

(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
2015年3月12日(12.03.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/033398 A1

- (51) 国際特許分類:
F04B 39/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/073764
- (22) 国際出願日: 2013年9月4日(04.09.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日本碍子株式会社(NGK INSULATORS, LTD.) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 岩崎 真吾(IWASAKI Shingo); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 来田 雅裕(KIDA Masahiro); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 山本 昌弘(YAMAMOTO Yoshihiro); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 漆原 友則(URUSHI-HARA Tomonori); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 高村 雅晴, 外(TAKAMURA Masaharu et al.); 〒1760001 東京都練馬区練馬1丁目4番1号

ユニティフォーラム I I 3階 マクスウェル
国際特許事務所 Tokyo (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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).

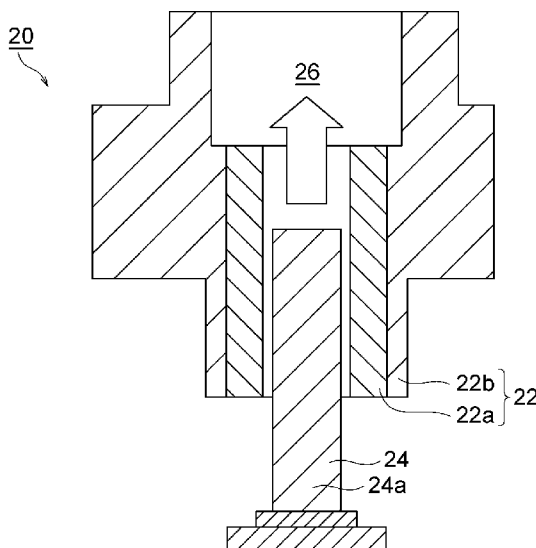
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: FUEL SUPPLY PUMP

(54) 発明の名称: 燃料供給ポンプ

[図3]



(57) Abstract: A fuel supply pump (20) is provided with a cylinder (22), and a plunger (24) that pressurizes a fuel in a pressurizing chamber (26) by reciprocating in the cylinder (22). A ceramic member (22a) is disposed at least on an inner surface of the cylinder (22).

(57) 要約: 燃料供給ポンプ20は、シリンダ22と、シリンダ22内で往復移動を行うことにより加圧室26内で燃料を加圧するプランジャ24と、を備えており、シリンダ22の少なくとも内面にセラミック製部材22aが配設されている。

明 細 書

発明の名称：燃料供給ポンプ

技術分野

[0001] 本発明は、燃料を加圧して吐出する燃料供給ポンプに関する。

背景技術

[0002] 従来から、ディーゼルエンジンの燃料噴射装置としてコモンレールシステムを用いたものが知られている。コモンレールシステムとは、燃料タンクから送られた燃料を燃料供給ポンプで高圧にし、この高圧燃料をレール（蓄圧室）内に蓄え、ECU（エンジンコントロールユニット）による制御のもとにタイミングよくインジェクタから各気筒に適切な噴射量の高圧燃料を噴射するシステムのことをいう。このようなコモンレールシステムによれば、高い燃料噴射圧力により、燃料を微粒することができ、燃料の粒が小さくなることにより当該燃料の粒の中心部の燃え残りがなくなり粒子状物質の発生を抑えることができるようになる。特開2000-320450号公報や特表2004-518901号公報には、コモンレールシステムで用いられる燃料供給ポンプの様々な例が開示されている。

発明の概要

[0003] 近年では、CO₂やNO_x等の排ガス量を低減するために、コモンレールシステムにおける高圧化が行われており、コモンレールシステムの燃料噴射圧力は現状で約200MPaであるところ将来的には約350～400MPa程度まで増加することが見込まれている。しかしながら、コモンレールシステムの高圧化を行った際に、燃料供給ポンプを構成するプランジャやシリンダ等の材料がアルミニウム合金や鉄鋼等の金属材料である場合には、この金属材料の圧力変形や温度膨張、摩耗ロス等によりプランジャとシリンダとの間の隙間（クリアランス）が大きくなってしまい、燃料漏れ等によりポンプ効率が低下してしまうおそれがある。さらに、燃料供給ポンプを構成するプランジャやシリンダ等の材料が金属材料である場合には、高圧条件下での燃

料に対する耐食性の問題も生じてしまう。

[0004] また、特開平 2-227553 号公報には、燃料供給ポンプにおいてプランジャの表面に低温下で無電解ニッケルメッキ皮膜を形成し、このニッケルメッキ皮膜中に金属酸化物や金属炭化物等の硬質微粒子を分散析出させる技術が開示されている。また、特開平 8-109884 号公報には、油圧ポンプにおいてカムとプランジャとの間に窒化珪素等のセラミック材料からなるボールを配設した技術が開示されている。また、特開平 11-311164 号公報には、内燃機関の高圧燃料装置において所定値よりも大きい熱膨張係数および所定値よりも大きい硬度を有する高熱膨張、高硬度のセラミック材料によりプランジャを形成した技術が開示されている。また、特開 2001-50137 号公報には、燃料供給ポンプにおいて一体構成されたセラミックによりプランジャを形成した技術が開示されている。また、特開 2009-191731 号公報には、燃料ポンプにおいてプランジャの外周面にセラミック層を形成した技術が開示されている。しかしながら、上述した様々な技術をもってしても、シリンダの材料がアルミニウム合金や鉄鋼等の金属材料である場合には、この金属材料の圧力変形や温度膨張、摩耗ロス等によりプランジャとシリンダとの間の隙間（クリアランス）が大きくなってしまい、燃料漏れ等によりポンプ効率が低下してしまうという問題を解決することができなかった。また、シリンダの材料が金属材料である場合には、高圧条件下での燃料に対する耐食性の問題も生じてしまう。

[0005] 本発明は、このような点を考慮してなされたものであり、プランジャとシリンダとの間の隙間（クリアランス）が大きくなってしまふことが抑制され、よって燃料漏れ等の発生が抑制されることにより、コモンレールシステムを高圧化してもポンプ効率が低下してしまうことを防止することができる燃料供給ポンプを提供することを目的とする。

[0006] 本発明の燃料供給ポンプは、シリンダと、前記シリンダ内で往復移動を行うことにより加圧室内で燃料を加圧するプランジャと、を備え、前記シリンダの少なくとも内面にセラミック製部材が配設されていることを特徴とする

。

[0007] 本発明の燃料供給ポンプにおいては、前記シリンダの少なくとも内面に配設された前記セラミック製部材は、前記シリンダを構成する他の種類の部材と複合化されたものであってもよい。

[0008] この場合、前記シリンダの少なくとも内面に配設された前記セラミック製部材は、前記シリンダを構成する金属材料と複合化されたものであってもよい。

[0009] また、前記セラミック製部材は、機械的結合、接合、焼きばめ、圧入または鑄ぐるみされることにより前記シリンダを構成する他の種類の部材と複合化されていてもよい。

[0010] また、前記セラミック製部材は、金型成形、CIP成形、押出し成形、射出成形、鑄込み成形またはゲルキャスト成形により成形されたものであってもよい。

[0011] なお、本発明において用いられるゲルキャスト成形としては、特開2010-192889号公報、特開2011-046002号公報、特開2011-134537号公報等の開示される方法が用いられるようになっている。

[0012] 本発明の燃料供給ポンプにおいては、前記プランジャの少なくとも外面にもセラミック製部材が配設されていてもよい。

[0013] この際に、前記プランジャの少なくとも外面に配設された前記セラミック製部材は、前記プランジャを構成する他の種類の部材と複合化されたものであってもよい。

[0014] この場合、前記プランジャの少なくとも外面に配設された前記セラミック製部材は、前記プランジャを構成する金属材料と複合化されたものであってもよい。

[0015] また、前記セラミック製部材は、機械的結合、接合、焼きばめ、圧入または鑄ぐるみされることにより前記プランジャを構成する他の種類の部材と複合化されていてもよい。

