Kobe University Repository : Kernel

PDF issue: 2026-11-26

「深江丸」推進プラントの熱力学的性能評価(商船・理工学)

杉田，英昭
石田，紀久
三輪，誠
曹，莉
津村，雅人

(Citation)
神戸大学海事科学部紀要,2:49-61

(Issue Date)
2005-07-31

(Resource Type)
departmental bulletin paper

(Version)
Version of Record

(JaLCDOI)
https://doi.org/10.24546/00422390

(URL)
https://hdl.handle.net/20.500.14094/00422390

KOBE UNIVERSITY

「深江丸」推進プラントの熱力学的性能評価

Thermodynamic Evaluation of "Fukae-maru" Propulsion Plant

杉田　英昭　　石田　紀久　　三輪　誠　　曹　莉*　　津村　雅人**
Hideaki SUGITA　Toshihisa ISHIDA　Takashi MIWA　Li SOU　Masato TSUMURA

(平成17年4月1日　受付)

Abstract

It is important for the energy saving to evaluate the performance of the plants in operation. The object of this study is the propulsion system installed in the training ship of "Fukae-maru" (449 Gross Tonnage) owned by the Faculty of Marine Sciences of Kobe University. This system has two plants, one is the main diesel engine plant rated at 1,100kW and the other is the emergency electric propulsion plant rated at 220kW.

Experiments have been made under the various loads on calm sea. Especially, when use electric propulsion plant, they have been made varying propeller pitch angle and varying the direction of armature rotation. In these analyses, the entire plant is assumed to be steady-flow system, and both the first- and the second law of thermodynamics are employed in order to clarify not only the quantity of energy but also the quality of energy.

In consequence of these analyses, the places where the energy losses are generated in these plants are made known, and it becomes clear that the method of this analysis is effective to evaluate the performance of the plant. And, the Sankey diagrams (energy-flow diagrams) and the exergy efficiencies of these plants are also obtained.

Furthermore, the comparison between the performance data obtained in this time and seven years ago, has been studied.

(Received April 1, 2005)

1.まえがき

現在のエネルギーの需要増大に伴い石油使用量の増加が著しい。石油は限りある資源であるので、その貴重な資源を有用に使うためにも発生したエネルギーを有効に使う必要がある。そのためにできることはプラントの効率を高い状態で維持することである。プラント全体のエネルギーフローに着目して性能評価を行い、エネルギー損失箇所を明らかにすることによって損失箇所の損失程度を知り、損失原因を考えることができる。

そこで重要とされるのは熱力学的性能評価の方法である。従来主に用いられてきた熱力学第一法則に基づいた熱量による評価方法では、エネルギーの損失箇所における量を知ることはできるが、エネルギーの質を知ることはできなかった。そこで、熱力学第二法則に基づいた「ある系がそれを取り巻く外界状態まで可逆変化をしたときに、その系から取り出すことのできる最大仕事量」と定義されるエクセルギー[1)]による評価方法が用いられるようになってきた。この二つの方法を併用することによってプラント内におけるエネルギーの流れを量と質の両面からのアプローチで評価することができる。

今回、神戸大学海事科学部附属練習船「深江丸」の推進プラントを対象に、ディーゼル主機使用時と非常用電気推進システム使用時における性能

*神戸大学大学院　自然科学研究科
**神戸大学海事科学部　商船システム学課程

評価を行い、また前回計測時(1997 年)とのプラント熱効率の比較を行った。

2.性能評価対象プラント及び計測概要

練習船「深江丸」は 1987 年 10 月 14 日に三井造船(株)玉野事業所において建造され、総トン数は 449 トンである。「深江丸」は小型ながら大型商船並みのシステムを備えており、さらに豊富な計測点数を有しているため、詳細な運航データの採取が可能である。本船は通常航海にはディーゼル主機を用い、非常時には軸発電機を電動機として作動させる電気推進装置を使用することができる。表 1 に「深江丸」の主要目を、図 1 に「深江丸」主機ディーゼル機関の写真を、図 2 に軸発電電動機の写真をそれぞれ示す。

表 1. 「深江丸」主要目

全長	49．95m
型幅	10．00m
喫水	3．21m
総トン数	449．0ton
最大速力	14．28knot
航海速力	13．30knot
主機関	
型　式：立型単動トランクピストン型4サイクルディーゼル機関	
DAIHATSU　6 DLM －26S× 1台	
出　力：1100kW （1500PS ）／720rpm	
推進機	
型　式：　KAMOME　CPC －53F	
4翼可変ピッチプロペラ、スキュー型	
減速機	
型　式：主機関& SGM　用湿式多板クラッチ、 SGM　用ブレーキ付	
DAIHATSU、 RCB －19 FGSM× 1台	
減速比：主機関・プロペラ間　2．208（720／326rpm）	
軸発電・プロペラ間　5．300（1200／226rpm）	
発電機関	
型　式：単動4サイクルディーゼル機関	
YANMAR　S165L－Tx 2台	
出　力：220kW （300PS）／　1200rpm	
発電機	
型　式：防滴自己通風型自励交流発電機	
ブラシレス　NISHISHIBA× 2台	
軸発電電動機	
型　式：差動式軸発電電動機、防滴自己通風型	
FUJI　ELECTRIC　Co. × 1台	
電圧、周波数：　AC225V　3相、60Hz	
出力、力率：200kW 、0．9	
界磁巻線回転数：1020～1200～1380rpm	
電機子巻線回転数：－180～0　～＋180rpm	

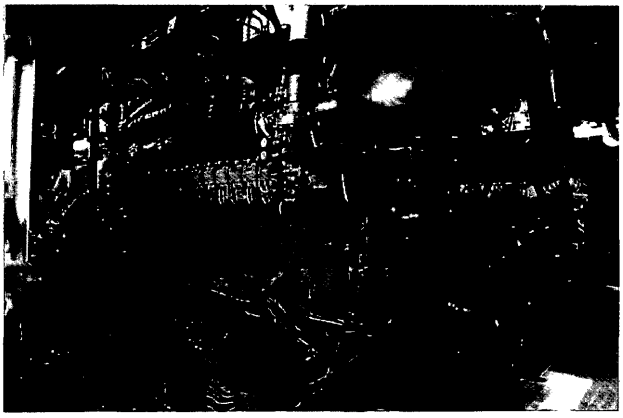

図 1. 「深江丸」主機ディーゼル機関



図 2. 「深江丸」軸発電電動機

計測は、海面状態が穏やかなときに行い、計測中の負荷変動を極力避けるために航行船舶の少ない海域を選んだ。ディーゼル主機使用時は表 2 に示すように 8 段階の負荷について計測を行い、電気推進時には表 3 に示すように 6 段階の負荷について計測を行った。負荷はディーゼル主機使用時の場合は出力 1,100kW を 100%とし、また電気推進時には負荷 220kW を 100%として求めた。特に温度計測が重要であり、ECC データロガーさらに必要な箇所については放射温度計を用いて行った。

表 2. ディーゼル主機使用時計測条件

	出力(kW)	負荷(%)
1	117	11
2	215	20
3	331	30
4	450	41
5	553	50
6	662	60
7	774	70
8	871	79

表 3. 電気推進時計測条件

	ピッチ角	出力(kW)	負荷(%)
1	0	90	41
2	3	96	44
3	5	105	48
4	7	115	52
5	9	123	56
6	11	141	64

ディーゼル主機使用時の場合、発電機は2台のうち1台を運転し、船内に電力供給している。非常用電気推進時の場合は2台の発電機によって発生した電力は、船内への電力供給と共に、差動式電動機の外側回転子に印加され同期電動機として運転される。なお、外側回転子は、油圧システムによって駆動され、これによって界磁巻線の回転数すなわちプロペラ軸の回転数を調節することができる。図3に「深江丸」プラント構成概略図、図4に非常用電気推進システムの概略図をそれぞれに示す。

