

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20560135

研究課題名(和文) 熱可逆性ゲル状潤滑剤のトライボロジー的性質と応用展開の可能性

研究課題名(英文) Tribological Properties and Applicability of Thermo-Reversible Gel-Lubricant

研究代表者

大野 信義 (OHNO NOBUYOSHI)

佐賀大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：00039265

研究成果の概要(和文)：

新規に開発された熱可逆性ゲル状潤滑剤のトライボロジー特性と応用展開の可能性を検討した。基油に10-40%のアミドタイプのゲル化剤を含有するゲル状潤滑剤はゲル化剤の融点でゲルからゾルに可逆的に変化する油剤である。まず、ゲル状潤滑剤と基油の相違を明確にするため高圧物性を測定し、状態図の作成を行った。次に、スラスト玉軸受寿命試験を行った結果、グリースに比べゲル状潤滑剤の油膜形成状態が良く、長寿命になることが分かった。これはゲル化剤の良好な吸着作用によるものであることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：

The tribological properties of a new and unique thermo-reversible Gel-Lubricant (TR Gel-Lube) were investigated. TR Gel-Lube, which includes 10-40% of amide type gelling agent in base fluid, is able to repetitive change from gel-state to liquid-state at the melting point of the gelling agent. High-pressure rheological tests were performed in order to characterize the behavior of base oil and TR Gel-Lube as a function of pressure and temperature. The effect of TR Gel-Lube on ball bearings fatigue life was carried out by systematic tests using thrust ball bearings. The results of L_{10} life tests of TR Gel-Lube showed a longer life than the conventional greases. This result was investigated from the oil film formation. It was found that the gelling agent played a key role in the lubricating properties. Some mechanisms such as adsorbed film formation and solid like formation are proposed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・設計工学・機械機能要素・トライボロジー

キーワード：トライボロジー，機械要素，ゲル状潤滑剤，転がり軸受，EHL，状態図
ゾル/ゲル転移，油不足

1. 研究開始当初の背景

(1)近年、機械システムの高性能・環境対策として省エネルギー化が必要不可欠であり、各種トライボマテリアル、DLCなどのコーティング技術、軸受など機械要素面での対応に加え、潤滑油、グリースによる最適設計が重要になってきた。著者らは、液状基油にアミド系ゲル化剤を配合した熱可逆性ゲル状潤滑剤に着目し、基礎研究、実用化検討を行なっている。

(2)例えば、ゲル状潤滑剤の境界潤滑域での摩擦特性は、曾田式振子試験機を用いた実験において、汎用グリースに比べ10%ほど摩擦係数が低く、ゲル化剤の油性剤としての有効性を確認している。また、小型スラスト玉軸受を用いた軸受耐久試験を実施し、汎用グリースに比べゲル状潤滑剤の破損率が低く、長寿命であることも明らかにしつつある。さらに、多孔質含油軸受にゲル状潤滑剤を加熱・真空含浸させ、摺動試験を実施したところ、大幅な摩擦係数の低減が認められたことも明らかにしている。以上のように、熱可逆性ゲル状潤滑剤は汎用グリースに比べ、数々の良好な実験結果を示している。

(3)従来、基油と増ちょう剤からなるグリースはそれ自身の非ニュートン挙動、また、増ちょう剤の石けん繊維の破壊、EHL入口での油量不足による薄膜などにより、その使用に限界があった。これに対し、ゲル状潤滑剤は、三次元網目構造のゲル化剤分子の中に基油が閉じ込められた構造で、常温でゲル、高温でゾルとなるが、熱可逆的な性質の変化を示す。この、ゾル/ゲル転換を積極的に利用することにより、飛躍的に潤滑性能を増大せしめ、境界潤滑剤ないしは極圧潤滑剤に取って代わることが可能となる。

2. 研究の目的

(1)グリースに代わる新しい潤滑剤として、液状基油にアミド系ゲル化剤を配合した熱可逆性ゲル状潤滑剤が注目され、状態図[論文③、⑫、発表⑮]、SRV試験、4球摩耗試験[論文③、発表⑯]、焼結多孔質軸受試験[発表⑱]、EHL油膜特性[論文③]、顕微FT-IR観察などの基礎研究結果が報告されている。

