

バイオ燃料海上試験状況

目次

1. 対象船舶
2. 海上試験に使用した燃料油の性状
3. 第一鐵運丸
4. 祥暉丸
5. 海青丸
6. まとめ

阪和興業株式会社

(国研) 海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所

1. 対象船舶

- 2023年9月より、3隻の内航貨物船においてSVO混合油（B10およびB24）による実船試験を実施した。

船名	第一鐵運丸	祥暉丸	海青丸
運航会社	商船三井内航	エスオーシー物流	アジアパシフィックマリン
総トン数	499GT	499GT	749GT
主機関	阪神内燃機工業	阪神内燃機工業	阪神内燃機工業
補油日	2023/9/9	①2023/9/25 ②2023/10/12	2023/10/2
油種	A重油 + SVO	LSC重油 + SVO	LSC重油 + SVO
混合比率	B24	①B10 ②B24	B24
数量	25kL	各25kL	80kL
補油地	田原	大阪	大阪
外観			

2. 海上試験に使用した燃料油の性状

(1) SVOの性状

※ ISO8217:2017 (DFB)

NO.	項目	単位	第一鐵運丸	祥暉丸	海青丸	試験方法	規定値※	
			SVO①	SVO②	SVO③		Min.	Max.
			9/9 納入	9/25 納入	10/2 納入			
1	Viscosity at 40℃	mm ² /s	39.05	39.32	39.76	ISO 3104	2.00	11.00
2	Density at 15℃	kg/m ³	922.7	923.9	923.8	ISO 12185		900.0
3	Cetane index	–	測定不可	測定不可	測定不可	ISO 4264	35	
4	Sulfur	% (m/m)	0.03未満	0.02	0.03未満	ISO 8754		1.50
5	Flash point	℃	238.00	OVER 300	260.00	ISO 2719	60.00	
6	Hydrogen sulfide	mg/kg	0.00	0.00	0.00	IP 570		2.00
7	Acid number	mgKOH/g	0.77	3.77	3.61	ASTM D664		0.50
8	Total sediment, Existent	% (m/m)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	ISO 10307-1		0.10
9	Fatty Acid Methyl Ester	% (v/v)	79.60	75.60	79.10	IP 579		7.00
10	Carbon residue	% (m/m)	0.42	0.48	0.53	ISO 10370		0.30
11	Pour point	℃	-6.00	-6.00	-6.00	ISO 3016		0.00
12	Water	% (v/v)	0.05	0.20	0.20	ISO 3733		0.30
13	Ash	% (m/m)	0.001	0.001	0.001 未満	ISO 6245		0.010
14	Gross calorific value	J/g	39,490.0	39,325.0	39,350.0	ASTM D240		
15	Iodine Value	gI ₂ /100g	105.00	108.00	108.00	ISO 3961		
16	MI (Moisture + Impurity)	mass %	0.09	0.17	0.23	calcultion		
17	Insoluble Impurities	mass %	0.00	0.01	0.01	ISO 663		

2. 海上試験に使用した燃料油の性状

(2) SVOとA重油の混合油の性状

※ ISO8217:2017 (DFB)

NO.	項目	単位	第一鐵運丸	A重油	B24	試験方法	規定値※	
			SVO①				Min.	Max.
			9/9 納入					
1	Viscosity at 40℃	mm ² /s	39.05	3.44	5.93	ISO 3104	2.00	11.00
2	Density at 15℃	kg/m ³	922.7	872.0	882.9	ISO 12185		900.0
3	Cetane index	—	測定不可	43.1	39.8	ISO 4264	35	
4	Sulfur	% (m/m)	0.03未満	0.44	0.32	ISO 8754		1.50
5	Flash point	℃	238.00	83.00	85.00	ISO 2719	60.00	
6	Hydrogen sulfide	mg/kg	0.00	0.00	0.00	IP 570		2.00
7	Acid number	mgKOH/g	0.77	LT 0.01	0.20	ASTM D664		0.50
8	Total sediment, Existent	% (m/m)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	ISO 10307-1		0.10
9	Fatty Acid Methyl Ester	% (v/v)	79.60	---	17.00	IP 579		7.00
10	Carbon residue	% (m/m)	0.42	0.02	0.16	ISO 10370		0.30
11	Pour point	℃	-6.00	-9.00	-3.00	ISO 3016		0.00
12	Water	% (v/v)	0.05	0.00	0.00	ISO 3733		0.30
13	Ash	% (m/m)	0.001	LT 0.01	LT 0.001	ISO 6245		0.010
14	Gross calorific value	J/g	39,490.0	44,820.0	43,625.0	ASTM D240		
15	Iodine Value	gI ₂ /100g	105.00	---	---	ISO 3961		
16	MI (Moisture + Impurity)	mass %	0.09	---	---	calcultion		
17	Insoluble Impurities	mass %	0.00	---	---	ISO 663		

2. 海上試験に使用した燃料油の性状

(3) SVOとLSC重油の混合油の性状

※ ISO8217:2017 (RME)

NO.	項目	単位	祥暉丸	海青丸	LSC重油	B10	B24	試験方法	規定値※	
			SVO②	SVO③		9/25 納入	10/2 納入		Min.	Max.
			9/25 納入	10/2 納入		9/25 納入	10/2 納入			
1	Viscosity at 40°C	mm ² /s	39.32	39.76				ISO 3104		
	Viscosity at 50°C				37.25	32.57	33.51	ISO 3104		180.00
2	Density at 15°C	kg/m ³	923.9	923.8	947.8	943.1	940.4	ISO 12185		991.0
3	Cetane index	—	測定不可	測定不可				ISO 4264		
4	Sulfur	% (m/m)	0.02	0.03未満	0.43	0.38	0.33	ISO 8754		0.50
5	Flash point	°C	OVER 300	260.00	94.00	94.00	99.00	ISO 2719	60.00	
6	Hydrogen sulfide	mg/kg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	IP 570		2.00
7	Acid number	mgKOH/g	3.77	3.61	0.37	0.68	0.93	ASTM D664		2.5
8	Total sediment, Existent	% (m/m)	< 0.01	< 0.01				ISO 10307-1		
	Total sediment, aged	mass %			< 0.01	< 0.01	0.01	ISO 10307-2		0.10
9	Fatty Acid Methyl Ester	% (v/v)	75.60	79.10	LT 0.5	10.40		IP 579		-
10	Carbon residue	% (m/m)	0.48	0.53				ISO 10370		
	Carbon residue : micro method	% (m/m)			3.41	3.22	3.35	ISO 10370		15.00
11	Pour point	°C	-6.00	-6.00	9.00	6.00	-6.00	ISO 3016		30
12	Water	% (v/v)	0.20	0.20	0.05	0.05	0.05	ISO 3733		0.50
13	Ash	% (m/m)	0.001	0.001 未満	0.008	0.007	0.005	ISO 6245		0.070
14	Gross calorific value	J/g	39,325.0	39,350.0	43,735.0	43,360.0	42,915.0	ASTM D240		
15	Iodine Value	gI ₂ /100g	108.00	108.00				ISO 3961		
16	MI (Moisture + Impurity)	mass %	0.17	0.23				calcultion		
17	CCAI	---			839	837	833	ISO 8217		860
18	Vanadium (V)	mg/kg			5.00	4.00	4.00	IP 501		150
19	Sodium (Na)	mg/kg			6.00	6.00	6.00			50
20	Aluminium (Al) + Silicon (Si)	mg/kg			LT 15	LT 15	LT 15			50
21	Calcium (Ca)	mg/kg			3.00	3.00	LT 3			60
22	Zinc (Zn)	mg/kg			LT 1.0	LT 1.0	LT 1.0			30
23	Phosphorus (P)	mg/kg			LT 1.0	LT 1.0	LT 1.0			15

