

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02020/012971

発行日 令和3年8月5日 (2021. 8. 5)

(43) 国際公開日 令和2年1月16日 (2020. 1. 16)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>FO2K 9/12 (2006.01)</b>	FO2K 9/12	
<b>FO2K 9/72 (2006.01)</b>	FO2K 9/72	
<b>FO2K 9/18 (2006.01)</b>	FO2K 9/18	
<b>FO2K 9/36 (2006.01)</b>	FO2K 9/36	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 35 頁)

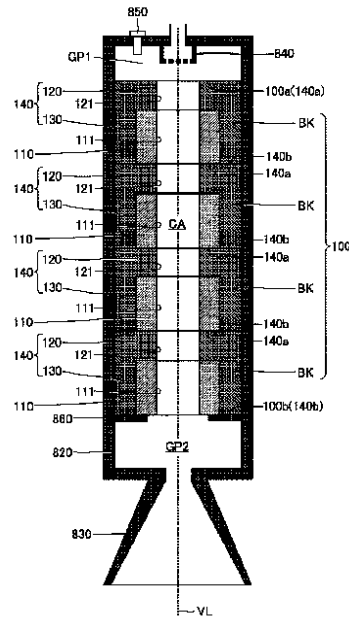
出願番号 特願2020-530098 (P2020-530098)	(71) 出願人 504258527 国立大学法人 鹿児島大学
(21) 国際出願番号 PCT/JP2019/025607	鹿児島県鹿児島市郡元一丁目21番24号
(22) 国際出願日 令和1年6月27日 (2019. 6. 27)	(74) 代理人 100095407 弁理士 木村 満
(31) 優先権主張番号 特願2018-130158 (P2018-130158)	(74) 代理人 100162259 弁理士 末富 孝典
(32) 優先日 平成30年7月9日 (2018. 7. 9)	(74) 代理人 100168114 弁理士 山中 生太
(33) 優先権主張国・地域又は機関 日本国 (JP)	(74) 代理人 100146916 弁理士 廣石 雅紀
(31) 優先権主張番号 特願2018-132797 (P2018-132797)	(72) 発明者 片野田 洋
(32) 優先日 平成30年7月13日 (2018. 7. 13)	鹿児島県鹿児島市郡元一丁目21番24号
(33) 優先権主張国・地域又は機関 日本国 (JP)	国立大学法人 鹿児島大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体燃料及びハイブリッドロケット

(57) 【要約】

易燃焼部(110)は、流路(CA)に露出している易燃焼露出面(111)を有する。易燃焼部(110)よりも燃焼しにくい材料よりなる難燃焼部(140)は、易燃焼部(110)の、ハイブリッドロケットが推進する方向に平行な長さ方向と直交する方向に関して易燃焼露出面(111)とは反対側の外面を覆っている。また、難燃焼部(140)は、易燃焼部(110)の、始端面(100a)から終端面(100b)に向かう方向の難燃焼部(140)からの剥離を阻止するストッパー部としての厚肉部(120)を有する。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

ロケットが推進する方向に平行な長さ方向の両端面に開口が形成され、かつ前記長さ方向の一方の端面である始端面の前記開口と、他方の端面である終端面の前記開口とを連通させる流路を内部に画定しており、

前記ロケットの一部を構成するケーシングに収容され、前記始端面から前記終端面に向かう方向の燃焼ガスの流動が前記流路に生じる態様で燃焼されることにより、前記ロケットに推力を付与する固体燃料であって、

前記流路に露出している易燃焼露出面を有する易燃焼部と、

前記易燃焼部の、前記長さ方向と直交する方向に関して前記易燃焼露出面とは反対側の外面を覆っており、前記易燃焼部よりも燃焼しにくい材料よりなる難燃焼部と、

を備え、

前記難燃焼部が、前記易燃焼部の、前記始端面から前記終端面に向かう方向の剥離を阻止するストッパ部を有する、

固体燃料。

**【請求項 2】**

前記固体燃料が、前記長さ方向に、複数のブロックに分割されており、

各々の前記ブロックが、

前記易燃焼露出面を有する前記易燃焼部と、

前記ストッパ部を有する前記難燃焼部と、

を備える、請求項 1 に記載の固体燃料。

**【請求項 3】**

各々の前記ブロックにおいて、前記難燃焼部が、前記易燃焼部の前記長さ方向の両端面及び前記外面を覆う形状を有し、

前記難燃焼部の、前記易燃焼部の前記両端面のうち前記終端面に近い方の端面を覆う部分が、該易燃焼部に対する前記ストッパ部を構成している、

請求項 2 に記載の固体燃料。

**【請求項 4】**

各々の前記ブロックにおいて、前記難燃焼部が、前記長さ方向の一端面である第 1 端面と他端面である第 2 端面とのそれぞれに開口が形成された形状を有し、かつ前記第 1 端面の開口の面積が、前記第 2 端面の開口の面積よりも小さく、

