

(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
2025年5月15日(15.05.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/100239 A1

(51) 国際特許分類:

C10M 169/04 (2006.01) *C10N 20/02* (2006.01)
F16H 57/04 (2010.01) *C10N 30/00* (2006.01)
C10M 101/02 (2006.01) *C10N 30/02* (2006.01)
C10M 137/02 (2006.01) *C10N 30/04* (2006.01)
C10M 139/00 (2006.01) *C10N 30/06* (2006.01)
C10M 145/14 (2006.01) *C10N 30/18* (2006.01)
C10M 159/22 (2006.01) *C10N 40/00* (2006.01)
C10N 10/04 (2006.01) *C10N 40/04* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/037774

(22) 国際出願日: 2024年10月23日(23.10.2024)

(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 2023-190541 2023年11月8日(08.11.2023) JP

(71) 出願人: E N E O S 株 式 会 社 (ENEOS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008162 東京都千代田区大手町一丁目1番2号 (JP). ジャトコ株式会社(JATCO LTD) [JP/JP]; 〒4178585 静岡県富士市今泉700番地の1 (JP).

(72) 発明者: 小松原 仁 (KOMATSUBARA Hitoshi); 〒1008162 東京都千代田区大手町一丁目1番2号 E N E O S 株式会社内 (JP). 佐々木 涼 (SASAKI Ryo); 〒1008162 東京都千代田区大手町一丁目1番2号 E N E O S 株式会社内 (JP). 前田 誠(MAEDA Makoto); 〒4178585 静岡県富士市今泉700番地の1 ジャトコ株式会社内 (JP). 加藤 豪(KATOU Gou); 〒4178585 静岡県富士市今泉700番地の1 ジ

ヤトコ株式会社内 (JP). 石神 和訓(ISHIGAMI Kazunori); 〒4178585 静岡県富士市今泉700番地の1 ジャトコ株式会社内 (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人セントクレスト国際特許事務所 (CENTCREST IP ATTORNEYS); 〒1040031 東京都中央区京橋2-8-2 1 仁大ビル9階 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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).

(54) Title: GEAR-TYPE TRANSMISSION FOR ELECTROMOTIVE MOBILITY, LUBRICATING OIL COMPOSITION FOR GEAR-TYPE TRANSMISSION FOR ELECTROMOTIVE MOBILITY, AND METHOD FOR LUBRICATING GEAR-TYPE TRANSMISSION FOR ELECTROMOTIVE MOBILITY USING SAME

(54) 発明の名称: 電動モビリティ用歯車式変速機、電動モビリティ用歯車式変速機用の潤滑油組成物、並びに、それを用いた電動モビリティ用歯車式変速機の潤滑方法

(57) Abstract: This gear-type transmission for electromotive mobility comprises: a lubricating oil composition for lubricating sliding portions; and a joining part in which a form-in-place gasket containing silicone is used in at least a portion thereof as a sealing member for the lubricating oil composition. The lubricating oil composition contains specific components (A)-(F) and satisfies all specific conditions (i)-(vi).

(57) 要約: 摺動部分を潤滑するための潤滑油組成物と、前記潤滑油組成物のシール部材としてシリコンを含有するフォームインプレイスガスケットを少なくとも一部に用いた接合部とを備える電動モビリティ用歯車式変速機であって、前記潤滑油組成物が、特定の(A)～(F)成分を含有し、かつ、特定の条件(i)～(vi)を全て満たす潤滑油組成物である、電動モビリティ用歯車式変速機。

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称：

電動モビリティ用歯車式変速機、電動モビリティ用歯車式変速機用の潤滑油組成物、並びに、それを用いた電動モビリティ用歯車式変速機の潤滑方法

技術分野

[0001] 本発明は、電動モビリティ用歯車式変速機、電動モビリティ用歯車式変速機用の潤滑油組成物、および、それを用いた電動モビリティ用歯車式変速機の潤滑方法に関する。

背景技術

[0002] 従来より、歯車を利用した減速機、増速機、多段変速機等のような、歯車式変速機分野では、省燃費化を目的として、利用する潤滑油組成物の低粘度化が求められている。特に、電動モビリティ（例えば電気自動車等の電動車両等）用の歯車式変速機（例えば小型超高回転型モーター向けの減速機等）は、省電費化に対応するために潤滑油組成物の更なる低粘度化が求められている。また、電動モビリティ用の歯車式変速機に利用する潤滑油組成物は、省電費化以外にも、ギヤ・ベアリング耐久性の向上や、電動モビリティが備えるモーターの直接冷却にも対応した高い電気絶縁性を有することが求められている。

[0003] このような要求に対応すべく、従来から、電動モビリティ用歯車式変速機に利用するために、様々な潤滑油組成物が研究されてきた。このような潤滑油組成物の一例として、例えば、国際公開第2020/189580号（特許文献1）においては、電気自動車のパワートレインに用いられる潤滑油組成物として、潤滑油基油と；アルカリ土類金属清浄剤を潤滑油組成物全量基準でアルカリ土類金属量として10質量ppm以上1000質量ppm以下と；特定のトリアゾール系化合物を潤滑油組成物全量基準で0.005質量%以上0.90質量%以下と；硫黄含有ヘテロ環エーテル化合物およびスル

フィド化合物から選定される少なくとも１種の硫黄系含有化合物を潤滑油組成物全量基準で硫黄量として１０質量ｐｐｍ以上２０００質量ｐｐｍ以下と；無灰分散剤を潤滑油組成物全量基準で０．０１０質量％以上４．０質量％以下と；を含んでなる潤滑油組成物が開示されており、更には、その好適な形態として、リン系化合物を潤滑油組成物全量基準でリン元素量として１００～１５００質量ｐｐｍさらに含む潤滑油組成物が開示されている。なお、特許文献１において、潤滑油組成物の実施例として開示されている組成物（実施例１～３１）はいずれも、１種類のリン系化合物を含む形態のものである。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：国際公開第２０２０／１８９５８０号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献１に記載されているような従来の潤滑油組成物であっても、潤滑油組成物のシール部材としてシリコーンを含有するフォームインプレイスガスケット（以下、シリコーンを含有するフォームインプレイスガスケットを、便宜上、場合により単に「シリコーン含有ＦＩＰＧ」と称する）を少なくとも一部に用いた接合部を備える電動モビリティ用歯車式変速機（例えば電気自動車用減速機等）に対して利用する場合には、歯車式変速機の使用時のシリコーン含有ＦＩＰＧの劣化を高度に抑制するといった点や、使用時の泡立ちを特定水準以下とするといった点において改良の余地があった。

[0006] 本発明は、前記従来技術の有する課題に鑑みてなされたものであり、（１）歯車式変速機の使用時に潤滑油組成物に起因するシリコーン含有ＦＩＰＧの劣化を高度に抑制できるとともに歯車式変速機の使用時の潤滑油組成物の泡立ちを特定水準以下とすることができ、しかも省電費性の向上と疲労寿命

の向上とを両立させることが可能な電動モビリティ用歯車式変速機を提供すること；（２）シリコーン含有F I P Gの劣化を高度に抑制できるとともに、使用時の泡立ちを特定水準以下とすることができ、低粘度で省電費性を向上させることが可能なものでありながら、摩耗防止性能および耐焼き付き性能を基準とした極圧性能並びに疲労寿命を共に向上させることも可能なものであり、しかも電動モビリティ用の潤滑油に求められる高度な電気絶縁性を有するものとすることが可能な、電動モビリティ用歯車式変速機用の潤滑油組成物を提供すること；および、（３）前記潤滑油組成物を用いた電動モビリティ用歯車式変速機の潤滑方法を提供すること；を目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明者らは、前記目的を達成すべく鋭意研究を重ねた結果、摺動部分を潤滑するための潤滑油組成物と、前記潤滑油組成物のシール部材としてシリコーンを含有するフォームインプレイスガスケット（シリコーン含有F I P G）を少なくとも一部に用いた接合部とを備える電動モビリティ用歯車式変速機において、前記潤滑油組成物を下記の（Ａ）～（Ｆ）成分を含有しかつ下記の条件（i）～（vi）を全て満たすものとすることにより、歯車式変速機の使用時に潤滑油組成物に起因するシリコーン含有F I P Gの劣化を高度に抑制でき、しかも歯車式変速機の使用時の潤滑油組成物の泡立ちを特定水準以下とすることができるとともに、省電費性の向上と疲労寿命の向上とを両立することが可能となることを見出し、本発明を完成するに至った。

[0008] すなわち、本発明は以下の態様を提供する。

[0009] [１] 摺動部分を潤滑するための潤滑油組成物と、前記潤滑油組成物のシール部材としてシリコーンを含有するフォームインプレイスガスケットを少なくとも一部に用いた接合部とを備える電動モビリティ用歯車式変速機であって、

前記潤滑油組成物が、

（Ａ）４０℃における動粘度が $12.0\text{ mm}^2/\text{s}$ 以下でありかつ 100°C における動粘度が $2.7\text{ mm}^2/\text{s}$ 以上である水素化分解鉱油である潤滑油基

油と、

(B) 構造中にアルキル基を少なくとも1つ含有しかつ構造中に含まれるアルキル基がいずれも炭素数が8以下のものである第一のリン系添加剤と、

(C) 構造中にアルキル基を少なくとも1つ含有しかつ構造中に含まれるアルキル基がいずれも炭素数が14以上のものである第二のリン系添加剤と、

、

(D) カルシウム系清浄剤と、

(E) ホウ素変性コハク酸イミド系分散剤と

(F) ポリ(メタ)アクリレートと、

を含有し、かつ、下記条件(i)～(vi)：

(i) 前記(B)成分のリン原子換算の含有量および前記(C)成分のリン原子換算の含有量の合計量が、潤滑油組成物の全質量を基準として0.025質量%以上0.050質量%以下であること；

(ii) 潤滑油組成物の全質量を基準とした前記(B)成分のリン原子換算の含有量が、潤滑油組成物の全質量を基準とした前記(C)成分のリン原子換算の含有量の2.0倍以上2.4倍以下であること；

(iii) 潤滑油組成物の全質量を基準とした前記(D)成分のカルシウム原子換算の含有量が0.009質量%以上0.013質量%以下であること；

(iv) 潤滑油組成物の全質量を基準とした前記(E)成分のホウ素原子換算の含有量が潤滑油組成物の全質量を基準とした前記(D)成分のカルシウム原子換算の含有量の0.9倍以上1.2倍以下であること；

(v) 潤滑油組成物の全質量を基準とした前記(F)成分の含有量が0.1質量%未満であること；

(vi) 潤滑油組成物が、80℃における体積抵抗率が50MΩ・m以上であり、100℃における動粘度が2.7mm²/s以上3.0mm²/s以下でありかつ粘度指数が100以上であること；

を全て満たす潤滑油組成物である、電動モビリティ用歯車式変速機。

[0010] [2] 前記(B)成分が、構造中に含まれるアルキル基がいずれも炭素数

が8以下のアルキル基である亜リン酸エステルである、[1]に記載の電動モビリティ用歯車式変速機。

[0011] [3] 前記(C)成分が、構造中に含まれるアルキル基がいずれも炭素数が14以上のアルキル基である亜リン酸エステルのアミン塩である、[1]又は[2]に記載の電動モビリティ用歯車式変速機。

