

## 鶴洋丸の機関制御室騒音低減対策について

荒木 猛<sup>\*1</sup>The Sound Reduction Work in Engine Control Room  
at Training Ship Kakuyo MaruTakeshi ARAKI <sup>\*1</sup>

Typical sources of noise are construction, the factory and machinery. Noise from these sources become problematic when it has detrimental effects the health of humans such as causing the defective hearing or lack of sleep. Therefore, Local Japanese government was set standards noise level, residential areas is protecting become the environments of good quality. Also, the ships were establish by agreement between vessel owners and Japanese seamen's unit about standards noise levels of each floor in ship.

I measured sound pressure levels in the engine control room of the training ship Kakuyo-maru with a frequency analyzer on October 1983. Results of the measurement revealed that a maximum sound pressure level was reached 80 dB, but this level was the accepted standard sound pressure level below for engine control room (85 dB), nonetheless interfered with vocal communications; it was difficult to hold a conversation with someone standing 1m away or to hear someone on the other end a telephone. Therefore, we proposed sound proof work of the engine control room with to reducing the objective sound pressure level (75 dB), and we were undertaken refit. What's more, sound pressure level was measurements on June 1992 to determine whether there would be any deterioration of insulator by elapsed of time. We can not found deterioration on June 1992.

Following results were obtained:

- 1) High surface density materials attached to the hull of ship are effective at reducing solid borne noise.
- 2) Multi glazed, double-layered windows with a dead space between separate panes were relatively effective at blocking noise.

**Key Words** : sound level meter ; 騒音計 defective hearing ; 難聴 insulator ; 防音材  
sound pressure level ; 音圧レベル

現在の船舶用ディーゼル機関は、高出力およびコンパクト化の傾向にある。この機関を船舶の推進機関や発電原動機関として搭載し、機関室で運転した場合に各部分で発生する騒音の音圧レベルと1/3オクターブ中心周波数について、福田は次のように報告している<sup>1)</sup>。(1)吸気、排気音の音圧レベルは100dB、中心周波数50Hzまた、シリンダーカバ内部とピストン頂部とで構成される燃焼室内で燃料が爆発的燃焼するときに発生する爆音は音圧レベル91dB、中心周波数は200Hzの低周波数域にある。そして、(2)シリンダーカバ上の動弁装置では、吸気弁と排気弁が開閉するときの衝撃音は91dBで500Hzの高い周波数で発生する。さらに、(3)機関の操縦ハンドル近くでギヤー連結にて設けられる機関付き補助ポンプ

が駆動されると90dBの大きな音圧レベルで中心周波数1500 Hzの高周波数域の歯車回転音を発生する。そして、上記発生音に排気過給機とプロペラ羽根の回転音が加わる。このように、機関室で発生する音は複雑で高く、その周波数も低周波域から高周波域まで広範囲にわたる。通常、機関室出入り口扉は閉鎖されていることが多く、機関室は密閉された区画である。したがって、航海中に機関室で発生する音の大きさは、機関室内で1m離れると通常の会話が困難になるほどである。この音は、乗組員にとって騒音となる。

機関室より各階の居住区へ伝播した騒音は、人体にいろいろな障害を及ぼす。その中で最も問題とされるのは睡眠の妨害になること、そして消化器官や循環器官などにも影響を及

\*1 長崎大学水産学部練習船鶴洋丸

The Faculty of Fisheries, Nagasaki University T/S Kakuyo Maru

ばす。また、注意力散漫となり作業能率の低下をきたす。さらに、長時間騒音にさらされると騒音性難聴といわれる永久性難聴(PTS)を引き起こす<sup>2)</sup>。したがって、機関室の騒音を計測する目的は、職場内での音圧レベルを知ることにより人体に及ぼす障害を軽減するための防音対策を施して居住区環境を改善することにある。この騒音問題を解決するために、エンジンメーカーは機関で騒音を発生する部分を覆う技法による低騒音形機関を出現させた。さらに、振動騒音の低減ために、機関と機関台との間に弾性ゴムの挿入を推奨している。船の建造時には機関室内の音圧レベルを予測し、大型船舶では、船の建造時に機関監視室や制御室を設け騒音の激しい機関室への入室回数を減少させている。一方、小型船舶においては機関室面積が狭小なため、これらの部屋を設けることができず、騒音問題の解決が困難な状況にある。

長崎大学水産学部附属練習船鶴洋丸では、機関制御室の防音強化のために1983年9月、1985年2月および8月の三期にわたって減音工事を実施して、騒音低減対策を行った。

本報告では、減音工事の概要と工事前後の音圧レベルを計測し、その結果より騒音低減工事の効果を検討し、さらに防音材料の経年劣化を調査したので報告する。

## 資料と計測方法

### 1) 鶴洋丸の概要

鶴洋丸は、1975年7月に就航した長崎大学水産学部附属練習船であり、米国式巻網操業実習と航海術および海洋調査を行っている。本船の主要目は、Table 1のとおりである。

