

Fig. 32 b Dynamical Moment

して軸は保持されている。また中間軸の一部には回転数を取り出す歯車がついているが、これもグリース等粘性の高い油膜を介してかみ合っているので、これもほとんど金属接触していないと考えられる。そこで、プロペラ及び軸と船体間に発生する電位差により生ずる電食を防止するために、軸に接地地金具を付けてア

ースしたり、逆に外部電源方式により、そこから電位を与える方法が多くの船で採用されている。

プロペラ駆動軸の回転が低下していくと最初に油膜破断を起こすのは船尾管軸受と考えられる。そこで本船は外部電源方式を採っているので、これを切り、その接地金具に計測用ブラッシュを取り付けて軸に電位を

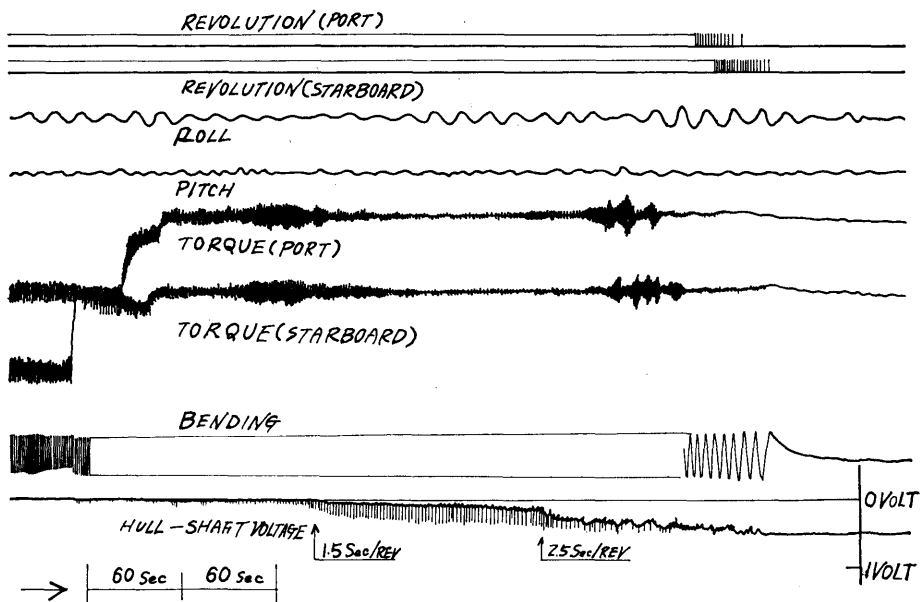


Fig. 33 Shaft-Bearing Insulation

与え船体（軸受）との回路を作り電位変化を計測した。計測は軸回転数約 75 rpm より主機関を停止させ、軸を遊転させて軸が停止するまでの間で行われた。Fig. 33 に計測結果を示す。右舷軸についてみると、1.5 sec/rev. より僅か導通が起き始め、2.5 sec/rev. (24 rpm) を境に電位が大きくなっている。軸回転数 24 rpm 以下においては油膜破断による金属接触が生じていると考えられる。なお左舷軸については高回転時より導通があり油膜破断による電位変化を計測できなかった。導通の原因としては、計測の数日前に発生した左舷軸の回転計の故障に伴う歯車伝達関係の点検作業においてグリースを除くなどの導通になり易い条件が加えられたことがあげられるが定かでない。

4.6 軸の振り振動成分

軸系の振り振動については、その固有振動数、共振点及び付加応力の大きさなどが相当高い精度で計算されている。従って、常用回転数及び港内操船時の回転数などは共振点を十分に避けた設計となっている。

本船主機の軸系振り振動推定付加応力線図は Fig. 34 のようになっている。これによると 83 rpm 付近に 2 節 9 次の共振点があり、81 rpm~91 rpm での連続使用が禁止されている。21 次航において連続使用された主機関の回転数は 50 rpm, 76 rpm, 99 rpm, 及び 110 rpm であり、航行時の多くは 1/2 出力の 99 rpm であった。軸系に振り振動が生じている場合は、中間軸で

計測しているトルク波形に入ってくる。そこでトルク計測値について周波数分析を試みた。その結果を以下に示す。Figs. 35 a, 35 b は回転数 98.5 rpm の結果である。この回転数付近には、2 節 8 次及び 9 次の振り振動の共振点があるためこの成分が出ている。しかし、その値は 2 節 8 次で 0.32~0.36 Kg/mm<sup>2</sup>, 9 次で 0.15~0.17 Kg/mm<sup>2</sup> である。Figs. 36 a, 36 b 及び Figs. 37 a, 37 b は軸回転数 76 rpm 及び 117.5 rpm の計測結果である。76 rpm においては 1 節 3 次及び 2 節 9 次の成分が出ている、右舷軸の 1 節 3 次の値は 0.5 Kg/mm<sup>2</sup> となる。なお、航行時機関等から伝ってくる居室付近における振動状態は、軸回転数 110~117 rpm での運航時よりも軸回数 98.5 rpm 運行時の方が幾分強いように感じられた。

