

長崎丸の船内騒音について

山路 光徹, 高木 保昌, 野口 英雄
桐 博昭, 合田 政次

The Noise Level in the Training Ship NAGASAKI MARU

Mitsuyoshi YAMAJI, Yasuaki TAKAKI, Hideo NOGUCHI
Hiroaki KIRI, and Masaji GODA

We measured the noise level in the training ship NAGASAKI-maru at underway and under ocean survey, and analyzed the frequency of noise.

In the engine room causing the noise, the highest noise level was measured 112dB near the main engine and the average noise level was 106dB. In the accommodation space at underway, the highest noise level was measured 62.4dB in the cadet's room on the tank top floor, the 2nd highest noise level was 59.4dB in the crew's room on the 2nd deck floor and 54.1dB on the boat deck floor. The noise level decreases on the upper floor.

In the accommodation space under ocean survey, the noise level on the upper deck floor and the boat deck floor showed almost no change compared with at underway. Under ocean survey the noise level was measured 69.1dB in the cadet's room on the tank top floor and 65.8dB in the crew's room on the 2nd deck floor. These noise levels were about 6.5dB-higher than at underway. The noise level was influenced considerably by-both the bow thruster and the stern thruster.

Key words: average noise level ; 平均騒音レベル noise in the ship ; 船内騒音 center frequency ; 中心周波数
noise level dB (A) ; 騒音レベル

はじめに

機関室内の騒音は、近年商船漁船における主機、補機の高馬力化により、陸上の職場騒音には余り見られない程、著しく騒音レベルが高くなっている。特に中速ギヤードディーゼル機関の採用は、その傾向を強めている。陸上では居住環境規制が厳しくなる傾向にあるが、船舶における、船内騒音は、とくに問題化している騒音公害より、むしろ乗組員の環境改善と言う見地から取り上げられる様になっている。

最近では、本学の保健管理センターより、健康管理の面からこれらの騒音により、ひきおこされる騒音性難聴の検査が実施されだし、また船内騒音や、適正な防止対策など関心が高まっている。この騒音問題は、国際的には聴力保護のための騒音暴露の評価方法の規格が発行され¹⁾、また国内においては日本産業衛生学会において聴力保護のための騒音の許容基準が定められている²⁾。これは、特に船内騒音に関するものではないが、生活環境、聴力保護の点からすれば、船内騒音にも適用できるものである。これに呼応して船主及び造船界全般の重要課題として騒音の目標値が示され、3,000トン以上の船舶の船員居室の騒音レベルの目標値を70dB (A)、20,000トン以上の船舶で65dB (A)、65,000トン以上の船舶では60dB (A)としている³⁾。これらは、あくまでも騒音対策を考えていく場合の目標となる指針である。しかし各種船舶、特に漁船に関する環境騒音レベルの調査はまだ十分にはなく、練習船長崎丸の調査もまだ実施されていない。そこで、長崎丸の船内騒音の概略を把握するため、機関室騒音の実態

を調査し、船内に居住する乗組員及び乗船学生に影響する環境騒音、また高騒音下を仕事場とする機関部乗組員の健康管理と聴力保護の立場から船内騒音を調査した。

船内生活で、乗組員及び学生が騒音の影響を受けるのは、常用航走中、トロール実習、マグロ操業実習。さらに最近とみに多くなった海洋観測中に分けられる。

これらのなかで、騒音にさらされる時間の最も長い、常用航海中と、不規則な高レベル騒音が長時間に及ぶ海洋観測中の、パウスラスターとスタンスラスターの騒音の影響について、居住区と居室に重点をおき、測定を実施し解析した結果、若干の知見を得たので報告する。

計測および方法

1. 方法

長崎丸は、1987年建造の練習船で、全体の一般配置図をFig.1に示した。本船の主要目は次のとおりである。

総屯数	842屯
主機関	中速ギヤードディーゼル機関
出力	2800PS
回転数	600/232
可変ピッチプロペラ	
発電機関	480PS 1200回転 3台
航海速力	13.5ノット
定員	士官10名 部員15名 教官4名 学生40名 合計69名

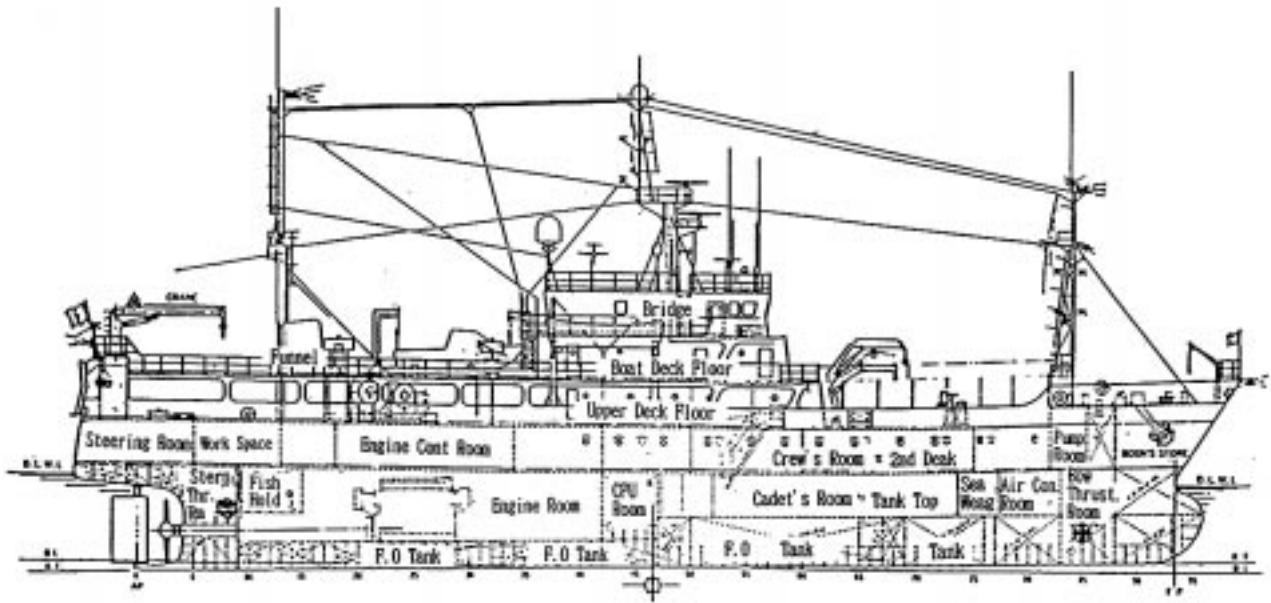


Fig. 1 The general arrangement of the training ship Nagasaki-maru.

