高温下におけるシリンダ油の 耐スカuffing性向上に関する研究*

北 原 辰 巳** 白 濱 真 一*** 有 本 直 純****

Improved Scuffing Resistance of Marine Cylinder Oil under High Temperature Condition

By Tatsumi Kitahara, Shinichi Shirahama and Naozumi Arimoto

The recent trend to increase the efficiency and output of large two-stroke diesel engines raises the lubrication severity of the piston ring and the cylinder liner. The temperature of the cylinder liner also tends to increase, keeping the sulphuric acid above its dew point to reduce corrosive wear. One of the most important issues in this context is to prevent severe wear and scuffing under high temperature conditions. The present study was carried out to find out how scuffing resistance of the cylinder oil could be improved using a pin-on-disk type reciprocative sliding test equipment, in which test conditions of high speed, high temperature and oil starvation were similar to those seen in large diesel engines. The relationship between scuffing resistance and total base number (TBN) of the cylinder oil varies greatly depending on the oil feed rate. Under fully flooded lubrication condition, increasing total base number of the cylinder oil is effective in improving scuffing resistance. Under oil starved lubrication condition, however, the usage of high TBN oil results in low scuffing resistance when compared to low TBN oil because of the inferior oil film spreading of high TBN oil. The usage of an oil spreading improver and a heat resisting dispersant, both which enhance oil film spreading under high temperature condition, as well as an extreme pressure agent was found to raise the scuffing resistance of high TBN oil.

1. はじめに

大形2サイクルディーゼル機関のピストンリングとシリンダライナの潤滑状態は、シリンダ内部で燃焼が行われるほかに往復滑りや変動荷重などの特徴が重なるため極めて複雑で、かつ過酷である。近年の大形ディーゼル機関では高効率・高出力化が進み、ピストンリングとシリンダライナの潤滑状態は一段と苛酷化する傾向にあり、異常摩耗やスカuffingなどの損傷発生を防止することが重要な課題となっている^{1)~4)}。

それと同時に粗悪燃料油を用いる大形ディーゼル機関では腐食摩耗を防止することも重要であり、燃焼ガス中に含まれる硫酸の凝縮を防ぐ目的からシリンダライナの壁温を高く設定する必要がある。硫酸の露点温度はシリンダ内ガス圧の上昇に従って高くなるため、一部の高出力機関ではトップリング上死点位置におけるシリンダライナ壁温を270℃以上に上昇させた運転結果も報告されている⁵⁾。このような高温の潤滑条件

下ではスカuffing発生を防止することが不可欠であり、シリンダ油の耐スカuffing性を向上させることが極めて重要な研究課題となっている⁶⁾。

シリンダ油の耐スカuffing性を四球試験、ファレックス試験、並びにピンオンディスク試験などにより評価した研究は、従来から多く報告されている。これらの研究では、摺動速度が1m/s以下の低速滑り条件、並びに潤滑油が十分に供給された条件で試験を実施した報告が多い^{6)~9)}。しかしながら近年の大形ディーゼル機関における平均ピストン速度は8m/s以上に増大しており高速滑り条件であること、並びにピストンリング列に供給される潤滑油量は不足した状態（オイルスタベーション）であること⁴⁾などを考慮すると、実際機関と従来試験法における潤滑条件は、かなり異なっていることが指摘できる。さらに摺動面温度を300℃近傍まで上昇させてシリンダ油の耐スカuffing性を評価した研究に関してもほとんど報告されておらず、不明な点が多いと考えられる。

そこで本研究では、ピストンリングの往復滑りを模擬した回転円板式往復滑り摩擦試験機を用い、実際機関の潤滑状態に近い高速かつ高温条件下でシリンダ油

* 原稿受付 平成 17 年 9 月 20 日。

** 正会員 九州大学大学院 (福岡市西区元岡 744)

*** 正会員 新日本石油(株) (横浜市中区千鳥町8)

**** 非会員 新日本石油(株) (横浜市中区千鳥町8)

の耐スカフティング性を評価した。給油条件として潤滑油が十分に供給された場合とスターブ状態の場合で試験を実施し、給油量の違いによる耐スカフティング性の変化を明らかにした。さらにシリンダ油の粘度、全塩基価、並びに硫酸や異物の混入などがスカフティング発生に及ぼす影響について明らかにするとともに、耐熱分散剤、拡がり性向上剤、並びに極圧剤などの添加剤の効果を調べ、耐スカフティング性を向上させるための方策について検討した。