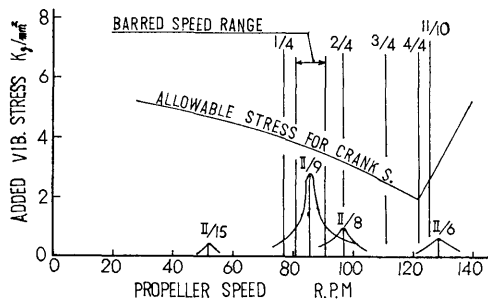


Fig. 34 Torsional Vibration of Engine Shafting

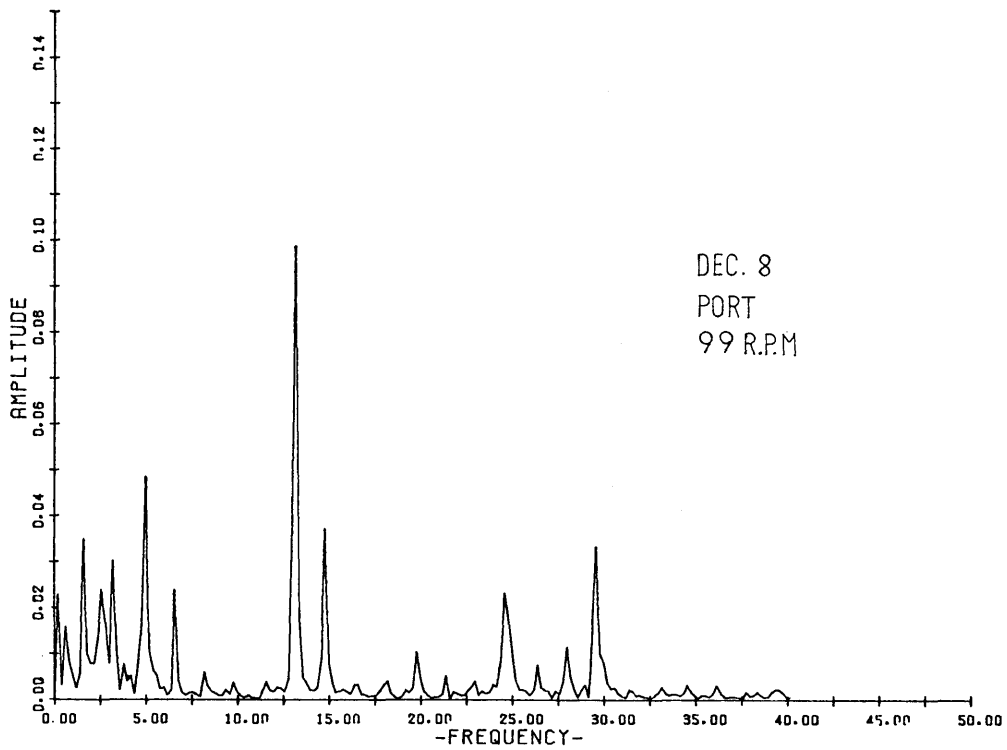


Fig. 35 a Distribution of Torque Frequency

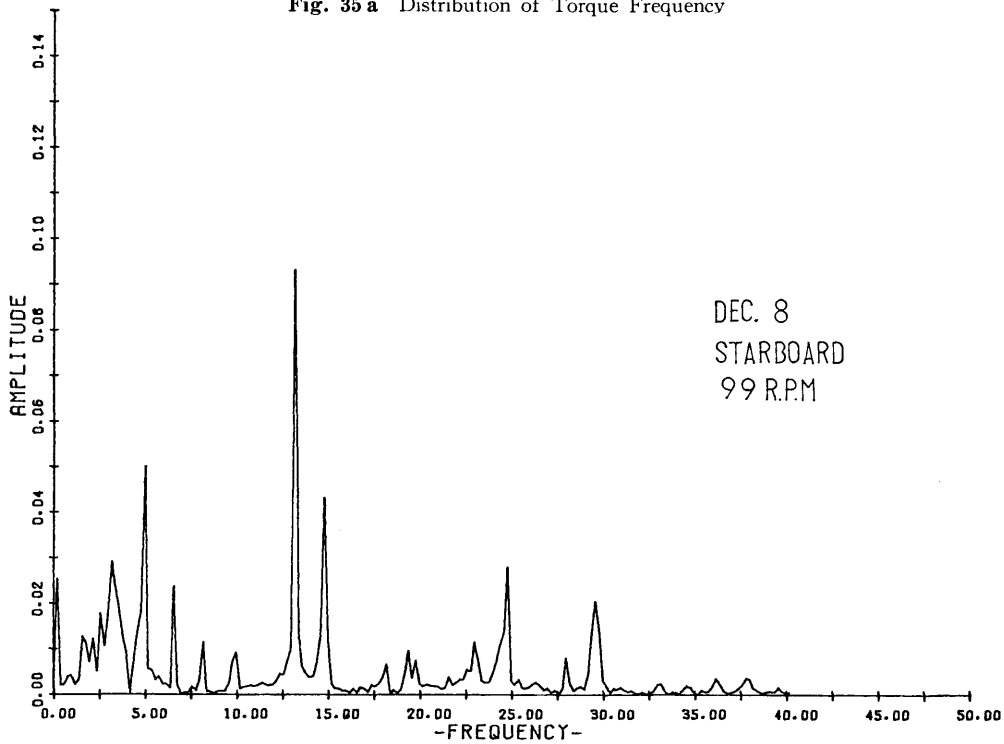


Fig. 35 b Distribution of Torque Frequency

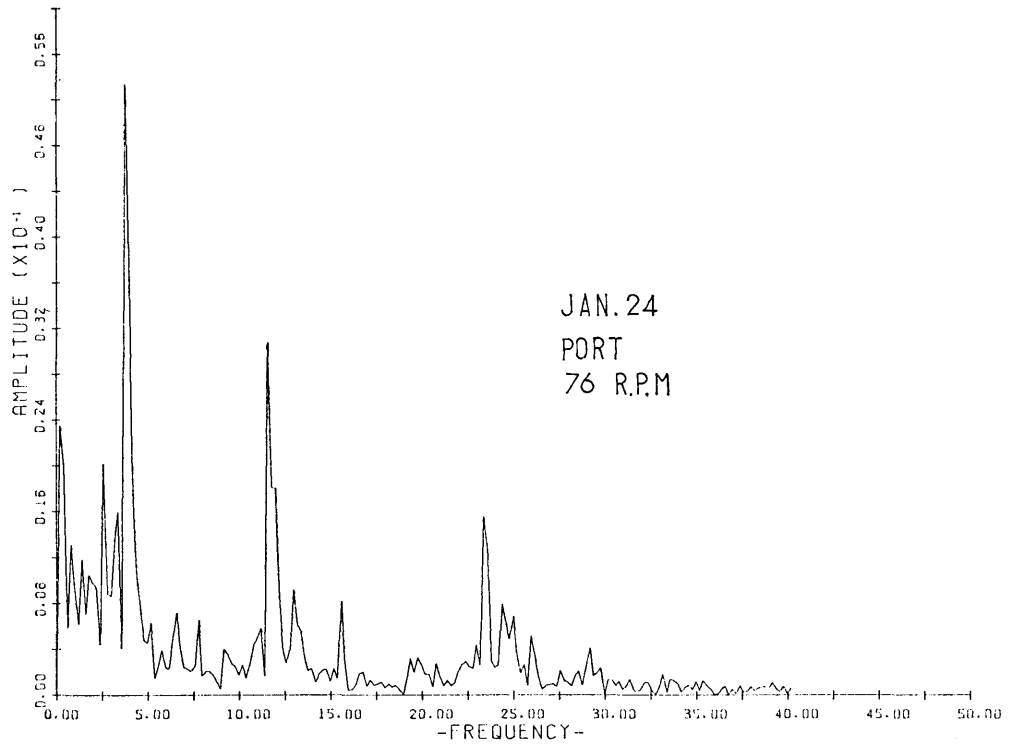


Fig. 36 a Distribution of Torque Frequency

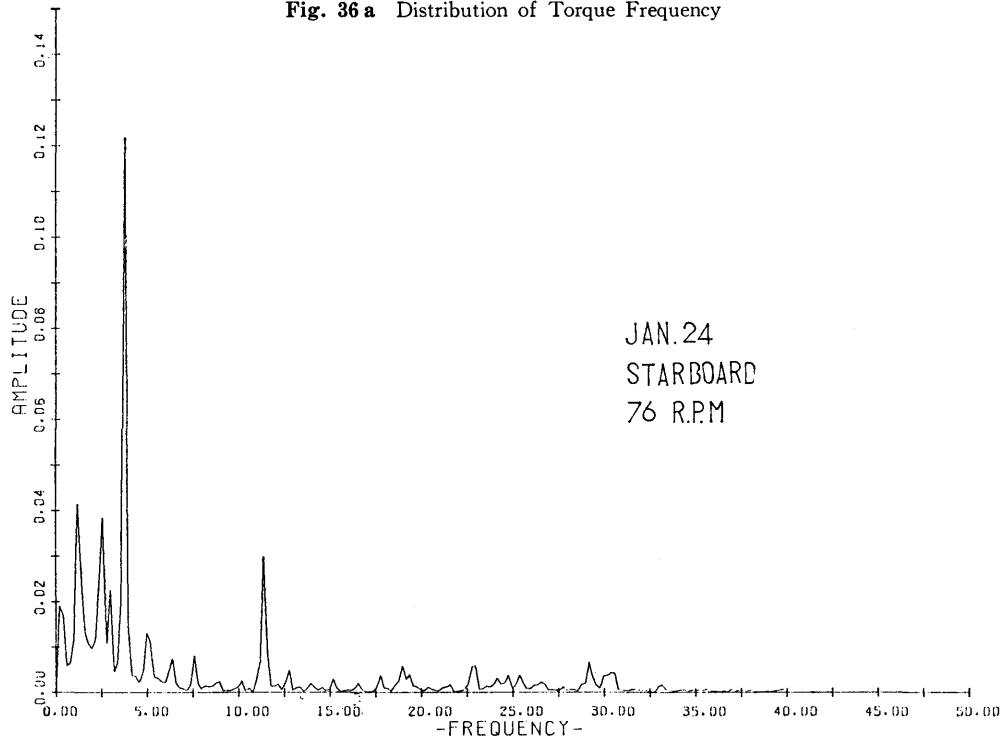


Fig. 36 b Distribution of Torque Frequency

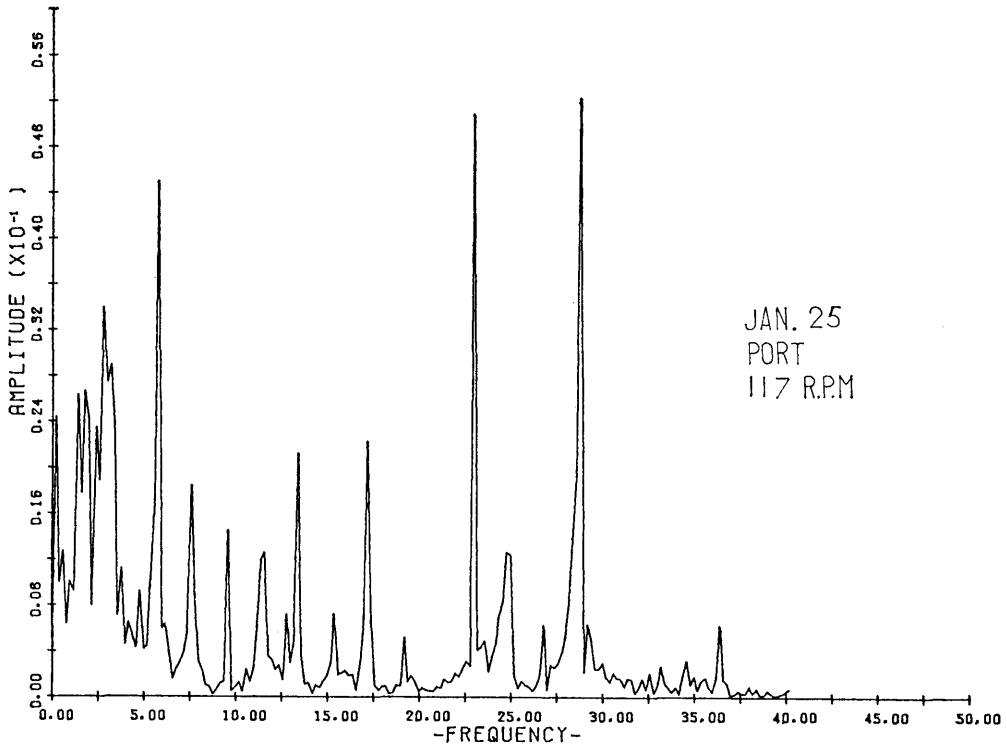


Fig. 37 a Distribution of Torque Frequency

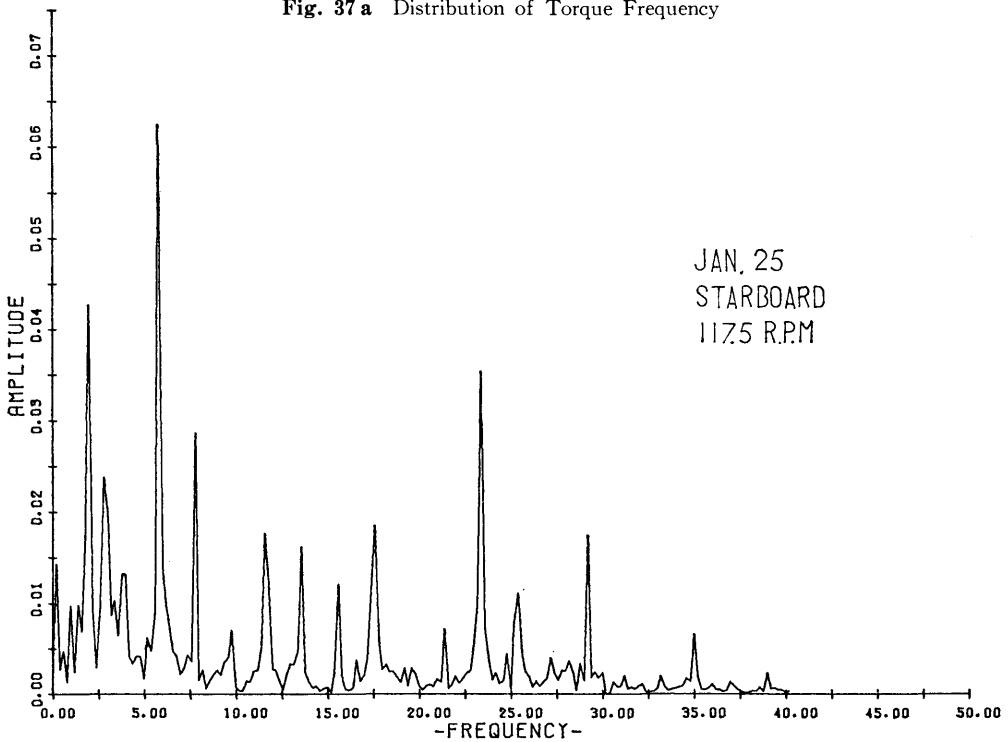


Fig. 37 b Distribution of Torque Frequency

Table 5 Temperature and Pressure of L.O. in Stern Tube Sealings

	PORT							STARBOARD							SHAFT TUN- NEL SIDE PLATE	SEA WA- TER