本船の居住環境は大別して、機関室、Tank Top居住区、2nd Deck居住区、Upper Deck居住区、Boat Deck居住区および船橋である。

常用航海中の船内の騒音源は主に機関室である。常用航行中、プロペラ軸の毎分回転数は220、プロペラ翼角 17° で、発電機関は1台である。海洋観測中やその他の用途でスラスタを必要とするときは、電力負荷に応じて発電機関は全機3台の使用となる。

海洋観測中の船内の騒音状況は、ジョイスティックコントロール装置（自動船位保持装置）の運転条件である主機関運転、発電機関3台運転、前後スラスタ運転、およびプロペラは160回転である。観測中の計測は、瞬間的なスラスタの最大プロペラピッチ角が、パウスラスタ 19° 、スタンスラスタ 17° であったので、模擬的に角度を一定にしてデータを採取した。また観測時の船の回頭加速度による推力変化や、反転時の推力変化によっては、採取した騒音値より高い時や、低い時もあったが一定方向回頭で採取した。

計測点は機関室、士官居住区、部員居住区、学生居住区及びこれに準ずる区画における61点とし、集音マイクの位置は床上1.3mとした。

今回の測定に使用した測定機材は、JIS C1502規格による普通騒音計と精密騒音計で、更に騒音計を介して高周波収録装置（デジタルスコープDL708）に収録した。また1/3オクターブ分析器で各周波数ごとの平均音圧レベルを分析した。なおその仕様の大略を次に示した。

普通騒音計（横河電機株式会社製）

TYPE 3604測定範囲：30～130dB

高周波解析装置（横河製デジタルスコープ）

TYPE DL708

サンプリング速度：10KS / s

周波数レンジ：1Hz～10KHz

サンプリング点数：10,000点

周波数分解能：周波数レンジの1/500
精密騒音計（リオン株式会社製）

TYPE NA-60

1/3オクターブ分析器（リオン株式会社製）

TYPE SA59A

収録した音の解析はDL708内蔵のFFT演算装置によって音圧レベル最大時のピーク周波数の解析を行った。なお周波数補正回路A特性で測定された騒音レベルはdB(A)と表記される場合が多いが、本報告ではすべて騒音レベルの表記は単にdBとした。

結果及び考察

1) 常用航行中の騒音

騒音レベルの全測定結果をTable 1. に示した。船内での騒音の源点は機関室と考えられる。機関室内での騒音は、主機関のターボチャージャー辺りで、最高の112.2dBを示した。また主機操縦ハンドル前辺りで107dB、機関室内前部の発電機関の端辺りで101dB、機関室後部の軸室辺りで107.8dBであった。機関室内平均は約105.2dBであった。小黒秀夫氏⁴⁾によるデータでは、2万トン未満の（ディーゼル船）船では87～111dB、平均98.7dBである。本船の場合、機関室が狭小である事と、小型高出力の中速ギヤード機関であることから、平均値が高くなったと考えられる。

機関室の上段に位置している制御室の周囲では106dBあるが、機関制御室では減衰されて80dBまで下がっている。これは制御室の囲壁とドアとにより26dBの防音効果があったものと思われる。

機関室に次ぐ騒音源として舵機室がある。機関室内にある制御室より高い109dBであった。しかも荒天時は舵軸が動く度に瞬間で106dBにも達し、船尾付近の大きな騒音源となった。生活環境の場である居住区の騒音レベルを見ると、2nd

Table 1. The measurement result of the noise level in the ship at underway of NAGASAKI-maru.

Measurement Point	dB(A)	Measurement Point	dB(A)
Navigation Bridge Deck Floor		30. Chief Engineer's Room	55.6
1. Wheel House	59.5	31. Purser's Room	55.6
Boat Deck Floor		32. Professor's Room (B)	55.0
2. Captain's Room	52.5	33. 1st Engineer's Room	68.8
3. 2nd Officer's Room	52.0	34. 2nd Engineer's Room	66.0
4. 1st Officer's Room	52.0	35. 3rd Engineer's Room	61.0
5. Chief Operator's Room	54.0	36. Officer's Mess Room	63.0
6. Radio Room	60.0	37. Crew's Mess Room	60.5
Upper Deck Floor		38. Galley	74.0
7. Saloon	58.0	39. Medicine Room	71.0
8. Passage	65.0	40. 2nd Floor of Engine Room	106.0
9. Chief Officer's room	54.5	41. Engine Control Room	80.0
10. 3rd Officer's room	57.0	42. The Stern Part of Working Space	84.0
11. Professor's Room (A)	56.0	43. Steering Room	92.0
12. Sickroom	62.0	44. Net Store	96.5
13. Dry Study's Room	65.0	45. The Deck Store of Stern	85.0
14. Wet Study's Room	73.0	Tank Top Floor	
15. The Side of Funnel	84.5	46. Lecture and Cadet's Mess Room	66.0
2nd Deck Floor		47. No.1 Cadet's Room	61.4
16. Boatswain's Store	64.0	48. No.2 Cadet's Room	62.0
17. Deck Store	62.5	49. No.3 Cadet's Room	62.5
18. The Inlet of Passage	81.0	50. No.4 Cadet's Room	66.5
19. The Outlet of Passage	65.0	51. No.5 Cadet's Room	57.5
20. No.9 Cadet's Room	59.0	52. No.6 Cadet's Room	60.0
21. No.10 Cadet's Room	55.0	53. No.7 Cadet's Room	62.0
22. No.1 Crew's Room	57.8	54. No.8 Cadet's Room	66.0
23. No.2 Crew's Room	56.0	55. Computer Room	72.0
24. No.3 Crew's Room	57.0	56. The Front Part of Main Engine	112.2
25. No.4 Crew's Room	59.0	57. The Front Part of Engine Room	101.0
26. No.5 Crew's Room	57.0	58. The Stern Part of Engine Room	107.8
27. No.6 Crew's Room	60.0	59. The Stern of Shaft Tunnel	102.0
28. No.7 Crew's Room	55.0	60. Bow Thruster Room	57.0
29. No.8 Crew's Room	53.0	61. Stern Thruster Room	88.0

デッキの乗組員居住区では、機関室に最も近い一機室で、最も高い168.8dBであった。右舷側で最も機関室から離れ、船首側に位置するCrew 1号室は57.8dBであった。この階は通路が中央よりやや右舷側にあるため、騒音レベルは通路を挟んだ中央側の居室が低く、Crew 8号室が53dBであった。騒音の低いこの理由は、居室の両側が他の居室に挟まれていて、通路からの騒音を受ける個所が1箇所のドアのみである事によると思われる。

乗組員及び士官のメスルームを含めた2ndデッキの居住区全体の平均騒音レベルは約59.4dBであった。

同じく2万トン未満の(ディーゼル船)船では65dBであり²⁾、本船の平均値からすると比較的低い騒音レベルであった。しかし、機関室に近い居室では高い値の箇所もあり、一番低い居室との騒音レベル差は15.8dBであった。ここで、一

機室の騒音レベルが高いのは、唯一機関室と隣接しているため、機関室内の主機及び発電機関の起振源からの振動が、他の隔壁構造体中を伝わってこの居室(区画)の隔壁を振動させ、音となって放射される一次固体音⁵⁾と、隣または上下の区画内の騒音が、各々の隔壁に当たってこれを振動させ、この区画内に放射される二次固体音⁶⁾の両方の影響を大きく受けているためと思われる。

2nd Deckの1つ上の階に位置しているUpper Deckの居住区では、病室の62dBから一航室の54.5dBの騒音レベル範囲にあり、Upper Deck居住区の平均の騒音レベルは約57.4dBであった。機関室より一階離れることにより、平均では2nd Deckより約2.0dB低い騒音レベルとなっている。またUpper Deckの更に上の階に位置しているBoat Deckの居住区では、無線室の60dBから、次席一航室と二航室の52dBの範囲にあった。

この階の平均騒音は約54.1dBで、船内の居住区では最も騒音レベルの低い階であった。この階は居住区の中では機関室から一番離れていることから、1次固体音と共に2次固体音の減少が影響したものと思われる。

甲板士官及び学生の仕事場である船橋では、船橋前部で57.5dB、船橋後部では61.5dBとなり、平均騒音は約59.5dBであった。

Boat Deck居住区から、更に上の階に位置している船橋は、平均騒音で判断する限りでは各階の居住区平均より高い。これは船橋内の航海機器類から発する音や、機器付ファンによる音と、船橋の周囲と天井が外界に接し、暴露甲板の騒音であるエンジンの煙突からの排気音や、煙突周辺の機関室その他の送風装置による84.5dBの騒音が船橋内に透過されていた為と思われる。特に船橋後部ではその影響が大きく現れていた。このことは船橋内の前部と後部とで騒音に差異があること、および下の階のUpper Deck居住区で、船尾方向に位置する無線室の騒音値が比較的高いことから推測できる。