(2)本研究では、実用性能を評価すべく、基油と熱可逆性ゲル状潤滑剤およびグリースの転がり軸受寿命試験を行った。

3. 研究の方法

(1)基油としてはVG68のPAO(記号P-N-0)を使用した。表1に基油の密度 ρ 、動粘度 ν 、粘度圧力係数 α の値を記している。ゲル状潤滑剤は、この基油にゲル化剤モノアミドを10%添加して製造した(P-A-10)とゲル化剤ビスアミドを10%添加した(P-B-10)の2種類

を使用した。なお、比較のため使用したリチウム石けんグリース(P-L-8)は同一基油にリチウム石けん8%を添加し、またウレアグリース(P-U-12)はジウレアを12%添加して製造したものである。表2にゲル状潤滑剤とグリースの性状を示す[論文③、⑫]。

表1 基油PAOの性状

Oil	ρ , g/mL 15°C	ν , mm ² /s		α , GPa ⁻¹ 40°C
		40°C	100°C	
P-N-0	0.842	71.28	10.62	13.1

表2 ゲル状潤滑剤とグリースの性状

	P-A-10	P-B-10	P-L-8	P-U-12
	Gel	Gel	Grease	Grease
PAO	90	90	92	88
Mono-amido	10	-	-	-
Bis-amido	-	10	-	-
Stearic Li	-	-	8	-
Di-urea	-	-	-	12
Consistency	271	268	279	284
M.P,°C	100	150	-	-

(2)試験片はスラスト玉軸受51104で外輪(上輪)を回転し、内輪(下輪)を固定した。玉数を14個から3個に減らし、スラスト荷重4.4kN、軸回転数1000rpmで実験を行った。この条件下での定格寿命 L_{10} は11.38h、最大荷重でのヘルツ最大圧力は4GPaとなる。なお、試験中は軸受の油膜形成を判定するための分離度(完全膜形成50mV)、油温、軸受トルクを測定しデータレコーダに記録した。基油は油槽に50mL注入し油浴潤滑で、ゲル状潤滑剤とグリースは Φ 45mm、高さ15mmのリングの中に5mL封入しフルパックの状態で寿命試験を行った。実験は大気圧・室温条件下、各々の潤滑剤について15回行った。なお、フレーキングの発生が認められない場合、軸回転数 10^7 回転に相当する168hで実験を打ち切った[論文③]。

4. 研究成果

(1)図1にワイブル図を示す。累積破損率はメジアンランクで与え、未破損打ち切り試験を含む修正法を用いて求めた。なお、実験中、フレーキングに至る前に、振動(騒音)により振動スイッチが作動し試験機が運転停止した例がP-L-8で1回、P-U-12で4回あった。ここではグリース潤滑寿命とし、破損数に含めて累積破損率を計算した。潤滑寿命はワイブル図(図1)で、 Δ 印と ∇ 印で区別して示している。表3に各潤滑剤の寿命試験諸値を示す。表には、実験数と破損数「ここで()内は潤滑寿命件数で、内数である」。

ワイブル図から求めた 90%寿命値 L_{10}/L_0 , 破損率 $F\%$, 完全油膜形成状態 (50mV) を 100% とする平均分離度 $S(\%)$, 平均油温上昇 ΔT ($^{\circ}\text{C}$), 平均軸受摩擦係数 μ , 平均酸化膜形成程度 O を記している. ここで, O は内外輪転