2. 実験方法

2.1 試験装置 図1に回転円板式往復滑り摩擦試験機の概略を示す。この試験機は回転する直径190mmの円板状ライナ試験片②の上で、下向きに荷重をかけた幅7mm、長さ23mmの角形リング試験片③を円板の直径方向に往復横移動させながら摺動させるものである。従ってリング試験片の摺動速度は、実

1. Rotating Shaft	8. Horizontal Rod
2. Liner Specimen Disk	9. Rod Guide
3. Ring Specimen Block	10. Vertical Support
4. Ring Block Holder	11. Oscillation Device
5. Load Bellows	12. Balance Weight
6. Compressed Air Tube	13. Load Sensor
7. Oscillatory Arm	14. Adjust Screw

図1 試験装置の概略

図2 リング表面温度と摩擦力の変化

際機関と同様に速さと方向が周期的に変化する往復すべりの状態で与えられ、摩擦力の変化は水平支持棒⑧を介して荷重センサ⑬により検出した。供試潤滑油はライナ試験片上に給油量 $q=0.5 \text{ mg/s}$ および 5 mg/s の条件で供給した。試験部の温度はライナ試験片の下部と上部に設けた電熱ヒータにより調節した。リング試験片の温度は、表面から 0.5 mm の深さに埋め込んだ熱電対で測定した。ライナ試験片には特殊鋳鉄（ターカロイ）、リング試験片には片状黒鉛鋳鉄を用いた。摺動面は自乗平均平方根粗さ R_{rms} で $0.38 \sim 0.40 \mu\text{m}$ の範囲に研削加工した。

図2にリング試験片の表面温度 T 、並びにサイクル平均摩擦力 F_m の変化の一例を示す。実験は平均すべり速度 U を 8 m/s 、並びにリング表面温度 T を 300°C の一定条件に設定した後、リング荷重面圧 P のみを段階的に増大させてスカフティングが発生する限界の荷重面圧 P_{max} を求める方法で実施した。スカフティングの発生は試験面温度の急上昇、並びに摩擦力の急増の二点から判定した。試験後の摺動面を観察すると、リング試験片の場合は全面で、ライナ試験片の場合は摺動速度が最大となる外周部近傍で激しいスカフティング損傷が確認された。

2.2 供試潤滑油 表1に示す供試潤滑油は、大形ディーゼル機関で用いられている粘度 SAE50、全塩基価 (TBN) 70 mgKOH/g のシリンダ油 (Fresh Oil)、実際機関のランタンドレンから採取した使用油 (Used Oil)、並びに使用油中の異物を超遠心分離機 (遠心力 $22 \times 10^4 \text{ G}$) により除去した異物除去油 (Centrifuged Oil) である。使用油の動粘度は酸化やすすの混入により増大し、TBN は燃焼ガスに含まれる硫酸の混入により

表1 新油、使用油、並びに異物除去油の性状

Lubricating Oil	Kinematic Viscosity (mm^2/s)		Total Base Number (mgKOH/g)	Pentane Insoluble (mass %)
	40 °C	100 °C		
SAE50 TBN70 Fresh Oil	241.8	22.0	69.6	0.0
Used Oil	404.4	28.1	24.1	6.0
Centrifuged Oil	288.4	22.2	10.0	0.2

表2 粘度を変化させた供試潤滑油の性状

Lubricating Oil	Kinematic Viscosity (mm^2/s)		Total Base Number (mgKOH/g)
	40 °C	100 °C	
SAE30 TBN70 Fresh Oil	79.2	10.5	69.5
SAE40 TBN70 Fresh Oil	130.0	14.5	69.3
SAE50 TBN70 Fresh Oil	241.8	22.0	69.6

大し、TBN は燃焼ガスに含まれる硫酸の混入により 24 mgKOH/g まで低下している。さらに使用油中には燃焼生成物や摩耗粉などの各種異物が混入しており、ペンタン不溶解分が 6%に増大している。このように新油と使用油の性状は大きく異なっており、粘度や TBN の違い、並びにすすなどの異物混入の影響について明らかにすることは重要である。

そこで、表 2 に示すような粘度が SAE30, SAE40 並びに SAE50 の供試潤滑油 (TBN は 70mgKOH/g 一定) を用い、粘度の違いがスカuffing 発生に及ぼす影響について調べた。また表 3 に示すような、金属系清浄剤の添加量により TBN を 0~70mgKOH/g まで変化させた供試潤滑油 (粘度は SAE50 一定), 並びに