そこで船橋後部暴露甲板の煙突周辺の騒音と、船橋内の騒音の各周波数ごとの平均騒音スペクトルを、1/3オクターブ

分析器で解析しFig.2に示した。船橋後部暴露甲板の煙突前、そして船橋内も周波数の成分は、どちらも1,000Hzで最大のバンド音圧レベルを示している。船橋暴露甲板の煙突前と、船橋内の各周波数毎でのバンド音圧レベルのレベル差が類似し、そして2,000Hzバンド以下の両曲線がほぼ平行している事は、外部から室内に透過されてくる騒音に支配されている⁴⁾。本船の場合もよく似た傾向を示し、船橋内の騒音は暴露甲板の煙突周辺の騒音の影響を受けているものと思われる。

このように船橋、Boat Deck居住区、Upper Deck居住区のような暴露居住区は、上の階ほど1次固体音は減少され、また最上階の船橋では外部からの透過音の影響が支配的であると思われる。

学生居住区の騒音レベルは、中央の講義室兼食堂は66dBで、各居室は右舷が61.4~66.5dB、左舷が57.5~66dBであった。学生室平均の騒音レベルは約62.4dBで、船内の乗組員居住区を含めた各居住区中では、最も高い騒音レベルであった。学生居住区を他の階の居住区と比較して見ると、2nd Deck居住区より3dB高く、Upper Deck居住区より5dB、Boat Deck居住区より8.3dB高かった。これは機関室と同じTank Top上に位置していることから、機関室からの1次固体音の影響を強く受けている事と、機関室から最も離れている船首部の居室でも、騒音レベルがそれほど下がらないことによる。それは居室が吃水線及び吃水面下にあるため、船首部が航走中の造波によって加振され、この振動が発生するとともに、船体を伝搬透過した影響が現れているのではないと思われる。特に荒天時は高い騒音レベルを示していた。

次に平穏な航海中、船外の舷側から居室付近の計測を行った。煙突からの排気音を含めての船外騒音は80dB以上を示していた。これらの結果より、Fig.3に常用航走中の船内の平均騒音分布を示した。

図より常用航海中の騒音源は機関室、舵機室であり、作業環境を除く各居住区の騒音レベルはTank Top居住区の学生室

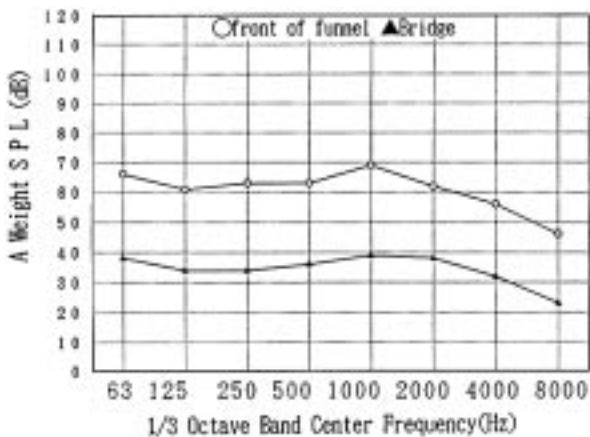


Fig. 2 The average noise spectrum of bridge and front of funnel.

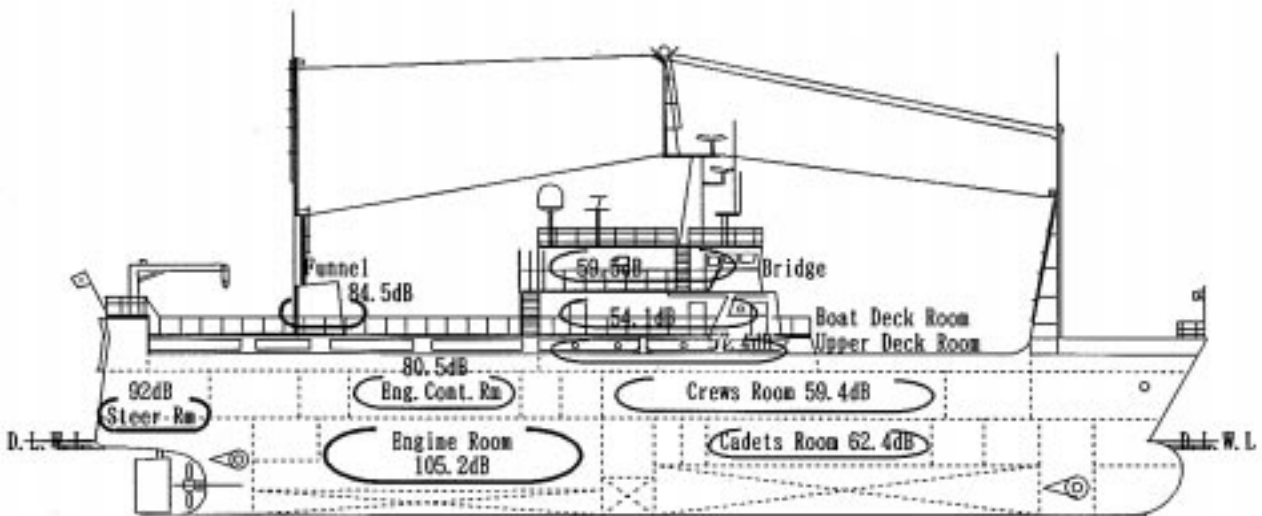


Fig. 3 The distribution of noise level in the ship at underway.

が最も高い値を示し、また順次上の階ほど低くなり、1次固体音と共に2次固体音の減少によるものと思われる。しかし船橋は外部からの空気音の透過の影響で、逆に騒音レベルは高くなったものと思われる。

2) 騒音スペクトルによる常用航海の騒音分析

常用航海中の騒音の高い2nd Deck乗組員居住区の居室騒音の減少状況、及びTank Topの学生居住区の居室騒音の減少状況を、騒音レベルの大きさ、及びその時のピーク周波数について周波数解析し考察した。Fig.4に2nd Deck居住区平面図と共に各騒音計測の時系列波形とその演算例を示した。図中の(A)は各測定騒音の時系列波形で、同じく図(B)は騒音スペクトルを示す。

機関室は、騒音源の機関室が112.2dBの音圧の時の、ピーク周波数は1.3kHzである事を示している。騒音レベルは1.3kHzをピークに、それ以上の周波数では騒音レベルは低くなり、1.3kHz以下の周波数では逆に高くなっている。騒音で問題になるのは、この低周波数帯である。そして機関室に最も近い一機室では、騒音レベルが68.8dBまで減衰し、その時のピーク周波数は0.38kHzである。機関室から一機室迄は、薬品室と脂乾物庫の2部屋あるが、これらは何れも機関室の直上に位置しているため、この部屋による遮音は少ないと思われる。また一機室の居室ドアによる防音効果は、居室前通路で72dBの騒音レベルが、居室内では68.8dBとなり、居室ドアによる防音効果は3.2dBにすぎない。よってこれらの事と、機関室に隣接している一機室は、壁が機関室の隔壁なので隔壁の振動が直接伝わる1次固体音の影響を多く受け、通路側からの透過音よりも、機関室隔壁からの1次固体音が支配的な事が推測される。

機関室から最も離れた船首のCrew 1号室では、騒音レベル

は57.8dBまで減衰され、ピーク周波数は0.24kHzになっていた。この居室前通路での騒音レベルは65dBで、機関室から最も遠い位置であることによる1次固体音の減衰が大きい。居室内は57.8dBなので空気音による2次固体音の居室ドアによる防音効果は7.2dBあり、これは一機室より大きく、1次固体音の減衰によるものと思われる。騒音レベルのピーク周波数も機関室の1.3kHzから0.38kHz、0.24kHzと、だんだん低周波域に移行していた。一機室とCrew 1号室との騒音レベル差は11dBあり、1次固体音の減少と共に、船内通路の長さによる距離減衰と思われる。