[0012] [4] 前記(D)成分が、塩基価200mg KOH/g以上のカルシウムスルホネート、塩基価200mg KOH/g以上のカルシウムフェネート、および、塩基価200mg KOH/g以上のカルシウムサリシレートからなる群から選択される少なくとも1種である、[1]～[3]のうちのいずれか1項に記載の電動モビリティ用歯車式変速機。

[0013] [5] 前記(F)成分の重量平均分子量が60,000以下である、[1]～[4]のうちのいずれか1項に記載の電動モビリティ用歯車式変速機。

[0014] [6] 潤滑油組成物のシール部材としてシリコーンを含有するフォームインプレイスガスケットを少なくとも一部に用いた接合部を備える電動モビリティ用歯車式変速機の摺動部分を潤滑するために用いられる潤滑油組成物であって、

前記潤滑油組成物が、

(A) 40℃における動粘度が12.0mm²/s以下でありかつ100℃における動粘度が2.7mm²/s以上である水素化分解鉱油である潤滑油基油と、

(B) 構造中にアルキル基を少なくとも1つ含有しかつ構造中に含まれるアルキル基がいずれも炭素数が8以下のものである第一のリン系添加剤と、

(C) 構造中にアルキル基を少なくとも1つ含有しかつ構造中に含まれるアルキル基がいずれも炭素数が14以上のものである第二のリン系添加剤と、

(D) カルシウム系清浄剤と、

(E) ホウ素変性コハク酸イミド系分散剤と

(F) ポリ(メタ)アクリレートと、

を含有し、かつ、下記条件 (i) ~ (vi) :

(i) 前記 (B) 成分のリン原子換算の含有量および前記 (C) 成分のリン原子換算の含有量の合計量が、潤滑油組成物の全質量を基準として 0.025 質量%以上 0.050 質量%以下であること ;

(ii) 潤滑油組成物の全質量を基準とした前記 (B) 成分のリン原子換算の含有量が、潤滑油組成物の全質量を基準とした前記 (C) 成分のリン原子換算の含有量の 2.0 倍以上 2.4 倍以下であること ;

(iii) 潤滑油組成物の全質量を基準とした前記 (D) 成分のカルシウム原子換算の含有量が 0.009 質量%以上 0.013 質量%以下であること ;

(iv) 潤滑油組成物の全質量を基準とした前記 (E) 成分のホウ素原子換算の含有量が潤滑油組成物の全質量を基準とした前記 (D) 成分のカルシウム原子換算の含有量の 0.9 倍以上 1.2 倍以下であること ;

(v) 潤滑油組成物の全質量を基準とした前記 (F) 成分の含有量が 0.1 質量%未満であること ;

(vi) 潤滑油組成物が、80℃における体積抵抗率が $50 \text{ M}\Omega \cdot \text{m}$ 以上であり、100℃における動粘度が $2.7 \text{ mm}^2/\text{s}$ 以上 $3.0 \text{ mm}^2/\text{s}$ 以下でありかつ粘度指数が 100 以上であること ;

を全て満たす潤滑油組成物である、電動モビリティ用歯車式変速機用の潤滑油組成物。

[0015] [7] 潤滑油組成物のシール部材としてシリコーンを含有するフォームインプレイスガスケットを少なくとも一部に用いた接合部を備える電動モビリティ用歯車式変速機の摺動部分を、[6]に記載の電動モビリティ用歯車式変速機用の潤滑油組成物により潤滑する、電動モビリティ用歯車式変速機の潤滑方法。

[0016] 本発明の電動モビリティ用歯車式変速機によって、上記目的が達成される理由は必ずしも定かではないが、本発明者らは以下のように推察する。

[0017] すなわち、まず、従来の低粘度化を図った潤滑油組成物であってリン系添加剤を含有する潤滑油組成物を、シリコーン含有 FIPG を接合部に有する

電動モビリティ用歯車式変速機（例えば電気自動車用減速機）に利用した場合について説明すると、一般に、シリコン含有FIPGに対して潤滑油組成物を接触させると、組成物の粘度が低いほど、潤滑油組成物（特に基油）がシリコン含有FIPG内部に浸透し易くなり、シリコン含有FIPGが膨潤する傾向にある。また、低粘度の潤滑油組成物が、シリコン含有FIPGに浸透すると、特に使用時に組成物中に発生するリン系添加剤の酸化物（リン酸）に起因して、潤滑油組成物中にケイ素が溶解・溶出し易くなる。そのため、低粘度化を図ったものであってかつリン系添加剤を含む従来の潤滑油組成物は、組成物自体がシリコン含有FIPGの強度が低下する原因の一つ（FIPGの劣化原因の一つ）となっていた。そして、かかるFIPGの強度低下が起こると、接合部からのオイル漏れやオイルのにじみ等の不具合が発生してしまうことから、従来の潤滑油組成物は、その改良が求められていた。また、前述のようにして、潤滑油組成物にケイ素が溶出すると、それが潤滑油組成物の泡立ちの原因物質になることや、添加剤がポリ（メタ）アクリレートである場合、その使用量等によっては、やはり潤滑油組成物の泡立ちの原因となることを本発明者らは研究の末に見出している。

[0018] そこで、本発明の電動モビリティ用歯車式変速機においては、摺動部分を潤滑するために、前記（A）～（F）成分を含有しかつ前記条件（i）～（vi）を全て満たすような、特定の潤滑油組成物を利用する。このような潤滑油組成物を利用することで、リン系添加剤を利用していても、その理由は必ずしも定かではないが、シリコン含有FIPGへの攻撃性を高度に抑制することが可能となることを本発明者らは見い出しており、これによりFIPGの劣化を高度に防止できるとともに、使用する他の添加剤の使用量との組み合わせ等とも相俟って、潤滑油組成物の使用時の泡立ちを特定水準以下とすることを可能としている。なお、潤滑油組成物の使用時の泡立ちを特定水準以下とすることで、歯車式変速機のブリーザよりオイルが噴き出すような事態も高度に抑制できる。また、前記本発明の電動モビリティ用歯車式変速機は、用いる潤滑油組成物の動粘度が低いため、電動モビリティ（例えば電気

自動車等の電動車両)の省電費性の向上を図ることもできる。また、前記本発明の電動モビリティ用歯車式変速機は、用いる潤滑油組成物の基油の種類や添加剤の配合等を特定のものとするにより、使用時の摩耗防止性能、耐焼き付き性能及び疲労寿命の抑制能をいずれも高度なものとしている。さらに、前記本発明の電動モビリティ用歯車式変速機は、用いる潤滑油組成物の添加剤等の配合を特定のものとするにより、80℃における体積抵抗率を特定の水準以上として、電気絶縁性を高く設定することも可能としている。このような観点から、本発明の電動モビリティ用歯車式変速機は、歯車式変速機の使用時に潤滑油組成物に起因するシリコン含有FIPGの劣化を高度に抑制でき、しかも歯車式変速機の使用時の潤滑油組成物の泡立ちを特定水準以下とすることができるとともに、省電費性の向上と、ギヤやベアリング等の耐久性の向上(疲労寿命の向上)を両立させることが可能なものとなっているものと本発明者らは推察する。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、(1) 歯車式変速機の使用時に潤滑油組成物に起因するシリコン含有FIPGの劣化を高度に抑制できるとともに歯車式変速機の使用時の潤滑油組成物の泡立ちを特定水準以下とすることができ、しかも省電費性の向上と疲労寿命の向上とを両立させることが可能な電動モビリティ用歯車式変速機を提供すること；(2) シリコン含有FIPGの劣化を高度に抑制できるとともに、使用時の泡立ちを特定水準以下とすることができ、低粘度で省電費性を向上させることが可能なものでありながら、摩耗防止性能および耐焼き付き性能を基準とした極圧性能並びに疲労寿命を共に向上させることも可能なものであり、しかも電動モビリティ用の潤滑油に求められる高度な電気絶縁性を有するものとすることが可能な、電動モビリティ用歯車式変速機用の潤滑油組成物を提供すること；および、(3) 前記潤滑油組成物を用いた電動モビリティ用歯車式変速機の潤滑方法を提供することが可能となる。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、本発明をその好適な実施形態に即して詳細に説明する。なお、本明細書においては、特に断らない限り、数値X及びYについて「X～Y」という表記は「X以上Y以下」を意味するものとする。かかる表記において数値Yのみに単位を付した場合には、当該単位が数値Xにも適用されるものとする。

[0021] [電動モビリティ用歯車式変速機]

本発明の電動モビリティ用歯車式変速機は、摺動部分を潤滑するための潤滑油組成物と、前記潤滑油組成物のシール部材としてシリコーンを含有するフォームインプレイスガasketを少なくとも一部に用いた接合部とを備える電動モビリティ用歯車式変速機であって、

前記潤滑油組成物が、

(A) 40℃における動粘度が12.0 mm²/s以下でありかつ100℃における動粘度が2.7 mm²/s以上である水素化分解鉱油である潤滑油基油と、

(B) 構造中にアルキル基を少なくとも1つ含有しかつ構造中に含まれるアルキル基がいずれも炭素数が8以下のものである第一のリン系添加剤と、

(C) 構造中にアルキル基を少なくとも1つ含有しかつ構造中に含まれるアルキル基がいずれも炭素数が14以上のものである第二のリン系添加剤と、

(D) カルシウム系清浄剤と、

(E) ホウ素変性コハク酸イミド系分散剤と

(F) ポリ(メタ)アクリレートと、

を含有し、かつ、下記条件(i)～(vi)：

(i) 前記(B)成分のリン原子換算の含有量(質量%)および前記(C)成分のリン原子換算の含有量の合計量が、潤滑油組成物の全質量を基準として0.025質量%以上0.050質量%以下であること；

(ii) 潤滑油組成物の全質量を基準とした前記(B)成分のリン原子換算の含有量(質量%)が、潤滑油組成物の全質量を基準とした前記(C)成分

のリン原子換算の含有量（質量％）の2.0倍以上2.4倍以下であること；

（iii）潤滑油組成物の全質量を基準とした前記（D）成分のカルシウム原子換算の含有量が0.009質量％以上0.013質量％以下であること；

（iv）潤滑油組成物の全質量を基準とした前記（E）成分のホウ素原子換算の含有量（質量％）が潤滑油組成物の全質量を基準とした前記（D）成分のカルシウム原子換算の含有量（質量％）の0.9倍以上1.2倍以下であること；

（v）潤滑油組成物の全質量を基準とした前記（F）成分の含有量が0.1質量％未満であること；

（vi）潤滑油組成物が、80℃における体積抵抗率が50MΩ・m以上であり、100℃における動粘度が2.7mm²/s以上3.0mm²/s以下でありかつ粘度指数が100以上であること；

を全て満たす潤滑油組成物である、ものである。なお、本明細書において「電動モビリティ」とは、電動モータを駆動源にして駆動輪等を駆動して走行、飛行する移動物であり、2輪、4輪等の、いわゆる電動車両（例えば電気自動車）を含むものである。また、本明細書において「歯車式変速機」は、減速機、増速機、多段変速機を含む概念である。以下、先ず、本発明の電動モビリティ用歯車式変速機が備える潤滑油組成物について説明する。

[0022] <潤滑油組成物について>

本発明にかかる潤滑油組成物は、前述の通り、前記（A）～（F）成分を含有し、かつ、前記条件（i）～（vi）を全て満たすものである。ここで、本発明にかかる潤滑油組成物に利用する成分について説明する。

[0023] <潤滑油組成物中の成分について>

〔（A）成分：潤滑油基油〕

前記潤滑油組成物において（A）成分として含有される潤滑油基油は、40℃における動粘度が12.0mm²/s以下でありかつ100℃における動粘度が2.7mm²/s以上である水素化分解鉱油である。