SAE50・TBN70 の新油に硫酸を混入することにより TBN を低下させた硫酸混入油 (Neutralized Oil) を用い、TBN の影響について調べた。さらに表 1 に示した使用油と異物除去油の潤滑性を比較することにより、使用油中に混入している異物の影響について検討した。

3. 実験結果と考察

3.1 粘度および全塩基価の違いが耐スカuffing 性に及ぼす影響 図 3 は SAE30, SAE40 並びに SAE50 の供試潤滑油 (TBN は 70mgKOH/g 一定) を用い、粘度の違いがスカuffing 発生に及ぼす影響について調べた結果である。給油量 $q=5\text{mg/s}$ および 0.5mg/s の各条件で試験を実施したが、全ての供試潤滑油の場合で給油量を少なくするとスカuffing 発生荷重 $P_{\max}$ が減少しており、耐スカuffing 性が大幅に低下することが認められる。いずれの給油量の条件でも、粘度の増加は耐スカuffing 性の向上に有効であることがわかる。

図 4 は金属系清浄剤の添加量により TBN を 0 から 70mgKOH/g まで変化させた供試潤滑油 (粘度は SAE50 一定) を用い、TBN の違いがスカuffing 発生に及ぼす影響について調べた結果である。給油量が多い $q=5\text{mg/s}$ の条件では、TBN を 0 から 70 mgKOH/g に増加させるに従ってスカuffing 発生限界荷重 $P_{\max}$ は増大しており、TBN の増加は耐スカuffing 性の向上に有効であることが認められる。一方、給油

表 3 全塩基価を変化させた供試潤滑油の性状

Lubricating Oil	Kinematic Viscosity (mm ² /s)		Total Base Number (mgKOH/g)	Amount of Sulfuric Acid (ml / l of Oil)
	40 °C	100 °C		
SAE50 TBN70 Fresh Oil	241.8	22.0	69.6	0
SAE50 TBN40 Fresh Oil	245.4	21.6	39.7	0
SAE50 TBN24 Fresh Oil	245.1	21.2	23.6	0
SAE50 TBN0 Fresh Oil	246.6	20.3	0.1	0
Neutralized Oil (TBN40)	215.9	20.8	40.1	13.4
Neutralized Oil (TBN25)	205.2	19.6	25.3	21.0
Neutralized Oil (TBN0)	191.0	17.8	0.0	35.6

図 3 粘度が耐スカuffing 性に及ぼす影響

図 4 全塩基価が耐スカuffing 性に及ぼす影響

量が少ない $q=0.5\text{mg/s}$ の条件では、TBNを増加させると耐スカuffing性は逆に低下する傾向が認められ、給油量の違いによって、TBNと耐スカuffing性の関係が全く異なることが認められる。

実際の大形ディーゼル機関では、燃焼ガスに含まれる硫酸がシリンダ油に混入してTBNが低下する。そこでSAE50・TBN70の新油に硫酸を混入することによりTBNを低下させた硫酸混入油を用い、TBNの影響について調べた結果を図5に示す。給油量が多い $q=5\text{mg/s}$ の条件では、新油と比較して硫酸混入油のスカuffing発生荷重 $P_{\max}$ は低下しており、硫酸混入量を増加しTBNを減少させるに従って耐スカuffing性は低下することが認められる。これは硫酸の混入により粘度が低下したためと推察できる。一方、給油量が少ない $q=0.5\text{mg/s}$ の条件では、硫酸混入量を増大してTBNを低下させるに従って耐スカuffing性は向上する傾向が認められる。硫酸混入油の場合でも、給油量の違いによってTBNと耐スカuffing性の関係が全く異なることがわかった。

従来の研究では、金属系清浄剤に含まれるアルカリ粒子（炭酸カルシウム）が極圧性を有しているため、金属系清浄剤の増量によるTBNの増加はスカuffing発生防止に有効であることを示した報告が多い¹⁰⁾。本研究でも給油量が多い条件では、TBNの増加により耐スカuffing性が向上しており、従来の報告と同様な結果が得られた。しかし高温かつ給油量の少ない

潤滑条件で試験を実施すると、TBNの増加は耐スカuffing性を逆に低下させることが明らかになった。この原因を考察するため、次節では油膜拡がり性について検討する。