	AFT SEAL O. IN	STERN TUBE L.O.	AFT SEAL O. OUT	OIL BATH IN	AFT SEAL OUT	OIL BATH OUT	FORE SEAL OUT	AFT SEAL O. IN	STERN TUBE L.O.	AFT SEAL O. OUT	OIL BATH IN	AFT SEAL OUT	OIL BATH OUT	FORE SEAL OUT		
	PRESSURE Kg/cm <sup>2</sup>			TEMPERATURE °C				PRESSURE Kg/cm <sup>2</sup>			TEMPERATURE °C					
1975 DEC. 5	0.94	0.48	0.53	27.5	29.5	31.5	39.0	0.86	0.40	0.55	28.0	30.0	30.0	47.5		
6	0.88	0.48	0.53	32.5	37.5	38.0	49.0	1.03	0.43	0.60	33.0	37.0	35.0	53.0	21.0	22.0
7	0.91	0.47	0.53	32.5	37.0	38.5	49.5	0.76	0.43	0.55	32.5	36.0	34.0	53.0	18.0	21.0
8	0.92	0.48	0.52	32.5	36.0	37.5	49.0	0.86	0.43	0.55	32.0	35.5	52.0	52.0	19.0	20.0
9A	0.92	0.50	0.54	32.0	35.0	36.0	46.0	0.90	0.43	0.55	32.0	34.0	32.5	51.5	17.5	19.0
