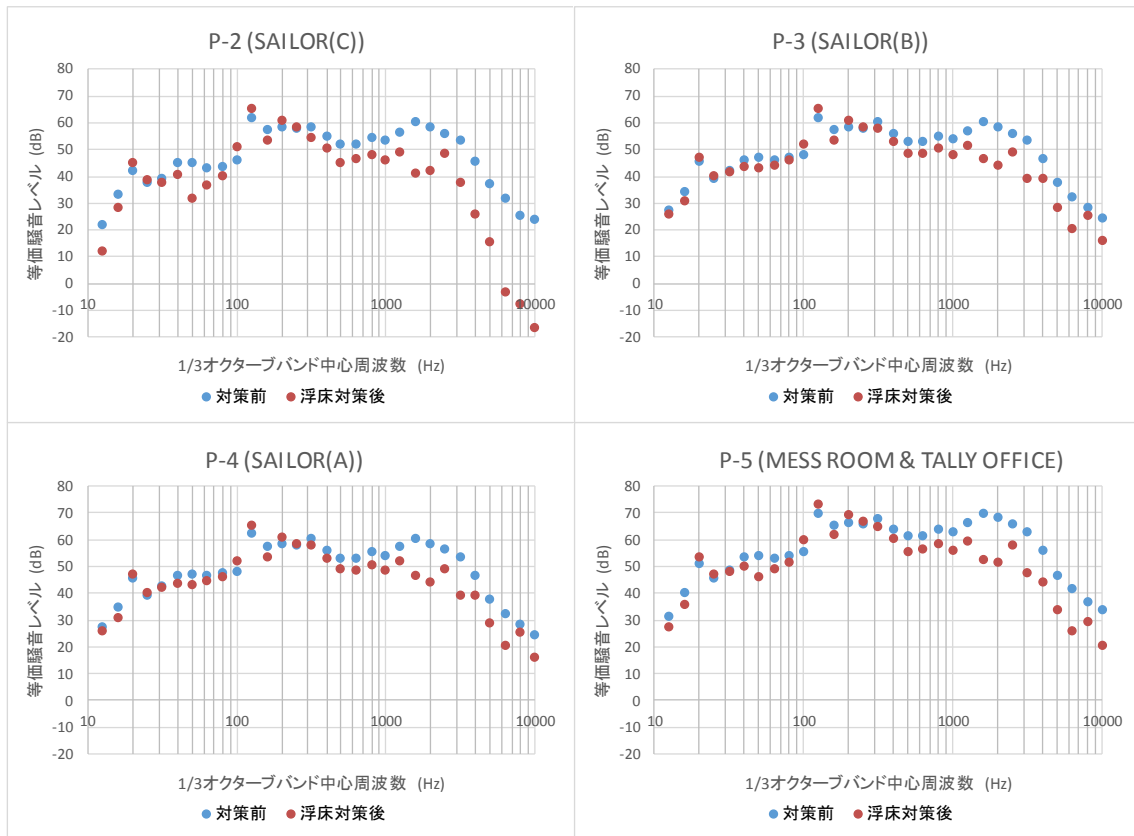


図 5.1-2 騒音スペクトル (999GT タイプタンカー : 999T3)

5.2 多孔質天井パネル対策

多孔質天井パネルは部屋内の吸音効果を高める。本調査では、1,600 総トン以上の船舶を対象に、スピーカー試験から求めた平均吸音率データを基に予測計算を実施する。図 5.2-1 に多孔質天井パネルを施工したときと未施工での騒音スペクトルの比較を示す。

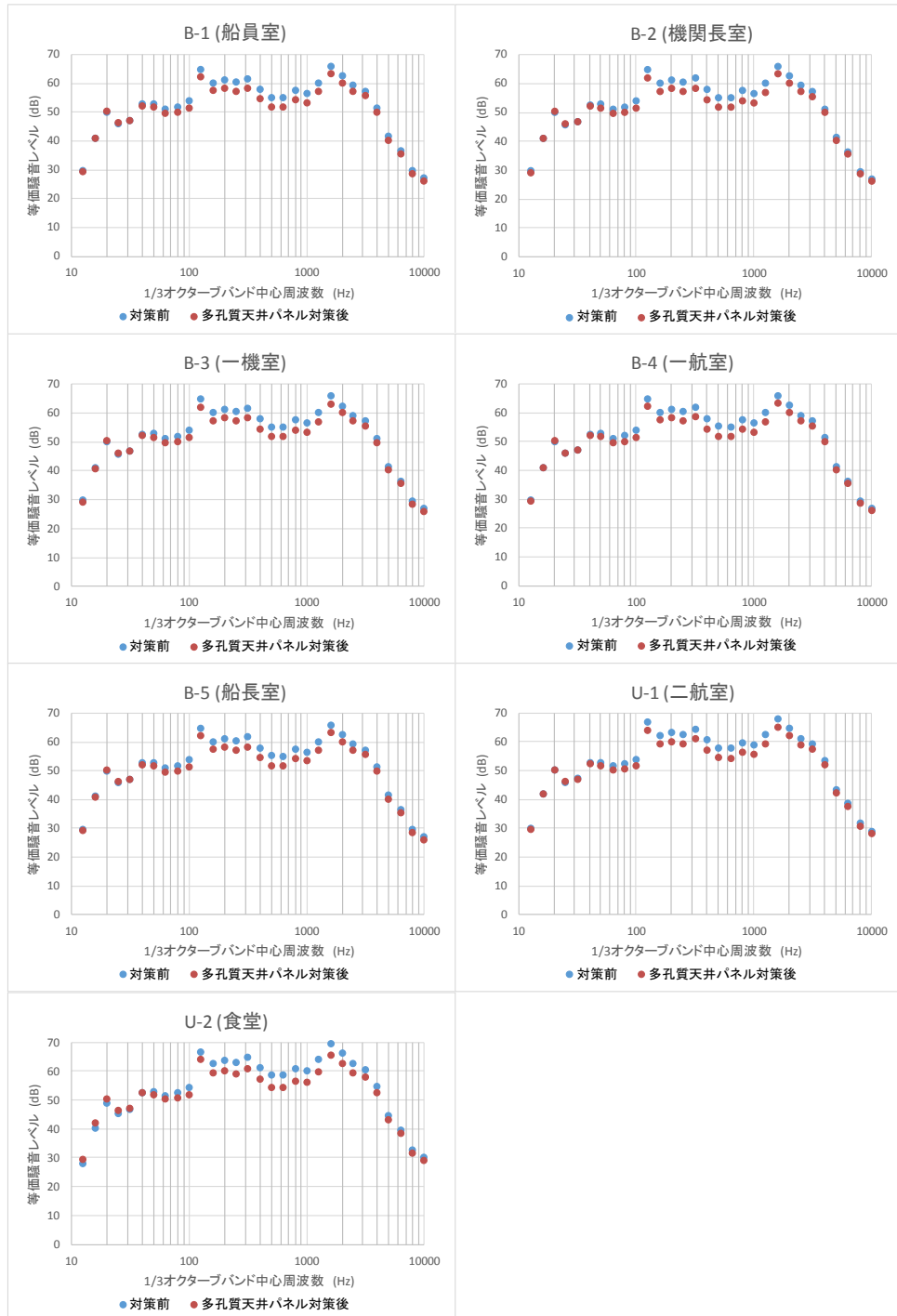


図 5.2-1 騒音スペクトル (499GT タイプ乾貨物船 : 499C2)

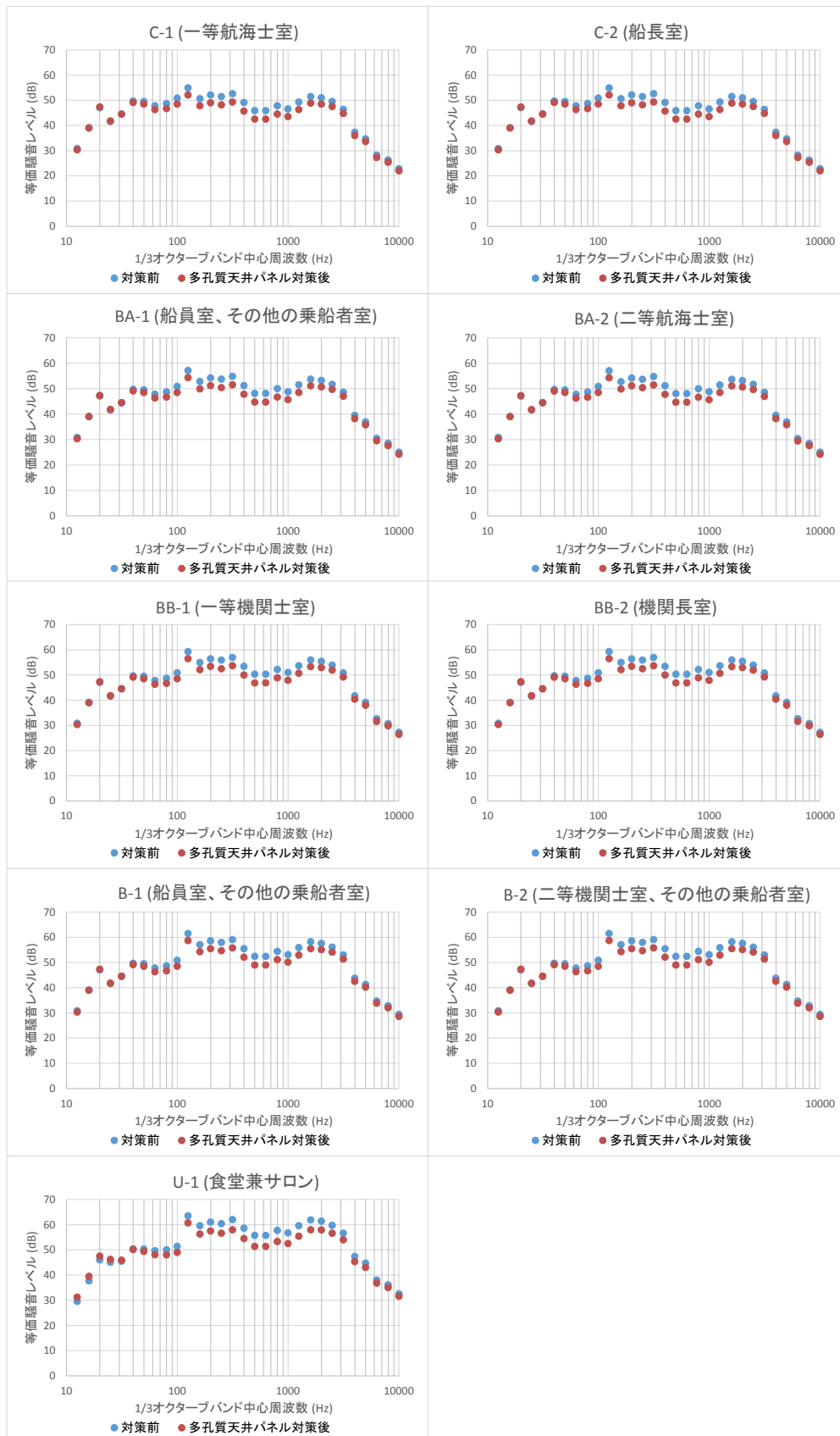


図 5.2-1 騒音スペクトル (749GT タイプ乾貨物船 : 749C1)

