(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017 年 9 月 21 日(21.09.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/158894 A1

(51) 国際特許分類:
C10M 171/02 (2006.01) *C10N 30/06* (2006.01)
C10N 20/02 (2006.01) *C10N 40/25* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/079171

(22) 国際出願日: 2016 年 9 月 30 日(30.09.2016)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2016-052052 2016 年 3 月 16 日(16.03.2016) JP

(71) 出願人: 国立大学法人東北大学(**TOHOKU UNIVERSITY**) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目１番１号 Miyagi (JP).

(72) 発明者: 栗原　和枝(**KURIHARA Kazue**); 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目１番１号　国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP). 水上　雅史(**MIZUKAMI Masashi**); 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目１番１号　国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP). 白澤　大輔(**SHIRASAWA Daisuke**); 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目１番１号　国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP).

(74) 代理人: 須田　篤, 外(**SUDA Atsushi** et al.); 〒9800021 宮城県仙台市青葉区中央二丁目１番３０号　須田ビル５Ｆ Miyagi (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

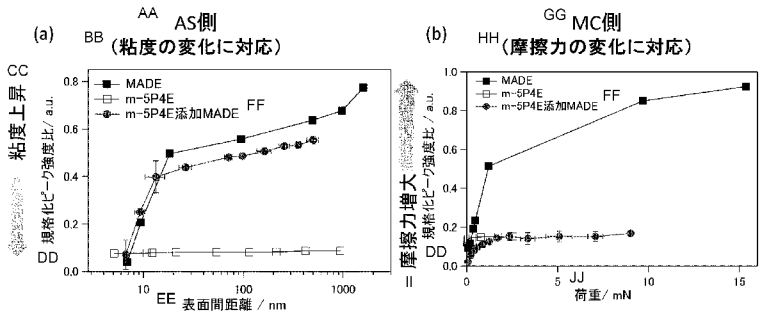
規則 4.17 に規定する申立て:

— 発明者である旨の申立て (規則 4.17(iv))

[続葉有]

(54) **Title**: LUBRICANT OIL

(54) 発明の名称 : 潤滑油



AA AS side
BB Corresponding to change in viscosity
CC Increase in viscosity
DD Normalized peak intensity ratio
EE Surface-to-surface distance
FF m-5P4E-added MADE
GG MC side
HH Corresponding to change in frictional force
II Increase in frictional force
JJ Load

(57) **Abstract**: [Problem] To provide a lubricant oil that is able to achieve low frictional properties in fluid lubrication and boundary lubrication without using any additives. [Solution] The present invention has a normalized peak intensity ratio, as obtained by a resonant shear measuring method, of at least 0.4 at a surface-to-surface distance not less than 20 nm, and of at most 0.2 under a load of greater than 0 mN and at most 5 mN. The present invention preferably includes: a low-viscosity base oil having a bulk viscosity not higher than a prescribed value; and a high-viscosity base oil having a bulk viscosity at least 10 times as high as that of the low-viscosity base oil. Furthermore, the low-viscosity base oil preferably has a bulk viscosity of 100 mPa·s or lower. The high-viscosity base oil preferably has a viscosity in boundary lubrication lower than that of the low-viscosity base oil.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/158894 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

【課題】添加剤を使用せず、流体潤滑および境界潤滑での低摩擦化を実現することができる潤滑油を提供する。 【解決手段】共振ずり測定法により得られる規格化ピーク強度比が、表面間距離が２０ｎｍ以上のとき０．４以上、かつ、荷重が０ｍＮより大きく５ｍＮ以下のとき０．２以下である。バルクでの粘度が所定の値以下の低粘度基油と、バルクでの粘度が低粘度基油より１０倍以上高い高粘度基油とを含むことが好ましい。また、低粘度基油は、バルクでの粘度が１００ｍＰａ・ｓ以下であることが好ましい。また、高粘度基油は、境界潤滑での粘度が低粘度基油よりも低いことが好ましい。

明　細　書

発明の名称 ： 潤滑油

技術分野

[0001] 本発明は、潤滑油に関する。

背景技術

[0002] 自動車で生産されるエネルギーは、様々な部分で熱として損失される。特に、エンジンや駆動部の摩擦による損失は、全損失のおよそ２割から３割に及ぶと言われている。また、自動車に限らず、機械の性能の劣化や損傷のおよそ７割が表面および接触部に起因しており、摩擦との関連性は大きい。そのため、摩擦や摩耗の制御を行うことによって、機械システムのエネルギー効率の向上や、製品の品質や寿命の向上に大きな貢献を果たすことができると考えられる。

[0003] 摩擦は、荷重および速度によって、流体潤滑と境界潤滑とに大きく分類することができ、それぞれの領域における低摩擦の両立が大きな課題となっている。流体潤滑における低摩擦には、流体抵抗の減少、つまり低粘度潤滑油が求められている。しかし、流体潤滑領域で低粘度を示す潤滑油は、荷重に伴って境界部から容易に排出され、排出されずに境界部に残った分子も構造化してしまう。このため、境界潤滑領域では、潤滑油の粘度上昇や表面間の衝突に伴う摩擦の増大や、焼き付きが引き起こされる。

[0004] このような摩擦の増大や焼き付きを防ぐため、従来、表面に吸着する添加剤や表面における反応を誘起する添加剤等を用いることにより、境界潤滑領域における低摩擦化が図られている（例えば、非特許文献１乃至４参照）。

