本調査は、独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構が (国研)海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所に 委託して実施したものである。



舶用ディーゼルエンジンにおける燃料改質器による 燃料消費率向上に関する調査 ~調査報告書~



1. はじめに

調査目的(仕様書より)

- 2050年カーボンニュートラルに向けた地球温暖化対策の強化に伴い、内航海運業界においても2030年までに CO₂排出削減目標を181万トン(2013年度比で約17%削減)や2050年カーボンニュートラルへの対応が求められ ている。国交省においては、引き続き内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会を開催し、その方向性を示してい るところである。当該検討会において、内航海運業界の対応としては、2030年に向けては省エネ機器等を組み合 わせた連携型省エネ船の開発等を、また2050年に向けては水素、アンモニア等といった新燃料を活用した舶用エン ジン等の実証・導入が掲げられている。
- 内航海運業界において、新燃料は機関部の抜本的な変更や船員教育などといった問題があり、使用することが難しい状況にある。一方、2030年までの間、さらには、その後においても、省エネ機器等CO₂排出削減の技術開発や調査については弛まぬ努力を継続していく必要がある。現時点で具体的に採り得る方策としては、PBCF(プロペラボスキャップフィン)、船体外部に設置する省エネ付加物等の省エネ機器等が存在しており、燃料改質器においてもその一つとなり得る可能性がある。燃料改質器は、特殊セラミックや電磁波を用いて燃えやすい性状に改質し、燃料消費量が低減するとされる省エネ機器である。燃料改質器の製造者は船主の協力により、海上での燃料消費量を比較した計測記録を所持しているが、同一の計測条件や状況ではないことがある。また、上述のとおり燃料改質する方法も製造者ごとに異なるため、有効性が不明確な状況である。
- また、このような状況を踏まえ、燃料改質器は機構の政策要件(二酸化炭素低減化船)においてCO₂排出削減 に資する機器に設定できていない状態となっており、本調査で確実に省エネの有効性が確認できれば、当該政策要 件の対象機器になり得る可能性がある。
- このため、船舶に搭載実績のある燃料改質器を用いて、試験条件を揃えてから計測や燃料油の性状分析を実施し、燃料改質器の有効性の確認、調査を実施する。

2. 調査に関する諸条件

(1) 燃料改質器

● 下表に示す2種類の燃料改質器を使用した。

No.	外観	概要
1		 電磁波を用いた方式であり、炭素系触媒により電磁波を発生させ、 その電磁波を燃料油に照射し、燃料油を改質させる(カタログ等によるメーカ説明より)。 メーカと協議の上、重油用マスの燃料油を循環させる配置とした。 流量制限、循環時間、循環時の温度条件がメーカ仕様に問題がないことを確認した。
2		 特殊セラミックを用いた方式であり、微量の天然の放射性物質を含んだセラミックスに燃料油を通過させることにより、燃料油を改質させる(カタログ等によるメーカ説明より)。 メーカと協議の上、燃料油フィルタの上流側で燃料油を通過させる配置とした。 燃料改質器メーカの指示通りに配管しており、燃料油の滞留時間や温度条件に問題がないことを確認した。

(2) 燃料油

● JIS K 2205に規定されるA重油およびC重油とし、硫黄分が0.5質量%以下の舶 用燃料油を使用した。

2. 調査に関する諸条件

(3) 計測装置および試験用ディーゼルエンジン

No.	外観	概要
1	動粘度・密度計測装置	 ・改質処理前および直後の状態において、動粘度と密度を 計測する(温度0~100℃を含む範囲)。 ・動粘度は、JIS K 2283「原油及び石油製品 – 動粘度試 験方法及び粘度指数算出方法」の附属書1に記されている 動粘度-温度チャートに表記する。 ・燃料油温度に対する密度の計測結果をまとめる。
2	Fuel supply injector Fuel Pump Unit supply To computer Exhaust FCA	 Fuel Combustion Analyzer (FCA) 定容燃焼試験を実施し, 推定セタン価, 着火遅れなどの 燃焼特性を調査する。
3	記験用ディーゼルエンジン	 4サイクル中速エンジン 257kW / 420rpm 3気筒 最大燃料流量: 65L/h程度(100%負荷時) 中速エンジンの中で,機関回転数が遅い。そのため,燃焼 期間に余裕があり,燃料性状の変化にやや鈍感である。

