ＰＣＣ船の運航記録による運行状況調査

環境・エネルギー研究領域　環境影響評価研究グループ　＊平岡克英、亀山道弘、福元正明

１．まえがき

船舶のライフサイクル全体での環境影響を評価する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ＬＣＡの適用研究」を実施しており、本報告は運航段階のＬＣＩ（ライフサイクルインベントリー）分析の一環をなすものである。

ＬＣＩ分析では船舶輸送における排出ガス量を算出する場合に、要目表運航性能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は異なっており、さらに船種、サイズ、船齢などによっても運行状況は異なると考えられる。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、実際の運航状況および運航性能の経年変化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（ＶＬＣＣ、ＡＦＲＡＭＡＸ）と大型撒積貨物船および一般貨物を輸送する大型コンテナ船の４隻を調査し、その運航概要はすでに報告した[1)]。今回は、我が国の主要輸出品である自動車を専用に輸送するＰＣＣ船を調査した。以下に調査結果を報告する。

２．調査概要

２．１　調査した船の要目概要

表１に今回調査した船の要目を示す。就航は１９９４年1月で、１９９９年１２月現在５９航海次を済ませている。この間１９９６年8月と１９９９年１月の２回、約２．５年間隔で入渠している。

表1　自動車運搬船の要目

総トン数	41,931	T
満載排水量（Δ）	28,620	ton
軽荷重量（LW）	11,437	ton
載貨重量（DW）	17,183	ton
自動車搭載数	4,515	unit
満載航海速力	18.8	kn
主機関連続最大出力	10,810	kW x 110 rpm
常用出力	9,730	kW x 106 rpm
燃料消費率	173.1	g/kWhC
ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ発電機出力	800	kW x 3 sets
燃料消費率	218	g/kWhC
補助ボイラ蒸発量	1.5	t/h x 0.6 Mpa
燃料消費率	0.116	t/h

主機関およびディーゼル発電機の燃料消費率は、Ａ重油の燃料消費率で示されたものを発熱量（Ａ重油：１０２００ｋｃａｌ／ｋｇ、Ｃ重油：９７００ｋｃａｌ／ｋｇ）で換算してＣ重油相当の消費率で示した。補助ボイラの燃料消費率は給水温度６０℃、ボイラ効率８０％、負荷１００％として算出した。

図１に主機関の連続最大出力（ＭＣＲ）時の燃料消費量すなわち入熱量を基準として、ディーゼル発電機定格出力時の入熱量と補助ボイラの定格入熱量を比較して示す。同図には既報[1)]の４隻の入熱量比較を併せて示した。本船は、発電機、補助ボイラの

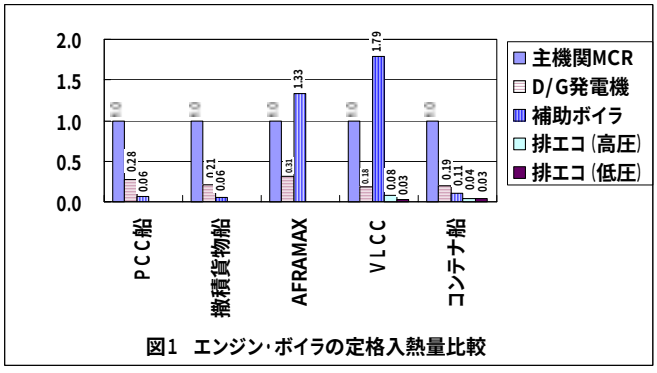

図1　エンジン･ボイラの定格入熱量比較

定格入熱量の割合が撒積貨物船と同程度である。

２．２　航海概要

本船は、表２に示すように世界各地の自動車の製造地域から需要地域へ輸送しており、その運航形態は多様である。

一航海は積荷・輸送・揚げ荷の各航海、さらに積荷を次に行うところまでの空荷航海をもって一航海次とされる。表２では日本から豪州、紅海・ペルシャ湾、南米方面などへの航海はこのような運航が行われている。一方、日本から欧州、北米向けの航海では揚げ荷地の欧州や北米でそのまま積荷をして日本を含む揚げ荷地へ向けて新たな航海次につく場合があり、全ての航海が空荷状態のバラスト航海を含むわけではない。また、欧州と北米東海岸では双方においてそれぞれ揚げ荷と積荷を行う航海を行う場合があり、表２の９航海がそれである。表２の積荷地日本には韓国を含んでおり、さらに日本から欧州向け航路では、タイ、インドでも積荷を行う場合がある。また、揚げ荷地日本には台湾、韓国を含んでいる。