- [0016] また、前記セラミック製部材は、金型成形、C I P成形、押出し成形、射出成形、鋳込み成形またはゲルキャスト成形により成形されたものであってもよい。
- [0017] 本発明の燃料供給ポンプにおいては、前記プランジャにおいて、前記セラミック製部材は、少なくとも前記シリンダの内面に対向する箇所に配設されていてもよい。
- [0018] また、前記シリンダの少なくとも内面に配設された前記セラミック製部材は、前記プランジャの少なくとも外面に配設された前記セラミック製部材と同じ材料からなってもよい。
- [0019] この場合、前記シリンダの少なくとも内面に配設された前記セラミック製部材および前記プランジャの少なくとも外面に配設された前記セラミック製部材として、それぞれサイアロン、アルミナ、安定化ジルコニア、炭化珪素または窒化珪素が用いられてもよい。
- [0020] あるいは、前記シリンダの少なくとも内面に配設された前記セラミック製部材は、前記プランジャの少なくとも外面に配設された前記セラミック製部材と異なる材料からなってもよい。
- [0021] この場合、前記プランジャの少なくとも外面に配設された前記セラミック製部材の材料は、前記シリンダの少なくとも内面に配設された前記セラミック製部材の材料よりも硬度が大きなものからなってもよい。
- [0022] また、前記プランジャの少なくとも外面に配設された前記セラミック製部材の材料として炭化珪素が用いられるとともに、前記シリンダの少なくとも内面に配設された前記セラミック製部材の材料としてサイアロンまたは窒化珪素が用いられてもよい。
- [0023] 本発明の燃料供給ポンプにおいては、前記シリンダの少なくとも内面に配設された前記セラミック製部材として、そのヤング率が200GPa以上のものが用いられてもよい。
- [0024] また、前記プランジャの少なくとも外面に配設された前記セラミック製部材の材料として、そのヤング率が200GPa以上のものが用いられてもよ

い。

[0025] また、前記シリンダの少なくとも内面に配設された前記セラミック製部材として、その硬度が1000HV以上のものが用いられてもよい。

[0026] また、前記プランジャの少なくとも外面に配設された前記セラミック製部材の材料として、その硬度が1000HV以上のものが用いられてもよい。

[0027] また、前記燃料供給ポンプが設けられたコモンレールシステムの燃料噴射圧力が200MPa以上であってもよい。

[0028] この場合、前記燃料供給ポンプが設けられたコモンレールシステムの燃料噴射圧力が250MPa以上であってもよい。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]本発明の実施の形態による燃料供給ポンプが設けられたコモンレールシステムの概略の構成を示す構成図である。

[図2]本発明の実施の形態による燃料供給ポンプの構成を示す縦断面図である。

[図3]図2に示す燃料供給ポンプにおけるシリンダおよびプランジャの構成の一例を示す縦断面図である。

[図4]図2に示す燃料供給ポンプにおけるシリンダおよびプランジャの構成の他の例を示す縦断面図である。

[図5]比較対象として、従来技術の燃料供給ポンプにおけるシリンダおよびプランジャの構成を示す縦断面図である。

[図6]本発明の実施の形態による燃料供給ポンプや従来技術の燃料供給ポンプで用いられるシリンダやプランジャ等の部材の材料の特性を示す表である。

発明を実施するための形態

[0030] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。図1乃至図6は、本実施の形態に係る燃料供給ポンプやこの燃料供給ポンプが設けられたコモンレールシステムを示す図である。このうち、図1は、本実施の形態による燃料供給ポンプが設けられたコモンレールシステムの概略の構成を示す構成図であり、図2は、本実施の形態による燃料供給ポンプの構成を示す

縦断面図であり、図3および図4は、図2に示す燃料供給ポンプにおけるシリンダおよびプランジャの構成の様々な例を示す縦断面図である。また、図5は、比較対象として、従来技術の燃料供給ポンプにおけるシリンダおよびプランジャの構成を示す縦断面図である。また、図6は、本実施の形態による燃料供給ポンプや従来技術の燃料供給ポンプで用いられるシリンダやプランジャ等の部材の材料の特性を示す表である。

[0031] 本実施の形態に係る燃料供給ポンプを説明するにあたり、まず、この燃料供給ポンプが設けられたコモンレールシステムの構成について図1を用いて説明する。図1に示すように、コモンレールシステム10は、燃料タンク12と、燃料タンク12から送られた燃料を加圧して高圧燃料を生成する燃料供給ポンプ20と、燃料供給ポンプ20により生成された高圧燃料を蓄圧する蓄圧室であるレール40と、レール40から送られた高圧燃料をディーゼルエンジンの各気筒に噴射するためのインジェクタ50とを備えている。また、コモンレールシステム10にはECU（エンジンコントロールユニット）60が設けられており、このECU60により燃料供給ポンプ20、レール40、インジェクタ50等の制御が行われるようになっている。このようなコモンレールシステム10では、燃料タンク12から送られた燃料が燃料供給ポンプ20で高圧にされ、この高圧燃料がレール40内に蓄えられ、ECU60による制御のもとにタイミングよくインジェクタ50からディーゼルエンジンの各気筒に適切な噴射量の高圧燃料が噴射されるようになっている。そして、このようなコモンレールシステム10によれば、高い燃料噴射圧力により、燃料を微粒することができ、燃料の粒が小さくなることにより当該燃料の粒の中心部の燃え残りがなくなり粒子状物質の発生を抑えることができるようになる。

[0032] 図1に示すようなコモンレールシステム10について以下に詳しく説明する。図1に示すように、燃料タンク12と燃料供給ポンプ20との間には燃料供給管14が設けられており、この燃料供給管14により燃料タンク12から燃料供給ポンプ20に燃料が送られるようになっている。また、燃料供

給管 14 には燃料フィルタ 16 が設けられており、この燃料フィルタ 16 により、燃料タンク 12 から送られた燃料に含まれる不純物等が除去されるようになっている。また、燃料供給ポンプ 20 とレール 40 との間には高圧燃料供給管 18 が設けられており、燃料供給ポンプ 20 により高圧にされた燃料である高圧燃料が高圧燃料供給管 18 によりレール 40 に送られ、当該レール 40 内に蓄えられるようになっている。

[0033] また、図 1 に示すように、蓄圧室であるレール 40 には燃料圧力センサ 42 が設けられており、この燃料圧力センサ 42 によりレール 40 内の高圧燃料の圧力が検出されるようになっている。燃料圧力センサ 42 による検知結果に係る情報は ECU 60 に送られるようになっている。また、レール 40 にはプレッシャーリミッタ 44 が設けられており、燃料圧力センサ 42 により検出されたレール 40 内の高圧燃料の圧力が、当該レール 40 の耐圧に基づいて予め設定された所定圧（限界圧）を超えると、プレッシャーリミッタ 44 が機械的に開弁し、レール 40 内の高圧燃料が当該プレッシャーリミッタ 44 により排出されて燃料戻し管 46 により燃料タンク 12 に戻されるようになっている。

[0034] また、図 1 に示すように、レール 40 には複数のインジェクタ 50 が接続されており、レール 40 内の高圧燃料は各インジェクタ 50 に供給されるようになっている。そして、各インジェクタ 50 は、レール 40 から供給された高圧燃料をディーゼルエンジンの各気筒に噴射するようになっている。

[0035] 次に、このようなコモンレールシステム 10 に設けられた燃料供給ポンプ 20 の構成の詳細について図 2 乃至図 4 を用いて説明する。前述したように、図 2 は、本実施の形態による燃料供給ポンプ 20 の構成を示す縦断面図であり、図 3 および図 4 は、図 2 に示す燃料供給ポンプ 20 におけるシリンダ 22 およびプランジャ 24 の構成の様々な例を示す縦断面図である。図 2 に示すように、本実施の形態による燃料供給ポンプ 20 は、シリンダ 22 と、シリンダ 22 内で図 2 乃至図 4 における上下方向に往復移動を行うプランジャ 24 とを有している。ここで、シリンダ 22 内でプランジャ 24 が図 2 乃

至図4における上下方向に往復移動を行うことにより、燃料供給ポンプ20の上部に設けられた加圧室26内で燃料が加圧されるようになっている。

[0036] また、燃料供給ポンプ20のハウジング34内においてプランジャ24の下方には偏心カム30が設けられている。偏心カム30は図2の紙面に直交する方向に延びる円柱状に形成され、駆動軸35により回転させられるようになっている。ここで、図2に示すように、偏心カム30の中心軸は、駆動軸35の中心軸に対して偏心している。また、偏心カム30の外周には、駆動軸35の周りを自転せずに公転するカムリング32が設けられている。カムリング32は外形が略四角柱形状であり、当該カムリング32には円筒状の貫通孔33が形成されている。この貫通孔33には、偏心カム30が、当該偏心カム30の外壁面と貫通孔33の内壁面とが接しながらカムリング32と周方向に相対移動可能に挿入されている。また、プランジャ24におけるカムリング32側の端部は、図示しない付勢手段にて、カムリング32における四平面うちの一面に常に押し付けられている。そして、偏心カム30が回転駆動すると、カムリング32は偏心カム30の中心軸周りを自転せずに、駆動軸35の中心軸周りを公転する。このようにカムリング32が公転することにより、プランジャ24はシリンダ22内を図2乃至図4における上下方向に往復移動するようになる。