- エンジン試験並びに動粘度・密度計測, FCA試験は2024年2月に実施した。
- 各負荷において20分以上の運転を行い、十分に安定した状態で各項目を計測した。

日付	内容	備考
2/6(火)	比較用データの取得(LSA, LSC)	改質なし
2/13(火)	燃料改質器①(LSA, LSC)	エンジン試験時に動粘度・密度計測等を実施
2/14(水)	燃料改質器②(LSA, LSC)	エンジン試験時に動粘度・密度計測等を実施

運転時間の目安

時刻	内容
9:00	準備開始
9:10	運転開始
~10:10	暖機運転(約1時間)
10:10~10:30	LSA 75% 計測
10:40~11:00	LSA 100% 計測
11:10~11:30	LSA 50% 計測
11:40~12:00	LSA 25% 計測
12:00~13:30	LSC切り替え(約1.5時間)
13:30~13:50	LSC 75% 計測
14:00~14:20	LSC 100% 計測
14:30~14:50	LSC 50% 計測
15:00~15:20	LSC 25% 計測
15:30~15:50	」 こん切け抜き (約1 5 時間)
~17:00	L3A 切り百ん (約1.5时间)
17:00	運転終了



4. 動粘度・密度の計測

- 改質処理前および改質直後の状態において,代表的な燃料性状である動粘度と密度 を計測した。
- 代表温度における動粘度および密度は, 改質前後でほとんど変化がない。

種類・項目	改會	質前	燃料改 (改算	資器① 質後)	燃料改質器② (改質後)		
	A重油	LSC	A重油	LSC	A重油	LSC	
動粘度@50℃ [cSt]	2.409	21.138	2.427	21.544	2.441	21.462	
密度@15℃ [g/cm³]	0.8580	0.9210	0.8580	0.9212	0.8580	0.9211	
硫黄濃度 [%]	0.079	0.34					
総発熱量 [J/g]	45.61	44.17					
備考	海技研で 使用してい るLSA。各 種陸上試 験に使用 する。	海技研で 使用してい るLSC。各 種陸上試 験に使用 する。					

※ 総発熱量および硫黄濃度は代表性状である。

4. 動粘度・密度の計測

(1) 動粘度の計測結果

- 燃料改質器①を用いた場合,温度に対する動粘度は,A重油とLSC重油ともに改質前後の変化を確認できなかった。
- 燃料改質器②を用いた場合,温度に対する動粘度は,A重油としSC重油ともに改質前後の変化を確認できなかった。



温度に対する動粘度の試験結果

4. 動粘度・密度の計測

(2) 密度の計測結果

- 燃料改質器①を用いた場合,温度に対する密度は,A重油とLSC重油ともに改質前後の変化を確認できなかった。
- 燃料改質器②を用いた場合,温度に対する密度は,A重油とLSC重油ともに改質前後の変化を確認できなかった。



温度に対する密度の試験結果

(1) 試験の概要

- バイオ燃料, LSC重油, A重油の燃焼性の相違を調べるため, 定容燃焼装置 (FCA) を用いた燃焼試験を行う。
- FCAでは, 圧力変化および圧力変化率の結果から着火遅れや燃焼時間, 着火性評価 指標である推定セタン価ECNなどを求めることができる。



ECNによる燃料の着火性の評価例

9

Analyzer (FCA)