[0024] このような水素化分解鉱油は、 40°C における動粘度が $12.0\text{ mm}^2/\text{s}$ 以下でありかつ 100°C における動粘度が $2.7\text{ mm}^2/\text{s}$ 以上であるという条件を満たすものであればよく、そのような条件を満たす1種の水素化分解鉱油のみからなるものであってもよく、あるいは、そのような条件を満たすように混合された2種以上の水素化分解鉱油の混合物からなるものであってもよい。

[0025] このような水素化分解鉱油は、いわゆる鉱物油に対して水素化分解工程を施して得られるものであればよく、特に制限されず、公知の水素化分解鉱油を適宜利用可能であるが、中でも、減圧蒸留留出油（WVGO）、WVGOのマイルドハイドロクラッキング（MHC）処理油、脱れき油（DAO）、DAOのMHC処理油、又は、これらの混合油を、水素化分解し、その生成物又はその生成物から蒸留等により回収される潤滑油留分に対して脱ろう処理を施すことによって得られる鉱油；または、その鉱油をさらに蒸留することによって得られる鉱油；であることが好ましい（なお、ここにいう「水素化分解」や「脱ろう処理」等の各種処理の方法としては特に制限されず、公知の方法を適宜採用できる）。

[0026] また、前記潤滑油基油（（A）成分）である水素化分解鉱油は、 40°C における動粘度が $12.0\text{ mm}^2/\text{s}$ 以下のものである必要がある。このような 40°C における動粘度が $12.0\text{ mm}^2/\text{s}$ 以下である場合には $12.0\text{ mm}^2/\text{s}$ を超えた場合と比較して潤滑油組成物の低粘度とすることができ、特に低温時（ 25°C ）の攪拌損失の低減を図ることが可能となるため、省電費性能の点で高い性能（効果）が得られるとともに、使用時の組成物の泡立ちを高度に抑制すること（泡抜け性を高度なものとする）が可能となる。このような水素化分解鉱油の 40°C における動粘度は $9.0\text{ mm}^2/\text{s}$ 以上 $12.0\text{ mm}^2/\text{s}$ 以下であることが好ましく、 $10.0\text{ mm}^2/\text{s}$ 以上 $11.0\text{ mm}^2/\text{s}$ 以下であることがより好ましい。なお、 40°C における動粘度が前記下限以上である場合には前記下限未満である場合と比較して、潤滑箇所での油膜形成性をさらに向上させて潤滑性をさらに優れたものとするのが可

能となるとともに、潤滑油組成物の蒸発損失をさらに低減できる傾向にある。

[0027] また、前記潤滑油基油（（A）成分）である前記水素化分解鉱油は、 100°C における動粘度が $2.7\text{ mm}^2/\text{s}$ 以上のものである必要がある。水素化分解鉱油の 100°C における動粘度の値を $2.7\text{ mm}^2/\text{s}$ 以上とすることで、 $2.7\text{ mm}^2/\text{s}$ 未満の場合と比較して、潤滑箇所での油膜形成性能が高くなり、耐摩耗性能およびベアリング疲労寿命を向上させることが可能となるとともに、耐焼き付き性を向上させることも可能となる。また、このような水素化分解鉱油の 100°C における動粘度は $2.7\text{ mm}^2/\text{s}$ 以上 $3.0\text{ mm}^2/\text{s}$ 以下であることが好ましく、 $2.75\text{ mm}^2/\text{s}$ 以上 $2.90\text{ mm}^2/\text{s}$ 以下であることがより好ましい。なお、 100°C における動粘度が前記上限以下である場合には前記上限を超えた場合と比較して、省電費性能向上の点でさらに高い効果が得られる傾向にある。なお、本明細書において、潤滑油基油及び潤滑油組成物の「 40°C における動粘度」および「 100°C における動粘度」は、JIS K 2283-2000に規定される、各温度（ 40°C 又は 100°C ）での動粘度を意味する。

[0028] また、前記水素化分解鉱油は、硫黄の含有量（硫黄分）が 30 質量ppm 以下（さらに好ましくは $1\sim 10\text{ 質量ppm}$ ）であることが好ましい。硫黄の含有量を前記上限以下とすることで、前記上限を超えた場合と比較して、酸化安定性を向上することが可能となる。他方、硫黄の含有量を前記下限以上とすることで、前記下限未満とした場合と比較して、耐焼き付き性や摩耗防止性が向上し、耐久信頼性を向上させることが可能となる。なお、このような「硫黄の含有量」は、ASTM D4951に準拠した測定を行うことで求めることができる。

[0029] さらに、前記水素化分解鉱油は、粘度指数が 80 以上（より好ましくは 90 以上、さらに好ましくは 95 以上、特に好ましくは 100 以上）であることが好ましい。粘度指数を前記下限以上とすることで、省電費性能の点でさらに高い効果が得られる。なお、本明細書において、潤滑油基油及び潤滑油

組成物の「粘度指数」は J I S K 2 2 8 3 - 1 9 9 3 に準拠して測定された値を採用する。

[0030] 前記水素化分解鉱油は、A P I（アメリカ石油協会：American Petroleum Institute）による基油の分類がグループ I I の基油及びグループ I I I の基油からなる群から選択される少なくとも 1 種を好適に用いることができる（以下、A P I による基油分類のグループを単に「A P I グループ」と称する）。A P I グループ I I 基油は、硫黄分が 0. 0 3 m a s s % 以下、飽和分が 9 0 m a s s % 以上、且つ粘度指数が 8 0 以上 1 2 0 未満の基油である。A P I グループ I I I 基油は、硫黄分が 0. 0 3 m a s s % 以下、飽和分が 9 0 m a s s % 以上、且つ粘度指数が 1 2 0 以上の基油である。さらに、前記水素化分解鉱油としては、A P I グループ I I 基油及び A P I グループ I I I 基油の中から選択される 1 種の基油を単独で利用してもよく、あるいは、A P I グループ I I 基油及び A P I グループ I I I 基油の中から選択される 2 種以上を組み合わせる混合基油として利用してもよい。また、粘度特性を所望の範囲に容易に調整できるといった観点からは、前記潤滑油基油（（A）成分）である前記水素化分解鉱油は、2 種以上の基油（水素化分解工程を経て得られた鉱油の 2 種以上）を混合して得られる混合油を利用することが好ましく、中でも、2 種以上の A P I グループ I I 基油の混合基油であることがより好ましい。

[0031] 〔（B）成分：第一のリン系添加剤〕

（B）成分である第一のリン系添加剤は、構造中にアルキル基を少なくとも 1 つ含有しかつ構造中に含まれるアルキル基がいずれも炭素数が 8 以下のものであるリン系添加剤である。このようなリン系添加剤は、構造中にアルキル基を少なくとも 1 つ含有しかつ構造中に含まれるアルキル基がいずれも炭素数が 8 以下のものであればよく、かかる条件を満たしかつ構成元素としてリン原子を含む、潤滑油組成物の分野において利用されている公知のリン系添加剤を適宜利用できる。

[0032] このような第一のリン系添加剤（（B）成分）として利用される化合物の

構造中に含まれ得るアルキル基はいずれも、炭素数が8以下（より好ましくは2～6）である必要がある。このような第一のリン系添加剤に含まれるアルキル基の炭素数を8以下とすることにより、（C）成分と組み合わせることで、その理由は必ずしも定かではないが、シリコーン含有F I P Gへの攻撃性を高度に抑制することが可能となり、これによりF I P Gの劣化を高度に抑制することが可能となる。

[0033] また、このような第一のリン系添加剤（（B）成分）として利用される化合物としては、例えば、構造中のアルキル基がいずれも炭素数が8以下のアルキル基である、亜リン酸エステル類（ホスファイト）、リン酸エステル類（ホスフェート）、これらのアミン塩、これらの金属塩、これらの誘導体等が挙げられ、中でも、耐焼付き性、耐摩耗性、疲労寿命向上の観点で、さらに高い効果が得られることから、構造中に含まれるアルキル基がいずれも炭素数が8以下のアルキル基である亜リン酸エステルであることが好ましく、アルキル基の炭素数がいずれも8以下であるジアルキル亜リン酸エステル（ジアルキルホスファイト）がより好ましく、ジブチルホスファイトが特に好ましい。このような第一のリン系添加剤としては特に制限されず、市販のものを利用してよい。

[0034] 〔（C）成分：第二のリン系添加剤〕

（C）成分である第二のリン系添加剤は、構造中にアルキル基を少なくとも1つ含有しかつ構造中に含まれるアルキル基がいずれも炭素数が14以上のものであるリン系添加剤である。このようなリン系添加剤は、構造中にアルキル基を少なくとも1つ含有しかつ構造中に含まれるアルキル基がいずれも炭素数が14以上のものであればよく、かかる条件を満たしかつ構成元素としてリン原子を含む、潤滑油組成物の分野において利用されている公知のリン系添加剤を適宜利用できる。

[0035] このような第二のリン系添加剤（（C）成分）として利用される化合物の構造中に含まれ得るアルキル基はいずれも、炭素数が14以上（より好ましくは16～20）である必要がある。このような第二のリン系添加剤に含ま

れるアルキル基の炭素数を14以上とすることにより、(B)成分と組み合わせることで、その理由は必ずしも定かではないが、シリコーン含有FIPGへの攻撃性を高度に抑制することが可能となり、これによりFIPGの劣化を高度に抑制することが可能となる。

[0036] また、このような第二のリン系添加剤((C)成分)として利用される化合物としては、例えば、構造中のアルキル基がいずれも炭素数が14以上のアルキル基である、亜リン酸エステル類(ホスファイト)、リン酸エステル類(ホスフェート)、これらのアミン塩、これらの金属塩、これらの誘導体等が挙げられ、中でも、耐焼付き性、耐摩耗性、疲労寿命向上の観点で、さらに高い効果が得られることから、構造中に含まれるアルキル基がいずれも炭素数が14以上のアルキル基である亜リン酸エステルのアミン塩であることが好ましく、アルキル基の炭素数がいずれも14以上であるジアルキル亜リン酸エステル(ジアルキルホスファイト)のアミン塩がより好ましい。このような第二のリン系添加剤としては特に制限されず、市販のものを利用してもよい。

[0037] [(D)成分:カルシウム系清浄剤]

(D)成分であるカルシウム系清浄剤としては、特に制限されず、潤滑油組成物の分野において使用されている公知のカルシウム系清浄剤を適宜使用することができる。このようなカルシウム系清浄剤としては、例えば、カルシウムスルホネート、カルシウムフェネート、カルシウムサリシレート为好適なものとして挙げるができる。なお、カルシウム系清浄剤は、例えば、炭酸塩(炭酸カルシウム)で過塩基化されたものであってもよい。このようなカルシウム系清浄剤としては、例えば、特開2020-76004号公報の段落[0038]~[0053]で説明されているカルシウム系清浄剤(スルホネート清浄剤、フェネート清浄剤、サリシレート清浄剤)等を適宜利用できる。また、このようなカルシウム系清浄剤は1種を単独であるいは2種以上を組み合わせる利用することができる。また、このようなカルシウム系清浄剤としては市販品を利用してもよい。