注：日本国内の内航向けC重油は、2020年の硫黄分規制以前より、動粘度180mm²/s以下、CCAI<860で提供されていることから、RME180の規格値を引用した。

3. 第一鐵運丸

(1) バイオ燃料の使用状況

- 2023/9/9にバイオ燃料B24を25kL補油した後，10/6頃までの間，約8回の航行をした。
- 各航行時の比較的安定した状態において，主機関各部の計測を行った。
- バイオ燃料を補油する前のA重油運転時のデータと比較する（8/27～9/7）。



第一鐵運丸

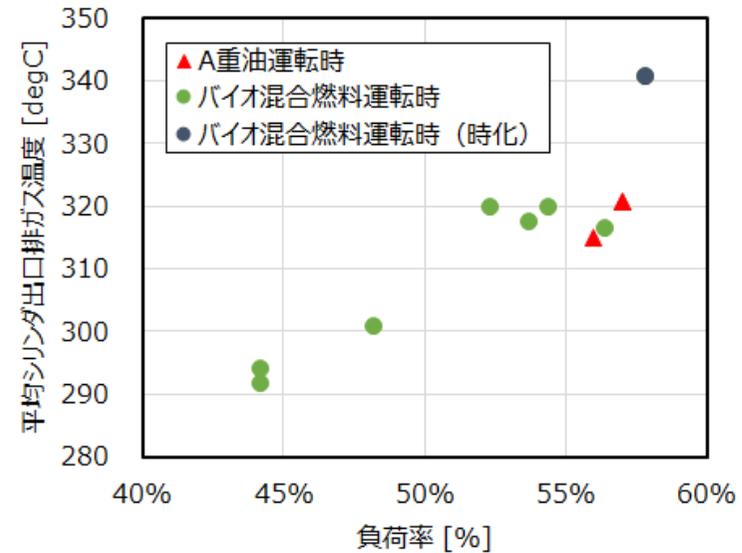


主機関

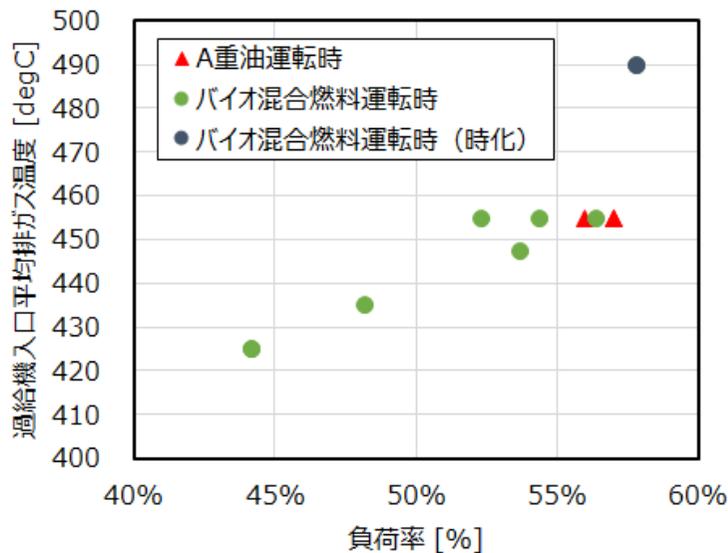
3. 第一鐵運丸

(2) 排ガス温度

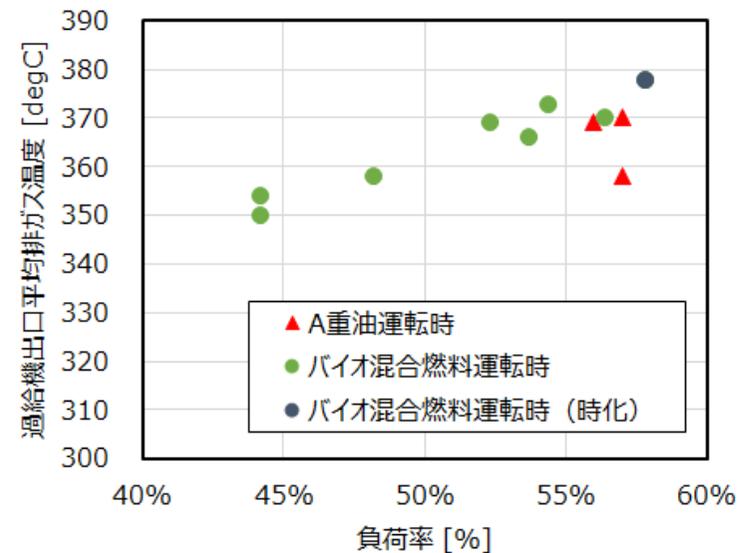
- バイオ燃料使用時の排ガス温度は、時化のときを除いて、A重油運転時と同程度である。
- 時化のとき、機関回転数に対する負荷率は通常時よりも高い状態で運航している。そのため、排ガス温度が高まっている。