(2) 試験結果の評価方法



試験結果	結果の意味	想定されるトラブル
ID, PMRが遅く, Max ROHRの値が高 い	・ 遅い着火と急激な燃焼	エンジン, ピストンリング損傷の可能性
PMRが遅く, Max ROHRの値が低い	 長い燃焼時間と膨張行程の温度低下による燃焼の遅れ 燃料油中の重質成分がシリンダ内で燃えるのに時間がかかる 	スートとPMの増加, 過給機トラブルのリスク上昇
ABPの著しい増加	 長い燃焼時間 	スートおよびPMの増加、デポジットの発生、排気管の 詰まりなど

(1) CIMAC "Fuel Quality Guide - Ignition and Combustion", 2011

(2) 竹田他, 定容燃焼試験法 (IP541) による舶用残渣燃料油の分析結果, JIME学会誌44-4, 2009

(3) FCA試験条件

(a) 燃料サンプル加熱条件

Sample viscosity mm ² /s@50°C	Fuel reservoir (°C)	Injection assembly (°C)	Fuel pump (°C)	Fuel grades ISO 8217:2010
<25	50	50	50	DM grade, RMA
25 - 800	125	125	125	RMB - RMK
800 -2000	145	145	145	

※ 以下のFCA試験において、すべてのサンプル油に対してDM grade, RMAの加熱条件としている。

(b) 装置設定条件

Process parameters	
Initial chamber temperature	500 °C
Initial chamber pressure	4.5 MPa
Injection pressure	35 MPa
Injected volume	Approx. 0.1 ml/injection
No. of injections per test	25

※ FCA試験装置の設定条件は、中速ディーゼルエンジンの低負荷運転に近い条件となっている。実際のエンジン内での燃焼を模擬する目的ではな く、燃料そのものが持つ着火・燃焼特性を評価する試験法である。

(4) 試験結果

- 改質処理前および改質直後の状態において、定容燃焼装置(FCA)による試験を実施した。
- 着火遅れIDや着火性評価指標である推定セタン価ECNなどに, 改質前後の明確な変 化は確認されなかった。

冬件		ID	MCD	EMC	EC	PCP	MCP	ABP	Max ROHR	PMR	AR	Max PI	ECN
		ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	bar/ms	ms	bar	bar	
山西台	LSA	5.31	5.77	8.37	14.99	0.46	2.60	6.62	3.64	6.56	6.46	6.58	29.36
以筫刖	LSC	5.12	5.63	10.08	16.70	0.51	4.45	6.62	2.49	6.49	6.46	6.59	30.58
燃料改質器	LSA	5.43	5.91	8.74	15.17	0.48	2.83	6.43	3.49	6.64	6.41	6.54	28.26
1	LSC	5.04	5.53	10.08	17.08	0.49	4.55	7.00	2.48	6.34	6.45	6.58	31.47
燃料改質器 ②	LSA	5.57	6.05	8.9	15.42	0.48	2.85	6.52	3.32	6.94	6.42	6.55	27.13
	LSC	5.24	5.73	10.12	16.26	0.50	4.38	6.15	2.37	6.37	6.27	6.39	29.69

※ 規格上, ECNの適用範囲は40までのため, 40を超えたECN値は参考値である。

(4) 試験結果

● A重油においてFCAによる計測を行った結果,燃料改質器①および燃料改質器②と もに,改質前後に有意な違いは確認されなかった。



(a) A重油

- (4) 試験結果
 - LSC重油においてFCAによる計測を行った結果,燃料改質器①および燃料改質器 ②ともに,改質前後に有意な違いは確認されなかった。



(b) LSC重油

(4) 試験結果

● A重油のROHR (熱発生率) はややばらつきが大きいものの, LSC重油のROHRとの 相違を確認できる。



(c) ROHR

6.陸上エンジン試験

(1) 供試エンジンおよび試験条件

- 定格出力257kWの実験用ディーゼルエンジンを使用し、一般的な性能(燃料消費 率、出力、給気圧力・温度、排気温度など)、排気ガス成分(NOx濃度、CO₂ 濃度など)を計測する。
- 筒内圧力を計測し, 燃焼解析を実施する。
- 各負荷時における運転時間は、原則各々20分以上とする。



