

かごしま丸機関室騒音と聴力障害

松野保久, 田中久雄, 関岡幹尚, 山中有一,
藤枝 繁, 矢崎宗徳

KAGOSHIMA MARU Engine Room Noise and Crew's Hearing Impairment

Yasuhisa Matsuno^{*1}, Hisao Tanaka^{*2}, Mikihisa Sekioka^{*2},
Yuichi Yamanaka^{*1}, Shigeru Fujieda^{*1}
and Munenori Yazaki^{*1}

Keywords : Noise, A-weighted sound pressure level, Noise deafness,
Hearing impairment, Engine-room noise

Abstract

It was found that the environmental noise level in the engine room of the fishing training ship Kagoshima-maru was 95~100 dB. Therefore, the frequency analyses of the noise in the engine room and the engine control room, and audiometry for crew were carried out.

The maxima sound levels were appeared at 50~75 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 800 Hz, 900 Hz respectively. The soundproof effect of the engine control room had a maximum at 1.3 kHz, with 47 dB attenuation of the sound level. Results of 1/3 octave frequency analysis, confirmed that the crews of engine department are in a dangerous condition about hearing loss at the frequency band 0.7 kHz~6 kHz. From the results of audiometry, a good many crews of engine department are found to have the C⁵ Dip which is a characteristic of noise deafness.

*1 鹿児島大学水産学部漁船航海学講座 (Laboratory of Fishing Vessel Navigation, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 50-20 Shimoarata 4, Kagoshima, 890 Japan)

*2 鹿児島大学水産学部練習船かごしま丸 (Training Ship Kagoshima-Maru, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 50-20 Shimoarata 4, Kagoshima, 890 Japan)

昭和29年東京都に「騒音防止に関する条例」が実施されて以来、工場騒音、建設騒音、道路交通騒音、鉄道（新幹線）騒音、航空機騒音、その他一般騒音に至るまで、人間の生活環境保全のため、騒音規制法、環境基準、公害防止に関する法律、条例その他により、こと細かに規制が設けられてきた¹⁾。これに対し船舶の環境騒音問題については、陸上における各種対策に追従するような形で労働環境改善という立場から対策が取られてきたが、特に漁船の場合には適正な防止対策は遅れていると言わざるを得ない²⁾。近年主機、補機の高馬力化により、船内騒音レベルは高くなり、乗組員に与える肉体的、精神的悪影響はかなり増大しているものと推察される。特に騒音性難聴などに対する適正な防止対策が要望されるところである。前報³⁾において鹿児島大学練習船かごしま丸の環境騒音レベルについて報告した。その中で機関室内は95 dB、主機付近では100 dBを越える高いレベルにあることがわかった。そこで普通騒音計による等価連続A特性音圧レベルの測定に加え、機関室騒音の周波数解析ならびに機関部員の聴力検査もあわせて実施し、問題提起を行った。

方 法

かごしま丸（1,297.08トン）が常用航走中（プロペラ回転数181.3RPM、プロペラ翼角18.6°）、機関室の主機前方1mの測点及び機関制御室内において普通騒音計（リオン積分騒音計NL-01A、周波数特性20Hz~8kHz）を用いて等価連続A特性音圧レベル（Equivalent continuous A-weighted sound pressure level: $L_{Aeq, T}$ ）を測定した。等価連続A特性音圧レベルとは、時間とともに変化する騒音レベルにおいて、ある測定時間（積分時間）内で、これと等しい平均二乗音圧を与える連続定常音を騒音計の周波数補正特性Aで重み付けた騒音レベルをいう¹⁾。今回の測定においては1回の測定時間を1分とし、騒音計のマイクは床面高さ1.3m、周囲の壁面から1m以上離れた。騒音レベル測定に続いて騒音計をF特性（周波数の関数として一定のレスポンスをもつ）とし、テープレコーダ（SONYカセットデンスケD5M、周波数特性20Hz~19kHz）に録音し、周波数解析装置（リオン騒音・振動解析装置SA-74A、周波数特性1Hz~100kHz）により解析を行った。これと並行して、騒音に暴露された量を時間と騒音レベルの関係について自動的に計測する個人騒音暴露計（リオンNB-13A、NB-13B）を機関部員が装着し、連続24時間の騒音暴露の記録を得た。又機関部員を主にオーディオメータ（リオンAA-67N）による純音聴力検査を実施し、オーディオグラムを作成した。労働省の労災認定基準では、原則として騒音性難聴に係わる聴力検査は90dB以上の騒音にさらされた日から7日間を行わないことにしている²⁾。これは一時的聴力損失（Temporary threshold shift, TTS）を回復させ、永久的聴力損失（Permanent threshold shift, PTS）のみ残っている状態³⁾とする為である。又聴力測定は被験者を防音室に入れて実施することを原則としているが、周囲の雑音が40dB以下であれば、その場所で聴力測定を行っても支障がない⁴⁾とされている。これらのことから、かごしま丸が鹿児島谷山港に着岸して10日経過後、かごしま丸サロン（主機、補機ともに停止状態）において聴力検査を実施した。