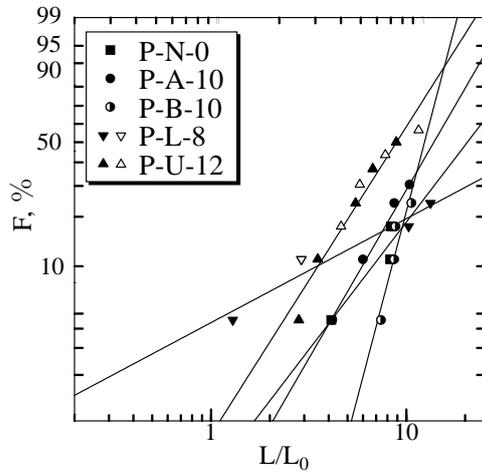


図1 各潤滑剤のワイブル図

表3 各潤滑剤の寿命試験諸値

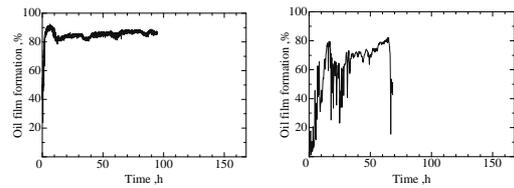
Parameter	P-N-0	P-A-10	P-B-10	P-L-8	P-U-12
Test No.	15	15	15	15	15
Failure No.	3	5	4	4 (1)	9 (4)
L_{10}/L_0	6.72	5.94	8.44	3.49	3.53
$F, \%$	20.0	33.3	26.7	26.7	60.0
$S, \%$	89.2	68.5	58.3	30.1	26.0
$\Delta T, ^{\circ}\text{C}$	45.2	45.6	46.0	44.9	48.1
$\mu (\times 10^3)$	1.99	2.27	2.38	2.43	2.59
O	2.35	2.01	2.18	2.79	3.04

転走面の反射光量を照度計で測定した結果を相対照度値で表示したもので, 1は新品, 4は 600°C の内外輪を油で急冷した場合の酸化膜程度に相当する. なお, ここで使用した潤滑剤は基油を同一にしており, ゲル状潤滑剤 (P-A-10, P-B-10) およびグリース (P-L-8, P-U-12)ともに基油粘度を使用して便宜的に EHL 最小油膜厚さを計算した. 運転条件下での膜厚比 Λ (=最小膜厚/合成粗さ)は $\Lambda=1.3$ 程度である[論文③].

(2)本実験で特長なことは, 表3より熱可逆性ゲル状潤滑剤(P-A-10, P-B-10)の 90%寿命値 L_{10}/L_0 がグリース(P-L-8, P-U-12)に比べ大きく, 熱可逆性ゲル状潤滑剤が基油と同程度の長寿命を呈していること, また, 表3の分離度 $S\%$ より熱可逆性ゲル状潤滑剤の油膜形成状態がグリースに比べ良好で, 基油と同程度の油膜形成状態を示していることである. 以下, 各潤滑剤による油膜形成状態の相違について検討を試みた[論文③].

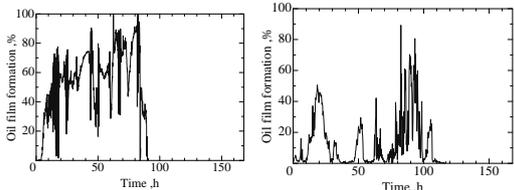
(3)軸受寿命に油膜形成状態が影響すること

は多くの研究者によって明らかにされており, また, グリース潤滑において油潤滑より軸受寿命が低下する要因として, EHL 入口における油不足による油膜の崩壊が指摘されている. そこで, 分離度のデータを詳細に検討した. 図2に運転中にフレーキングおよび潤滑寿命を呈した実験での運転時間に伴う油膜形成状態の変化を, 図3には 168h 運転可能であった未破損実験の場合の運転時間に伴う油膜形成状態の変化を示している. 図2と図3を比較すると, 潤滑剤ごとに全く類似した油膜形成状態を示しており, 油膜形成状態の再現性が良好である.



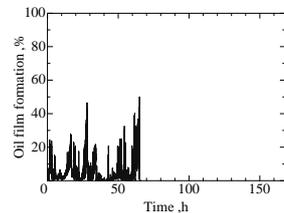
(a) P-N-0 (基油)
94.9h, 内輪破損

(b) P-A-10
68.3h, 玉破損



(c) P-B-10
90.6h, 内外輪破損

(d) P-L-8
117h, 外輪破損



(e) P-U-12, 65.7h, 潤滑寿命

図2 各潤滑剤の運転時間による油膜形成状態の変化

図2, 図3よりグリース(P-L-8, P-U-12)に比べゲル状潤滑剤(P-A-10, P-B-10)の油膜形成状態が良好である. 著者らは先に光干渉法による EHL 油膜実測の結果, グリースに比べゲル状潤滑剤が枯渇潤滑を呈し難いことを報告したが, 図2, 図3の結果はその結果を裏付けている. 従って, グリースは運転開始直後から油不足を呈し易く, 比較的早期に寿命に達する例が多く発生したものと考えられる. 一方, ゲル状潤滑剤 P-A-10, P-B-10 は基油(P-N-0)と類似した比較的安定した油膜形成状態を示している. ゲル化剤のモノアミド, ビスアミドは極性を有しており, EHL 条件下で表面に強固に吸着するこ