本船の場合、騒音の伝搬経路は機関室 機関室入口通路 船内通路 各居室の順となる。従って機関室上部は106dB 機関室入口ドア前81dB 船内通路ドア内側72dB 通路端出口ドア前65dBと、各居室前まで伝搬減衰していた。

機関室の騒音は、囲壁を透過して周囲に透過伝搬されるが、各ドアによる防音効果は、機関室ドアで25dBと大きく減衰している。次の居住区入口のドアでは9dBの防音効果である。さらに居住区出口の通路端では通路の長さ19.7mで7dB距離減衰している。

機関室から居住区内の通路端出口までの平均騒音スペクトルを1/3オクターブ分析器で分析してFig.5に示した。

図より1/3オクターブバンドによる、平均騒音レベルのピーク周波数1,000Hzでは、機関室上部は89dB 機関室入口ドア前が62dB 船内通路ドア内側が53dB 通路端出口ドア前が46dBと、各居室前まで伝搬減衰している。騒音レベルのピーク時と比較すると、レベル差による減衰はほぼ同じであった。しかし騒音レベルのピーク時の居住区入口ドアの騒音減衰は9dBであったが、低周波数63Hzでは平均騒音レベルは42dBを示し、低周波数での居住区入口ドアによる減衰は認められず、ほぼ同値のバンド音圧レベルを示していた。

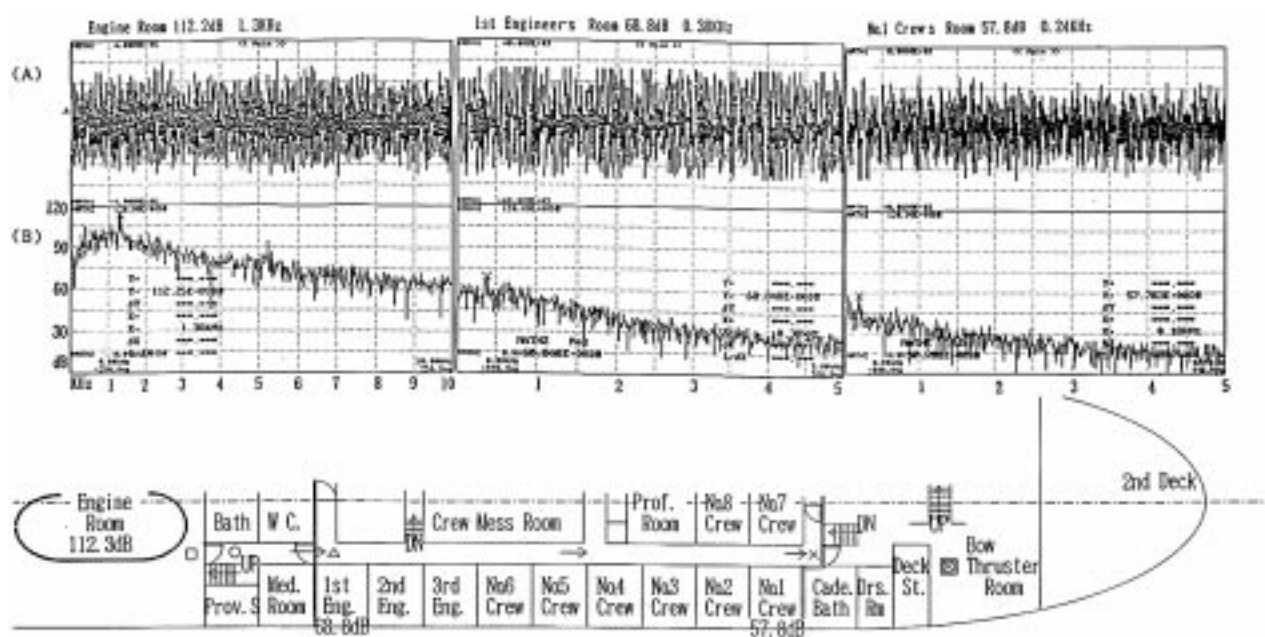


Fig. 4 The results of frequency analysis at underway and the arrangement of crew's rooms.

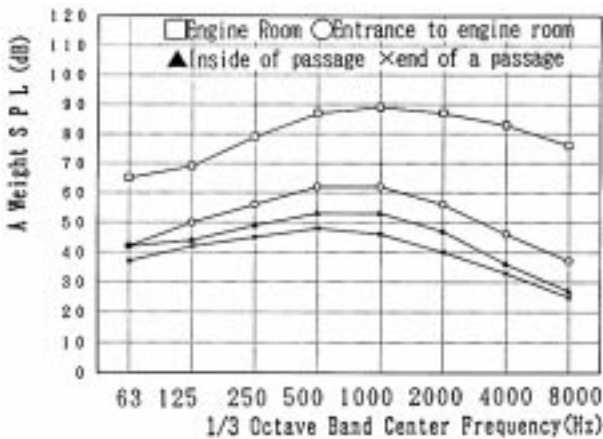


Fig. 5 The average noise spectrum of passage in the ship. Each measurement place (×) shown in Fig.4.

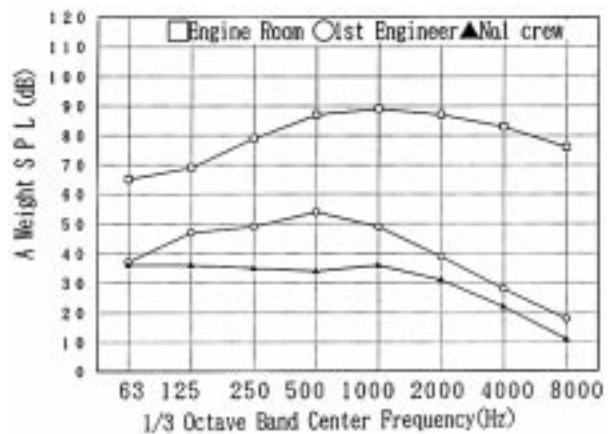


Fig. 6 The average noise spectrum of engine room and crew's room.

次に機関室及び2nd Deck居住区の両端の居室の平均騒音スペクトルを1/3オクターブバンド分析器で分析しFig.6に示した。

機関室の騒音レベルの主な周波数成分は500~2000Hzである。一機室の主成分は250~1,000Hz, Crew 1号室では主成分は63Hz~1,000Hzと機関室から離れるほど周波数の主成分は低周波域に移行している。これらの結果は2万トン以下の船も、機関室の主成分は500~1,000Hz, 各居室の主成分も250~1,000Hzであり⁴⁾、ほぼ類似した傾向を示していた。

次にTank Top居住区の学生室の平面図と騒音レベルの減衰状況を周波数解析してFig.7に示した。

学生居室は左右対称の配置になっている。騒音源の機関室の騒音レベルとピーク周波数は同じである。Cadet 4号室は機関室の隔壁からコンピューター室兼空調室,そして計測装置室を経由して居室となっている。学生室の中では一番機関室に近く,騒音レベルは66.5dBまで減衰して,その時のピーク周波数は0.23kHzであった。またこの部屋は機関室隔壁から2部屋隔たっているので,上階の2nd Deckで,機関室に最も近い一機室より2.3dB減衰している。しかしこの居室は位置