結果及び考察

普通騒音計を使用して測定した測定時間1分間の等価連続A特性音圧レベル L_{Aeq} は, 機関室内主機前方1mで100~102 dB, 機関制御室は74~76 dBの間³⁾にあった。これは各周波数に分布した音圧レベルの総和であるオーバーオール値を示している。F特性の周波数解析の三次元表示を Fig. 1 に示した。測定時間時間軸の長さは39秒に相当し, 矢印の方向に時間が経過したことを示している。機関室, 機関制御室ともに各周波数の音圧レベルは時間経過に伴う変動がみられた。そこで39秒間の平均を Fig. 2 に示した。機関室, 機関制御室

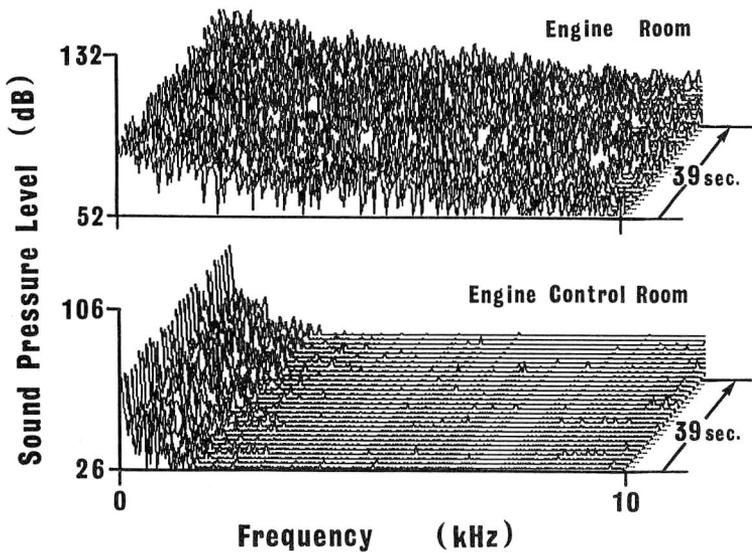


Fig. 1 The three dimensional frequency analysis of the engine room and the engine control room.

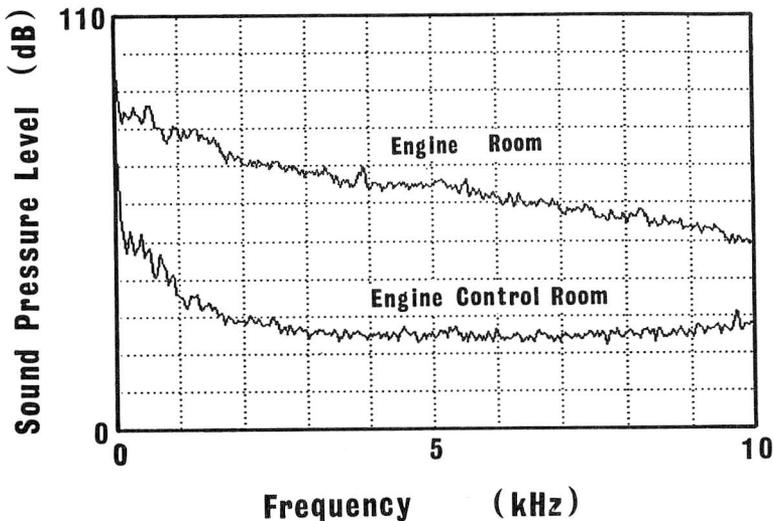


Fig. 2 The frequency analysis of the engine room and the engine control room.