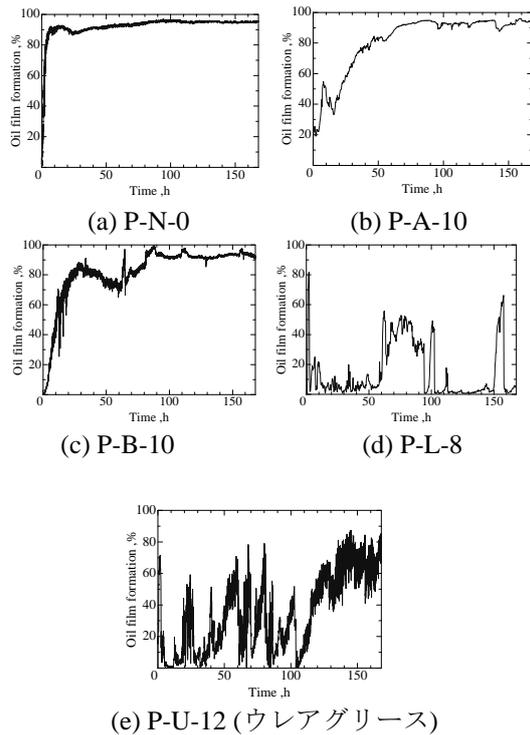


図3 各潤滑剤の油膜形成状態の変化(168h, 未破損)

とが顕微 FT-IR 実験で観察されている。これらが複合的に作用し、ゲル状潤滑剤の寿命増加に起因したと考えられる。なお、融点が 100°C の P-A-10 は軸受寿命試験後、内輪(下輪)転走面に油分離に伴う油溜まりが存在した[論文③]。

(4)ゲル状潤滑剤はグリースに比べ油膜形成状態が良好であり、それに伴いゲル状潤滑剤の軸受寿命がグリースに比べ長寿命となった[論文③]。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 13 件)

- ① S.Morita, N.Ohno, F.Tamai, Y.Kawakami, Fatigue properties of rolled AZ31B magnesium alloy plate, Trans of Nonferrous Metals Society of China, 査読有, Vol.20, 2010, pp.s523-s526.
- ② S.Morita, N.Ohno, F.Tamai, Y. Kawakami, Fatigue Crack Propagation Behavior of Textured Polycrystalline Magnesium Alloys, Materials Trans, 査読有, Vol.51, No.9, 2010, pp.1543-1546.
- ③ N.Ohno, S.Mia, K.Masuhara, K.Sonoda, Y.Yamashita, Y.Tamura, S.Morita, Y. Shitara, Tribological Properties and

Film Formation Behavior of Thermo-Reversible Gel-Lubricants, Tribology Transactions, 査読有, vol.53, No.5, 2010, pp.722-730.