表３に５９航海次全航海の積算値から算出した一航海平均の航海状況を航走距離が似かよった日豪航路の平均航海状況と比較して示す。航走時間(Hours Under Weigh)は港を出て次の港に到着するまでの時間、航進時間は全速力で前進航海（Propelling）を続ける時間、停泊時間は港内滞在時間（Hours in Port）である。欧州と北米東岸との航海で揚げ荷と積荷を同時に行う部分は集荷航海として積算した。表３の最大積載時の航走速度は、満載航海速度の９０～９５%程度である。集荷、揚げ荷のための寄港

表2　航路別航海次数の内訳

積荷地		揚荷地	航海次数	復路ﾊﾞﾗｽﾄ航海数	航海次数小計
日本[1)]		欧州	8	2	34
		北米西岸	7	5	
		北米東岸	4	2	
		豪州	7	7	
		紅海･ペルシャ湾岸	5	5	
		南米	2	2	
		カリブ海	1	1	
欧州		北米東岸	9	―	15
		北米東岸･西岸（日本）	3	―	
		ペルシャ湾岸･東南アジア	1	―	
		日本	2	―	
北米	東岸	欧州	9	―	10
		ペルシャ湾岸	1	―	
	西岸	日本（復路）[2) 3)]	(3)	―	
合計			59	24	―

1）積荷地日本に韓国･タイ･インドを含む。
2）揚荷地日本に台湾･韓国を含む。
3）この3航海は日本から北米向けへの航海次数に含まれ、復路が積荷航海のもの

表3　平均航海状況

平均航海状況		航走距離 (Distance run OG)		航走時間 (Hours Under Weigh)	航進時間 (Hours Propelling)	航進時間／航走時間	航走速度 (OG /HUW)	停泊時間 (Hours in Port)	荷役寄港数	平均寄港時間
		miles		hr	hr	%	kn	hr		hr
全航海平均	集荷航海	837	7%	69	47	68%	12.2	105	3.5	29.8
	最大積載航海	5,693	50%	334	319	95%	17.0	7	―	―
	揚荷航海	1,631	14%	109	90	82%	15.0	53	3.6	15.0
	ﾊﾞﾗｽﾄ航海	3,247	28%	185	177	95%	17.5	2	―	―
	一航海合計	11,408	100%	697	632	91%	16.4	167	―	―
日豪航路	集荷航海	1,036	9%	91	56	61%	11.3	140	4.7	29.7
	最大積載航海	3,597	30%	204	195	96%	17.7	―	―	―
	揚荷航海	3,108	26%	193	174	90%	16.1	58	4.3	13.6
	ﾊﾞﾗｽﾄ航海	4,293	36%	240	234	97%	17.9	―	―	―
	一航海合計	12,034	100%	729	660	91%	16.5	198	―	―

数が撒積船などと比較すると多く、またそのための航走距離も長くなり、バラスト航海の割合が少ない。

表４に最大積載航海時の平均積載状況を全航海の平均と積荷地別の平均で示す。ユニットあたりの重量は、欧州、北米東岸発の貨物が全航海平均より大きい。全航海の平均積載率はユニット数基準で７３%、重量基準で載荷重量の２７%とかなり低い値である。排水量、載荷重量および軽荷重量から算出したバラスト量は積荷航海時とバラスト航海時ともほぼ同じと見て良い。