9B	0.92	0.48	0.53	31.0	34.0	35.0	45.0	0.87	0.43	0.55	31.0	33.0	32.0	50.0	16.0	17.0
10	0.88	0.48	0.50	30.5	30.5	33.0	42.0	0.86	0.44	0.56	30.0	30.5	30.0	46.5	18.0	19.0
11	0.85	0.48	0.52	31.5	37.5	38.0	49.0	0.78	0.43	0.56	33.0	37.0	36.0	52.5	23.0	24.0
12	0.94	0.48	0.53	33.0	42.5	41.0	52.0	0.92	0.43	0.56	34.5	40.5	38.0	56.5	23.5	24.0
13	0.84	0.48	0.53	33.0	40.0	40.0	50.0	0.91	0.43	0.56	34.0	39.5	37.0	55.0	22.0	22.0
14	0.92	0.48	0.53	32.0	38.0	38.0	48.0	0.80	0.42	0.56	33.0	38.0	36.5	54.0	20.0	21.0
15	0.88	0.48	0.53	32.0	37.0	37.5	47.0	0.77	0.42	0.57	32.5	37.0	36.0	53.0	20.0	20.0
16	0.83	0.48	0.52	33.0	39.0	39.0	50.0	0.89	0.42	0.56	34.0	39.5	37.0	55.0	23.0	25.0
17	0.80	0.48	0.52	34.0	41.5	41.0	52.0	0.82	0.42	0.56	35.0	42.0	38.0	57.0	27.0	28.0