3.解析方法

まずプラント全体を巨視的に定常流動系と考え、機関室全体を主検査面とし、そこに含まれる熱交換器など各種機器類を副検査面として設定した。そして、各検査面を通して出入りする熱量及びエクセルギーの量をそれぞれ燃料1kg/h当りとして算出した。また、燃料の発熱量は性状表の値を用いた。エクセルギーの計算方法は各種文献で紹介されているが[3]、本研究では定常流動系と仮定しているので、各作動流体の比エクセルギーを次式によって求めた。

$$e=(h-h_0)-T_0(s-s_0) \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

e:比エクセルギー (kJ/kg)
h:比エンタルピー (kJ/kg)
s:比エントロピー (kJ/(kg·K))
T:絶対温度 (K)

添字0は外界状態を表す。

ここで、各作動流体の圧力が外界状態の圧力と等しいとすれば、(1)式は次のように表される。

$$e=\int_{T_0}^{T} c_p dT - T_0 \int_{T_0}^{T} \frac{c_p}{T} dT \cdots\cdots\cdots (2)$$

c_p:定圧比熱 (kJ/(kg·K))

さらに、定圧比熱に温度T、T_0での平均定圧比熱c_{pm}を用いると、(2)式は次のように近似することができる。

$$e=c_{pm}\left[(T-T_0)-T_0 \ln\frac{T}{T_0}\right] \cdots\cdots\cdots (3)$$

従って、本研究では作動流体の持つ圧力のエクセルギーは考慮に入れていない。なお、基準とする外界状態には海水温度を用いた。

また、熱エクセルギーと熱量との比を有効比と呼ぶ。比熱一定の物体のもつ熱量の有効比は次式のようになる。

$$\varepsilon=\frac{e}{q}=1-\frac{T_0}{T-T_0}\ln\frac{T}{T_0} \cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

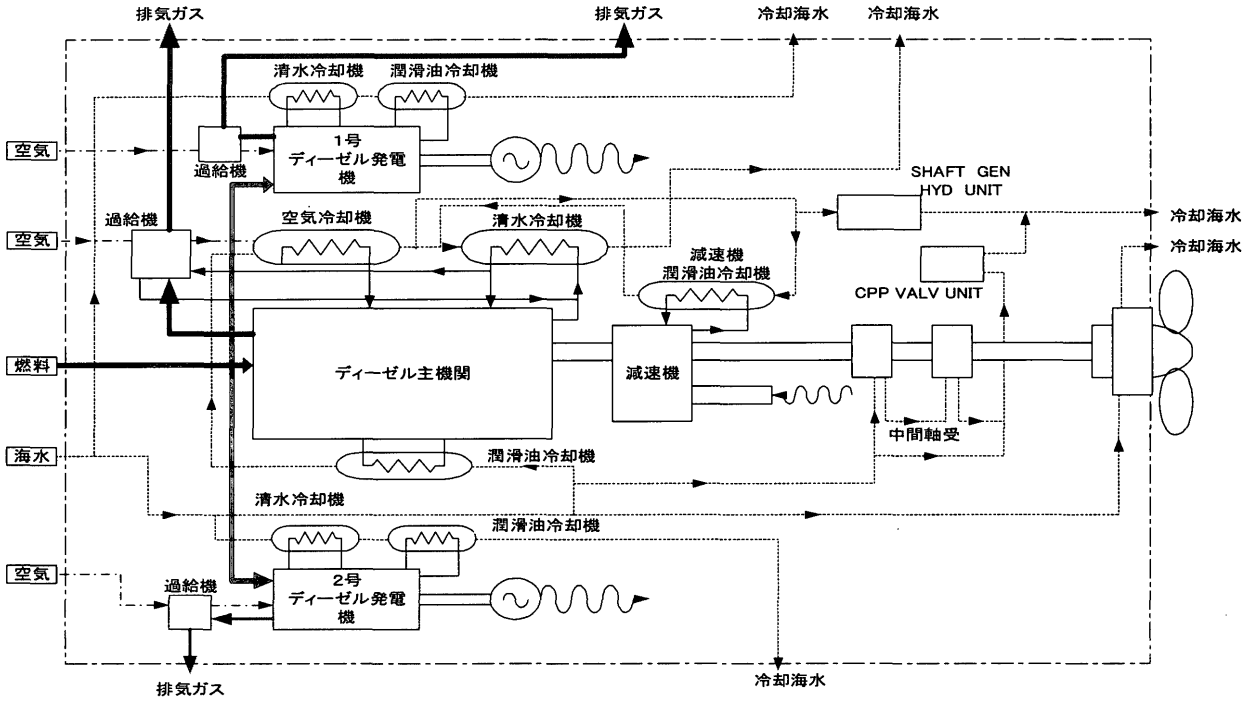

図 3. 「深江丸」プラント構成概略図

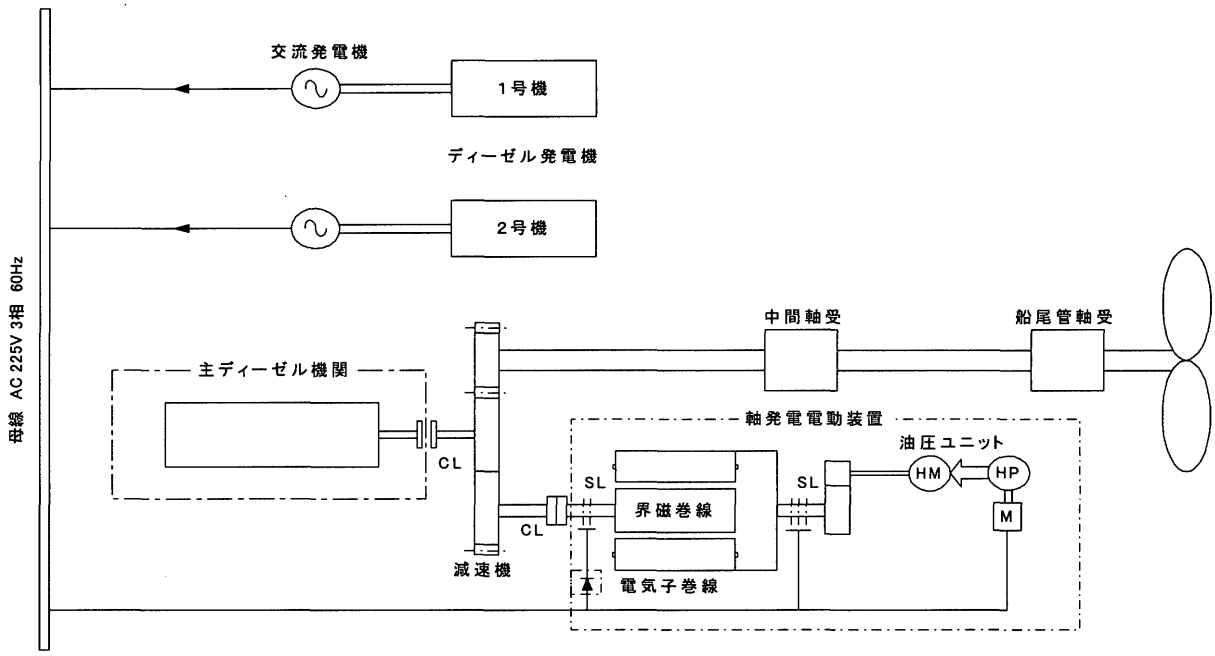

図 4. 非常用電気推進システムの概略図

4.結果

まず、ディーゼル主機使用時における熱量評価の結果を表4に、エクセルギー評価の結果を表5に示す。また電気推進時における熱量評価の結果を表6に、エクセルギー評価の結果を表7に示す。なお、表中の各負荷における左欄の数値の単位はkJ/(kg F.O.)、右欄の数値の単位は%である。