の周波数極大値 (Hz) は次に示す通りである。

機関室 50~75, 125, 275, 500~525, 825, 900, 950

制御室 50~75, 225, 400, 525, 700, 900, 1,200

この周波数分解能は 25 Hz であった。

機関室内騒音の主因は、主機、補機であり、ディーゼル機関の場合、低音部は主機本体、吸・排気管壁、高音部は過給機の空気音に大きく影響される⁵⁾。主機関回転数 248.34 RPM、過給機回転数 16,000 RPM、推進器軸回転数 181.3 RPM の基本周波数はそれぞれ 4.1 Hz、267 Hz、3.0 Hz、推進器による個体音の基本周波数は 12.1 Hz であった。補機の回転数は 900 RPM で基本周波数は 15 Hz、そして過給機の回転数は負荷により 25,000 RPM の上下に数千回の中に変化する。機関室と機関制御室の各周波数における騒音レベルの差は機関制御室の防音効果と一致するものであり Fig. 3 に示した。その最大値は 1,350 Hz の 46.9 dB、最小値は 25 Hz の 13.6 dB であった。約 1.3 kHz に明確な極大点が見られ、100 Hz 以下の低周波の防音効果は約 28 dB 以下、5 kHz 以上の周波数は約 40 dB 以下となった。1.3 kHz より低い周波数においては、その周波数の低下とともに急激に防音効果は悪くなり、その変化率は約 6 dB/oct であった。又 1.3 kHz より高い周波数は、約 5 kHz まで 2.5 dB/oct と防音効果は高いレベルで維持された。しかし 5 kHz から 8 kHz までは約 8 dB/oct であり、1 オクターブに対する変化率は最大を示した。

次に直接人間の聴覚と関連する A 特性による 1/3 オクターブ分析結果及び日本産業衛生学会の騒音許容基準を Fig. 4 に示した。この騒音許容基準は聴力保護の立場から定められたもので、この基準以下であれば、1 日 8 時間以内の暴露が常習的に 10 年以上続いた場合にも、PTS を 1 kHz 以下の周波数で 10 dB 以下、2 kHz で 15 dB 以下、3 kHz 以上の周波数で 20 dB 以下にとどめることが期待できる⁶⁾とするものである。よって同図から、機関部員

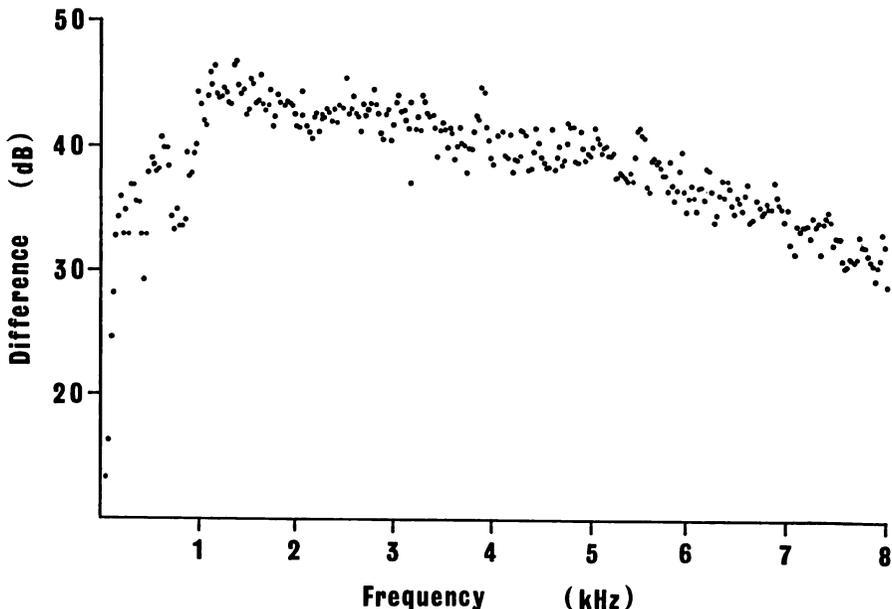


Fig. 3 The difference of sound level between the engine room and engine control room.