[0005] なお、本発明者等により、微細な空間中の液体の特性を測定する方法として、共振ずり測定法が開発されている（例えば、非特許文献５参照）。この共振ずり測定法は、表面間距離（液体の厚さ）をマイクロメートルオーダーから接触するまでの間、ナノメートルレベルで連続的に制御可能であり、共振ピークの強度および周波数から液体の特性を高感度に評価することができ

、物理モデル解析により表面間の液体の特性を定量評価することができる、という特徴を有している。具体的には、平滑な２つの固体表面に挟まれた液体の厚みをナノメートルオーダで変化させながら、上下の表面を相対的に平行に振動させ、そのずり応答を共振法により測定することにより、測定された共振周波数と応答強度とから、挟んだ液体の特性変化を評価することができる。本発明者等は、この共振ずり測定法を利用して、流体潤滑領域から境界潤滑領域まで、フェニルエーテル系の４つの潤滑油の粘性パラメータの測定を行っている（例えば、非特許文献６参照）。

先行技術文献

非特許文献

[0006] 非特許文献1：H. Isoyama and T. Sakurai, “The lubricating mechanism of di-u-thio-dithio-bis (diethyldithiocarbamate) dimolybdenum during extreme pressure lubrication”, Tribol. Int., 1974, 7, p.151-160

非特許文献2：M. Muraki et al., “Synergistic effect on frictional characteristics under rolling-sliding conditions due to a combination of molybdenum dialkyldithiocarbamate and zinc dialkyldithiophosphate”, Tribol. Int., 1997, 30, p.69-75

非特許文献3：S. Yamada et al., “Low-Friction Adsorbed Layers of a Triblock Copolymer Additive in Oil-Based Lubrication”, Langmuir, 2015, 31, p.12140-12147

非特許文献4：S.M. Lundgren et al., “Effects of unsaturation on film structure and friction of fatty acids in a model base oil”, J. Colloid Interface Sci., 2008, 326, p.530-536

非特許文献5：栗原和枝、「ナノ共振ずり測定による界面の液晶の研究」、液晶、2002年1月25日、第６巻、第１号、p.34-41

非特許文献6：Junichi Watanabe, Masashi Mizukami, Kazue Kurihara, “Resonance Shear Measurement of Confined Alkylphenyl Ether Lubricants”, Tribol. Lett., 2014, 56, 3, p.501-508

非特許文献7：Masashi Mizukami and Kazue Kurihara, “A new physical model for resonance shear measurement of confined liquids between solid surfaces”, Rev. Sci. Instrum., 2008, 79, p113705

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 非特許文献１乃至４に記載のような低粘度潤滑油に添加剤等を加える方法では、配合成分数が多いときには、処方が複雑であるという課題があった。また、低温条件では、反応性の添加剤が反応しにくいため、摩擦低減効果が不十分になるという課題もあった。また、添加剤としてリン系添加剤や硫黄系添加剤が用いられることもあるが、環境負荷の観点から、リンや硫黄を低減する必要があるという課題もあった。このような課題から、潤滑油の流体潤滑領域における粘度を低く保ちつつ、添加剤等を極力使用せずに境界潤滑領域での粘度上昇を抑制する潤滑油が求められている。

[0008] そこで、本発明は、添加剤を使用せず、流体潤滑および境界潤滑での低摩擦化を実現することができる潤滑油を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明者等は、非特許文献６において、モノアルキルジフェニルエーテル（ＭＡＤＥ；monoalkydiphenyl ether）、ジアルキルジフェニルエーテル（ＤＡＤＥ；dialkyldiphenyl ether）、ｍ－フェノキシフェノキシ　ｍ－ビフェニル（ｍ－４Ｐ２Ｅ；m-phenoxyphenoxy m-biphenyl）、ｍ－ビス（ｍ－フェノキシフェノキシ）ベンゼン（ｍ－５Ｐ４Ｅ；m-bis(m-phenoxyphenoxy) benzene）の４種類の潤滑油について、流体潤滑領域から境界潤滑領域までの粘性パラメータを評価したところ、図１に示すように、流体潤滑領域の粘性パラメータは、ｍ－５Ｐ４Ｅ＞ｍ－４Ｐ２Ｅ＞ＤＡＤＥ＞ＭＡＤＥとなり、バルク粘度の大小とよく一致していることを見出した。また、境界潤滑領域の粘性パラメータは、ＭＡＤＥ＞ＤＡＤＥ＞ｍ－４Ｐ２Ｅ＞ｍ－５Ｐ４Ｅとなり、粘度が逆転していることを見出した。本発明者等は、この図１に示す結果に基づいて試行錯誤を繰り返し、本発明に至った。

[0010] すなわち、第１の本発明に係る潤滑油は、共振ずり測定法により得られる規格化ピーク強度比が、表面間距離が２０ｎｍ以上のとき０．４以上、かつ、荷重が０ｍＮより大きく５ｍＮ以下のとき０．２以下であることを特徴とする。

[0011] 第１の本発明に係る潤滑油は、表面間距離が１０ｎｍ以上の流体潤滑領域で粘度が低く、荷重が５ｍＮ以下の境界潤滑領域で摩擦力が小さい。このため、流体潤滑および境界潤滑での低摩擦化を実現することができる。

[0012] 第２の本発明に係る潤滑油は、バルクでの粘度が１０倍以上異なる２つの基油を含むことを特徴とする。特に、第２の本発明に係る潤滑油は、バルクでの粘度が所定の値以下の低粘度基油と、バルクでの粘度が前記低粘度基油より１０倍以上高い高粘度基油とを含むことが好ましい。また、第２の本発明に係る潤滑油は、粘度特性が異なる第１の基油と第２の基油とを含み、前記第２の基油は、流体潤滑での粘度が前記第１の基油より高く、境界潤滑での粘度が前記第１の基油より低いことが好ましい。

