

船舶の L C A のための運航データ解析

環境・エネルギー研究領域

* 平岡克英、亀山 道弘

1. はじめに

船舶のライフサイクル全体での環境影響を評価する (L C A) 方法を作成するために、平成 13 年度より地球環境保全等試験研究費に基づいて「船舶への L C A の適用研究」を実施してきた。本報告は船舶の L C A の基本となる L C I (ライフサイクル・インベントリ) 分析に必要な運航条件の調査に関するものである。

船舶輸送における L C I 分析では環境影響物質である排出ガス量を算出する場合に、要目表運航性能などをもとにした燃料消費量から推定されることが多い。しかし、実際の運航状況は要目性能と異なること、さらに船種、サイズ、船齢などによっても運行状況が異なることが考えられる。そこで本研究では船社殿に運航データとしてアブストラクトログをご提供いただき、実際の運航状況について分析することにした。

これまで、我が国の主要輸入品である石油と石炭を輸送する大型タンカー (V L C C 、 A F R A M A X) と大型撒積貨物船、一般貨物を輸送する大型コンテナ船、および主要輸出品である自動車専用輸送する P C C 船の 5 隻を調査し、その運航概要はすでに報告した^{1) 2)}。今回は、新たな船種として L N G 船、船のサイズの影響を調査するために既報のものより小型の撒積貨物船とコンテナ船の運航状況を調査した。以下に調査結果を報告する。

2. 調査概要

2.1 L N G 船

表 1 に今回調査した L N G 船の要目を示す。今回調査した船の就航は 1993 年 3 月で、1998 年 12 月現在 122 航海次を済ませている。この間 1995 年 5 月と 1997 年 7 月の 2 回、約 2.2 年間隔で入渠している。インド

表 1 L N G 船の概要

LNG船主要目	
総トン数 (GT)	106,151 T
満載排水量 (Δ)	97,462 Mt
載荷重量 (DW)	67,554 Mt
軽荷重量 (LT)	29,908 Mt (推定)
載荷容積	127,550 m ³
液荷比重	0.530 t / m ³
満載航海速力	19.3 kt
主機関	
連続最大出力 (MCR)	32,000 PS x85rpm (23536 kW)
常用出力	100 %MCR xrpm
燃料消費率	276 g/kW・h (C 重油) 156 t / day
発電機	
ディーゼル発電機 (D / G)	1,380 kW x1 台
燃料消費率	200 g/kWh (C 重油)
ターボ発電機 (T / G)	2,500 kW x2 台
ボイラ	
蒸発容量 MAX	55 t/h x2 台
常用	50 t/h

表 2 L N G の揚荷地と平均航海距離

揚荷地	航海数	平均航海距離		Detour 時距離	
		(mile)	(航海数)	(mile)	
大阪	72	2,449	(63)	2,539	2,653
姫路	13	2,499	(12)	2,839	-
知多	5	2,517	(5)	-	-
袖ヶ浦	30	2,575	(27)	2,642	2,722
扇島	2	2,591	(2)	-	-
全航海	122	2,502	-	-	-

ネシアのパダック (ボンタン港) から日本各地へ L N G を輸送する船で、表 2 に揚荷地と平均航海距離を示す。多くの航海はほとんど同じ航海距離を示すが、10 % 程度の航海次で航海距離が長くなる航海 (表 2 では Detour と示す) がある。全航海の平均航海距離は約 2,500 mile である。

図 1 と図 2 に各航海次の航海時間を示す。往航は 6 日から 8 日の航進時間で航海し、入港時間調整のためのドリフティング (漂流) がしばしば行われ、時には 1 週間程度のドリフティングが行われる。復航は 6 日ないし 7 日の航進時間で航海し、ドリフティングはほとんど行われ

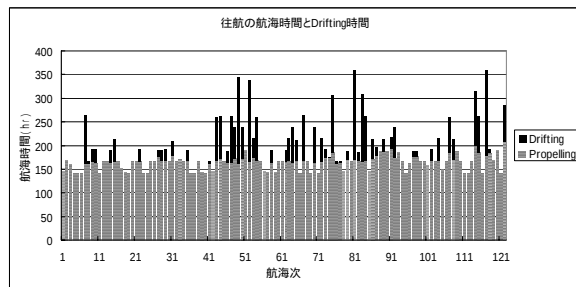


図1 LNG船の航海次毎の航海時間(往航)