(a) シリンダ出口排ガス温度



(b) 過給機入口排ガス温度

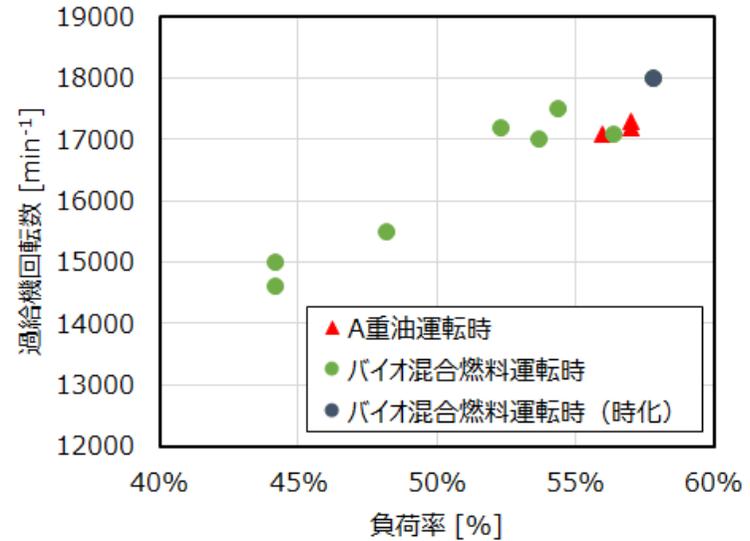


(c) 過給機出口排ガス温度

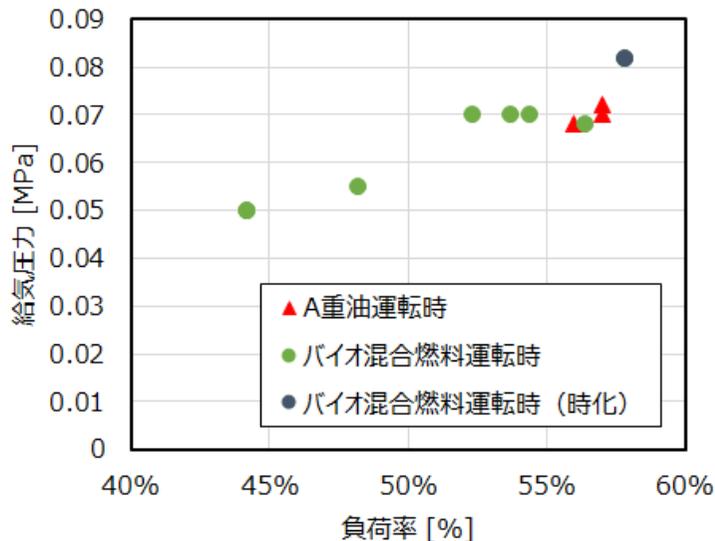
3. 第一鐵運丸

(3) 過給機回転数・給気特性

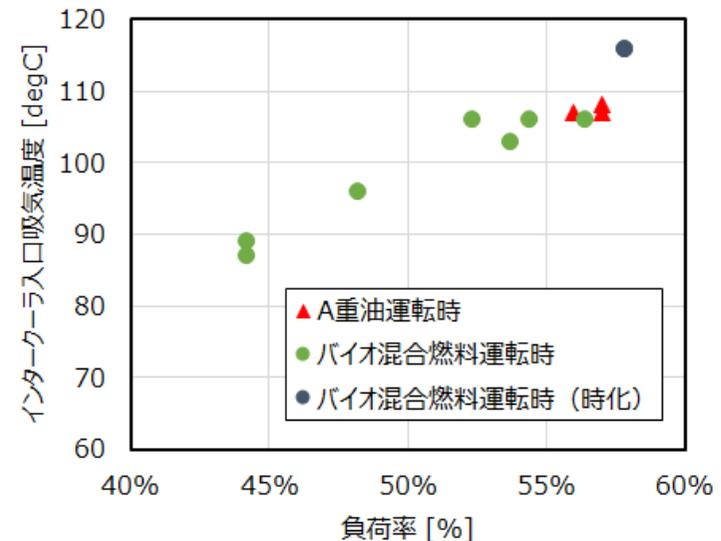
- バイオ燃料使用時の過給機回転数や給気圧力，給気温度は，時化のときを除いて，A重油運転時と同程度である。



(a) 過給機回転数



(b) 給気圧力

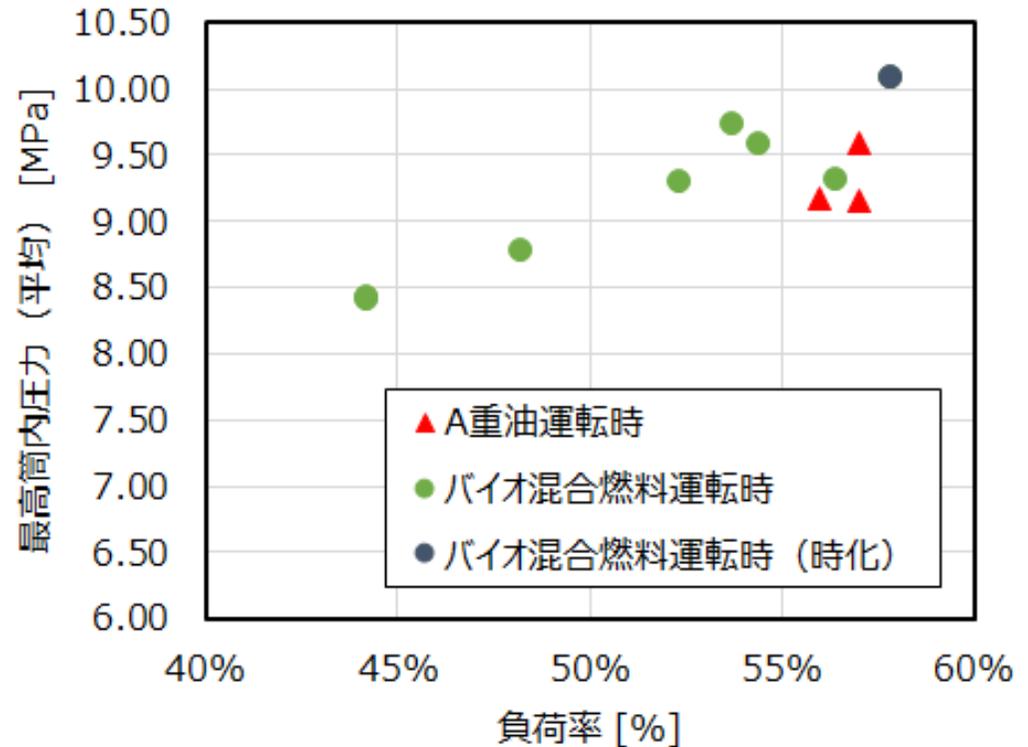


(c) 給気温度

3. 第一鐵運丸

(4) 筒内最高圧力

- バイオ燃料使用時の最高筒内圧力は、A重油運転時と同程度である。
- 6気筒の最高筒内圧力のばらつきについても、バイオ燃料使用時とA重油運転時は同程度である（時化のときを除く）。