また、一般配置をFig. 1に示した。本船の主な居住区画は、上甲板に士官居住区、主席研究員室およびサロン、第二甲板に、部員居住区および研究員室、第三甲板に、学生居住区および機関制御室(以下CR)が配置され、ポートデッキに船橋と無線室が配置されている。騒音の音源である機関室(以下ER)は、第三甲板内に配置されている。また、学生室はERとの中間に設けられた昇降階段で隔てられている。さらに、上甲板に第一研究室と士官浴室および便所があり、第二甲板には第二研究室、食堂と操舵機室そして便所が配置されている。第二甲板居住区の左舷側後部2部屋は、CRより3m高い真上にある。そして、最前部の部屋はER中央より24m離れている。また、上甲板居住区は第三甲板より6m高い位置にあり、この階の最前部に当たるサロンはER中央より26m離れている。

Table 1. Principal particulars of Kakyuyo-Maru Nagasaki University

<b>Hull</b>	
Length registered	59.51 m
Length between perpendiculars	58.00 m
Breadth	11.85 m
Depth	7.60 m
Designed load draft(mould)	4.60 m
Gross tonnage	1044.38 tons
Trial maximum speed	16.02 knots
Sea speed	14.00 knots
<b>Main engine</b>	
Type	DAIHATSU 8DSM-32 4cycle diesel engine
Number of cylinder	8 cylinder
Maximum continuous horse power	2800ps × 600/265rpm
Service horse power	2380ps × 600/265rpm
Type of super charger	IHI VTR-400
<b>Propeller</b>	
Type	KAMOME variable pitch propeller CPC-80F
Diameter	2800 mm
Number of blade	3 piece
<b>Dynamo engine</b>	
Type	YANMAR DIESEL 6MAL-HTS 4cycle diesel engine
Maximum continuous horse power	530ps × 900rpm 2 set
<b>Fishing equipment</b>	
Purse seine fishery system	1 set
Hydraulic power	12.5 ton × 27.5 m/min
<b>Refrigerating equipment</b>	
	MAEKAWA R-22 2 set
<b>Engine room ventilator fan</b>	
	550m <sup>3</sup> /min × 30mmaq × 1165rpm
	400m <sup>3</sup> /min × 30mmaq × 1145rpm

一般に音は、空気中に吸収され減音されるし、この減音量は音源より離れるほど大きくなる。さらに、扉や壁などの遮蔽物があると減音される<sup>3)</sup>。ここに空气中を伝わる音の速さ(C)は、計測場所の空気温度をt(°C)とすると、次式であらわされる<sup>4)</sup>。

$$C = 331.5 + 0.61 \times t \text{ (m/s)} \dots\dots\dots (1)$$

本船のERの空気温度は、33°C~42°Cの範囲内にあるから平均温度は37.5°Cである。いま、(1)式を使用して37.5°CのときのER内の音の速さは354.38m/sと求められる。したがって、ER内で発生した大きな音は、一瞬にして本船の船首および船尾へと届く。

2) 機関の運転仕様

ERで発生する騒音の音圧レベルの大きさは、通常航海、操業実習中および漂流中そして、岸壁係留中によって稼動する機関と機器の種類、数量に違いがあるためにそれぞれ異なる。通常航海中の音源は、主機関と発電原動機関1基の運転に加えて回転数255~260rpmで回るプロペラ軸の回転音、燃料および潤滑油の前処理装置並びに、補助ポンプの運転音が主成分となる。操業実習中は、投網終了後主機関を停止するので音源は、発電原動機関2基と冷凍装置および漁労油圧装置、さらに補助ポンプと潤滑油前処理装置である。漂流中は、発電原動機関1基と補助ポンプが音源である。ただし、冷凍