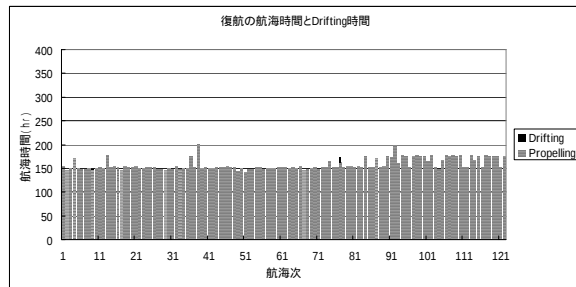


図2 LNG船の航海次毎の航海時間(復航)

表3 LNG船の平均航海時間

		航進	漂流	港内	合計	備考	
						漂流頻度	漂流時間
往航	hr	164.2	26.2	20.3	210.7	47%	56.1
	d	6.8	1.1	0.8	8.8	-	-
復航	hr	157.5	0.1	24.7	182.4	1.6%	7.3
	d	6.6	0.0	1.0	7.6	-	-

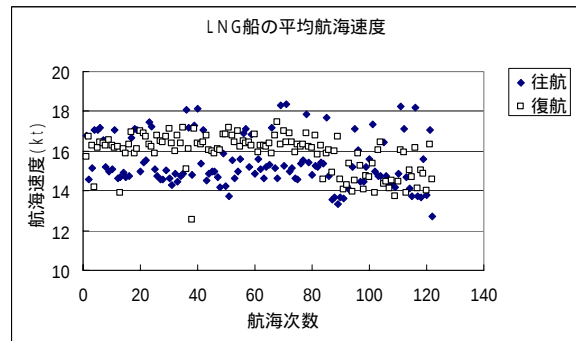


図3 LNG船の平均航海速度

表4 平均プロペラ回転速度と平均航海速度

		全航海平均	通常航海	減速航海
平均回転速度 (rpm)	往航	67.3	74.8 (32)	64.4 (90)
	復航	74.1	75.6 (92)	69.6 (30)
平均速度 (kt)	往航	15.4	17.3 (32)	14.7 (90)
	復航	15.9	16.2 (92)	14.9 (30)

表5 1航海平均燃料消費量

		単位: ton			
往航	FO	340.8	11.2	8.5	360.6
	BOG	302.5	14.2	27.7	344.4
	DO	-	-	0.4	0.4
復航	FO	375.1	33.2	0.1	408.4
	BOG	383.0	6.1	0.2	389.4
	総計	1,401.4	64.8	36.9	1,503.1
合計	FO + DO	715.9	44.4	9.0	769.3
	BOG	685.5	20.4	27.9	733.8

注) BOGは発熱量(1.17倍)で換算したFO等価量

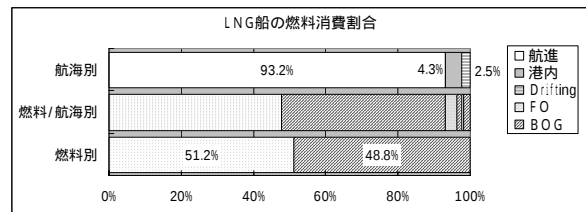


図4 LNG船の1航海平均燃料消費割合

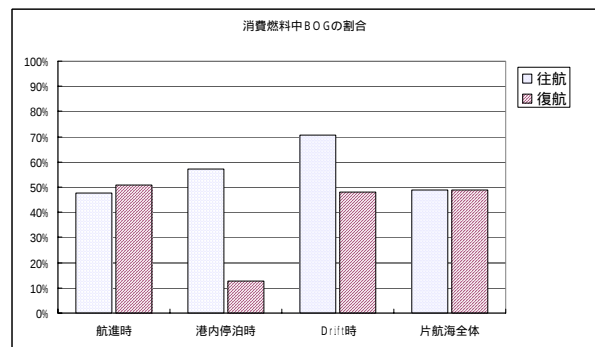


図5 平均消費燃料中BOG消費割合(熱量基準)

表6 LNG船の主ボイラ平均負荷率

	航海時	港内	Drift
往航	61.0%	19.4%	20.8%
復航	74.5%	24.5%	35.6%

ない。表3に全航海平均の航海時間を示す。大まかに言って、片航海7日、港内滞在1日、往航漂流時間1日である。図3に平均航海速度を、表4に平均プロペラ回転速度と平均航海速度を示す。往航の平均速度は高いグループ(通常航海と呼ぶ)と低いグループ(減速航海と呼ぶ)の2つに分かれる。復航の平均速度は2度目のドック後の93航次以降は減速航海している。