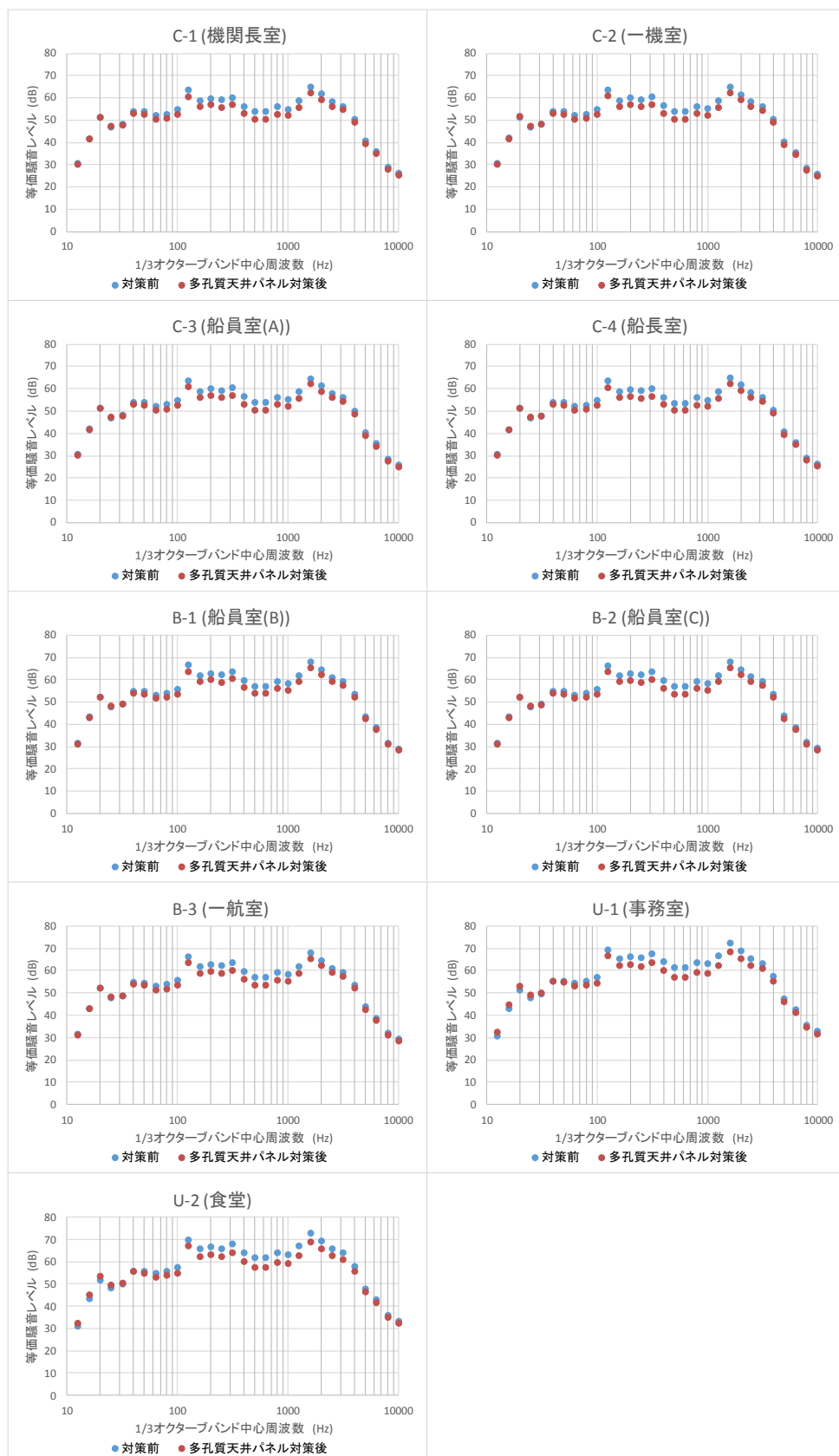


図 5.2-1 騒音スペクトル (749GT タイプ乾貨物船 : 749C3)

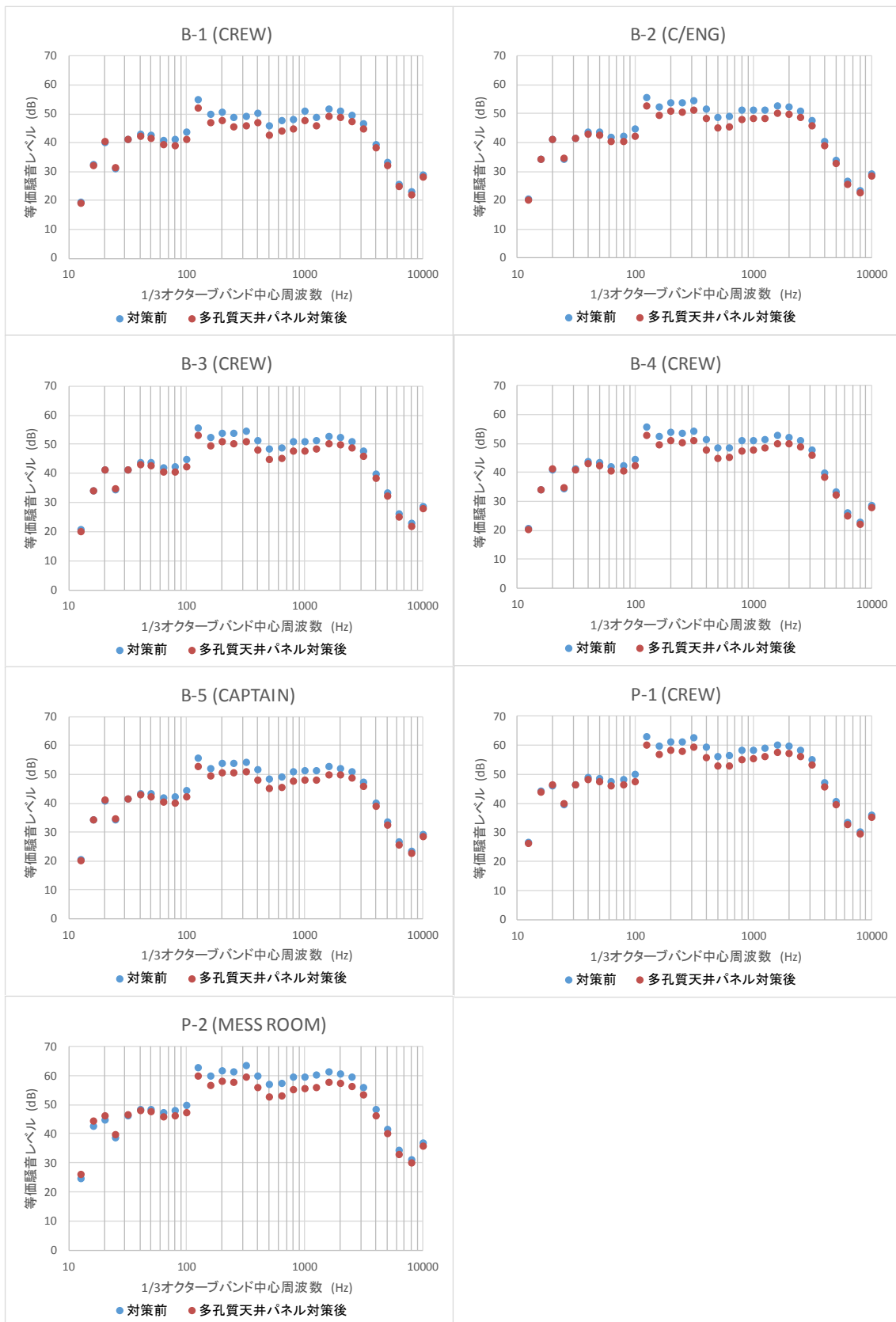


図 5.2-1 騒音スペクトル (499GT タイプタンカー : 499T1)

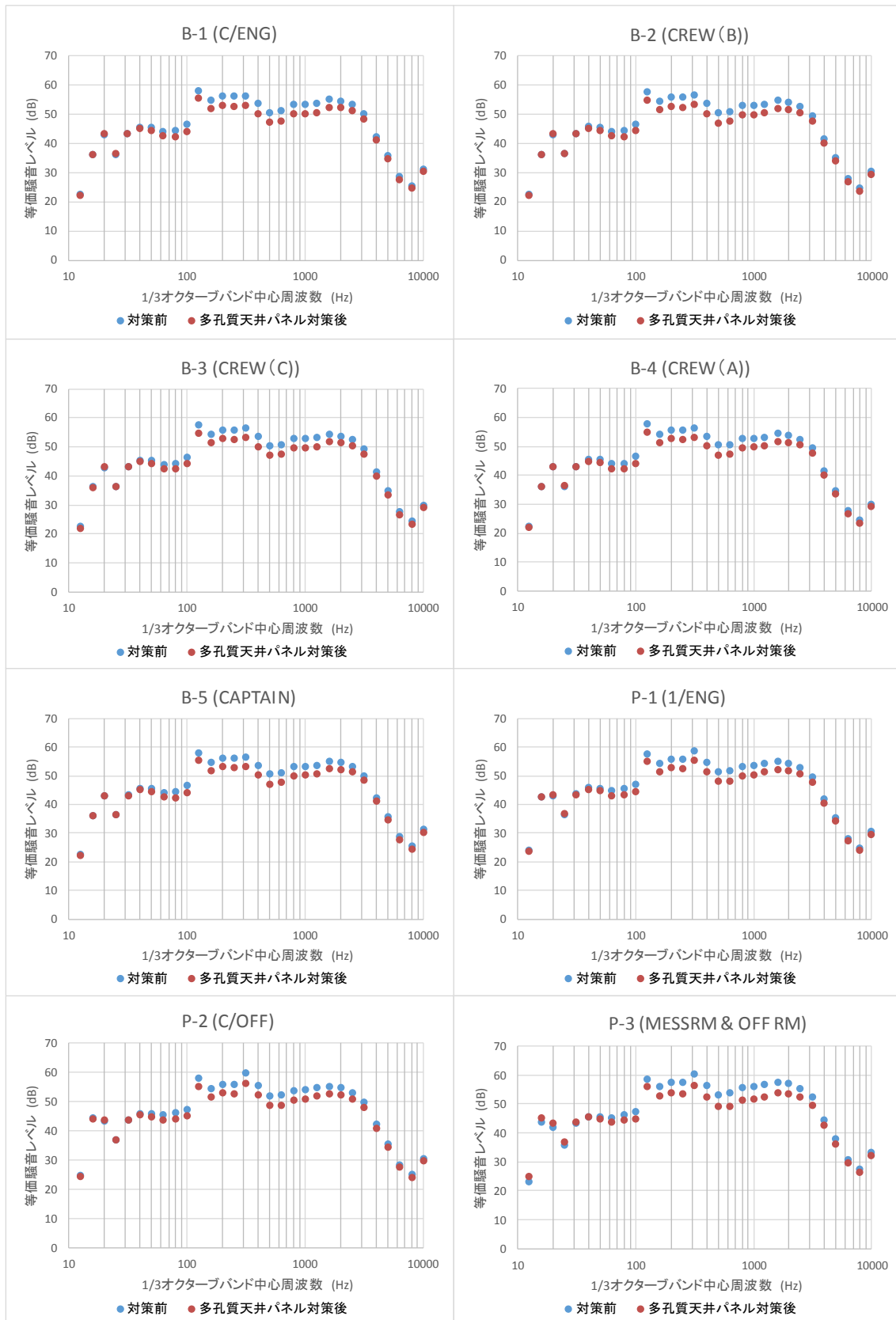


図 5.2-1 騒音スペクトル (499GT タイプタンカー : 499T3)

