

漁業練習船南星丸の船内騒音

松野保久,^{1*} 日高正康,¹ 東政能,² 幅野明正,² 中武利郎²

Inboard Noise of Fishing Training Ship Nansei-maru

Yasuhisa Matsuno,^{1*} Masayasu Hidaka,¹ Masataka Higashi,²
Akimasa Habano² and Toshiro Nakatake²

Key words : noise, inboard noise level, inboard noise spectrum, fishing training ship

Abstract

It is important to improve the noise environment of fishing training ships in order to secure the health of crews and maintain safe navigation. Therefore, 23 observation points were set for clarifying the actual condition of the inboard noise of a ship named Nansei-maru, and the measurement of the noise level (equivalent continuous A-weighted sound pressure level) and frequency analyses were carried out. The main sources of Nansei-maru's inboard noise were its main engine, generator, turbocharger, pumps and propeller shaft. The line spectra of their fundamental frequencies and harmonics were analyzed in detail. The inboard noise level increased with increase of the revolution of the main engine. The inboard noise at 700 rpm, which is the maximum revolution of the main engine, is described as follows.

The highest level of the inboard noise was 100 dB in the engine room, the second was 70 dB in the engine watch room, and the lowest was 51 dB in the Professor room. The mean value of the 22 observation points, excluding the engine room, was 59 dB. In the accommodation space, the highest noise level was 61 dB in the No. 4 cadet room, the lowest was 51 dB in the Professor room, and the average was 56 dB. Noise level was higher on the main engine-installed deck, and lower on the upper floor. The sound insulation quantity of the engine watch room was lesser in the low frequency band up to 750 Hz, and the attenuation level in the higher frequency band was 30-40 dB.

人間の健康を保護し生活環境を保全するため、騒音規制法、騒音環境基準、公害防止に関する法律、条例等と細かに規制が設けられ、また見直しが実施されてきた。¹⁾これと並行して、船内騒音問題についても主として労働環境改善という立場から取り上げられてきた。1974年、船舶における居室内での騒音の目標値に対する調停案が船主団体と日本会員組合に提示され、²⁾1981年には国際海事機関(IMO)において「船内の高騒音レベルが船員の健康に影響を及ぼし、かつ、船舶の安全を損なうこ

とに留意し、船員の健康を保護し、かつ船舶の安全な運航を確保するため船内の許容騒音レベルを規定する」とする船内騒音規制コードが採択された。また日本工業規格(JIS)として1981年に「機関部の騒音レベル測定方法(JIS F 0904)」が規定、1998年に「船体部の騒音レベル測定方法(JIS F 0905)」が改正された。このことにより船内騒音測定方法が統一され、許容騒音レベルと対比することにより、騒音環境の改善が図られ、船員の健康と船舶の安全運航を確保されることが

¹ 鹿児島大学水産学部環境情報科学講座 (Department of Environmental and Information Sciences, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 4-50-20 Shimoarata, Kagoshima 890-0056, Japan)

² 鹿児島大学水産学部附属練習船南星丸 (The Fishing Training Ship Nansei-maru, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 4-50-20 Shimoarata, Kagoshima 890-0056, Japan)

* Corresponding author, Email: matsuno@fish.kagoshima-u.ac.jp

期待されるところとなった。しかし漁船はここに定められた規定の適用を除外されており、漁船乗組員に対する騒音環境管理は遅れていると言わざるをえない。また漁船の船内騒音に関する測定報告も数少ない。

漁業練習船南星丸は乗組員 14 名、学生・教員 16 名、合計 30 名の定員である。航海の安全、乗組員の健康ならびに乗船に不慣れな学生に与える船内騒音の実態を把握し、今後建造される小型漁業練習船の騒音環境の改善に資するため、今回の測定を実施し、2, 3 の知見を得たので報告する。

方 法

供試船として使用した南星丸の主要目を Table 1 に示した。今回の測定は南星丸の漂泊中、微速前進中ならびに全速前進中の 3 条件とし、それぞれの機関回転数、プロペラ翼角、船速を Table 2 に示した。各条件の下、鹿児島湾内において、Fig. 1 に示した船内 A 点から W 点まで 23 測点の等価騒音レベル (Equivalent continuous A-weighted sound pressure level) を精密騒音計 NL-31 (リオン製) を使用し測定した。この時の騒音計はカメラ撮影用三脚に固定し、マイクの位置は床面から 1.2 m の高さとした。ここで等価騒音レベル $L_{Aeq,T}$ は (1) 式により定義される。