的には上階のCrew 6号室辺りで,騒音レベルは約60dBに相当している。この居室の減衰が少ないのは,Tank Top居住区のため,機関室の主機及び発電機関の1次固体音の影響が2nd Deck居住区より大きいと思われる。機関室から一番離れているCadet 1号室では,騒音レベルは61.4dBまで減衰し,ピーク周波数が0.59kHzであった。しかしピーク周波数が逆にCadet 4号室より高い周波数になっている。この居室の騒音の下がり方が,上の階のCrew 1号室より少ないのは,ピーク周波数でも判るように,Cadet 4号室より高い別の周波数成分が入ってきた事によるものと推測される。Cadet 4号室の波形では0.23kHzをピークに,高い周波数になるほど騒音レベルは低くなっている。しかしCadet 1号室では0.59kHzの新たな,別の騒音加わり,ピーク周波数0.59kHz以上の周波数での波形がCadet 4号室より全体的に高くなって,騒音レベルが上がっている。5kHzではCadet 4号室より波形が約10dB高い。全般的にはTank Top上なので1次の固体音の影響で学生室全体の騒音レベルが高くなっている。

次に前節同様,学生室の平均騒音スペクトルをFig.8に示した。

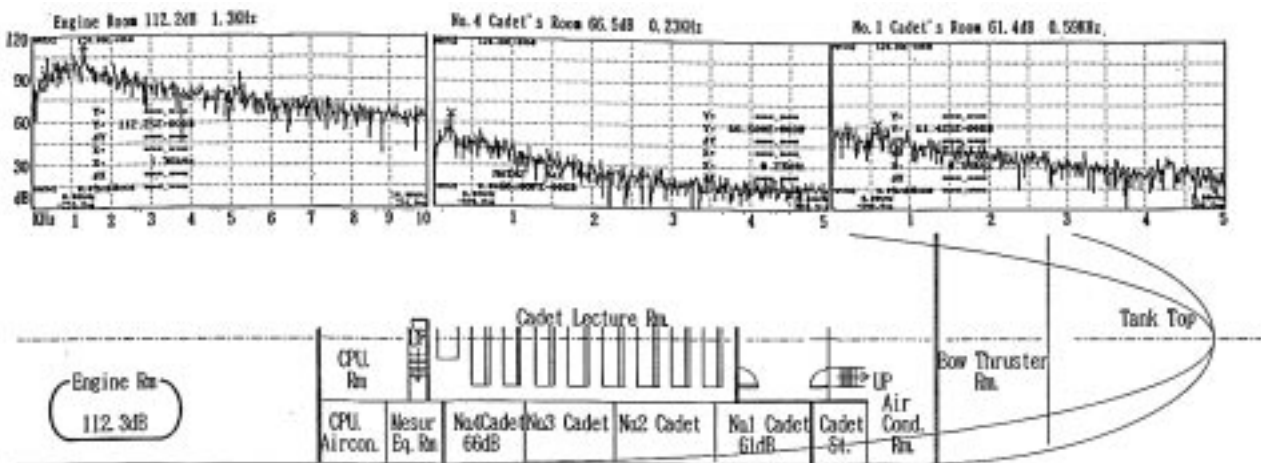


Fig. 7 The results of frequency analysis at underway and the arrangement of cadet's rooms.

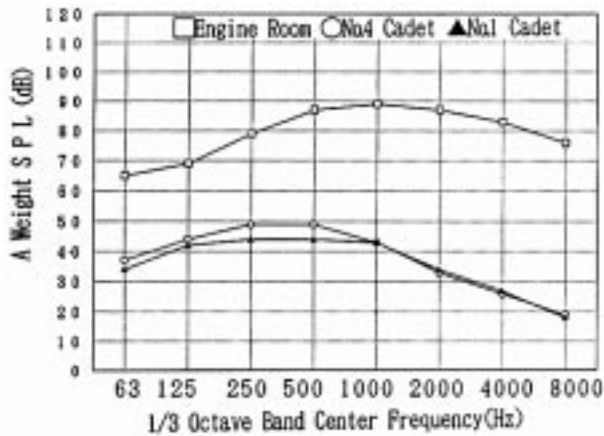


Fig. 8 The average noise spectrum of cadet's room.

機関室の500~2,000Hzの主成分からCadet 4号室では250~500Hzになり、上の階の一機室より低周波域に移行した。機関室から離れているだけ、機関室の影響が一機室よりは少なくなっているものと思われる。Cadet 1号室では125~1,000Hzでの平均騒音レベルが、上の階のCrew 1号室より5~10dB高くなっていた。次にCade 1号室の騒音をさらに観察する為、停泊中に主機と発電機関を3台運転した。主機は運転状態でプロペラをピッチ0°で回転し、出航準備状態とした。そしてCadet 1号室の騒音の変化を周波数解析してFig.9に示した。

機関室での騒音レベルは、主機関の負荷は少ないが、発電機関3台の運転なので107.4dBである。その時のピーク周波数は0.76kHzであった。熊上尚男氏⁶⁾らによると、発電機関による騒音は1kHz以内にあり、そのピーク周波数は400Hzにあった。図からも航走していない時の機関室の騒音は、発電機関の影響に近ずいていると思われる。Cadet 4号室では騒音レベルが64.7dBまで減衰し、ピーク周波数は0.24kHzである。更にCadet 1号室では56.8dBに減衰し、ピーク周波数も0.14kHzと低周波域に移行している。騒音レベル、ピーク周波数ともにCadet 4号室より下がっているのが判った。これ

らの事から常用航海中は、船内騒音とは別の航走中、造波による加振が船体を透過してCadet 1号室、及び対称で左舷側の最も船首寄りのCadet 5号室の騒音が下がらず、また学生室全体の騒音が高いのではないかとと思われる。

特に荒天時は顕著に高くなっている。また常用航海中の右舷と左舷に騒音レベルに差異があるのも、航走中の波の方向によるものではないかと思われる。

以上のことは万トン級の大型船に比べ1,000トン級の小型船では、単に騒音源は機関室だけでなく、船体外部から透過される騒音の影響も無視できないのではないかとと思われる。

3) 海洋観測中の騒音

実習航海において海洋観測が最近とみに多くなってきた。これはトロールウインチ兼用の観測ウインチを使用して、船尾からの約4000m深海観測と、右舷のCTD観測ウインチを使用している2000m深海観測などを行なうものがあつた。これらの深海におけるCTD観測や、潮流観測、海底ドレッジ等では、低速時における船の操船、特にその場旋回、横移動、斜航、自動船位保持及び定点保持を行なうため、操船支援装置として、前後スラスタ及びメインプロペラを組み合わせたJoystick Control Systemを駆使する。前後のスラスタを使用する場合は、入出港時や鰭操業実習があるが、使用時間が短いことと、作業中であるため、騒音が人に与える影響は少ないと考えられる。しかし深海観測となると船の定点保持は、特に波浪が高いときは困難を究める。即ちJoystick Control Systemのヘディングホールドにより、設定船首方位の自動保持を行っているため、前後のスラスタの翼角を右舷最大から左舷最大まで頻りに作動する。この時の騒音は一定な連続音ではなく、推力の変化により瞬間的及び波状的な断続音で伝わる。さらに風波の大きいとき等には、推力を補うパワーアップ機能を駆使するが、この時は衝撃音となり振動騒音となって伝わる。