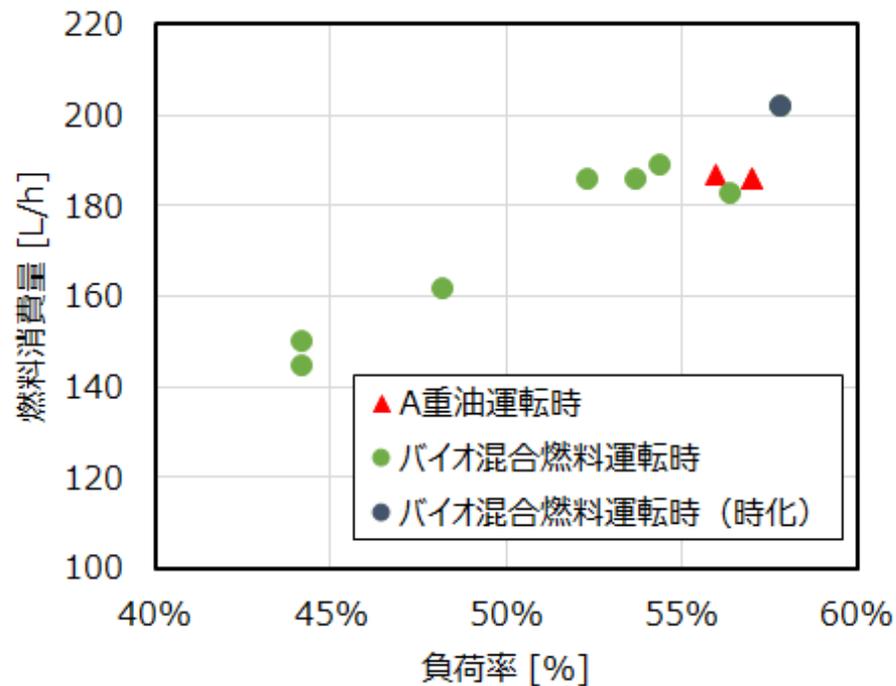


最高筒内圧力 (6気筒の平均)

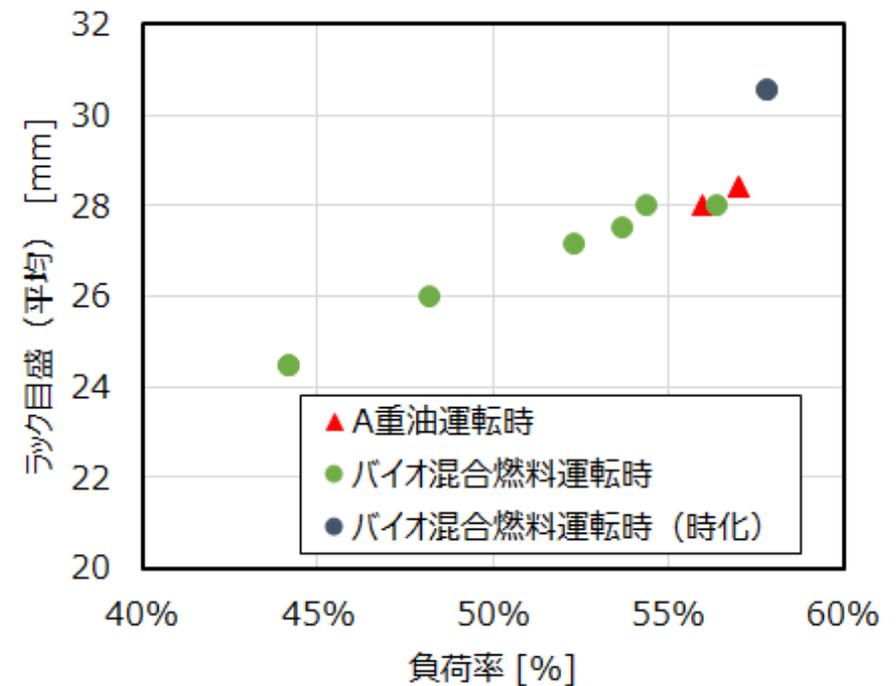
3. 第一鐵運丸

(5) 燃料消費量・ラック目盛

- バイオ燃料使用時の燃料消費量およびラック変位は，時化のときを除いて，A重油運転時と同程度である。



(a) 燃料消費量



(b) ラック変位

3. 第一鐵運丸

(6) フィルタの点検

- バイオ燃料使用時，定期的にフィルタの状態を確認した。
- バイオ燃料使用開始から10～20日後，スラッジの堆積が確認された。詳細は不明であるが，時化の後に一定量の堆積物が認められた経緯などからタンクや配管内の残渣物が流出された可能性が考えられる。



燃料油2次フィルタ（10/11撮影）



9/12撮影



9/17撮影

燃料油1次フィルタ



9/27撮影

3. 第一鐵運丸

(7) 開放点検

- バイオ燃料運転終了後、2023/10/11の仮バースにおいて、No.2シリンダのみを対象として、燃料弁、吸気弁、排気弁の開放点検を行った。
- A重油燃焼と顕著に異なる異常は見当たらなかった。



(a) シリンダカバーの開放



(b) シリンダカバー燃焼面



(c) シリンダライナ



(d) 排気弁



(e) 燃料弁 (ノズルチップ)

3. 第一鐵運丸

(8) まとめ

- バイオ燃料使用時，通常のA重油運転と異なる状態やトラブルは確認されなかった。
- バイオ燃料使用時の排気色についても問題は確認されなかった。
- 船員へのヒアリングの結果，操舵席では，風向きによっては天ぷら油の胸焼けするようなきついにおいがあった，とのコメントがあった。一方，機関室では，わずかな天ぷら油のにおいはしたが，そこまで気になるものではなかった，とのコメントがあった。