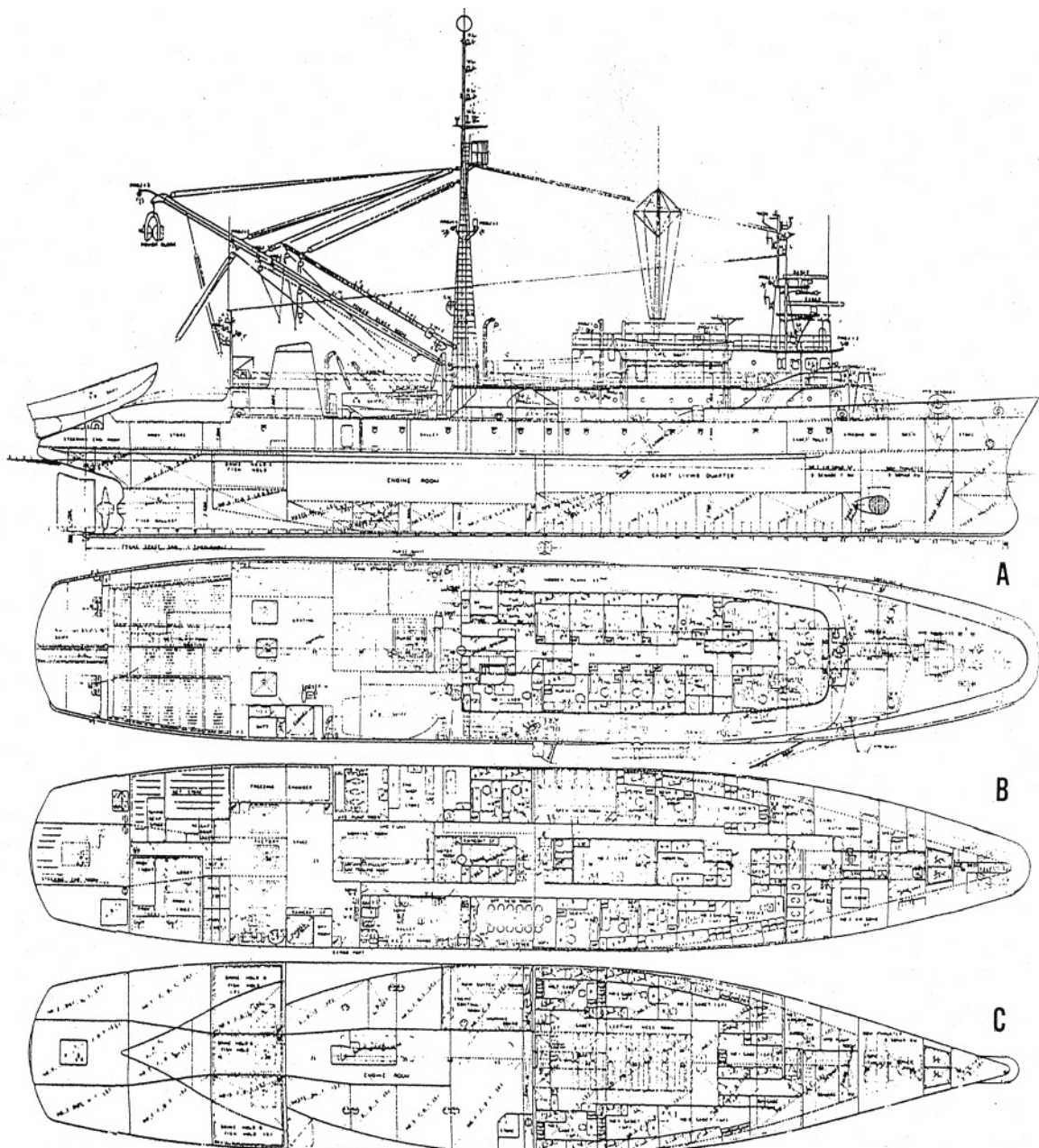


Fig. 1. General arrangement of the training ship "Kakuyo-Maru" of Nagasaki University.  
 Symbols : A is upper deck floor, B : second deck floor, C : third deck floor.

装置が運転されると、発電原動機関は2基の並列運転に変わる。そして岸壁係留中の音源は、発電原動機関1基と補助ポンプの運転となり騒音の音圧レベルは小さくなる。

3) 計測方法

計測に、使用した測定機材の仕様は次の通りである。

精密騒音計 (リオン株式会社)

TYPE NA-60

1/3オクターブ周波数分析計 (リオン株式会社)

TYPE SA-59A

第一回目計測は、精密騒音計(以下NA-60)のみ使用して計測を行った。第二回目は、NA-60による計測とNA-6

0と1/3オクターブ周波数分析計を電氣的に接続して、騒音計を介した周波数ごとの平均音圧レベルを分析した。第三回目以降の計測では、NA-60を介した周波数ごとの平均音圧レベルを分析した。計測点はERとCRの2点とし、NA-60の位置は、ERでは主機関操縦ハンドルより1.5m船首側に離れて、NO1,2発電原動機からは左舷側に2m離れて交わる床上50cmの位置で計測した。そしてCR内の計測は、入り口扉から1.5m離れた床上50cmの位置で行った。なお音圧レベルは、A特性で測定し表記をdBで示した。