19	0.95	0.48	0.53	35.0	43.0	41.5	54.0	0.92	0.43	0.57	36.0	43.0	39.0	58.0	25.0	24.0
20	0.90	0.48	0.52	35.0	44.0	42.0	42.0	0.94	0.43	0.57	37.0	44.0	40.0	60.0	27.0	27.0
21	(Panama Canal Passing)															27.0
22	0.94	0.48	0.52	35.0	42.5	41.0	53.5	0.93	0.43	0.57	36.0	43.0	39.0	57.0	27.0	27.0
23	0.86	0.48	0.52	34.5	42.0	41.0	52.5	0.84	0.43	0.57	36.0	42.0	38.0	56.0	25.0	25.0
24	1.00	0.48	0.54	33.0	40.0	39.0	47.5	0.93	0.43	0.57	34.0	39.0	35.0	53.0	22.0	23.0
25	0.90	0.50	0.54	28.5	25.5	29.0	35.0	0.87	0.45	0.57	27.5	27.0	24.5	39.0	9.0	12.0
28	0.82	0.40	0.54	20.0	16.0	13.5	12.0	0.86	0.33	0.57	14.0	19.0	6.0	27.5	6.5	4.0
29	0.88	0.49	0.54	25.5	22.0	27.0	14.0	0.86	0.42	0.58	22.0	25.0	23.5	37.5	5.0	4.0
31	0.89	0.49	0.54	24.0	19.0	24.0	14.0	0.86	0.38	0.58	12.0	23.0	21.5	3.50	5.0	5.0