[0037] また、図2に示すように、燃料供給ポンプ20における燃料吸入側には吸入調整弁36が設けられており、燃料供給管14から燃料供給ポンプ20に送られる燃料の流量が吸入調整弁36により調整されるようになっている。また、燃料供給ポンプ20における燃料吐出側には高圧燃料吐出口38が設けられており、燃料室26においてプランジャ24により燃料が加圧されることにより生成された高圧燃料が高圧燃料吐出口38から吐出されて高圧燃料供給管18に送られるようになっている。

[0038] 図2に示す燃料供給ポンプ20におけるシリンダ22およびプランジャ24の構成の詳細を図3および図4にそれぞれ示す。本実施の形態では、プランジャ24の少なくとも外面（具体的には、プランジャ24の側面）にセラ

ミック製部材 24 a が配設されている。より詳細には、図 3 に示す燃料供給ポンプ 20 の例では、プランジャ 24 が全体的にセラミック製部材 24 a により構成されている。また、図 4 に示す燃料供給ポンプ 20 の例では、プランジャ 24 は、鉄鋼材料 24 b からなる円柱形状の基体部分の外面にセラミック製部材 24 a を複合化することにより形成されている。ここで、プランジャ 24 において「セラミック製部材 24 a を複合化する」とは、鉄鋼材料 24 b からなる基体部分の外面にセラミック材料を組み合わせ、数ミリの厚さのバルク状のセラミック製部材 24 a を形成することをいう。従来のポンプでは、金属製のプランジャ本体に CrN 等のセラミックスコーティングの表面処理をして、耐磨耗性の向上や、プランジャとシリンダの焼付け防止をすることが検討されている。しかしながら、セラミックスコーティングの場合、その膜厚は数ミクロン程度であるため、コモンレール圧力の増大に伴い、ポンプ稼動時に膜に対して大きなせん断応力が発生するため、膜が剥がれ易くなるという問題がある。このため、コーティング膜よりも膜厚が厚くて剥離し難くせん断力に強いバルク状のセラミック製部材 24 a を複合化することが望ましい。複合化する手法としては、機械的結合、接合、焼きばめ、圧入、鑄ぐるみ等が挙げられる。ここで、セラミック製部材 24 a を複合化する場合、熱応力による界面強度が要求されるため、その強度を維持するために、セラミック製部材 24 a の複合化する表面を、粗面にしてアンカー効果を高めたり、活性金属をコーティングしたり、中間材を追加して熱膨張を傾斜化することも可能である。なお、前記の複合化手法の中では、特に鑄ぐるみが好ましい。

[0039] また、本実施の形態では、プランジャ 24 の少なくとも外面に配設されたセラミック製部材 24 a は、各種のセラミックス成形方法で製造可能である。例えば、金型成形、CIP 成形（ラバープレス成形）、押出し成形、射出成形、鑄込み成形、ゲルキャスト成形がある。前記成形方法において、成形や焼成後に加工を施しても良い。なお、前記成形方法の中では、特にゲルキャスト成形が好ましい。ここで、ゲルキャスト成形とは、セラミック粉体、

分散媒およびゲル化剤を含むセラミックスラリーを成形型の成形空間（スラリーを充填して成形するための空間、所望のセラミック成形体と同形の空間）に投入し、投入されたセラミックスラリーを硬化・乾燥して、セラミック成形体を得る方法のことをいう。このようなゲルキャスト成形によりセラミック製部材 24 a を成形した場合には、成形型の成形空間にセラミックスラリーを流し込んでそのまま固められるので、複雑な形状も型通りに成形でき、密度分布のバラつきや変形が起こりにくくなるという利点を得られる。更に、ゲルキャスト成形では、複雑形状への成形が可能となるため、硬質なセラミックスの加工コストを抑える点でも利点がある。なお、図 4 に示すように、セラミック製部材 24 a はプランジャ 24 の側面のみならず上面にも配設されている。

[0040] 本実施の形態では、プランジャ 24 の少なくとも外面に配設されたセラミック製部材 24 a として、サイアロン（ SiAlON ）、アルミナ（ Al_2O_3 ）、安定化ジルコニア（ ZrO_2 ）、炭化珪素（ SiC ）または窒化珪素（ Si_3N_4 ）が用いられるようになっている。このようなサイアロン（ SiAlON ）、アルミナ（ Al_2O_3 ）、安定化ジルコニア（ ZrO_2 ）、炭化珪素（ SiC ）、窒化珪素（ Si_3N_4 ）の材料の特徴については後述する。

[0041] また、本実施の形態では、シリンダ 22 の少なくとも内面にもセラミック製部材 22 a が配設されている。より詳細には、プランジャ 24 と同様に、シリンダ 22 は、鉄鋼材料 22 b からなる基体部分の内面にセラミック製部材 22 a を複合化することにより形成されている。ここで、シリンダ 22 において「セラミック製部材 22 a を複合化する」とは、鉄鋼材料 22 b からなる基体部分の内面にセラミック材料を組み合わせ、数ミリの厚さのバルク状のセラミック製部材 22 a を形成することをいう。複合化する手法としては、機械的結合、接合、焼きばめ、圧入、鑄ぐるみ等が挙げられる。ここで、セラミック製部材 22 a を複合化する場合、熱応力による界面強度が要求されるため、その強度を維持するために、セラミック製部材 22 a の複合化する表面を、粗面にしてアンカー効果を高めたり、活性金属をコーティング

したり、中間材を追加して熱膨張を傾斜化することも可能である。なお、前記の複合化手法の中では、特に鑄ぐるみが好ましい。

[0042] また、本実施の形態では、シリンダ 22 の少なくとも内面に配設されたセラミック製部材 22 a は、各種のセラミックス成形方法で製造可能である。例えば、金型成形、CIP 成形（ラバープレス成形）、押出し成形、射出成形、鑄込み成形、ゲルキャスト成形がある。前記成形方法において、成形や焼成後に加工を施しても良い。なお、前記成形方法の中では、ゲルキャスト成形が好ましい。前述したように、ゲルキャスト成形によりセラミック製部材 22 a を成形した場合には、成形型の成形空間にセラミックスラリーを流し込んでそのまま固められるので、複雑な形状も型通りに成形でき、密度分布のバラつきや変形が起こりにくくなるという利点が得られ、また、ゲルキャスト成形では、複雑形状への成形が可能となるため、硬質なセラミックスの加工コストを抑える点でも利点がある。また、シリンダ 22 の少なくとも内面にもセラミック製部材 22 a が配設されている場合には、プランジャ 24 において、セラミック製部材 24 a は、少なくともシリンダ 22 の内面对向する箇所、より詳細にはシリンダ 22 の内面に配設されたセラミック製部材 22 a に対向する箇所に配設されるようになる。

[0043] シリンダ 22 の少なくとも内面に配設されたセラミック製部材 22 a は、プランジャ 24 の少なくとも外面に配設されたセラミック製部材 24 a と同じ材料からなってもよく、あるいは当該セラミック製部材 24 a と異なる材料からなってもよい。具体的には、シリンダ 22 の少なくとも内面に配設されたセラミック製部材 22 a が、プランジャ 24 の少なくとも外面に配設されたセラミック製部材 24 a と同じ材料からなっている場合には、これらのセラミック製部材 22 a およびセラミック製部材 24 a としてそれぞれサイアロン（SiAlON）、アルミナ（ Al_2O_3 ）、安定化ジルコニア（ ZrO_2 ）、炭化珪素（SiC）または窒化珪素（ Si_3N_4 ）が用いられる。

[0044] また、シリンダ 22 の少なくとも内面に配設されたセラミック製部材 22

aが、プランジャ24の少なくとも外面に配設されたセラミック製部材24aと異なる材料からなっている場合には、プランジャ24のセラミック製部材24aはシリンダ22のセラミック製部材22aよりも硬度が大きなものからなっていることが好ましい。シリンダ22内で往復移動を行うことにより加圧室26内で燃料を加圧するプランジャ24の方がシリンダ22よりも摩耗しやすいため、プランジャ24の少なくとも外面に配設されたセラミック製部材24aとして、より高硬度の材料が求められるからである。例えば、プランジャ24の少なくとも外面に配設されたセラミック製部材24aの材料としてその硬度が2200HVである炭化珪素(SiC)が用いられるとともに、シリンダ22の少なくとも内面に配設されたセラミック製部材22aの材料としてその硬度が1400HVである窒化珪素(Si₃N₄)やその硬度が1600HVであるサイアロン(SiAlON)が用いられてもよい。ここで、後述するように、炭化珪素(SiC)と窒化珪素(Si₃N₄)やサイアロン(SiAlON)との間で熱膨張係数に大きな差がないため、プランジャ24のセラミック製部材24aの材料として炭化珪素(SiC)を用いるとともにシリンダ22のセラミック製部材22aの材料として窒化珪素(Si₃N₄)サイアロン(SiAlON)を用いても、両者の間で温度変化による膨張量の差は小さく、このため燃料供給ポンプ20において温度変化が生じた場合でも、プランジャ24とシリンダ22との間の隙間(クリアランス)が変化してしまうことを抑制することができる。