表５に一航海平均の輸送量を示す。最大積載航海時の輸送量が輸送量全体の８０%を占めるが、ＶＬＣＣのそれが９５%程度であることと比較すると少ない。

図２に各航海次の最大積載航海時（Laden）と空荷航海時（Ballast）の航進速度のうち２０００マイル以上で最長航路区間のものを示す。Ballast 時の速度が Laden に比較してわずかに大きい。直線は線形回帰線を示すが、速度は１００航海で９～１２%程度の低減傾向を示す。

各航海次の最大積載航路区間の平均プロペラ回転数を図３に、主機関平均負荷率を図４に示す。バラスト時と最大積載時とで大差なく運航されている。航海次数に対する変化はプロペラ回転数が１００航海で５～６%程度、平均負荷率が１００航海で９～１０%程度の低減傾向である。

２．３　燃料消費量とエンジン負荷率

表６に燃料油と潤滑油の一航海あたりの機関別平均消費量を示す。Ｃ重油の消費割合は航走時が約９４%を占め、そのうち主機関によるものが約９０%、ディーゼル発電機が約４%で、補助ボイラは航走時

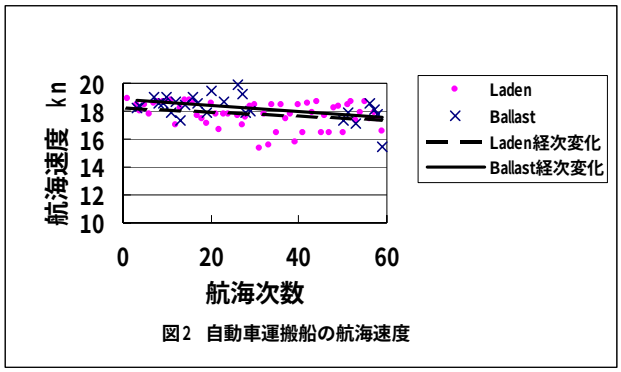

図2　自動車運搬船の航海速度

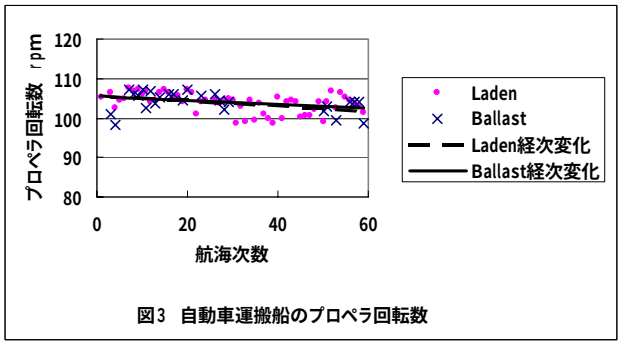

図3　自動車運搬船のプロペラ回転数

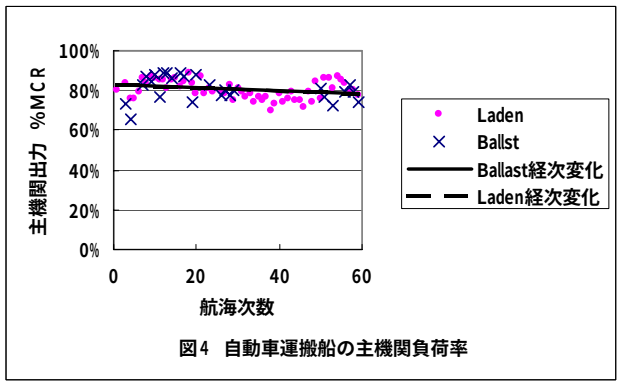

図4　自動車運搬船の主機関負荷率

表5　一航海当たりの平均輸送量

	輸送量		
	MUnit-mile	MTon-mile	%
集荷航海	1.8	2.5	8%
最大積載航海	18.4	26.1	81%
揚荷航海	2.5	3.6	11%
一航海合計	22.7	32.3	100%

表4　最大積載航海時の平均積載状況

積荷地	排水量	搭載Units	載貨重量	t/unit	バラスト
	%Δ	%Max	%DW		%Δ
日本	80%	85%	29%	1.3	23%
欧州	82%	54%	29%	2.1	24%
北米東岸	75%	32%	19%	2.4	23%
北米西岸	68%	23%	8%	1.3	23%
全航海平均	79%	73%	27%	1.4	23%
ﾊﾞﾗｽﾄ航海平均排水量	64%	ー	ー	ー	24%
軽荷重量（LW）	40%	ー	ー	ー	ー