試験用ディーゼルエンジン

諸元						
タイプ	4サイクル中速エンジン					
定格出力/回転数	257 kW / 420 rpm					
シリンダ径	230mm					
ストローク	380mm					
シリンダ数	3気筒					

試験条件							
負荷率	25%, 50%, 75%, 100%						
燃料油	A重油,LSC重油						

※ 当初, アイドリング~10%の低負荷率における計測を計画していたが, 精密な計測が難しく,燃料油によってはエンジンを傷める可能性がある ため,関係者と協議の上,負荷率25~100%の実験条件とした。

(2) 試験結果一覧(A重油·比較用)

分類	項目	単位	計測結果				備考
≣十次日川	設定負荷率	%	25	50	75	100	
	実験室温度	°C	8.6	8.4	7.4	7.8	
	エンジン回転数	rpm	265.5	332.7	381.1	418.5	
	軸出力	kW	64.6	128.5	191.8	256.0	
	過給機入口空気温度	°C	9.4	10.2	10.2	11.2	
	中間冷却器空気入口温度	°	22.1	42.8	65.5	91.3	
	中間冷却器空気出口温度	C	23.2	33.7	33.8	33.5	
	給気圧力	kgf/cm ²	0.046	0.280	0.571	0.896	
	排ガス温度 No.1	°C	299.8	375.6	413.3	442.4	
	排ガス温度 No.2	°C	312.8	383.3	437.9	465.1	
	排ガス温度 No.3	°C	331.4	385.7	420.6	440.6	
	タービン前排温	°C	373.6	473.6	523.3	551.6	
	タービン後排温	°C	339.7	430.3	463.2	472.4	
	燃料温度	°C	16.6	15.5	14.3	14.3	
	燃料密度	g/cm ³	0.857	0.858	0.859	0.859	各燃料油の推定
	低位発熱量	MJ/kg	45.61	45.61	45.61	45.61	各燃料油の推定
	燃料流量	L/h	17.9	33.5	49.8	66.2	実測値
	燃料流量	kg/h	15.4	28.8	42.7	56.9	密度換算
	着火遅れ No.1	ms	3.78	3.01	3.07	2.88	
	着火遅れ No.2	ms	3.52	3.25	2.88	2.66	
的我们在	着火遅れ No.3	ms	3.12	2.60	2.22	2.48	
於於方式	シリンダ内最高圧力 No.1	MPa	6.44	7.83	8.66	9.27	
	シリンダ内最高圧力 No.2	MPa	6.61	8.03	8.90	9.56	
	シリンダ内最高圧力 No.3	MPa	6.87	8.05	8.83	9.53	
	CO濃度	ppm	132.1	126.9	196.8	191.6	
	CO ₂ 濃度	%	6.01	6.78	6.94	6.88	
排ガス	NOx濃度	ppm	1729.3	1583.5	1443.2	1330.2	
	O2濃度	%	12.21	11.34	11.20	11.19	
	THC濃度	ppm	27.6	29.8	27.2	23.0	

(2) 試験結果一覧(LSC重油・比較用)