表4. ディーゼル主機使用時における熱量収支

		軸出力(kW)	117		215		331		450		553		662		774		859	
		負荷(%)	11		20		30		41		50		60		70		78	
流入		主機流入熱量	24147.1	56.56	31859.0	74.54	34086.3	79.80	35604.6	83.24	36530.8	85.42	36712.0	85.97	37415.3	87.60	37963.6	88.90
		発電機流入熱量	18380.6	43.05	10668.7	24.96	8441.4	19.76	6923.1	16.19	5997.0	14.02	5815.8	13.62	5112.4	11.97	4564.1	10.69
		主機燃料油顕熱	24.2	0.06	32.7	0.08	32.8	0.08	35.7	0.08	34.9	0.08	33.3	0.08	35.4	0.08	34.4	0.08
		主機空気顕熱	78.8	0.18	142.5	0.33	120.8	0.28	178.8	0.42	176.4	0.41	119.2	0.28	124.3	0.29	122.5	0.29
		発電機燃料油顕熱	18.4	0.04	10.9	0.03	8.1	0.02	6.9	0.02	5.7	0.01	5.3	0.01	4.8	0.01	4.1	0.01
		発電機空気顕熱	42.4	0.10	29.2	0.07	24.4	0.06	25.2	0.06	21.1	0.05	18.1	0.04	17.5	0.04	13.1	0.03
		合計	42691.6	100.00	42743.1	100.00	42713.9	100.00	42774.4	100.00	42765.8	100.00	42703.6	100.00	42709.7	100.00	42701.9	100.00
流出	主機系	排ガス損失	3478.4	8.15	5587.0	13.07	6760.7	15.83	7633.0	17.84	8192.2	19.16	8656.8	20.27	9171.5	21.47	9374.5	21.95
		冷却清水損失	4264.7	9.99	3311.2	7.75	3024.0	7.08	3552.0	8.30	3589.1	8.39	3417.5	8.00	3059.7	7.16	3384.1	7.92
		潤滑油損失	856.1	2.01	1050.8	2.46	2308.0	5.40	2184.2	5.11	2023.3	4.73	2095.1	4.91	1559.3	3.65	1154.6	2.70
		放熱・その他	7036.3	16.48	12361.2	28.92	11312.3	26.48	9459.9	22.12	8637.2	20.20	7964.3	18.65	8344.4	19.54	8309.9	19.46
	発電機系	排ガス損失	3185.1	7.46	1782.8	4.17	1533.2	3.59	1152.3	2.69	966.5	2.26	1060.0	2.48	927.0	2.17	786.3	1.84
		冷却清水損失	2917.9	6.83	1787.1	4.18	972.5	2.28	857.2	2.00	768.0	1.80	1101.7	2.58	592.2	1.39	549.2	1.29
		潤滑油損失	2545.4	5.96	1558.9	3.65	1225.3	2.87	997.0	2.33	1017.4	2.38	768.8	1.80	688.8	1.61	709.8	1.66
		母線損失	816.8	1.91	521.7	1.22	356.0	0.83	319.0	0.75	282.0	0.66	245.3	0.57	218.4	0.51	208.9	0.49
		発生電力	5417.0	12.69	2970.4	6.95	2723.4	6.38	1899.8	4.44	1541.2	3.60	1876.7	4.39	1651.9	3.87	1329.2	3.11
		放熱・その他	3559.3	8.34	2088.0	4.88	1663.7	3.89	1730.0	4.04	1448.7	3.39	786.6	1.84	1056.4	2.47	998.0	2.34
	軸系	減速機損失	155.1	0.36	175.0	0.41	195.0	0.46	233.8	0.55	257.4	0.60	265.2	0.62	277.9	0.65	286.2	0.67
		中間軸受損失	0.0	0.00	1.3	0.00	1.0	0.00	1.7	0.00	1.5	0.00	2.0	0.00	1.8	0.00	2.2	0.01
		プロペラ出力	8459.6	19.82	9547.6	22.34	10638.9	24.91	12754.4	29.82	14041.4	32.83	14463.7	33.87	15160.3	35.50	15609.2	36.55
		合計	42691.6	100.00	42743.1	100.00	42713.9	100.00	42774.4	100.00	42765.8	100.00	42703.6	100.00	42709.7	100.00	42701.9	100.00

表5. ディーゼル主機使用時におけるエクセルギー収支

		軸出力(kW)	117		215		331		450		553		662		774		859	
		負荷(%)	11		20		30		41		50		60		70		78	
流入		主機流入エクセルギー	23543.4	56.78	31062.5	74.91	33234.1	80.15	34714.5	83.71	35617.5	85.89	35794.2	86.32	36479.9	87.97	37014.5	89.26
		発電機流入エクセルギー	17921.1	43.22	10402.0	25.08	8230.4	19.85	6750.0	16.28	5847.0	14.10	5670.4	13.67	4984.6	12.02	4450.0	10.73
		主機燃料油顕熱	0.8	0.00	1.1	0.00	1.1	0.00	1.2	0.00	1.1	0.00	1.0	0.00	1.1	0.00	1.1	0.00
		主機空気顕熱	0.5	0.00	0.9	0.00	0.7	0.00	1.6	0.00	1.6	0.00	0.8	0.00	0.9	0.00	0.9	0.00
		発電機燃料油顕熱	0.6	0.00	0.4	0.00	0.3	0.00	0.2	0.00	0.2	0.00	0.2	0.00	0.2	0.00	0.1	0.00
		発電機空気顕熱	0.3	0.00	0.2	0.00	0.1	0.00	0.2	0.00	0.2	0.00	0.1	0.00	0.1	0.00	0.1	0.00
		合計	41466.7	100.00	41467.1	100.00	41466.7	100.00	41467.8	100.00	41467.6	100.00	41466.6	100.00	41466.8	100.00	41466.7	100.00
流出	主機系	排ガス損失	808.2	1.95	1484.1	3.58	1938.9	4.68	2323.8	5.60	2563.7	6.18	2765.3	6.67	3009.9	7.26	3090.4	7.45
		冷却清水損失	460.9	1.11	365.7	0.88	338.3	0.82	410.8	0.99	412.8	1.00	389.6	0.94	356.4	0.86	400.2	0.97
		潤滑油損失	86.2	0.21	108.8	0.26	239.3	0.58	237.7	0.57	220.6	0.53	225.0	0.54	169.3	0.41	124.4	0.30
		放熱・その他	13574.8	32.74	19383.4	46.74	19885.5	47.96	18756.7	45.23	18124.3	43.71	17687.3	42.65	17508.2	42.22	17506.1	42.22
	発電機系	排ガス損失	837.7	2.02	458.8	1.11	415.6	1.00	299.1	0.72	245.8	0.59	288.4	0.70	252.6	0.61	207.3	0.50
		冷却清水損失	365.5	0.88	226.4	0.55	126.4	0.30	113.5	0.27	101.7	0.25	143.6	0.35	78.1	0.19	72.7	0.18
		潤滑油損失	326.3	0.79	202.1	0.49	158.5	0.38	130.7	0.32	134.9	0.33	100.5	0.24	91.7	0.22	94.3	0.23
		母線損失	816.8	1.97	521.7	1.26	356.0	0.86	319.0	0.77	282.0	0.68	245.3	0.59	218.4	0.53	208.9	0.50
		発生電力	5417.0	13.06	2970.4	7.16	2723.4	6.57	1899.8	4.58	1541.2	3.72	1876.7	4.53	1651.9	3.98	1329.2	3.21
		放熱・その他	10158.7	24.50	6023.1	14.53	4451.0	10.73	3988.4	9.62	3541.9	8.54	3016.2	7.27	2692.2	6.49	2537.9	6.12
	軸系	減速機損失	155.1	0.37	175.0	0.42	195.0	0.47	233.8	0.56	257.4	0.62	265.1	0.64	277.9	0.67	286.1	0.69
		中間軸受損失	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
		プロペラ出力	8459.6	20.40	9547.6	23.02	10638.9	25.66	12754.4	30.76	14041.4	33.86	14463.7	34.88	15160.3	36.56	15609.2	37.64
		合計	41466.7	100.00	41467.1	100.00	41466.7	100.00	41467.8	100.00	41467.6	100.00	41466.6	100.00	41466.8	100.00	41466.7	100.00