[0013] 図１に示すように、バルクでの粘度が１０倍以上異なる２つの基油のうち、バルクでの粘度が高い基油（高粘度基油または第２の基油）は、バルクでの粘度が低い基油（低粘度基油または第１の基油）と比べて、境界潤滑領域での粘性パラメータが低くなる。すなわち、高粘度基油は、境界潤滑での粘度が低粘度基油よりも低くなっている。第２の本発明に係る潤滑油は、このような２つの基油を含んでおり、流体潤滑領域ではバルクでの粘度が低い基油の粘性性能を発揮し、境界潤滑領域ではバルクでの粘度が高い基油の粘性性能を発揮することにより、流体潤滑および境界潤滑での低摩擦化を実現することができる。また、これにより、添加剤を使用する必要がなく、処方が複雑になったり、リン系添加剤や硫黄系添加剤を用いて、環境に負荷をかけたりするのを防ぐことができる。

[0014] 第２の本発明に係る潤滑油で、前記低粘度基油は、バルクでの粘度が１００ｍＰａ・ｓ以下であることが好ましい。この場合、流体潤滑および境界潤滑で、バランスよく低粘度化することができる。また、第２の本発明に係る

潤滑油は、第１の本発明に係る潤滑油の特徴を有していてもよい。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、添加剤を使用せず、流体潤滑および境界潤滑での低摩擦化を実現することができる潤滑油を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明に関する、潤滑油粘度の雲母間距離依存性を示すグラフである（非特許文献６より引用）。

[図2]本発明の実施の形態のフェニルエーテル系潤滑油の、（ａ）共振ずり測定により得られた共振カーブ、（ｂ） （ａ）の縦軸を拡大した共振カーブを示すグラフである。

[図3]図２に示す共振カーブに基づいて求められた、（ａ）空気中分離（ＡＳ）側の表面間距離と規格化ピーク強度比との関係、（ｂ）雲母接触（ＭＣ）側の荷重と規格化ピーク強度比との関係を示すグラフである。

[図4]図２に示す共振カーブに基づいて求められた、荷重と摩擦力との関係を示すグラフである。

[図5]本発明の実施の形態のＰＡＯ系潤滑油の、共振ずり測定により得られた共振カーブに基づいて求められた、（ａ）空気中分離（ＡＳ）側の表面間距離と規格化ピーク強度比との関係、（ｂ）雲母接触（ＭＣ）側の荷重と規格化ピーク強度比との関係を示すグラフである。

[図6]本発明の実施の形態のＰＡＯ系潤滑油の、共振ずり測定により得られた共振カーブに基づいて求められた、荷重と摩擦力との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0017] 図２乃至図５は、本発明の実施の形態の潤滑油を示している。

以下、表面間に挟まれた潤滑油の流体潤滑領域および境界潤滑領域での粘度特性を評価するために、マイクロメートルから数ナノメートルまで表面間距離を連続的に制御して共振ずり測定を行った。また、それと同時に、各表面間距離ごとに、潤滑油により表面間に働く相互作用の力（荷重）を、バネ

ばかり法を利用して測定した。共振ずり測定および表面間の荷重の測定には、本発明者等が開発に携わった、共振ずり測定装置「ＲＳＭ－１」（アドバンス理工社製）を用いた。

[0018] ［フェニルエーテル系潤滑油の粘度特性］

本発明の実施の形態の潤滑油として、バルク粘度が 12 mPa・sの基油MADEに、バルク粘度が 1196 mPa・sの基油m-5P4Eを 1.3 wt％添加した潤滑油（以下、「m-5P4E添加MADE」と呼ぶ）を調製した。

[0019] 共振ずり測定で得られた、さまざまな表面間距離および荷重における共振カーブを、図２に示す。また、図２の結果に基づいて求められた、空気中分離（ＡＳ）側の表面間距離と規格化ピーク強度比（各表面間距離または各荷重での共振周波数のピーク強度／最大のピーク強度）との関係、および雲母接触（ＭＣ）側の荷重と規格化ピーク強度比との関係を、それぞれ図３（ａ）および（ｂ）に示す。なお、比較のために、基油MADEのみの結果、および基油m-5P4Eのみの結果についても、図３（ａ）および（ｂ）中に示す。ここで、図３（ａ）に示すＡＳ側の関係は、流体潤滑領域の特性を示しており、粘度が上昇するほど規格化ピーク強度比が小さくなる。また、図３（ｂ）に示すＭＣ側の関係は、境界潤滑領域の特性を示しており、摩擦力が増加するほど規格化ピーク強度比が大きくなる。

[0020] 図３（ａ）に示すように、ＡＳ側では、m-5P4E添加MADEは、表面間距離が 10 nm付近より大きいとき、規格化ピーク強度比が０．２以上であり、表面間距離が 15 nmより大きくなると、規格化ピーク強度比が０．４以上になることが確認された。m-5P4E添加MADEは、MADEよりやや強度は小さいが、MADEに近い特性を有しており、低粘度であることが確認された。表面間距離が 10 nm付近より小さくなると、MADEと同様に、強度が急激に低下することも確認された。また、図３（ｂ）に示すように、ＭＣ側では、m-5P4E添加MADEは、m-5P4Eと同様に、荷重が1～2 mNで、強度0.1～0.17で飽和しており、MADEと比べて低摩擦力であることが確認された。さらに、液膜の厚みは、基油MADEが0.4 nm±0.2 nm、基油m-5P4Eが1.3 nm±0.2 nmであるのに対して、m-5P4E添加MA