第一回目の計測は、減音工事前の1977年10月実習航海中、主機関回転数565rpm、プロペラ軸回転数250rpmそして、

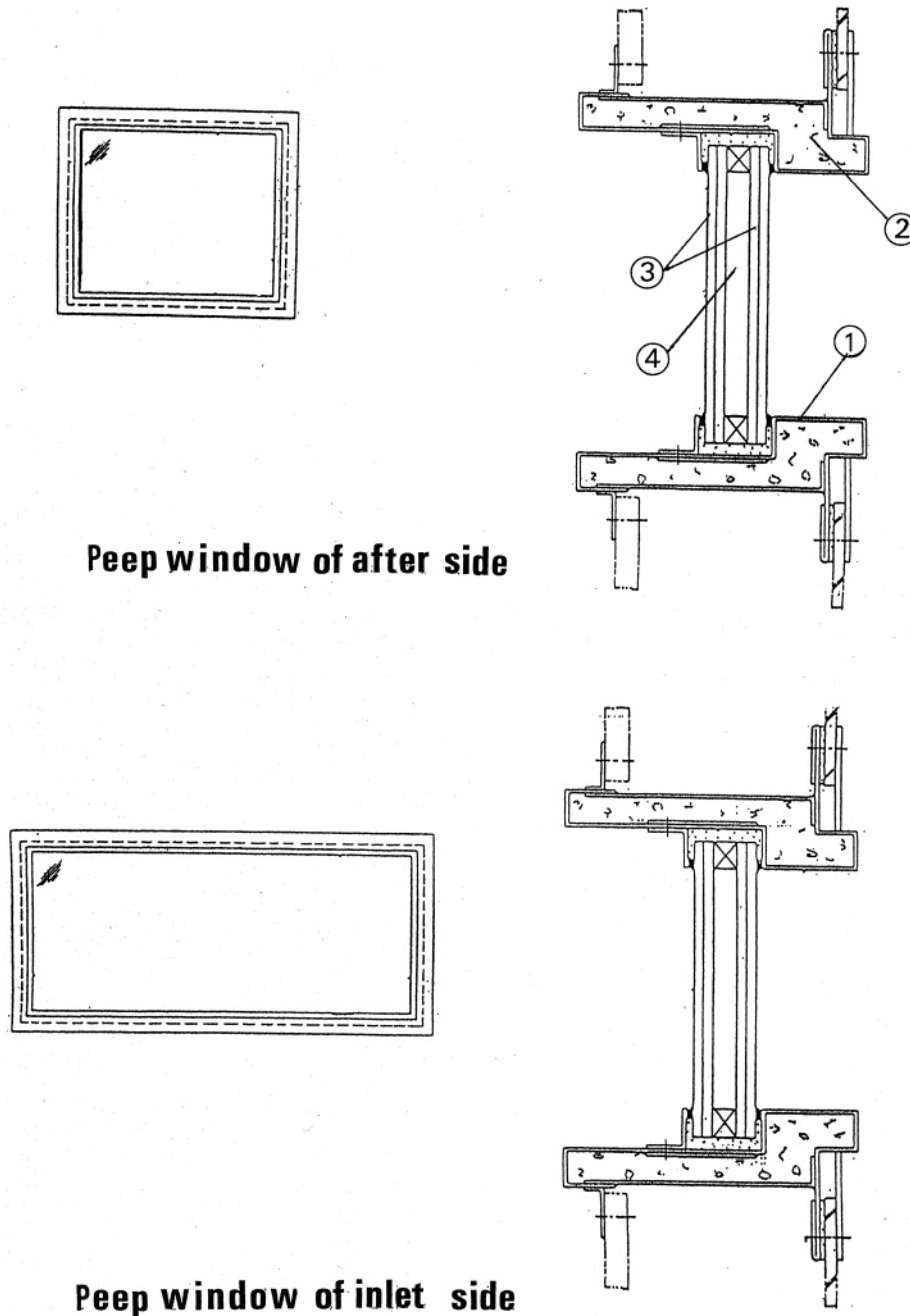


Fig. 2. Constitution plan of peep window with sound proof glass. Materials : ① : is aluminum, ② : rock wool of insulator, ③ : double glass of thickness 6 mm and ④ : dry air.

NO2 発電原動機を運転している通常航海中と漁場にて漂泊中の ER と CR の音圧レベルを計測した。第二回目の計測は、本船建造から8年経過した、1983年10月 CR に使用された防音材料の、遮音性能の劣化を検討するために行った。このときの、主機関運転諸元は主機関回転数575rpm、プロペラ回転数254.4rpmそしてプロペラピッチ16.9° に設定して、NO2 発電原動機を運転していた。音圧レベルを、ER 側から CR 入り口扉が取り付けられている壁、船首方向に位置する壁および船尾方向に位置する壁を計測し、CR 内では部屋を形成する4面の壁と床面そして、天井内張り面を10cm離れた位置で計測した。第三回目の計測は、1983年11月に本船の運航状態が魚群探索中、操業中および漂泊中に ER と CR の騒音を計測し、分析を行った。このときの、機関の運転諸元は魚群探索中が主機関回転数562rpm、プロペラ回転数250rpmそして、NO2 発電原動機と機関通風機を三台運転している状態である。操業中は主機関を停止し、魚槽を冷却するために NO1 冷凍機を運転し、揚網するために漁労油圧ウインチも稼動する。したがって、発電原動機は並列運転状態となる。また、漂泊中も主機関を停止し、単独運転状態の発電原動機で冷凍機を運転している。そして、三台の機関通風機は運転している状態である。

