

船内騒音と乗組員の聴力障害について

山路 光徹, 高木 保昌, 野口 英雄, 桐 博昭,
森井 康宏, 松山 晃, 合田 政次

Studies on Noise in the Ship and Hearing
Impairment of Crews

Mitsuyoshi YAMAJI, Yasuaki TAKAKI, Hideo NOGUCHI, Hiroaki KIRI,
Yasuhiro MORII, Akira MATUYAMA and Masaji GODA

Studies on noise in the ship and hearing impairment of crews, we measured the noise in the training ship Nagasaki-maru under way and under trawl fishing. The noise was measured in the engine room and on the deck.

By this research, it turns out that high noise level is measured also on the deck. Especially, high noise level was measured 120dB (A) around the scaling machine.

In the engine room, the highest noise level was measured 120.5dB (A). If crews wear a protective equipment (by JIS standars), these two noise levels are within the range of permissible criteria for hearing protection by Japan Society for Occupational health.

As a result of the hearing tests (by means of Audiometer) conducted to crews, the longer a crew works in the engine room, the further his hearing loss at 4,000Hz develops (considered as noise induced hearing loss).

Key Words: 船内騒音 noise in the ship, 周波数分析 frequency analysis,
騒音レベル noise level (dB(A)), 音圧レベル sound pressure level (dB)

はじめに

船舶における騒音は、陸上の職場にあまりみられないほど、著しく高く、かつ連続した騒音である。

近年、船舶の騒音源である主機、補助機関の高馬力化が見られ、特に小型の船舶では機関室のスペースを出来るだけ小さくし、機関は小型化で大出力になっている。そのため中速ギヤードディーゼル機関や高速多気筒機関の採用で騒音が大きくなっている。特に高出力を得るため、過給度を上げるターボチャージャーの騒音が極端に大きくなり、その船全体の騒音を高める傾向を強めている。近年船舶における騒音は、乗組員の環境改善と言う見地から取り上げられるようになってきている¹⁾。

練習船長崎丸では環境改善の中でも特に作業環境の改善について乗組員の健康管理の立場から、作業環境の細部にわたり騒音による健康面、特に騒音の影響による聴力変化を調査した。

騒音に関しては1985年頃から、本学の保健管理センターでも健康管理の面からこれらの騒音により、引き起こされる騒音性難聴の検診が実施されている。それにより乗組員の間でも船内騒音に対し防音保護具及び適正な騒音防止対策などの指導教育を行い関心を高めている。

この騒音問題は、国際的には聴力保護のための騒音曝露の

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⁾。これらは、特に船内騒音に関するものではないが、生活環境や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り、小型船のような狭い甲板上での作業環境とは趣を異にしている。

前報⁴⁾では船内の騒音を把握することを目的に主として日常の生活の場である居住区の騒音について調査報告した。今回は騒音に晒される時間の最も長い、全速航走中の作業環境とトロール操業実習中の作業環境、また通常騒音に晒される船内作業中の騒音に重点をおき測定調査を実施した。

また甲板部乗組員の作業環境として、船舶では船体錆落とし作業は避けられず、甲板作業のうち船体の錆落とし作業の占める割合が大きい。このことから船体錆落とし工具による騒音を測定し周波数分析した。その結果から聴力保護のための保護具を装着した時の保護具の効果を検証した。また機関部についても同様に当直交代時や定期的な巡視時の騒音、および当直中の作業時の騒音を調査し周波数分析した。同様に保護具を着用したときの保護具の効果を検証した。

これらの周波数分析した結果より聴力保護に関して, JIS規格の保護具の耳栓やイヤーマフ(耳覆い保護具)の防音効果が日本産業衛生学会の騒音曝露許容基準以内にあるかを検証した。また長年, 船舶を職場として騒音に暴露されている乗組員の耳に健康障害は出ていないか調査した。機関部の乗組員に関しては, 機関部としての経験年数による年代別の聴力損失から聴力線図(オーディオグラム)を作成し聴力損失の実態を比較した結果, 若干の知見を得たので報告する。

計測及び方法

調査対象の長崎丸(以下本船とする)は, 1987年建造の練習船で, 全体の一般配置図をFig. 1に示す。

本船の大きさは総トン数842トン, 主機関は中速ギヤードディーゼルを搭載し, 最大出力2800馬力である。主機関の最大回転数は600で減速機で232回転に減速しプロペラは可変ピッチプロペラを採用している。発電機関は480馬力1200回転の高速機関3台である。航海速度は13.5ノットで, 船内居住定員は, 士官10名, 部員15名, 教官4名, 学生40名, 合計69名である。本船の居住環境は大別して, 機関室, Tank Top学生居住区, 2nd Deck居住区, Upper Deck居住区, Boat Deck居住区および船橋である。本船の常用航走中の船内の騒音源は主に主機関と発電補助機関である。また常用航走中の騒音源は, 主機関は3/4負荷でプロペラ軸の毎分回転数は220, プロペラ翼角17°, 発電機関は1台運転中のものである。本船がトロール操業実習中, 海洋観測実習中及び入出港その他の用途で船首及び船尾のスラスタを必要とする時は, 電力負荷の需要に応じて発電機関は全機3台分の使用騒音源と船首と船尾のスラスタによる騒音源が加わる。甲板部関係の騒音計測点は, 全速航走中, トロール操業実習中及び甲板作業中の騒音箇所22点を, 機関部に関しては主な巡視の見回りのための騒音箇所16点を計測した。

今回の測定にはJIS C1505規格による精密騒音計を使用し, 騒音レベル dB (A) を測定した。騒音計にはエレクトレッ

トコンデンサマイクロホンが使用されている。さらに騒音計を介して1/1オクターブおよび1/3オクターブ実時間分析機能で動作させるプログラムを書き込んだフラッシュカードを取り付けて各周波数の音圧レベルdBの分析を行った。

騒音の計測では集音マイクの位置は床上1.2mとし作業員の騒音については作業員の耳もととした。

また乗組員の聴力損失を調べる為に大学病院の耳鼻咽喉科の防音室ではJIS T1201規格適合のオーディオメーターが使用された。検査では受話器AD-02により片側の耳から125~8000Hzの各周波数で純音を発し, その最小可聴音を被検者の聴力損失とした。

計測機材の仕様の大略を次に示した。

精密騒音計	(リオン株式会社製)
TYPE NL-32	
測定周波数範囲	20~12500Hz
測定範囲レベル	28~130dB
周波数分析プログラムカード	(リオン株式会社製)
TYPE NX-22RT	
分析周波数バンド	
1/1 オクターブバンドパスフィルター	16Hz~8kHz
1/3 オクターブバンドパスフィルター	16.5Hz~168kHz
オーディオメーター	(リオン株式会社製)
TYPE AA-71	
TYPE AA-61BN	
純音聴力検査音周波数	125, 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000 (Hz)
周波数精度	±2%
検査音レベル	10~100dB