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right] \quad (1)$$

ここで t_1 : 測定開始時刻

t_2 : 測定終了時刻

T : 測定時間 ($t_2 - t_1$)

$P_A(t)$: A 特性音圧

P_0 : 基準音圧 (20 μ Pa)

今回の測定は (1) 式における T を 10 秒とした。また船内騒音の録音は NL-31 (周波数範囲 20 ~ 12500 Hz) 及び Digital audio processor SE-U55 (オンキョウ製、周波数範囲 1.7 ~ 20000 Hz) を通してパソコンに入力し、音響解析ソフト Spectra Pro (SOUND TECHNOLOGY 製) により周波数解析を行なった。この時の周波数分解能は 0.977 Hz であった。なお全測定を通じて風力は 2 以下であり、海面状況は平穏であった。

結果及び考察

船内騒音レベル

漂泊中、微速前進中及び全速前進中の 3 条件における各測点の等価騒音レベル (以下騒音レベルと記す) を

Table 1. Principal particulars of Nansei-maru

Hull	Steel
Gross tonnage	175 t
Length over all	41.96 m
Breadth (molded)	7.50 m
Depth (molded)	3.30 m
Designed full load draft (molded)	2.90 m
Main engine	1,323 kW (1,800 PS)
Generator engine	183 kW (250 PS)
Generator (Main engine driving)	160 kW (200 KVA)
Propeller	CPP 4 blades
Bow thruster	15 kN

Table 2. Measurement conditions of Nansei-maru at the cruising

Speed order	Main engine revolution (rpm)	Propeller pitch angle (degree)	Ship's speed (kt)
Drifting	500	0	0
Slow ahead	650	7	5
Full ahead	700	22	12.7

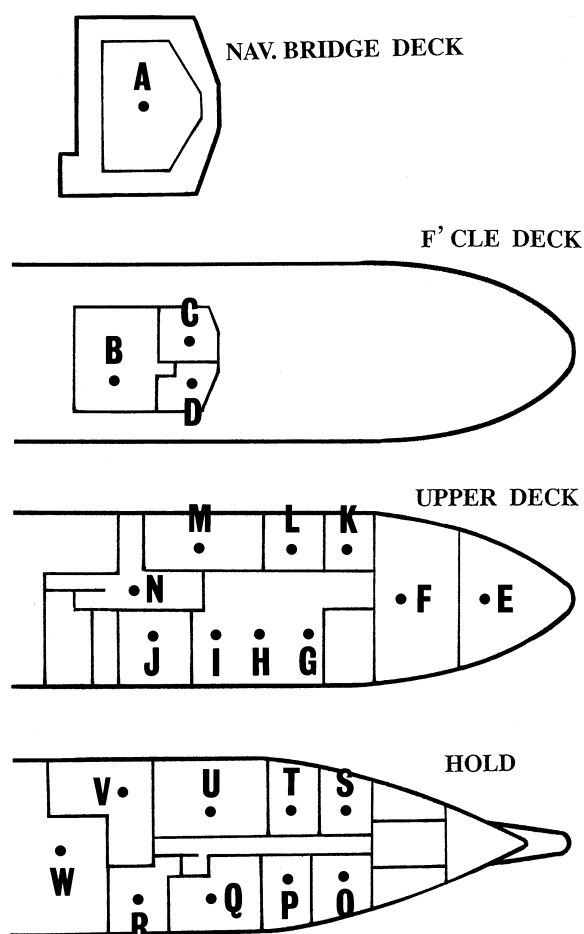


Fig. 1. Inboard measurement points of Nansei-maru.

Table 3 に示した。

全測定を通じて、南星丸が航行中に常用する全速前進

中における機関室 W の騒音レベルは 100 dB が最大であった。南星丸は中速ギヤードディーゼルを主機関（ターボチャージャー付）としており、同様の主機関を装備する小型漁船の 101 ～ 111 dB、³⁾ カーフェリーの 100 ～ 110 dB ⁴⁾ と近似した値を示した。また低速ギヤードディーゼルが主機関（ターボチャージャー付）であるかごしま丸の 100 dB ⁵⁾ と同一の値を示した。主機関馬力は南星丸 1800 PS、かごしま丸 2200 PS であるにもかかわらず同一の値を示したのは、中速ギヤードディーゼル機関の方が低速機関より数 dB 大きい傾向⁶⁾ にあることに起因すると推定される。