[0045] 次に、比較対象として、従来技術の燃料供給ポンプ80におけるシリンダ82およびプランジャ84の構成を図5に示す。図5に示すような従来技術の燃料供給ポンプ80でも、シリンダ82内でプランジャ84が図5における上下方向に往復移動を行うことにより、燃料供給ポンプ80の上部に設けられた加圧室86内で燃料が加圧されるようになるが、プランジャ84は合金工具鋼(SKD)等から形成されているとともにシリンダ82は鍛造鋼等から形成されている。しかしながら、プランジャ84やシリンダ82の材料が合金工具鋼や鍛造鋼等の金属材料である場合には、このような金属材料は

セラミック製部材と比較して硬度やヤング率が小さいとともに耐食性が低く、また熱膨張係数が大きいため、コモンレールシステム 10 の高圧化を行った際に（すなわち、燃料供給ポンプ 80 において圧力がより大きな高圧燃料を生成しようとした場合）、この金属材料の圧力変形や温度膨張、長時間使用時の摩耗ロス等によりプランジャ 84 とシリンダ 82 との間の隙間（クリアランス）が大きくなってしまい、燃料漏れ等によりポンプ効率が低下してしまうおそれがある。更に、プランジャ 84 やシリンダ 82 等の材料が金属材料である場合には、高圧条件下での燃料に対する耐食性の問題も生じてしまう。また、従来技術の燃料供給ポンプ 80 において軽量化を図るためにプランジャ 84 やシリンダ 82 の材料としてアルミニウム合金を用いることも考えられるが、このような場合でも、コモンレールシステム 10 の高圧化を行った際に、アルミニウム合金では強度的に満足しないという問題がある。

[0046] これに対して、本実施の形態の燃料供給ポンプ 20 では、プランジャ 24 やシリンダ 22 の材料としてセラミック製部材が用いられている。ここで、セラミック製部材の硬度やヤング率は比較的大きいとともに耐食性が高く、また熱膨張係数が比較的小さいことにより、コモンレールシステム 10 の高圧化を行った際に（すなわち、燃料供給ポンプ 20 において圧力がより大きな高圧燃料を生成しようとした場合）、セラミック製部材は圧力変形や温度膨張、長時間使用時の摩耗ロス等が生じにくくなるとともに燃料に対する耐食性を付与することができる。このことにより、プランジャ 24 とシリンダ 22 との間の隙間（クリアランス）が変化してしまうことが抑制され、よって燃料漏れ等によるポンプ効率の低下を抑制することができる。

[0047] なお、本実施の形態の燃料供給ポンプ 20 では、必ずしもプランジャ 24 の少なくとも外面およびシリンダ 22 の少なくとも内面に両方にセラミック製部材 24 a、22 a を配設する必要はない。シリンダ 22 の少なくとも内面にセラミック製部材 22 a を配設することができれば、コモンレールシステム 10 の高圧化を行った際に、シリンダ 22 のセラミック製部材 22 a の圧力変形や温度膨張、摩耗ロス等が生じにくくなるためプランジャ 24 とシ

リング２２との間の隙間（クリアランス）が変化してしまうことが抑制され、よって燃料漏れ等によるポンプ効率の低下を抑制することができるようになる。

[0048] 従来技術の燃料供給ポンプ８０においてプランジャ８４やシリンダ８２の材料として用いられるアルミニウム合金および鉄鋼、ならびに本実施の形態の燃料供給ポンプ２０においてプランジャ２４のセラミック製部材２４ａやシリンダ２２のセラミック製部材２２ａの材料として用いられる炭化珪素（ SiC ）、サイアロン（ SiAlON ）、窒化珪素（ Si_3N_4 ）、アルミナ（ Al_2O_3 ）および安定化ジルコニア（ ZrO_2 ）の材料の特性について図６の表を用いて説明する。図６の表に示すように、炭化珪素（ SiC ）、サイアロン（ SiAlON ）、窒化珪素（ Si_3N_4 ）のヤング率はアルミニウム合金や鉄鋼のヤング率よりも十分に大きいため、コモンレールシステム１０の高圧化を行った場合でも、炭化珪素（ SiC ）、サイアロン（ SiAlON ）、窒化珪素（ Si_3N_4 ）はアルミニウム合金や鉄鋼よりも圧力変形しにくくなる。また、炭化珪素（ SiC ）、サイアロン（ SiAlON ）、窒化珪素（ Si_3N_4 ）、アルミナ（ Al_2O_3 ）および安定化ジルコニア（ ZrO_2 ）の硬度はアルミニウム合金や鉄鋼の硬度よりも十分に大きいため、燃料供給ポンプ２０、８０を長時間使用した場合でも、炭化珪素（ SiC ）、サイアロン（ SiAlON ）、窒化珪素（ Si_3N_4 ）、アルミナ（ Al_2O_3 ）および安定化ジルコニア（ ZrO_2 ）はアルミニウム合金や鉄鋼よりも長時間使用時の摩耗ロスが抑制される。また、炭化珪素（ SiC ）、サイアロン（ SiAlON ）、窒化珪素（ Si_3N_4 ）およびアルミナ（ Al_2O_3 ）の熱膨張係数はアルミニウム合金や鉄鋼の熱膨張係数よりも十分に小さいため、燃料供給ポンプ２０、８０において温度変化が生じた場合でも、炭化珪素（ SiC ）、サイアロン（ SiAlON ）、窒化珪素（ Si_3N_4 ）およびアルミナ（ Al_2O_3 ）はアルミニウム合金や鉄鋼よりも熱膨張しにくくなる。このため、従来技術と比較して、本願発明の燃料供給ポンプ２０ではコモンレールシステム１０の高圧化を行った場合、プランジャ２４とシリンダ２２との間

の隙間（クリアランス）を例えば $\pm 1 \sim 2 \mu\text{m}$ 以下に維持することができ、燃料漏れ等によるポンプ効率の低下を抑制することができるようになる。

[0049] また、図6の表に示すように、炭化珪素（SiC）、サイアロン（SiAlON）、窒化珪素（Si₃N₄）の間で熱膨張係数に大きな差がないため、プランジャ24のセラミック製部材24aの材料として炭化珪素（SiC）を用いるとともにシリンダ22のセラミック製部材22aの材料として窒化珪素（Si₃N₄）やサイアロン（SiAlON）を用いても、両者の間で温度変化による膨張量の差は小さく、このため燃料供給ポンプ20において温度変化が生じた場合でも、プランジャ24とシリンダ22との間の隙間（クリアランス）が変化してしまうことを抑制することができる。

[0050] 次に、本実施の形態による燃料供給ポンプ20の実施例について下記の表1を用いて説明する。

[0051] （実施例1）

図3に示すディーゼル用高圧燃料ポンプ向けのプランジャ24およびシリンダ22の内面にそれぞれ配置する部材を模擬した金型を用い、そこに窒化珪素粉末を含んだスラリーを注入し、ゲルキャスト成形にて成形体を作製した。その後、作製された成形体を窒素雰囲気中で焼成し、緻密化した窒化珪素の焼成体を得た。次に、得られたプランジャ24についてはシリンダ22内面に挿入される部分のみ、またシリンダ22についてはプランジャ24が挿入される内面のみ表面加工を施し、両部材間のクリアランス量を最適化した。

[0052] その後、シリンダ22については、鋳鉄鑄造用の金型中に前述の窒化珪素の焼成体を配置した後、鑄造前の予熱処理を行なった。そして、金型中に溶解した鋳鉄を鑄造し、前述の窒化珪素の焼成体を鑄ぐるみながら制御冷却することで窒化珪素と鋳鉄とが複合化されたシリンダ22のサンプルを作製した。なお、鑄ぐるみ用に使用した鋳鉄には球状黒鉛鋳鉄として知られるFC D450（JIS規格）材を選定した。

[0053] （実施例2～5）

上記の実施例 1 と同様な方法にて、シリンダ 2 2 の内面やプランジャ 2 4 を窒化珪素ではなくサイアロン、安定化ジルコニア、炭化珪素、アルミナでそれぞれ形成したようなサンプルを作製した。