なお本報告では, 周波数補正回路のA特性で測定された騒音計の騒音レベルはすべてdB (A) と表記し, 周波数分析した各周波数の音圧レベルは単にdBと表記した。

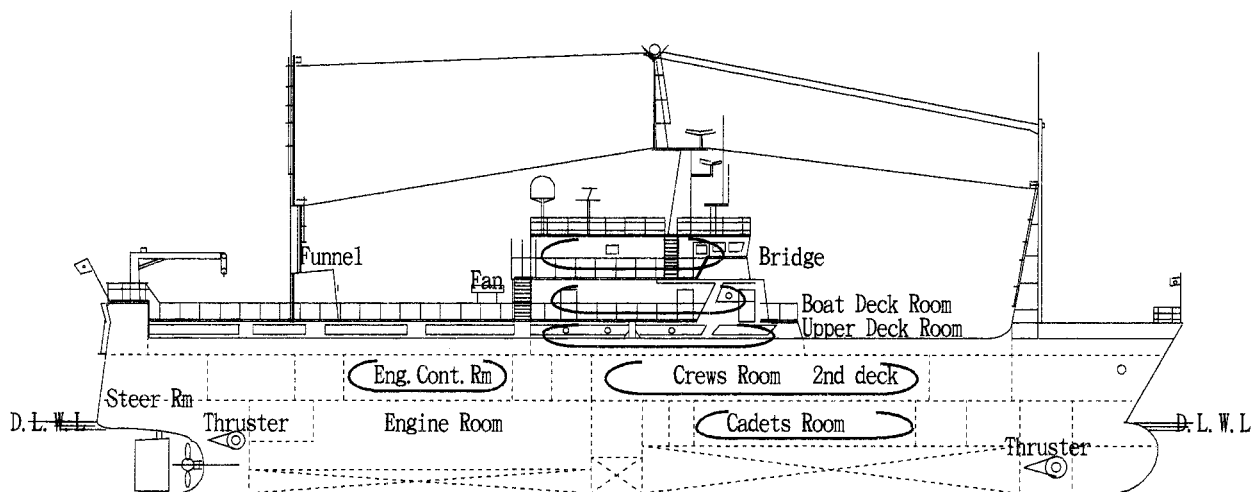


Fig. 1 The general arrangement of the training ship Nagasaki-maru.
Circles of a thin line: main habitation areas.

結果及び考察

1) 船内作業環境の騒音

船内作業現場の騒音レベルの全測定箇所を甲板部関係は Fig. 2 (A), (B) に、測定結果を全速航行中とトロール操業実習中、甲板作業の錆落とし工具を合わせて Table 1 に示した。甲板上での騒音源は Fig. 2 (A) より両舷の煙突 (ファンネル) (1) からの騒音、トロールウインチ周囲の軸流通風機 (2) 3 台からの運転騒音、最船尾 (7) のプロペラの回転によるプロペラ翼の周期的圧力変動で船体を加振させる振動騒音、及びトロール操業実習中のトロールウインチなど甲板機械の運転騒音によるものがある。煙突からの騒音は、全速航行中とトロール操業中とは異なる。全速航行中は主機関の負荷が大きく、煙突から排出される排気の騒音が 101.0 dB (A) と大きい。またこの騒音は終日続いている。しかしトロール操業実習中は主機関の負荷は軽くなり騒音も 83.6 dB (A) と若干騒音値も小さくなる。またトロール操業実習中の揚網時と投網時には軸流通風機の騒音にトロールウインチの大きな騒音が加わる。またトロールウインチの両舷と前部に配置してある 3 台の機関室用軸流通風機が一番高い騒音値は吸込口で 95.5dB (A)、少し離れた横で 90.8dB (A) の騒音である。この通風機は航行中、トロール操業実習中を通して停止することがなく終日続く大きな騒音源である。

人間の聴力障害に影響する騒音値は 85dB (A) 以上といわれており⁵⁾、これらの騒音は聴力障害に関与する騒音であ

る。この騒音の中、甲板上での学生への指導は全員の学生に会話が行き届かないことがある。

甲板上の作業環境を改善するために軸流通風機について調査した。軸流通風機の低騒音軸流通風機の開発に関してメーカーに騒音値を問い合わせたところ本船は 350 ~ 600m³ / min と比較的小型なのでこれ以上は騒音値が極端に下がることはなく標準的騒音値であるという回答が得られた。しかし 3 台の通風機から発せられる騒音は船尾甲板上の騒音値を大きくしている。

Fig. 2 (A) (B) 及び Table 1. からトロール操業実習中の主な作業場所はトロールウインチの周囲デッキ上 (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) であり、其中最も高い騒音箇所はトロールウインチ後部 (6) の 91.1dB (A)、低い箇所以最船尾 (7) の 80.3dB (A) である。これらの箇所の算術平均騒音は 87.3dB (A) であった。

前報⁴⁾での学生及び乗組員のアンケート調査と今航海 9 月 13 日から 10 月 3 日迄の 21 日間の乗船学生のアンケートによると、船内の高い騒音を感じた箇所として「煙突の周囲」、「船尾甲板上」、「トロールウインチの周囲」があり、さらに「トロール操業実習中に指示が聞こえない」、「トロール操業実習中に会話がしにくかった」、「相手の話が聞きとりにくい」また「航行中の作業で指示が聞こえにくい」、「携帯電話が聞こえにくい」、などがあつた。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 (A) 以下であれば 1m 離れた相手の言葉が分かる文章理解度は 100% であるが、それ

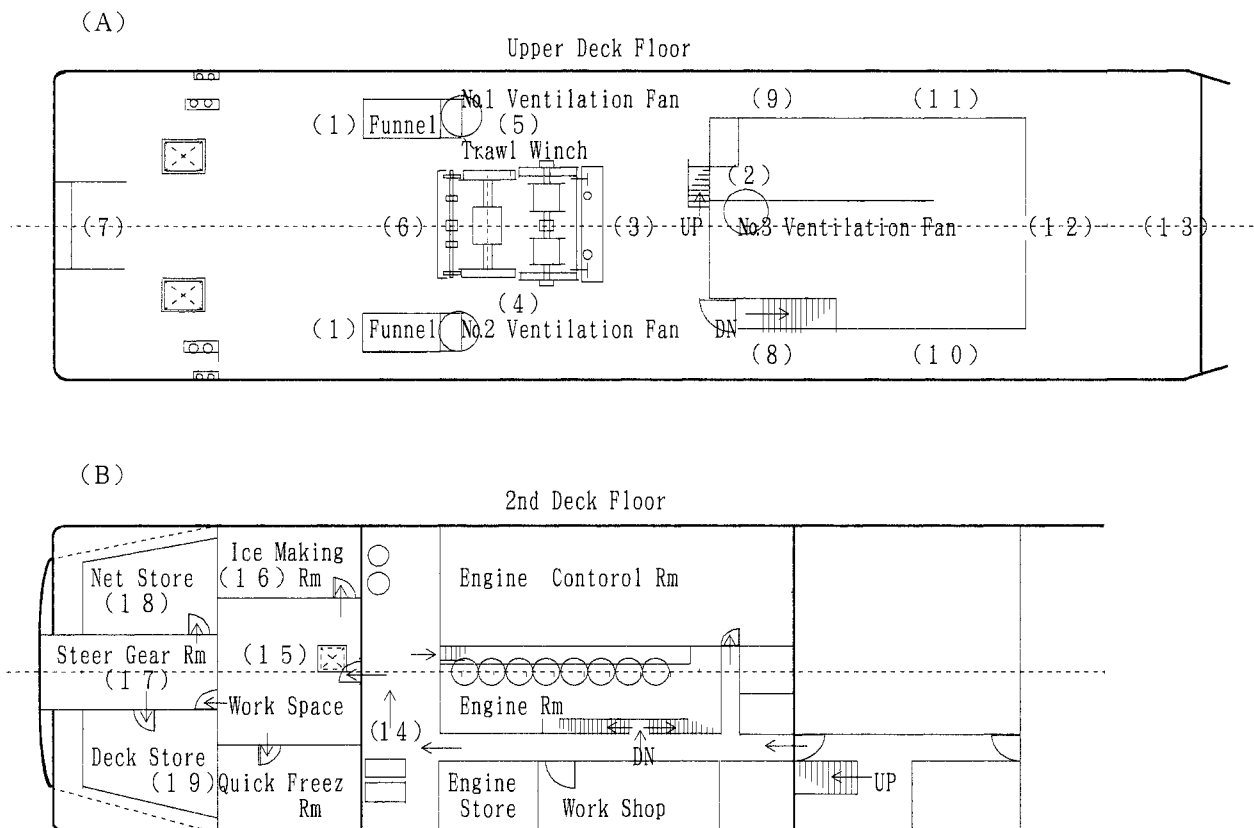


Fig. 2 The measurement points of the noise level on the upper deck and the 2nd deck.