内部に騒音源を持たない居住区画の防音対策は、一般的には空気振動による騒音が主であるが、スラスタによる騒音

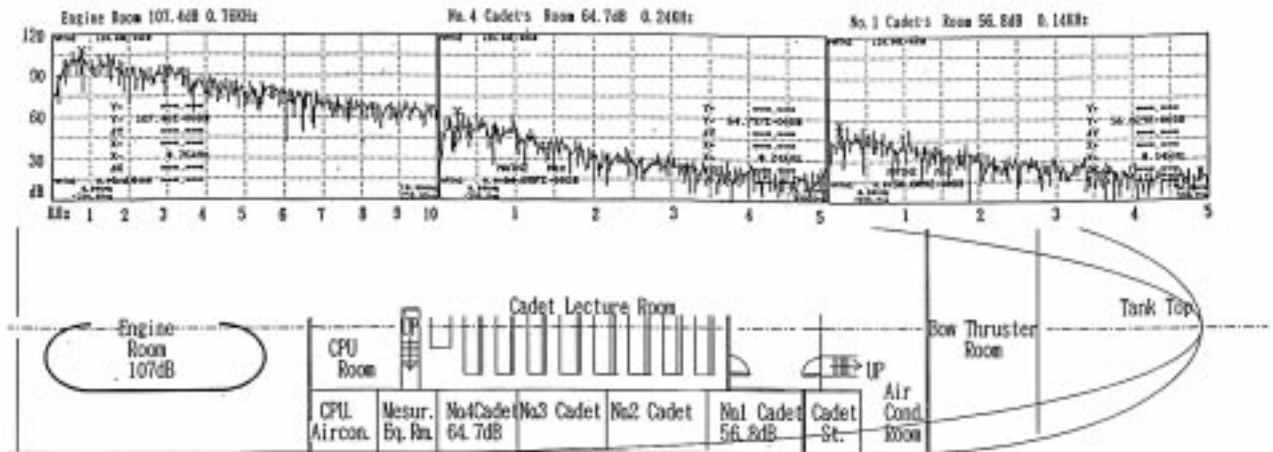


Fig. 9 The results of frequency analysis at underway and the arrangement of cadet's rooms.

は, 殆どがスラスタ-変動圧による船体の加振が隔壁構造体中を伝わる1次固体音である。

今年1年間の実習で, CTDによる深海観測が, 早朝六時半より1週間続いた航海が3回あった。大きな振動と騒音を伴ったので, それを想定した騒音の計測値, 及び常用航海の騒音値との差をTable 2. に示した。またFig.10に海洋観測中の船内の平均騒音分布を示した。

Table 2. より常用航海中と海洋観測中の騒音を比較すると, Upper Deck居住区より上の階では騒音に大きな変化はなく, 騒音として感じる事が少ない事が判った。

そこで騒音に大きな変化の生じる2nd Deckの乗組員居住区とTank Top居住区の学生室について, 騒音の減衰状況を周波数解析した。2nd Deckの乗組員居住区で2つの居室の海洋観測中に於ける騒音レベルの減衰状況をFig.11に示した。また

Fig.10とFig.11との各スラスタ-の騒音の差は周波数解析装置による計測時との時間差によるものである。

常用航海中には船首側には騒音源がなかったため, この階の船首側は騒音レベルは低かった。然し海洋観測中はバウスラスタ-の騒音レベルが105.2dB, その時のピーク周波数が0.88kHzの騒音源となり2nd Deck居住区の騒音分布が大きく変化した。

Crew 1号室は航海中は57.8dBで比較的静かであったが, 海洋観測中は, 騒音レベルは12.5dB上がり, 70.3dB, ピーク周波数0.26kHzとなった。

一機室では常用航海より, さらに6.9dB高くなって75.7dB, ピーク周波数は0.24kHzである。そしてCrew 1号室よりピーク周波数がわずかに低くなっていた。これらの事より, 海洋観測では騒音源はバウスラスタ-及びスタンスラスタ-そし

Table 2. The Comparison of the noise level at under ocean survey with the noise level at underway.

Measurement Point	Difference		Measurement Point	Difference	
	dB(A)	dB(A)		dB(A)	dB(A)
Navigation Bridge			30. Chief Engineer's Room	63.0	+ 7.5
Deck Floor			31. Purser's Room	53.0	+ 7.5
1. Wheel House	60.0	+ 2.5	32. Professor's Room(B)	63.0	+ 8.0
Boat Deck Floor			33. 1st Engineer's Room	70.0	+ 1.0
2. Captain's Room	52.0	0	34. 2nd Engineer's Room	65.0	- 1.0
3. 2nd Officer's Room	53.0	+ 1.0	35. 3rd Engineer's Room	63.0	+ 2.0
4. 1st Officer's Room	52.0	0	36. Officer's Mess Room	66.0	+ 3.0
5. Chief Operator's Rm	54.0	0	37. Crew's Mess Room	64.0	+ 3.5
6. Radio Room	60.0	0	38. Galley	74.0	0
Upper Deck Floor			39. Medicine Room	72.0	+ 0.4
7. Saloon	60.0	+ 2.0	40. 2nd Floor of Engine Room	99.2	- 6.9
8. Passage	67.0	+ 2.0	41. Engine Control Room	77.0	- 3.5
9. Chife Officer's Rm	56.0	+ 1.5	42. The Working Space of Stern	94.5	+10.5
10. 3rd Officer's Rm	57.5	+ 0.5	43. Steering Room	94.0	+ 2.0
11. Professor's Room(A)	58.0	+ 2.0	44. Net Store	87.5	+ 1.0
12. Sickroom	62.0	0	45. The Deck Store of Stern	91.0	+ 6.0
13. Dry Study's Room	66.0	+ 1.0	Tank Top Floor		
14. Wet Study's Room	71.0	- 2.0	46. Cadet's Mess Room	75.0	+ 9.0
15. The Side of Funnel	85.0	+ 0.5	47. No1 Cadet's Room	75.4	+13.4
2nd Deck Floor			48. No2 Cadet's Room	70.0	+ 8.0
16. Boatswain's Store	92.0	+29.5	49. No3 Cadet's Room	65.0	+ 2.5
17. Deck Store	94.0	+31.5	50. No4 Cadet's Room	67.0	+ 3.0
18. The Inlet of Passage	73.0	+ 1.0	51. No5 Cadet's Room	73.0	+15.0
19. The Outlet of Passeg	75.0	+10.0	52. No6 Cadet's Room	67.5	+ 7.5
20. No9 Cadet's Room	71.0	+12.0	53. No7 Cadet's Room	65.9	+ 3.9
21. No10 Cadet's Room	70.5	+15.5	54. No8 Cadet's Room	64.5	- 1.5
22. No1 Crew's Room	70.0	+13.0	55. Computer Room	73.0	+ 1.0
23. No2 Crew's Room	65.5	+ 9.5	56. Front Part of Main Engine	110.0	0
24. No3 Crew's Room	64.0	+ 7.0	57. Front Part of Engine Room	107.0	+ 6.0
25. No4 Crew's Room	64.0	+ 5.0	58. Stern Part of Engine Room	105.5	- 1.5
26. No5 Crew's Room	62.0	+ 5.0	59. The Stern of Shaft Tunnel	103.5	+ 1.5
27. No6 Crew's Room	62.0	+ 2.0	60. Bow Thruster Room	103.5	+46.5
28. No7 Crew's Room	67.0	+12.0	61. Stern Thruster Room	104.5	+16.0
29. No8 Crew's Room	64.0	+11.0			