[0054] (実施例 6)

図 4 に示すディーゼル用高圧燃料ポンプ向けのプランジャ 2 4 およびシリンダ 2 2 の内面にそれぞれ配置する部材を模擬した金型を用い、そこに窒化珪素粉末を含んだスラリーを注入し、ゲルキャスト成形にて成形体を作製した。その後、作製された成形体を窒素雰囲気中で焼成し、緻密化した窒化珪素の焼成体を得た。次に、得られたプランジャ 2 4 についてはシリンダ 2 2 内面に挿入される部分のみ、またシリンダ 2 2 についてはプランジャ 2 4 が挿入される内面のみ表面加工を施し、両部材間のクリアランス量を最適化した。

[0055] その後、プランジャ 2 4 については、鑄鉄鑄造用の金型中に前述の窒化珪素の焼成体を配置した後、鑄造前の予熱処理を行なった。そして、金型中に溶解した鑄鉄を鑄造し、前述の窒化珪素の焼成体を鑄ぐるみながら制御冷却することで、鑄鉄の外周面に窒化珪素が複合化されたプランジャ 2 4 のサンプルを作製した。

[0056] また、シリンダ 2 2 については、鑄鉄鑄造用の金型中に前述の窒化珪素の焼成体を配置した後、鑄造前の予熱処理を行なった。そして、金型中に溶解した鑄鉄を鑄造し、前述の窒化珪素の焼成体を鑄ぐるみながら制御冷却することで窒化珪素と鑄鉄とが複合化されたシリンダ 2 2 のサンプルを作製した。なお、鑄ぐるみ用に使用した鑄鉄には球状黒鉛鑄鉄として知られる F C D 4 5 0 (J I S 規格) 材を選定した。

[0057] (実施例 7 ~ 1 0)

上記の実施例 6 と同様な方法にて、シリンダ 2 2 の内面やプランジャ 2 4 の外周面を窒化珪素ではなくサイアロン、安定化ジルコニア、炭化珪素、アルミナでそれぞれ形成したようなサンプルを作製した。

[0058] (実施例 1 1 ~ 1 3)

上記の実施例 1 と同様な方法にて、シリンダ 2 2 の内面やプランジャ 2 4 の材料を下記の表 1 に示すように変えたようなサンプルを作製した。

[0059] (比較例 1)

図 5 に示すディーゼル用高圧燃料ポンプ向けのプランジャ 8 4 とシリンダ 8 2 として、C r N コーティングされた S K D 鋼と鍛造鋼を用い、サンプルを作製した。

[0060] [評価方法]

上記の実施例 1 ～ 1 3、及び比較例 1 により得られたサンプルを用い、特性評価として以下の 2 種類の評価を行った。この 2 種類の評価結果をまとめたものを表 1 に示す。

[0061] 特性評価試験 1：使用時の燃料漏れ量を模擬する評価として、加圧（2 0 0 ～ 4 0 0 M P a）と無加圧のサイクル条件での液体燃料の漏れ量の評価を行った。

[0062] 特性評価試験 2：使用時の耐摩耗性を模擬する評価として、燃料を滴下しながら、加圧下での摩擦磨耗試験を長期間行い、試験前後での磨耗に伴う減肉量を調査した。

[0063] 下記の表 1 では、上述した特性評価試験 1 において液体燃料の漏れが生じず、かつ、上述した特性評価試験 2 において摩耗に伴う減肉量が少ない場合を「◎」「○」で示し、一方、特性評価試験 1 において液体燃料の漏れが生じてしまった場合や、特性評価試験 2 において摩耗に伴う減肉量が多い場合を「△」「×」で示している。

[0064]

[表1]

	シリンダ		プランジャ		加圧力		
	内面	外面	外周面	内部	200MPa	300MPa	400MPa
実施例1	窒化珪素	鋳鉄	窒化珪素	-	◎	◎	◎
実施例2	サイアロン	鋳鉄	サイアロン	-	◎	◎	◎
実施例3	安定化ジルコニア	鋳鉄	安定化ジルコニア	-	◎	◎	◎
実施例4	炭化珪素	鋳鉄	炭化珪素	-	◎	◎	○
実施例5	アルミナ	鋳鉄	アルミナ	-	◎	○	-
実施例6	窒化珪素	鋳鉄	窒化珪素	鋳鉄	◎	◎	◎
実施例7	サイアロン	鋳鉄	サイアロン	鋳鉄	◎	◎	◎
実施例8	安定化ジルコニア	鋳鉄	安定化ジルコニア	鋳鉄	◎	◎	◎
実施例9	炭化珪素	鋳鉄	炭化珪素	鋳鉄	◎	◎	○
実施例10	アルミナ	鋳鉄	アルミナ	鋳鉄	◎	○	-
実施例11	窒化珪素	鋳鉄	炭化珪素	-	◎	◎	○
実施例12	サイアロン	鋳鉄	炭化珪素	-	◎	◎	○
実施例13	窒化珪素	鋳鉄	サイアロン	-	◎	◎	◎
比較例	鉄鋼(鍛造鋼)	-	CrNコーティング	鉄鋼(SKD)	○	△	×

[0065] 表1に示すように、比較例1の金属材料を用いたものでは、特性評価試験1では圧力による弾性変形が生じ、圧力を上げると共に、燃料漏れ量の増加傾向を示した。また、特性評価試験2では、圧力を上げると共に、比較例1では硬質CrNによって相手材の鉄鋼側での磨耗減肉が起こったのに対し、セラミックスを用いた場合では磨耗減肉は少ないものであった。

[0066] 以上のような構成からなる本実施の形態の燃料供給ポンプ20によれば、シリンダ22の少なくとも内面にセラミック製部材22aが配設されていることにより、セラミック製部材22aの高ヤング率によってシリンダ22は圧力により変形し難くなり、また、セラミック製部材22aは熱膨張係数が小さいためシリンダ22は温度変化による膨張量も小さくなり、しかもセラミック製部材22aは硬度が大きく磨耗しにくいためシリンダ22は長時間使用しても磨耗ロスが抑制される。そして、これらの利点により、シリンダ22が変形することによりプランジャ24と当該シリンダ22との間の隙間（クリアランス）が大きくなってしまふことが抑制され、よって燃料漏れ等の発生が抑制されるので、コモンレールシステム10を高圧化してもポンプ

効率が低下してしまうことを防止することができる。このことにより、本実施の形態によるコモンレールシステム 10 が搭載された車両の燃費を向上させることができ、また CO_2 や NO_x 等の排ガス量を低減することができるようになる。また、従来技術の燃料供給ポンプ 80 のような、プランジャ 84 としてアルミニウム合金や鉄鋼等の金属材料を用いる場合と比較して、燃料供給ポンプ 20 の小型化や長期耐久化も図ることができるようになる。

[0067] また、本実施の形態の燃料供給ポンプ 20 においては、前述したように、シリンダ 22 内で往復移動を行うことにより加圧室 26 内で燃料を加圧するプランジャ 24 の少なくとも外面にもセラミック製部材 24 a が配設されている。このことにより、セラミック製部材 24 a の高ヤング率によってプランジャ 24 は圧力により変形し難くなり、また、セラミック製部材 24 a は熱膨張係数が小さいためプランジャ 24 は温度変化による膨張量も小さくなり、しかもセラミック製部材 24 a は硬度が大きく摩耗しにくいためプランジャ 24 は長時間使用しても摩耗ロスが抑制される。そして、これらの利点により、プランジャ 24 が変形することにより当該プランジャ 24 とシリンダ 22 との間の隙間（クリアランス）が大きくなってしまふことがより一層抑制され、よって燃料漏れ等の発生がより一層抑制されるので、コモンレールシステム 10 を高圧化してもポンプ効率が低下してしまうことをより一層防止することができる。なお、本発明では、プランジャ 24 の少なくとも外面にセラミック製部材 24 a を配設するのはあくまで任意であり、本発明における他の態様として、シリンダ 22 の内面にセラミック製部材 22 a が配設されているがプランジャ 24 の少なくとも外面にセラミック製部材 24 a が配設されていないような燃料供給ポンプが用いられてもよい。

[0068] また、本実施の形態の燃料供給ポンプ 20 においては、前述したように、シリンダ 22 の少なくとも内面に配設されたセラミック製部材 22 a は、シリンダ 22 を構成する他の種類の部材、具体的には鉄鋼材料 22 b 等の金属材料と複合化されたものとなっている。具体的には、セラミック製部材 22 a は、機械的結合、接合、焼きばめ、圧入または鑄ぐるみされることにより