Table 1. The measurement result of the noise level at working places and in the Scaling Machine, under way and under trawl fishing.

1. * noise level under trawl fishing.
2. 20, 21, 22: noise level in the Scaling Machine.

Measurement Point	dB(A)	Measurement Point	dB(A)
Upper Deck Floor		2nd Deck Floor	
(1) Funnel	101.0 *83.6	(14) Passage in the engine room	103.8
(2) Ventilation fan	95.5	(15) Working room of deck department	80.4
(3) Front side of trawl winch	82.1 *87.5	(16) Ice making room	88.7
(4) Starboard side of trawl winch	83.3 *90.7	(17) Steering room	93.7
(5) Port side of trawl winch	85.2 *90.8	(18) Net store room	81.5
(6) Rear side of trawl winch	83.9 *91.1	(19) Deck store room	85.8
(7) Stern	82.3 *80.3	20. Electric jet chisel	114.7
(8) Deck starboard passage	80.7 *85.9	21. Electric disk sander	100.9
(9) Deck port passage	81.8 *84.8	22. Electric concrete crusher	125.7
(10) Center of deck starboard passage	76.4	* Average noise level under trawl fishing	87.3
(11) Center of deck port passage	69.1	Average noise level under way(15, 16, 17, 18, 19)	86.0
(12) Rear side of bow deck	69.1		
(13) Front side of bow deck	68.7		

以上の騒音下では判り難いとされている。67dB (A) では1.2m離ればやや大声の会話となり、75dB (A) では距離1mでの文章理解度は0%と言われている^{6,7)}。学生のアンケートがこれに相当する。

Fig. 2 (B) より、船尾甲板下の2nd Deckの作業場では、煙突や通風機による騒音の影響がなくなる反面、機関室の振動音とプロペラ回転による振動音の影響で騒音値が高くなる。Fig. 2 (A) の機関室通路 (14) を除く (15) (16) (17) (18) (19) では航走中の最も高い箇所は (17) の舵取機室で93.7dB (A)、低いのは (15) 作業室の80.4dB (A) である。これらの計測箇所5箇所の算術平均騒音値は86.0dB (A) である。これらの作業場所での騒音は数値的には極端に大きな騒音値ではないが常習的に長年このような騒音に曝露されていれば聴力損失は正常者と比較したとき差が出るのではないかとと思われる。

甲板上の作業騒音以外の騒音として甲板部乗組員もトロール実習中やその他の作業で、魚体整理の為、作業室への出入りや、航海中の船尾舵取機の点検見回り、その他の作業のために、103.8dB (A) の機関室内の通路 (14) を利用する。この通路の保護具なし通過は短時間ではあるがかなり耳に疼痛を感じる騒音である。

また船尾舵取機室 (17) の見回りや舵取機室周辺での作業では、プロペラの回転による、回転数と翼数の関係の振動と、プロペラの回転による急激な気泡の生成、消滅 (キャビテーション) や翼の作るカルマン渦との共鳴で船体が増振される打撃音が⁸⁾、プロペラの喫水線近くである関係もあり93.7dB (A) と高い。いずれも聴力障害に関与する騒音である。

高騒音に晒されるのは機関部の乗組員と言う概念があるが、

甲板部乗組員にもトロール操業実習中、全速航走中の作業などの作業環境で85dB (A) 以上の比較的騒音値の高い騒音に曝露される場所が多く見つかった。

船舶では普段あまり気にしない騒音も測定調査してみると、比較的高い騒音に曝露される機会の多い職場環境である。いずれの騒音も30年40年に及ぶ船内生活で連続的、慣習的に晒されていれば騒音に関係のない陸上の人と比較した時、聴力の低下 (損失) に違いが表れるのではないかとと思われる。

2) 機関室関係の騒音

航海中の各当直交代時の巡視や、当直中の定期的な巡視のための代表的な騒音測定箇所16点を選んでFig. 3 (A) (B) に、その測定結果をTable 2に示した。

全速航走中は主機関の操縦ハンドル前の前後 (1), (5) で108.5dB (A) と107.5dB (A) であり、機関室後部の減速機周辺 (6) では107.0dB (A) である。また主機関のターボチャージャーの空気吸入側 (3) では、機関室内で最も高い120.5dB (A) の騒音が発せられている。しかし巡視のためのチャージャー横40cm位の地点 (2) では111.3dB (A) である。全速航走中は発電機は1台のみ運転のためその周辺 (11) は若干騒音値が下がり106.3dB (A) である。機関室巡視のうち機関制御室 (16) を除いた、機関室下段及び中段 (シリンダーヘッド付近)、上段の計測箇所15箇所の算術平均の騒音値は105.8dB (A) であり、低速機関採用の同型船より高い⁹⁾。特に主機付ターボチャージャー周辺は空気の吸入音の「キーン」と言う特異な過給音で騒音値が大きくなり、機関室内騒音値が高レベルとなる一要因となっている。発電機は、航海の目的により運転台数が違うが、トロール操業