- ④ S.Morita, N.Ohno, F.Tamai, Y. Kawakami, Crystallographic Orientation Dependence of Fatigue Crack Propagation Behavior in Rolled AZ31 Magnesium Alloy, Materials Science Forum, 査読有, Vol.654-656, 2010, pp.723-726.
- ⑤ S.Mia, N.Ohno, Relation between low temperature fluidity and sound velocity of lubricating oil, Tribology International, 査読有, Vol.43, No.5-6, 2010, pp. 1043-1047.
- ⑥ N.Ohno, S.Mia, S.Morita, S.Obara, Friction and Wear Characteristics of Advanced Space Lubricants, Tribology Transactions, 査読有, Vol.53, No.2, 2010, pp.249-255.
- ⑦ S.Mia, S.Mizukami, R.Fukuda, S.Morita, N.Ohno, High-Pressure Behavior and Tribological Properties of Wind Turbine Gear Oil, Journal of Mechanical Science and Technology, 24, 1 (2010) 111-114. 査読有
- ⑧ S.Morita, S.Tanaka, N.Ohno, Y.Kawakami, T.Enjoji, Cyclic Deformation and Fatigue Crack Behavior of Extruded AZ31B Magnesium alloy, Materials Science Forum, 査読有, Vols.638-642, 2010, pp.3056-3061
- ⑨ 森田繁樹, 田中慎吾, 中原雅史, 大野信義, 川上雄士, 円城寺隆志, AZ31B マグネシウム合金押出材の繰返し変形挙動および疲労特性, 軽金属, 査読有, 59 巻 10 号, 2009, pp.548-554
- ⑩ S.Mia, N.Ohno, Prediction of Pressure-Viscosity Coefficient of Lubricating Oils based on Sound Velocity, Lubrication Science, 査読有, Vol.21, No.9, 2009, pp.343-354.
- ⑪ N.Ohno, M.Z.Rahman, S.Yamada, H.Komiya, Effect of Perfluoropolyether Fluids on Life of Thrust Ball Bearings, Tribology Transactions, 査読有, Vol. 52, No.4, 2009, pp.492-500.
- ⑫ N.Ohno, S.Mia, K.Tateishi, S.Morita, Y.Shitara, Construction of Phase Diagram up to 2 GPa and 200 C for Thermo-Reversible Gel-Lubricants by Diamond Anvil Cell, Lubrication Science, 査読有, Vol.21, No.5, 2009, pp.183-192.
- ⑬ N.Ohno, H.Komiya, S.Morita, S.Mia, N.Satoh, S.Obara, Bearing Fatigue Life Tests in Advanced Base Oil and Grease for Space Applications, Tribology Tran-

sactions, 査読有, Vol.52, No.1, 2009, pp.114-120.

[学会発表] (計 33 件)