主機関の回転数は、漂泊中、微速前進中、全速前進中の順に従い 150 rpm、50 rpm 増加する。これにより、機関室における騒音レベルはそれぞれ 3 dB、2 dB 大きな値を示した。

機関室を除く 22 測点の騒音レベルの平均値は、漂泊中 54 dB、微速前進中 55 dB、全速前進中 59 dB であった。漂泊中と微速前進中の騒音レベル差は機関室 3 dB に対し、22 測点平均値は 1.4 dB とレベル差に相違がみられたが、全速前進中との差は両者 5 dB と同一の値を示した。このように主機関回転数の増減が船内騒音レベルの大小に大きく影響していると推定される。

船内、特に寝室を兼ねた居室（以下居室と記す）における高騒音レベルは、船員の健康に大きな影響を及ぼすと考えられる。南星丸の居室は Fig. 1 において、船倉甲板にある O,P,Q,R,T,U の 6 部屋、上甲板の K,L の 2 部屋、船首楼甲板 C,D 2 部屋の合計 10 部屋である。この中で、第 4 学生室 R は Table 3 に示したように、漂泊中、微速前進中、全速前進中の各条件において 10 部屋中最大値を示し、全て 60 dB 以上であった。これは漂泊中、微速前進中、共に最小値を示した船長室 C、機関長室 K よりそれぞれ 12 dB、15 dB 大きく、また全速前進中、最小値を示した教官室 D より 10 dB 大きな値であった。人間の耳の感覚は 10 dB 大きくなれば倍の音の大きさとして聞こえると言われている。船内生活に不慣れな学生にとって負の条件と言えそうだが、陸上において 60 dB は静かな乗用車内であり、また普通の会話をするのに全く支障をきたさない騒音レベルであることから、特に問題があるとはいえない。これら 10 部屋の騒音レベルの平均値は漂泊中 51 dB、微速前進中 53 dB、全速前進中 56 dB で全て 60 dB 未満であった。

甲板ごとの居室の騒音レベル平均値を Table 4 に示した。いずれの条件においても、主機関が据え付けられている船倉甲板に存在する測点の平均値が最大値を示し、甲板が上部になるに従い小さな値を示す傾向がみられた。

Table 3. Measurement results of noise sound level (equivalent continuous A – weighted sound pressure level) of Nanseimaru

Measurement point	Noise sound level (dB)		
	Drifting	Slow ahead	Full ahead
A (Wheel house)	49	51	56
B (Dry labo)	57	57	60
C (Captain rm)	45	47	53
D (Professor rm)	48	49	51
E (Bosun store)	49	52	61
F (No.1 Store)	53	53	60
G (Mess rm)	52	55	58
H (Mess rm)	53	53	57
I (Mess rm)	52	53	58
J (Galley)	62	61	66
K (Chief eng rm)	45	47	56
L (Officer rm)	48	49	53
M (Wet labo)	54	55	58
N (Passage way)	63	64	68
O (No.1 Cadet rm)	54	54	56
P (No.2 Cadet rm)	53	57	60
Q (No.3 Cadet rm)	51	58	58
R (No.4 Cadet rm)	60	62	61
S (No.2 Store)	56	54	58
T (No.1 Crew rm)	52	53	55
U (No.2 Crew rm)	53	54	55
V (Eng watch rm)	67	70	70
W (Eng rm)	95	98	100

南星丸“防音・防熱装置図”によれば、居住区は各甲板（厚さ 7 mm の鉄板）の天井及び壁に 16 kg/m³ のグラスウールが処理されている。船倉甲板の天井となる上甲板の下面は厚さ 25 mm、上甲板及び船首楼甲板の天井は厚さ 50 mm、各甲板の外板壁面はそれぞれ厚さ 100 mm で覆われている。また船倉甲板床面は浮床構造が採用されている。しかし同一甲板で隣接する居室の仕切り壁は、化粧板等木材の使用のみで、そこにはグラスウールは使用されておらず防音効果は小さい。また南星丸には①船内居住区の騒音低減、②船内各部の振動低減、③水中放射音の低減等の目的の為、主機関の下部に防振ゴム

Table 4. Mean values of noise sound level in accommodation spaces on each deck

Speed order	Mean values of noise sound level (dB)		
	Hold	Upper deck	F'cle deck
Drifting	53	48	47
Slow ahead	56	50	48
Full ahead	58	56	52