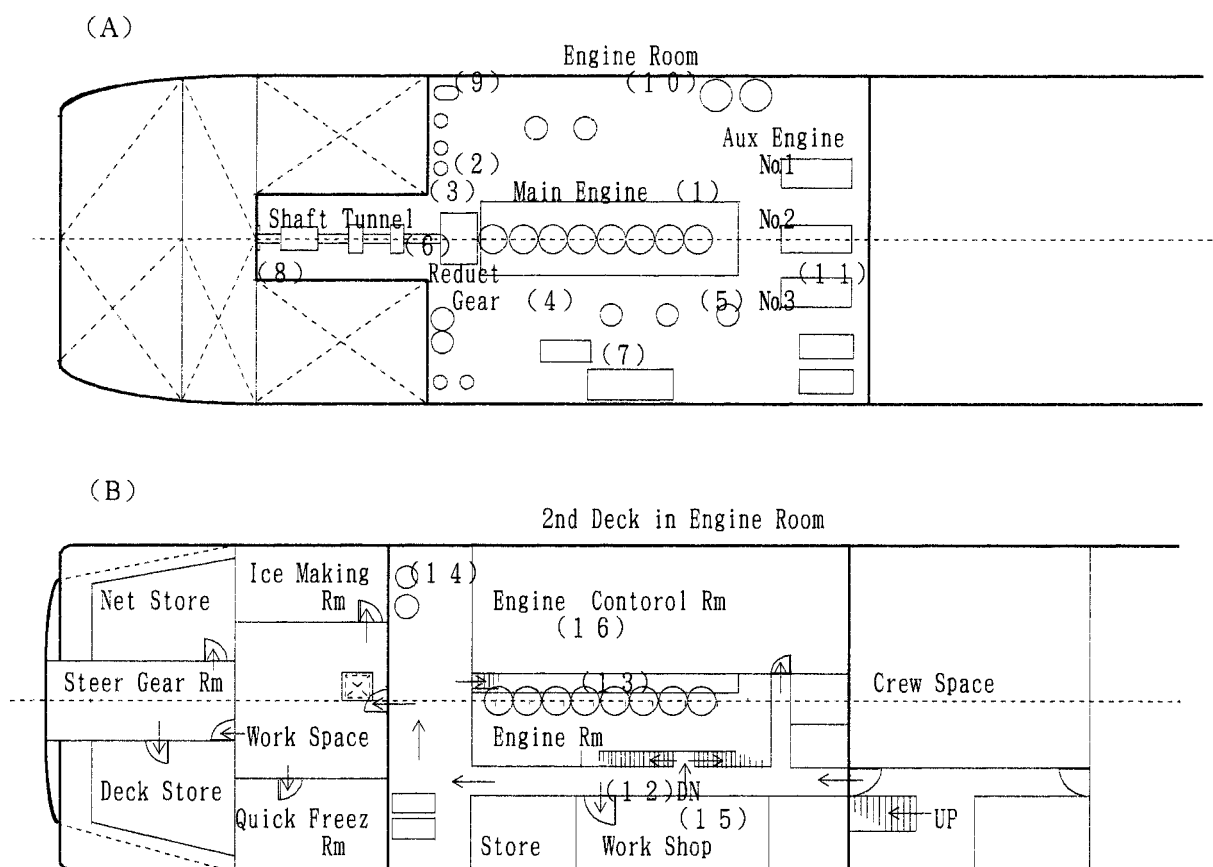


Fig. 3 The measurement points of the noise level in the engine room.

Table 2. The measurement result of the noise level in the engine room under way.

Measurement Point	dB(A)	Measurement Point	dB(A)
Engine Room		(11) Center of generetors	106.3
(1) Around the main engine control handle	108.5	2nd Deck Floor	
(2) Side of turbo charger	111.3	(12) Middle stage the engine room	103.8
(3) Turbo charger.	120.5	(13) Center of middle stagge in the engine room	106.4
(4) Back side of turbo charger	108.5	(14) Port side of middle stage in the engine room	98.8
(5) Back side of main engine	107.5	(15) Working room.	80.4
(6) Around the reduction gear	107.0	(16) Control room of engine	94.5
(7) Starboard side of engine room	106.2	Average noise level in the engine room	105.8
(8) Shaft tunnel in engine room	100.4	When running 3 generator	107.8
(9) Rear part of port side in the engine room	104.6		
(10) Front part of the engine room	103.4		

実習、海洋観測調査時、及び入出港の時は電力の需要の関係で発電機は2台または3台の運転となる。そのため発電機周辺 (11) は騒音値が高くなり、3台の時は1台の時の106.3dB (A) から107.8dB (A) に上がる。しかしその時、主機関の負荷は軽くなるので主機関周辺の騒音は低くなり、95.0dB (A) となる。

3) 聴力保護具の遮音効果

機関室の騒音に対し、聴力保護のための保護具を装着したときの保護具の効果について検討を行った。

日本産業衛生学会では聴力保護のための、騒音の1日の曝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曝露時間の合計を、連続曝露の場合と等価な曝露時間

とみなしている。聴力保護のための騒音の許容基準をTable 3²⁾と Fig. 4²⁾に示した。これらは周波数分析した各周波数の音圧レベルに対する騒音の許容曝露時間を表している。

そこで機関室で一番騒音の高い過給機空気吸入側の120.5 dB (A) と、巡視のための過給機の周辺40cmの111.3dB (A) の騒音値、及び機関室巡視のうち機関制御室を除く15箇所の算術平均騒音値105.8dB (A) を周波数分析し、日本産業衛生学会の聴力保護のための許容基準曲線に重ね合わせてFig. 5に実線で示した。

Fig. 5は縦軸にA特性補正バンド音圧レベル (A-Weighted Sound pressure Level (dB)) をとり、横軸はオクターブバンド中心周波数 (Hz) である。

機関室内の騒音は周波数分析の結果、過給機周辺はいずれも1000Hz, 2000Hz, 4000Hzで0.5時間の許容曝露時間をはるかに越えており、巡視の為の見回りでも2000Hz, 4000Hzで越えていることから、聴力保護の立場から極めて危険な騒音値である。

このことから保護具を装着する時の保護具は、JIS規格で

聴力保護のための平均遮音量が定められておりTable 4⁴⁾に示した。イヤーマフ保護具 (タイプ - EM) を装着したときの効果は、Fig. 5の実線で示した分析値から各周波数のJIS規格の平均遮音量を差し引いた周波数スペクトルで表されFig. 5に点線で示した。すなわち点線の曲線が保護具装着後の各周波数の音圧レベルである。この音圧レベルが日本産業衛生学会の聴力保護のための許容基準曲線に接近する曲線のうち、最も短い曝露時間を許容曝露時間とすることで評価できることになる。

また周波数分析した音圧レベルdB (対数尺度) を全部加えた加算の和が人間の聴覚に補正されて騒音計に騒音レベルdB (A) で表れており、次式により求める。

L_1, L_2, \dots, L_n (dB) デシベルの和

$$L = 10 \log (10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10})$$

L: デシベルの和 dB (A)

L_1, L_2, L_n : 計測周波数での音圧レベル dB

イヤーマフ保護具を装着した時の保護具の中の各周波数の音圧レベルを、人間に感じる騒音レベルdB (A) に換算し

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

Permissible noise level						
Center Frequency (Hz)	Permissible OBL (dB) for the exposure time of noise					
	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

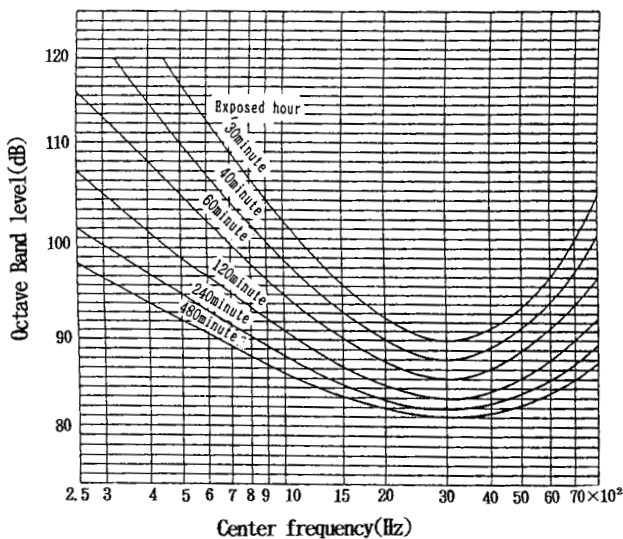


Fig. 4 The permissible level of noise by Japan Society for Occupational Health.

Table 4. The average sound arrest quantity of protective equipment by JIS Standards.