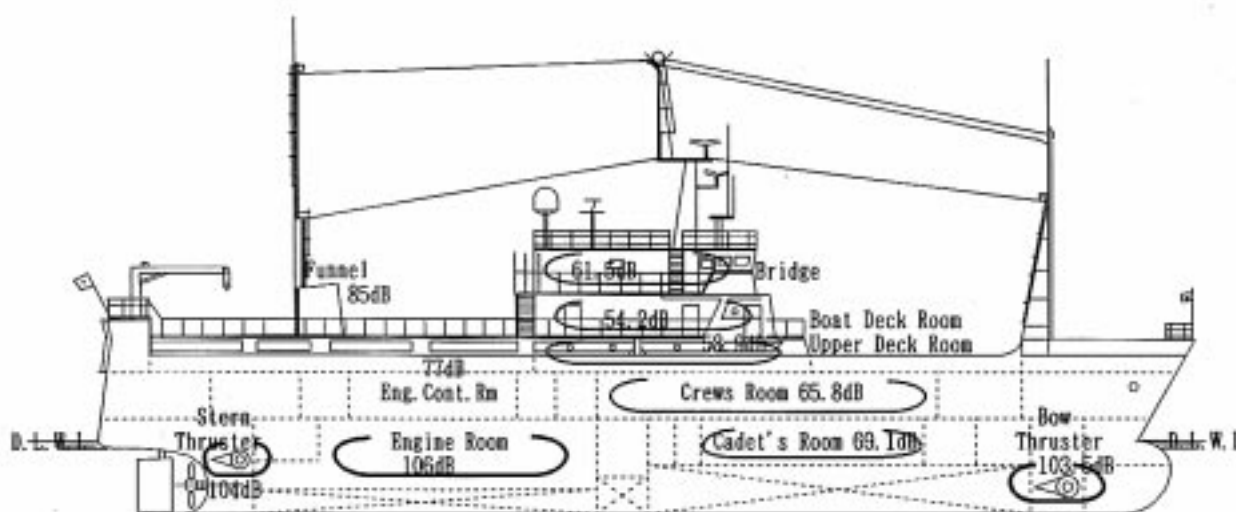


Fig. 10 The distribution of noise level in the ship under ocean survey.

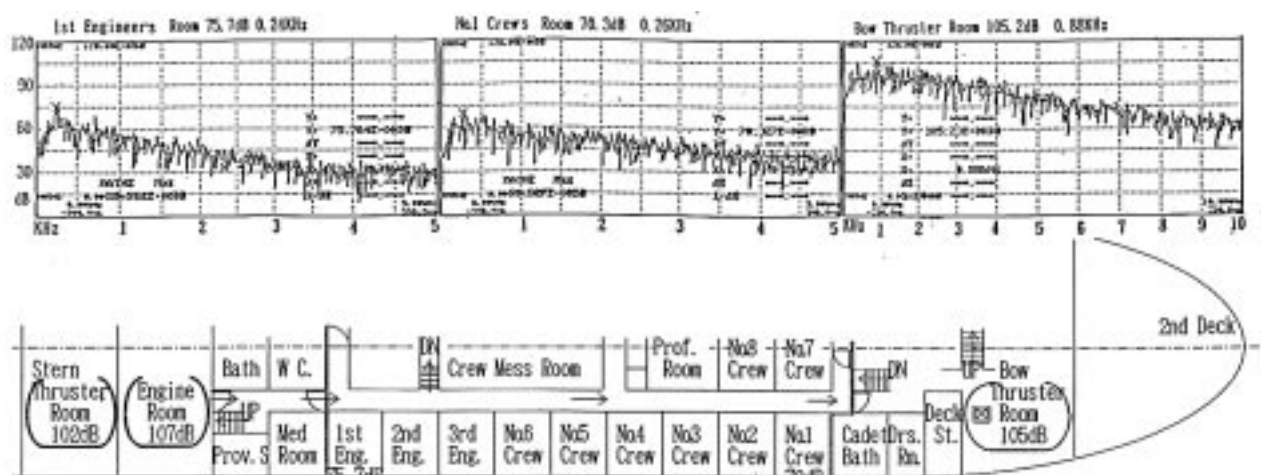


Fig. 11 The results of frequency analysis under ocean survey and the arrangement of crew's rooms.

て機関室であるが、スタンスラスタの騒音は機関室の騒音より小さいこと、及び居住区とは距離が隔たっているので、居住区に騒音の影響を与えるのはパウスラスタの騒音が主であると判った。次にTank Topを居住区としている学生室の騒音の減衰状況をFig.12に示した。

学生室で最も船首寄りに位置しているCadet 1号室は常用航海中は61.4dBであったが、海洋観測中の騒音レベルは75.4dB、ピーク周波数は0.28kHzで14dBも高くなっていった。試みに居室ドアを開けて計測すると、騒音レベルが逆に下がり、居室ドアによる防音効果がなかった。これにより、この居室の騒音は、騒音源のスラスタ室に一番近い事による一次固体音の影響が主であることが判明した。

Cadet 4号室では2居室隔たっているので、Cadet 1号室より6.2dB減衰して、騒音レベルは69.2dB、ピーク周波数は0.24kHzとなっていた。しかし常用航海中は機関室に近い事もあり66.5dBとかなり高いが、常用航海中よりさらに2.7dB高くなった。ピーク周波数も常用航海中の0.23kHzから

0.24kHzと高くなり、機関室の騒音よりパウスラスタの騒音の影響が大きいことが判った。これらの騒音は連続的な音ではなく、断続的な騒音なので、これらの騒音の影響を受ける居室は、騒音暴露が断続的で騒音にさらされる暴露時間が短いとは言え、騒音環境は精神的にも不利と思われる。

要 約

常用航海中の居住区の騒音レベルは、外航労務協会、外航中小船主労務協会の調査では、設計目標値として造船界全般の騒音レベル目標値を3,000トン以上の船舶で70dBとしている³⁾。

本船のような小型船舶では居住性に十分な余裕がとれず、一部の居室で海洋観測中70dBをこえ、やや問題は残るが常用航海中の騒音レベルは、造船界の騒音設計目標値内の騒音環境であった。

日本産業衛生学会では、騒音をオクターブバンド (OBL)

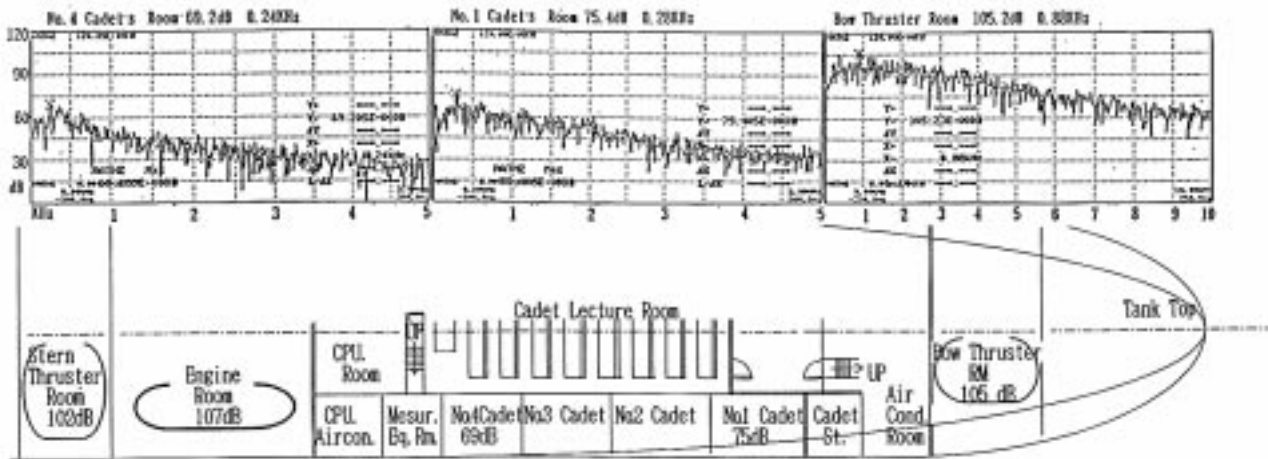


Fig. 12 The results of frequency analysis under ocean survey and the arrangement of cadet's rooms.