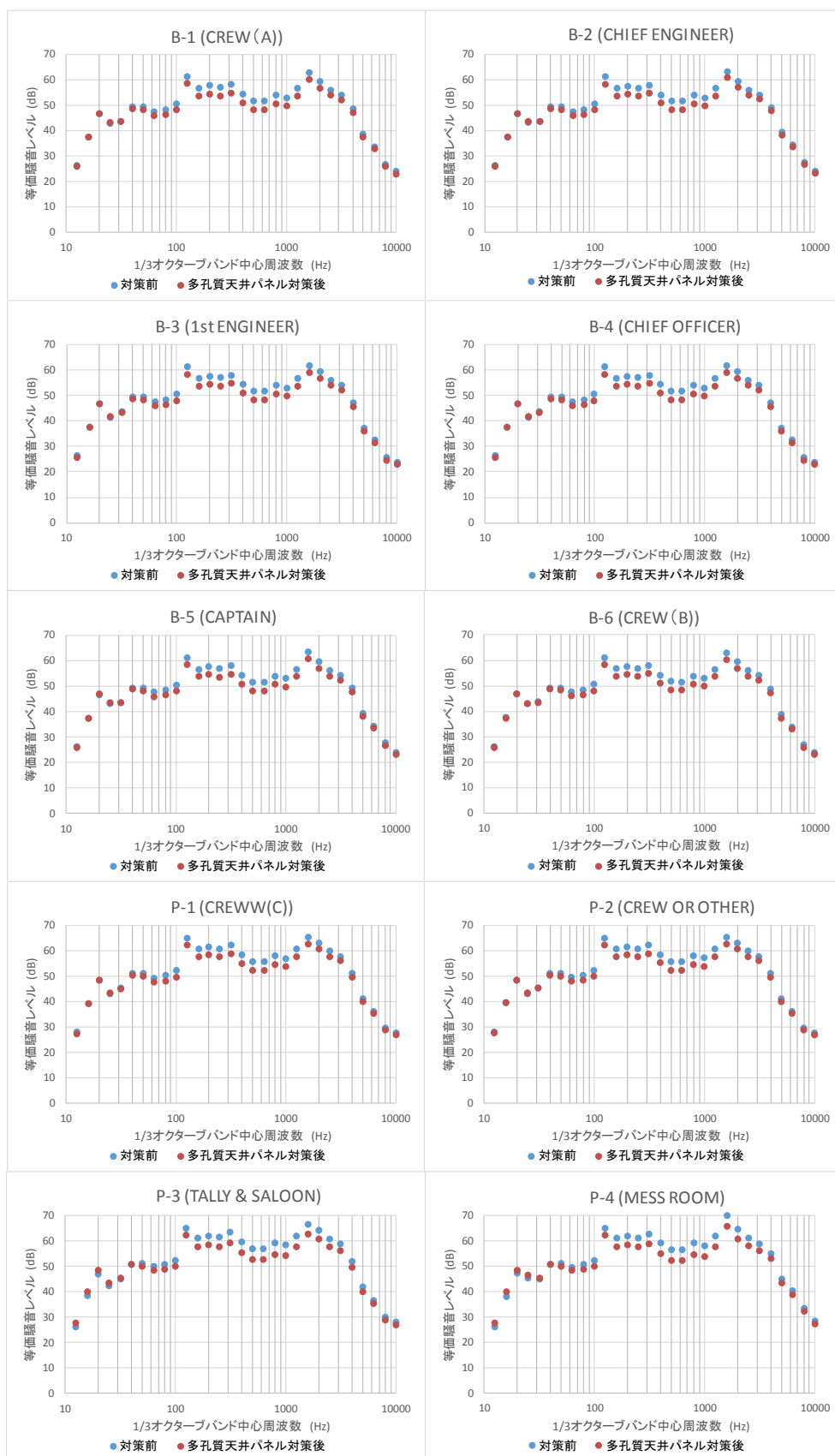


図 5.2-1 騒音スペクトル (749GT タイプタンカー : 749T1)

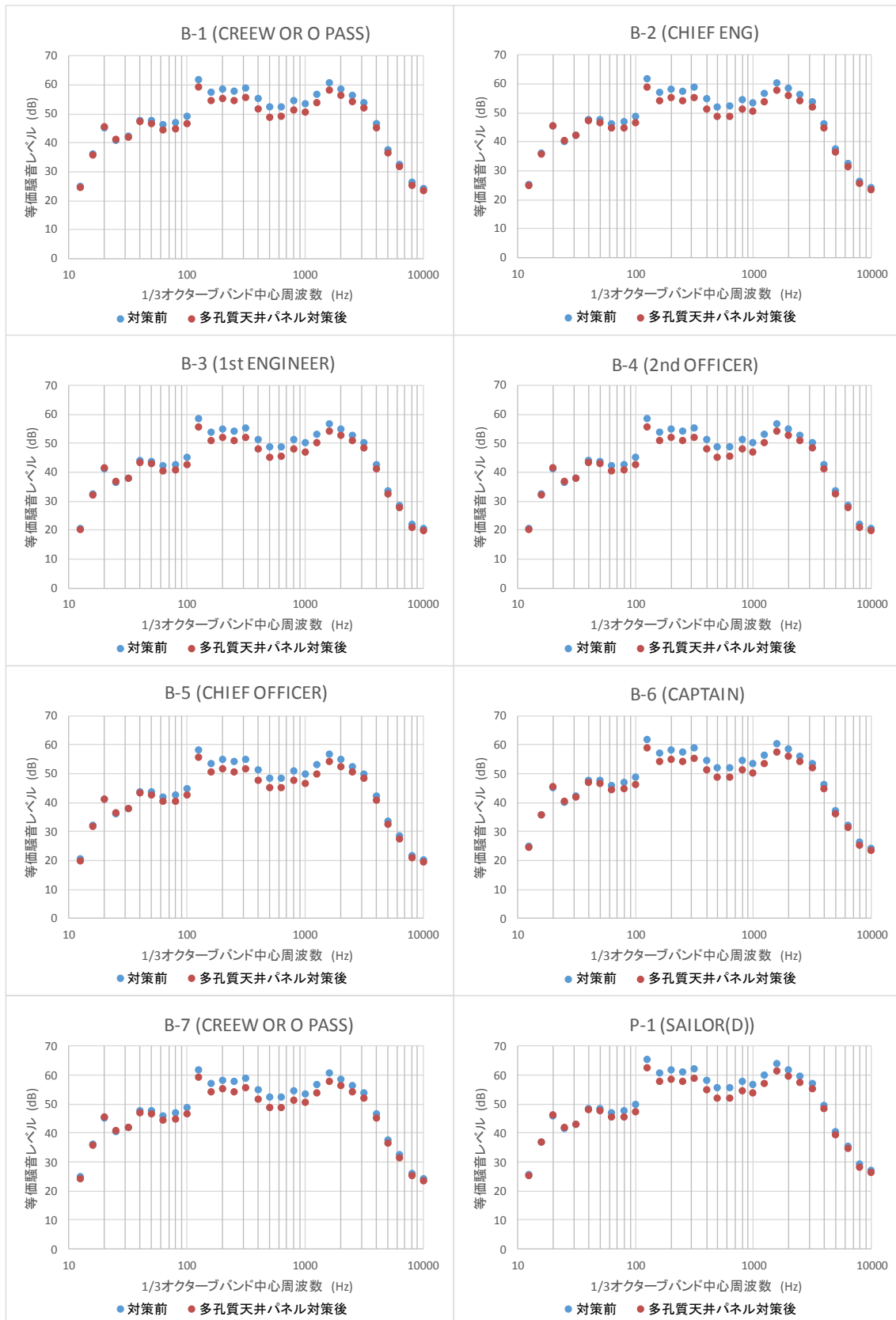


図 5.2-1 騒音スペクトル (999GT タイプタンカー : 999T3)

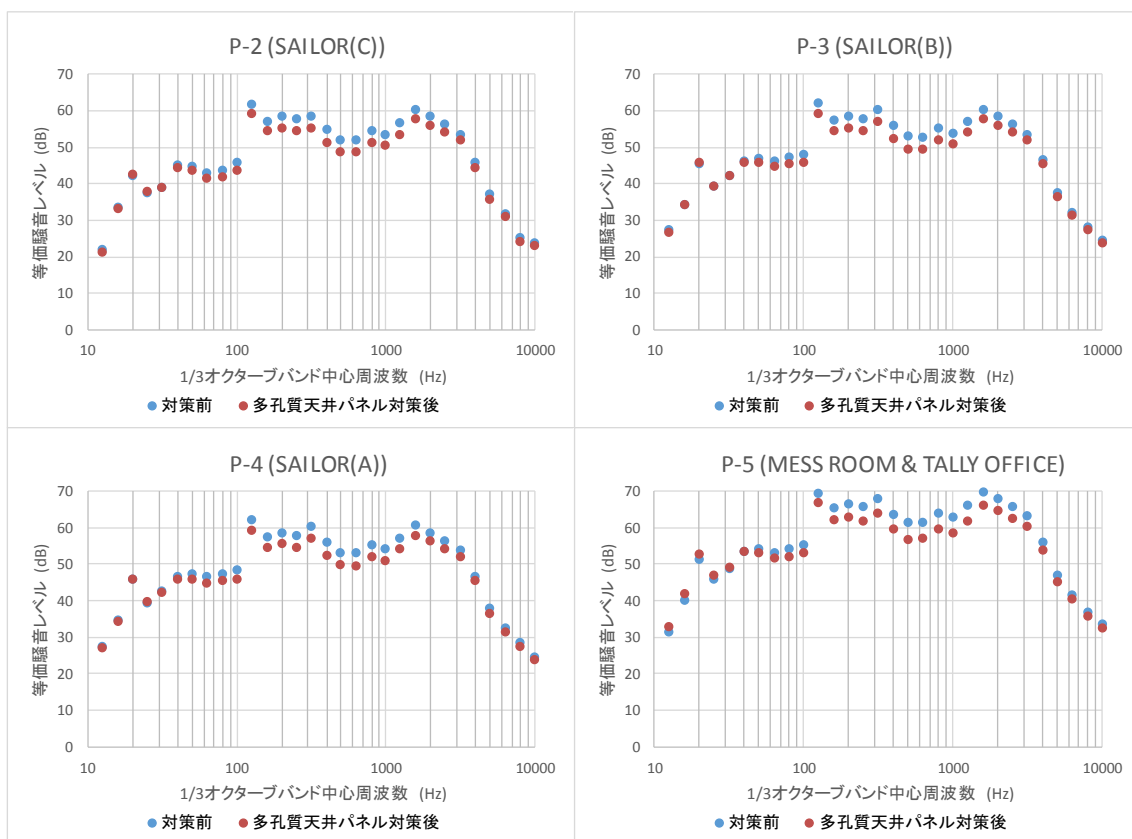


図 5.2-1 騒音スペクトル (999GT タイプタンカー : 999T3)