1976																	
JAN.	3	0.92	0.46	5.53	25.0	26.0	29.0	32.5	0.79	0.40	0.57	22.5	29.0	29.0	42.0	15.0	13.0
	5	0.83	0.56	0.52	27.5	27.0	30.0	34.0	0.85	0.42	0.59	26.0	30.0	30.0	41.0	18.0	23.0
	6	0.87	0.48	0.52	34.0	40.5	39.5	50.0	0.90	0.42	0.58	32.0	44.0	42.0	51.0	24.5	26.0
	7	0.87	0.48	0.52	36.0	42.0	41.0	55.0	0.80	0.42	0.57	36.0	44.0	40.0	58.0	26.0	27.0
	8	(Panama Canal Passing)															
	9	0.94	0.49	0.53	36.0	43.0	41.0	54.0	0.95	0.43	0.58	36.0	43.0	39.0	56.0	27.0	27.0
	10	0.90	0.50	0.53	36.0	42.0	40.0	53.0	0.84	0.43	0.58	36.0	41.0	37.0	56.0	26.5	27.0
	11	0.90	0.48	0.55	36.0	42.0	40.5	54.0	0.75	0.42	0.58	36.0	42.0	38.0	56.0	27.0	27.0
	12	0.88	0.48	0.53	36.0	42.0	41.0	54.0	0.75	0.42	0.58	36.0	42.0	38.0	55.0	26.0	26.0
	13	0.94	0.48	0.54	36.0	41.0	40.0	53.0	0.80	0.42	0.58	35.0	41.0	37.0	56.0	24.0	24.0
	14	0.92	0.48	0.54	35.0	39.0	40.0	54.0	0.80	0.43	0.58	35.0	40.0	36.5	55.0	22.0	22.0
	15	0.92	0.48	0.54	34.5	37.0	38.0	51.0	0.84	0.44	0.59	34.0	38.0	35.0	54.0	22.0	22.0
	16	0.90	0.50	0.53	34.5	38.0	38.0	51.0	0.68	0.43	0.58	34.0	39.0	35.0	54.0	23.0	23.0
	17	0.90	0.49	0.53	35.0	39.0	39.0	52.0	0.69	0.43	0.57	35.0	39.0	36.0	55.0	24.0	24.0
	18	0.90	0.48	0.53	35.0	39.0	40.0	53.0	0.85	0.43	0.57	35.0	40.0	36.0	55.0	24.0	24.0
	19	0.90	0.48	0.53	35.0	39.0	39.5	52.5	0.90	0.43	0.58	35.0	40.0	36.0	55.0	24.5	24.0
	21	0.90	0.48	0.53	35.0	38.0	38.0	51.0	0.89	0.43	0.58	34.0	39.0	35.0	54.0	22.5	23.0
	22	0.90	0.50	0.53	33.0	36.0	37.0	49.0	0.75	0.43	0.57	33.0	37.0	34.0	53.5	21.0	21.0
	23	0.82	0.48	0.53	31.0	31.0	34.0	43.0	0.73	0.44	0.58	31.0	33.0	29.0	46.0	18.0	18.0
	24	0.90	0.48	0.54	31.0	32.0	34.0	45.0	0.77	0.43	0.58	30.0	33.0	30.0	46.0	18.0	19.0
	25	0.90	0.48	0.54	32.0	35.6	37.0	48.0	0.76	0.43	0.58	32.0	36.0	35.0	48.0	17.5	13.0

#### 4.7 船尾管及び船尾管シール装置の潤滑油の作動状況

本船の船尾管は鋼板溶接構造であり、軸受はホワイトメタルで、受圧面はスロープアライメントに加工されている。船尾管シール装置はリップ形で強制循環式である。航海中の軸受及びシール部の潤滑が正常に行われているかどうかは、潤滑油の圧力及び温度状態をみれば、ある程度推定することが出来る。そこで、トルクなどの定時計測時に軸路内に設置されている計器より圧力及び温度の計測を行った。同時に軸路船側外板に温度計をそう着させて、海水温度を計測した。Table 5 にその結果を示す。オイルパス出入口温度差は左舷が  $5^{\circ}\sim 7^{\circ}\text{C}$ 、右舷が  $3^{\circ}\text{C}$  であった。潤滑油の圧力は航海中大体一定に保たれ、潤滑状態は良好であった。