- ① S.Mia, N.Ohno, Effect of Sound Velocity on Frictional and Wear Behavior of Lubricating Oils, International Conference on Mechanical, Industrial and Energy Engineering 2010, 23-24 December, Khulna, BANGLADESH
- ② S.Mia, N.Ohno, Effect of High Adiabatic Bulk Modulus on the Rheological Behavior of Hydraulic Fluid, Proc. of the 13th Asia Congress of fluid Mechanics, 17-21 December 2010, Dhaka, Bangladesh
- ③ N.Ohno, S.Mia, S.Nagao, Y.Tamura, S.Morita, Y.Shitara, Behavior of Thermo-Reversible Gel-Lubricants under Impact Load, Proc. of the 4th International Tribology Congress, ASIATRIB2010, (5-9 December 2010), Perth, Western Australia, ISBN 978-1-74052-212-0, ID:1021
- ④ 大野信義, 土田寛之, 森田繁樹, 塩見裕, 小原新吾, 真空下での宇宙用潤滑剤の転がり軸受寿命試験による性能評価 日本機械学会第 18 回機械材料・材料加工技術講演会 (M&P2010)CD-ROM 論文集 [2010.11.27-28, 東京].
- ⑤ N.Ohno, S.Mia, S.Nagao, Y.Tamura, S.Morita, H.Shioimi, S.Obara, Behavior of Advanced Space Lubricant under Impact Load, Proceedings of the STLE/ASME 2010 International Joint Tribology Conference, IJTC2010, October 17-20, 2010, San Francisco, California, USA pp.1-3. ISBN 978-0-7918-3890-7
- ⑥ 柿原功次, 池島昌三, 岡崎末広, 伊熊亮介, 柿崎充弘, 大野信義, 消音グリースの開発, 日本トライボロジー学会トライボロジー会議予稿集 福井 2010-9 pp.299-300.
- ⑦ 土田寛之, 森田繁樹, 大野信義, 塩見裕, 小原新吾, 宇宙用潤滑剤の転がり軸受寿命試験による性能評価, 日本トライボロジー学会トライボロジー会議予稿集 福井 2010-9, pp.297-298.
- ⑧ 田村嘉隆, 服部信祐, 大野信義, 塩見裕, 小原新吾, 繰返し始動・停止条件下の宇宙用潤滑の EHL 油膜挙動, 日本トライボロジー学会トライボロジー会議予稿集 福井 2010-9 pp.293-294.
- ⑨ 永尾聡一朗, 森田繁樹, 大野信義, 塩見裕, 小原新吾, スクイズ運動における宇宙用潤滑剤の EHL 油膜挙動, 日本トライボロジー学会トライボロジー会議予稿集 福井 2010-9 pp.291-292.
- ⑩ 森拓仁, Sobahan Mia, 小野文慈, 大野信義, 油中音速による液体の高圧物性推算法の確立, 日本トライボロジー学会トライボロジー会議予稿集 福井 2010-9 pp.367-368.
- ⑪ 福田竜正, 劉偉, 森田繁樹, 大野信義, 環境にやさしい植物油の高圧物性に関する研究, 日本トライボロジー学会トライボロジー会議予稿集 福井 2010-9 pp.365-366.
- ⑫ S.Mia, N.Ohno, Prospect of Mustard and Coconut Oils as Environment Friendly Lubricant for Bangladesh, Proc. of International Conference of Environmental Aspects of Bangladesh (ICEAB), Sept. 4, 2010. University of Kitakyushu, Kitakyushu, Fukuoka, JAPAN
- ⑬ N.Ohno, K.Sonoda, H.Tsuchida, S.Mia, S.Morita, H.Shioimi, S.Obara, Bearing Fatigue Life Tests of Advanced Base Oil for Space Applications under Vacuum and Atmospheric Environments, Conference Proceedings, 2010 STLE Annual Meeting & Exhibition, May 16-20, Las Vegas, Nevada, USA, pp.1-3.
- ⑭ S.Mia, H.Mori, W.Liu, S.Morita, N.Ohno, Rheological analysis of high bulk modulus fluid and its applications, 日本トライボロジー学会トライボロジー会議予稿集 東京 pp.309-310. 2010 年 5 月 19 日
- ⑮ 大野信義, 永尾聡一郎, 森田繁樹, 塩見裕, 小原新吾, 打撃試験による宇宙用潤滑剤の性能評価, 日本機械学会第 10 回機素潤滑設計部門講演会 新潟・2010 年 4 月 pp.11-12.
- ⑯ 大野信義, Sobahan Mia, 森田繁樹, 設楽裕治, 熱可逆性ゲル状潤滑剤の摩擦・摩耗特性, 日本機械学会第 17 回機械材料・材料加工技術講演会 CD-ROM 論文集, 327 [2009.11.5-7, 富山市] pp.1-2.
- ⑰ 高橋一聡, 設楽裕治, 開米貴, 大野信義, 熱可逆性ゲル状潤滑剤の実使用環境をシミュレートした潤滑性能評価, 日本機械学会第 17 回機械材料・材料加工技術講演会 CD-ROM 論文集, 325 [2009.11.5-7, 富山市] pp.1-2.
- ⑱ N.Ohno, S.Mia, K.Masuhara, K.Sonoda, Y.Yamashita, Y.Tamura, S.Morita, Yuji Shitara, Tribological Properties and Applicability of Thermo-Reversible Gel-Lubricants, Proceedings of the ASME/STLE International Joint Tribology Conference, IJTC2009, October 19-21, 2009, Memphis, Tennessee, USA, pp.1-3, ISBN 978-0-7918-3864-4.