#### 4) 減音工事の計画

本船は、1983年9月入渠工事内容に機関室出入口および制御室出入口扉を取り替える工事項目において、制御室出入口扉は外枠を内部にロックウールを充填したアルミニウムで作り、そして窓ガラスは複層ガラスを使用した防音扉に換装した。この、工事後の CR 内騒音計測値は第一回目の計測値よりも僅かに高くなっていった。これは、改造した防音扉の遮音効果よりも CR 入り口側壁と船尾側壁の二重壁に設けられている、視窓のガラスが一重であるために ER からの音の透過量が大きいこと。さらに、CR は ER と同じフレーム上に配置されているので、CR 床面に発生する固体伝播音の音圧レベルも大きいことが原因である。したがって、本船での実習航海中、CR 内の1000Hz付近の音圧レベル値を低下させる工事を計画し、A社へ CR 内の減音工事を依頼した。

#### 5) 工事の施工

A社は、1983年に計測した第三回目のデータから、航海中 CR 内の1/3オクターブバンドの音圧レベル総和を常用対数式にて計算し、CR の音圧レベル目標値を75dBと求めた。

この目標値達成の工事内容は、船体フレームの固有振動数を変更して CR 内への固体伝播音を小さくするために、CR 床下の空隙箇所に厚み50mm、重量2500kgのモルタルセメントを敷き詰めた。また、CR 入り口側と船尾側に開口している視窓に複層ガラスを2組使用し、中間に空気層を設けて、ガラスで空気層を閉じ込めた防音窓に改造した。Fig. 2は改造した視窓の構造図を示す。

改造した視窓の枠材料は、アルミニウムで製作し内部にロックウールを充填した。そしてガラス部分は、厚み3mmのガラスを複層として2組使用し、中間に12mmの空気層を設けた構造である。さらに、CR の二重壁内のロックウールを取替えて、電気配線のために開口されていた主配電盤頂部に50mmロックウールを充填した6mmアスベストボードと2.7mmのプレウッド内装材を使用した二重壁にて閉鎖した。

## 結 果

Table 2は、第一回目計測と第二回目計測の NA-60による計測値を示した。その計測値は、通常航海中の ER で97dB、一方、CR 内では76dBまた、漂泊中は91dB、と68dBであった。そして、Table 3は第二回目計測時の1/3オクターブ中心周波数の音圧レベルを分析した値を示した。この表の、100Hzから急激に上昇し1000Hzで108dBの最高値を示して、この中心周波数から高周波域に移るにつれ低下していく。しかし500Hzから4000Hzまでの音圧レベルは100dBを超える高い値を示している。

第三回目の計測は、異なった運転状態の ER と CR の騒音を計測して Table 4 に示し、分析結果を Fig. 3 に示した。

Fig. 3の縦軸は、音圧レベルの値(dB)を示し、横軸は、1/3オクターブバンドの中心周波数(Hz)を示した。そして、各周波数で分析した音圧レベルをプロットしたものである。航海中に計測した音圧レベルは◆印で示し、操業中を●印そして、漂泊中は▲印で示した図である。ER の音圧レベルは、100Hzから500Hzまで航海、操業および漂泊中いずれも中心周波数に対して急激な上昇を示している。これは、航海、操業および漂泊中に運転される発電原動機が担う負荷が岸壁に係留中より大きいために音圧レベルも高いことを意味する。一方、CR の音圧レベルの高さは、航海および操業中の500

Table 2. Results obtained as sound pressure level at first and second measurement (A weight SPL)

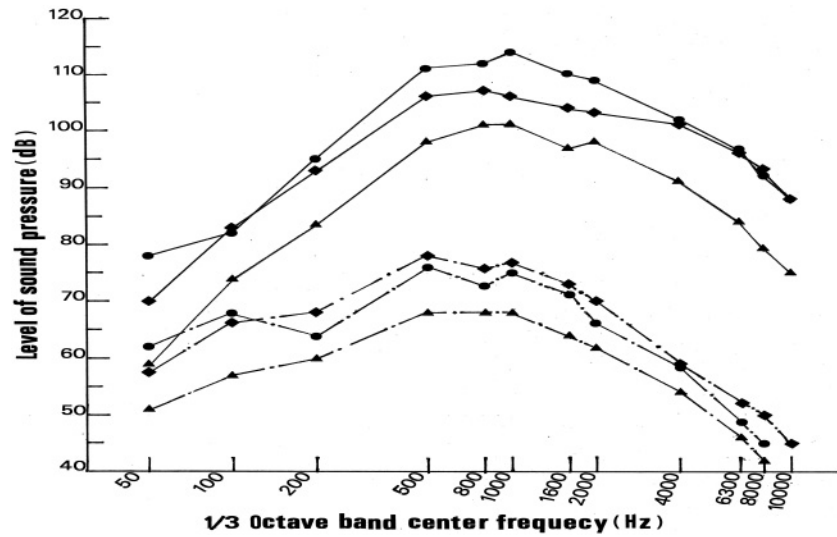
Frequency	Measurement place	Sound pressure level (dB)					
		inlet side	wall fore	side wall	after side wall	floor	ceiling
first measurement	engine room	97	—	—	103	—	—
	control room	76	76	79	—	—	—
second measurement	engine room	105	101	104	—	—	—
	control room	77	76	79	78	77	—