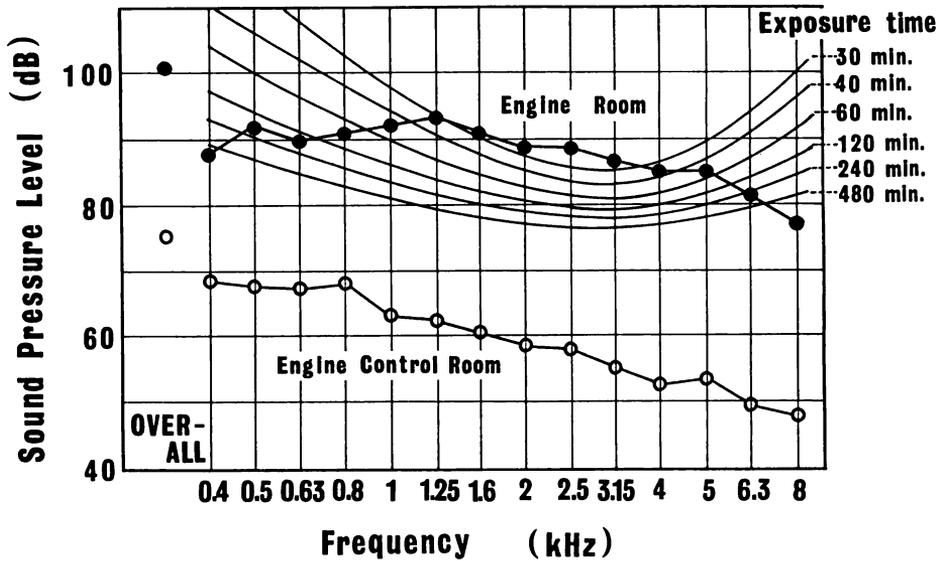


Fig. 4 The A-weighted 1/3 octave frequency analysis and the permissible noise level.

が機関室内で1日合計30分の作業が続けば1.25 kHz~3.5 kHzの周波数帯域の聴力障害を起こす危険の有ることを示唆している。しかし機関制御室内での作業は聴力障害を起こす危険はない。そこでかがしま丸航走中の機関部員の機関室内及び機関制御室での平均作業時間を次に示す。

	部 員	士 官
機関室	2.2 h/day : 160.8 h/year	1.5 h/day : 109.7 h/year
制御室	6.3 h/day : 460.5 h/year	7.0 h/day : 511.7 h/year

この結果 Fig. 4 より、部員は0.7 kHz~6 kHz、士官は0.8 kHz~5.5 kHzの周波数帯域の聴力障害を起こす危険性のあることが判明した。

かがしま丸航走中、機関部員3名に個人騒音暴露計を装着し、1日の騒音暴露の実態を調査した結果の1例を Fig. 5 に示した。機関当直中は大きな音圧レベルでの騒音暴露を受けているが、機関制御室内での作業は音圧レベルは低くなっている。この間、10分間の等価騒音レベルの最大値は105.9 dBに達し、100 dBを越える暴露時間は50分に達した。1日8時間の機関当直中の等価騒音レベル $L_{eq}(8)$ を次式により求めた。

$$E_i = \frac{\Delta t_i}{8} 10^{0.1(L_i - 70)} \tag{1}$$

$$L_{eq}(8) = 70 + 10 \text{Log}_{10} \sum E_i \tag{2}$$

ここで、
 E_i : レベル別騒音暴露指数
 L_i : 騒音レベル
 Δt_i : 騒音レベル L_i の総継続時間 (h)