DEは1.4 nm±0.3 nmであり、数ナノメートルの空間において基油m-5P4Eの濃縮が起こっていると考えられる。

[0021] 図２の結果から非特許文献７の解析手法に基づいて算出された荷重と摩擦力との関係を、図４に示す。なお、比較のために、基油MADEのみの結果、および基油m-5P4Eのみの結果についても、図４中に示す。図４に示すように、m-5P4E添加MADEは、m-5P4Eと同様に、荷重が1 mN以下で摩擦力0.2 mN程度で飽和しており、MADEと比べて低摩擦であった。また、この結果は、規格化強度比で得られた結果と同様の傾向を示した。このように、m-5P4E添加MADEは、流体潤滑領域ではバルク粘度が低いMADEの特性を有し、境界潤滑領域ではバルク粘度が高いm-5P4Eの特性を有し、どちらの潤滑条件においても低摩擦が得られることが確認された。

[0022] 以上の結果から、m-5P4E添加MADEは、流体潤滑および境界潤滑で高潤滑であり、低摩擦化を実現可能であるといえる。また、m-5P4E添加MADEは、リン系添加剤や硫黄系添加剤などの添加剤を使用しておらず、処方が複雑になったり、環境に負荷をかけたりするのを防ぐこともできる。

[0023] ［ＰＡＯ（Poly-α-orefin）系潤滑油の粘度特性］

本発明の実施の形態の潤滑油として、バルク粘度が 25 mPa・sの基油PAO4に、バルク粘度が 730 mPa・sの基油PAO40を 1.3 wt％添加した潤滑油（以下、「1.3wt%PAO40添加PAO4」と呼ぶ）を調製した。

[0024] 共振ずり測定の結果に基づいて求められた、ＡＳ側の表面間距離と規格化ピーク強度比との関係、およびＭＣ側の荷重と規格化ピーク強度比との関係を、それぞれ図５（ａ）および（ｂ）に示す。なお、比較のために、基油PAO4のみの結果、および基油PAO40のみの結果についても、図５（ａ）および（ｂ）中に示す。

[0025] 図５（ａ）に示すように、ＡＳ側では、1.3wt%PAO40添加PAO4は、表面間距離が 10 nm付近より大きいとき、規格化ピーク強度比が０．３以上であり、表面間距離が 20 nmより大きくなると、規格化ピーク強度比が０．５以上になることが確認された。1.3wt%PAO40添加PAO4は、PAO4に近い特性を有してお

り、低粘度であることが確認された。表面間距離が 10 nm付近より小さくなると、PAO4と同様に、強度が急激に低下することも確認された。また、図５（ｂ）に示すように、ＭＣ側では、1.3wt%PAO40添加PAO4は、荷重が増加するに従って、強度がPAO4よりも緩やかに上昇しており、7 mN付近で規格化ピーク強度比が0.17程度であり、10 mNより低荷重のときPAO4と比べて強度が小さく低摩擦力であることが確認された。

[0026] 図５の結果から非特許文献７の手法に基づいて算出された荷重と摩擦力との関係を、図６に示す。なお、比較のために、基油PAO4のみの結果、および基油PAO40のみの結果についても、図６中に示す。図６に示すように、1.3wt%PAO40添加PAO4は、荷重が増加するに従って、摩擦力がPAO4よりも緩やかに上昇しており、10 mNより低荷重のときPAO4と比べて低摩擦力であった。また、この結果は、規格化強度比で得られた結果と同様の傾向を示した。このように、1.3wt%PAO40添加PAO4は、流体潤滑領域ではバルク粘度が低いPAO4と同等の粘度特性を有し、境界潤滑領域では10 mNより低荷重のとき、バルク粘度が高いPAO40の影響による摩擦低減効果が得られることが確認された。

[0027] 以上の結果から、1.3wt%PAO40添加PAO4は、10 mNより低荷重の流体潤滑および境界潤滑で高潤滑であり、低摩擦化を実現可能であるといえる。また、1.3wt%PAO40添加PAO4は、リン系添加剤や硫黄系添加剤などの添加剤を使用しておらず、処方が複雑になったり、環境に負荷をかけたりするのを防ぐこともできる。

[0028] このように、本発明の実施の形態の潤滑油は、流体潤滑領域におけるバルク粘度を低く保ちつつ、境界潤滑領域における摩擦力の低減効果を得ることができる。また、本発明の実施の形態の潤滑油は、添加剤を必要とせず、基油の混合のみで摩擦低減効果が得られるため、環境負荷が小さい。また、添加剤の会合等の副反応による潤滑性能の低下や、摩耗の増大などの予期せぬ現象の発生を防ぐこともできる。

請求の範囲

[請求項1] 共振ずり測定法により得られる規格化ピーク強度比が、表面間距離が２０ｎｍ以上のとき０．４以上、かつ、荷重が０ｍＮより大きく５ｍＮ以下のとき０．２以下であることを特徴とする潤滑油。

[請求項2] バルクでの粘度が１０倍以上異なる２つの基油を含むことを特徴とする請求項１記載の潤滑油。

[請求項3] バルクでの粘度が所定の値以下の低粘度基油と、バルクでの粘度が前記低粘度基油より１０倍以上高い高粘度基油とを含むことを特徴とする請求項１記載の潤滑油。