5.3 発電機防振対策

発電機防振は、騒音源となる発電機の下に防振ゴムを挿入して、発電機から甲板への振動伝達を低減することにある。発電機防振効果は 1,600 総トン以上の船舶を対象に行った実船計測結果を基にしている。図 5.3-1 に発電機防振を施工したときと未施工での騒音スペクトルの比較を示す。発電機防振の効果が、騒音レベルに影響を与えている 120Hz 以上の周波数帯域で顕著にあらわれている。

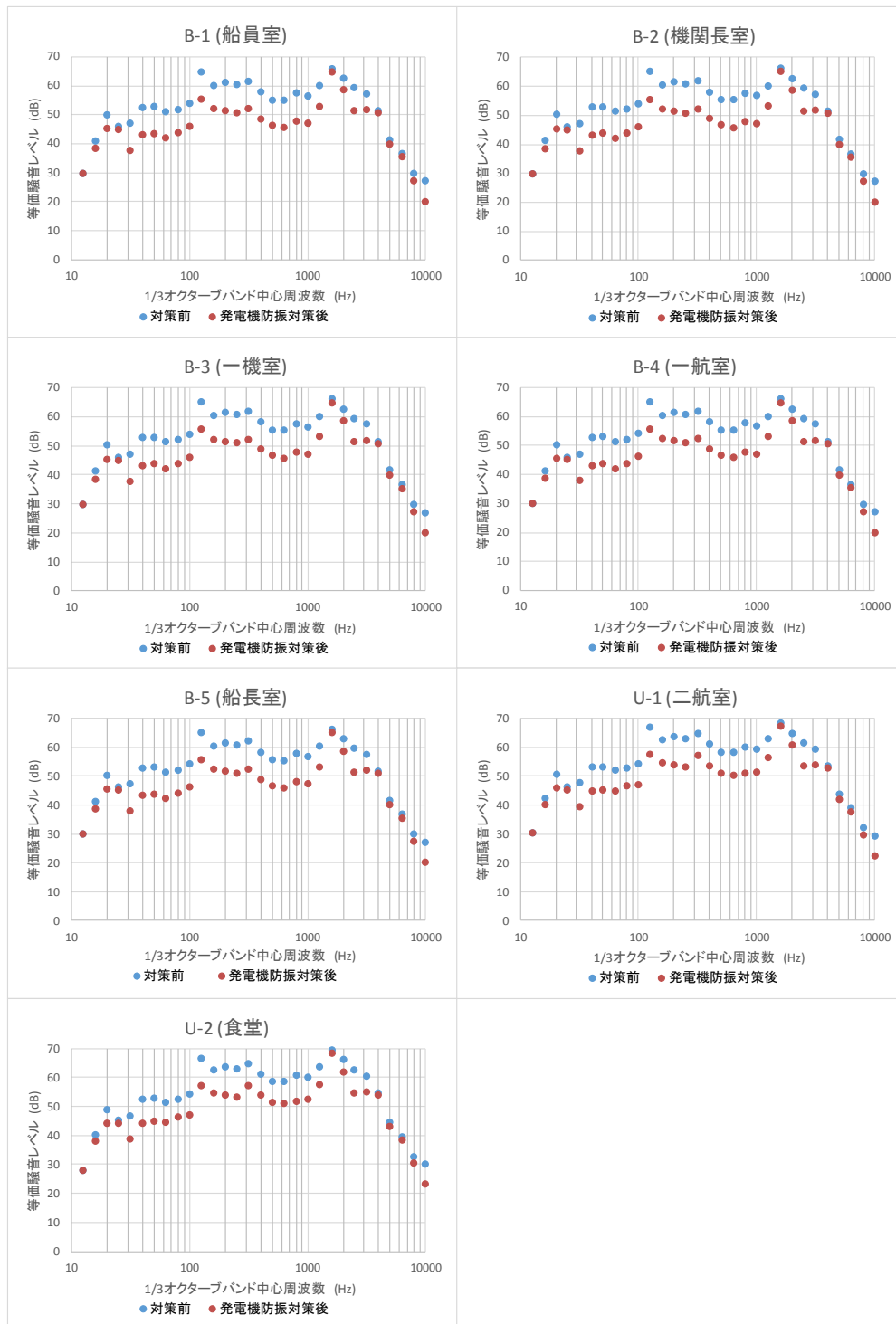


図 5.3-1 騒音スペクトル (499GT 乾貨物船 : 499C2)

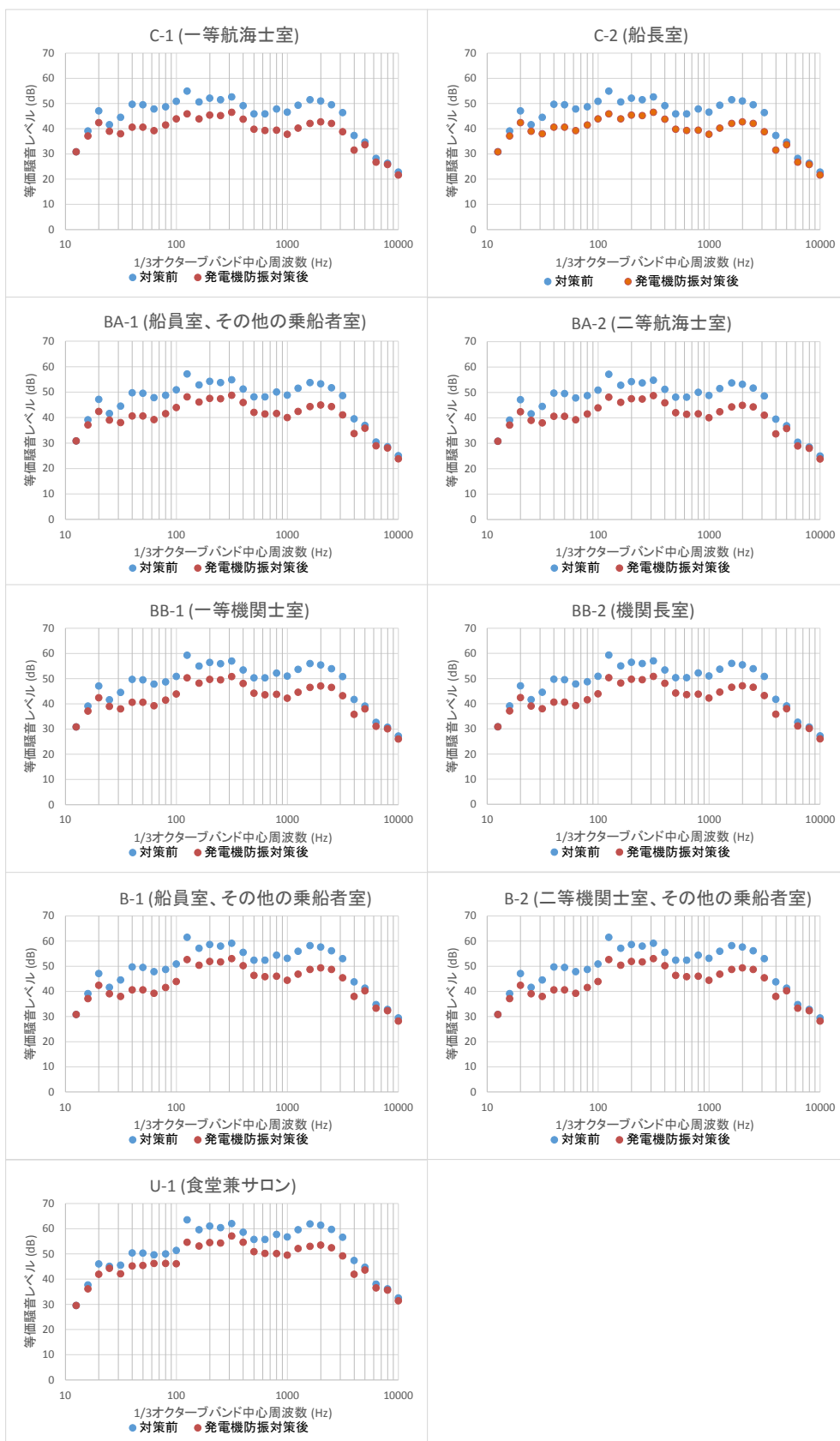


図 5.3-1 騒音スペクトル (749GT 乾貨物船 : 749C1)