(a) A重油運転時の排気色



(b) バイオ燃料使用時の排気色

4. 祥暉丸

(1) バイオ燃料の使用状況

- 本船は、2023/9/20にバイオ燃料B10を25kL補油した後、10/12にバイオ燃料B24を25kL補油し、11/1の定期的ドックまでバイオ燃料を使用した。
- B10、B24および比較用のLSC重油運転において、主機回転数を同じとし（223～225min⁻¹）、比較的安定した運航状態におけるデータを取得した。



祥暉丸

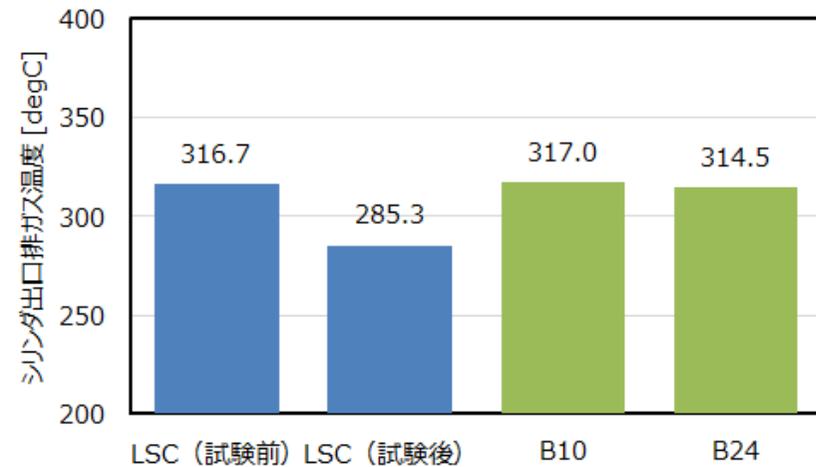


主機関の開放点検

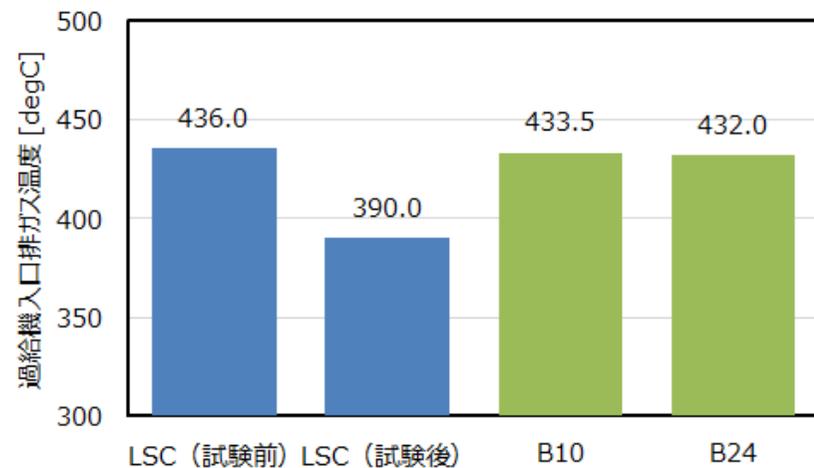
4. 祥暉丸

(2) 排ガス温度

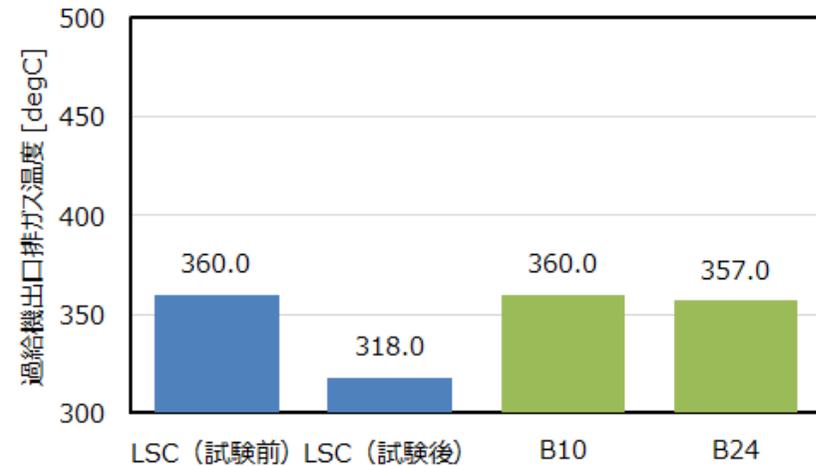
- B10およびB24のバイオ燃料使用時の排ガス温度はほぼ同じである。
- バイオ燃料による試験前後のLSC運転時，使用しているLSC重油が異なり，両者のばらつきが大きい。バイオ燃料使用時は概ねその間にある。