Table 3. The analysis value of sound pressure level on 1/3 octave band center frequency (A weight SPL)

Sound pressure level (dB)	Center frequency (Hz)											
	50	100	200	500	800	1000	1600	2000	4000	6300	8000	10000
engine room	74	80	94	105	106	108	104	102	101	93	90	85
control room	60	67	70	81	80	80	74	70	59	52	48	43

**Table 4.** The analysis value of sound pressure level on 1/3 octave band center frequency (A weight SPL) at under way, training of fishery and drifting.

Ply condition	Sound pressure level ( dB )	Center frequency ( Hz )											
		50	100	200	500	800	1000	1600	2000	4000	6300	8000	10000
Under way	Engine room	70	83	93	106	107	106	104	103	101	96	93	88
	Control room	58	66	68	78	76	77	73	70	59	52	50	45
Training of fishery	Engine room	78	82	95	111	112	114	110	109	102	97	92	88
	Control room	62	68	64	76	73	75	71	66	58	49	45	38
Drifting	Engine room	59	74	84	98	101	101	97	98	91	84	79	75
	Control room	51	57	60	68	68	68	64	62	54	46	42	37

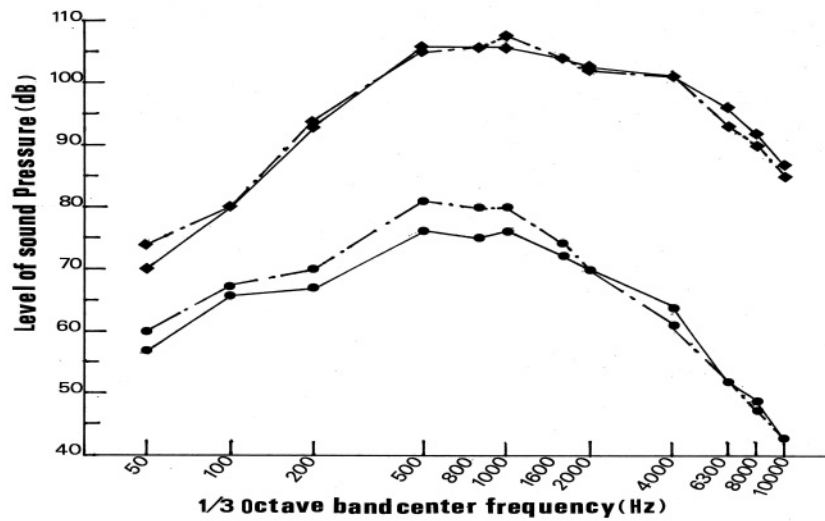


**Fig. 3.** Average sound pressure level in engine room and engine control room at each ply condition as the third measurement.

Symbols : ◆ is average sound level in engine room as under way, ●: training of fishery and ▲: drifting.

**Table 5.** The analysis value of sound pressure level on 1/3 octave band center frequency (A weight SPL)

Sound pressure level ( dB )	Center frequency ( Hz )											
	50	100	200	500	800	1000	1600	2000	4000	6300	8000	10000
engine room	70	80	93	106	106	106	104	103	101	96	92	87
control room	57	66	67	76	75	76	72	70	61	52	49	43



**Fig. 4.** Comparison of average sound pressure level( A weight SPL) in engine room and engine control room before sound proof work and after sound proof work.

Symbols : ◆—◆ is A weight SPL in engine room after sound proof work, ◆---◆: A weight SPL before sound proof work, ●—●: A weight SPL in engine control room after sound proof work and ●---●: A weight SPL in engine control room before sound proof work.