分類	項目	単位		計測	結果	備考	
≡十3日川	設定負荷率	%	25	50	75	100	
二 日八川	実験室温度	°	9.8	9.8	9.4	9.7	
	エンジン回転数	rpm	264.5	332.4	381.3	418.9	
	軸出力	kW	64.4	128.9	192.3	255.1	
	過給機入口空気温度	°C	10.5	11.3	12.0	12.2	
	中間冷却器空気入口温度	°	23.3	44.8	68.7	93.4	
	中間冷却器空気出口温度	°	24.6	33.1	33.7	33.5	
	給気圧力	kgf/cm ²	0.050	0.283	0.568	0.897	
	排ガス温度 No.1	°	310.2	382.6	420.2	449.5	
	排ガス温度 No.2	°C	316.0	393.2	443.6	470.4	
举 平	排ガス温度 No.3	°C	340.7	389.1	424.8	442.7	
	タービン前排温	°C	383.3	481.1	532.0	559.3	
	タービン後排温	°C	347.6	437.0	471.3	479.4	
	燃料温度	°C	92.1	92.3	95.7	96.5	
	燃料密度	g/cm ³	0.868	0.868	0.865	0.865	各燃料油の推定
	低位発熱量	MJ/kg	44.17	44.17	44.17	44.17	各燃料油の推定
	燃料流量	L/h	17.5	33.0	48.5	64.0	実測値
	燃料流量	kg/h	15.1	28.6	41.9	55.3	密度換算
	着火遅れ No.1	ms	4.10	3.18	3.18	2.85	
	着火遅れ No.2	ms	3.95	3.43	3.01	2.77	
的北方	着火遅れ No.3	ms	3.68	2.82	2.40	2.59	
	シリンダ内最高圧力 No.1	MPa	6.45	7.92	8.70	9.40	
	シリンダ内最高圧力 No.2	MPa	6.24	7.93	8.79	9.45	
	シリンダ内最高圧力 No.3	MPa	6.73	8.01	8.79	9.42	
	CO濃度	ppm	188.6	161.2	201.5	191.5	
	CO2濃度	%	6.30	7.12	7.28	7.19	
排ガス	NOx濃度	ppm	1555.2	1558.0	1468.5	1364.7	
	O ₂ 濃度	%	12.13	11.11	10.86	11.01	
	THC濃度	ppm	78.8	19.9	18.4	18.2	

(2) 試験結果一覧(A重油·燃料改質器①)

分類	項目	単位		計測	結果	備考	
≡十3回	設定負荷率	%	25	50	75	100	
百一 次リ	実験室温度	ĉ	16.4	16.0	13.9	15.3	
	エンジン回転数	rpm	264.9	331.7	379.7	419.5	
	軸出力	kW	64.4	129.5	191.1	253.5	
	過給機入口空気温度	പ	18.4	18.7	16.3	18.8	
	中間冷却器空気入口温度	°	30.0	51.2	71.1	98.6	
	中間冷却器空気出口温度	പ	30.8	34.6	34.7	34.8	
	給気圧力	kgf/cm ²	0.081	0.315	0.582	0.907	
	排ガス温度 No.1	°	310.9	391.1	423.3	456.2	
+	排ガス温度 No.2	°	318.8	393.0	443.6	473.6	
举 本	排ガス温度 No.3	പ					センサ不良
	タービン前排温	°	384.0	487.6	532.6	563.1	
	タービン後排温	റ	348.3	443.5	472.5	484.0	
	燃料温度	ູ	22.5	20.9	17.9	18.9	
	燃料密度	g/cm ³	0.853	0.854	0.856	0.855	各燃料油の推定
	低位発熱量	MJ/kg	45.61	45.61	45.61	45.61	各燃料油の推定
	燃料流量	L/h	18.0	34.1	49.6	65.5	実測値
	燃料流量	kg/h	15.4	29.1	42.4	56.0	密度換算
	着火遅れ No.1	ms	3.34	2.72	2.77	2.59	
	着火遅れ No.2	ms	3.40	3.23	2.92	2.67	
炒出水井	着火遅れ No.3	ms	3.09	2.59	2.32	2.50	
	シリンダ内最高圧力 No.1	MPa	6.75	8.28	8.97	9.51	
	シリンダ内最高圧力 No.2	MPa	6.57	8.01	8.79	9.44	
	シリンダ内最高圧力 No.3	MPa	6.77	7.96	8.74	9.37	
	CO濃度	ppm	121.7	123.1	210.5	203.4	
	CO ₂ 濃度	%	6.43	7.28	7.37	7.31	
排ガス	NOx濃度	ppm	1861.6	1639.4	1490.4	1380.9	
	O ₂ 濃度	%	12.21	10.81	10.71	10.80	
	THC濃度	ppm	33.2	32.6	30.1	30.1	

(2) 試験結果一覧(LSC重油·燃料改質器①)