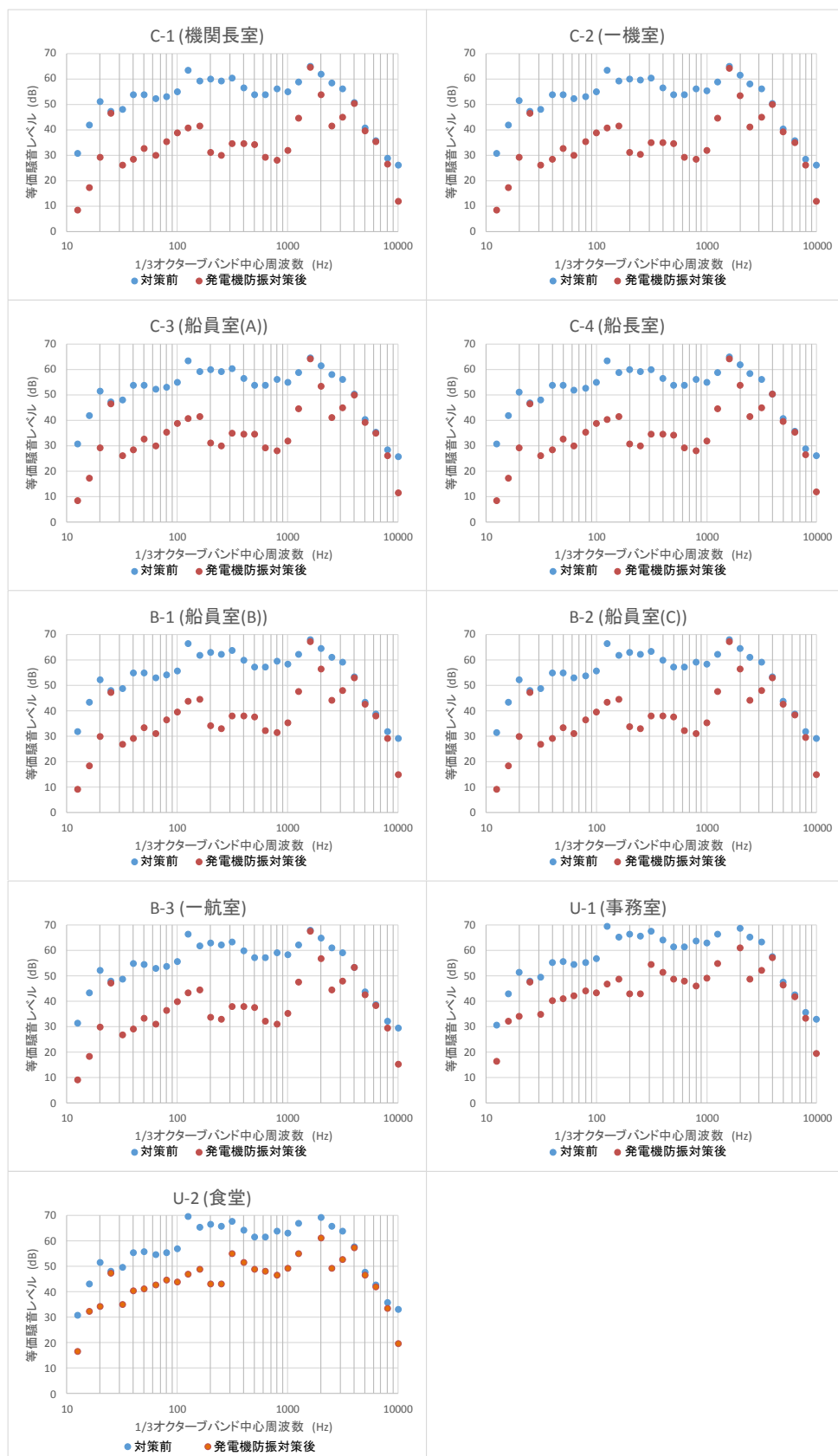


図 5.3-1 騒音スペクトル (749GT 乾貨物船 : 749C3)

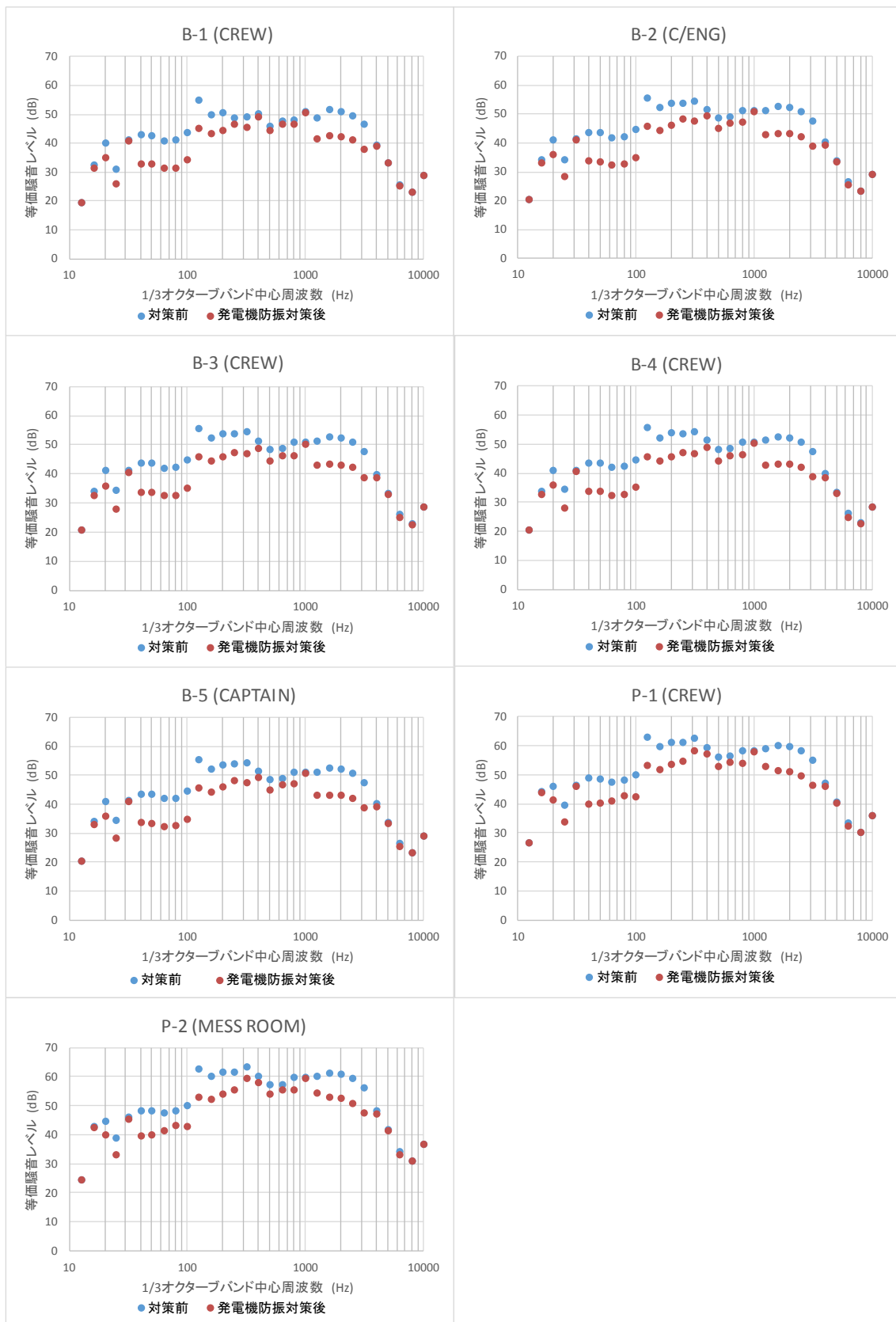


図 5.3-1 騒音スペクトル (499GT タイプタンカー : 499T1)

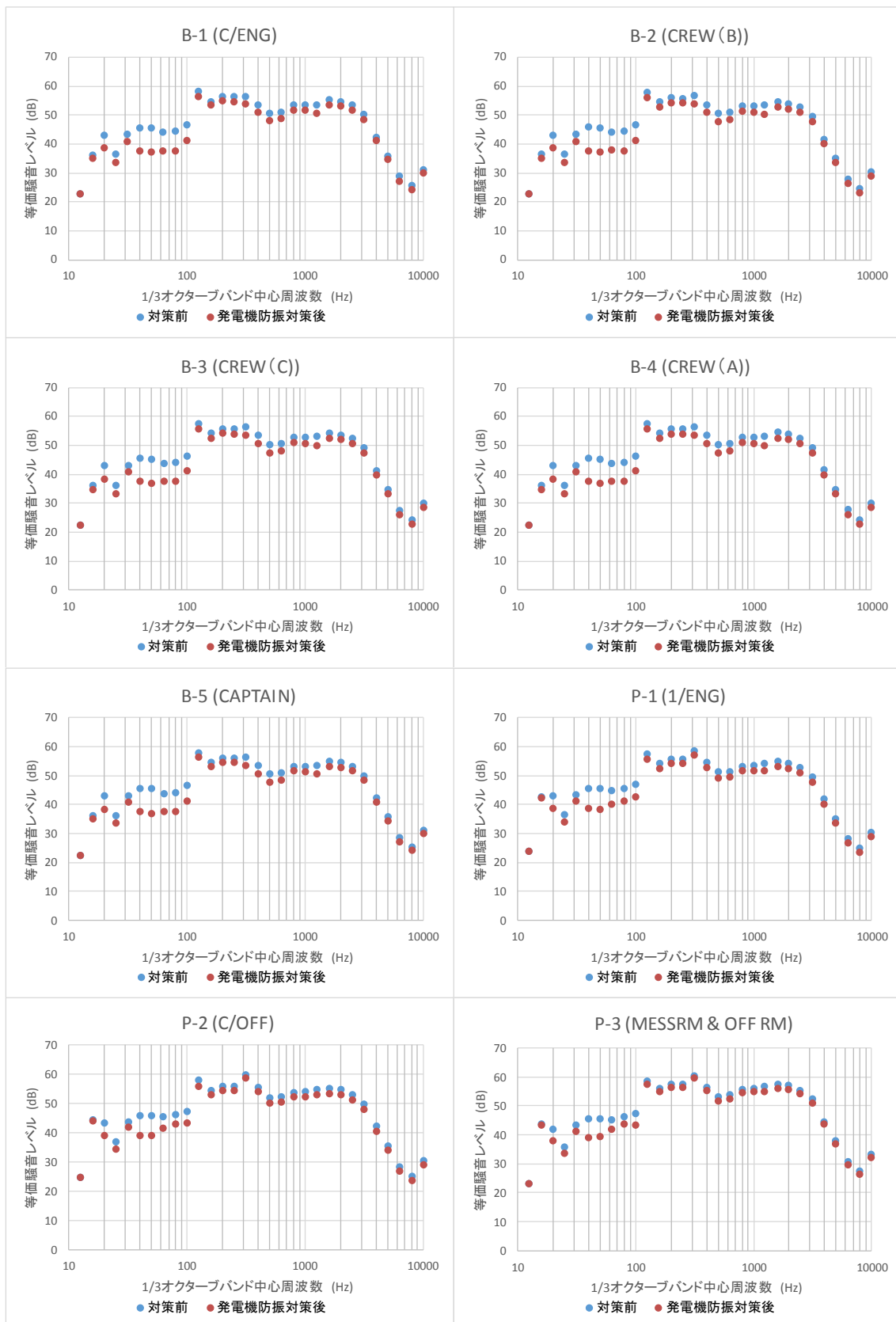


図 5.3-1 騒音スペクトル (499GT タイプタンカー : 499T3)