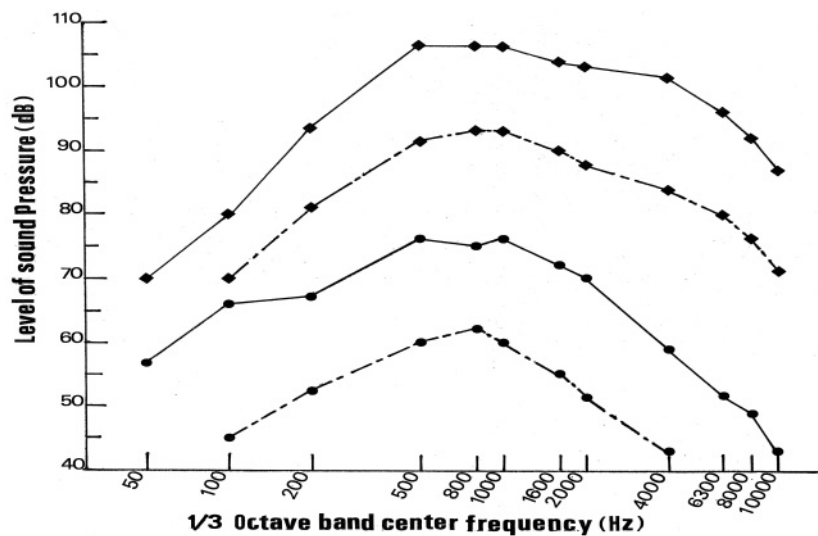


Fig. 5. Comparison of average sound pressure level (A weight SPL) in engine room and engine control room as 1985 measurement and 1992 measurement.

Symbols : ◆—◆ is A weight SPL in engine room as 1985 measurement, ◆---◆: A weight SPL as 1992 measurement, ●—●: A weight SPL in engine as 1992 measurement and ●---●: A weight SPL in engine control room before sound proof work.

Hzで最大値の78dB, 76dBが指示され, 1000Hzでは77dBと75dBの音圧レベルを示している。

さらに, 減音工事を行った後のCR内騒音の変化を知るために, 1985年10月の実習航海中, 運転緒元が減音工事前とほぼ同様な日に音圧レベルを計測し1/3オクターブバンド周波数分析を行った。Table 5は, 音圧レベルの計測値を示し, またFig. 4は減音工事前と工事後のERとCR内音圧レベルをプロットして比較した図である。工事前の音圧レベルは, Table 3を使用した。

この図に使用した◆印の一点破線は, 工事前のER音圧レベル, そして◆印実線は, 工事完了後のER音圧レベルを示す。また●印の一点破線は, 工事前の音圧レベルを示して, ●印の実線は, 工事完了後のCR音圧レベルを示した。

減音対策を行った場合の音圧レベルの減音量(以下Att)は, 工事前の音圧レベルをSPL', 工事後の音圧レベルSPLと定めると次式で表される<sup>5)</sup>。

$$Att = SPL' - SPL (dB) \dots\dots\dots (2)$$

(2)を使用して, 工事後のCR内の中心周波数100, 200, 500, 1000, 2000Hzおよび, 4000Hzで音圧レベルのAttを求めると, 1dB, 3dB, 5dB, 4dB, 0dBおよび-2dBであった。これは, 2000Hzでの音圧レベルが分岐点となりこの周波数以上では減音とならない。この解答はまだ得られていない。

減音工事後の音圧レベルは, 800Hzで75dBと目標値に減音されたが, この前後の周波数域ではやや高かった。しかし, この音圧レベルでも通常会話は困難で電話の声が聞き取りにくい。一方, ERの工事前と工事完了後の音圧レベルは中心周波数50Hzで工事完了後, 4dB低い値を計測しているがほかの中心周波数では, 僅かな変動はあるけれども近似している。

また, この減音工事に使用した防音材料の経年劣化を, 調べるためにAttを使用した。Table 5の, 音圧レベル値と1992年6月南西諸島調査航海中に, 音圧レベルを計測し分析を行った各中心周波数の計測値をプロットしてFig. 5に示した。図に示す実線で結ばれる◆印と●は, Table 5の音圧レベル値そして, 一点破線で結ばれる◆印と●は, 1992年6月に計測したERとCRの音圧レベル値を示した。中心周波数800HzのERとCR間のAttは, 共に31dBであり, 1000Hzでは30dBと33dBが求められる。

考 察

Table 2内の第一回目と第二回目の計測値は, 通常航海中のERで97dB, 103dB, そして101dB, 104dB, 105dBであった。この計測した音圧レベル値の中で航海中, 漂泊中のERのそれは日本産業衛生協会が聴力保護のために規制する, 中心周波数1000Hzでの音圧レベル値(88dB), この環境の中で許される連続暴露時間(4時間)とされる騒音許容値<sup>6)</sup>を超えている。一方, CR内では76dB, 79dBそして, 76dB, 77dB, 78dBおよび79dBであった。計測値が床面と船尾側の壁で78dB, 79dBと他の計測点より僅かに高いけれどもほぼ同じ音圧レベルであると考えられる。CRの騒音規制値については, 船主団体と全日本海員組合とで目標値を20,000頓以上の船舶は75dB, 他の船舶では85dBと申し合わせている<sup>7)</sup>。したがって, 本船CRの音圧レベル値はこの目標値をクリアしている。