### 5. ま と め

本実船実験は大型超高速コンテナ船の研究開発に関連して、就航中の2軸コンテナ船の負荷変動と船尾軸系挙動の実態を知ることを主目的として実施されたものである。

幸い、供試船は前年度において実施した実船試験船と同一船であったため、前年度乗船者の貴重な経験を参考にすることが出来た。

計測は実験者が船に対して特別に注文をせず、平常のままの運航状態において行うことになっていたが、船長の御好意により旋回時の負荷変動計測、軸—軸受間の電位計測及び前年度に続いての八方向航走試験を加えることが出来た。

荒れる冬期を計測時期に選んだにしては穏やかな日が多かったと思われる。しかし、復航時には、かなり激しい縦揺れに遭遇し、貴重なデータを得ることができた。

試験結果をまとめると下記ようになる。

- (1) 太平洋航行時の軸出力をみると往航時は右舷軸が大きく、復航時には反対に左舷軸が大きくなっている。この原因のひとつとして、太平洋航行中の本船は北側より風を受ける場合が多い点があげられる。
- (2) 荒天による減速運航及び変針の行われた状態は、風力階級8以上であった。
- (3) 縦揺れの激しい荒天時、軸回転数 76 rpm (定格の約  $1/4$  出力) で航行中の軸トルク最大変動幅は、左舷軸が約 45 ton-m、右舷軸は約 65 ton-m であり、軸回転数 54 rpm のときは両軸とも約 70 ton-m であっ

た。

また、同状況下において Pitch 全振幅  $8^{\circ}$  船尾部上下加速度全振幅 1.68 g を計測した。

(4) 負荷変動の要因としては、Roll よりも Pitch が大きく影響し、Pitch が大きくなると軸トルク、船尾部上下加速度、軸曲げモーメントは Pitch に同期して変動する。

(5) Roll の周期は 15~26 sec、Pitch の周期は 7.5~12 sec の範囲におさまっている。

(6) 風力階級 5~6、海象 rough の条件で定格出力に近い状態での八方向航走試験の結果、トルクの平均値の方向による変動は 8% 以内であり、両軸間のトルク平均値の比は 2.5% 以内であるが、左舷方明より風を受けるときは右舷軸より左舷軸が小さく、右舷方向より風を受けるときは右舷軸より左舷軸が大きい傾向を示す。

なお、回転数の変動は 0.5% 以内である。

(7) 軸回転数を一定に保持しながら、直進より舵角を  $15^{\circ}$  に切り、旋回を行った時、回頭側の軸トルクは直進時よりも増大し、反回頭側の軸トルクは直進時よりも減少する。また、船尾側軸の曲げモーメントは回頭側はかなり増加するが、反回頭側はほとんど変化しない。

(8) 軸—軸受間の電位差試験によると、船尾管軸受のメタルタッチは軸回転数約 24 rpm 以下において生じている。

(9) 軸系アライメントでプロペラ外力に影響される範囲は最後部中間軸受より船尾側と考えられる。

(10) 軸回転数 76 rpm、98.5 rpm の計測トルクには振り振動成分が重畳している。しかし、その値は材料強度的な面から問題になるような値ではない。

なお、本報告の解析の一部は当所計算センター TOSBAC-5600 を使用した。

### 謝 辞

本実船実験に協力していただいた日本船主協会と実船実験の準備から計測機器撤去までお世話になった日本郵船株式会社並びに黒部丸第 21 次航の大森信船長、松井弘機関長、戸上泰弘一等航海士をはじめとして船員の方々に厚く感謝の意を表します。

実験計画にあたっては、三菱神戸の鷺見倫一主務(当時)より貴重な御意見と資料をいただき、実験準備にあたっては三井造船株式会社由良工場の関係の方々にお世話になり、さらに、御助言、御協力をいただい