3.2 粘度および全塩基価の違いが油膜拡がり性に及ぼす影響 油膜拡がり性を評価する試験は、図6に示すように一定量(0.03g)の供試潤滑油を中央に滴下した円板ライナ試験片を表面温度 $T=250^\circ\text{C}$ 、回転速度 $N=100\text{rpm}$ の条件で回転させ、リング試験片を1サイクルのみ揺動させた後、ライナ試験片上に拡がった油膜面積 A_o を測定する方法で実施した¹¹⁾。

図7は粘度の違いが油膜拡がり性に及ぼす影響について調べた結果である。油膜拡がり面積 A_o は、SAE30、SAE40並びにSAE50の順に増大しており、粘度の増加に従って油膜拡がり性が向上することが認められる。一般に高粘度油と比較して低粘度油は油膜拡がり性に優れると考えられるが、本研究のような高温条件下で試験を実施すると、揮発性の高い低粘度油の場合には摺動面からの蒸発が顕著になり油膜拡がり性が低下したものと推察できる。

図8は金属系清浄剤の添加量によりTBNを変化させた供試潤滑油の油膜拡がり性を調べた結果である。TBNを0から70mgKOH/gに増加させるに従って油膜

図5 硫酸混入油が耐スカuffing性に及ぼす影響

図6 油膜拡がり性を評価する試験方法

図7 粘度が油膜拡がり性に及ぼす影響

拡がり性が著しく低下する傾向が認められる。一方、図9は硫酸の混入量により TBN を変化させた硫酸混入油の油膜拡がり性を調べた結果である。硫酸混入量を増大させると、粘度が低下するため図7の結果で示したように油膜拡がり性に不利な点もあるが、TBN が低下して油膜拡がり性が大幅に向上することがわかる。

以上の結果から、金属系清浄剤の添加量、並びに硫酸混入量の違いにより TBN を変化させたいずれの場合でも、油中に含まれる炭酸カルシウムの量が多く TBN が高くなるほど油膜拡がり性が悪化することが明らかになった。これは TBN の高い供試潤滑油の場合、高温条件下では炭酸カルシウムによる不溶解分の析出が増大し油膜拡がり性が阻害された結果¹⁾であると考察しているが、詳細なメカニズムについては今後の研究課題である。

一般にシリンダ油の性能は、粘度、熱・酸化安定性、酸中和性、極圧性、並びに拡がり性など多くの要因によって変化する。潤滑油が十分に供給された条件では、金属系清浄剤に含まれる炭酸カルシウムが極圧性を有しているため、TBN を高めて炭酸カルシウム量を増大すると耐スカuffing性が向上したものと考えられる。しかし高温かつ給油量の少ない条件では、極圧性のみならず油膜拡がり性が潤滑性に大きな影響を及ぼすものとする。すなわち TBN の増加により油膜拡

がり性が悪化すると、潤滑状態が苛酷になり油膜破断が発生した際に潤滑油の供給が困難となるため、油膜修復が速やかに行われずにスカuffingが発生しやすくなったものと推察できる。

3.3 高塩基価シリンダ油の耐スカuffing性を向上させる方策 硫黄含有量の高い粗悪燃料油を用いる大型ディーゼル機関では、シリンダ油の酸中和性を高め腐食摩耗を防止する目的から TBN を 70mgKOH/g 程度まで増大させる必要がある。従って、高塩基価シリンダ油の耐スカuffing性を向上させる方策を検討することは極めて重要である。

そこで表4に示すような添加剤配合の異なる4種類の供試潤滑油（いずれも SAE50・TBN70）を用いて試験を実施した。すなわち標準油（Fresh Oil）に用いた分散剤 A（コハク酸イミド）、並びにその耐熱性を向上

表4 耐熱分散剤、拡がり性向上剤、並びに極圧剤の影響を調べるための供試潤滑油

Lubricating Oil	Dispersant	Oil Spreading Improver	EP Agent
SAE50 TBN70 Fresh Oil	A	—	—
SAE50 TBN70 Fresh Oil (1)	A	○	—
SAE50 TBN70 Fresh Oil (2)	B	—	—
SAE50 TBN70 Fresh Oil (3)	B	—	○

図8 全塩基価が油膜拡がり性に及ぼす影響

図9 硫酸混入油が油膜拡がり性に及ぼす影響

(a) Oil Film Spreading

(b) Scuffing Resistance ($q = 0.5 \text{ mg/s}$)