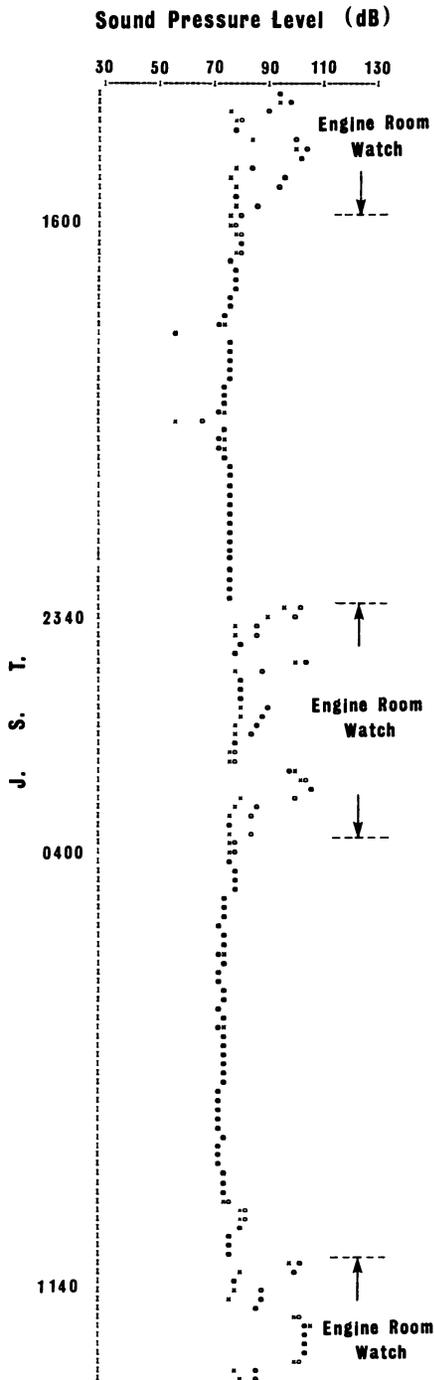


Fig. 5 The example of the measurement by personal equivalent sound level meter.

今回の測定において機関部員の $L_{eq}(8)$ は95.7~98.7 dBの間にあった。会話域の聴力障害危険率 (ISO R 1999) によれば、この数値は暴露年数5年で聴力障害危険率約10%、10年で約25%となっている²⁾。8時間暴露に対する限界レベルはほとんどの国で85 dBもしくは90 dBのいずれかに定められており、いずれの場合においても機関当直中はこの基準を大きく上回っていることが確認できた。

そこで機関部員7名を含め航海士その他合計12名、24耳数のオーディオメータによる純音聴力検査を実施し、機関部員2例のオーディオグラムをFig. 6に示した。両者とも乗船経験年数7年で、過去難聴の診察、治療経験ともに無く、日常生活を行う上で何ら聴力の異常を感じたことはないとする者である。Aは250 Hz, 500 Hzにおいて左耳の方が右耳より聴力が良く、両耳とも4,000 Hzで谷を生じ約25 dBの値を示した。Bは左右両耳とも差はほとんど無く、4,000 Hzにおける谷も生じていない。大きな騒音レベルに長時間暴露されると人間の聴力は普通3,000~6,000 Hzの周波数域の聴力が大きく障害を受け、特に4,000 Hz付近で著しくこの周波数に大きな谷を生ずる。4,000 Hzを中心とする聴力損失は C^5 (4,096 Hz) Dipと呼ばれ騒音性難聴の大きな特徴とされている。Aはこの特徴と合致し、騒音性難聴の前兆を示しているものと推定される。 C^5 Dipは機関部員4名の7耳にみられ、残る機関部員3名及び航海士その他5名には C^5 Dipはみられなかった。 C^5 Dipのみられなかった機関部員3名のうち2名は、機関当直中耳栓を常用していた。次に純音による聴力損失の評価法である次式による六分法を行った。