表5に1航海平均燃料消費量を示す。FOはC重油、DOはA重油、BOGはボイルオフガスである。BOGは燃料の発熱量で換算してFO等価量で示している。1航海1500tの燃料油消費量は、積載貨物LNGの約2%に相当する。図4に1航海平均で消費される燃料油とBOGの消費割合、図5に消費燃料に占めるBOGの消費割合を示す。航進中の燃料消費量が93%を占め、燃料油とBOGの消費割合はほぼ50%で等しい。往航の港内停泊時およびドリフティング時のBOGの消費割合が平均より高い。

表6に主ボイラの平均負荷率を示す。平均負荷

率は時間あたり燃料消費量の主機関常用出力時における燃料消費率に対する割合である。航海中のボイラの平均負荷率は各航海次によって約50%～90%と幅広く変動するが、全航海平均では往航が約60%、復航が約75%となる。停泊中およびドリフティング中は約20%程度である。

表7にLNG輸送量あたり燃料消費量を示す。全航海においてタンク容積の98%積載されるものとしてLNG輸送量を算出した。単位輸送量あたりのFO消費量は10g/t・mileで、ほぼコンテナ船程度の消費率である。

2.2 撒積貨物船

表8に既報で調査した船(B140と呼ぶ)と今回調査した船(B90と呼ぶ)の要目を示す。両船ともに石炭専用船で、主として豪州、北米で積荷し、日本の発電所向けに輸送している。B140の就航は1990年7月、2000年6月までに93航海次を経ている。この間が入渠は3回行っている。解析用に入手できたデータは57航海分である。B90の就航は1995年5月、2000年12月までに57航海次を経ており、入渠はほぼ2年に1回行っている。

B140をB90と比較すると、満載航海速度はほぼ同じ、載貨重量は1.56倍、連続最大出力は1.12倍である。

表9に全航海平均の運航状況を示す。B140の積荷地に南アフリカ、B90の積荷地に中国が入っているためB140の航走距離、航海時間が多少長くなっているが、航走時間と停泊時間の割合、航走速度などはほぼ同じである。平均積載率もほぼ満載状態で等しい。

表10に燃料油と潤滑油の一航海あたりの機関

表7 LNG輸送量あたり燃料消費量

載荷容積	127,550	m ³
積載率	98%	
LNG比重量	468.5	kg / m ³
LNG輸送重量	58,557	t
平均輸送距離	2,502	mile
輸送量	146.5	百万t・mile
BOG消費量	627.2	t
対LNG輸送量比	1.1%	
等価FO総消費量	1,503	t
等価FO消費量/輸送量	10.3	g / t・mile

表8 撒積貨物船の概要

船名記号		B90	B140	相対比*
総トン数(GT)	T	58,098	84,565	1.46
満載排水量(Δ)	Mt	106,337	161,829	1.52
載貨重量(DW)	Mt	91,443	142,235	1.56
貨物倉容積	m ³	118,600	181,689	1.53
満載航海速度	kt	14.0	13.7	0.98
主機関				
連続最大出力(MCR)	PS × rpm	14,700 × 95	16,500 × 70	
常用出力	kW	10,812	12,136	1.12
燃料消費率	%MCR × rpm g/PSH(C重油) t/h t/mile	90 × 91.7 127.3	85 × 66.3 127.3	1.00
発電機				
ディーゼル発電機(D/G)	kW × 台	530 × 3	680 × 3	1.28
燃料消費率	g/kWh(C重油)	218	218	
ターボ発電機(T/G)	kW × 台	-	-	
軸発電機(S/G)	kW × 台	-	-	
補助ボイラ				
蒸発容量	t/h	1.7	1.5	0.88
燃料消費率	t/h(C重油)	0.131	0.116	

*)相対比=(B140/B90)