[請求項4] 前記低粘度基油は、バルクでの粘度が１００ｍＰａ・ｓ以下であることを特徴とする請求項３記載の潤滑油。

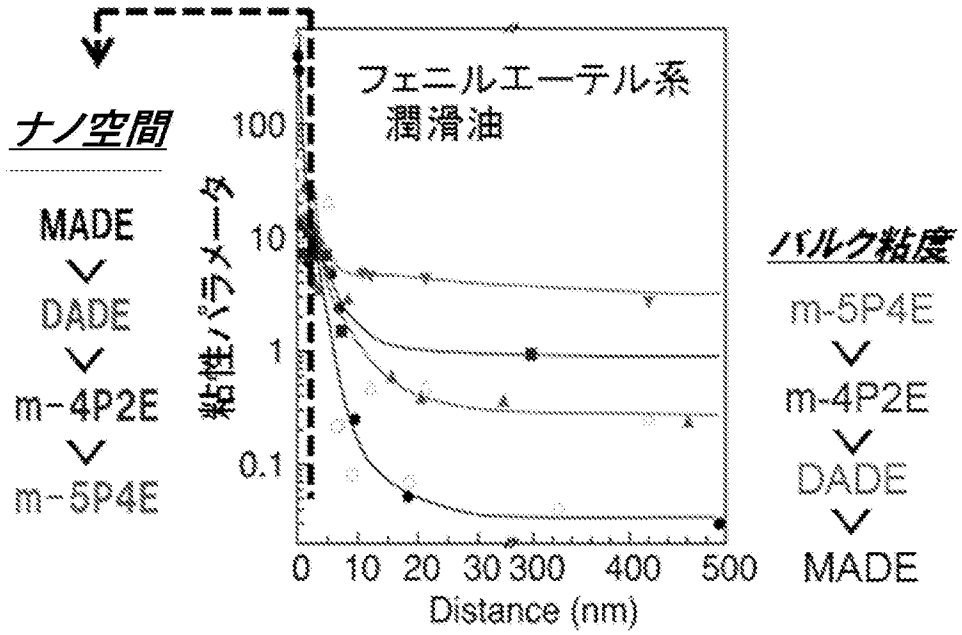
[請求項5] 前記高粘度基油は、境界潤滑での粘度が前記低粘度基油よりも低いことを特徴とする請求項３または４記載の潤滑油。

[請求項6] 粘度特性が異なる第１の基油と第２の基油とを含み、

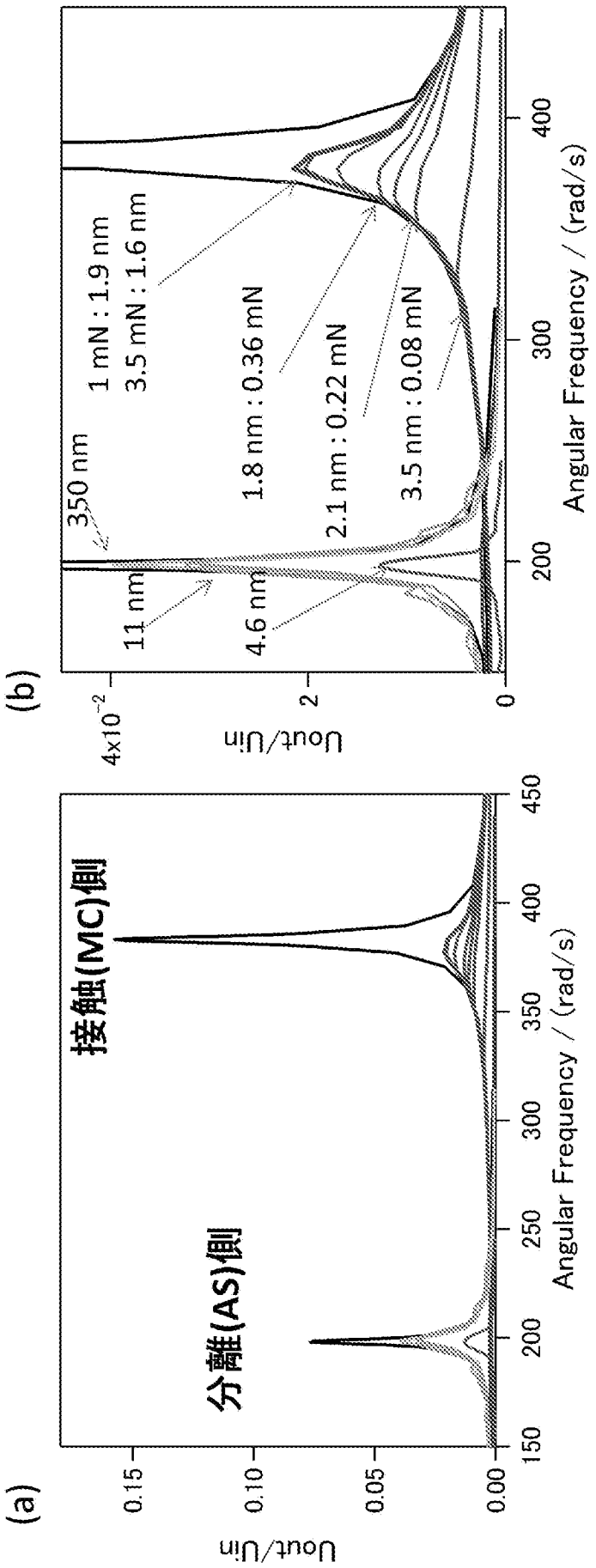
前記第２の基油は、流体潤滑での粘度が前記第１の基油より高く、境界潤滑での粘度が前記第１の基油より低いことを