図10 耐熱分散剤、拡がり性向上剤、並びに極圧剤が油膜拡がり性と耐スカuffing性に及ぼす影響

させた分散剤 B (ホウ素化コハク酸イミド) を用い、分散剤の種類が油膜拡がり性と耐スカuffing性に及ぼす影響について検討した。さらに拡がり性向上剤 (Oil Spreading Improver) としてシリコーンを、極圧剤 (EP Agent) としてジアルキルジチオリン酸亜鉛 (ZnDTP) を添加した供試潤滑油を用い、添加剤の効果について検討した。

図 10(a)は各供試潤滑油の油膜拡がり性について調べた結果である。標準油 (Fresh Oil) と比較して Fresh Oil (1) の油膜拡がり面積 A_o が大幅に増大していることから、拡がり性向上剤 (シリコーン) の添加により高塩基価シリンダ油の拡がり性を改善できることが認められる。表面張力の小さいシリコーンは油中の消泡作用に優れており、泡消し剤として用いられているが¹²⁾、金属表面における油膜拡がり性を向上させる効果も期待できることがわかる¹³⁾。また Fresh Oil と比較して Fresh Oil (2) の油膜拡がり面積も増大することが認められる。標準油に用いたコハク酸イミド系分散剤は、油膜の表面張力を低下させて拡がり性を向上させる効果があるものの高温下ではその機能が低下する。それに対して耐熱性を向上させたホウ素化コハク酸イミドは、高温下でもその機能を失うことなく油膜拡がり性の向上に有効であることがわかる。一方、Fresh Oil (2) と Fresh Oil (3) の油膜拡がり面積の大きな違いは認められず、極圧剤による油膜拡がり性の改善はほとんど期待できない。

図 10(b)は前述の 4 種類の供試潤滑油の耐スカuffing性について調べた結果である。Fresh Oil と比較して Fresh Oil (1) のスカuffing発生荷重 P_{max} が高くなることから、拡がり性向上剤による油膜拡がり性の改善は耐スカuffing性の向上に有効であることがわかる。また Fresh Oil と比較して Fresh Oil (2) のスカuffing発生荷重が高くなっており、耐熱分散剤 (ホウ素化コハク酸イミド) の適用も耐スカuffing性の向上に有効である。これはホウ素化コハク酸イミドの適用による油膜拡がり性の改善、並びにホウ素による極圧性の向上¹⁴⁾などの効果によるものと考えられる。さらに Fresh Oil (3)の耐スカuffing性が一段と向上したことから、極圧剤 (ZnDTP) の添加は油膜拡がり性に影響を及ぼさないものの、スカuffing発生防止に極めて有効であることなどがわかる。

以上の結果から、高温かつ給油量の少ない条件における高塩基価シリンダ油の耐スカuffing性を向上させる手段として、耐熱分散剤および拡がり性向上剤の添加により油膜拡がり性を改善させると同時に、極圧剤を添加することが有効であることが明らかになった。これら添加剤の作用機構に関しては、次報で報告する予定である。

3.4 使用油の影響 図 11 は SAE50・TBN70 の新油と実際機関のランタンスペースから採取した使用油の油膜拡がり性、並びに耐スカuffing性を比較した結果である。使用油には燃焼生成物や摩耗粉などの各種異物が混入しているため、これらを除去した異物除去油の潤滑性を調べることににより、使用油に混入している異物の影響について検討した。

図 11(a)から、新油と比較して使用油の油膜拡がり性は大幅に低下することが認められる。異物除去油の油膜拡がり性も新油の場合より劣っているが、使用油の場合と比較すると油膜拡がり性の低下の度合いはかなり小さいことから、使用油中に混入している異物が油膜拡がり性を阻害したものと考えられる¹¹⁾。

一方、図 11(b)から使用油の耐スカuffing性は新油と比較して大幅に低下することが認められる。異物除去油の耐スカuffing性も新油と比較して低下するが、使用油の耐スカuffing性と比較するとかなり高いことがわかる。使用油の場合は、新油と比較して粘度が増大し、硫酸混入により TBN が低下しており、図 3 および図 5 の結果で示したようにスカuffing発生防止に有利な点もある。しかしながら使用油の耐スカuffing性は、新油および異物除去油と比較して低下しており、使用油に混入している異物が油膜拡がり性を阻害して耐スカuffing性を大幅に低下させた結果と考えられる。