シリンダ２２を構成する他の種類の部材と複合化されている。このことにより、コーティング膜よりも膜厚が厚くてせん断力に強いバルク状のセラミック製部材２２ａが得られるようになる。また、セラミック製部材２２ａは、金型成形、ＣＩＰ成形、押出し成形、射出成形、鋳込み成形またはゲルキャスト成形により成形されたものとなっている。ここで、ゲルキャスト法によりセラミック製部材２２ａを成形した場合には、成形型の成形空間にセラミックスラリーを流し込んでそのまま固められるので、複雑な形状も型通りに成形でき、密度分布のバラつきや変形が起こりにくくなるという利点を得られる。更に、ゲルキャスト成形では、複雑形状への成形が可能となるため、硬質なセラミックスの加工コストを抑える点でも利点がある。

[0069] 同様に、図４に示すように、プランジャ２４の少なくとも外面に配設されたセラミック製部材２４ａも、プランジャ２４を構成する他の種類の部材、具体的には鉄鋼材料２４ｂ等の金属材料と複合化されたものとしてもよい。この場合、セラミック製部材２４ａは、機械的結合、接合、焼きばめ、圧入または鋳ぐるみされることによりプランジャ２４を構成する他の種類の部材と複合化されていてもよい。また、セラミック製部材２４ａは、金型成形、ＣＩＰ成形、押出し成形、射出成形、鋳込み成形またはゲルキャスト成形により成形されたものとなってもよい。

[0070] また、本実施の形態の燃料供給ポンプ２０においては、前述したように、プランジャ２４において、セラミック製部材２４ａは、少なくともシリンダ２２の内面に対向する箇所に配設されている。ここで、燃料漏れの原因となるプランジャ２４とシリンダ２２との間の隙間（クリアランス）は、プランジャ２４の外面とシリンダ２２の内面との間の距離に基づくものであるため、プランジャ２４において、少なくともシリンダ２２の内面に対向する箇所にセラミック製部材２４ａを配設することにより、このセラミック製部材２４ａは前述したように変形しにくくなるため、プランジャ２４とシリンダ２２との間の隙間が大きくなってしまふことが抑制されるようになる。

[0071] また、上述したような構成からなる本実施の形態の燃料供給ポンプ２０を

用いた場合には、コモンレールシステム 10 を高圧化しても燃料漏れ等の発生が抑制されるので、当該コモンレールシステム 10 の燃料噴射圧力を 200 MPa 以上、より好ましくは 250 MPa 以上とすることができるようになる。

[0072] なお、本実施の形態による燃料供給ポンプ 20 は、上述したような態様に限定されることはなく、様々な変更を加えることができる。

[0073] 例えば、上記説明では、プランジャ 24 の少なくとも外面に配設されたセラミック製部材 24 a やシリンダ 22 の少なくとも内面に配設されたセラミック製部材 22 a として、炭化珪素 (SiC) やサイアロン (SiAlON)、窒化珪素 (Si₃N₄) を用いた態様について述べたが、これらのセラミック製部材 24 a、22 a の材料として、そのヤング率が 200 GPa 以上のものであれば、他の種類のセラミック材料を用いてもよい。この場合でも、当該セラミック材料のヤング率は十分に大きく、コモンレールシステム 10 の高圧化を行った場合でも、このセラミック材料はアルミニウム合金や鉄鋼等の金属材料よりも圧力変形しにくくなる。

[0074] また、プランジャ 24 の少なくとも外面に配設されたセラミック製部材 24 a やシリンダ 22 の少なくとも内面に配設されたセラミック製部材 22 a として、その硬度が 1000 Hv 以上のものであれば、他の種類のセラミック材料を用いてもよい。この場合でも、当該セラミック材料の硬度は十分に大きく、燃料供給ポンプ 20 を長時間使用した場合でも、このセラミック材料はアルミニウム合金や鉄鋼等の金属材料よりも摩耗ロスが抑制される。

請求の範囲

- [請求項1] シリンダと、
前記シリンダ内で往復移動を行うことにより加圧室内で燃料を加圧するプランジャと、
を備え、
前記シリンダの少なくとも内面にセラミック製部材が配設されている、燃料供給ポンプ。
- [請求項2] 前記シリンダの少なくとも内面に配設された前記セラミック製部材は、前記シリンダを構成する他の種類の部材と複合化されたものである、請求項1記載の燃料供給ポンプ。
- [請求項3] 前記シリンダの少なくとも内面に配設された前記セラミック製部材は、前記シリンダを構成する金属材料と複合化されたものである、請求項2記載の燃料供給ポンプ。
- [請求項4] 前記セラミック製部材は、機械的結合、接合、焼きばめ、圧入または鑄ぐるみされることにより前記シリンダを構成する他の種類の部材と複合化されている、請求項2または3記載の燃料供給ポンプ。
- [請求項5] 前記セラミック製部材は、金型成形、CIP成形、押出し成形、射出成形、鑄込み成形またはゲルキャスト成形により成形されたものである、請求項4記載の燃料供給ポンプ。
- [請求項6] 前記プランジャの少なくとも外面にもセラミック製部材が配設されている、請求項1乃至5のいずれか一項に記載の燃料供給ポンプ。
- [請求項7] 前記プランジャの少なくとも外面に配設された前記セラミック製部材は、前記プランジャを構成する他の種類の部材と複合化されたものである、請求項6記載の燃料供給ポンプ。
- [請求項8] 前記プランジャの少なくとも外面に配設された前記セラミック製部材は、前記プランジャを構成する金属材料と複合化されたものである、請求項7記載の燃料供給ポンプ。
- [請求項9] 前記セラミック製部材は、機械的結合、接合、焼きばめ、圧入また

は鑄ぐるみされることにより前記プランジャを構成する他の種類の部材と複合化されている、請求項 7 または 8 記載の燃料供給ポンプ。

[請求項10] 前記セラミック製部材は、金型成形、C I P 成形、押出し成形、射出成形、鑄込み成形またはゲルキャスト成形により成形されたものである、請求項 9 記載の燃料供給ポンプ。

[請求項11] 前記プランジャにおいて、前記セラミック製部材は、少なくとも前記シリンダの内面に対向する箇所に配設されている、請求項 6 乃至 10 のいずれか一項に記載の燃料供給ポンプ。

[請求項12] 前記シリンダの少なくとも内面に配設された前記セラミック製部材は、前記プランジャの少なくとも外面に配設された前記セラミック製部材と同じ材料からなる、請求項 6 乃至 11 のいずれか一項に記載の燃料供給ポンプ。

[請求項13] 前記シリンダの少なくとも内面に配設された前記セラミック製部材および前記プランジャの少なくとも外面に配設された前記セラミック製部材として、それぞれサイアロン、アルミナ、安定化ジルコニア、炭化珪素または窒化珪素が用いられる、請求項 12 記載の燃料供給ポンプ。

[請求項14] 前記シリンダの少なくとも内面に配設された前記セラミック製部材は、前記プランジャの少なくとも外面に配設された前記セラミック製部材と異なる材料からなる、請求項 6 乃至 11 のいずれか一項に記載の燃料供給ポンプ。

[請求項15] 前記プランジャの少なくとも外面に配設された前記セラミック製部材の材料は、前記シリンダの少なくとも内面に配設された前記セラミック製部材の材料よりも硬度が大きなものからなる、請求項 14 記載の燃料供給ポンプ。

[請求項16] 前記プランジャの少なくとも外面に配設された前記セラミック製部材の材料として炭化珪素が用いられるとともに、前記シリンダの少なくとも内面に配設された前記セラミック製部材の材料としてサイアロ

ンまたは窒化珪素が用いられる、請求項 15 記載の燃料供給ポンプ。

[請求項17] 前記シリンダの少なくとも内面に配設された前記セラミック製部材として、そのヤング率が200GPa以上のものが用いられる、請求項 1 乃至 16 のいずれか一項に記載の燃料供給ポンプ。

[請求項18] 前記プランジャの少なくとも外面に配設された前記セラミック製部材の材料として、そのヤング率が200GPa以上のものが用いられる、請求項 6 乃至 16 のいずれか一項に記載の燃料供給ポンプ。