特徴とする請求項１記載の潤滑油。

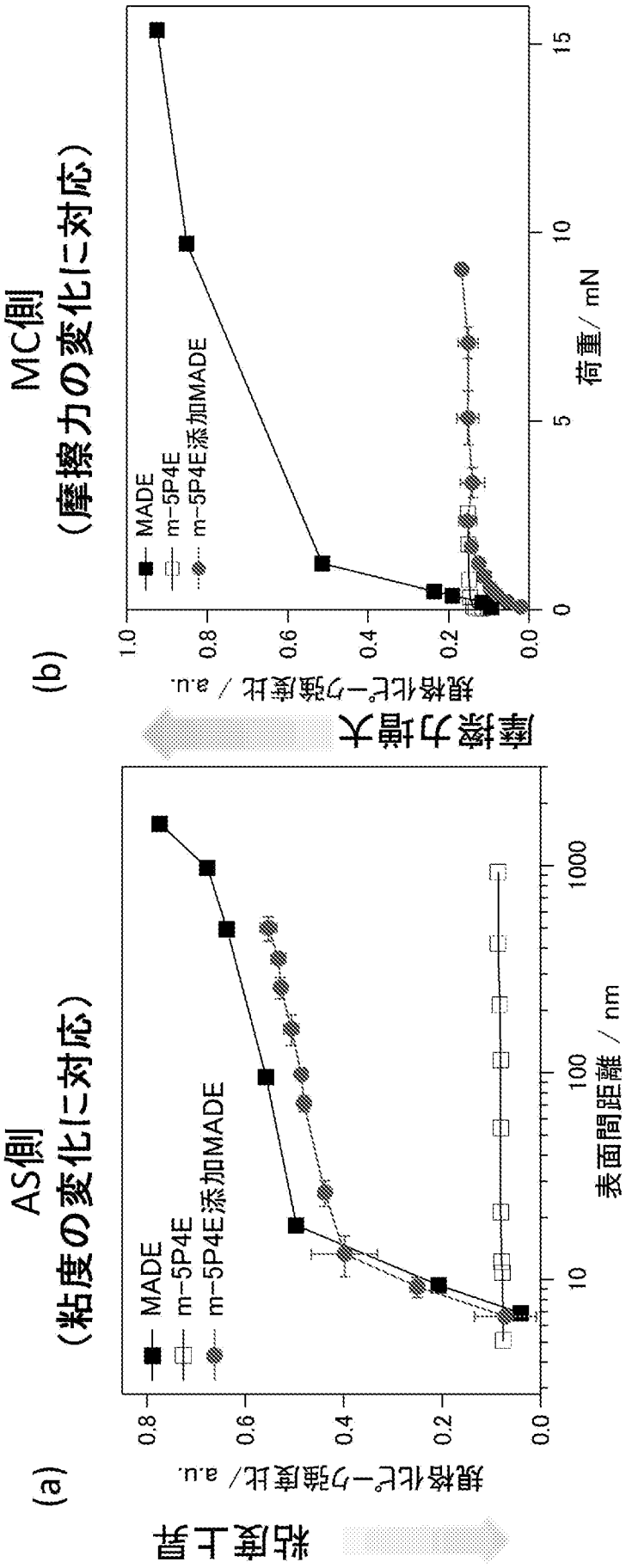
[図1]


ナノ空間
MADE
DADE
m-4P2E
m-5P4E
フェニルエーテル系
潤滑油
粘性パラメータ
100
10
1
0.1
0
10
20
30
300
400
500
Distance (nm)
バルク粘度
m-5P4E
m-4P2E
DADE
MADE

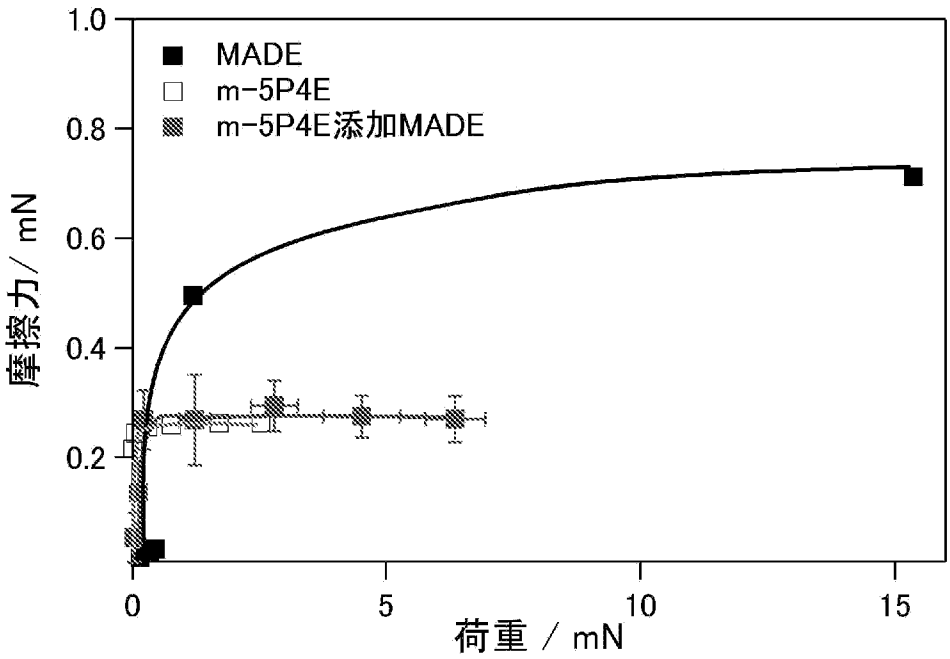
[図2]