が使用され、主機関防振を図っている。船内の騒音レベルは甲板が上部になるに従い小さな値を示す傾向がみられたが、Table 3に示したように、機関室から船首側に離れるに従い騒音レベルが小さくなる傾向は見られず、かごしま丸⁵⁾の騒音分布パターンとは異なった。これは防音構造及び材質の違いに加え、各部屋と機関室の距離がかごしま丸より短いこと、更に主機関防振の有無も何らかの影響を与えているものと推察される。今後の検討課題としたい。

居住区である居室並びに食堂の騒音レベルは、陸上において定められている環境基本法（平成12年3月改正）の地域の類型C（商業・工業）昼間60 dB以下、夜間50 dB以下、または地域の類型A（住居）で2車線以上の道路に面する地域昼間60 dB以下、夜間55 dB以下に相当する。船員居住区の騒音レベルについて、外航労務協会、外航中小船主労務協会の調査によれば、設計目標値として

3,000 ~ 20,000 G/T未満	70 dB以下
20,000 ~ 65,000 G/T未満	65 dB以下
65,000 G/T以上	60 dB以下

を掲げている。⁴⁾ 居住区における騒音レベルは一般的に小型船が高い。⁴⁾ これらから判断して、南星丸の船内生活における騒音環境は大型船に比して遜色ないものと判断される。

船橋における騒音レベルは航海の安全と密接に関連するので、そのレベルは小さく保たれているのが一般的である。漂泊中、微速前進中は49 ~ 51 dBであったが全速前進中は56 dBと5 dB程度大きな値を示した。しかし、かごしま丸全速前進中の62 dB⁵⁾に比し、6 dB小さな値であり、この騒音レベルにおいては、船長、航海士並びに学生等への口頭による命令伝達、復唱及び各種測定作業時の意思伝達への悪影響は少ないと考えられる。

機関監視室Vの騒音レベルは、機関室Wを除き、漂泊中67 dB、微速前進中と全速前進中は70 dBと全て船内の最大値を示した。機関室内には主機関を始めとする各種音源から発する空気音と固体音が混在し、船内で騒音レベルが高い場所の1つである。機関部職員、部員の当直は機関室での長時間の作業が伴うことから職業性難聴^{3, 4)}の危険性が指摘されてきた。よって仕事の効率化と健康管理を図るため、多くの船舶で機関監視室を別に設け、騒音をできるかぎり減衰させるよう設計されている。南星丸の機関監視室は厚さ7 mmの鉄板壁ならびに天井部の上甲板下面に16 kg/m³のグラスウールが厚さ25 mm処理されている。機関室の騒音レベルに

比し、漂泊中、微速前進中共に騒音レベルの減衰量は28 dB、全速前進中には30 dBの低減が見られた。この低減量はかごしま丸の26 dB⁵⁾を上回った。

船内の情報センターであるドライ研究室Bにはコンピュータを始め各種観測機器の主要部が設置されており、観測データの管理など利用頻度は高い。漂泊中、微速前進中とともに57 dB、全速前進時に60 dBを示した。この値は同じ船首楼甲板にある居室C、Dに比し、10 dB程度大きな値を示した。これはドライ研究室には空気音を遮断する扉が無く、上甲板と階段を通して開放されていることに起因していると推察される。これに比し、上甲板にあるウェット研究室Mは扉によって閉鎖されており、ドライ研究室より1段下の甲板にあるにもかかわらず、常に2 dB程度小さな値を示した。

その他、調理室Jは常に61 ~ 66 dBの間にあり、環境条件としては機関監視室に次いで騒音レベルが高い区域である。

船内騒音のスペクトル

常用される全速前進航走中における船内騒音の周波数解析を例に示し、各測点の騒音レベルと関連させながら南星丸騒音の特徴をさらに考察する。考察に当たって、騒音の録音に使用した騒音計NL-31の周波数範囲は20 ~ 12500 Hzなので、20 Hz未満及び12000 Hz以上の帯域は無視した。同航行中における船内騒音は主機関（700 rpm）、プロペラ軸（245 rpm）、プロペラキャビテーション（4枚翼）、発電機関（1200 rpm）過給機（25700 rpm）ならびに低温冷却清水ポンプ（1750 rpm）、冷却海水ポンプ（1750 rpm）、主空気圧縮機（800 rpm）等