にはほとんど使用されない。港内で消費される補助ボイラのＣ重油消費割合は１．６％である。ディーゼル油は停泊時のディーゼル発電機によるものが８８％と大部分を占める。

表７に燃料消費量と航走時間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最大積載航海時およびバラスト航海時ともに約８０％で常用出力の負荷率９０％より低い。ディーゼル発電機は航走時に単機定格出力の約４０％、停泊時に約１００％で運転されている。補助ボイラは航走時にはほとんど使用されないが、停泊時は約９０％とほぼ定格で運転されている。

表８に、１航海あたりの燃料・潤滑油の消費量と単位輸送量当たりの油類消費量を、既報の４隻の結果[1)]と併わせて示す。潤滑油の消費量は、比重を０．８９として重量に換算して示した。Ｃ重油は油類消費量の最大のものでいずれの船種においても消費割合は９７％以上である。シリンダ油の消費割合は約１％である。システム油の消費割合は少量であるが、船種で比較するとＰＣＣ船と撒積貨物船の消費割合が大きい。自動車の単位輸送量あたりの油類消費量は他の貨物のそれに比較してかなり大きい。

３．むすび

ＰＣＣ船の運航記録をもとに実際の運航パターン、貨物の積載状況、運航性能の経年変化、主機関および補機の平均負荷率、単位輸送量当たりの油類消費量を明らかにした。

４．謝辞

本報告に関する運航データは日本郵船株式会社殿より提供された。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、pp６２－８６

表6　一航海当たりの燃料油･潤滑油消費量

平均消費量／一航海	C重油 1,099 (ton)			ディーゼル油 15.0 (ton)			ｼｽﾃﾑ油 5,173 (liter)	ｼﾘﾝﾀﾞ油 12,872 (liter)
内　訳	航走時	港内	一航海	航走時	港内	一航海	一航海	一航海
Main Engine	89.4%	3.3%	92.7%	0.3%	2.9%	3.1%	88.3%	100%
Diesel Generator	4.2%	1.5%	5.6%	9.0%	87.9%	96.9%	11.7%	―
Aux. Boiler	0.0%	1.6%	1.6%	―	―	―	―	―
合　計	93.6%	6.4%	100%	9.3%	90.7%	100%	100%	100%

表7　エンジン･補助ボイラの平均負荷率

航　海	航走時			停泊時		
	Main Engine	Diesel Generator	Aux. Boiler	Main Engine	Diesel Generator	Aux. Boiler
	% MCR	% Max	% Max	% MCR	% Max	% Max
集荷航海	56%	28%	0%	11%	94%	87%
最大積載航海	79%	41%	0%	10%	115%	104%
揚荷航海	68%	35%	0%	14%	121%	95%
ﾊﾞﾗｽﾄ航海	80%	39%	1%	―	―	―
一航海平均	75%	41%	0%	12%	103%	90%

表8　輸送量当たりの燃料･潤滑油消費量

油類種別消費量	単位	PCC船		撒積貨物船		AFRAMAX		VLCC		コンテナ船	
C重油	ton	1,099	97.3%	1,262	98.1%	862	98.7%	2,979	98.7%	7,629	98.0%
ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ油	ton	15	1.3%	4	0.3%	3	0.4%	3	0.1%	62	0.8%
Cylnder Oil	ton	11	1.0%	14	1.1%	7	0.8%	34	1.1%	83	1.1%
System Oil	ton	5	0.4%	6	0.5%	2	0.2%	4	0.1%	11	0.1%
全油種合計消費量	ton	1,130	100%	1,286	100%	873	100%	3,020	100%	7,785	100%
1航海輸送量	Mt-mile	35		641		235		1,759		925	
油類消費量／輸送量	g/t-mile	32.3		2.0		3.7		1.7		8.42	