Table 3の, 中心周波数1000HzでERの音圧レベルは108dBである。この騒音は, 日本産業衛生協会の許容基準によると, 1日の作業時間は30分以内であるとしている。一方, CR内の同じ音圧レベルの中心周波数80dBは, 1日8時間の

連続作業が許可される音圧レベルの高さである。これについては、ISO(International Organization for Standardization)の technical report 3352内で音声妨害レベルが定義されている<sup>9)</sup>。この定義では、音圧レベル70dBの環境内でやや大きな声の到達距離は0.26mと定めている。しかし、この音圧レベルはCR 内で、1 m以上離れるとやや大きな声での通常会話も聞き取りにくい状態にある。

ここで、防音材の経年劣化を遮音効果にて検討してみる。Table 3 に示した中心周波数500, 800, 1000HzのCR 音圧レベルが81, 80dBと計測されたけれども、Table 4 に示す航海中の同じ中心周波数では78, 76, 77dBと計測された。したがって、中心周波数500, 800, 1000HzのER とCR とのAttは、Table 3 では、24, 26, 28dB, Table 4 のそれは、28, 31, 29dB と求められる。これは、第一回目の騒音計測を航海中に行った計測値からの21dB, 24dBより大きい。すなわち、1983年の騒音計測時は、防音材の遮音効果は保たれていて、経年劣化は考えられない。しかし、1992年6月の計測時にはAttが僅かながら大きく求められ、遮音効果が上がったように思われる。これは、主機関の回転数565rpm, プロペラ回転数265rpmと運転緒元が異なっていたからだと思われ、防音材の経年劣化は進行していないと考えられる。

鶴洋丸のCRの減音工事を立案し、実施するにあたり事前に音源側と受音側の騒音計測を行なうことにより、音圧レベルを知ることができた。そして、知りえた音圧レベルから減音量を計算して目標とする音圧レベル値を決定した。また工事内容は、減音量に合った方法を選択して減音工事を実施した。このような、工程を経た結果CRの音圧レベル値を目標とする75dBに減音することができた。したがって、実施した工事は有効であり、その内容も適切であったと思われる。しかし、ER内の音圧レベル値は周波数1000Hzで105dBの最高値に達する。また、永久的聴力損失の特徴とされる周波数2000Hzから4000Hzまでの音圧レベルも102~92dBと高い職場環境にある。したがって、機関部職員の聴覚保護のためにER内での連続騒音暴露中は、イヤーマフ着用を義務づけているけれども、騒音暴露時間の加算時間が長期になると永久的聴力損失を引き起こすといわれている<sup>9)</sup>。

新しく建造される船舶に搭載されるディーゼル機関は、低騒音形ディーゼル機関を採用し、さらに機関が運転されることで生じる振動を減少させるために、機関据え付け台と機関との間に弾性ゴムを使用する必要がある。これは、船内居住

環境の騒音問題解決にもつながる。また、狭小な面積であっても十分な防音対策を施した機関制御室か操縦室を設けることは、機関部職員の永久的聴力損失を患う時期を遅らせることになるかと考える。

今回の減音工事から、次のようなことが判った。

1. 固体伝播音を減少させるには、十分な空気層ばかりでなくコンクリートなどの面密度(kg/m<sup>2</sup>)の大きい材料を船体に貼り付けることが必要である。
2. 空気層を中間に設けた複層ガラス窓は、遮音効果が大きい。
3. 船舶の甲板機器装置の原動力に油圧ポンプを採用すると高い音圧レベルの騒音を発生させる。そして、騒音の大きさはポンプの容量に比例して大きくなる。

## 謝 辞

本報告を草するにあたりご指導いただいた本学部教授和田政次博士に厚く御礼申し上げます。ならびに、騒音計測に終始御協力をいただいた鶴洋丸機関部の各位に深謝いたします。

## 文 献

- 1) 福田基一：騒音防止工学，日刊工業新聞社，東京，216，(1976).
- 2) (社)日本計量振興協会：改訂 騒音と振動の計測，コロナ社，東京，64—65，(2003).
- 3) (社)日本計量振興協会：改訂 騒音と振動の計測，コロナ社，東京，25，158，(2003).
- 4) (社)日本計量振興協会：改訂 騒音と振動の計測，コロナ社，東京，23，(2003).
- 5) 福田基一：騒音防止工学，日刊工業新聞社，東京，164，(1976).
- 6) 福田基一：騒音防止工学，日刊工業新聞社，東京，3，(1976).
- 7) 関西造船協会：造船設計便覧第三版，海文堂，東京，826，(1981).
- 8) 社 日本計量振興協会：改訂 騒音と振動の計測，コロナ社，東京，69—70，(2003).
- 9) 福田基一：騒音防止工学，日刊工業新聞社，東京，2，(1976).