表 6.　電気推進時における熱量収支

流入		プロペラピッチ角	0		3		5		7		9		11	
		軸出力(kW)	90		96		105		115		123		141	
		負荷(%)	41		44		48		52		56		64	
		発電機流入熱量	42527.7	99.56	42527.7	99.62	42527.7	99.60	42527.7	99.61	42527.7	99.61	42527.7	99.54
		燃料油顕熱	39.6	0.09	35.9	0.08	34.5	0.08	32.5	0.08	32.5	0.08	31.5	0.07
		空気顕熱	146.3	0.34	125.7	0.29	135.1	0.32	132.5	0.31	133.9	0.31	163.3	0.38
		合計	42713.6	100.00	42689.3	100.00	42697.3	100.00	42692.7	100.00	42694.1	100.00	42722.5	100.00
流出	1号発電機	排ガス損失	3936.2	9.22	4001.3	9.37	3982.9	9.33	4051.7	9.49	4082.5	9.56	4474.2	10.47
		冷却清水損失	1881.8	4.41	1879.6	4.40	2811.1	6.58	3090.8	7.24	2460.8	5.76	3322.5	7.78
		潤滑油損失	729.6	1.71	2914.9	6.83	3148.4	7.37	3235.4	7.58	2862.1	6.70	2683.6	6.28
		母線損失	628.7	1.47	611.4	1.43	593.0	1.39	586.8	1.37	590.1	1.38	525.7	1.23
		放熱・その他	7975.1	18.67	5354.8	12.54	3618.8	8.48	2725.3	6.38	3226.5	7.56	1949.9	4.56
	2号発電機	排ガス損失	3997.5	9.36	4015.9	9.41	3997.5	9.36	4048.8	9.48	4079.6	9.56	4430.3	10.37
		冷却清水損失	1881.8	4.41	1879.6	4.40	4060.4	9.51	2163.6	5.07	2153.2	5.04	1661.3	3.89
		潤滑油損失	2188.7	5.12	2186.2	5.12	2179.7	5.10	2396.6	5.61	2504.4	5.87	1985.8	4.65
		母線損失	628.7	1.47	611.4	1.43	593.0	1.39	586.8	1.37	590.1	1.38	525.7	1.23
		放熱・その他	6454.7	15.11	6068.9	14.22	3323.5	7.78	4494.3	10.53	3894.8	9.12	4352.7	10.19
	軸系	船内消費電力	6131.0	14.35	6466.0	15.15	7076.9	16.57	7381.4	17.29	7854.8	18.40	8105.0	18.97
		電機子駆動	594.7	1.39	601.7	1.41	675.8	1.58	721.4	1.69	762.8	1.79	807.8	1.89
		減速機損失	102.3	0.24	109.8	0.26	119.5	0.28	129.8	0.30	137.4	0.32	142.2	0.33
		中間軸受損失	1.7	0.00	1.7	0.00	1.7	0.00	1.6	0.00	1.6	0.00	1.5	0.00
		プロペラ出力	5581.4	13.07	5986.3	14.02	6515.2	15.26	7078.5	16.58	7493.3	17.55	7754.4	18.15
	合計		42713.6	100.00	42689.3	100.00	42697.3	100.00	42692.7	100.00	42694.1	100.00	42722.5	100.00

表 7.　電気推進時におけるエクセルギー収支

流入		プロペラピッチ角	0		3		5		7		9		11	
		軸出力(kW)	90		96		105		115		123		141	
		負荷(%)	41		44		48		52		56		64	
		発電機流入エクセルギー	41464.5	99.99	41464.5	100.00	41464.5	100.00	41464.5	100.00	41464.5	100.00	41464.5	99.99
		燃料油顕熱	1.2	0.00	1.0	0.00	0.9	0.00	0.8	0.00	0.8	0.00	2.3	0.01
		空気顕熱	1.2	0.00	0.9	0.00	1.0	0.00	1.0	0.00	1.0	0.00	1.4	0.00
		合計	41466.9	100.00	41466.4	100.00	41466.4	100.00	41466.3	100.00	41466.4	100.00	41468.3	100.00
流出	1号発電機	排ガス損失	1089.2	2.63	1113.7	2.69	1105.7	2.67	1137.7	2.74	1152.5	2.78	1345.5	3.24
		冷却清水損失	251.2	0.61	248.1	0.60	343.1	0.83	401.5	0.97	323.8	0.78	439.3	1.06
		潤滑油損失	89.3	0.22	373.6	0.90	406.2	0.98	418.8	1.01	374.1	0.90	360.3	0.87
		母線損失	628.7	1.52	611.4	1.47	593.0	1.43	586.8	1.42	590.1	1.42	525.7	1.27
		放熱・その他	12470.4	30.07	11804.6	28.47	11091.6	26.75	10532.8	25.40	10168.5	24.52	9658.8	23.29
	2号発電機	排ガス損失	1117.1	2.69	1120.3	2.70	1112.3	2.68	1136.4	2.74	1151.1	2.78	1324.3	3.19
		冷却清水損失	246.4	0.59	242.6	0.59	467.4	1.13	255.6	0.62	261.9	0.63	204.8	0.49
		潤滑油損失	289.3	0.70	285.8	0.69	285.0	0.69	311.3	0.75	324.2	0.78	262.9	0.63
		母線損失	628.7	1.52	611.4	1.47	593.0	1.43	586.8	1.42	590.1	1.42	525.7	1.27
		放熱・その他	12247.3	29.53	11891.3	28.68	11081.9	26.72	10787.6	26.02	10281.7	24.80	10011.8	24.14
	軸系	船内消費電力	6131.0	14.79	6466.0	15.59	7076.9	17.07	7381.4	17.80	7854.8	18.94	8105.0	19.55
		電機子駆動	594.7	1.43	601.7	1.45	675.8	1.63	721.4	1.74	762.8	1.84	807.8	1.95
		減速機損失	102.3	0.25	109.7	0.26	119.4	0.29	129.7	0.31	137.4	0.33	142.1	0.34
		中間軸受損失	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
		プロペラ出力	5581.4	13.46	5986.3	14.44	6515.2	15.71	7078.5	17.07	7493.3	18.07	7754.4	18.70
	合計		41466.9	100.00	41466.4	100.00	41466.4	100.00	41466.3	100.00	41466.4	100.00	41468.3	100.00

また、全体の検査面に流入する熱量及びエクセルギー評価においてそれぞれの機関内部での流入エクセルギーが散逸する様子をサンキダイアグラムで表した。その一例としてディーゼル主機の熱量評価を図5に、エクセルギー評価を図6に示す。そして、電気推進時の熱量評価を図7に、エクセルギー評価を図8に示す。