(a)
接触(MC)側
分離(AS)側
Uout/Uin
0.15
0.10
0.05
0.00
150
200
250
300
350
400
450
Angular Frequency / (rad/s)
(b)
Uout/Uin
4x10^-2
2
0
200
300
400
Angular Frequency / (rad/s)
350 nm
1 mN : 1.9 nm
3.5 mN : 1.6 nm
11 nm
1.8 nm : 0.36 mN
4.6 nm
2.1 nm : 0.22 mN
3.5 nm : 0.08 mN

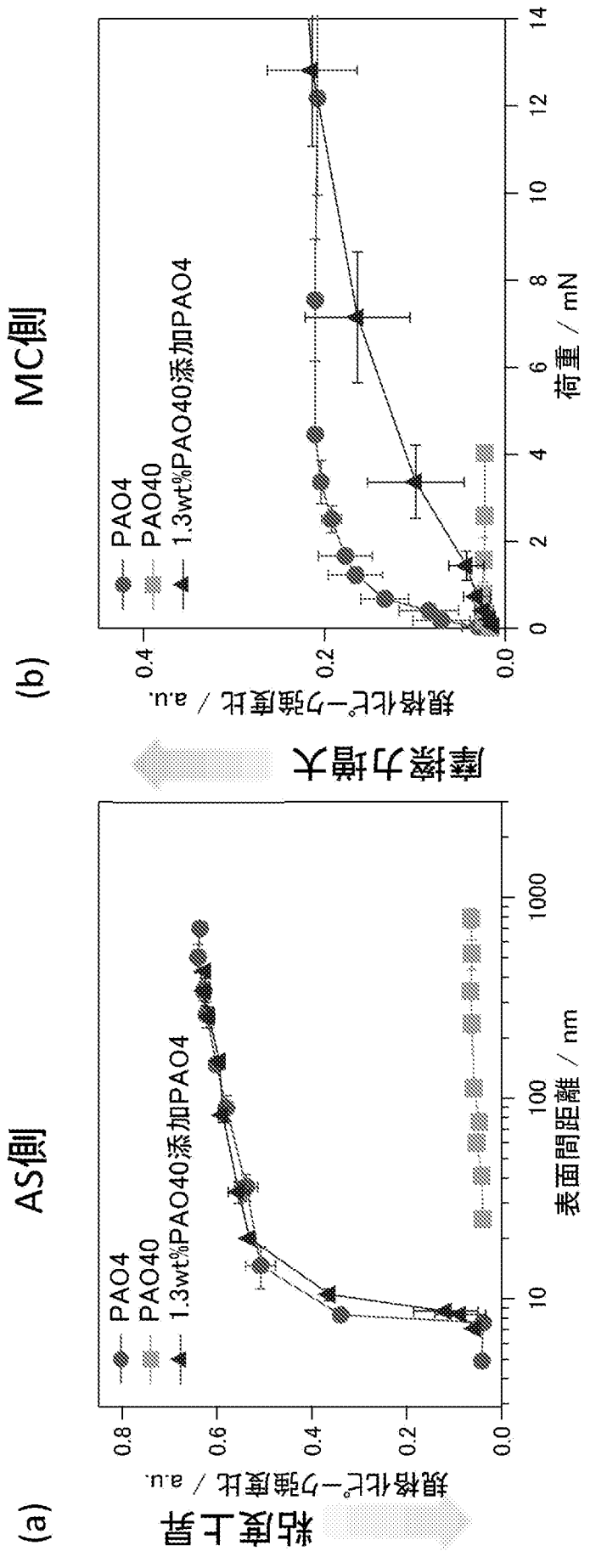
[図3]


(a)
AS側
（粘度の変化に対応）
規格化ピーク強度比/ a.u.
表面間距離 / nm
MADE
m-5P4E
m-5P4E添加MADE
粘度上昇
(b)
MC側
（摩擦力の変化に対応）
規格化ピーク強度比 / a.u.
荷重/ mN
摩擦力増大

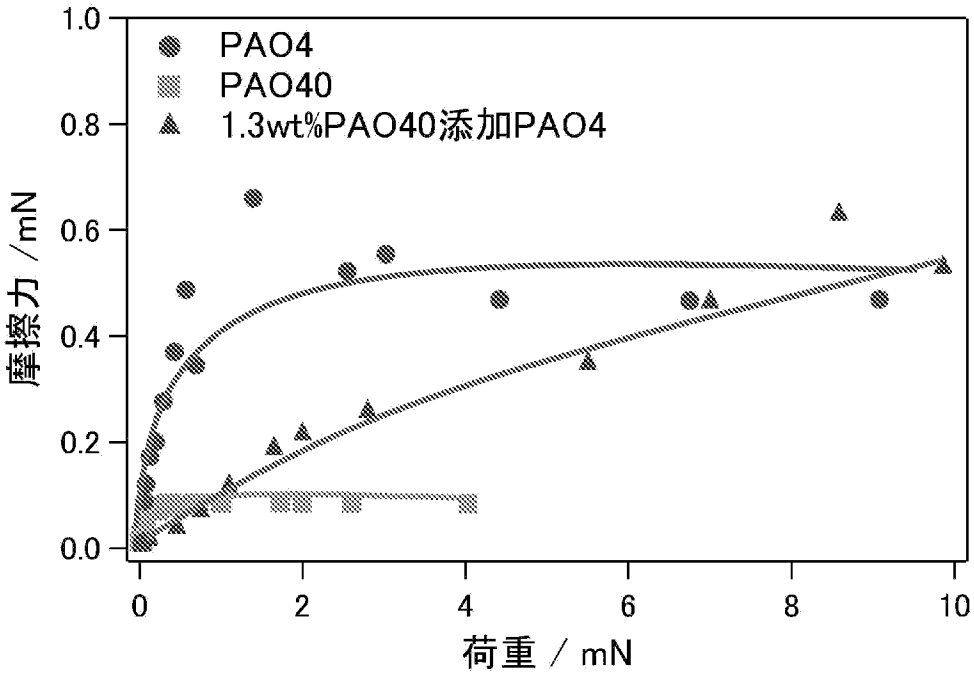
[図4]