分類	項目	単位		計測	結果	備考	
≡十3日川	設定負荷率	%	25	50	75	100	
百一 八小	実験室温度	°C	18.3	18.3	18.4	18.4	
	エンジン回転数	rpm	265.7	331.5	380.8	417.5	
	軸出力	kW	65.6	129.3	191.1	256.9	
	過給機入口空気温度	°	20.0	21.5	21.4	22.1	
	中間冷却器空気入口温度	°	32.7	54.0	76.6	103.6	
	中間冷却器空気出口温度	°C	33.0	33.6	33.8	33.6	
	給気圧力	kgf/cm ²	0.091	0.319	0.585	0.928	
	排ガス温度 No.1	°	322.9	395.6	428.6	464.7	
	排ガス温度 No.2	°	329.8	403.0	451.8	485.5	
	排ガス温度 No.3	°					センサ不良
	タービン前排温	°	398.1	495.1	540.9	576.3	
	タービン後排温	°	360.0	450.2	480.5	495.8	
	燃料温度	°	90.8	92.3	93.9	92.7	
	燃料密度	g/cm ³	0.869	0.868	0.866	0.867	各燃料油の推定
	低位発熱量	MJ/kg	44.17	44.17	44.17	44.17	各燃料油の推定
	燃料流量	L/h	18.1	33.3	48.2	64.7	実測値
	燃料流量	kg/h	15.7	28.9	41.7	56.1	密度換算
	着火遅れ No.1	ms	3.58	2.95	2.91	2.68	
	着火遅れ No.2	ms	3.68	3.38	3.03	2.79	
收获业中	着火遅れ No.3	ms	3.50	2.79	2.40	2.59	
<i>然心为</i> 五	シリンダ内最高圧力 No.1	MPa	6.52	7.97	8.99	9.48	
	シリンダ内最高圧力 No.2	MPa	6.41	7.94	8.80	9.29	
	シリンダ内最高圧力 No.3	MPa	6.72	7.88	8.77	9.24	
	CO濃度	ppm	201.9	175.6	214.9	194.5	
	CO ₂ 濃度	%	6.70	7.46	7.59	7.56	
排ガス	NOx濃度	ppm	1722.0	1625.4	1516.9	1389.4	
	O2濃度	%	11.60	10.61	10.39	10.49	
	THC濃度	ppm	54.2	23.0	19.4	18.7	

(2) 試験結果一覧(A重油·燃料改質器②)

分類	項目	単位		計測	結果	備考	
≡∔ः⊞॥	設定負荷率	%	25	50	75	100	
百 [次]	実験室温度	C	16.5	16.1	14.1	15.4	
	エンジン回転数	rpm	264.8	331.8	379.6	419.4	
	軸出力	kW	64.7	129.2	191.1	253.6	
	過給機入口空気温度	C	18.3	18.7	16.5	18.7	
	中間冷却器空気入口温度	°C	30.0	51.0	71.4	98.7	
	中間冷却器空気出口温度	C	30.9	34.1	34.5	34.7	
	給気圧力	kgf/cm ²	0.080	0.312	0.582	0.907	
	排ガス温度 No.1	C	311.1	389.9	423.3	456.4	
₩	排ガス温度 No.2	°C	320.0	392.9	445.0	474.6	
	排ガス温度 No.3	°					センサ不良
	タービン前排温	°	385.2	486.7	533.4	563.8	
	タービン後排温	C	349.4	442.8	473.2	484.6	
	燃料温度	°	22.7	21.1	18.2	19.1	
	燃料密度	g/cm ³	0.853	0.854	0.856	0.855	各燃料油の推定
	低位発熱量	MJ/kg	45.61	45.61	45.61	45.61	各燃料油の推定
	燃料流量	L/h	18.1	34.0	49.6	65.6	実測値
	燃料流量	kg/h	15.4	29.1	42.5	56.1	密度換算
	着火遅れ No.1	ms	3.28	2.73	2.81	2.61	
	着火遅れ No.2	ms	3.38	3.23	2.94	2.70	
的地中	着火遅れ No.3	ms	3.09	2.63	2.27	2.50	
》	シリンダ内最高圧力 No.1	MPa	6.72	8.21	8.92	9.47	
	シリンダ内最高圧力 No.2	MPa	6.59	7.99	8.78	9.40	
	シリンダ内最高圧力 No.3	MPa	6.77	7.92	8.70	9.32	
	CO濃度	ppm	131.5	112.4	196.4	191.5	
	CO ₂ 濃度	%	6.30	6.87	7.07	7.00	
排ガス	NOx濃度	ppm	1827.5	1570.2	1390.9	1299.0	
	O ₂ 濃度	%	12.06	11.25	11.13	11.13	
	THC濃度	ppm	29.8	30.9	25.9	25.9	