各負荷に対する損失の変化を示す。ディーゼル主機使用時における主機系各損失変化の熱量評価を図9に、エクセルギー評価を図10に示す。ディーゼル主機使用時における発電機系各損失変化の熱量評価を図11に、エクセルギー評価を図12に示す。非常用電気推進使用時における1号発電機系各損失変化の熱量評価を図13に、エクセルギー評価を図14に示す。非常用電気推進使用時における2号発電機系各損失変化の熱量評価を図15に、エクセルギー評価を図16に示す。

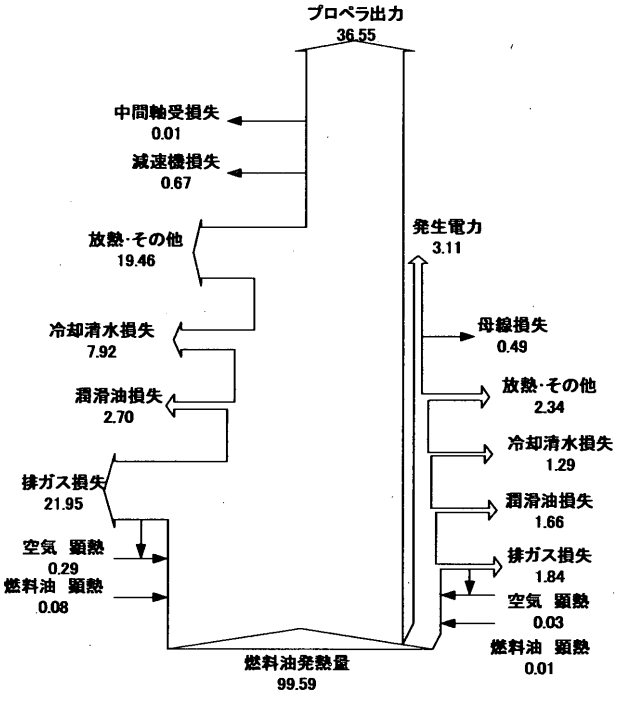

図5. 主機使用時におけるサンキダイアグラム
(79%負荷、熱量評価)

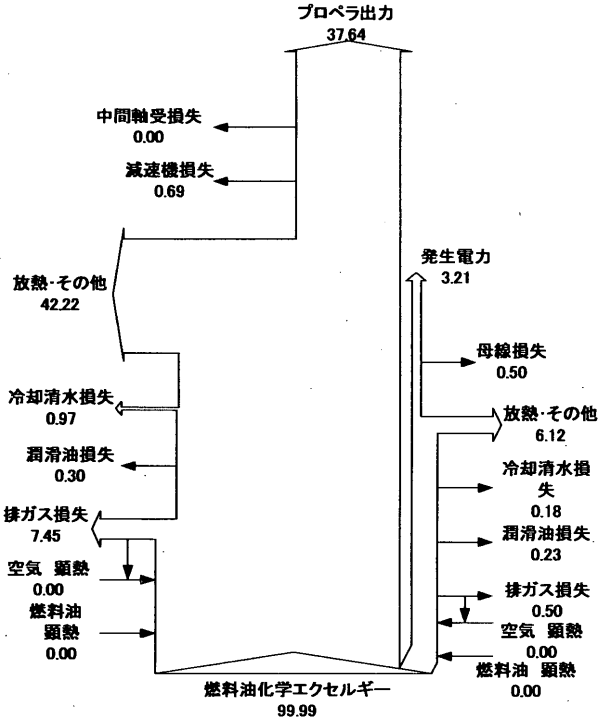

図6. 主機使用時におけるサンキダイアグラム
(79%負荷、エクセルギー評価)

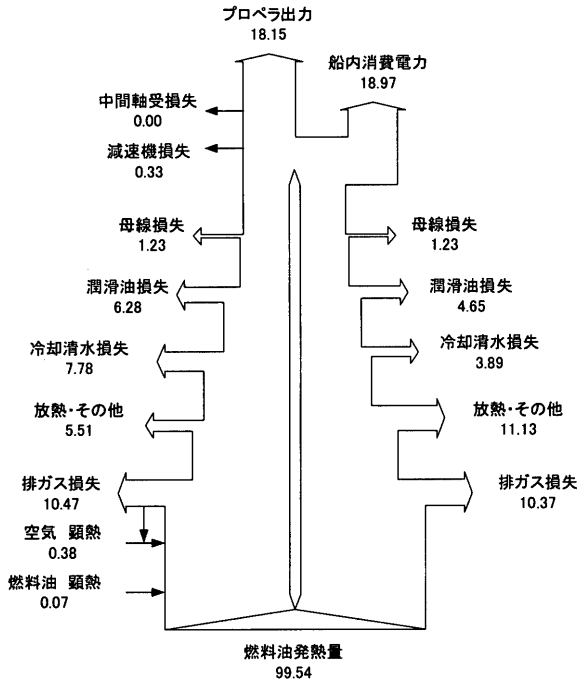

図 7. 電気推進時におけるサンキダイアグラム
(64%負荷、熱量評価)

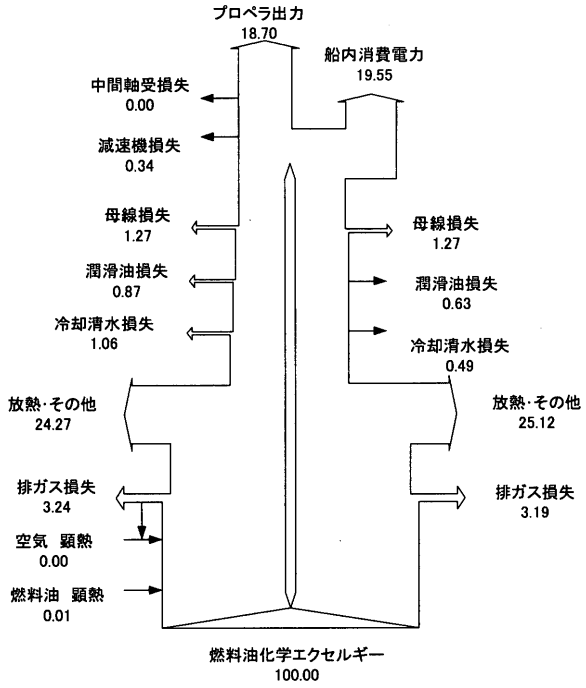

図 8. 電気推進時におけるサンキダイアグラム
(64%負荷、エクセルギー評価)

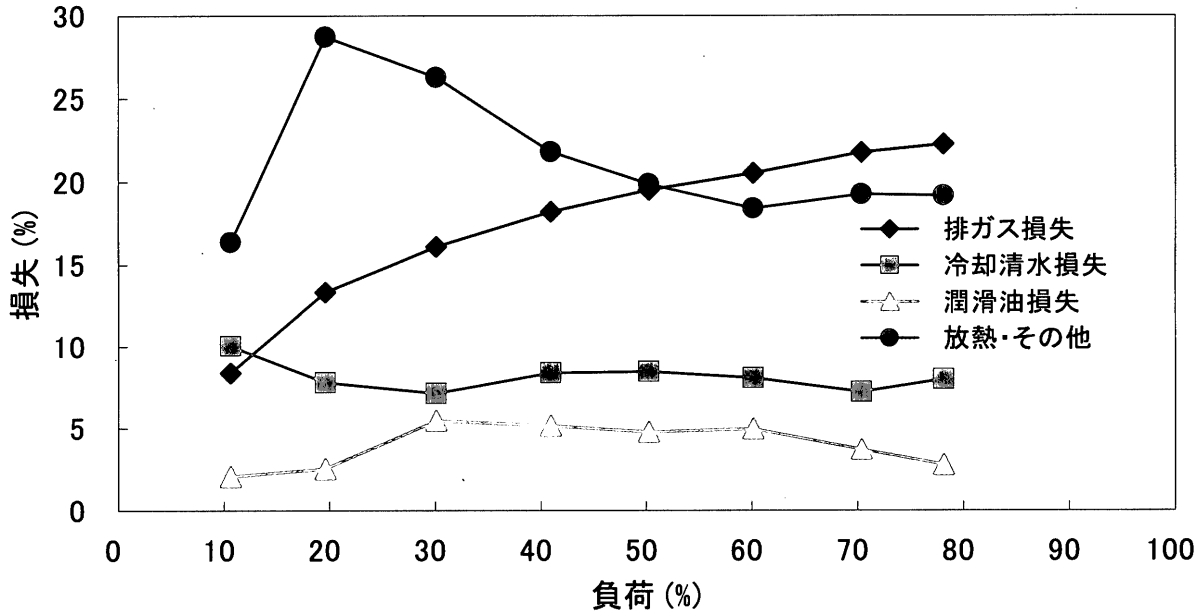

図 9.ディーゼル主機使用時における主機系各損失変化
(熱量評価)