このように実際の機関では、シリンダ油に異物が混

図 11 使用油が油膜拡がり性と耐スカuffing性に及ぼす影響

入ることにより潤滑性が低下することが明らかになった。異物混入油の拡がり性を改善して耐スカuffing性を向上させる方策については、今後の研究課題としたい。

4. 結 論

回転円板式往復滑り摩擦試験機を用い、実際機関の潤滑状態に近い高速、高温、並びに給油不足の条件下でシリンダ油の耐スカuffing性を調べた結果、以下のことが明らかになった。

(1) シリンダ油の耐スカuffing性は、給油量の違いにより大きく変化する。すなわち給油量の多い条件では、極圧性を有する炭酸カルシウムの増量により全塩基価を高めると耐スカuffing性の向上に有効である。しかし給油量の少ない条件では、全塩基価を増大させると油膜拡がり性が悪化するため耐スカuffing性は逆に低下するという欠点がある。

(2) 実際機関のピストンリング列では潤滑油量が不足した状態にある。高温かつ給油量の少ない条件で高塩基価シリンダ油の耐スカuffing性を向上させる方策として、耐熱分散剤の適用および拡がり性向上剤の添加により油膜拡がり性を改善させると同時に、極圧剤を添加することが有効である。

(3) 一般に実機ランタンスペースから採取した使用油は、新油と比較して粘度が増大し全塩基価が低下しており耐スカuffing性の向上に有利な点もある。しかし燃焼生成物や摩耗粉などの異物が多量に混入して油膜拡がり性が悪化するため耐スカuffing性は大幅に低下する。異物混入油の拡がり性を改善して耐スカuffing性を向上させるためには適正な分散剤等の開発が重要であると考える。

謝 辞

終わりに本研究で用いた円板ライナ試験片の製作に際し、東亜工機(株)の御協力をいただいた。ここに深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 矢野・和栗・光武・小野, 日本機械学会論文集, 29-208 (1963), 1923-1935.
- 2) 和栗・小野, 日本船舶機関学会誌, 10-2 (1975), 149-159.
- 3) Wilson, K., Proc.of 22nd CIMAC Congress (1998), 303-310.
- 4) 北原, トライボロジスト, 48-6 (2003), 451-455.
- 5) Schenk, C., Hengeveld, J. and Aabo, K., Proc.of 6th ISME Tokyo (2000), 965-972.
- 6) Garner, T., Voss, L., Marek, K. and Aabo, K., Proc.of

- 24th CIMAC Congress (2004), Paper No.129, 1-14.
- 7) 君島・羽石・岡部, トライボロジスト, 35-5 (1990), 354-361.
- 8) Fujita, H., Nagamatsu, H. and Tajima, J., Proc.of 23rd CIMAC Congress (2001), 1418-1425.
- 9) Stolarski, T.A. and Zhou, Q., Wear, 252 (2002), 300-305.
- 10) 井上, 日本船舶機関学会誌, 27-12 (1992), 935-941.
- 11) 北原・藤崎・山本, 日本機械学会論文集, 67-658, C (2001), 2019-2025.
- 12) 桜井, 石油製品添加剤 (1986), 301-317, 幸書房.
- 13) 白濱・有本・北原, 特許公開 2005-281613 号.
- 14) Shirahama, S and Hirata, M, Lubrication Science, 1-4 (1987), 365-384.

著者紹介

北 原 辰 巳

- ・1964年生.
- ・九州大学大学院工学研究院 機械科学部門 助教授.
- ・九州大学大学院工学研究科 動力機械工学専攻博士課程 修了, 工学博士.

- ・ピストン・ピストンリングの摩擦とスカuffing, 並びにクロスヘッド軸受の負荷能力に関する研究, 燃料電池(PEFC)の性能向上に関する研究などに従事.
- ・ピストンリングの混合潤滑に関する研究により, 2001年度「マンソン賞」受賞.
- ・クロスヘッド軸受の焼付き発生防止のための異常振動検知に関する研究により, 2005年度「論文賞」受賞.

白 濱 真 一

- ・1952年生.
- ・新日本石油株式会社 研究開発本部 中央技術研究所 潤滑油研究所.
- ・九州大学大学院工学研究科 応用化学専攻修士課程修了, 工学博士.

- ・大型から小型すべての内燃機関用潤滑油, 並びに自動, 手動トランスミッションなどギヤトレン用潤滑油の開発に従事.

有 本 直 純

- ・1968年生.
- ・新日本石油株式会社 研究開発本部 中央技術研究所.
- ・九州産業大学大学院工学研究科機械工学専攻修了.