$$\text{六分法 (dB)} \equiv \frac{K + 2L + 2M + N}{6} \quad (3)$$

ここで、 K : 500 Hz の聴力損失
L : 1,000 Hz の聴力損失

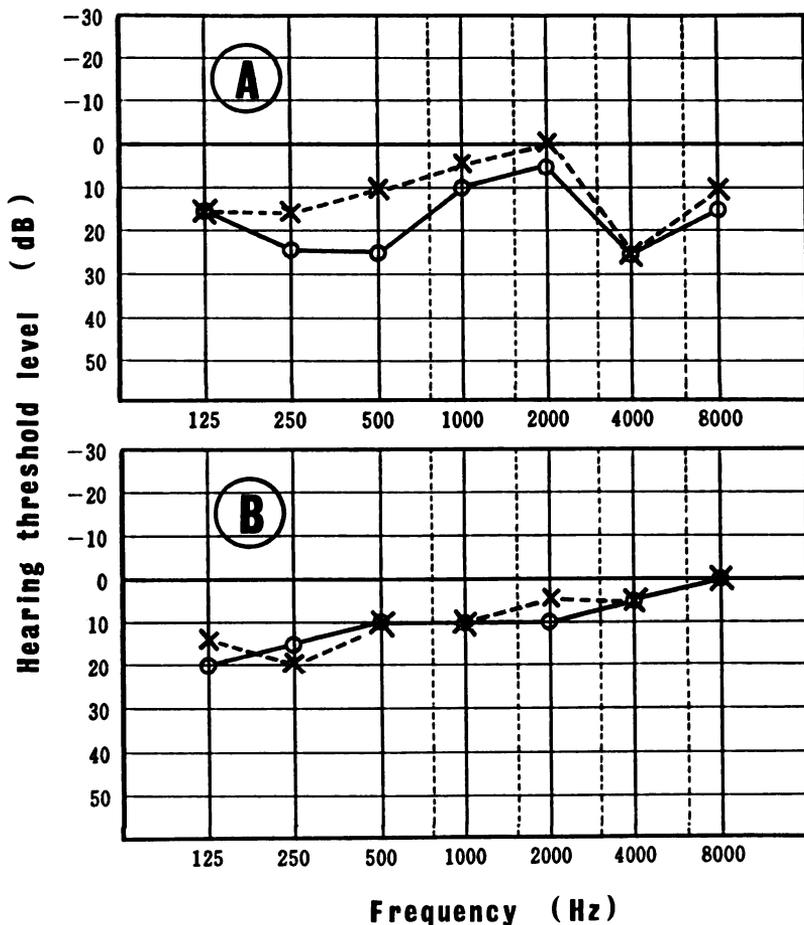


Fig. 6 Examples of the threshold audiogram of the crews of engine department (○: Right ear, ×: Left ear).

M: 2,000 Hz の聴力損失

N: 4,000 Hz の聴力損失

その結果機関部員 A, B の値は次のようになった。

	右耳	左耳
A	13.3 dB	7.5 dB
B	9.2 dB	7.5 dB

この六分法は労災補償保険法による聴力障害等級認定基準（労働省）において使用され、この値 30 dB 以上が労災補償の対象となっている。今回の調査において機関部員に 20 dB 以上が 6 耳あり、機関部員以外は最大 11 dB が 2 耳のみでその他は全て 10 dB 以下であり、両者に大きな相違がみられた。

要 約

常用航走中におけるかごしま丸の機関室の騒音レベルは、中速ギヤードディーゼル機関（ターボチャージャー付）を主機とする他の船舶と同様に高く、機関室で100~102 dB、機関制御室で74~76 dBの間にあった。騒音の起因は主機、補機等の空気音であり、F特性による周波数解析の結果50~75 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 800 Hz, 900 Hz等に大きな音圧レベルの極大値がみられた。又機関制御室の防音効果は1.3 kHz付近が最も大きく約47 dBに達した。しかし100 Hz以下の周波数帯の防音効果は小さく約28 dB以下であり、又5 kHz以上の周波数は40 dB以下となった。A特性による1/3オクターブ分析の結果、現状の機関当直体制であれば機関部員は0.7 kHz~6 kHzの周波数帯域に聴力障害を起こす危険性があることを指摘した。更に個人騒音暴露計より求めた $L_{eq}(8)$ は95.7 dB~98.7 dBの間にあり、8時間暴露に対する限界レベルを大きく上回り、この数値は暴露年数5年で聴力障害を起こす危険率が約10%、10年で約20%であることを示している。又機関部員7名に対するオーディオメータによる純音聴力検査の結果、騒音性難聴の大きな特徴とされる C^5 Dipが4名7耳にみられ、機関部員以外の被験者には C^5 Dipは現れず機関部員とは大いに異なった。さらに六分法による聴力損失の評価法によれば20 dB以上が6耳あり、機関部員の騒音性難聴の危険性が極めて高いことが明らかになった。

以上のことから機関部員の聴力を保護するためには、① C^5 Dipのみられなかった機関部員は耳栓を常用していることから、機関室内での作業時は必ずイヤマフあるいは耳栓の着用を実行すること、②機関制御室は聴力障害とならない騒音レベルにあるので、自動化形態を更に進めること、③個人騒音暴露計による騒音暴露の実態を常に調査するとともにオーディオメータによる聴力検査実施の制度化をかごしま丸機関部自らが積極的に図ること等の方策をここに提言する。

参 考 文 献

- 1) 北村恒二 (1986): "新訂騒音と振動のシステム計測", pp. 3-58, (コロナ社, 東京)
- 2) 神田 寛 (1983): "騒音性難聴とその防止対策", pp. 3-109, (船員災害防止協会, 東京)
- 3) 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
- 4) 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
- 5) 中野有朋 (1977): 船と騒音 (4). 船の科学, 30 (2), 103-109
- 6) 許容濃度等委員会騒音班 (1969): 日本産業衛生協会, 許容濃度等委員会勧告の騒音の許容基準について. 産業医学, 11 (10), 533-538