(a) シリンダ出口排ガス温度



(b) 過給機入口排ガス温度

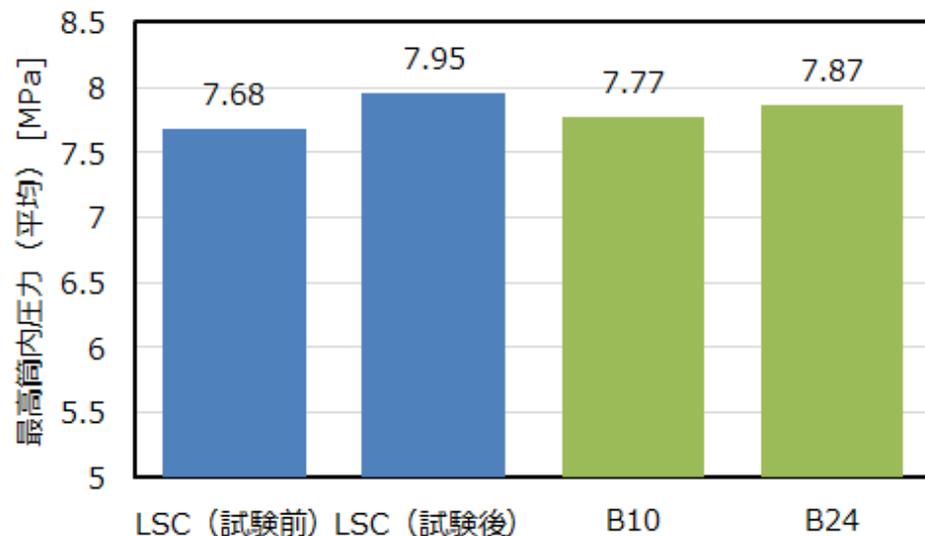


(c) 過給機出口排ガス温度

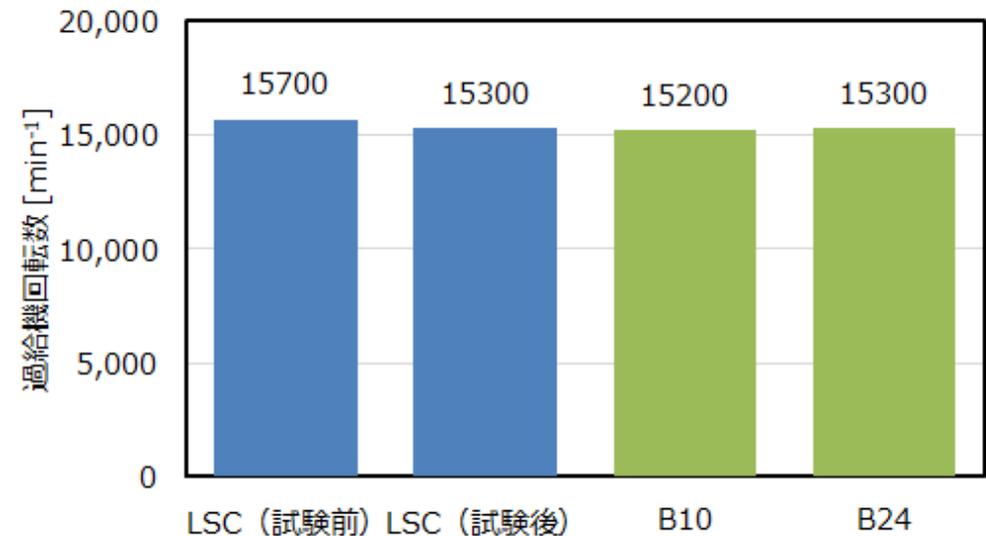
4. 祥暉丸

(3) 最高筒内圧力・過給機回転数

- B10およびB24のバイオ燃料使用時の最高筒内圧力および過給機回転数はほぼ同じである。
- バイオ燃料使用時の最高筒内圧力および過給機回転数は、概ね試験前後のLSC運転時の間にある。



(a) 最高筒内圧力 (平均)

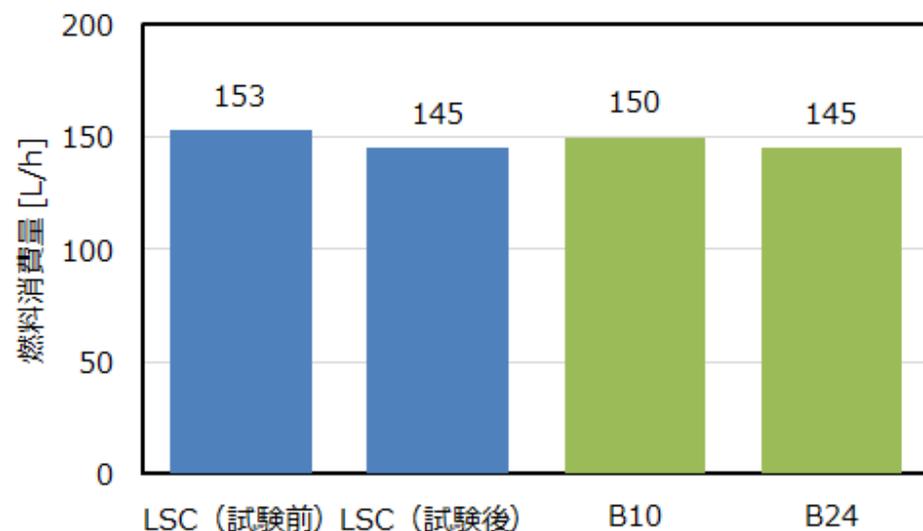


(b) 過給機回転数

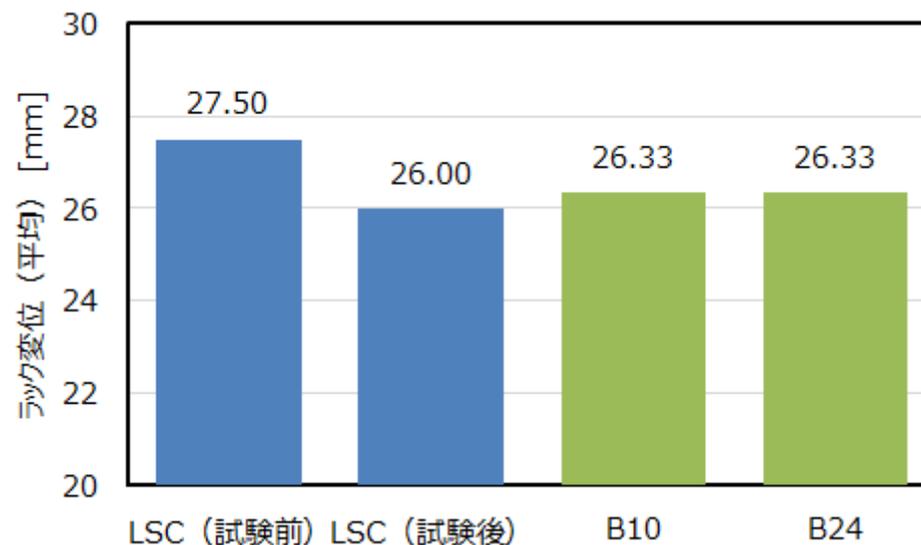
4. 祥暉丸

(4) 燃料消費量・ラック変位

- LSC重油およびバイオ燃料使用時の燃料消費量は、じゃっかんのばらつきはあるものの、概ね同程度である。
- B10およびB24のバイオ燃料使用時のラック変位はほぼ同じであり、試験前後のLSC運転時の間にある。



(a) 燃料消費量



(b) ラック変位 (平均)

4. 祥暉丸

(5) フィルタの点検

- バイオ燃料使用時，定期的にフィルタの状態を確認した。
- 全体的に汚れが多いことが確認された。ただし，LSC重油由来であるのか，バイオ燃料の影響を受けているのかは判断できない。



一次ストレーナ



二次ストレーナ

4. 祥暉丸

(6) 燃料清浄機の点検

- 実船試験においては、B10とB24を合わせて約400時間の燃料清浄運転を行われ、燃料油清浄機はLSC重油の場合と同様に、作動不良や漏れなどの問題はなく、運転を継続できた。
- 実船試験の前後、三菱化工機殿による燃料清浄機の点検が行われた。
- バイオ燃料使用時の内部の汚れは、LSC重油使用時と同程度であり、SVO混合によるスラッジの異常発生は確認されなかった。
- ゴム製リングに顕著な膨潤や変形、銅合金部品（インペラ）の腐食などの不具合は確認されなかった。