(2) 試験結果一覧(LSC重油·燃料改質器②)

分類	項目	単位		計測	結果	備考	
≡十3回川	設定負荷率	%	25	50	75	100	
二 日八川	実験室温度	°	19.4	19.5	19.0	19.3	
	エンジン回転数	rpm	264.3	332.7	381.0	418.7	
	軸出力	kW	65.3	129.9	192.5	256.2	
	過給機入口空気温度	°	20.5	21.5	21.3	22.4	
	中間冷却器空気入口温度	°	33.6	55.2	77.3	104.2	
	中間冷却器空気出口温度	°C	32.9	33.8	33.8	33.8	
	給気圧力	kgf/cm ²	0.091	0.324	0.586	0.924	
	排ガス温度 No.1	°	323.7	396.9	431.7	465.8	
	排ガス温度 No.2	°	334.8	408.8	457.4	489.2	
	排ガス温度 No.3	°					センサ不良
	タービン前排温	°	401.3	498.5	544.5	578.6	
	タービン後排温	°C	363.3	454.1	509.5	497.7	
	燃料温度	°C	91.9	91.7	93.2	94.8	
	燃料密度	g/cm ³	0.868	0.868	0.867	0.866	各燃料油の推定
	低位発熱量	MJ/kg	44.17	44.17	44.17	44.17	各燃料油の推定
	燃料流量	L/h	17.9	33.5	48.5	64.5	実測値
	燃料流量	kg/h	15.5	29.0	42.0	55.9	密度換算
	着火遅れ No.1	ms	3.57	2.87	2.93	2.66	
	着火遅れ No.2	ms	3.83	3.37	3.00	2.76	
修动	着火遅れ No.3	ms	3.44	2.74	2.38	2.61	
<i>K</i> 们开	シリンダ内最高圧力 No.1	MPa	6.59	7.65	8.87	9.49	
	シリンダ内最高圧力 No.2	MPa	6.26	7.35	8.78	9.26	
	シリンダ内最高圧力 No.3	MPa	6.76	7.63	8.62	9.21	
	CO濃度	ppm	162.1	180.9	214.0	182.4	
	CO2濃度	%	6.47	7.20	7.37	7.26	
排ガス	NOx濃度	ppm	1682.2	1565.4	1492.3	1349.0	
	O ₂ 濃度	%	11.66	10.76	10.94	10.62	
	THC濃度	ppm	43.2	23.1	18.8	19.5	

6. 陸上エンジン試験

(3) 燃費特性の試験結果

● 燃料改質器①および燃料改質器②を用いた場合,燃料消費量は,A重油とLSC重油 ともに改質前後の変化を確認できなかった。



6. 陸上エンジン試験

(4) 着火遅れの試験結果

● 燃料改質器①および燃料改質器②を用いた場合,着火遅れは,A重油とLSC重油と もに改質前後の変化を確認できなかった。



6. 陸上エンジン試験

(5) 排ガス計測の試験結果

燃料改質器①および燃料改質器②を用いた場合,排ガス中のNOx濃度(窒素化合物濃度)は、A重油とLSC重油ともに改質前と比べてわずかに増加している。室温の影響を受けているものと考えられる。