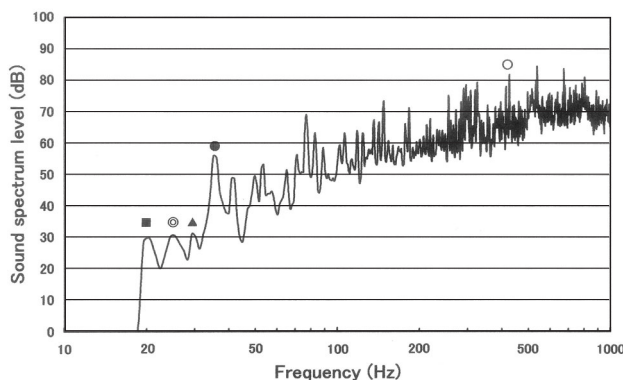


Fig. 2. Measured noise sound spectrum of engine room W when Nansei-maru is cruising at full ahead.

- : Fundamental frequency of Generator (20 Hz)
- : Fundamental frequency of Propeller shaft (24.5 Hz)
- ▲ : Fundamental frequency of Pumps (29.2 Hz)
- : Fundamental frequency of Main engine (35 Hz)
- : Fundamental frequency of Turbocharger (428 Hz)

が主たる音源であると考えられる。これらの音源は機関室に集中しているので、機関室Wにおける周波数解析結果をFig.2に示した。各音源の基本周波数である20 Hz（発電機関）、24.5 Hz（プロペラ軸）、29.2 Hz（低温冷却清水ポンプ・冷却海水ポンプ）、35 Hz（主機関）と428.2 Hz（過給機）が、さらにそれらの高次倍音が線スペクトルとして明確に現れた。

機関室と機関監視室のスペクトル分布並びに機関室から機関監視室に騒音が伝搬するときの各周波数に対する減衰量をFig. 3に示した。機関監視室の騒音レベルは、機関室のそれより全周波数帯域において30～40 dB小さいが、両者の周波数分布パターンは近似したものとなった。この時の各周波数に対するレベルの差は減衰量を表し、周波数に対する防音効果を推定できる。この結果750 Hz以下の帯域における減衰量は15～30 dB、それ以上の帯域では35～40 dBであり、高周波帯域で防音効果が大きい傾向を示した。

第4学生室R、第1学生室O、そして教官室Dにおける周波数解析結果をFig. 4に示した。第4学生室は機関室と同じ船倉甲板にあり、機関室囲壁として使用されている厚さ7 mmの鉄板によって仕切られ、隣接している。同居室の周波数分布は、200～300 Hzの帯域が卓越し、3200 Hz付近まで10 dB/Octで音圧レベルが減少するパターンを示した。また同甲板にあり、機関室

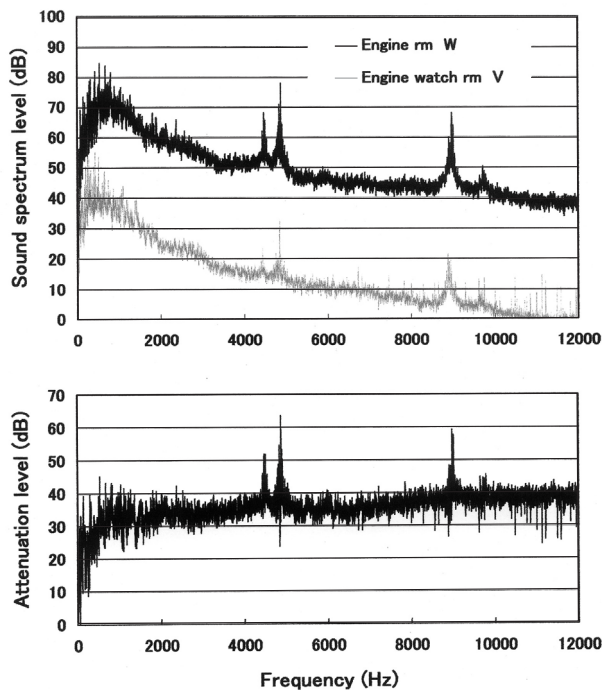


Fig. 3. Comparison of the measured sound spectrum of engine room W and that of engine watch room V, and attenuation level when sounds propagate from W to V.