[0038] また、前記カルシウム系清浄剤（（D）成分）の塩基価としては、200 mg KOH/g 以上（より好ましくは300 mg KOH/g 以上500 mg KOH/g 以下）であることが好ましい。このような塩基価を前記下限以上とすることで、前記下限未満の場合と比較してFIPGへの攻撃性抑制の点で、さらに高い効果が得られる。なお、本明細書において、カルシウム系清浄剤の塩基価は、JIS K 2501：2003の9により測定される値（過塩素酸法により測定される値）である。

[0039] また、前記カルシウム系清浄剤（（D）成分）としては、塩基価200 mg KOH/g 以上のカルシウムスルホネート、塩基価200 mg KOH/g 以上のカルシウムフェネート、および、塩基価200 mg KOH/g 以上のカルシウムサリシレートからなる群から選択される少なくとも1種よりなるカルシウム系清浄剤が特に好ましい。

[0040] 〔（E）成分：ハウ素変性コハク酸イミド系分散剤〕

（E）成分であるハウ素変性コハク酸イミド系分散剤としては、特に制限されず、潤滑油組成物の分野において、ハウ素変性コハク酸イミドからなる無灰分散剤として利用されている公知のものを適宜使用することができる。このようなハウ素変性コハク酸イミド系分散剤としては、例えば、ポリオレフィンから誘導されるアルケニル基又はアルキル基を有するコハク酸イミドを、ハウ酸、ハウ酸塩等のハウ素化合物で変性させて得られるハウ素変性コハク酸イミド等が挙げられる。

[0041] このようなハウ素変性コハク酸イミド系分散剤としては、例えば、特開2022-090378号公報に記載されているハウ素変性コハク酸イミド系分散剤や、特開2009-108157号公報に記載されているハウ素変性コハク酸イミド系無灰分散剤（C）等と同様のものを適宜利用できる。また、このようなハウ素変性コハク酸イミド系分散剤は1種を単独であるいは2種以上を組み合わせ利用することができる。また、このようなハウ素変性コハク酸イミド系分散剤としては市販品を利用してもよい。

[0042] 〔（F）成分：ポリ（メタ）アクリレート〕

(F) 成分としてのポリ (メタ) アクリレートとしては、特に制限されず、潤滑油組成物の分野において、いわゆる粘度指数向上剤や流動点降下剤等として利用されている公知のポリ (メタ) アクリレートを適宜利用できる。なお、本明細書において「(メタ) アクリレート」とは、アクリレートおよび/またはメタクリレートを意味する。

[0043] また、このような (F) 成分としてのポリ (メタ) アクリレートは、ポリ (メタ) アクリレート系流動点降下剤 (流動点降下剤として利用されるポリ (メタ) アクリレート) であることがより好ましい。ここで、(F) 成分としてのポリ (メタ) アクリレートは、組成物の泡立ち抑制の観点で、さらに高い効果が得られることから、ポリ (メタ) アクリレート系流動点降下剤 (流動点降下剤として利用されるポリ (メタ) アクリレート) を含有し、かつ、ポリ (メタ) アクリレート系粘度指数向上剤 (粘度指数向上剤として利用されるポリ (メタ) アクリレート) を含有しないことが好ましい。

[0044] また、(F) 成分としてのポリ (メタ) アクリレートは、重量平均分子量が 60,000 以下 (より好ましくは 58,000 以下、さらに好ましくは 50,000~57,000) のものが好ましい。ポリ (メタ) アクリレートの重量平均分子量を前記上限以下とすることで組成物の泡立ち抑制の点で、さらに高い効果が得られる傾向にある。なお、ここにいう「重量平均分子量」は、ゲルパーミエーションクロマトグラフィー (GPC) で求められる値 (標準ポリスチレン換算により得られた分子量) を意味する。

[0045] このような (F) 成分においては、1 種のポリ (メタ) アクリレートを単独で、あるいは、2 種以上のポリ (メタ) アクリレートを組み合わせて利用してもよい。

[0046] [(A) ~ (F) 成分以外に利用可能な成分について]

本発明にかかる潤滑油組成物に利用可能な成分は、前記 (A) ~ (F) 成分に制限されるものではなく、本発明の効果を阻害しない範囲であれば、電動モビリティ用の歯車式変速機 (例えば電気自動車用減速機) の潤滑油組成物に利用されている公知の他の成分 (例えば、酸化防止剤、金属不活性化剤

、ゴム膨潤剤、希釈油等）を適宜利用してもよい。このような他の成分としては、特に制限されるものではないが、例えば、市販の性能添加剤（いわゆる添加剤パッケージ：複数の成分を配合したもの）を利用してもよい。

[0047] 以上、本発明にかかる潤滑油組成物中の成分について説明したが、以下、潤滑油組成物の組成や特性等について説明する。

[0048] 〈潤滑油組成物の組成や特性等について〉

以下、先ず、本発明にかかる潤滑油組成物に関する前記条件（i）～（vi）について説明し、その後、その他の好適な条件について説明する。

[0049] [条件（i）について]

本発明にかかる潤滑油組成物は、前記（B）成分のリン原子換算の含有量および前記（C）成分のリン原子換算の含有量の合計量が、潤滑油組成物の全質量を基準として0.025質量%以上0.050質量%以下であるといった条件（前記条件（i））を満たす必要がある。このような（B）成分及び（C）成分のリン原子換算の含有量の合計量が前記下限以上である場合には、前記下限未満の場合と比較して、摩耗防止性能および耐焼き付き性能を基準とした極圧性能、並びに、疲労寿命を共に向上させることが可能となり、他方、前記上限以下である場合には、前記上限を超えた場合と比較して、体積抵抗率の低下を抑制して電気絶縁性を高度に維持することが可能となり、また、シリコン含有FIPGの劣化をさらに高度に防止できるとともに、使用時の潤滑油組成物の泡立ちを特定水準以下に高度に維持することも可能となる。このような前記（B）成分のリン原子換算の含有量および前記（C）成分のリン原子換算の含有量の合計量は、同様の観点でさらに高い効果が得られることから、潤滑油組成物の全質量を基準として0.025質量%以上0.050質量%以下（さらに好ましくは0.030質量%以上0.050質量%以下）であることがより好ましい。

[0050] [条件（ii）について]

本発明にかかる潤滑油組成物は、潤滑油組成物の全質量を基準とした前記（B）成分のリン原子換算の含有量（質量%）が、潤滑油組成物の全質量を

基準とした前記（C）成分のリン原子換算の含有量（質量％）の2.0倍以上2.4倍以下であるといった条件（前記条件（ii））を満たす必要がある。言い換えれば、潤滑油組成物の全質量を基準とした前記（B）成分のリン原子換算の含有量を「MP 1」とし、潤滑油組成物の全質量を基準とした（C）成分のリン原子換算の含有量を「MP 2」とした場合において、MP 1をMP 2で除することにより求められる値（ $[MP\ 1] / [MP\ 2]$ ）が2.0以上2.4以下であるといった条件を満たす必要がある。MP 1をMP 2の2倍以上（ $[MP\ 1] / [MP\ 2]$ の値を2.0以上）とすることで、2倍未満の場合と比較して、極圧性能を向上させることを可能としながら、シリコン含有FIPGの劣化をさらに高度に防止でき、しかも使用時の潤滑油組成物の泡立ちを特定水準以下に高度に維持することが可能となる。他方、MP 1をMP 2の2.4倍以下（ $[MP\ 1] / [MP\ 2]$ の値を2.4以下）とすることで、2.4倍を超えた場合と比較して、高度な疲労寿命の向上効果を得ることを可能としながら、シリコン含有FIPGの劣化を高度に防止でき、しかも使用時の潤滑油組成物の泡立ちを特定水準以下に高度に維持することも可能となる。さらに、同様の観点から、さらに高い効果が得られることから、MP 1がMP 2の2.1倍以上2.3倍以下であることがより好ましい。

[0051] なお、本発明においては、第一のリン系添加剤（（B）成分）と第二のリン系添加剤（（C）成分）を、上記条件（i）～（ii）を満たすように、特定の比率で混合して利用するが、これにより、リン系添加剤を単独で利用した場合に生じるシリコン含有FIPGからのケイ素の留出およびそれに伴うシリコン含有FIPGの劣化（軟化や剥離等の強度低下）の発生を高度に抑制できるとともに、FIPGからのケイ素の留出に由来した使用時の組成物の泡立ちも抑制できるため、歯車式変速機のブリーザの部分からオイルが噴き出すような問題の発生も高度に抑制できる（なお、ケイ素は組成物の泡立ちの原因物質の一つであり、ケイ素の流出量が多くなると、泡立ちの抑制が困難となる（組成物の泡の抜け易さが低下する）傾向にある）。また、[

MP 1] / [MP 2] の値を前記範囲とすることで、体積抵抗率の低下を抑制して電気絶縁性を高度に維持することも可能となり、電動モビリティ用の歯車式変速機（特に好ましくは電気自動車用の減速機）に最適なものとしてすることができる。

[0052] [条件 (iii) について]

本発明にかかる潤滑油組成物は、潤滑油組成物の全質量を基準とした前記 (D) 成分のカルシウム原子換算の含有量 ((D) 成分に由来するカルシウム原子の含有量: 以下、場合により、単に「MCa」と称する) が 0.009 質量%以上 0.013 質量%以下であるといった条件 (前記条件 (iii)) を満たす必要がある。MCa を 0.009 質量%以上とすることで、0.009 質量%未満の場合と比較して、疲労寿命を向上させることを可能としながら、シリコン含有 FIPG の劣化を高度に防止して、使用時の潤滑油組成物の泡立ちを特定水準以下に高度に維持することが可能となる。他方、MCa を 0.013 質量%以下とすることで、0.013 質量%を超えた場合と比較して、シリコン含有 FIPG の劣化を高度に防止して使用時の潤滑油組成物の泡立ちを特定水準以下に高度に維持することを可能としながら、耐摩耗性、耐焼き付き性および疲労寿命を向上させることが可能となる。また、MCa を 0.013 質量%以下とすることで、体積抵抗率の低下を抑制して電気絶縁性を高度に維持することが可能となる。さらに、同様の観点から、さらに高い効果が得られることから、MCa は 0.010 質量%以上 0.012 質量%以下であることが好ましい。

[0053] [条件 (iv) について]

本発明にかかる潤滑油組成物は、潤滑油組成物の全質量を基準とした前記 (E) 成分のホウ素原子換算の含有量 ((E) 成分に由来するホウ素原子の含有量 (質量%): 以下、場合により、単に「MB」と称する。) が、潤滑油組成物の全質量を基準とした前記 (D) 成分のカルシウム原子換算の含有量 (MCa (質量%)) の 0.9 倍以上 1.2 倍以下であるといった条件 (前記条件 (iv)) を満たす必要がある。すなわち、MB を MCa で除するこ

とにより求められる値（ $[MB] / [MCa]$ ）が0.9以上1.2以下であるといった条件を満たす必要がある。MBをMCaの0.9倍以上（ $[MB] / [MCa]$ の値を0.9以上）とすることで、0.9倍未満の場合と比較して、シリコン含有FIPGの劣化を高度に防止して使用時の潤滑油組成物の泡立ちを特定水準以下に高度に維持することを可能としながら、疲労寿命を向上させることが可能となる。他方、MBをMCaの1.2倍以下（ $[MB] / [MCa]$ の値を1.2以下）とすることで、1.2倍を超えた場合と比較して、潤滑油組成物の泡立ちを特定水準以下に高度に維持することを可能としながら、疲労寿命と極圧性を向上させることが可能となる。また、MBをMCaの1.2倍以下（ $[MB] / [MCa]$ の値を1.2以下）とすることで、体積抵抗率の低下を抑制して電気絶縁性を高度に維持することが可能となる。また、同様の観点から、MBはMCaの1.1倍以上1.2倍以下であることがより好ましい。