Frequency (Hz)	Average sound arrest quantity (dB)		
	TYPE EP-1	TYPE EP-2	TYPE EM
125	over 10	under 10	over 5
250	over 15	under 10	over 10
500	over 15	under 10	over 15
1000	over 20	under 20	over 20
2000	over 25	over 20	over 30
4000	over 25	over 25	over 35
8000	over 20	over 20	over 20

TYPE EP-1 : Ear plug
 TYPE EP-2 : Ear plug
 TYPE EM : Ear muffs

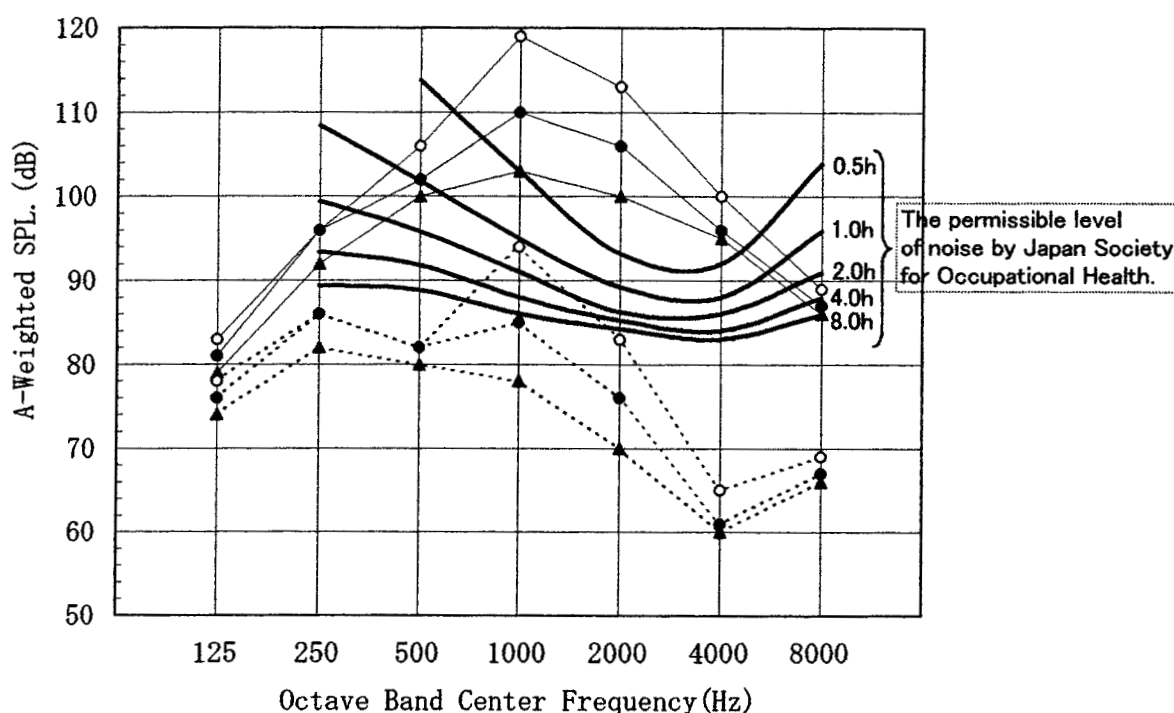


Fig. 5 The frequency analysis of the noise level in the engine room and the effect on the noise level by the protective equipment.

Noise level in turbo charger.

Noise level at the point 40cm distant from turbo charger.

Average noise level in the engine room.

Effect on the noise level by the protective equipment

てみると、それぞれ93.4dB (A) と89.7dB (A) と86.0dB (A) になる。

dBの加算はdBが対数尺度であるため単純ではないが、この加算により防音保護具の耳栓やイヤーマフの効果を推定することができる。

本船の場合は過給機の空気吸入側の特異な音を除けば周波数の分析結果から、機関室見回りその他の作業で、騒音計で計測した騒音レベルdB (A) が85dB (A) を越えても保護具を装着したときの各周波数毎の音圧レベルは日本産業衛生学会の許容基準以下となり、聴力障害に影響を与えることが少ないことが分かった。

JIS規格による保護具の遮音量は、聴力保護のための最低限の数値であり、実際に使用している市販の耳栓やイヤーマフの遮音データは共にJIS規格の遮音量よりも遮音量が大きく性能が良い。

本船使用のペルターイヤーマフは各周波数においてJIS規格の遮音量より5～10dB多い。従って実際にはこの点線の曲線より5～10dB多

く、遮音効果が上がっているものと思われる。

日本産業衛生学会による騒音の許容基準は周波数分析を行うことを原則とするが、単に騒音計で測定した値を用いる場合の許容基準をTable 5³⁾に示した。すなわち聴力保護の立場から85dB (A) の騒音曝露では8時間、また100dB (A) では15分が許容されている。

騒音性難聴を起こすことのない騒音レベルの上限は85dB

Table 5. The permissible level of noise by Japan Society for Occupational Health.

permissible noise level(A-Weighted Sound pressure Level)			
The exposure time of noise for a day (hour-minute)	permissible noise level dB(A)	The exposure time of noise for a day (hour-minute)	permissible noise level dB(A)
24-00	80	2-00	91
20-09	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
2-00	90		

(A) とされており, ILO (国際労働機関) でも騒音のSafety critical levelを85dB (A) としている⁷⁾。

機関部の場合は航走中に, 長時間の作業を要することもあるが, 過度の騒音曝露は極力さけ, 可能であれば当直中の作業も, 機関室から騒音をシールドされている機関制御室での仕事に切り替え裸耳による休息に努める必要があると思われる。

4) 甲板作業の騒音と保護具の遮音効果

Table 1 に示すように甲板上での騒音は前述の騒音以外に船体錆落とし作業に電動式動力を使用したスケアリングマシンの騒音がある。

スケアリングマシンの主な道具は電動ジェットタガネ, 電動ディスクサンダー及び電動コンクリートハツリ機がある。作業では錆の薄いときと厚いときでは道具の発する騒音に若干の差があるが, 2 mm ぐらいの錆落とし作業では, 作業者の耳もとで, ジェットタガネでは114.7dB (A), ディスクサンダーでは100.9dB (A) である。錆の厚さが極端に厚いときはコンクリートハツリ機を使用する。コンクリートハツリ機の使用頻度は少ないが125.7dB (A) とかなり大きな騒音が発生し意外に高い騒音値であった。

次に甲板部乗組員の船体錆落とし作業中のスケアリングマシン3種類の使用騒音の周波数分析スペクトルをFig. 6 に実線で示した。

電動コンクリートハツリ機は, Fig. 6 より1000Hz, 2000

Hz, 4000Hz, 8000Hzで0.5時間曝露の許容値をはるかにこえており, ジェットタガネ, ディスクサンダーでも2000Hz, 4000Hzで0.5時間曝露の許容値を超えている。これらのことから, いずれのスケアリングマシンもイヤーマフ又は耳栓等の保護具なしでの長時間作業は危険であることを示している。

そこで保護具をつけた時の保護具の効果について, EMタイプのものから通常使用している耳栓EP - 1での遮音量で騒音曝露低減を検証した。

Fig. 6 の実線の作業員の発する騒音の周波数分析スペクトルから耳栓のJIS規格の遮音量を差し引いた保護具の周波数スペクトルを日本産業衛生学会の聴力保護のための許容基準曲線と重ね合わせてFig. 6 に点線の曲線で示した。まず耳栓を付けた時, 各周波数の音圧レベルを全部加えたdBの和, 即ち作業者の耳に直接感じる騒音レベルdB (A) は 100.4dB (A), 85.6dB (A) と81.2dB (A) となっている。ディスクサンダーは騒音計による騒音レベルも85dB (A) 以下で, 各周波数の分析音圧レベルdBも許容基準以下となっている。ジェットタガネは騒音レベルは85.6, dB (A) ではあるが各周波数の音圧レベルは許容値以下となり, ジェットタガネ, ディスクサンダー共に保護具を付けることにより, 各周波数毎の聴力保護のための許容曝露基準を下回って, 聴力保護の目的を果たし聴力障害に影響を殆ど与えないことが分かった。