- ①⑨ K.Sakakibara, S.Ikejima, K.Ikuma, M.Kakizaki, N.Ohno, Development of Noise Reducing Grease (Part 2) - Clarification of Noise Reduction Mechanism - Proceedings of WTC2009, World Tribology Congress IV, September 6-11, 2009, Kyoto, JAPAN, p:745, ISBN 978-4-9900139-9-8.
- ②⑩ K.Ikuma, M.Kakizaki, K.Sakakibara, S.Ikejima, N.Ohno, Development of Noise Reducing Grease (Part 1) -The Impact of Oil Film Thickness on Noise Reduction Characteristics of Greases- Proceedings of WTC2009, World Tribology Congress IV, September 6-11, 2009, Kyoto, JAPAN, p:564, ISBN 978-4-9900139-9-8.
- ③⑪ N.Ohno, T.Kimura, S.Mia, S.Morita, Effect of lubricant parameter on oil pit formation Proceedings of WTC2009, World Tribology Congress IV, September 6-11, 2009, Kyoto, JAPAN, p:842, ISBN 978-4-9900139-9-8.
- ④⑫ S.Mia, K.Tomozawa, S.Morita, N.Ohno, High pressure rheology of ionic liquid Proceedings of WTC2009, World Tribology Congress IV, September 6-11, 2009, Kyoto, JAPAN, p:572, ISBN 978-4-9900139-9-8.
- ⑤⑬ S.Mia, S.Mizukami, R.Fukuda, S.Morita, N.Ohno, High-Pressure Behavior and Tribological Properties of Wind Turbine Gear Oil Proceedings of ICMDDT2009, Jeju Island, Korea, June 25-26, 2009, p:59.
- ⑥⑭ 園田健太郎, 土田寛之, 森田繁樹, 大野信義, 塩見裕, 小原新吾, 真空および大気中における宇宙用潤滑剤のトライボロジー特性, 日本トライボロジー学会トライボロジー会議予稿集 東京, 2009-5, pp.99-100.
- ⑦⑮ 山下祐史, 田村嘉隆, 永尾聡一郎, 森田繁樹, 大野信義, 塩見裕, 小原新吾, 弾性流体潤滑下における宇宙用グリースの油膜挙動, 日本トライボロジー学会トライボロジー会議予稿集 東京, 2009-5, pp.97-98.
- ⑧⑯ 設楽裕治, 高橋一聡, 酒井一泉, 森誠之, 大野信義, 熱可逆性ゲル状潤滑剤のトライボロジー特性, 日本トライボロジー学会トライボロジー会議予稿集 東京, 2009-5, pp.91-92.
- ⑨⑰ N.Ohno, S.Mia, S.Morita, Effect of high-pressure rheology of lubricating oils on boundary lubrication, Engineering Conferences International, Advances in Boundary Lubrication and Boundary Surface Films, March 29 – April 3, 2009, Seville, Spain.
- ⑩⑱ S.Mia, N.Ohno, Relation between low temperature fluidity and sound velocity of lubricating oil, 2nd International Conference on Advanced Tribology 2008, Singapore, ISBN 978-981-08-2067-1, 493-495.
- ⑪⑲ N.Ohno, S.Mia, S.Morita, S.Obara, Friction and Wear Characteristics of Advanced Space Lubricants, The 5th China International Symposium on Tribology and The 1st International Tribology Symposium of IFToMM, Beijing, China, 2008-9, Sub1-016, 1-2.
- ⑫⑳ 増原和生, 大野信義, 園田健太郎, 設楽裕治, 転がり軸受寿命に及ぼす熱可逆性ゲル状潤滑剤の稠度の影響, 日本トライボロジー学会トライボロジー会議予稿集名古屋, 2008-9, pp.245-246.
- ⑬㉑ N.Ohno, S.Mia, K.Tateishi, S.Morita, Y.Shitara, Construction of Phase Diagram up to 2 GPa and 200 C for Thermo-Reversible Gel-Lubricants by Diamond Anvil Cell, Proceedings of NORDTRIB 2008, 13th Nordic Symposium on Tribology, Tampere, Finland, NT2008-20-3, ISBN 978-952-15-1959-8, 1-10.
- ⑭㉒ S.Mia, N.Ohno, Prediction of Low Temperature Fluidity from Sound Velocity of Lubricating Oil, 日本トライボロジー学会トライボロジー会議予稿集東京, 2008-5, pp.205-206.
- ⑮㉓ 大野信義, 増原和生, 園田健太郎, 設楽裕治, 転がり軸受寿命試験による熱可逆性ゲル状潤滑剤の性能評価, 日本トライボロジー学会トライボロジー会議予稿集東京, 2008-5, pp.185-186.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.me.saga-u.ac.jp/sentan/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大野 信義 (OHNO NOBUYOSHI)

佐賀大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：00039265