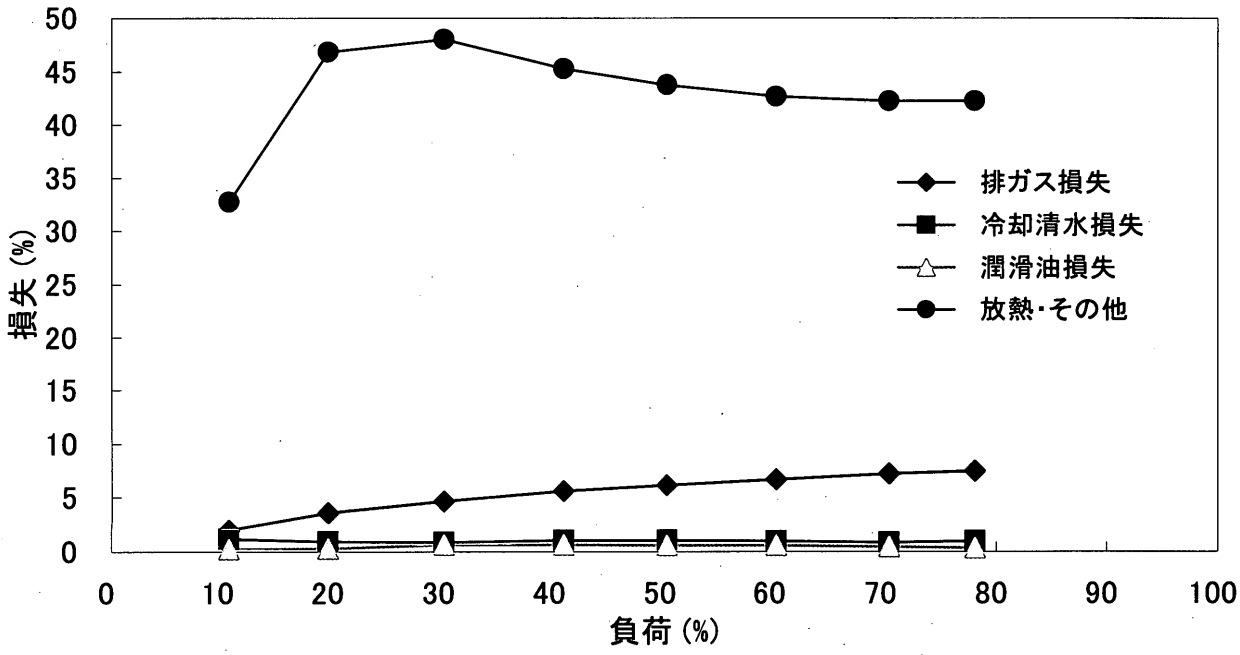

図 10.ディーゼル主機使用時における主機系各損失
(エクセルギー評価)

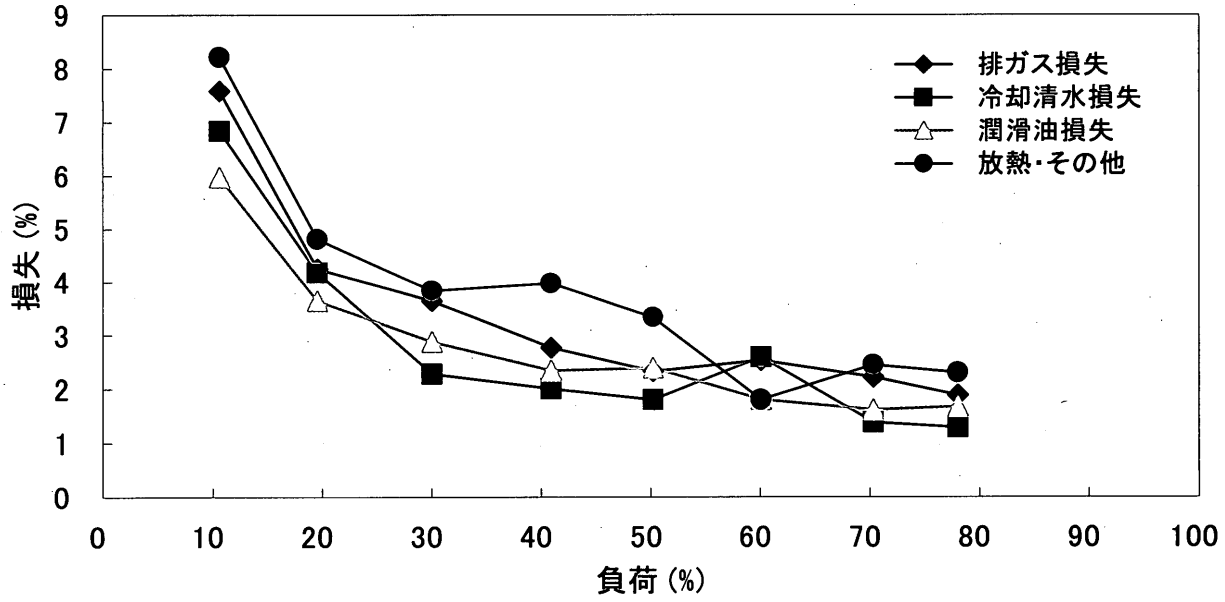

図 11.ディーゼル主機使用時における発電機系各損失変化
(熱量評価)