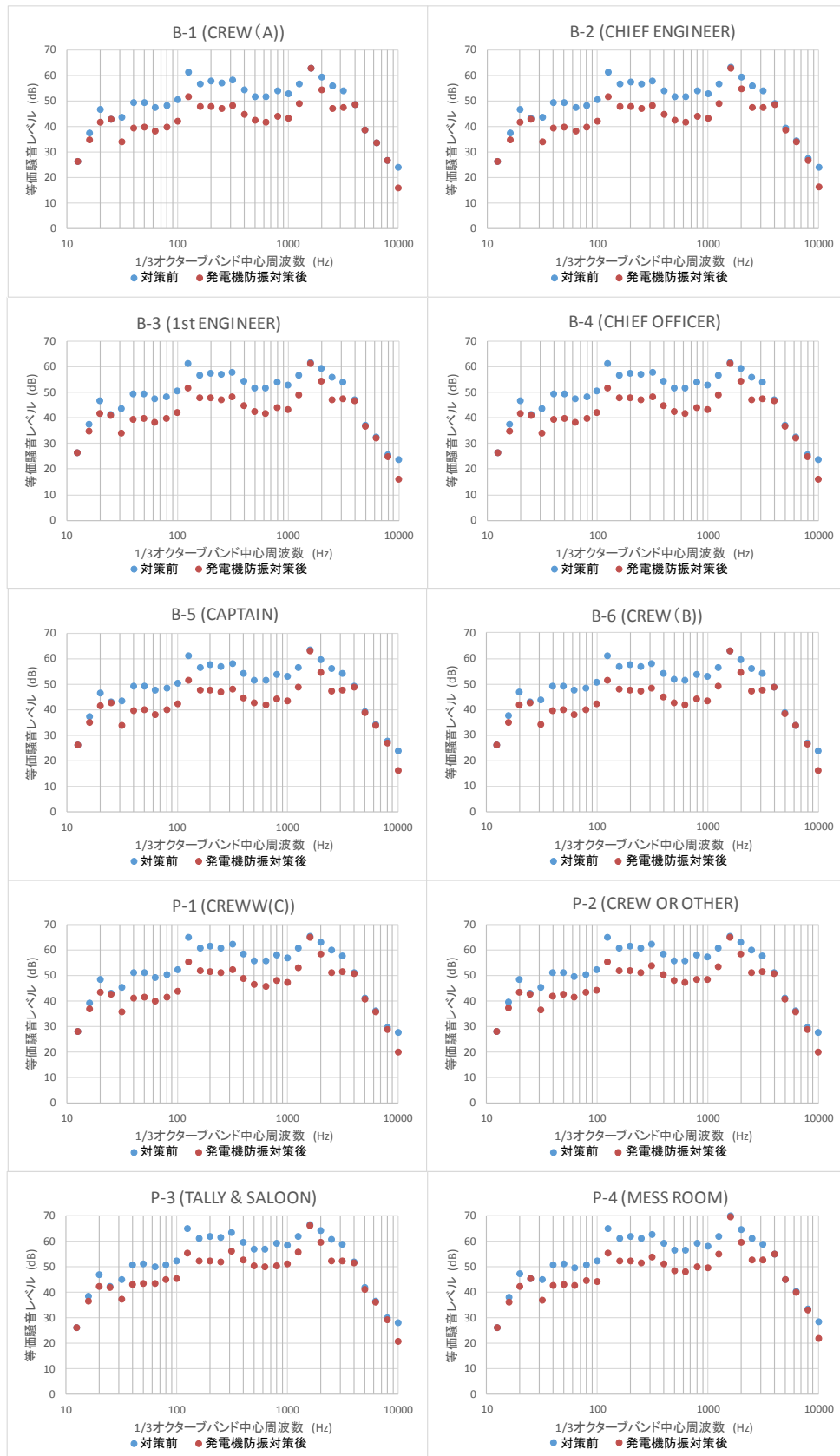


図 5.3-1 騒音スペクトル (749GT タイプタンカー : 749T1)

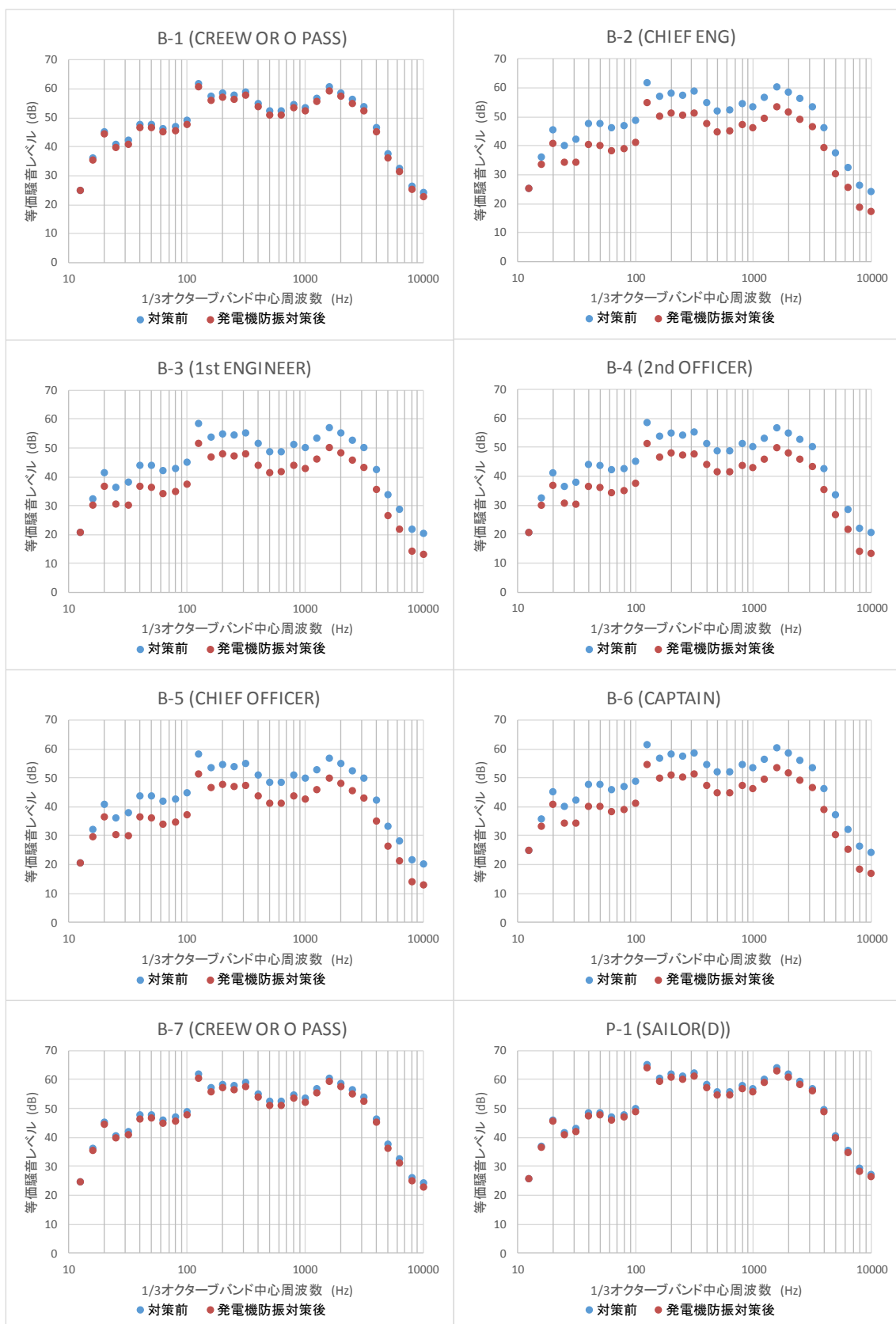


図 5.3-1 騒音スペクトル (999GT タイプタンカー : 999T3)

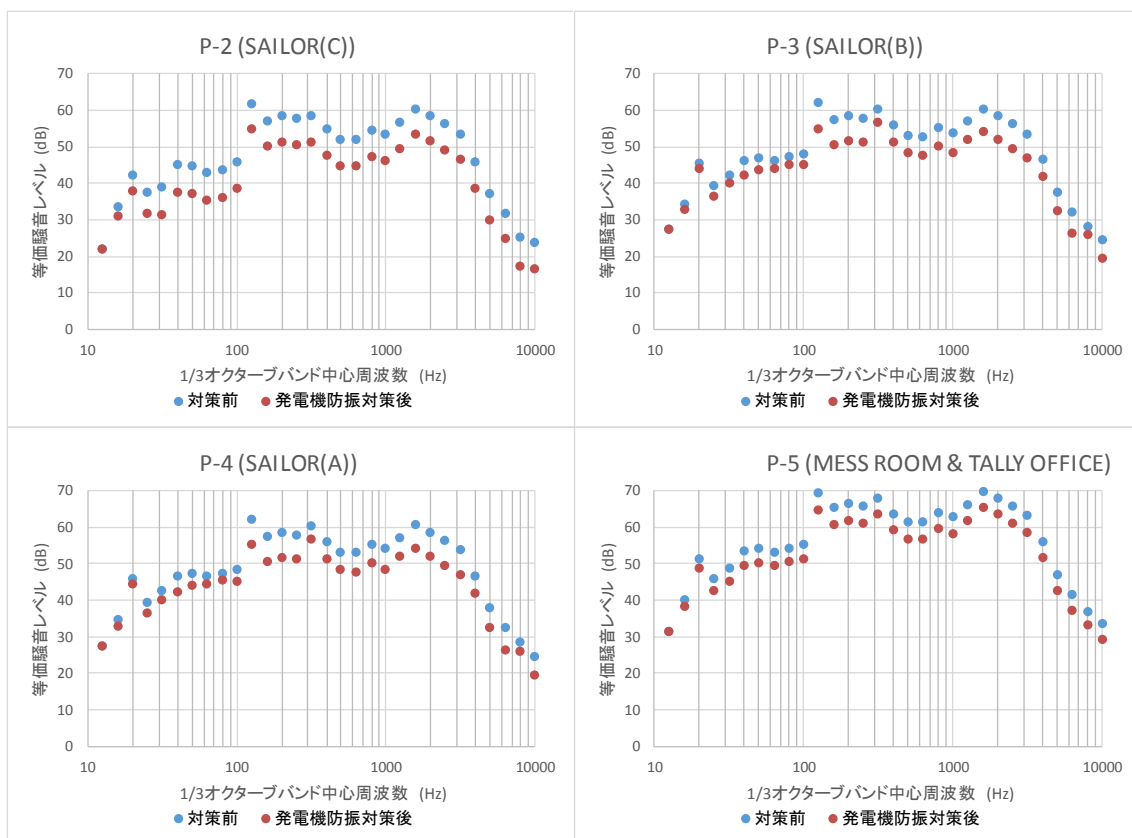


図 5.3-1 騒音スペクトル (999GT タイプタンカー : 999T3)

5.4 組み合わせ対策

5.1 から 5.3 で述べた対策を組み合わせた効果を Janssen 法により予測した。表 5.4-1 に騒音対策を実施しなかった場合、単独に実施した場合、組み合わせ対策を実施した場合を比較した。なお、浮床材の製品によっては、MLC 条約で規定するクリアハイトを維持するためにデッキ高さを大きく取り、総トン数が増えることが予想される。したがって、1,600 総トン以上の規制対象船舶では有効な対策方法であるが、総トン数に制限のある船舶に関しては、浮き床施工に伴うデッキハイトの増大による総トン数増加を回避するための設計変更が必要となる可能性もある。