しかし電動コンクリートハツリ機は日本産業衛生学会の0.5時間曝露の許容限度に 2000Hz, 4000Hzで越えており耳

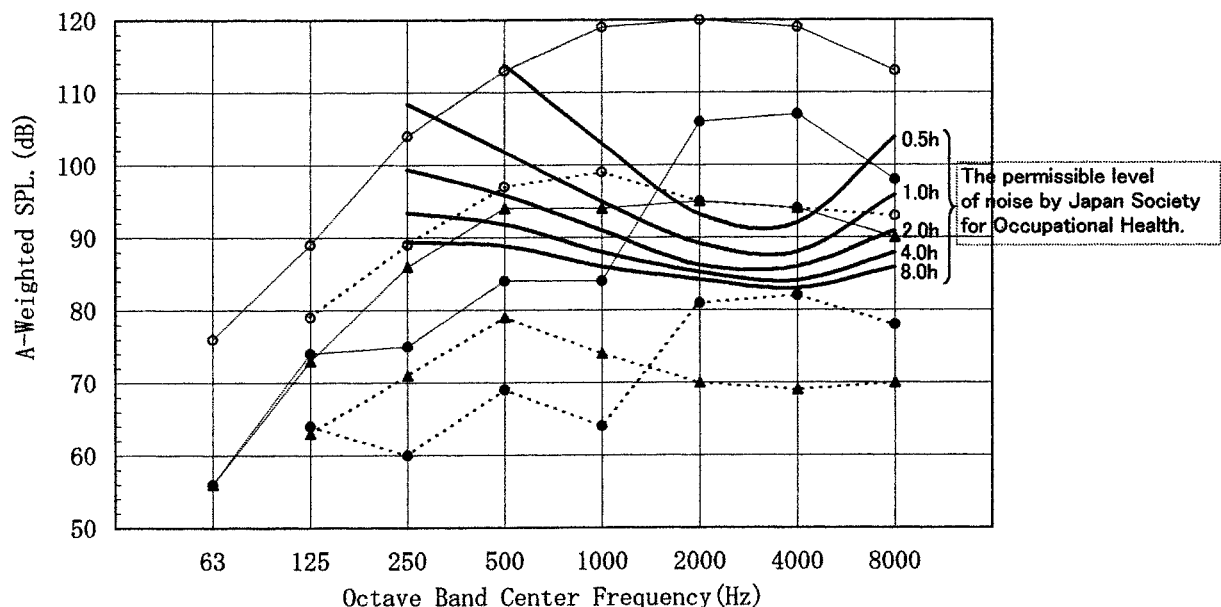


Fig. 6 The frequency analysis of the noise level in the scaling machine and the effect on the noise level by the protective equipment.

Electric concrete crusher.

Electric jet chisel.

Electric disk sander.

Effect on the noise level by the protective equipment.

栓では聴力保護が十分補償されず連続した作業には注意を要する事を示している。

IMO (国際海事機関) の騒音規制では110dB (A) 以上の騒音で、曝露時間が10分間以下に制限される場合にはイヤーマフ又は耳栓のみでよい。しかし110dB (A) から 120dB (A) ではイヤーマフと耳栓の両方を二重に使用することで許される時々の曝露であると勧告されている⁵⁾。

船体錆落とし作業の場合は連続した騒音曝露の中での作業ではないが作業時は保護具を着用し、さらに時々耳への休息を与えながらの作業が必要であると思われる。また実際使用されている市販の耳栓もイヤーマフと同様にJIS規格の遮音量より5~10dB性能がよく、検証結果より遮音効果は上がっていると思われる。また作業時、保護具を耳栓からイヤーマフに替えることで、更に検証結果より遮音効果は上がり聴力

保護に役立つと思われる。

甲板部乗組員の船体錆落とし作業もアルミニウム船になれば錆落とし作業がなくなりステアリングマシンから発する騒音による影響を受けなくなるのではないかとと思われる。

これらのことから甲板部乗組員の作業現場にも騒音性難聴の原因となる騒音環境があることが判った。また間欠的とはいえ慣習的にこのような騒音にさらされている場合には聴力障害の影響が考えられる。

5) 聴力線図による聴力低下の検証

機関部乗組員の内、5人の大学病院での聴力検査結果より、各人の聴力損失をTable 6に示し、経験年数別の聴力損失に基づく聴力線図 (オーディオグラム) をFig. 7に実線で示した。

また年齢的な老人性難聴と比較するために50才から59と60

Table 6. Hearing loss versus years of continuous employment.

	Years	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz
A ○	43	40dB	30dB	20dB	20dB	10dB	55dB	25dB
B ●	38	10dB	15dB	15dB	15dB	20dB	50dB	20dB
C ▲	31	10dB	10dB	10dB	10dB	15dB	45dB	35dB
D ▲	30	10dB	10dB	10dB	10dB	20dB	40dB	15dB
E ×	8	10dB	10dB	15dB	15dB	15dB	15dB	10dB

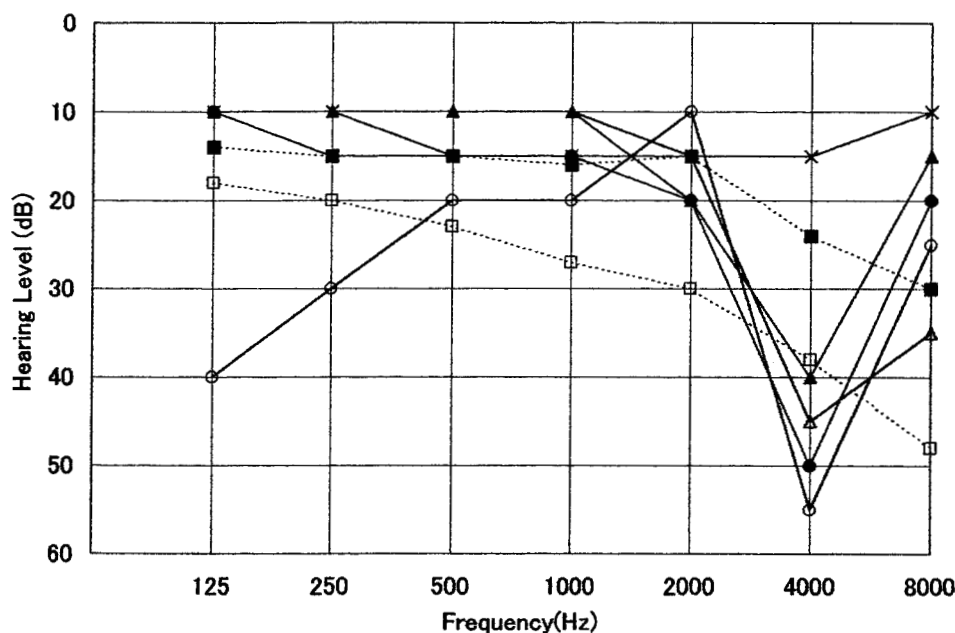


Fig. 7 The correlation between years of continuous employment and hearing (by audiometer)

- A. Years of continuous employment :43years.
- B. Years of continuous employment :38years.
- C. Years of continuous employment :31years.
- D. Years of continuous employment :30years.
- × E. Years of continuous employment : 8years.
- F. 50~59 years old.
- G. over 60 years old.