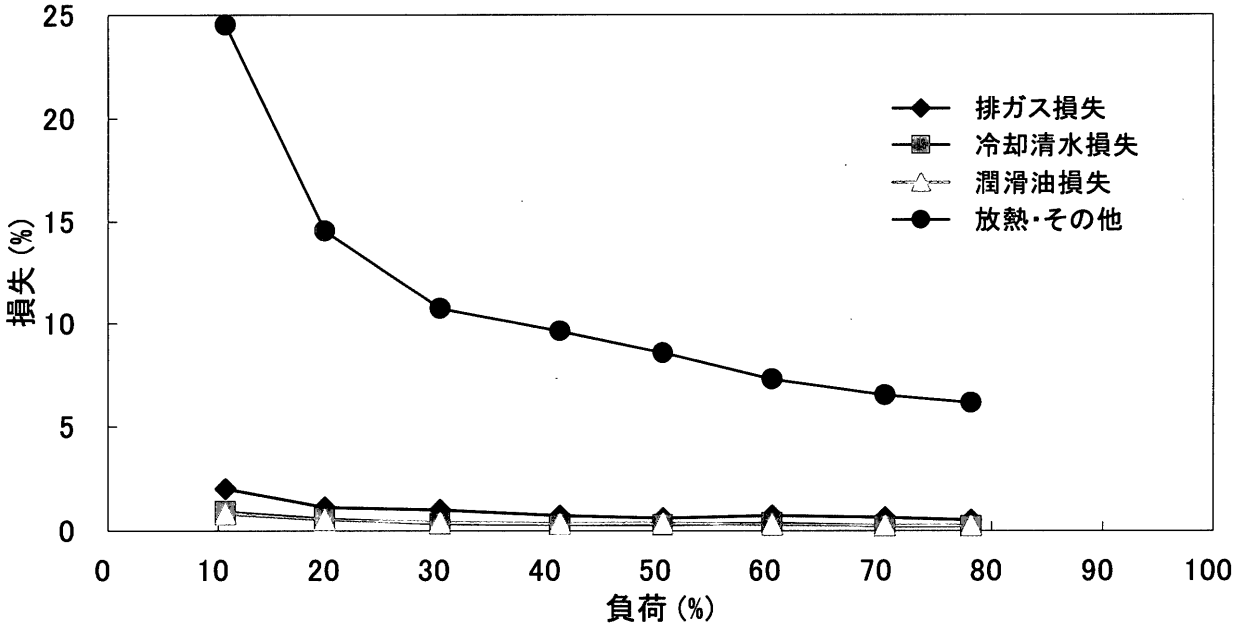

図 12.ディーゼル主機使用時における発電機系各損失変化
(エクセルギー評価)

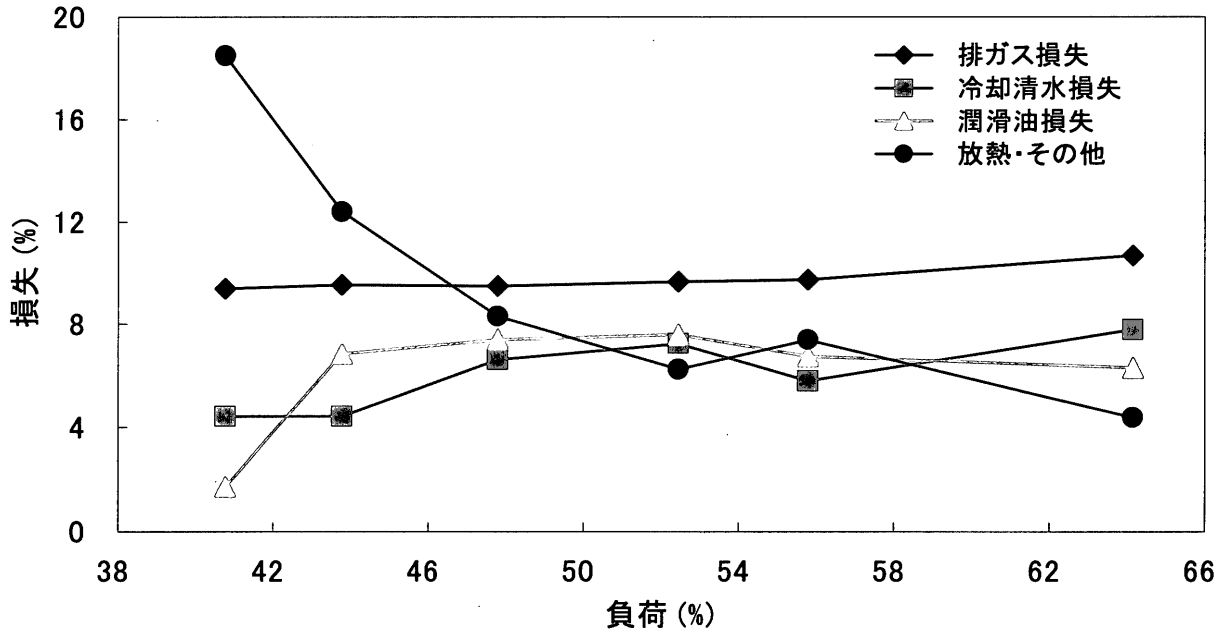

図 13.非常用電気推進使用時における 1 号発電機系各損失変化
(熱量評価)

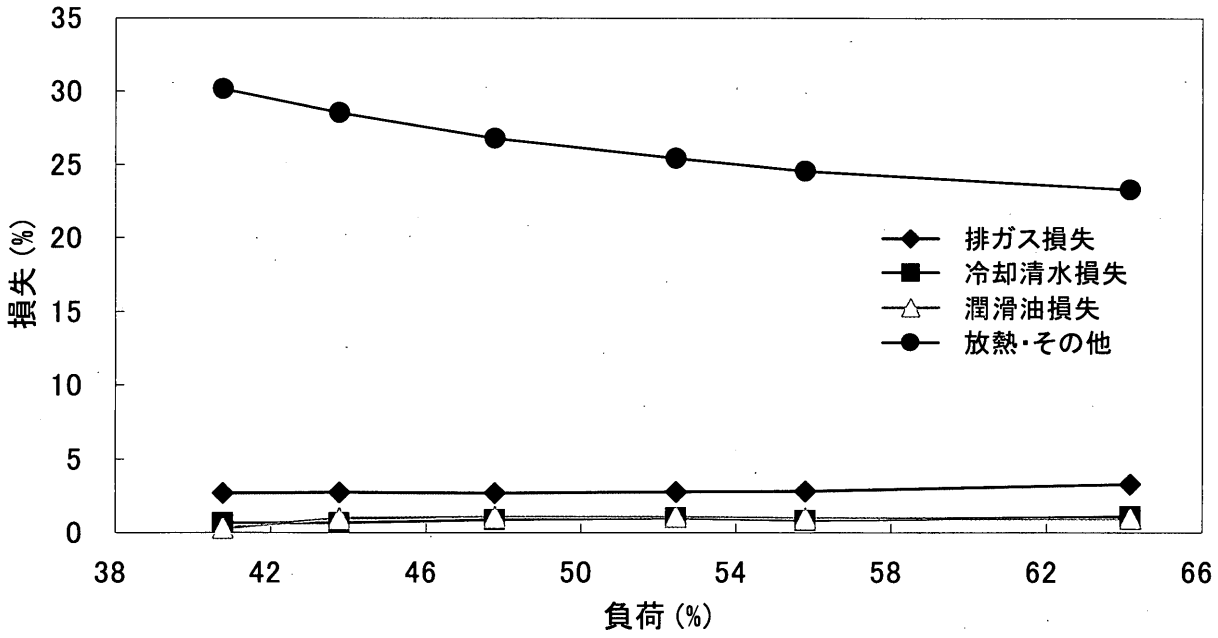

図 14.非常用電気推進使用時における 1 号発電機系各損失変化
(エクセルギー評価)