[0054] [条件 (v) について]

本発明にかかる潤滑油組成物は、潤滑油組成物の全質量を基準とした前記（F）成分の含有量が0.1質量%未満であることといった条件（前記条件（v））を満たす必要がある。前記（F）成分であるポリ（メタ）アクリレートの含有量を0.1質量%未満とすることで、特に、組成物の使用時の泡立ちを高度に抑制することが可能となる。すなわち、ポリ（メタ）アクリレートの添加量が前記上限を超えると、泡立ちが起こり易くなり、使用時の泡立ちを抑制することが困難となる。また、このような（F）成分の含有量は、同様の観点からさらに高い効果が得られることから、0.09質量%以下（さらに好ましくは0.07質量%以下）であることがより好ましい。

[0055] [条件 (vi) について]

本発明にかかる潤滑油組成物は、80℃における体積抵抗率が $50\text{ M}\Omega \cdot \text{m}$ 以上であり、100℃における動粘度が $2.7\text{ mm}^2/\text{s}$ 以上 $3.0\text{ mm}^2/\text{s}$ 以下でありかつ粘度指数が100以上であるといった条件（前記条件（vi））を満たす必要がある。

[0056] 条件 (vi) に記載のように、本発明にかかる潤滑油組成物は 80°C における体積抵抗率が $50\text{M}\Omega \cdot \text{m}$ 以上（より好ましくは $51\text{M}\Omega \cdot \text{m}$ 以上 $55\text{M}\Omega \cdot \text{m}$ 以下）である必要がある。このような体積抵抗率を $50\text{M}\Omega \cdot \text{m}$ 以上とすることで、電動モビリティの分野（特に電気自動車の分野）において求められるような高度な電気絶縁性を有するものとするのが可能となる。本明細書において「体積抵抗率」は、JIS C 2101 に規定されている体積抵抗率試験に準拠して、油温 80°C で測定される体積抵抗率を意味する。

[0057] また、本発明にかかる潤滑油組成物は、前記条件 (vi) に記載のように、組成物の 100°C における動粘度が $2.7\text{mm}^2/\text{s}$ 以上 $3.0\text{mm}^2/\text{s}$ 以下（より好ましくは $2.75\text{mm}^2/\text{s}$ 以上 $2.90\text{mm}^2/\text{s}$ 以下）である必要がある。組成物の 100°C における動粘度を前記下限以上とすることで、前記下限未満の場合と比較して、シリコン含有 FIPG の劣化を高度に防止することが可能となるとともに、使用時の潤滑油組成物の泡立ちを特定水準以下に高度に維持することが可能となる。また、組成物の 100°C における動粘度を前記上限以下とすることで、前記上限を超えた場合と比較して、省電費性能を向上させることが可能となる。

[0058] また、本発明にかかる潤滑油組成物は、前記条件 (vi) に記載のように、組成物の粘度指数が 100 以上（より好ましくは 103 以上）である必要がある。組成物の粘度指数を前記下限以上とすることで、前記下限未満の場合と比較して、省電費性能の点でさらに高い効果が得られる。

[0059] [その他の好適な条件について]

本発明にかかる潤滑油組成物は、以上説明したような前記条件 (i) ~ (vi) を全て満たすものであればよく、その他の条件は特に制限されるものではないが、以下に記載するような条件を満たすものであることがより好ましい。

[0060] 本発明にかかる潤滑油組成物は、(A) 成分である潤滑油基油（水素化分解基油）の含有量が潤滑油組成物の全質量を基準として 90 質量%以上 98 質量%以下（より好ましくは 92 質量%以上 97 質量%以下）であることが好ま

しい。さらに、本発明にかかる潤滑油組成物が（A）～（F）成分以外の他の成分を含む場合、かかる他の成分の含有量は、潤滑油組成物の全質量を基準として10質量以下（より好ましくは3質量%以上8質量以下）であることが好ましい。

[0061] また、本発明にかかる潤滑油組成物において、潤滑油組成物の全質量を基準とした前記（B）成分の含有量は、耐焼付き性、摩耗防止性、および、疲労寿命の向上の観点等から、0.10質量%以上0.30質量%以下（より好ましくは0.12質量%以上0.25質量%以下）であることが好ましい。さらに、本発明にかかる潤滑油組成物において、潤滑油組成物の全質量を基準とした前記（B）成分のリン原子換算の含有量（MP1：（B）成分に由来するリン原子の含有量）は、0.015質量%以上0.040質量%以下（より好ましくは0.020質量%以上0.035質量%以下）であることが好ましい。MP1が前記下限以上である場合には、下限未満の場合と比較して耐焼付き性、耐摩耗性、疲労寿命向上の点で、さらに高い効果が得られる傾向にあり、他方、前記上限以下である場合には、前記上限を超えた場合と比較して耐焼付き性、耐摩耗性、疲労寿命向上の点で、さらに高い効果が得られる傾向にある。

[0062] また、本発明にかかる潤滑油組成物において、潤滑油組成物の全質量を基準とした前記（C）成分の含有量は、耐焼付き性、摩耗防止性、および、疲労寿命の向上の観点等から、0.30質量%以上0.80質量%以下（より好ましくは0.35質量%以上0.70質量%以下）であることが好ましい。さらに、本発明にかかる潤滑油組成物において、潤滑油組成物の全質量を基準とした前記（C）成分のリン原子換算の含有量（MP2：（C）成分に由来するリン原子の含有量）は、0.008質量%以上0.020質量%以下（より好ましくは0.009質量%以上0.018質量%以下）であることが好ましい。MP2が前記下限以上である場合には、下限未満の場合と比較して耐焼付き性、耐摩耗性、疲労寿命向上の点で、さらに高い効果が得られる傾向にあり、他方、前記上限以下である場合には、前記上限を超えた場

合と比較して耐焼付き性、耐摩耗性、疲労寿命向上の点で、さらに高い効果が得られる傾向にある。

[0063] さらに、本発明にかかる潤滑油組成物において、潤滑油組成物の全質量を基準とした前記（D）成分の含有量は、0.055質量%以上0.130質量%以下（より好ましくは0.060質量%以上0.120質量%以下）であることが好ましい。

[0064] また、本発明にかかる潤滑油組成物において、潤滑油組成物の全質量を基準とした前記（E）成分の含有量は、0.40質量%以上0.80質量%以下（より好ましくは0.55質量%以上0.65質量%以下）であることが好ましい。さらに、本発明にかかる潤滑油組成物において、潤滑油組成物の全質量を基準とした前記（E）成分のホウ素原子換算の含有量（MB）は0.010質量%以上0.017質量%以下（より好ましくは0.012質量%以上0.015質量%以下）であることが好ましい。MBが前記下限以上である場合には、下限未満の場合と比較して耐焼付き性、耐摩耗性、疲労寿命向上の点で、さらに高い効果が得られる傾向にあり、他方、前記上限以下である場合には、前記上限を超えた場合と比較して耐焼付き性、耐摩耗性、疲労寿命向上の点で、さらに高い効果が得られる傾向にある。

[0065] なお、本明細書に記載されている各成分の含有量に関するカルシウム原子、ホウ素原子又はリン原子による換算値は、使用する原料の種類やその添加量等から計算により求めることが可能な場合には、そのような計算値を採用してもよい。

[0066] また、本発明にかかる潤滑油組成物は、省電費性能の点でさらに高い効果が得られることから、組成物の40℃における動粘度が9.0mm²/s以上12.0mm²/s以下（より好ましくは10.0mm²/s以上11.0mm²/s以下）であることが好ましい。

[0067] 以上、本発明にかかる潤滑油組成物について説明したが、以下、このような潤滑油組成物を備える本発明の電動モビリティ用歯車式変速機について説明する。

[0068] <電動モビリティ用歯車式変速機について>

本発明の電動モビリティ用歯車式変速機は、前述の本発明にかかる潤滑油組成物を摺動部分を潤滑するための潤滑油組成物として備え、かつ、前記潤滑油組成物のシール部材としてシリコンを含有するフォームインプレイスガスケットを少なくとも一部に用いた接合部を備えるものであればよく、それ以外の機器の構造自体は、特に制限されず、公知の電動モビリティ用歯車式変速機（例えば電動車両用歯車式変速機、好ましくは電気自動車用減速機等）で採用されている構造を適宜採用できる。

[0069] ここで、「前記潤滑油組成物のシール部材としてシリコンを含有するフォームインプレイスガスケットを少なくとも一部に用いた接合部」とは、電動モビリティ用歯車式変速機の構成部材の接合部分のうち、外部への潤滑油組成物の漏れ等をシールするために、接合部のシール部となる部分の少なくとも一部に、シリコン含有FIPGを用いている接合部であればよい。また、そのような「前記潤滑油組成物のシール部材としてシリコンを含有するフォームインプレイスガスケットを少なくとも一部に用いた接合部」は、電動モビリティ用歯車式変速機の機器において少なくとも1箇所あればよい。また、シリコン含有FIPGに関する「前記潤滑油組成物のシール部材として」という表現は、シリコン含有FIPGが少なくとも潤滑油組成物に接触する部位に存在し、潤滑油組成物をシールするための部材として利用されていればよいことを意味し、潤滑油組成物とともに内部の空気等を併せてシールするようなものであってもよい。

[0070] このような電動モビリティ用歯車式変速機の摺動部分としては、特に制限されず、電動モビリティ用歯車式変速機内において、その装置を構成する部材同士が摺動する部分であればよく、例えば、電動車両（好ましくは電気自動車）の減速機内のギヤやベアリング等のように、回転摺動や面摺動により互いに接触して動くような部材により構成されてる部分を挙げることができる。

[0071] また、電動モビリティ用歯車式変速機の前記接合部は、ガスケットにより

シールすることが必要となるような接合部分のうち、シリコーン含有F I P Gを少なくとも一部に用いることでシールされた接合部である必要がある。なお、シリコーン含有F I P Gにより、少なくとも一部をシールすることが必要な接合部を構成する部材は、それぞれ同一金属からなる部材であってもよく、あるいは、異種金属からなる部材であってもよい。また、シリコーン含有F I P Gとしては特に制限されず、公知のもの（シリコーン（ケイ素樹脂）を含有する公知の液体ガスケットよりなるもの等）を適宜利用でき、市販品（例えば、ヘンケル社製の商品名：5460等）により形成させたものを適宜利用してもよい。なお、本明細書において「フォームドインプレイスガスケット（F I P G）」とは、シールする部位に液状ガスケットを塗工（シール面を液状ガスケットで接着）して硬化を行うことで形成される液体硬化型のガスケットをいう。

[0072] 本発明においては、前記潤滑油組成物が低粘度のものでありながら、使用時にシリコーン含有F I P Gからケイ素が留出すること等を抑制でき、F I P Gの劣化等を高度に抑制できるものであるため、シリコーン含有F I P Gが塗工された接合部からのオイル漏れ（にじみ）を高度に防止できる。また、本発明においては、前記潤滑油組成物により、前述のように使用時にシリコーン含有F I P Gからのケイ素の留出（組成物中に溶解／溶出）を高度に抑制できるとともに、ポリ（メタ）アクリレート（高粘度ポリマー）の添加を特定量未満としているため、使用時の潤滑油組成物の泡立ちを高度に抑制することが可能となり、ブリーザの部分からオイルが噴き出すといった問題等を高度に抑制することを可能としている。また、本発明の電動モビリティ用歯車式変速機は、前記潤滑油組成物が低粘度のものであるため、省電費性の点においても優れたものとなる。さらに、本発明の電動モビリティ用歯車式変速機は、前記潤滑油組成物が各成分の含有量や配合比率が前記条件を満たすように利用するものであることに起因して、耐焼付き性、摩耗防止性の向上を図るとともに、ギヤやベアリングの疲労寿命の向上を図っている。そのため、本発明によれば、電動モビリティにおいて、歯車式変速機の使用時