単体の効果は、発電機防振対策が最も効いていた。発電機防振単体では、騒音低減量は 5 ～ 7 (dB(A)) であった。発電機の影響が大きく、空気音の影響が無視できるような環境ではこの程度の低減はみられる。しかしながら、対策組み合わせの効果が 10dB(A) を超えているのは、低減量が想定よりも大きい。騒音計測結果(OA 値)は固体伝播音が支配的であると前提から試算を行ったが、通路からの騒音、エアコンの影響等、予測計算で想定していない空気音の影響が大きい環境では予測結果ほどの低減は見込まれない。また、音源毎の寄与を検討するために、航走中（主機、発電機、エアコン、エンジンルームファン運転）、発電機単独運転時、エアコン単独運転時、エンジンルームファン単独運転時の騒音計測を行うことによってより詳細な検討が行える。非適用内航船の船内騒音の特徴を検討する上で、今後更なる検討を実施する場合、これら単独運転を同時に実施するか、音源探査のような手法で音源の特定、寄与度を検討することが望まれる。

表 5.4-1 騒音予測結果

船名	用途	GT	Location	部屋名	対策なし 予測結果	対策後予測結果			
		(ton)				発電機 防振	多孔質 天井 パネル	対策 組合せ	浮床
499C2	貨物船	499	B-1	船員室	73.1	67.7	70.4	59.8	71.3
			B-2	機関長室	73.0	67.7	70.4	59.8	71.3
			B-3	一機室	73.0	67.6	70.4	59.8	71.3
			B-4	一航室	73.0	67.6	70.4	59.8	71.3
			B-5	船長室	73.0	67.7	70.4	59.8	71.3
			U-1	二航室	75.1	70.0	72.4	62.3	73.3
			U-2	食堂	75.9	71.1	72.4	62.4	73.6
499T1	ケミカル	499	B-1	CREW	62.2	57.6	59.6	51.9	60.9
			B-2	C/ENG	64.3	58.5	61.5	53.1	63.0
			B-3	CREW	64.1	57.9	61.3	52.5	62.9
			B-4	CREW	64.1	57.9	61.3	52.5	62.9
			B-5	CAPTAIN	64.3	58.5	61.5	53.1	63.0
			P-1	CREW	71.7	66.3	68.8	61.4	70.5
			P-2	MESS ROOM	72.4	67.3	68.8	61.8	70.9
499T3	油タンカー	498	B-1	C/ENG	66.5	64.5	63.7	60.5	65.2
			B-2	CREW(B)	66.2	64.0	63.4	59.9	64.8
			B-3	CREW(C)	66.2	64.0	63.4	59.9	64.8
			B-4	CREW(A)	66.2	64.0	63.4	59.9	64.8
			B-5	CAPTAIN	66.5	64.5	63.7	60.5	65.2
			P-1	1/ENG	66.7	64.9	63.9	61.1	65.6
			P-2	C/OFF	67.0	65.4	64.2	61.6	66.0
749T1	アス ファルト 船	769	P-3	MESSRM & OFF RM	68.6	67.3	65.1	63	67.5
			B-1	CREW(A)	69.5	64.8	66.8	56	67.6
			B-2	CHIEF ENGINEER	69.6	64.9	66.9	56.1	67.7
			B-3	1st ENGINEER	69.2	63.7	66.5	55.9	67.6
			B-4	CHIEF OFFICER	69.2	63.7	66.5	55.9	67.6
			B-5	CAPTAIN	69.6	64.9	66.9	56.1	67.7
			B-6	CREW(B)	69.5	64.8	66.8	56	67.6
749C1	コンテナ船	749	P-1	CREWW(C)	73.0	67.6	70.3	59.4	71.3
			P-2	CREW OR OTHER	73.1	67.8	70.3	60	71.4
			P-3	TALLY & SALOON	73.9	69.0	70.4	60.8	71.8
			P-4	MESS ROOM	74.6	71.1	71.1	60.3	71.7
			C-1	一等航海士室	63.4	56.2	61.1	53.5	62.9
			C-2	船長室	63.4	56.2	61.1	53.5	62.9
			BA-1	船員室、その他の乗船者室	65.2	57.9	62.7	54.8	64.5
749C3	貨物船	749	BA-2	二等航海士室	65.2	57.9	62.7	54.8	64.5
			BB-1	一等機関士室	67.1	59.7	64.4	56.3	66.3
			BB-2	機関長室	67.1	59.7	64.4	56.3	66.3
			B-1	船員室、その他の乗船者室	69.1	61.7	66.4	58	68.2
			B-2	二等機関士室、その他の乗船者室	69.1	61.7	66.4	58	68.2
			U-1	食堂兼サロン	71.9	65.3	68.5	61.3	70.8
			B-1	CREW OR O PASS	69.5	68.1	66.7	64	68.2
999T3	油タンカー	999	B-2	CHIEF ENG	69.3	62.3	66.6	58.3	68.1
			B-3	1st ENGINEER	65.8	58.7	63.0	54.8	64.6
			B-4	2nd OFFICER	65.8	58.7	63.0	54.8	64.6
			B-5	CHIEF OFFICER	65.8	58.7	63.0	54.8	64.6
			B-6	CAPTAIN	69.3	62.3	66.6	58.3	68.1
			B-7	CREW OR O PASS	69.5	68.1	66.7	64	68.2
			P-1	SAILOR(D)	72.7	71.6	69.9	67.4	71.4
749C3	貨物船	749	P-2	SAILOR(C)	69.3	62.2	66.5	58.2	68.1
			P-3	SAILOR(B)	69.7	64.0	66.9	60.5	68.6
			P-4	SAILOR(A)	69.7	64.0	66.9	60.5	68.6
			P-5	MESS ROOM & TALLY OFFICE	78.0	73.5	74.5	68.8	76.4
			C-1	機関長室	71.8	65.1	69.2	50.9	70.2
			C-2	一機室	71.8	65.0	69.2	50.9	70.2
			C-3	船員室(A)	71.9	65.0	69.2	50.9	70.2
749C3	貨物船	749	C-4	船長室	71.8	65.1	69.2	50.9	70.2
			B-1	船員室(B)	74.9	68.1	72.2	52.7	73.1
			B-2	船員室(C)	74.9	68.2	72.2	52.8	73.1
			B-3	一航室	74.9	68.2	72.2	52.8	73.1
			U-1	事務室	78.8	72.7	75.3	58.6	76.4
			U-2	食堂	78.8	72.8	75.3	58.7	76.4

5.5 その他対策

表 3-1 に示した騒音対策について、騒音対策による低減効果を評価する。

(a) 電気推進

1,600 総トン以上 10,000 総トン未満の船舶を対象に、電気推進船(SES)とそれ以外の船舶(ディーゼル主機の貨物船)の騒音レベルを図 5.5-1 に示す。図 5.5-1 左は居室を、図 5.5-1 右は食堂、事務室等騒音規制値が 65dB(A)の部屋を対象にする。居室では、電気推進船の騒音レベルの平均は 50.8 (dB(A))、電気推進船以外の騒音レベルの平均は 60.0 (dB(A))であり、公室では、電気推進船の騒音レベルの平均は 54.5(dB(A))、電気推進船以外の騒音レベルの平均は 67.4(dB(A))であった。1,600 総トン未満の船舶においても同程度(10~12dB(A))の低減は見込まれる。

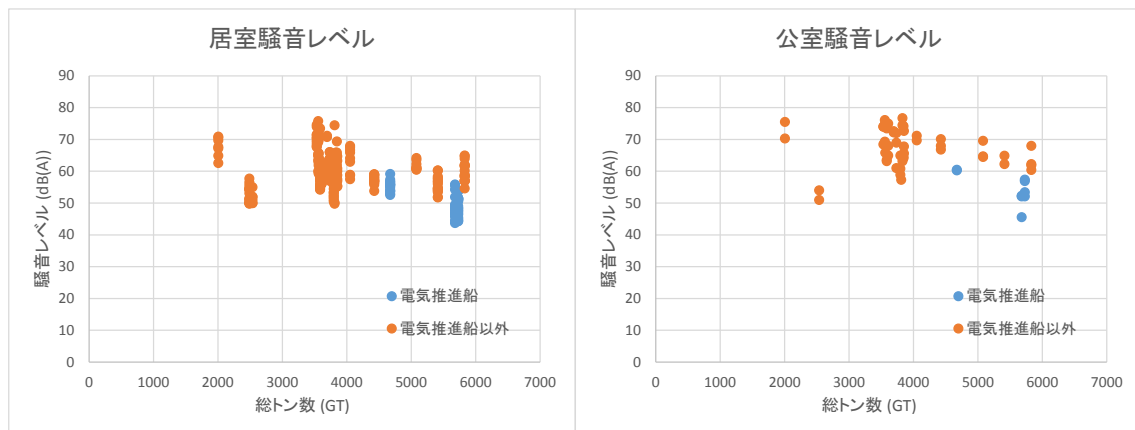


図 5.5-1 電気推進船とそれ以外の騒音レベル

(b) 上部構造物（浮構造）

欧州では、バージを対象に上部構造物全体を浮構造にした建造実績がある。ただし、我が国においては実績がない。本構造は、周波数全域にわたって振動レベルが低減できることから、固体伝播音が支配的な船内騒音対策として、効果は大きいと見込まれる。電気推進船の効果と同程度の低減が見込まれる。

(c) 高速 4 サイクル主機の防振支持

5.3 で説明した発電機防振と同じ性能の防振ゴムを船舶 749T2 の主機に取り付けたと仮定して、Janssen 法による騒音予測を行った。表 5.5-1 に Janssen 法による主機防振対策前後の騒音予測結果を示す。今次計算では発電機の影響が大きく主機対策の効果が 1dB(A)程度であった。主機の影響が大きい船舶を対象にすると 5.3 で述べた効果程度は見込まれる。

表 5.5-1 主機防振効果(749T2)

Room	対策前 (dB(A))	対策後 (dB(A))
CREW(A)	71.2	70
C/ENGINEER	71.2	70
1/ENGINEER	71.2	70
C/OFFICER	71.2	70
CAPTAIN	71.2	70
CREW(B)	71.2	70
CREW(C)	71.2	70
CREW OR OTHER PASS(P)	75.1	73.9
CREW OR OTHER PASS(C)	75.2	74
MESS & SALOON	76	74.6

なお、平成 28 年度内航船舶技術支援セミナーで紹介された金属ばね防振装置⁽¹⁾ は、据付床への振動伝達力（3 次成分）で防振ゴムより概ね 20dB 小さいと報告されている。

(d) プロペラ変動圧の低減（FRP プロペラ採用）

平成 28 年度内航船舶技術支援セミナーで紹介された複合材料性プロペラ⁽²⁾は、499 総トンクラスのケミカルタンカーに装備したところ、騒音レベルが Captain Room で約 3dB(A)、Dining Room で約 4dB(A)低減したと報告されている。