表10 撒積貨物船の一航海平均油類消費量

船名記号	機関・機器	C重油			ディーゼル油			潤滑油	
		一航海	航走時	停泊時	一航海	航走時	停泊時	シリンドラ油	システム油
B90	Total	1075.9	1046.2	29.8	8.8	3.0	5.9	10.7	2.3
		100.0%	97.2%	2.8%	100.0%	33.7%	66.3%		
	Main Engine	997.8	994.5	3.3	4.3	1.0	3.3	10.7	1.9
		92.7%	92.4%	0.3%	48.7%	11.1%	37.6%		
	Diesel Generator	63.6	48.9	14.7	4.5	2.0	2.5	-	0.4
B140		5.9%	4.5%	1.4%	51.3%	22.5%	28.7%		
	Aux. Boiler	14.5	2.7	11.8	-	-	-	-	-
		1.3%	0.3%	1.1%	-	-	-	-	-
	Total	1261.5	1212.3	49.2	4.0	1.9	2.1	13.8	6.4
		100.0%	96.1%	3.9%	100.0%	47.2%	52.8%		
B140	Main Engine	1150.4	1147.0	3.4	0.4	0.0	0.3		
		91.2%	90.9%	0.3%	8.8%	1.2%	7.6%	13.8	3.4
	Diesel Generator	85.6	64.9	20.7	3.7	1.8	1.9	-	3.0
		6.8%	5.1%	1.6%	91.2%	46.0%	45.2%	-	
	Aux. Boiler	25.5	0.4	25.1	-	-	-	-	-
		2.0%	0.0%	2.0%	-	-	-	-	-

表9 撒積貨物船の平均航海状況

船名記号	航海方向	航走距離 (Distance run OG) miles	航海時間 (合計) hr	航走時間 (Hours under Weigh) hr	停泊時間 (Hours in port) hr	航進時間 (Hours Propelling) hr	航進時間 / 航走時 間	航走速度 (OG/HUW)) kt	平均排水 量率 (Δ) %	平均積載 率(D W) %	貨物輸送 量(Mt- mile)
B90	空荷航走(Ballast)	4,227	416	291.9	124.4	289.0	0.989	14.5	54.4%	-	-
	積荷航走(Laden)	4,225	433	320.7	112.7	316.0	0.985	13.2	98.9%	97.0%	374.6
	一航海(合計)	8,452	850	612.6	237.1	605.0	0.988	13.8	-	-	-
		-	100%	72%	28%	-	-	-	-	-	-
B140	空荷航走(Ballast)	4,517	467	322.9	144.6	320.2	0.992	14.0	47.7%	-	-
	積荷航走(Laden)	4,588	498	362.7	134.9	359.9	0.992	12.6	97.8%	96.3%	628.2
	一航海(合計)	9,105	965	685.6	279.4	680.1	0.992	13.3	-	-	-
		-	100%	71%	29%	-	-	-	-	-	-

表 1 1 に単位時間あたり燃料消費量から算出したエンジンと補助ボイラの平均負荷率を示す。主機関の平均負荷率は常用出力の負荷率より 5 % 低い 8 0 % ~ 8 5 % 程度で、積荷航海と空荷航海との差はない。ディーゼル発電機は航走時も停泊時も単機定格出力の約 6 0 ~ 7 0 % 程度である。補助ボイラは航走時にはほとんど使用されず、停泊時に B 9 0 では負荷率約 4 0 %、B 1 4 0 では約 8 0 % で運転されている。

表 1 2 に輸送量当たりの油類消費量を示す。B 9 0 の輸送量当たりの油類消費量は B 1 4 0 の 1 . 4 3 倍であるが、積載率がほぼ満載、満載航海速度がほぼ同じ、連続最大出力が 1 . 1 2 倍、載貨重量が 1 . 5 6 倍であることから妥当な値である。

2 . 3 コンテナ船

表 1 3 に既報で調査したコンテナ船 (C 6 1 0 0 と呼ぶ) と今回調査した船 (C 4 7 0 0 と呼ぶ) の要目を示す。C 6 1 0 0 は搭載コンテナ数 6 1 0 0 個 (T E U : 2 0 フィート換算コンテナ) の大型コンテナ船で、その就航は 1 9 9 8 年 1 月、2 0 0 0 年 6 月現在で 1 8 航海次をすましており、入渠は 2 回行っている。C 4 7 0 0 は搭載コンテナ数 4 7 0 0 個で、就航は 1 9 9 5 年 2 月、2 0 0 0 年 1 2 月現在 4 4 航海次、入渠 2 回をすましている。

C 6 1 0 0 は C 4 7 0 0 に対して、満載航海速度はほぼ同じで、コンテナ搭載数と載貨重量が 1 . 3 倍、連続最大出力が 1 . 2 1 倍である。