に潤滑油組成物に起因するシリコン含有F I P Gの劣化を高度に抑制できるとともに歯車式変速機の使用時の潤滑油組成物の泡立ちを特定水準以下とすることができ、しかも省電費性の向上と疲労寿命の向上とを両立させることが可能となる。

[0073] 以上、本発明の電動モビリティ用歯車式変速機について説明したが、以下、本発明の電動モビリティ用歯車式変速機用の潤滑油組成物及び本発明の電動モビリティ用歯車式変速機の潤滑方法について説明する。

[0074] [電動モビリティ用歯車式変速機用の潤滑油組成物及び電動モビリティ用歯車式変速機の潤滑方法]

本発明の電動モビリティ用歯車式変速機用の潤滑油組成物は、潤滑油組成物のシール部材としてシリコンを含有するフォームインプレイスガスケットを少なくとも一部に用いた接合部を備える電動モビリティ用歯車式変速機の摺動部分を潤滑するために用いられる潤滑油組成物であって、前記潤滑油組成物が、前記（A）～（F）成分を含有し、かつ、前記条件（i）～（vi）を全て満たす潤滑油組成物である。

[0075] また、本発明の電動モビリティ用歯車式変速機の潤滑方法は、潤滑油組成物のシール部材としてシリコンを含有するフォームインプレイスガスケットを少なくとも一部に用いた接合部を備える電動モビリティ用歯車式変速機の摺動部分を、前記本発明の電動モビリティ用歯車式変速機用の潤滑油組成物により潤滑する方法である。

[0076] このような本発明の電動モビリティ用歯車式変速機用の潤滑油組成物は、前記本発明の電動モビリティ用歯車式変速機が備える潤滑油組成物として説明したものと同様のものである（その好適な条件も同様である）。そのため、かかる本発明の電動モビリティ用歯車式変速機用の潤滑油組成物を、シール部材としてシリコンを含有するフォームインプレイスガスケットを少なくとも一部に用いた接合部を備える電動モビリティ用歯車式変速機（例えば電気自動車用減速機）の摺動部分を潤滑するために用いることで、潤滑油組成物がシリコン含有F I P Gに接触しても、シリコン含有F I P Gの劣

化やケイ素の溶出等を高度に抑制できるため、接合部からの潤滑油組成物の漏れ等を高度に抑制しながら、電動モビリティ用歯車式変速機の摺動部分を潤滑することができる。

実施例

[0077] 以下、実施例及び比較例に基づいて本発明をより具体的に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

[0078] (各実施例等で利用した成分について)

先ず、各実施例等において利用した基油および添加剤を以下に示す。

[0079] [潤滑油基油 ((A) 成分) の調製のために用いた基油 (水素化分解鉱油) について]

〈(A-1) 成分〉

水素化分解鉱油 [API グループ III、40℃における動粘度：8.169 mm²/s、100℃における動粘度：2.355 mm²/s、粘度指数：104、基油中の硫黄の含有量 (基油中の硫黄分)：10質量ppm未満]

〈(A-2) 成分〉

水素化分解鉱油 [API グループ III、40℃における動粘度：12.43 mm²/s、100℃における動粘度：3.12 mm²/s、粘度指数：112、基油中の硫黄の含有量 (基油中の硫黄分)：10質量ppm未満 (<10質量ppm)]

〈(A-3) 成分〉

水素化分解鉱油 [API グループ III、40℃における動粘度：19.57 mm²/s、100℃における動粘度：4.23 mm²/s、粘度指数：122、基油中の硫黄の含有量 (基油中の硫黄分)：10質量ppm未満 (<10質量ppm)]。

[0080] [リン系添加剤 ((B) 成分及び (C) 成分等) について]

〈(B-1) 成分〉

ジ(n-ブチル)ホスファイト [リン(P)の含有量：15.5質量%、化合物の構造中に含まれるアルキル基の炭素数はいずれも4である]

〈(C-1)成分〉

亜リン酸エステル（ジステアрилホスファイト）のアミン塩〔リン（P）の含有量：24.3質量%、窒素（N）の含有量：0.30質量%、化合物の構造中に含まれるアルキル基の炭素数はいずれも18である〕

〔(Z-1)成分：比較のためのリン系添加剤〕

ジラウリルヒドロゲンホスファイト〔リン（P）の含有量：6.5質量%、化合物の構造中に含まれるアルキル基の炭素数はいずれも12である〕。

[0081] 〔カルシウム系清浄剤（(D)成分）について〕

〈(D-1)成分〉

カルシウムスルホネート〔塩基価（過塩素酸法）：400mg KOH/g、カルシウム（Ca）の含有量：15.5質量%〕

〈(D-2)成分〉

カルシウムフェネート〔塩基価（過塩素酸法）：255mg KOH/g、カルシウム（Ca）の含有量：9.3質量%、硫黄（S）の含有量：3.5質量%〕

〈(D-3)成分〉

カルシウムサリシレート〔塩基価（過塩素酸法）：280mg KOH/g、カルシウム（Ca）の含有量：8.1質量%〕。

[0082] 〔ホウ素変性コハク酸イミド系分散剤（(E)成分）について〕

〈(E-1)成分〉

ホウ素変性コハク酸イミド〔ホウ素（B）の含有量2.0質量%、窒素（N）の含有量：2.3質量%〕。

[0083] 〔ポリ（メタ）アクリレート（(F)成分）について〕

〈(F-1)成分〉

ポリ（メタ）アクリレート系流動点降下剤〔重量平均分子量（Mw）が55800のポリメタクリレート〕

〈(F-2)成分〉

ポリ（メタ）アクリレート系粘度調整剤〔重量平均分子量（Mw）が50

000のポリメタクリレート]。

[0084] <その他の添加剤（（G）成分）について>

<（G－1）成分>

酸化防止剤（1.35質量％）、金属不活性化剤（0.05質量％）、ゴム膨潤剤（0.6質量％）、希釈油（0.6質量％）の混合物（総量：2.6質量％）。

[0085] （実施例1～9および比較例1～16）

表1～3に示す組成となるように、前述の各成分を利用して、実施例1～9および比較例1～16の潤滑油組成物をそれぞれ調製した。なお、表1～3中の「組成」の項目に関して「－」はその成分を利用していないことを示す。また、表1～3中の「組成」の項目において、「mass %」は潤滑油組成物の全量に対する質量基準の含有量（質量％）を表し、「in mass %」は、潤滑油基油の全量に対する質量基準の（A－1）～（A－3）成分（潤滑油基油の構成基油）の含有量（質量％）を表す。さらに、表1～3中に示すMP1は潤滑油組成物の全量に対する質量基準の（B）成分（（B－1）成分）のリン原子換算の含有量を示し、MP2は潤滑油組成物の全量に対する質量基準の（C）成分（（C－1）成分）のリン原子換算の含有量を示し、MCaは潤滑油組成物の全量に対する質量基準の（D）成分のカルシウム原子換算の含有量を示し、MBは（E）成分のホウ素原子換算の含有量を示し、「MP1+MP2」は、潤滑油組成物の全量に対する質量基準の（B）成分（（B－1）成分）のリン原子換算の含有量および潤滑油組成物の全量に対する質量基準の（C）成分（（C－1）成分）のリン原子換算の含有量の合計量を示す。なお、MP1、MP2、MCa、MBの値はいずれも、各成分の配合量から計算して求めた値である。また、各実施例等で得られた潤滑油組成物について、40℃における動粘度、100℃における動粘度、および、粘度指数はそれぞれ、JIS K2283-2000に準拠して測定した値である。また、各実施例等で得られた潤滑油組成物について、体積抵抗率は、JIS C2101に規定されている体積抵抗率試験に準拠し

て、油温 80℃で測定された値である。

[0086] [各実施例等で得られた潤滑油組成物の特性の評価試験について]

＜潤滑油組成物のシリコン含有 FIPG の劣化防止性能の確認試験＞

各実施例等で得られた潤滑油組成物をそれぞれ用いて、シリコン含有 FIPG の劣化防止性能等を、以下のようにして評価した。

[0087] <シリコン含有 FIPG の形状変化の確認試験（FIPG の劣化確認試験 1）>

まず、JIS K 2514-1 酸化安定度試験（ISOT）に用いる試験片である鉄板（鉄材：ISOT 試験触媒）を準備し、かかる鉄板にシリコン含有 FIPG（ヘンケル社製、商品名：5460）を 5g 塗布し、シリコン含有 FIPG の塗膜が形成された試験片を得た。次に、潤滑油組成物を 500mL 入れた 1000mL のビーカーに、前記シリコン含有 FIPG の塗膜が形成された試験片を導入して、150℃、288 時間の条件で潤滑油組成物に試験片を浸漬させた。このようにして 150℃の潤滑油組成物に 288 時間試験片を浸漬した後、試験片を取り出し、試験片に形成したシリコン含有 FIPG の塗膜の形状の変化を目視にて確認した。これにより、目視にて、塗膜の形状に変化がないと判断できる場合には「E」と評価し、剥がれなどが生じて塗膜の形状に変化があり塗膜が劣化していると判断できる場合には「F」と評価した。測定結果を表 1～3 に示す。

[0088] <前記 FIPG の劣化確認試験 1 に利用した後の潤滑油組成物へのシリコン含有 FIPG からのケイ素の溶出量の測定試験（FIPG の劣化確認試験 2）>

前記の「シリコン含有 FIPG の形状変化の確認試験（FIPG の劣化確認試験 1）」において、150℃、288 時間の条件で試験片を浸漬させた後の潤滑油組成物を利用して、潤滑油組成物中に溶解しているケイ素（Si）の量を JIS K 0116 に準拠して測定（ICP 発光分析法により測定）した。なお、このようにして測定されるケイ素は、シリコン含有 FIPG から溶出したケイ素であることが明らかであることから、測定されるケ

イ素の量を、ケイ素の溶出量として表 1～3 に示す。

[0089] なお、前記劣化確認試験 1～2 の結果において、劣化確認試験 1 の評価結果が「E」となりかつ劣化確認試験 2 で測定されるケイ素の溶出量が「200 質量 ppm 以下」である潤滑油組成物は、シリコン含有 FIPG の劣化防止性能が高い水準にあるものと評価できる。

[0090] <シリコン含有 FIPG に接触させた後の潤滑油組成物の泡立ち性の評価試験>

前記 FIPG の劣化確認試験 1（シリコン含有 FIPG の形状変化の確認試験）において、150℃、288 時間の条件で試験片を浸漬させた後の潤滑油組成物を利用して、JIS K2518 に規定されている泡立ち試験（シーケンスⅠ～シーケンスⅢ）を行い、各シーケンスの試験後の泡立ち度及び泡安定度の結果（泡立ち度／泡安定度）を表 1～3 に示す。