た当研究所，野中健美主任研究官，山口真裕主任研究官をはじめ機関性能部の方々及び関係した方々に深く感謝の意を表します。

#### 参 考 文 献

- 1) 井ノ内一雄他：北太平洋実船試験（高造コンテナ船主機関の変動）報告，第19回船舶技術研究所研究発表会講演概要，昭和47年5月。
- 2) 翁長一彦他：コンテナ船穂高丸による北太平洋実船試験について，船舶技術研究所報告，第12巻，第5号，昭和50年9月。
- 3) 上田隆康他：大型超高速船えるべ丸の実船試験，第24回船舶技術研究所研究発表講演集，昭和50年9月。
- 4) 日本造船研究協会：研究資料 No. 125 (昭和46年3月)，No. 157 (昭和47年3月)，No. 171 (昭和49年3月)，No. 188 (昭和49年3月)，No. 211 (昭和50年3月)。
- 5) 山口真裕他：大型高速コンテナ船黒部丸による実船試験——負荷変動について——，船舶技術研究所報告，第14巻，第3号，昭和52年5月。
- 6) 久米 広：船の軸系の曲げモーメントおよび曲げ応力の大きさと変動の様相。
- 7) 日本造船研究協会 第143研究部会：軸系アライメントの設定基準に関する研究，研究資料 No. 225，昭和50年3月。
- 8) 日本造船研究協会 第167研究部会：多軸船の軸系設計，工作基準に関する研究，研究資料 No. 281，昭和52年3月。
- 9) 日本造船研究協会 第114研究部会：推進軸系内設計条件に関する研究，研究資料 No. 131，昭和46年3月，研究資料 No. 149，昭和47年3月。
- 10) 百武次郎他：21万DWtタンカー船尾管軸受と軸の相対変位計測，三菱重工技報 Vol. 8, No. 6.
- 11) 矢崎敦生他：ニューヨーク定期貨物船大島丸による北太平洋航海性能実船試験について，船舶技術研究所報告，第1巻，第3・4号，昭和39年7月。
- 12) 小川陽弘他：コンテナ船あめりか丸による北太平洋航海性能試験，船舶技術研究所報告，第8巻，第2号，昭和46年3月。
- 13) 上記12) 第2報：船舶技術研究所報告，第8巻，第2号，昭和41年3月。
- 14) 上記12) 第3報：船舶技術研究所報告，第9巻，第3号，昭和47年5月。
- 15) 日本造船研究協会 第142研究部会：船尾構造の剛性・変形量・船尾形状に関する研究，研究資料 No. 203，昭和49年3月。
- 16) 日本造船研究協会報告 第61号，昭和42年3月。
- 17) 鷲見倫一：軸系に対するプロペラの水力作用，日本船舶用機関学会誌 第13巻，第9号，昭和53年9月。
- 18) 吉野泰平他：高速コンテナ船の斜め波中におけるスラスト・トルクに関する模型実験—— $L/B=8$ の1軸および2軸船について，船舶技術研究所，第11巻，第4号，昭和49年7月。
- 19) 赤崎 繁：船体旋回学，海文堂。
- 20) 関東造船研究会 軸系小委員会編：推進軸系標準，成文堂書店。
- 21) 関西造船協会 造船研究委員会編：商船機関部軸系，海文堂。

# 港湾域における船舶の SO<sub>2</sub> 排出総量 及び環境濃度の一評価手法

伊 従 功\*

## A Method for Estimating the Total Source Strength and Environmental Concentration of SO<sub>2</sub> Exhausted from Ships in Harbor and Bay Areas

By  
Isao IYORI

### Abstract

A simple method for estimating the total amount of SO<sub>2</sub> exhausted from engines of ships in harbor and bay areas is shown. The main features of the present method are in its macroscopic way of approach, i.e., (1) the determination of effective unloading-time length from the work done by the cargo-oil pumps and the amount of the cargo-oil, (2) the wide use of statistical (or macroscopic) data on ships, and (3) the compilation of complicated (or microscopic) data released from relevant authorities etc.

A summary of a survey on atmospheric diffusion theories is also shown for the purpose of application to the diffusion analysis of ship exhaust gas.

The results of an application of the present method to the harbor of Yokohama and the bay of Tokyo are summarized as follows:

- (1) Predominant portion (about 90%) of the total environmental concentration of SO<sub>2</sub> exhausted from ships are due to the ships in the harbor,
- (2) The contribution of the ships entering and leaving the port is small (at most 4%),
- (3) The contribution of the ships in the class of 10,000-29,999 G.T. is relatively large (about 30%),
- (4) The environmental concentration due to ships were estimated to be several ppb's.

Referring to the interpretation of the above-shown numerical results, it is added that further studies such as an error estimation are needed in order to give a clear and final meaning to them. At the present stage of the study, the above results have a meaning in offering new reference data obtained by a different method from the others applied up to date.

### 目 次

1. 緒 言	42	3.4 航走時の燃料重油のS分含有率	46
2. 航路及び機関運転状態	42	3.5 煙源強度の計算式と数値計算例	47
3. 航走時の船舶からの SO <sub>2</sub> 排出量	44	3.6 3章の考察とまとめ	48
3.1 基礎式	44	4. 入出港時の船舶からの SO <sub>2</sub> 排出量	49
3.2 年間通過隻数	44	4.1 負荷率の変動モード	49
3.3 通過所要時間及び燃料消費量	45	4.2 煙源強度の計算式と数値計算例	50
		4.3 4章のまとめ	50
		5. 停泊時の船舶からの SO <sub>2</sub> 排出量	51
		5.1 港内全域からの SO <sub>2</sub> 排出量の計算式	51
		5.2 荷役時間及び非荷役時間	52

\* 原子力船部

原稿受付: 昭和55年1月28日