両船は、北米航路と欧州航路に就航しており、その主な寄港パターンを表 1 4 に示す。航海次毎の寄港パターンはすべて同じではないが、もっとも多い寄港パターンの航海データをもとに平均的な運航状況を算出した。その結果を表 1 5 に示す。北米航路の航走距離が C 6 1 0 0 と C 4 7 0 0 とで異なるのは、前者が東南アジア、後者が香港をターミナルとしているためである。航海時間に占める停泊時間の割合は、1 港あたりの停泊時間は 1 日程度と短くても寄港数が多いため長くなり、撒積貨物船と同程度の約 2 5 % 程度になる。航走時の航海速度はほぼ満載航海速度と同じである。

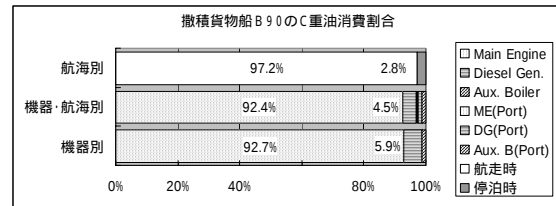


図 1 0 撒積貨物船の一航海平均 C 重油消費割合

表 1 1 撒積貨物船のエンジン平均負荷率

船名記号	航 海	航走時			停泊時		
		Main Engine % MCR	Diesel Generator % Max	Aux. Boiler % Max	Main Engine % MCR	Diesel Generator % Max	Aux. Boiler % Max
B90	空荷航走	86.8%	74.7%	3.8%	2.0%	77.8%	37.1%
	積荷航走	86.9%	70.1%	2.9%	1.7%	59.7%	37.9%
B140	空荷航走	79.1%	67.4%	0.5%	0.6%	64.5%	76.1%
	積荷航走	79.5%	63.6%	0.5%	0.6%	51.7%	78.4%

表 1 2 撒積貨物船の輸送量当り油類消費量

油類種別消費量	単位	B90		B140	
C 重油	ton	1,076	98.0%	1,261.5	98.1%
ディーゼル油	ton	9	0.8%	4.0	0.3%
Cylinder Oil	ton	11	1.0%	13.8	1.1%
System Oil	ton	2	0.2%	6.4	0.5%
全油種合計消費量	ton	1,098	100.0%	1,285.8	100.0%
1 航海輸送量	Mt-mile	375		628	
油類消費量 / 輸送量	g/t-mile	2.93		2.05	
相対比 (B90/B140)	-	1.43		1.00	

表 1 3 コンテナ船の概要

船名記号		C 4 7 0 0	C 6 1 0 0	相対比
総トン数 (GT)	T	60,117	76,847	1.28
満載排水量 (Δ)	Mt	87,050	110,715	1.27
軽荷重量 (LT)	Mt	24,036	28,440	1.18
載貨重量 (DW)	Mt	63,014	82,275	1.31
コンテナ搭載数	TEU	4,743	6,148	1.30
コンテナ平均載貨重量	t/TEU	13.3	13.4	1.01
満載航海速度	kt	23.5	23.0	0.98
主機関				
連続最大出力 (MCR)	PS x96.8rpm	59,307	72,000	1.21
	kW	43,620	52,956	
常用出力	%MCR	85	85	
燃料消費率	g/PSH (C 重油) 推定	130	130	1.00
発電機				
ディーゼル発電機 (D / G)	kW x4 台	1,600	2,100	1.31
燃料消費率	g/kWh (C 重油)	212	212	
ターボ発電機 (T / G)	kW x1 台	1,500	1,500	1.00
軸発電機 (S / G)	kW x1 台	800	1,500	1.88
補助ボイラ				
蒸発容量	t/h x0.9MPa	13	13	1.00
燃料消費率	t/h (ボイラ効率 80%)	1.01	1.01	
排ガスエコマイザ				
蒸発容量 (高圧)	t/h	8.5	4.85	0.57
蒸発容量 (低圧)	t/h	1.8	4.16	2.31

*) 相対比 = (C 6 1 0 0 / C 4 7 0 0)

表 1 4 コンテナ船の寄港パターン

Voyage	寄港地名			
	北米航路		欧州航路	
	C 4 7 0 0	C 6 1 0 0	C 4 7 0 0	C 6 1 0 0
Outward	Hong Kong	Port Kelang	Kobe	Kobe
	Kaohsiung	Singapore	Nagoya	Nagoya
	Los Angeles	Yantian	Tokyo	Tokyo
	↓	Hong Kong	Shimizu	Shimizu
	↓	Long Beach	Singapore	Singapore
	↓	↓	Southampton	Southampton
Homeward	Los Angeles	Long Beach	Southampton	Southampton
	Oakland	Kaohsiung	Rotterdam	Rotterdam
	Tokyo	Hong Kong	Hamburg	Hamburg
	Nagoya	Yantian	Rotterdam	Rotterdam
	Kobe	Singapore	Southampton	Le Havre
	Hong Kong	Port Kelang	Jeddah	Singapore
	↓	↓	Colombo	Kobe
	↓	↓	Port Kelang	↓
	↓	↓	Singapore	↓
	↓	↓	Kaohsiung	↓
同寄港パターン数	17 (9) *	9	7 (6)	4
全航海数	24	10	20	6