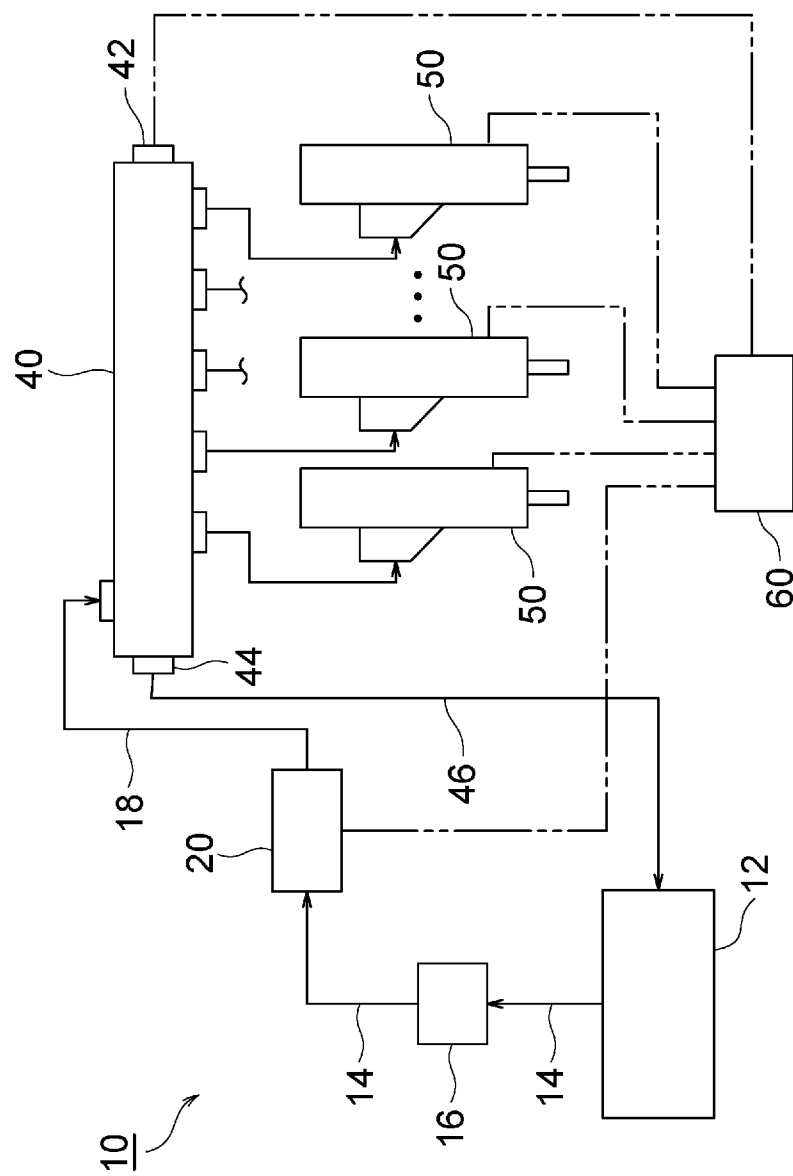
[請求項19] 前記シリンダの少なくとも内面に配設された前記セラミック製部材として、その硬度が1000Hv以上のものが用いられる、請求項 1 乃至 16 のいずれか一項に記載の燃料供給ポンプ。

[請求項20] 前記プランジャの少なくとも外面に配設された前記セラミック製部材の材料として、その硬度が1000Hv以上のものが用いられる、請求項 6 乃至 16 のいずれか一項に記載の燃料供給ポンプ。

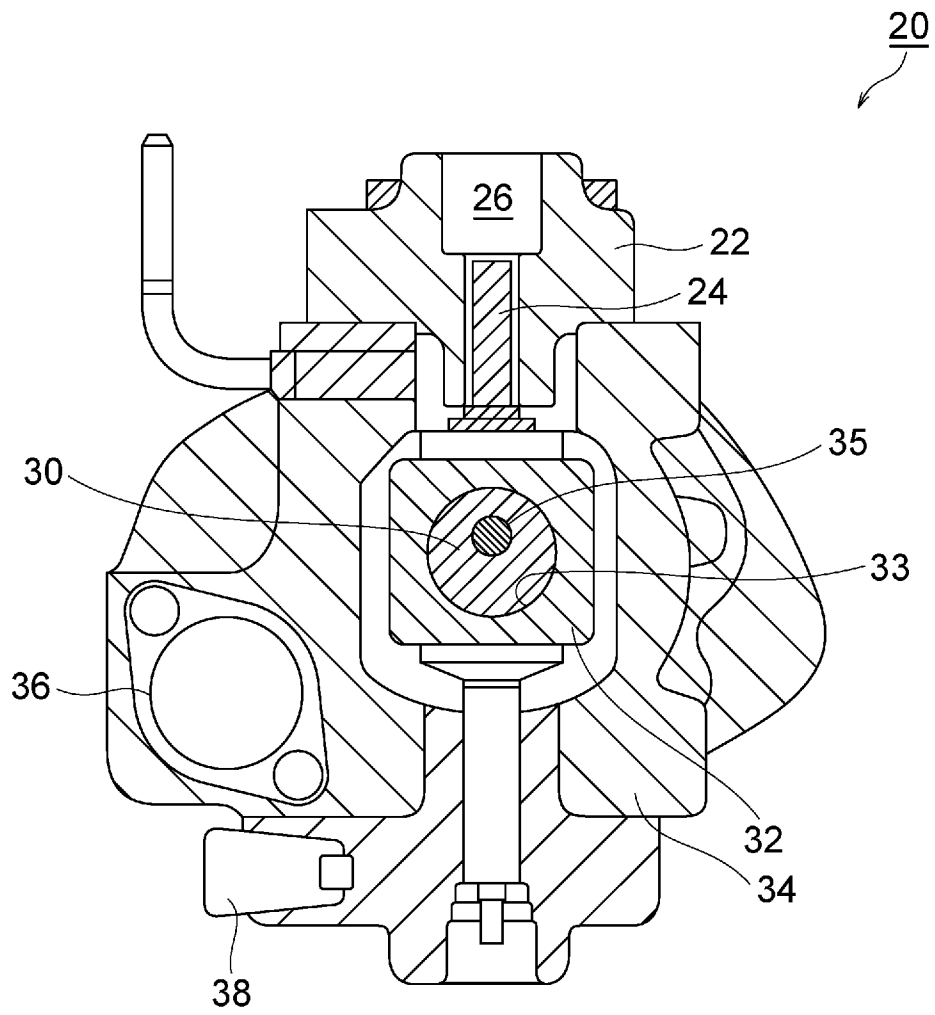
[請求項21] 前記燃料供給ポンプが設けられたコモンレールシステムの燃料噴射圧力が200MPa以上である、請求項 1 乃至 20 のいずれか一項に記載の燃料供給ポンプ。

[請求項22] 前記燃料供給ポンプが設けられたコモンレールシステムの燃料噴射圧力が250MPa以上である、請求項 21 記載の燃料供給ポンプ。

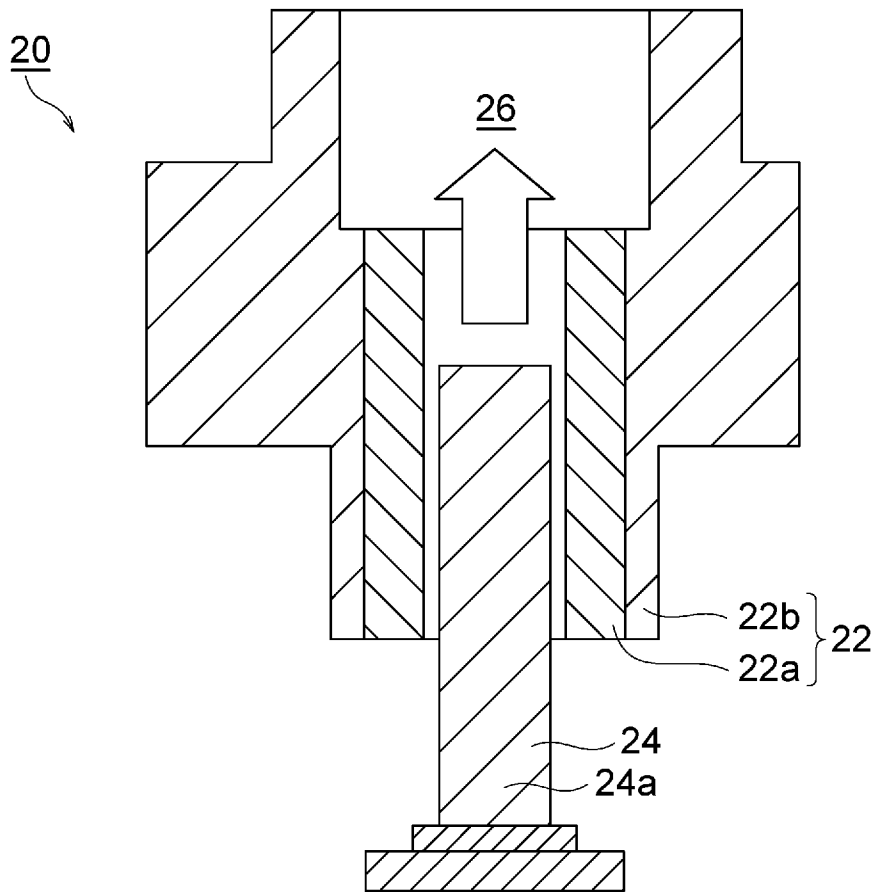
[図1]