分析器で分析した場合と、騒音レベル（A特性音圧レベル，A Weight SPL）による許容基準をTable 3 及びTable 4 に示している²⁾。

1/3オクターブバンド（1/3 OBL）で分析した場合は、表値より5dBを引いた値を用いて勧告している。騒音の許容基準レベルは、一日の暴露時間が8時間を越える場合、米国では90dBを、欧州では85dBを勧告している³⁾。日本では日本産業衛生学会が聴覚管理の立場から85dBで8時間、80dBだと24時間を勧告している²⁾。暴露時間が断続的に行われる場合には、騒音の実効休止時間を除いた暴露時間の合計を暴露時間とみなしている。本船の居住区では各周波数毎のバンドレベルは許容値までに余裕があり問題はない環境といえる。また構造上生じる一部の居室で、騒音レベルの最大値が造船界等の設計目標値に対して、やや問題は残るが、日本産業衛生学会の騒音の許容値の範囲であった。船内の騒音源である機関室では一番高い騒音レベルは112.2dBであり機関室平均では約105.2dBであった。海上労働科学研究所の神田氏の報告では、中速ギヤードディーゼル機関を主機とするフェリー、小型漁船では約101～111dBの範囲、低速ディーゼル機関を主機とする商船では約92～106dBの範囲で、機関制御室は74～80dBの範囲である⁷⁾。本船の機関室内の騒音値は、これらのデータより、やや高い傾向にあり、過酷な騒音環境である。過度の騒音暴露は極力避け、騒音現場での作業には耳栓またはイヤーマフの使用を促進することが必要不可欠である。日本産業衛生学会の、聴力保護の立場の騒音許容基準からみると、機関部職員は聴力障害をおこす危険が十分あることを示している。しかしながら機関制御室で仕事をしている限り、聴力障害の心配は少ないことが判った。また騒音暴露の年数が増すほど、聴力損失が進み永久的聴力損失PTS（Permanent threshold shift）が進展し、医師の治療による聴力の回復は望めないことを念頭におく必要がある⁷⁾。その為にも今後の制御室の設計には防音対策を十分に検討すべきであると思われる。

常用航海中、Tank Topの学生居住区で、最も船首側の学生居室1号及び5号室では0.59kHzの周波数域で、航走による

Table 3. The permissible level of noise by Japan Society for Occupational Health.²⁾

Permissible Value of Noise.

Center Frequency (Hz)	Permissible OBL(dB) of Each Noise Per Minute.					
	480min.	240min.	120min.	60min.	40min.	30min.
250	98	102	108	117	120	120
500	92	95	99	105	112	117
1000	86	88	91	95	99	103
2000	83	84	85	88	90	92
3000	82	83	84	86	88	90
4000	82	83	85	87	89	91
8000	87	89	92	97	101	105

Table 4. The permissible level of noise by Japan Society for Occupational Health.²⁾

Permissible Level of Noise. (A-Weighted Sound Pressure Level)

Permissible OBL(dB) of Day's Noise Per Hour and Minute.		Permissible OBL(dB) of Day's Noise Per Hour and Minute.	
24-00 (h-m)	80 (dB)	2-00 (h-m)	91 (dB)
20-00	81	1-35	92
16-00	82	1-15	93
12-41	83	1-00	94
10-04	84	0-47	95
8-00	85	0-37	96
6-20	86	0-30	97
5-02	87	0-23	98
4-00	88	0-18	99
3-10	89	0-15	100
2-30	90		

造波時に船体加振されて、騒音が高くなっていると思われる。また特に荒天時には騒音レベルが他の学生居室より高くなる事が判った。

海洋観測中の前後スラスターによる騒音は、Upper Deck、及びBoat Deckの居住区は影響が少なかったが、Tank Topの学生居住区と2nd Deckの乗組員居住区に大きく影響が出ていた。特にバウスラスター室に隣接している2nd Deck居住区の

Crew 1号室及びCadet 9号室で平均70.5dB, Tank Top居住区のCadet 1号室及びCadet 5号室では平均74.1dBであった。これらのスラスターによる騒音は1次固体音が主であり, 居室ドアによる防音効果はなかった。また騒音は観測の目的や海況によって異なり, スラスターが頻繁に作動する観測と, 作動しない観測とがあり, 騒音も断続的なので感覚的には連続音より悪い状態と思われる。スラスターによる騒音対策は今後の課題である。また観測も終日ではなく, 暴露時間が短いことから日本産業衛生学会の騒音レベルによる許容基準以内であった。

防音対策として一部では, 新船はもとより, 既存の船舶でも抜本的な防音対策が施工されている。補機関の騒音源そのものに対する防音対策として, 機関台に防振ゴムを挿入して1次固体音の減衰⁶⁾, 居室では伝達振動遮断のため, ゴムを鋼板と内張りの間に挿入し, 内張浮構造での騒音減衰を図っている船もある⁴⁾。前者の応用などは今後の課題とし, これらの詳しいデータの報告に待ちたい。

本船と同型船で常用航海中, 機関室の騒音源が100dBで余り高くない船で, 乗組員居住区が64~69.4dBと本船より高い船もあった⁸⁾。本船の騒音源の機関室はやや高い騒音レベルであるが, 居住区全部が機関室より前に位置しているため, 居住区内の全体の騒音レベルは, あまり高くない事が判った。また生活環境と直接関係のある騒音による会話妨害として, 騒音下における会話について, 55dB以下であれば1m離れた相手の言葉が判る, 文章理解度は100%であるが, それ以上の騒音下では判り難いとされている。67dBでは1.2m離ればやや大声での会話となり, 75dBでは距離1mでの文章理解度は0パーセントと言われている⁹⁾。学生のアンケートで「携帯電話が聞こえ難い」, のがこれに相当する。普段何気ない船内生活の中で, 騒音下での会話の困難な場所が多い事を痛感した。

以上のことから騒音の測定や評価は合成音について行われなければならない, 騒音対策を考える場合には, 個々の音について十分検討し, 騒音レベルが総合的に低下するように, 対策を立てる必要があると思われる。

また今回の報告では, 航行中の実船における居住区内の騒音と, 騒音の周波数成分との実態を把握する事ができ, これらの原因等を種々考察できたと考える。

謝 辞

今回の報告にあたり, 船舶の騒音等に関する資料を快く提供して頂き助言を頂いた三菱重工業, 技術本部, 長崎研究所振動研究室主席研究員, 原 忠彦, 及び騒音主席研究員の本田巖の両氏に感謝の意を表します。また長期にわたり, 数次の実験に協力を頂いた長崎丸乗組員及び学生の各位に謝意を表します。

引用文献

- 1) 中野有朋: 船と騒音(2), 船舶技術協会誌「船の科学」, 29, 98 - 103, (1976)
- 2) 日本産業衛生学会: 許容濃度の勧告, 日本産業衛生学会誌, 96120, (1999).
- 3) 神田 寛: 騒音性難聴とその防止対策, 船員災害防止協会, 1 109, (1983).
- 4) 小黒秀夫: 船内騒音の統計的解析, 日本航海学会論文集, 54, 107 - 115, (1975).
- 5) 中野有朋: 船と騒音(4), 船舶技術協会誌「船の科学」, 30, 103 - 109, (1976).
- 6) 熊上尚男, 長南賢司: 発電機に起因する船内の騒音及び振動の低減, 日本船用機関学会誌, 35, 414 - 421, (2000).
- 7) 神田 寛: 機関室騒音と機関部乗組員の聴力障害, 日本船用機関学会誌, 9, 1 - 58, (1974).
- 8) 松野保久: かごしま丸の環境騒音レベル, 鹿児島大学水産学部紀要, 41, 46 - 52, (1992).
- 9) 五十嵐一, 山下充康: 騒音工学, コロナ社, 1 226, (1988).