*) () 内の数字は平均輸送量算出に使用したデータ数。

コンテナ T E U 基準の平均積載率は 7 0 % ～ 8 5 % であるが、載貨重量 D W 基準の平均積載率は北米航路で 4 0 %、欧州航路で 6 0 % と小さい。

表 1 6 に燃料油と潤滑油の一航海あたりの平均消費量を示す。また、図 1 1 に C 4 7 0 0 の欧州航路における 1 航海平均の C 重油消費割合を、図 1 2 に C 6 1 0 0 のそれを示す。C 重油の消費割合では主機関が 9 4 ～ 9 5 % 程度、補助ボイラが 3 ～ 5 % 程度である。ディーゼル発電機による消費が少なく、補助ボイラの消費が多いが、これはコンテナ船が軸発電機とターボ発電機を有しており、航海中は排ガスエコノマイザで得た蒸気によってターボ発電機を運転するとともに軸発電機を運転するのでディーゼル発電機の利用が少ないことと、停泊中は補助ボイラを使用してターボ発電機を運転するためである。

表 1 7 に時間あたり燃料消費量から算出したエンジンと補助ボイラの平均負荷率を示す。ディーゼル発電機は単機定格出力に対する平均負荷率である。主機関は C 4 7 0 0 が約 6 5 %、C 6 1 0 0 が約 7 5 % で常用出力の負荷率 8 5 % より低い。ディーゼル発電機と補助ボイラは停泊中では、7 0 % 程度の平均負荷率になるが、航海中の平均負荷率は非常に低い。

表 1 8 に 1 航海あたりの燃料・潤滑油の消費量と単位輸送量あたりの油類消費量を示す。C 重油の消費割合が 9 8 %、シリンダ油が約 1 % を占めるのは他の船種と同様である。輸送量あたり油類消費割合は北米航路の積載率が低いので約 1 . 5 倍大きい。C 4 7 0 0 の輸送量あたり油類消費割

表 1 6 コンテナ船の油類平均消費量

航路	船名記号	機関・機器	C 重油			ディーゼル油			潤滑油	
			一航海	航海時	停泊時	一航海	航海時	停泊時	シリンダ油	システム油
北米航路	C 4 7 0 0	Total	3,365 100.0%	3,119 92.7%	245 7.3%	14.0 100.0%	0.8 5.6%	13.2 94.4%	46.7	4.3
		Main Engine	3,172 94.3%	3,097 92.0%	75 2.2%	0.2 1.2%	0.0 0.0%	0.2 1.2%	46.7	4.0
		Diesel Generator	41.7 1.2%	22.7 0.7%	19.1 0.6%	13.9 98.8%	0.8 5.6%	13.1 93.2%	-	0.33
		Aux. Boiler	151.4 4.5%	0.1 0.0%	151.3 4.5%	-	-	-	-	-
	C 6 1 0 0	Total	5,463.0 100.0%	5,203.2 95.2%	259.8 4.8%	17.6 100.0%	4.5 25.4%	13.1 74.6%	57.6	10.0
		Main Engine	5,181.4 94.5%	5,134.4 94.0%	27.0 0.5%	6.9 39.1%	1.8 10.1%	5.1 29.0%	57.6	9.6
		Diesel Generator	113.2 2.1%	59.1 1.1%	54.1 1.0%	10.7 60.9%	2.7 15.4%	8.0 45.5%	-	0.4
		Aux. Boiler	168.4 3.4%	9.7 0.2%	178.7 3.3%	-	-	-	-	-
	C 4 7 0 0	Total	6,043 100.0%	5,572 92.2%	471 7.8%	21.5 100.0%	2.8 12.9%	18.7 87.1%	71.9	6.8
		Main Engine	5,674 93.9%	5,551 91.9%	123 2.0%	2.6 12.3%	0.0 0.0%	2.6 12.3%	71.9	6.7
		Diesel Generator	77.2 1.3%	17.3 0.3%	59.9 1.0%	18.8 87.7%	2.8 12.9%	16.1 74.7%	-	0.04
		Aux. Boiler	291.5 4.8%	3.3 0.1%	288.2 4.8%	-	-	-	-	-
欧州航路	C 6 1 0 0	Total	7,629.4 100.0%	7,292.8 95.6%	336.6 4.4%	61.9 100.0%	23.4 37.9%	38.4 62.1%	82.9	11.0
		Main Engine	7,280.1 95.4%	7,208.5 94.5%	71.6 0.9%	2.4 2.2%	0.2 0.3%	1.2 1.9%	82.9	9.9
		Diesel Generator	122.4 1.6%	68.8 0.9%	53.6 0.7%	60.5 97.8%	23.2 37.6%	37.3 60.3%	-	1.1
		Aux. Boiler	226.9 3.0%	15.5 0.2%	211.4 2.8%	-	-	-	-	-