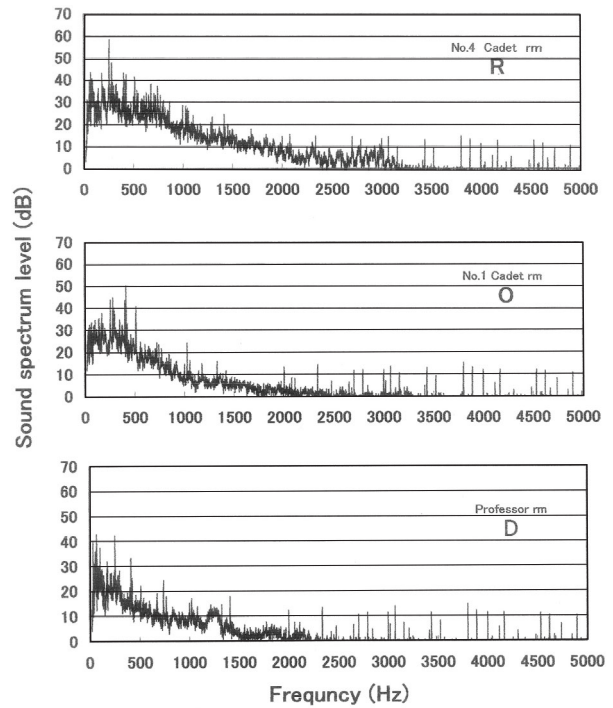


Fig. 4. Measured noise sound spectrum of No.4 cadet room R, No.1 cadet room O and professor room D.

からの水平距離が最も離れている第1学生室の周波数分布は、第4学生室と同様200～300 Hzが卓越し、1000 Hz付近まで13 dB/Octで減少した。船倉甲板より2層上の船首楼甲板にある教官室は機関室より垂直的に最も離れた居室であり、騒音レベルは最小値を示した。この周波数分布パターンは他とは異なり、500 Hz以下に凸型卓越周波数帯域をもたない特徴がみられた。また2500 Hz以下の帯域全般にわたって他よりレベルが小さい傾向にあった。機関室から第4学生室へ、第4学生室から第1学生室へ伝搬するときの減衰量をFig. 5に示

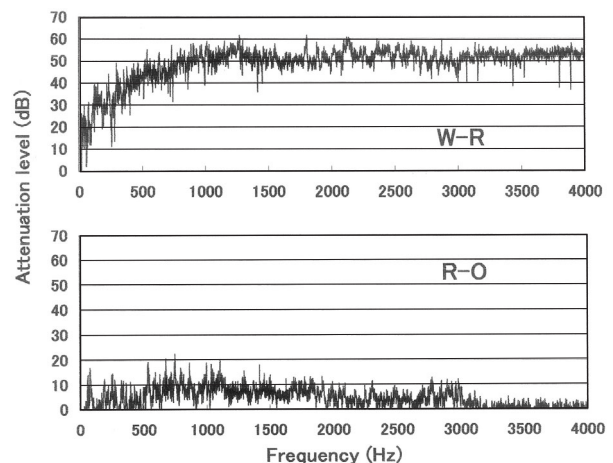


Fig. 5. Attenuation levels when noise sounds propagate from engine room W to No.4 cadet room R, and from No.4 cadet room R to No.1 cadet room O.

した。機関室から第4学生室への減衰量は1000 Hz以下の帯域で15～50 dB、それ以上の帯域では50～55 dBの値で推移した。第4学生室から第1学生室への減衰量は小さく、750 Hz、1100 Hz付近に極大値がみられたが3000 Hz付近まで10 dB以下の値が多くを占めた。鉄板の壁によって仕切られている機関室から機関監視室へ、機関室から第4学生室への減衰量のスペクトル分布パターンは似通ったものとなった。これに対し、特に防音が為されていない同一甲板にある居室の場合、全周波数にわたり減衰量が小さく防音効果が少ない傾向を示した。

最後にこの測定を行なうに当たり、協力頂いた南星丸乗組員並びに鹿児島大学水産学部環境情報科学講座の学生に感謝する。

文 献

- 1) 北村恒二(1986). 新訂騒音と振動のシステム計測. コロナ社, 東京, pp.3 - 58.
- 2) 小黒英男(1975). 船内騒音の統計的解析. 日本航海学会論文集, 54: 107 - 115.
- 3) 神田寛(1974). 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(10): 21 - 28.
- 4) 神田寛(1983). 騒音性難聴とその防止対策. 船員災害防止協会, 東京, pp.1 - 109.
- 5) 松野保久, 関岡幹尚, 田中久雄, 山中有一, 藤枝繁, 上田耕平, 中山博, 矢崎宗徳(1992). 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: 45 - 52.
- 6) 小黒英男(1975). 船内騒音の統計的解析. 日本航海学会論文集, 54: 107 - 115.