[図5]


(a)
AS側
粘度上昇
規格化ピーク強度比 / a.u.
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
PAO4
PAO40
1.3wt%PAO40添加PAO4
10
100
1000
表面間距離 / nm
(b)
MC側
摩擦力増大
規格化ピーク強度比 / a.u.
0.0
0.2
0.4
PAO4
PAO40
1.3wt%PAO40添加PAO4
0
2
4
6
8
10
12
14
荷重 / mN

[図6]


PAO4
PAO40
1.3wt%PAO40添加PAO4
摩擦力 / mN
荷重 / mN
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
2
4
6
8
10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/079171

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C10M171/02(2006.01)i, *C10N20/02*(2006.01)n, *C10N30/06*(2006.01)n, *C10N40/25*(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C10M171/02, C10N20/02, C10N30/06, C10N40/25

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus/JST7580/JSTChina(JDreamIII), CAplus/REGISTRY(STN)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 52-081080 A (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.), 07 July 1977 (07.07.1977), page 1, lower left column, '2.claims'; page 2, upper left column, lines 3 to 9; page 4, upper left column, 'example 1' (Family: none)	1-4 5-6
X A	JP 9-208976 A (Japan Energy Corp.), 12 August 1997 (12.08.1997), claim 1; paragraphs [0003], [0006], [0013] to [0019], [0022] (Family: none)	1-4 5-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
20 October 2016 (20.10.16)	01 November 2016 (01.11.16)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/079171

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 32-008572 B1 (Dow Corning Corp.), 05 October 1957 (05.10.1957), page 2, right column, lines 12 to 32, 'example 1'; page 3, right column, lines 3 to 14, 'claims' (Family: none)	1-3 4-6
A	Masashi MIZUKAMI et al., "Molecular Level Elucidation of Lubrication Properties of Liquids", Oleoscience vol.15, no.5 (2015), pages 205 to 211	1-6
A	Kazue KURIHARA, "Kyoshin-zuri Sokuteiho ni yoru Junkatsuyu Hyoka", Proceedings of JAST Tribology Conference 2014 Autumn, pages 88 to 89	1-6
A	Jun'ichi WATANABE et al., "Kyoshin-zuri Sokuteiho ni yoru Junkatsuyu Nano Hakumaku no Tokusei Hyoka to Tribology Kaiseki", Polymer Preprints, Japan, vol.62, no.1 (2013), page 571	1-6
A	JP 9-118889 A (Tonen Corp.), 06 May 1997 (06.05.1997), (Family: none)	1-6
A	JP 61-287986 A (Kao Corp.), 18 December 1986 (18.12.1986), (Family: none)	1-6

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０７９１７１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C10M171/02(2006.01)i, C10N20/02(2006.01)n, C10N30/06(2006.01)n, C10N40/25(2006.01)n

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C10M171/02, C10N20/02, C10N30/06, C10N40/25

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

JSTPlus/JST7580/JSTChina (JDreamIII), CAplus/REGISTRY (STN)

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X A	JP 52-081080 A (信越化学工業株式会社) 1977.07.07, 第１頁左下欄「2.特許請求の範囲」,第２頁左上欄第3-9行, 第４頁左上欄「実施例１」 (ファミリーなし)	1-4 5-6
X A	JP 9-208976 A (株式会社ジャパンエナジー) 1997.08.12, [請求項1],[0003],[0006],[0013]-[0019],[0022] (ファミリーなし)	1-4 5-6

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
２０．１０．２０１６	０１．１１．２０１６

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　４Ｖ　５２８１
▲来▼田　優来
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４８３

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 32-008572 B1	1-3
A	(ダウ　コーニング　コーポレーション) 1957.10.05, 第2頁右欄第12-32行「実施例1」, 第3頁右欄第3-14行「特許請求の範囲」 (ファミリーなし)	4-6
A	水上雅史他，液体の潤滑性と分子レベルでの機構解明, オレオサイエンス Vol.15 No.5 (2015) p.205-211	1-6
A	栗原和枝，共振ずり測定法による潤滑油評価, トライボロジー会議予稿集 2014秋 p.88-89	1-6
A	渡邊純一他，共振ずり測定法による潤滑油ナノ薄膜の特性評価とトライボロジー解析, Polymer Preprints, Japan Vol.62 No.1 (2013) p.571	1-6
A	JP 9-118889 A (東燃株式会社) 1997.05.06, (ファミリーなし)	1-6
A	JP 61-287986 A (花王株式会社) 1986.12.18, (ファミリーなし)	1-6