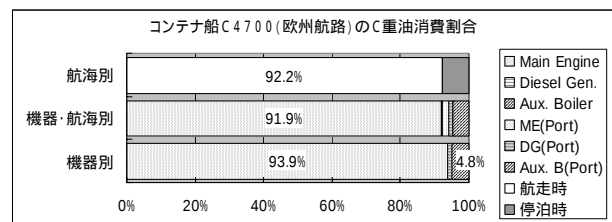


図 1 1 C 4 7 0 0 の C 重油消費割合

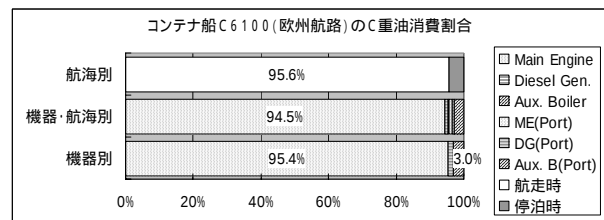


図 1 2 C 6 1 0 0 の C 重油消費割合

表 1 5 コンテナ船の平均航海状況

航路	船名記号	航海方向	航走距離 (Distance run OG) miles	航海時間 (合計) hr	航走時間 (Hours under Weigh) hr	停泊時間 (Hours in port) hr	航進時間 (Hours Propelling) hr	航進時間 / 航走時間	航走速度 (OG/HUW) kt	航進速度 (OG/HP) kt	平均積載率 (T E U) %	平均積載 率 (D W) %	コンテナ 輸送量 (Mt- mile)	正味貨物 輸送量 * (Mt- mile)
北米航路	C 4 7 0 0	Outward	6,452	348	283.4	64.3	273.5	0.965	22.8	23.6	84.9%	49.7%	202.1	153.8
		Homeward	6,582	494	349.4	145.0	297.1	0.851	18.8	22.2	55.5%	31.0%	128.4	91.1
		Round trip	13,034	842	632.7	209.3	570.6	0.902	20.6	22.8	70.0%	40.2%	330.5	244.9
	C 6 1 0 0	Outward	8,201	440	360.0	80.1	348.2	0.967	22.8	23.6	75.5%	41.3%	278.6	207.8
		Homeward	8,468	520	375.4	192.0	359.1	0.957	22.6	23.6	76.3%	43.1%	300.1	226.2
		Round trip	16,669	1,031	735.4	272.0	707.4	0.962	22.7	23.6	75.9%	42.2%	578.7	434.0
欧州航路	C 4 7 0 0	Outward	11,235	670	520.3	149.9	491.3	0.944	21.6	22.9	89.9%	51.5%	364.9	275.8
		Homeward	11,613	835	580.0	255.5	517.4	0.892	20.0	22.4	79.2%	66.2%	484.5	403.4
		Round trip	22,848	1,506	1,100.3	405.4	1,008.7	0.917	20.8	22.7	84.4%	59.0%	849.4	679.2
	C 6 1 0 0	Outward	11,425	656	504.9	150.6	469.4	0.930	22.6	24.3	84.0%	56.0%	526.7	417.0
		Homeward	11,755	680	535.1	144.9	491.6	0.919	22.0	23.9	73.4%	62.8%	606.9	508.2
		Round trip	23,179	1,336	1,040.1	295.5	961.0	0.924	22.3	24.1	78.6%	59.4%	1,133.6	925.1