フレーム内の汚れ



試験終了後の分離板

4. 祥暉丸

(7) ドック時の開放点検

- 試験終了後のドックにおいて、阪神内燃機殿による主機関の開放点検が行われた。
- シリンダカバーを開放し、吸排気弁、燃料弁、燃料噴射ポンプ、ピストン、シリンダライナを確認した結果、通常のLSC使用時と異なる異常は確認されなかった。



燃料弁本体



燃料弁ノズル



シリンダカバー燃焼面



排気ポート



排気弁



ピストンリング

4. 祥暉丸

(8) まとめ

- B10およびB24のバイオ燃料使用時の排ガス温度などの主機データはほぼ同じであり、B10とB24の違いは確認されなかった。
- バイオ燃料使用時の各種計測結果は、バイオ燃料による試験前後のLSC運転時のデータと比較して概ね同程度であった。
- フィルタの点検をおこなった結果、全体的に汚れが多いことが確認された。ただし、LSC重油由来であるのか、バイオ燃料の影響を受けているのかは判断できない。
- 燃料油清浄機は400時間程度運転され、LSC重油の場合と同様に、作動不良や漏れなどの問題はなく、運転を継続できた。
- 主機関の開放点検をおこなった結果、通常のLSC使用時と異なる異常は確認されなかった。



主機関の開放点検

5. 海青丸

(1) バイオ燃料の使用状況

- 2023/10/2にバイオ燃料B24を80kL補油した後，約1ヶ月間の試験を行った。



海青丸

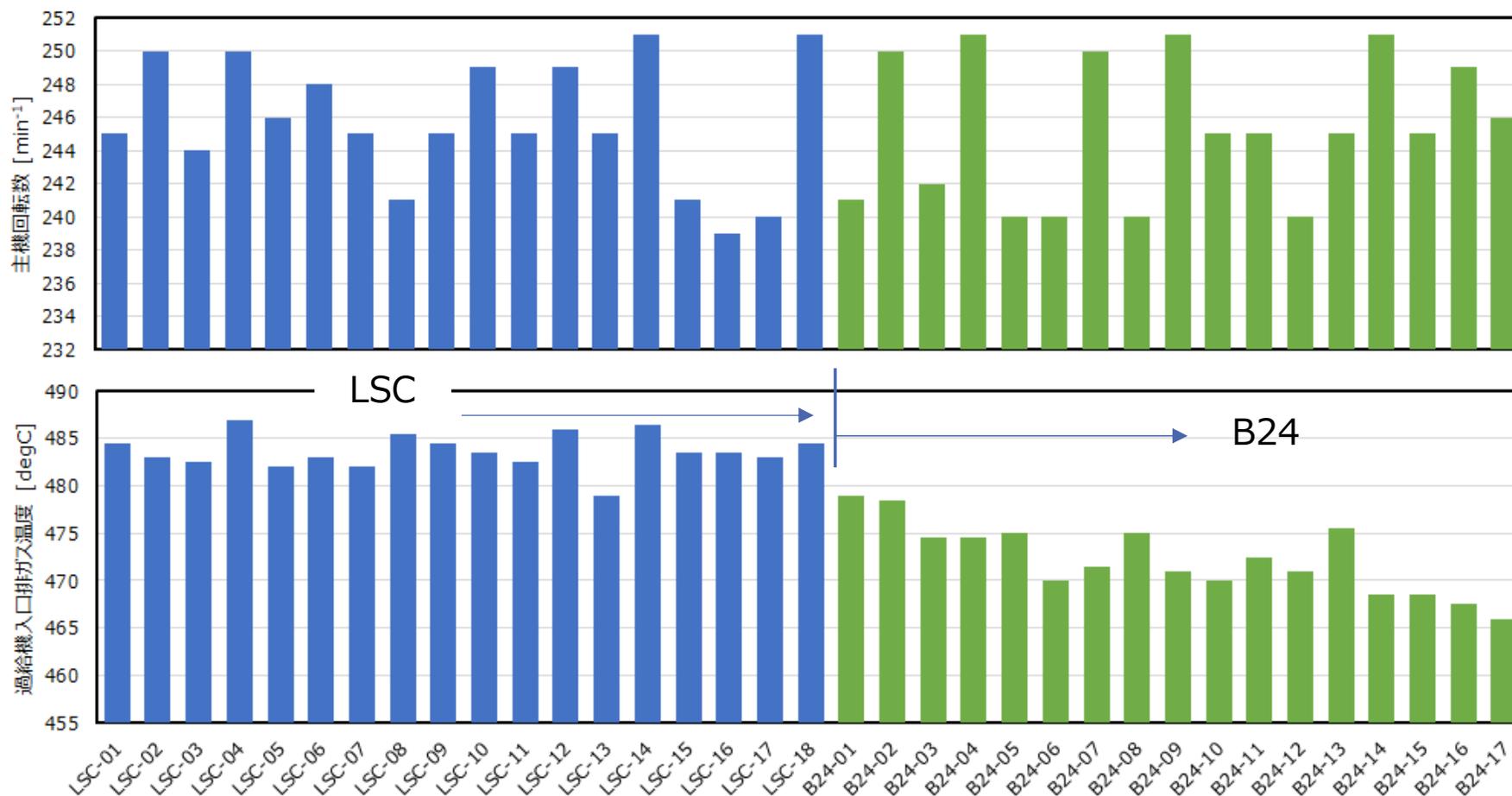


主機関

5. 海青丸

(2) データ収集方法

- 本船は、4時間おきの主機ログデータが自動的に計測される。運航中のデータを抜き出して、整理する。

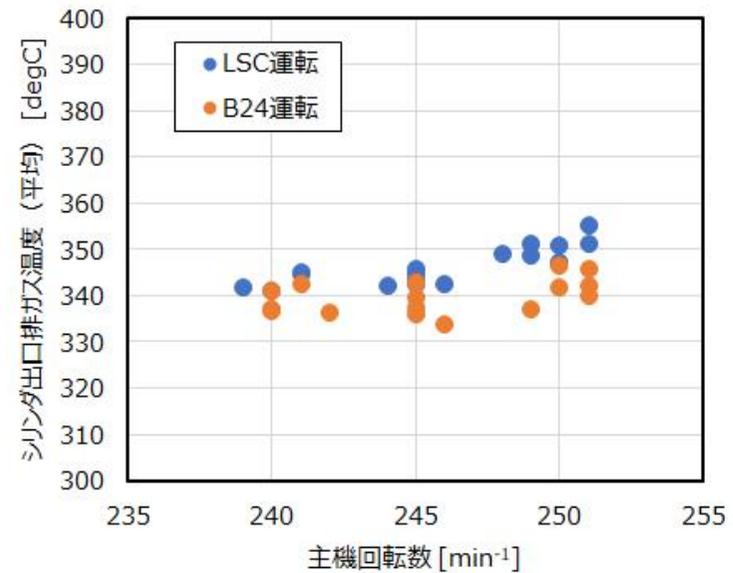


計測データの例 (運航時)