[0091] なお、本試験においては、シーケンスⅠの試験結果が「[200 以下の数値]／0」であり、シーケンスⅡの試験結果が「[50 以下の数値]／0」であり、かつ、シーケンスⅢの試験結果が「[200 以下の数値]／0」である場合には、泡立ち性が低く、組成物の泡立ちを抑制する性能が高い水準にあるものと評価できる。他方、シーケンスⅠの試験結果が「[200 以下の数値]／0」であるという条件、シーケンスⅡの試験結果が「[50 以下の数値]／0」であるという条件、シーケンスⅢの試験結果が「[200 以下の数値]／0」であるという条件のうちの少なくとも 1 つを満たさない潤滑油組成物は、組成物の泡立ちを抑制する性能が低いものと判断する。

[0092] <潤滑油組成物の極圧性能の確認試験>

<高速四球試験>

各実施例等で得られた潤滑油組成物をそれぞれ用いて、ASTM D2783 に準拠した高速四球試験により、回転数 1800 rpm で最大非焼付き荷重（LNSL [単位：N]）を測定した。測定結果を表 1～3 に示す。なお、本試験においては、最大非焼付き荷重が大きいほど（例えば 619 N 以

上)、耐摩耗性に優れていることが分かる。

[0093] 〈シェル四球試験〉

各実施例等で得られた潤滑油組成物をそれぞれ用いて、ASTM D4172に準拠したシェル四球試験を、荷重：392N、回転数：1500rpm、温度：100℃、試験時間：1時間の条件で行い、摩耗痕径（mm）を測定した。測定結果を表1～3に示す。なお、本試験においては、摩耗痕径が小さい（例えば、0.60mm以下）ほど、耐摩耗性に優れていることが分かる。

[0094] 高速四球試験およびシェル四球試験による耐摩耗性の確認試験の結果に基づいて、LSNLが619N以上でありかつ摩耗痕径が0.60以下であるという条件をいずれも満たす潤滑油組成物を、耐摩耗性（摩耗防止性能）が高度な水準にあるものと評価できる。

[0095] 〈ファレックス耐焼き付き性試験〉

各実施例等で得られた潤滑油組成物をそれぞれ用いて、ASTM D3233に記載のファレックス試験機（ピン-Vブロック試験機）を用いて、温度：110℃、回転数：290rpmの試験条件で焼付荷重（単位：N）を測定した。得られた結果を表1～3に示す。このような焼付荷重が4000N以上である場合には、耐焼き付き性（鋼同士の極圧性）に優れたものであると評価できる。

[0096] 〈ユニスチール試験（スラストニードルBRG）〉

各実施例等で得られた潤滑油組成物をそれぞれ用いて、ユニスチール転がり疲労試験機（株式会社東京試験機製、3連式高温転がり疲れ試験機（TRF-1000/3-01H））を用いて、ユニスチール試験（イギリス石油学会法：IP305/79）によりスラストベアリングの転がり疲労寿命を測定した。スラストニードルベアリング（NSK製FNTA-2542C）の片側の軌道輪を平坦な試験片（材質：SUJ2）で置き換えてなる試験軸受について、荷重7000N、面圧1GPa、回転数1450rpm、油温120℃の条件下で、ころ又は試験片のいずれかが疲労損傷するまでの時間

を測定した。なお、ユニスチール転がり疲労試験機に備えられた振動加速度計により測定される試験部の振動加速度が 1.5 m/s^2 に達したとき、疲労損傷が発生したと判断した。10回の繰り返し試験における疲労損傷までの時間から、ワイブルプロットにより疲労寿命を50%寿命（L50：累積確率が50%になる時間）として算出した。結果を表1～3に示す。本試験で測定された50%寿命が2000分以上であれば、疲労寿命（ピッチング寿命）を向上する効果（疲労寿命を長寿命化する効果）があるものと判断できる。

[0097] <潤滑油組成物の省電費性の確認試験>

<省電費性（省燃費性）の評価>

各実施例等で得られた潤滑油組成物をそれぞれ用いて、WLTCモードの燃費試験における試験開始温度である25℃における動粘度を、JIS K 2283-2000に準拠して測定し、25℃における動粘度の値から省電費性を評価した。得られた結果を表1～3に示す。25℃における動粘度（低温時の動粘度）が $20 \text{ mm}^2/\text{s}$ 以下である場合には、燃費試験開始時にギヤ等回転体による潤滑油攪拌による抵抗（攪拌損失）の低減が図れるため、省電費性に優れていると評価できる。

[0098]

[表1]

[illegible]

[0099] [表2]

[illegible]

）は、シリコン含有F I P Gの劣化を高度に抑制できるとともに、使用時の泡立ちを特定水準以下とすることができ、低粘度で省電費性を向上させることが可能なものであることが分かった。また、実施例1～9で得られた潤滑油組成物（本発明の電動モビリティ用歯車式変速機用の潤滑油組成物に相当）は、摩耗防止性能および耐焼き付き性能を基準とした極圧性能と、疲労寿命とを共に向上させることが可能なものであることが分かった。さらに、実施例1～9で得られた潤滑油組成物（本発明の電動モビリティ用歯車式変速機用の潤滑油組成物に相当）は、電動モビリティ（例えば電気自動車等の電動車両）の潤滑油に求められる高度な水準の電気絶縁性を有するものであることも、体積抵抗率の結果から明らかとなった。

[0102] これに対して、組成物に利用する潤滑油基油の100℃における動粘度が2.7 mm²/s未満となっている場合（比較例1）には、シリコン含有F I P Gの劣化防止性能を高い水準のものとすることができず、組成物の泡立ちを抑制する性能も低いものとなっていた。また、組成物に利用する潤滑油基油の40℃における動粘度が12.0 mm²/sを超えている場合（比較例2～3）には、組成物の泡立ちを抑制する性能が低いものとなるとともに、省電費性が低いものとなることが分かった。さらに、ポリ（メタ）アクリレートの含有量が0.1質量%以上となっている場合（比較例4～5）においては、組成物の泡立ちを抑制する性能が低いものとなるとともに、省電費性が低いものとなっていた。なお、比較例3～5では、耐摩耗性（摩耗防止性能）を高度な水準とすることもできなかった。

[0103] また、リン系添加剤として1種のリン系添加剤のみを利用している場合（比較例6～8）には、主に、シリコン含有F I P Gの劣化防止性能を高い水準のものとすることができず、耐焼き付き性、および、疲労寿命の点においても優れたものとすることができなかった。また、リン系添加剤を2種利用している場合であっても、それらのリン系添加剤のリン原子換算の含有量の合計量（MP1 + MP2）が潤滑油組成物の全質量を基準として0.025質量%未満となっている場合（比較例9）には、シリコン含有F I P G

の劣化防止性能を高い水準のものとすることができず、耐摩耗性（摩耗防止性能）、耐焼き付き性、および、疲労寿命の向上効果をいずれも優れたものとすることができなかった。さらに、リン系添加剤を2種利用している場合であっても、リン系添加剤のリン原子換算の含有量の合計量（MP 1 + MP 2）が潤滑油組成物の全質量を基準として0.050質量%を超えた場合（比較例10）には、シリコン含有FIPGの劣化防止性能を高い水準のものとすることができず、組成物の泡立ちを抑制する性能も低いものとなっていた。また、リン系添加剤を2種利用している場合であっても、MP 1の大きさがMP 2の大きさの2.0倍以上2.4倍以下の範囲にない場合（比較例11～12）には、シリコン含有FIPGの劣化防止性能を高い水準のものとすることができず、組成物の泡立ちを抑制する性能も低いものとなり、しかも耐摩耗性を優れたものとすることができなかった（なお、比較例11では耐焼き付き性も優れたものとすることができず、また、比較例12では疲労寿命の点でも優れたものとすることができなかった）。また、潤滑油組成物の全質量を基準とした（D）成分のカルシウム原子換算の含有量MCaが0.009質量%以上0.013質量%以下の範囲にない場合（比較例13～14）には、シリコン含有FIPGの劣化防止性能を高い水準のものとすることができず、組成物の泡立ちを抑制する性能も低いものとなり、しかも疲労寿命の点でも優れたものとすることができなかった（なお、比較例14においては、耐摩耗性、および、耐焼き付き性も優れたものとすることができなかった）。また、（E）成分のホウ素原子換算の含有量MBが（D）成分のカルシウム原子換算の含有量MCaの0.9倍以上1.2倍以下の範囲にない場合（比較例15～16）には、組成物の泡立ちを抑制する性能が低いものとなり、疲労寿命の点でも優れたものとはならなかった（なお、比較例15ではシリコン含有FIPGの劣化防止性能も高い水準のものとすることができず、比較例16では耐摩耗性、および、耐焼き付き性も優れたものとすることができなかった）。

[0104] このような結果から、前記（A）成分～（F）成分を含有しかつ前記条件

(i) ～ (vi) を全て満たす潤滑油組成物により、接合部がシリコン含有 F I P G によりシールされているような電動モビリティ用歯車式変速機（例えば電気自動車用の減速機）に対して、使用時のシリコン含有 F I P G の劣化を防止でき、長期に亘って接合部からのオイル漏れを防止できるとともに、使用時の泡立ちの抑制能も高いことから、歯車式変速機のブリーザからオイルが噴き出すような事態を高度に防止できることが分かり、更には、電動モビリティに利用される潤滑油組成物に求められる特性（極圧性能やギヤ等の疲労寿命を向上させる性能、省燃費性能）も高度なものとする事ができることが分かった。

産業上の利用可能性

[0105] 以上説明したように、本発明によれば、（１）歯車式変速機の使用時に潤滑油組成物に起因するシリコン含有 F I P G の劣化を高度に抑制できるとともに歯車式変速機の使用時の潤滑油組成物の泡立ちを特定水準以下とすることができ、しかも省電費性の向上と疲労寿命の向上とを両立させることが可能な電動モビリティ用歯車式変速機を提供すること；（２）シリコン含有 F I P G の劣化を高度に抑制できるとともに、使用時の泡立ちを特定水準以下とすることができ、低粘度で省電費性を向上させることが可能なものでありながら、摩耗防止性能および耐焼き付き性能を基準とした極圧性能並びに疲労寿命を共に向上させることも可能なものであり、しかも電動モビリティ用の潤滑油に求められる高度な電気絶縁性を有するものとする事が可能な、電動モビリティ用歯車式変速機用の潤滑油組成物を提供すること；および、（３）前記潤滑油組成物を用いた電動モビリティ用歯車式変速機の潤滑方法を提供すること；が可能となる。

[0106] このような本発明の電動モビリティ用歯車式変速機用の潤滑油組成物は、シリコン含有 F I P G を接合部のシール剤として利用している電動モビリティの歯車式変速機（例えば減速機等）に利用して、電動モビリティの省電性能の向上、疲労寿命の向上等を図る上で非常に有用なものである。

請求の範囲

[請求項1]

摺動部分を潤滑するための潤滑油組成物と、前記潤滑油組成物のシール部材としてシリコンを含有するフォームインプレイスガスケットを少なくとも一部に用いた接合部とを備える電動モビリティ用歯車式変速機であって、

前記潤滑油組成物が、

(A) 40℃における動粘度が $12.0\text{ mm}^2/\text{s}$ 以下でありかつ100℃における動粘度が $2.7\text{ mm}^2/\text{s}$ 以上である水素化分解鉱油である潤滑油基油と、