才以上の平均的聴力損失⁵⁾をFig. 7に点線の曲線で併せて示した。Fig. 7の縦軸は聴力損失を示し、騒音に曝露されたことのない事務系の正常者の平均最小可聴を0dBとし、被検査人の最小可聴値が正常者から何dB聴力が低下しているかを表している。わが国における臨床医では日常会話に重要とされる500Hz, 1000Hz, 2000Hz, の語音域の純音聴力損失の平均値が4分法による評価で15dB未満を正常耳としている^{5,7)}。またISO (国際標準化機構) や欧米でも3分法による評価で15dBを用いている^{5,7)}。

4分法, 3分法は次式による^{4,6)}。

$$4分法: (a + 2b + c) / 4$$

$$3分法: (a + b + c) / 3$$

a: 500Hz, b: 1000Hz, c: 2000Hzで表わされている。

Fig. 7より機関部乗組員Aは機関部の経験年数約42年, Bは約36年, Cは約30年, Dは約28年, Eは約8年である。いずれも大学病院の防音室を備えた耳鼻咽喉科でのオーディオメーターによる聴力検査の結果である。病院での気道聴力検査と骨導聴力検査の結果, 検査判定はA, B, C, Dの4者はD₂の両耳感音性難聴との判定であった。

(D₁: 正常者, D₂: 感音性難聴の疑い有り経過観察, D₃: 治療を要する)

データでは左右の耳に聴力の差が若干ある。この違いは騒音を発する作業具の持ち方, 習慣的な異常音の確認姿勢, 及び工具を使う作業姿勢に関係があることが多い。今回のデータは4000Hzでの聴力損失の大きい方の耳を採用した。5人の内, 経験年数の長いA, B, C, D, の4者は経験年数に応じて4000Hzを中心とする高音域で聴力の損失が大きく表れている。特にAは高音域だけでなく低音域でも聴力損失が表れている。4000Hzを中心とする大きな聴力損失は騒音性難聴の初期的兆候指標と呼ばれ騒音性難聴の典型でC⁵dip (谷) 型オーディオグラムと呼ばれている^{5,7)}。

(C⁵dipは音楽用語で中央八の音の5オクターブ上の音で, 4000Hzに相当する)。

特に4000Hzでの聴力損失の大きいAとB及びCは機関部の経験年数のうち, 本学の練習船での経験は28年, 残りは本学の練習船以外の機関部経験及び航空機など騒音下の整備作業期間である。特にAとBは本学練習船以外の経験期間では, 機関室には騒音からシールドされた制御室もなく, 聴力保護具など着用することを知らなかった裸耳での騒音曝露期間であった。機関室から離れても過給機の“キーン”という音が耳鳴りとして, 耳に残ることはCも同様日常的であり, これが異常とは思わなかった期間があった。これらの期間での障害がC⁵dipを深くしている要因かと思われる。

聴力損失の特徴として特に大切な500Hz, 1000Hz, 2000Hzの周波数の会話域での聴力損失の程度はAを除いた他の4者は15dB以下で正常であるように思われる。しかし高音域を中心とする4000Hzでの聴力損失はA, B, C, Dはそれぞれ55dB, 50dB, 45dB, 40dBと聴力損失が他の周波数より極端に大きく顕著である。さらに高音域の8000Hzでも4000Hzほどではないが, A, B及びCは会話域の500Hz, 1000Hz, 2000Hzの低音域と比較すると聴力の損失が大きく

表れている。

騒音性難聴はまず4000Hzあるいはその周辺の周波数に限った聴力低下が出現するが, その後騒音に曝露される期間が長くなるにつれて4000Hzよりも高い周波数に聴力損失が進行する。さらにこれが進むと中高音, 低音へと聴力損失が進展する⁵⁾。そこでC⁵dipの深いA, B, C, Dの4分法による500Hz, 1000Hz, 2000Hzの会話域の聴力損失の平均値を調べてみた。Aは17.5dB, Bは16.3dB, Cは11.3dB, 及びDは12.5dBであった。15dB未満を正常耳とみなして, AとBは3分法, 4分法による平均聴力損失がともに15dB以上である。CとDは15dB未満の正常の範囲内であった。CとDは会話に聞き取りにくさは感じていないということである。一方Bは若干聞き取りにくさを感じるということである。四分法による会話域での純音の平均聴力損失値は正常であっても, CとDのようにC⁵dipといわれる4000Hzでの高音域の聴力の落ち込みが顕著である場合は, 騒音性難聴の前ぶれとみてさしつかえないと言われている。騒音性難聴の兆候が出ると, 騒音の中での会話がし難くなると言われている^{6,7)}。

Aは音声は聞こえているが会話が正確に聴取しにくさを感じている。特に機関制御室の80.5dB (A) の騒音中の会話の聴取がし難く感じている。高度の感音性難聴の場合は, 骨を伝わって聞こえる伝音性難聴と違い, 音を適当に大きくすれば分かる言葉が逆に大き過ぎると明瞭度が悪化してくる。そのため補聴器の効果が余り望めなくなると言われている⁴⁾。

永久的聴力損失PTS (Permanent threshold shift) を起こすことのない騒音レベルの上限は85dB (A) とされている⁴⁾。検査では“ブーン”と言う低音, そして1000Hzは無線室の“トン・ツー・トンツー”の通信音, 4000Hzは“キーン”と言う機関室の特異な音, また8000Hzはさらに“キューン”と言う高音である。

そこで年齢的な老人性難聴と比較するため点線の曲線と比較してみると, 老人性難聴の場合は, 年齢の増加と共に高音域から聴力が次第に低下する。この現象は40才頃から始まる事が知られている⁵⁾。騒音性難聴による聴力低下の場合は4000Hzに限られ, 高音の8000Hzで回復するのが老人性難聴との違いである。しかし騒音性の難聴も騒音に曝露される期間がさらに長くなると高音の8000Hzや会話域の500~2000Hzまでおよび, 会話に不便を感じることを自覚するようになってくる言われている^{5,6)}。

次に比較的経験年数の浅い8年のEの聴力線図を見ると, Eはオーディオグラムからは騒音性難聴による聴力損失の徴候はまだ見受けられない。大学病院での判定もD₃の正常範囲であった。Eに関してはデータに少しは兆候が表れているのではないが関心があった。しかし聴力損失に変化がなく, 難聴問題の関心と習慣的な聴力保護具の着用が功を奏しているものと思われる。

永久的聴力損失 (PTS) は治療による治癒 (回復) は望めなく不可能である¹⁰⁾。

耳栓やイヤーマフでの聴力保護や作業環境の改善または騒音曝露の時間を極力短くするなどし, 耳への休息を与えるな

ど聴力保護に努めなければならない。

6) 14年前の聴力線図による検証

4000Hzで聴力損失の大きかった機関部乗組員4人の、保健管理センターによる聴力検診の始まった14年前の聴力損失をTable 7に示し、聴力損失にもとづくオーディオグラムをFig. 8に示した。

この時のA, B, C及びDの経験年数はそれぞれ約30年, 約24年, 約18年, 及び16年である。オーディオグラムではAとBはすでに14年前には騒音性難聴の兆候であるC⁵dipの様相を示し病院での判定もD₂両耳感音性難聴であった。しかしC, とDは当時は4000Hzの落ち込みが少なくD₃正常範囲の判定であった。