(5) 排ガス計測の試験結果

- 燃料改質器①および燃料改質器②を用いた場合, A重油を使用した際の排ガス中の THC濃度は改質前後の大きい変化を確認できなかった。
- 一方, LSC重油を使用した際の排ガス中のTHC濃度は, 負荷率25%におけるばらつき が大きい。LSC重油運転時の低負荷運転はやや不安定になりやすく, 周囲環境影響 を受けているものと考えられる。



6. 陸上エンジン試験

(7) 燃焼解析(筒内圧力の計測)

● 燃料改質器①および燃料改質器②を用いた場合,A重油運転において,筒内圧力 波形は改質前後の変化を確認できなかった。



6. 陸上エンジン試験

(7) 燃焼解析(筒内圧力の計測)

● 燃料改質器①および燃料改質器②を用いた場合,LSC重油運転において,筒内 圧力波形は改質前後の変化を確認できなかった。



6. 陸上エンジン試験

(8) 排気の色

- 排気色を目視により確認を行った結果, 燃料改質器の有無による違いは確認されな かった。
- ※ 日光などの周囲条件によっては、わずかに白い煙(水蒸気)が確認されることがある。

插粘,咕曰	改質前		燃料改	質器①	燃料改質器②		
「住村」は日	A重油	LSC	A重油	LSC	A重油	LSC	
アイドリング	無色	無色	無色	無色	無色	無色	
負荷率25%	無色	無色	無色	無色	無色	無色	
負荷率50%	無色	無色	無色	無色	無色	無色	
負荷率75%	無色	無色	無色	無色	無色	無色	
負荷率100%	無色	無色	無色	無色	無色	無色	
写真撮影の例							

7. 試験結果のまとめ

本調査事業では、2種類の燃料改質器を用いて、燃料改質前後の燃料性状の計測、 FCAによる燃焼試験並びにエンジン試験を実施した。

- 1. 燃料改質器①および燃料改質器②を用いた場合,温度に対する動粘度並びに密度は,A重油とLSC重油ともに改質前後の変化を確認できなかった。
- 2. 燃料改質器①および燃料改質器②を用いた場合, FCAによる試験を行った結果, A重油とLSC重油ともに改質前後の有意な違いを確認できなかった。
- 3. 燃料改質器①および燃料改質器②を用いた場合,陸上エンジン試験における燃料 消費量は,A重油とLSC重油ともに改質前後の変化を確認できなかった。また,燃 焼状態を表す着火遅れや排ガス成分,筒内圧力波形についても明確な違いを確認 できなかった。
- 4. 本事業で使用した2種類の燃料改質器において,燃料の改質効果およびエンジン試験による省エネ効果は確認されなかった。

8. 課題と対処方法

以上の試験結果を基に,各燃料改質器の性能,特性,技術的課題とその対処方法を 整理,検討した。

- 1. 燃料改質器メーカによれば、燃料改質器を実船に搭載した際、長期の運転によって 燃料消費量が削減した実績があり、特に、負荷変動の大きい海象状況、使用条 件下において効果がみられるとのことである。
- 2. 本調査で使用した実験用エンジンの燃料消費量の計測精度は十分に高いと考えら れ,燃料改質器による定常負荷状態における省エネ効果はみられなかったと結論付 けることができる。
- 3. 負荷変動を伴う実海域での使用環境については本調査で実施した通常の陸上運転 試験の条件下では評価が難しい点もあるが,再現試験などその評価を行うにあたって は検証方法について十分検討する必要がある。
- 4. 一方で、実海域の運航では海象や運航条件が異なることから、あらゆる省エネ技術を用いた場合であっても、詳細な省エネ効果を評価することは難しいのが実情である。 本調査の試験結果を踏まえると、実海域の運航における燃料改質器を含めた各種 省エネ技術の実績、効果については、十分な技術的・理論的な裏付けを伴う精緻 な評価を行う必要があると考えられる。