(B) 構造中にアルキル基を少なくとも1つ含有しかつ構造中に含まれるアルキル基がいずれも炭素数が8以下のものである第一のリン系添加剤と、

(C) 構造中にアルキル基を少なくとも1つ含有しかつ構造中に含まれるアルキル基がいずれも炭素数が14以上のものである第二のリン系添加剤と、

(D) カルシウム系清浄剤と、

(E) ホウ素変性コハク酸イミド系分散剤と

(F) ポリ(メタ)アクリレートと、

を含有し、かつ、下記条件(i)～(vi)：

(i) 前記(B)成分のリン原子換算の含有量および前記(C)成分のリン原子換算の含有量の合計量が、潤滑油組成物の全質量を基準として0.025質量%以上0.050質量%以下であること；

(ii) 潤滑油組成物の全質量を基準とした前記(B)成分のリン原子換算の含有量が、潤滑油組成物の全質量を基準とした前記(C)成分のリン原子換算の含有量の2.0倍以上2.4倍以下であること；

(iii) 潤滑油組成物の全質量を基準とした前記(D)成分のカルシウム原子換算の含有量が0.009質量%以上0.013質量%以下であること；

(iv) 潤滑油組成物の全質量を基準とした前記 (E) 成分のホウ素原子換算の含有量が潤滑油組成物の全質量を基準とした前記 (D) 成分のカルシウム原子換算の含有量の 0.9 倍以上 1.2 倍以下であること；

(v) 潤滑油組成物の全質量を基準とした前記 (F) 成分の含有量が 0.1 質量%未満であること；

(vi) 潤滑油組成物が、80℃における体積抵抗率が $50\text{ M}\Omega \cdot \text{m}$ 以上であり、100℃における動粘度が $2.7\text{ mm}^2/\text{s}$ 以上 $3.0\text{ mm}^2/\text{s}$ 以下でありかつ粘度指数が 100 以上であること；

を全て満たす潤滑油組成物である、電動モビリティ用歯車式変速機。

[請求項2] 前記 (B) 成分が、構造中に含まれるアルキル基がいずれも炭素数が 8 以下のアルキル基である亜リン酸エステルである、請求項 1 に記載の電動モビリティ用歯車式変速機。

[請求項3] 前記 (C) 成分が、構造中に含まれるアルキル基がいずれも炭素数が 14 以上のアルキル基である亜リン酸エステルのアミン塩である、請求項 1 に記載の電動モビリティ用歯車式変速機。

[請求項4] 前記 (D) 成分が、塩基価 200 mg KOH/g 以上のカルシウムスルホネート、塩基価 200 mg KOH/g 以上のカルシウムフェネート、および、塩基価 200 mg KOH/g 以上のカルシウムサリシレートからなる群から選択される少なくとも 1 種である、請求項 1 に記載の電動モビリティ用歯車式変速機。

[請求項5] 前記 (F) 成分の重量平均分子量が 60,000 以下である、請求項 1 に記載の電動モビリティ用歯車式変速機。

[請求項6] 潤滑油組成物のシール部材としてシリコーンを含有するフォームインプレイスガスケットを少なくとも一部に用いた接合部を備える電動モビリティ用歯車式変速機の摺動部分を潤滑するために用いられる潤滑油組成物であって、

前記潤滑油組成物が、

(A) 40℃における動粘度が $12.0 \text{ mm}^2/\text{s}$ 以下でありかつ100℃における動粘度が $2.7 \text{ mm}^2/\text{s}$ 以上である水素化分解鉱油である潤滑油基油と、

(B) 構造中にアルキル基を少なくとも1つ含有しかつ構造中に含まれるアルキル基がいずれも炭素数が8以下のものである第一のリン系添加剤と、

(C) 構造中にアルキル基を少なくとも1つ含有しかつ構造中に含まれるアルキル基がいずれも炭素数が14以上のものである第二のリン系添加剤と、

(D) カルシウム系清浄剤と、

(E) ホウ素変性コハク酸イミド系分散剤と

(F) ポリ(メタ)アクリレートと、

を含有し、かつ、下記条件(i)～(vi)：

(i) 前記(B)成分のリン原子換算の含有量および前記(C)成分のリン原子換算の含有量の合計量が、潤滑油組成物の全質量を基準として0.025質量%以上0.050質量%以下であること；

(ii) 潤滑油組成物の全質量を基準とした前記(B)成分のリン原子換算の含有量が、潤滑油組成物の全質量を基準とした前記(C)成分のリン原子換算の含有量の2.0倍以上2.4倍以下であること；

(iii) 潤滑油組成物の全質量を基準とした前記(D)成分のカルシウム原子換算の含有量が0.009質量%以上0.013質量%以下であること；

(iv) 潤滑油組成物の全質量を基準とした前記(E)成分のホウ素原子換算の含有量が潤滑油組成物の全質量を基準とした前記(D)成分のカルシウム原子換算の含有量の0.9倍以上1.2倍以下であること；

(v) 潤滑油組成物の全質量を基準とした前記(F)成分の含有量が0.1質量%未満であること；

(vi) 潤滑油組成物が、 80°C における体積抵抗率が $50\text{M}\Omega\cdot\text{m}$ 以上であり、 100°C における動粘度が $2.7\text{mm}^2/\text{s}$ 以上 $3.0\text{mm}^2/\text{s}$ 以下でありかつ粘度指数が 100 以上であること；
を全て満たす潤滑油組成物である、電動モビリティ用歯車式変速機用の潤滑油組成物。

[請求項7] 潤滑油組成物のシール部材としてシリコンを含有するフォームインプレイスガスケットを少なくとも一部に用いた接合部を備える電動モビリティ用歯車式変速機の摺動部分を、請求項6に記載の電動モビリティ用歯車式変速機用の潤滑油組成物により潤滑する、電動モビリティ用歯車式変速機の潤滑方法。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/037774

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C10M 169/04(2006.01)i; **F16H 57/04**(2010.01)i; *C10M 101/02*(2006.01)n; *C10M 137/02*(2006.01)n;
C10M 139/00(2006.01)n; *C10M 145/14*(2006.01)n; *C10M 159/22*(2006.01)n; *C10N 10/04*(2006.01)n; *C10N 20/02*(2006.01)n;
C10N 30/00(2006.01)n; *C10N 30/02*(2006.01)n; *C10N 30/04*(2006.01)n; *C10N 30/06*(2006.01)n; *C10N 30/18*(2006.01)n;
C10N 40/00(2006.01)n; *C10N 40/04*(2006.01)n
FI: C10M169/04; F16H57/04 Z; C10M101/02; C10N30/04; C10N30/02; C10N40/00 D; C10N40/04; C10M137/02;
C10M145/14; C10N10/04; C10N20/02; C10N30/18; C10N30/06; C10N30/00 Z; C10M159/22; C10M139/00 A

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)

C10M169/04; F16H57/04; C10M101/02; C10M137/02; C10M139/00; C10M145/14; C10M159/22; C10N10/04; C10N20/02;
C10N30/00; C10N30/02; C10N30/04; C10N30/06; C10N30/18; C10N40/00; C10N40/04

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2020-041055 A (EMG LUBRICANTS GODO KAISHA) 19 March 2020 (2020-03-19) claims, paragraphs [0008], [0095], examples	1-7
A	JP 2021-066809 A (EMG LUBRICANTS GODO KAISHA) 30 April 2021 (2021-04-30) entire text, all drawings	1-7
A	WO 2020/189580 A1 (JXTG NIPPON OIL & ENERGY CORPORATION) 24 September 2020 (2020-09-24) entire text, all drawings	1-7
P, A	JP 2024-013502 A (ENEOS CORPORATION) 01 February 2024 (2024-02-01) entire text, all drawings	1-7



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
“D” document cited by the applicant in the international application
“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

16 December 2024

Date of mailing of the international search report

07 January 2025

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/037774

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	JP 2024-013503 A (ENEOS CORPORATION) 01 February 2024 (2024-02-01) entire text, all drawings	1-7
P, A	JP 2024-013504 A (ENEOS CORPORATION) 01 February 2024 (2024-02-01) entire text, all drawings	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2024/037774

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2020-041055	A	19 March 2020	(Family: none)	
JP	2021-066809	A	30 April 2021	(Family: none)	
WO	2020/189580	A1	24 September 2020	US 2022/0145208 A1	
				entire text, all drawings	
				EP 3943582 A1	
				CN 113454193 A	
JP	2024-013502	A	01 February 2024	WO 2024/019027 A1	
				entire text, all drawings	
JP	2024-013503	A	01 February 2024	(Family: none)	
JP	2024-013504	A	01 February 2024	WO 2024/019027 A1	
				entire text, all drawings	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

C10M 169/04(2006.01)i; F16H 57/04(2010.01)i; C10M 101/02(2006.01)n; C10M 137/02(2006.01)n;
C10M 139/00(2006.01)n; C10M 145/14(2006.01)n; C10M 159/22(2006.01)n; C10N 10/04(2006.01)n;
C10N 20/02(2006.01)n; C10N 30/00(2006.01)n; C10N 30/02(2006.01)n; C10N 30/04(2006.01)n;
C10N 30/06(2006.01)n; C10N 30/18(2006.01)n; C10N 40/00(2006.01)n; C10N 40/04(2006.01)n
FI: C10M169/04; F16H57/04 Z; C10M101/02; C10N30:04; C10N30:02; C10N40:00 D; C10N40:04; C10M137/02;
C10M145/14; C10N10:04; C10N20:02; C10N30:18; C10N30:06; C10N30:00 Z; C10M159/22; C10M139/00 A

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））

C10M169/04; F16H57/04; C10M101/02; C10M137/02; C10M139/00; C10M145/14; C10M159/22; C10N10/04;
C10N20/02; C10N30/00; C10N30/02; C10N30/04; C10N30/06; C10N30/18; C10N40/00; C10N40/04

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1971-2024年
日本国実用新案登録公報1996-2024年
日本国登録実用新案公報1994-2024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）

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
A	JP 2020-041055 A（EMGルブリカンツ合同会社）19.03.2020（2020-03-19） 特許請求の範囲、段落[0008]、[0095]、実施例	1-7
A	JP 2021-066809 A（EMGルブリカンツ合同会社）30.04.2021（2021-04-30） 全文、全図	1-7
A	WO 2020/189580 A1（JXTGエネルギー株式会社）24.09.2020（2020-09-24） 全文、全図	1-7
P, A	JP 2024-013502 A（ENEOS株式会社）01.02.2024（2024-02-01） 全文、全図	1-7
P, A	JP 2024-013503 A（ENEOS株式会社）01.02.2024（2024-02-01） 全文、全図	1-7

☒ 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、一般的な技術水準を示すもの
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“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抵触するものではなく、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
16. 12. 2024

国際調査報告の発送日
07. 01. 2025

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

松原 宜史 4V 4162

電話番号 03-3581-1101 内線 3483

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
P, A	JP 2024-013504 A (ENEOS株式会社) 01, 02, 2024 (2024 - 02 - 01) 全文、全図	1-7

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/037774

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2020-041055	A	19.03.2020	(ファミリーなし)	
JP	2021-066809	A	30.04.2021	(ファミリーなし)	
WO	2020/189580	A1	24.09.2020	US 2022/0145208	A1
				全文、全図	
				EP 3943582	A1
				CN 113454193	A
JP	2024-013502	A	01.02.2024	WO 2024/019027	A1
				全文、全図	
JP	2024-013503	A	01.02.2024	(ファミリーなし)	
JP	2024-013504	A	01.02.2024	WO 2024/019027	A1
				全文、全図	