(e) エンジンケーシングと居住区の分離、Funnel 対策、エンジンルームファン対策

表 2-1 に示した調査船に対して、エンジンケーシングの配置を検討したところ、Upper Deck（または Poop Deck）でエンジンケーシングが居住区に巻込まれた配置となっている。1 層上の Boat Deck では Funnel となって居住区から前後に分離するか、前後に隣接する構造となっている。すでに、Boat Deck では分離された構造となっているが、1,600 総トン以上の船舶と比較して機関室が短いため、Funnel と居住区の距離は依然として短い。そのため、エンジンケーシングと居住区の分離だけでなく、Funnel、エンジンルームファンのように騒音源に対する対策が望まれる。

Funnel 吹き出し口からの騒音レベルを低減させるには、排気管系統にマフラーを設置することが多い。

エンジンルームファン対策については、吹き出し口（マッシュルーム）の内側に吸音材を貼り付ける方法が採用される。また、エンジンルームファンを部屋（ファンルーム）で囲むこともある。

(f) 主機トップブレーシングの防振支持

主機の動揺が大きい船舶に対しては、主機トップブレーシングを取り付けることが多い。しかしながら、主機トップブレーシングを剛支持でデッキに取り付けると、取り付けた箇所から主機の振動を船体に伝播させることになる。振動伝播を減衰させるために、剛支持でなく弾性支持することにより、振動伝播を低減することができる。1,600 総トン以上の船

舶で適用した事例では、剛支持から弾性支持に変更することにより、1～2dB(A)程度居室内の騒音レベルが低減した実績がある。

(g) 壁パネルへの防熱材挿入

防熱材は遮音効果もある。1,600 総トン以上の船舶で通路壁に防熱材を取り付け、カセットパネルで囲んだ実績では、通路に面する周辺の部屋で 1～2dB(A)低減した実績がある。居室の壁パネルにおいても同様の効果は期待できる。

(h) 排気管弾性支持

1,600 総トン以上の船舶で排気管を剛支持から弾性支持に変更したところ、排気管重量を支えている箇所周辺で 1～2dB(A)低減した実績がある。

(i) 制振材貼り付け

対策のひとつであるが、実船計測による検証結果がないため、今後検証する必要がある。

(j) 低騒音エアコン

居室・公室内にあるエアコンは騒音源である。エアコンユニットからダクトを通じて送られてくる空気音を低減するために、ダクトの途中にマフラーを設置する等、対策が施される。エアコン単体を運転したときに居室内の騒音レベルを 50dB(A)程度とすることが望ましい。

(k) 主機過給機遮音

主機過給機は音源となる。通常 1～2kHz 程度にあたる高周波の騒音レベルが大きい。主機過給機に由来する高周波音対策のひとつであるが、実船計測による検証結果がないため、今後検証する必要がある。

(l) 遮音壁

騒音規制では、表 5.5-2 に示す仕切りの空気音遮断性能が求められる。通路騒音計測を行った船舶(749T1)を対象に、空気音遮断性能 $R_w=30$ 、25、20 の遮音壁を通路と居室の間に設置した検討を行う。Boat Deck 通路騒音が近傍の居室(1/ENG)に流入する騒音レベルを求める。Boat Deck の通路(P)で騒音計測結果は、73.5 (dB(A))であった。居室に流入する空気音は、式(5.5-1)を使って計算した。TL は 1,600 総トン以上の船舶を対象に計測した音響透過損失である。この周波数特性を変えないで R_w の計算を実施した。計算結果を表 5.5-3 に示す。

$$L_{PA} = L_{P0} - TL - 10 \log_{10} \left(\frac{S}{A} \right) \quad [\text{dB}] \quad (5.5-1)$$

L_{PA} : 受音室の空気伝播音レベル L_{P0} : 隣接音源の騒音レベル

TL : 仕切壁の透過損失 A : 居室の吸音力 S : 音源と受音室間の仕切壁面積

表 5.5-2 仕切の空気音遮断性能

「居室」と「居室」の間	Rw=35
「食堂、娯楽室、公共場所及び娯楽エリア」と「居室及び病室」の間	Rw=45
「通路」と「居室」の間	Rw=30
「居室」と「連絡扉のある居室」の間	Rw=30

表 5.5-3 仕切の空気音遮断性能を変えた居室への空気音レベル

Rw	30	25	20
騒音レベル (dB(A))	45.3	50.3	55.3

本計算は、通路からの居室(1/ENG)への空気音レベルを計算している。このレベルが小さいほど居室騒音に与える影響が少ない。騒音規制値より 6(dB(A))程度小さければ、居室内の騒音レベルに影響を与えることはない。今次計算では、Rw=25 以上あれば影響を与えないと判断するが、余裕をもって騒音規制適用船で採用される Rw が 30 を超える適合品を採用することが望ましい。

(m) 機関室と居住区画間の二重扉設置

エンジンルーム内の空気音は壁・甲板等遮音材によって、騒音レベルは低下する。機関室と居住区画間の二重扉設置は対策のひとつであるが、実船計測による検証結果がないため、今後検証する必要がある。

5.6 効果の予測まとめ

5.1 から 5.5 の検討結果、1,600 総トン以上の船舶における対策効果等を踏まえ、表 3-1 に示した騒音対策品の効果を表 5.6-1 にまとめる。

船内騒音は、支配的な音源があるものの、同程度の複数の音源による場合が多い。ひとつの対策を実施しても、別の音源によって期待した効果がみられないこともある。よって、対策品の効果を論じる場合、別の音源となりうる対策と組み合わせて評価することが望ましい。たとえば、固体伝播音対策で浮床を施工しても、エアコンによる騒音（空気伝播音）によって効果がみられないこともあるため、浮床対策（固体伝播音対策）とエアコン対策（空気伝播音）を組み合わせることが望ましい。通路騒音を遮断する遮音壁対策もエアコン対策と同様の意味合いをもつ。

また、同型船を用意し対策・非対策の状態で騒音レベルの比較検証を行い、低減効果を検証してきたが、対策船と非対策船の計測時点の船舶の調整レベル（エアコンなど）、ノイズ、その他要因によって低減量もばらつく。よって、表 5.6-1 のように予想される効果を、ばらつきをもった値で表現した。

表 5.6-1 騒音対策品の効果まとめ

船内騒音対策項目	影響範囲	予想される効果 (dB(A))
電気推進	広い	5～10
上部構造物（浮構造）	広い	5～10
エンジンケーシングと居住区の分離	広い	1～5
壁パネルへの防熱材挿入	受音区画内	1～2
高速4サイクル主機の防振支持	広い	1～7
発電機の防振ゴム支持	広い	1～7
プロペラ変動圧の低減 (FRPプロペラ採用)	広い	1～4
浮床	受音区画内	1～6
主機トップブレーシングの防振支持	周辺	1～2
排気管弾性支持	周辺	1～2
制振材貼り付け	周辺	1～2
エンジンルームファン対策	周辺	1～3
機関室と居住区画間の二重扉設置	周辺	1～2
低騒音エアコン	受音区画内	1～3
主機過給機遮音	周辺	1～2
遮音壁・遮音扉	周辺	1～2
主機排気管系統にマフラー挿入	周辺	1～2
発電機排気管系統にマフラー挿入	周辺	1～2
多孔質天井パネルの設置	受音区画内	1～2

6. まとめ

(1) 過去の船内騒音計測データの分析

平成 23 年度以降において竣工した 47 隻の船内騒音計測データを分析した。70dB(A)を超える部屋が多くみられた。調査した 499GT タンカーには、階段室に扉を設置する船舶が多く、機関室出入り口が居住区内でなく暴露側の船舶が多かった。このような特徴が、同じサイズの 499GT 乾貨物船と比較して騒音レベルが小さい原因ではないかと考える。今回調査した 749GT 乾貨物船の主機・発電機は居住区から遠ざけるような配置を取った船舶が複数みられた。騒音源である主機・発電機を居住区から遠ざける配置が騒音計測結果にあらわれていた。居住区内の同一デッキのみならず、上下方向で騒音レベルにあまり差がない傾向もみられた。これは階段室の扉がない船舶が多かったことが考えられる。1,600 総トン以上の船舶においても通路の騒音を低減させることは課題であるが、非適用船舶においても重要な課題であると考え。Funnel あるいはエンジンルームファンからの空気伝播音の影響もみられ、騒音低減にはこれらへの対策も課題である。

(2) 騒音対策のリスト作成

1,600 総トン以上で採用される騒音対策のリストを固体伝播音と空気伝播音に分けて、さらに設計変更を伴うものか、対策品の購入かに分けてリストを作成した。

(3) 騒音予測プログラムの精度向上

船種、トン数別の分類の上、7 隻の船舶を対象に騒音予測計算を実施した。本調査では、Janssen 法による騒音予測プログラムを用いて、騒音計測結果をもとにチューニングを実施した。騒音計測結果はスペクトル値でなく OA 値のみであったため、OA 値から騒音スペクトルを推定した上で、固体伝播音をあわせるようにプログラム (DAT_JEANS) を用いてチューニングを実施した。

(4) 騒音対策による効果の予測

騒音対策リストに挙げた騒音対策メニューのうち、浮床対策、多孔質天井パネル、発電機防振対策について、1,600 総トン以上の船舶で検討した騒音対策品の音響パラメータを用いて、Janssen 法により騒音予測を行った。予測計算対象船において、主機よりも発電機の寄与が高かったことから、発電機防振の効果が他の対策より大きかった。これら対策を組み合わせた騒音低減量は想定よりも大きかった。騒音計測結果(OA 値)は固体伝播音が支配的であるとする前提から試算を行ったが、通路からの騒音、エアコンの騒音影響等予測計算で想定していない空気音の影響が大きいことが想定される。予測計算による効果の検証だけでなく、実船での音源分離、音源探査等計測も必要と考える。

主機防振について、高速主機で減速機が搭載されている船舶を対象に、ゴム防振を採用すると仮定して計算を行った。今次計算では、主機よりも発電機の寄与が高かったことから、主機防振の効果はあまり見られなかったが、主機の寄与度が大きい船舶に対しては発

電機防振と同程度の効果はあると思われる。その他対策品については、1,600 総トン以上の船舶を対象とした実船計測等の経験値をもとにまとめた。

船内騒音予測で支配的な因子を踏まえた **Janssen** 法の騒音予測は、一定の傾向をつかむことは可能であるが、エアコンの調整不足、構造のわずかな違いによる振動レベルの変化、予測計算で想定していない事象等、騒音予測プログラムの限界もある。最近では、音源探査を可能にする計測器の開発が進められ、船内騒音の音源を特定できるまでに至っている。本報告書では、**Janssen** 法による騒音予測を基に取りまとめたが、実船による騒音計測、音源探査等を実施し、予測計算で把握できなかった点を検証することも望まれる。

[参考文献]

- (1) 富田展久, 久保貴裕, 内航船向け中速主機関用金属ばね防振装置の実用化, 2016, JR TT H28 年度内航船舶技術支援セミナー
- (2) 山磨敏夫, 複合材料製プロペラの実用化, 2016, JR TT H28 年度内航船舶技術支援セミナー

付 録

<省略>