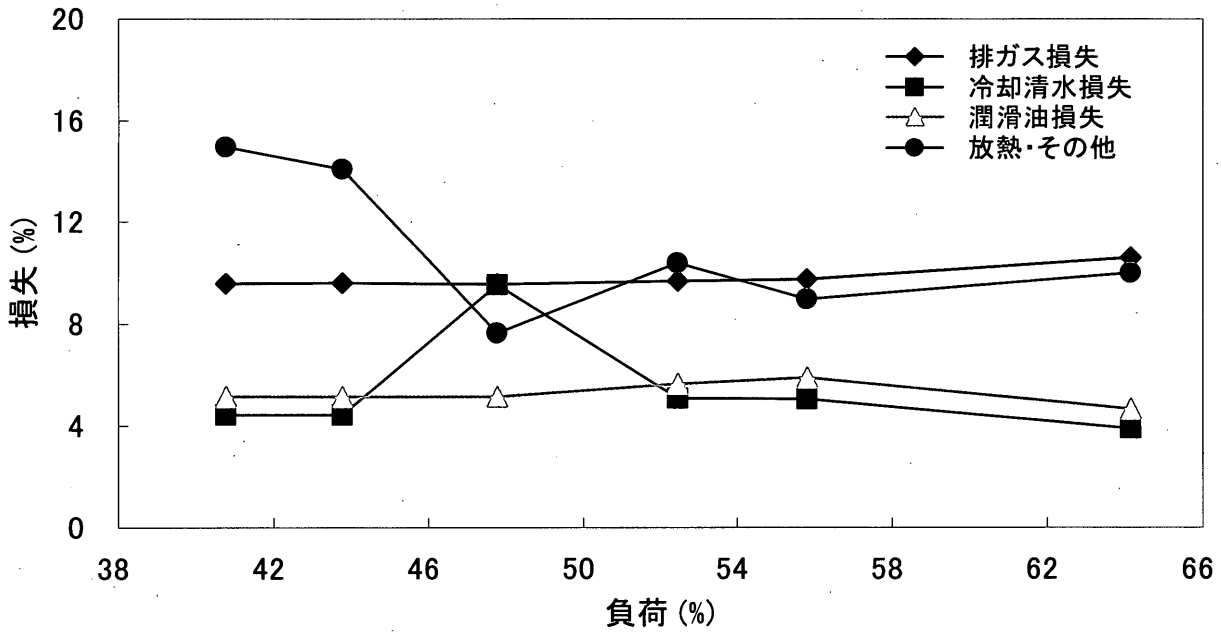

図 15.非常用電気推進使用時における 2 号発電機系各損失変化
(熱量評価)

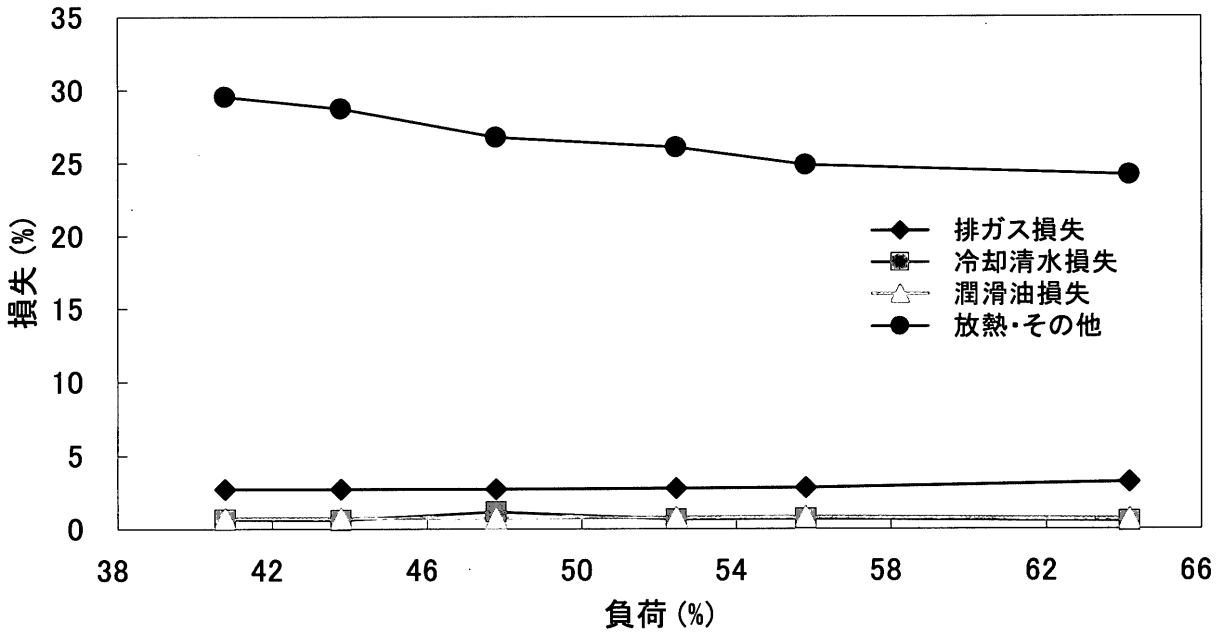

図 16.非常用電気推進使用時における 2 号発電機系各損失変化
(エクセルギー評価)

5.考察

従来、熱エクセルギーと熱量との比を有効比と呼び、入ってきた熱量に対してどのくらい熱エネルギーが有効に使われているかを示す値であるが、新しく熱エクセルギー損失と熱量損失との比を損失比と呼ぶことにすると、その定義は入ってきた熱量に対してどのくらい熱エネルギーが有効に使われなかったかを示す値である。その損失比の一番大きなものは排ガス損失で、冷却清水損失、潤滑油損失に比べて約 2〜3 倍の値になる。

今回の計測で排ガス損失が大きくなった原因として過給機出口温度が高くなっていることが挙げられる。この出口温度が高くなった原因として二つ考えられる。まず一つは船齢が高いため、それに伴って年々燃焼状態が悪くなって燃焼温度が高くなったと考えられる。また、二つ目の原因として過給機で熱交換がうまく行われていない可能性が考えられる。近年特に排ガスについては環境に悪影響を及ぼす NO_x、SO_x 等の問題が指摘されている。この問題も考慮すると排ガス損失の損失低減は一番重要な課題である。

損失の割合を低減するには二つの方法が考えられる。まず一つは入口温度を基準温度 T_0 に近づける。すなわち、低温熱源に捨て去る熱量を低減すればよい。そして、二つ目は入口温度と出口温度の差を小さくする。このことは特に出口温度の高い排ガス損失について考慮すべき事項である。

図 17 に「深江丸」の経年変化についての結果を示す。効率 η については次式で定義した。

$$\eta = \frac{\text{プロペラ軸端での出力}}{\text{プラントへの全流入熱量}}$$

主機効率曲線から負荷 30%までにかけて前回よりも効率が上がっているのは、解析で用いているのは燃料 1kg 当りの量として算出しているので、燃料の流量計が正しく流量を計測できなかったためであると考えられる。負荷 10%を例とすると、今回計測した燃料の流量は前回計測した流量の約半分である。

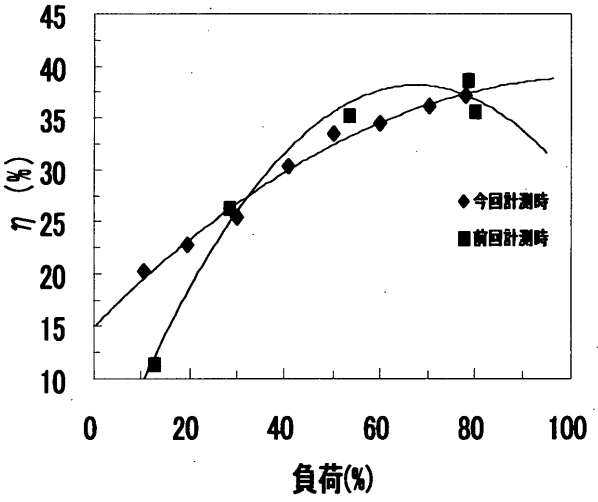

図 17.　主機熱効率曲線

6.あとがき

結論として、エクセルギー解析で損失が大きくなった理由等を考え、損失を増やさないための措置や防護策を考えることができる。また流量計に対する推察を例として各計器の異常も知ることができ、定期検査以外に検査を実施する目安になる。機関保守の観点からも継続して解析を行う必要性がある。

7.参考文献

1)Z.Rant,Forschung, Bd. 22, Heft 1, p36～37 (1956).

2)Z.Rant,Zur Bestimmung der spezifischen Exergie von Brennstoffen,Allg. Wärmetech. 10 : 172 (1961).

3)石谷清幹,熱管理士教本,共立出版,(1977).

4)押田勇雄,エクセルギー講義,共立出版, (1986).