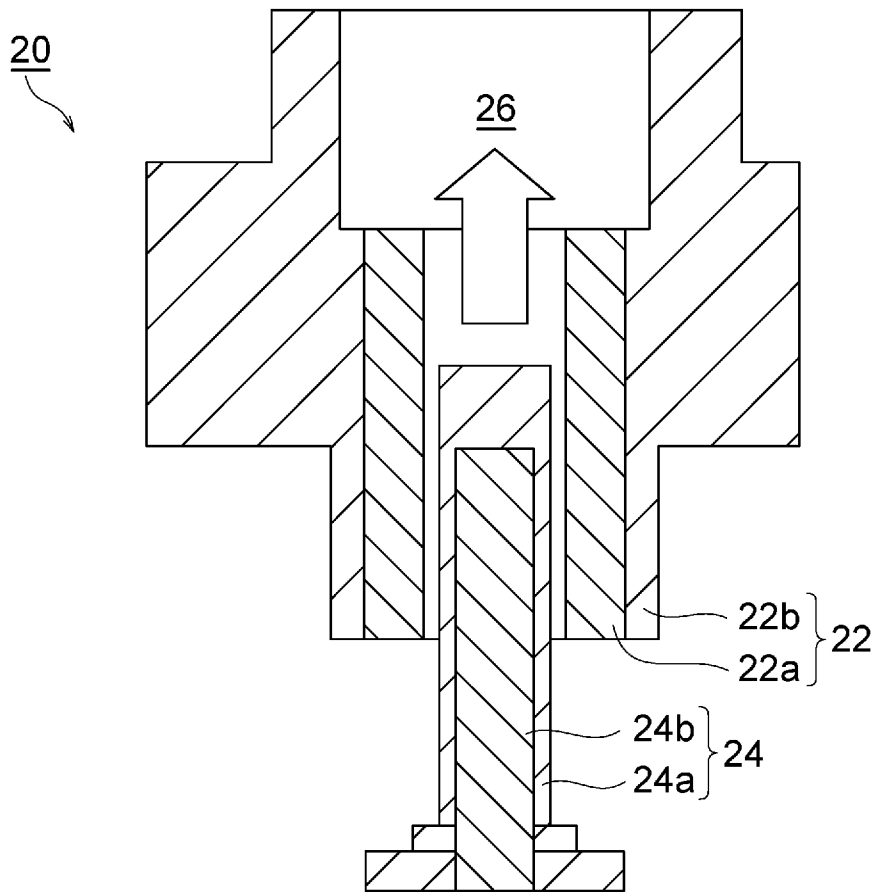
[図2]



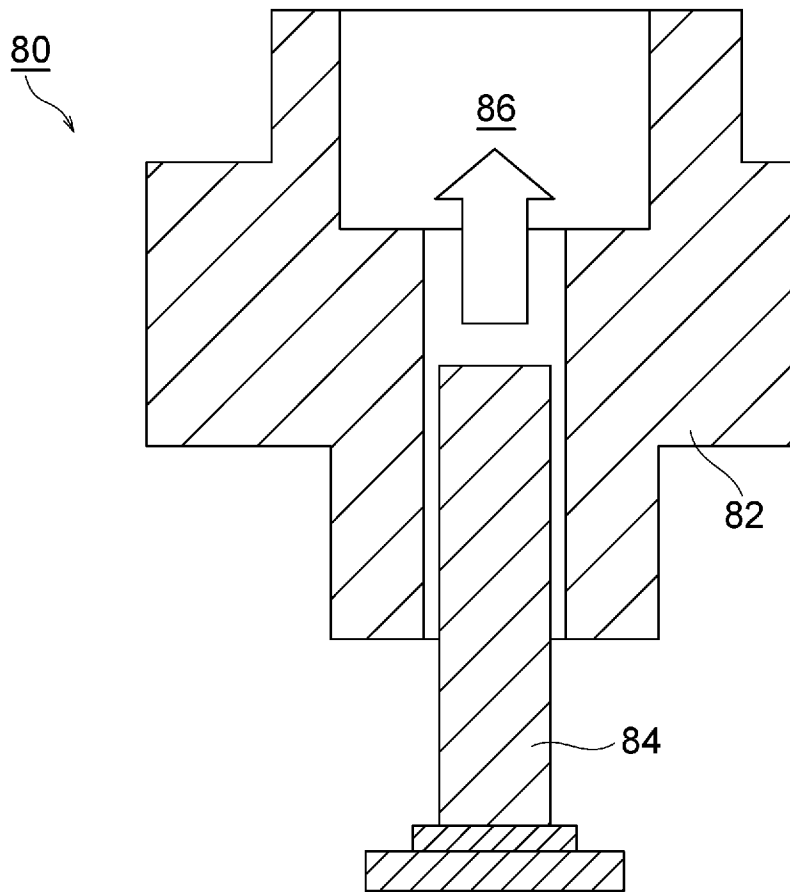
[図3]



[図4]



[図5]



[図6]

特性	アルミニウム合金 (鑄造材)	鉄鋼 (鍛造鋼)	炭化珪素 (SiC)	サイアロン (SiAlON)	窒化珪素 (Si ₃ N ₄)	アルミナ (Al ₂ O ₃)	安定化ジルコニア (ZrO ₂)
密度	2.7g/cm ³	7.8g/cm ³	3.2g/cm ³	3.2g/cm ³	3.2g/cm ³	3.6-3.9g/cm ³	5.6-6.0g/cm ³
強度 ^(*)	約50-300MPa	約1500MPa	約550-650MPa	約700-1200MPa	約600-1000MPa	約300-400MPa	約1000MPa
ヤング率	70-80GPa	200GPa	450GPa	300GPa	300GPa	200-380GPa	200-220GPa
熱伝導率	約100-200W/mK	約50W/mK	約50-200W/mK	約20W/mK	約15-100W/mK	約10-30W/mK	約3W/mK
熱膨張係数	約23ppm/K	約12ppm/K	約4ppm/K	約3ppm/K	約3ppm/K	約7ppm/K	約11ppm/K
硬度(Hv)	30-100Hv	450Hv	2200Hv	1600Hv	1400Hv	1200-2100Hv	1100-1300Hv

(*)金属の強度は引張り強度
セラミックスは曲げ強度

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/073764

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F04B39/12(2006.01) i

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)

F04B39/12

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
X	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility	1-4, 6-9, 11-13
Y	Model Application No. 045492/1982 (Laid-open	5, 10, 17-22
A	No. 146879/1983) (Nissan Motor Co., Ltd.), 03 October 1983 (03.10.1983), entire text; all drawings (Family: none)	14-16
Y	JP 2009-191731 A (Denso Corp.), 27 August 2009 (27.08.2009), paragraphs [0021], [0047], [0050]; fig. 5 (Family: none)	5, 10, 17-22

☒ 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
02 December, 2013 (02.12.13)

Date of mailing of the international search report
10 December, 2013 (10.12.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/073764

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-298061 A (Usui Kokusai Sangyo Kaisha, Ltd.), 11 December 2008 (11.12.2008), paragraph [0031] (Family: none)	21, 22
Y	JP 2010-229914 A (Denso Corp.), 14 October 2010 (14.10.2010), paragraph [0043] (Family: none)	21, 22

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F04B39/12(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. F04B39/12

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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
X	日本国実用新案登録出願57-045492号(日本国実用新案登録出願公開58-146879号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（日産自動車株式会社）1983.10.03, 全文, 全図（ファミリーなし）	1～4,
Y		6～9,
A		11～13
Y	JP 2009-191731 A（株式会社デンソー）2009.08.27, 【0021】, 【0047】, 【0050】, 図5（ファミリーなし）	5, 10,
		17～22

☒ 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

0 2 . 1 2 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 0 . 1 2 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

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）

柏原 郁昭

30

3113

電話番号 03-3581-1101 内線 3358

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
Y	JP 2008-298061 A (臼井国際産業株式会社) 2008.12.11, 【0031】 (ファミリーなし)	21, 22
Y	JP 2010-229914 A (株式会社デンソー) 2010.10.14, 【0043】 (ファミリーなし)	21, 22