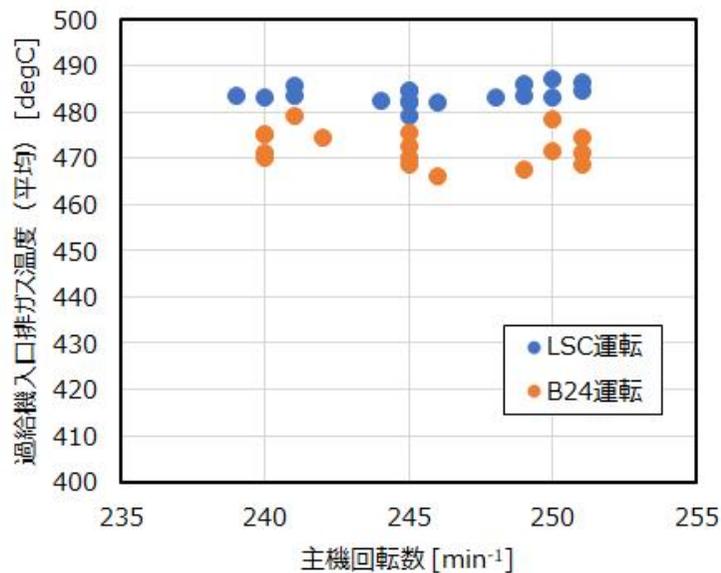
5. 海青丸

(3) 排ガス温度

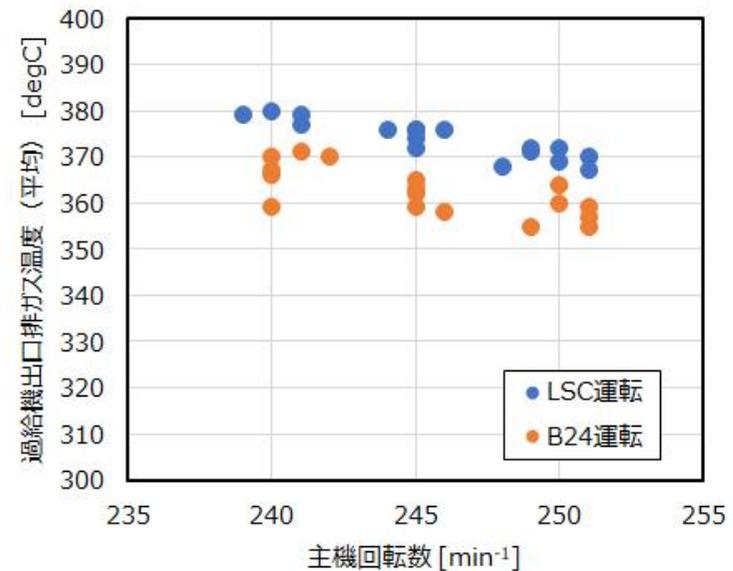
- バイオ燃料使用時の排ガス温度は、LSC重油運転時とやや低い。
- 補油した燃料油の性状による影響を受けていると考えられるが、詳細は不明である。



シリンダ出口排ガス温度



過給機入口排ガス温度



過給機出口排ガス温度

5. 海青丸

(4) フィルタの点検

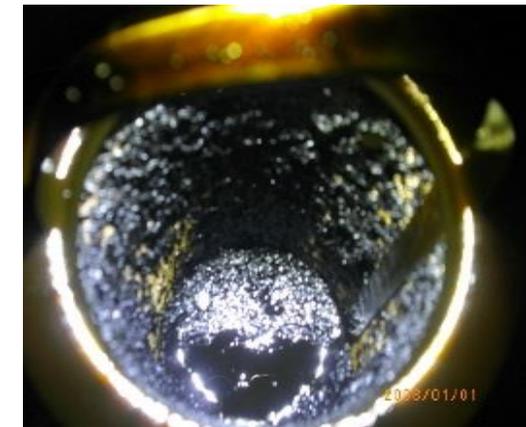
- バイオ燃料使用開始から2週間程度は、通常のLSC運転と変わらない状態とのことであった。
- その後、前回点検・清掃時と比べて、汚れがやや多くなったとのことである。



10/14点検



10/24点検



10/31点検

5. 海青丸

(5) まとめ

- バイオ燃料使用時の排ガス温度は、LSC重油運転時とやや低い。補油した混合油の性状による影響を受けていると考えられるが、詳細は不明である。
- 安定した航行中、筒内最高圧力の計測をおこなっているが、気筒毎のばらつき等の異常は確認されなかった。
- 燃料清浄機は問題なく運転でき、異常は確認されなかった。



燃料油フィルタ



燃料清浄機

6. まとめ

- ① 2023年9月より、3隻の内航貨物船においてSVO混合油（B10およびB24）による実船試験を実施した。
- ② いずれの船舶においても、バイオ燃料使用時、通常の重油運転と異なる状態やトラブルは確認されなかった。
- ③ SVOとA重油の混合油を使用した船舶において、船員へのヒアリングの結果、操舵席では、風向きによっては天ぷら油の胸焼けするようなきついにおいがあった、とのコメントがあった。一方、機関室では、わずかな天ぷら油のにおいはしたが、そこまで気になるものではなかった、とのコメントがあった。
- ④ 一部の船舶において、フィルタの点検をおこなった結果、全体的に汚れが多いことが確認された。ただし、LSC重油由来であるのか、バイオ燃料の影響を受けているのかは判断できない。
- ⑤ SVOとLSC重油の混合油を使用した2隻の船舶において、燃料油清浄機は、LSC重油の場合と同様に、作動不良や漏れなどの問題はなく、運転を継続できた。
- ⑥ 一部の船舶では主機関の開放点検をおこなった。その結果、通常の重油使用時と異なる異常は確認されなかった。