この年(1989年)の4000Hzでの聴力の損失はAは45dB, Bは40dBでCは25dB, Dは20dBである。これを現在(2003年)のオーディオグラムFig. 6と比較すると、聴力の損失は14年間でAとBが、さらに10dB進行しCとDも20dB進行して

いた。

14年前はCとDは極端なC⁵dipではないが、この期間までに騒音性難聴になる要素が蓄積され、経験年数の増加とともにC⁵dipも深くなってきたものと思われる。AとBも検診の始まった14年前は会話域の500Hz, 1000Hz, 2000Hzの聴力損失は殆ど検査の誤差範囲の正常範囲に近いものであった。しかしAは現在では低音域まで聴力の損失が進んでいる。これらはいわゆる騒音性難聴といわれ、騒音に慢性的に暴露されているうちに次第に進行してくる難聴である。本船の機関室の騒音は周波数分析によると、音圧レベルが一番高いのは1000Hz, 次いで2000Hzである。しかしC³dip, C⁴dip型にならずにC⁵dipになるのは何故か、またJIS規格の保護具の遮音量が他の周波数は約10~25dBなのに4000Hzが35dBと極端に多く遮音規定してあるのは何故かなど詳しいことは専門分野の判断に委ねたい。

Table 7. Hearing loss versus years of continuous employment.

	Years	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz
A ○	43		20dB	15dB	10dB	10dB	45dB	20dB
B ●	38		15dB	10dB	10dB	10dB	40dB	20dB
C △	31		10dB	5dB	5dB	5dB	25dB	5dB
D ▲	30		20dB	15dB	20dB	20dB	20dB	10dB

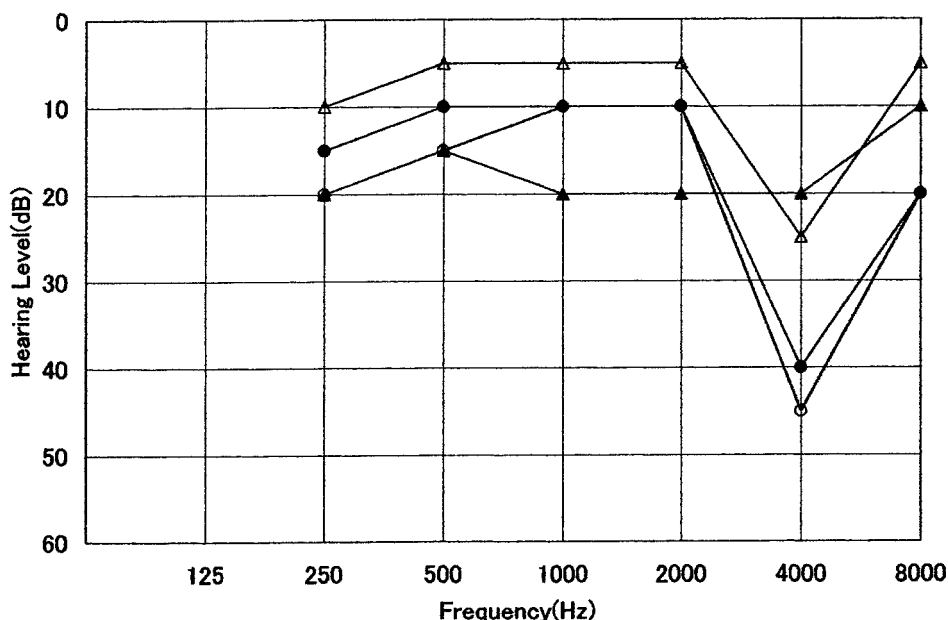


Fig. 8 The correlation between years of continuous employment and hearing (measured 14 years ago).

- A. Years of continuous employment :30years.
- B. Years of continuous employment :24years.
- B. Years of continuous employment :18years.
- B. Years of continuous employment :16years.

要 約

一般的に、船舶においては高い騒音に晒されるのは機関部の乗組員という概念があった。しかし実際には甲板上での日常的な生活や作業中にも機関部以外の人でもかなり騒音に晒されていることが明らかになった。

調査の結果、聴力障害に影響されると言われる85dB (A)以上の騒音箇所が多くあった。特に全速航走中の甲板上での作業やトルール操業実習中の作業は85dB (A)を越える騒音箇所が多くあった。また甲板部乗組員による船体錆落とし作業などスクエアリングマシンからの騒音も許容基準を越えていた。

スクエアリングマシンの道具のうち電動コンクリートハツリ機から発する騒音は、聴力保護具のイヤーマフだけでは十分補償されないことがわかりIMO (国際海事機関)の推奨する耳栓とイヤーマフを二重に装着しての作業が必要となることが分かった。

ジェットタガネとディスクサンダーからの騒音は聴力保護具を装着すれば許容基準以下になり聴力保護を出来ることも分かった。

本船の機関室では一番高い騒音レベルは主機のターボチャージャー辺りで120.5dBAとなり機関室平均では105.2dB (A)であり、過酷な騒音環境である。

機関室の騒音を周波数分析した、各周波数の音圧レベルからJIS規格のイヤーマフの遮音量を差し引いた音圧レベルは、ターボチャージャーの特異な一部の音を除けば巡視のための見回りで曝露される騒音は日本産業衛生学会の騒音曝露許容基準以下であった。イヤーマフを装着した時、人に感ずる騒音レベル即ち騒音計に表れるdBの和は85dB (A)を超えているが、周波数分析した各周波数の音圧レベルは許容値内にあり保護具を着用することで聴力保護出来ることが明らかになった。本船使用の市販の保護具は、データでは遮音量がJIS規格より大きいので検証結果より更に遮音効果が上がっているものと思われる。

機関部乗組員の聴力検査のオーディオグラムを機関部としての経験年数別に比較調査した結果、経験年数30年以上の人に騒音性難聴の初期の兆候と言われる4000Hzでの聴力損失の大きい、C⁵dip型感音性難聴が表れていた。また経験年数が多くなるほど聴力損失が大きくなりC⁵dipが深くなっていた。検診の始まった14年前と比較すると、当時すでに2人がD₂の両耳感音性難聴の診断であったが、現在は4人がD₂の両

耳感音性難聴になっていた。

経験年数8年の乗組員にはまだ聴力損失の兆候はみられなかった。騒音性難聴になれば治療によっても治癒することは出来ないことを念頭において、適度な耳への休息を与えることを心掛ける必要がある。

今回の調査を通じて船舶は比較的高い騒音に暴露される機会の多い職場環境であると再認識した。

謝 辞

今回の報告にあたり、乗組員の聴力検査のデータを快く提供していただき助言を頂いた長崎大学保健管理センターの石井教授に深謝します。

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, 96-120, (1999).
- 3) 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).
- 4) 山路光徹, 高木保昌, 野口英雄, 桐 博昭, 合田政次: 長崎丸の船内騒音について, 長崎大学水産学部研究報告, 82, 135-145, (2001).
- 5) 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).
- 6) 五十嵐一, 山下充康: 騒音工学, コロナ社, 1-226, (1988).
- 7) 第34回産業医学講習会編: V D T・騒音・腰痛の健康管理対策, 騒音障害対策のための健康管理, 2, 118, (2003).
- 8) 中野有朋: 船と騒音 (4), 船舶技術協会誌「船の科学」, 30, 103-109, (1976).
- 9) 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: 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).
- 10) 神田 寛: 機関室騒音と機関部乗組員の聴力障害, 日本船舶機関学会誌, 9, 1-58, (1974).