*) 1 T E U ドライコンテナ自重 1.86 t として算出

表 18 コンテナ船の輸送量あたり油類消費割合

油類種別消費量	単位	C 4 7 0 0 (北米)		C 6 1 0 0 (北米)		C 4 7 0 0 (欧州)		C 6 1 0 0 (欧州)	
C重油	ton	3,365	98.1%	5,463.0	98.0%	6,043	98.4%	7,629.4	98.0%
ディーゼル油	ton	14	0.4%	17.6	0.8%	21	0.3%	61.9	0.8%
Cylinder Oil	ton	47	1.4%	57.6	1.1%	72	1.2%	82.9	1.1%
System Oil	ton	4	0.1%	10.0	0.1%	7	0.1%	11.0	0.1%
全油種合計消費量	ton	3,430	100.0%	5,548.2	100.0%	6,143	100.0%	7,785	100.0%
1航海輸送量	Mt-mile	245		434		679		925	
油類消費量 / 輸送量	g/t-mile	14.01		12.78		9.04		8.42	
相対比 (C 4 7 / C 6 0)	-	1.10		1.00		1.07		1.00	

表 17 コンテナ船のエンジン平均負荷率

航路	船名記号	航海方向	航走時			停泊時		
			主機関 % MCR	D発電機 % UMax	ボイラ % Max	主機関 % MCR	D発電機 % UMax	ボイラ % Max
北米航路	C 4 7 0 0	Outward	72.0%	1.4%	0.0%	2.9%	36.5%	72.3%
		Homeward	56.6%	18.6%	0.0%	5.4%	50.5%	71.2%
		Round trip	63.5%	10.9%	0.0%	4.7%	46.2%	71.6%
	C 6 1 0 0	Outward	75.0%	2.9%	1.4%	2.0%	52.9%	64.1%
		Homeward	74.2%	34.2%	1.2%	1.0%	50.7%	65.4%
		Round trip	74.6%	18.9%	1.3%	1.3%	51.3%	65.0%
欧州航路	C 4 7 0 0	Outward	66.9%	1.7%	0.3%	4.3%	48.3%	64.2%
		Homeward	64.2%	8.8%	0.3%	3.9%	60.2%	74.0%
		Round trip	65.4%	5.4%	0.3%	4.0%	55.8%	70.4%
	C 6 1 0 0	Outward	77.9%	2.2%	0.9%	2.6%	66.6%	68.9%
		Homeward	70.4%	36.6%	2.1%	2.7%	71.6%	73.7%
		Round trip	74.0%	19.9%	1.5%	2.6%	69.0%	70.8%

合がC 6 1 0 0の1.1倍であるが、航海速度と積載率がほぼ等しく、C 6 1 0 0の載貨重量がC 4 7 0 0の1.3倍、連続最大出力が1.2倍であることを勘案すると妥当である。

3. まとめ

1) 油類の消費割合は、撒積貨物船、コンテナ船においてC重油の消費割合が98%、シリンダ油が1%程度を占める。

2) C重油の消費割合に占める主機関の割合は、92%～95%である。ディーゼル発電機の割合は、ターボ発電機を持たない撒積貨物船では、5%～7%程度を占めるが、ターボ発電機を有するコンテナ船では1%程度で、そのかわり補助ボイラの割合が3%～5%と多くなる。

3) LNG船の燃料消費におけるボイルオフガス (BOG) の割合は、航海毎には30%～80%の範囲で変化するが、全航海の平均ではほぼ50%である。

4) LNG船の運航時間に関しては往航が最短の6日で運航される場合と、減速航海およびドリフティングを含めると15日で航海する場合まで幅広く時間調整して運航されるのに対して、復航はほとんど6日～7日で運航される。

5) 単位輸送量あたりの油類消費量を算出するときに、載貨重量基準の積載率の影響は大きい。その積載率は、撒積貨物船とLNG船ではほぼ満載状態であるが、コンテナ船はユニット数基準積載率で70～85%に対して、

載貨重量基準で40～60%と少ない状態で輸送されている。

6) 船の大きさの影響に関して撒積貨物船とコンテナ船を比較した。大きさによる単位輸送量あたりの油類消費量の増減は、平均積載率がほぼ同じであったので、載貨重量と連続最大出力の比率によって算出されるものとほぼ同様となった。

4. 謝辞

本報告に関する運航データは日本郵船株殿にご提供していただいた。ここに記して関係者の方々に感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 木原 洸他7名、船舶へのLCAの適用に関する調査研究、海上技術安全研究所報告、第2巻第2号、2002年、pp 62 - 86
- 2) 平岡克英他2名、PCC船の運航記録による運行状況調査、海技研第3回研究発表会講演集、2003年6月、pp 365 - 368