前記難燃焼部の、前記第 1 端面を構成している部分が、該難燃焼部を有する前記ブロックの前記易燃焼部、又は該ブロックよりも前記始端面に近い位置において該ブロックと隣接している前記ブロックの前記易燃焼部に対する前記ストッパ部を構成している、

請求項 2 に記載の固体燃料。

**【請求項 5】**

前記第 1 端面が前記第 2 端面よりも前記始端面に近い位置に配置されており、

前記難燃焼部の、前記第 1 端面を構成している部分が、該難燃焼部を有する前記ブロックよりも前記始端面に近い位置において該ブロックと隣接している前記ブロックの前記易燃焼部に対する前記ストッパ部を構成している、

請求項 4 に記載の固体燃料。

**【請求項 6】**

各々の前記ブロックにおける前記難燃焼部が、

前記第 1 端面を構成しており、かつ前記第 1 端面と連続して前記流路に露出している難燃焼露出面を有する厚肉部と、

前記第 2 端面を構成しており、かつ前記易燃焼部の前記外面を覆っており、前記厚肉部よりも、前記長さ方向と直交する方向の厚さが薄い薄肉部と、

を有する、請求項 4 又は 5 に記載の固体燃料。

**【請求項 7】**

各々の前記ブロックにおける前記難燃焼部の、前記長さ方向と直交する方向に関して前

10

20

30

40

50

記ケーシングから遠い方の内面が、前記長さ方向に関して前記第 2 端面に近づくに従って、次第に前記ケーシングに近づくように傾斜している、  
請求項 4 又は 5 に記載の固体燃料。

【請求項 8】

前記始端面の前記開口から前記終端面の前記開口にわたって、前記流路の内面が、前記長さ方向に延びる仮想直線を中心軸とする柱体の側面を構成している、  
請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の固体燃料。

【請求項 9】

長さ方向の両端面に開口が形成され、かつ前記長さ方向の一方の端面である始端面の前記開口と、他方の端面である終端面の前記開口とを連通させる流路を内部に画定している  
固体燃料と、

前記固体燃料を酸化させる液体酸化剤を、前記固体燃料の前記始端面の前記開口から前記流路に供給することにより、前記固体燃料を、前記始端面から前記終端面に向かう方向の燃焼ガスの流動が前記流路に生じる態様で燃焼させる液体酸化剤供給装置と、

前記固体燃料を収容するケーシングと、

前記ケーシングの端部につなぐれ、前記燃焼ガスを噴射するノズルと、

を備え、

前記固体燃料が、

前記流路に露出している易燃焼露出面を有する易燃焼部と、

前記易燃焼部の、前記長さ方向と直交する方向に関して前記易燃焼露出面とは反対側の外面を覆っており、前記易燃焼部よりも燃焼しにくい材料よりなり、前記易燃焼部が消失した後に前記流路に露出する内面を有することにより、前記内面が前記易燃焼部よりも緩やかに燃焼しつつ前記ケーシングを保護する難燃焼部と、

を有し、

前記難燃焼部が、前記易燃焼部の、前記始端面から前記終端面に向かう方向の剥離を阻止するストッパー部を有する、

ハイブリッドロケット。

【請求項 10】

前記液体酸化剤供給装置が、

内部に前記液体酸化剤が溜められ、かつ前記内部における前記液体酸化剤の液面を加圧する加圧用ガスを前記内部に供給可能なタンクと、

前記タンクに設けられ、前記内部で前記液体酸化剤が気化したガスを、前記タンクの外部に排出するガス排出部と、

前記液体酸化剤が流入する流入端部と、前記液体酸化剤が流出する流出端部とを有し、前記流入端部が、前記タンクの前記内部で前記液体酸化剤に浸漬され、前記流出端部が、前記タンクよりも下方に配置される前記固体燃料の前記流路につなぐれ、前記流入端部から前記流出端部にわたって前記液体酸化剤が流れる管路を構成している供給管と、

前記タンクへの前記加圧用ガスの供給が断たれ、かつ前記ガス排出部から前記ガスが排出される加圧停止状態と、前記ガス排出部からの前記ガスの排出が断たれ、かつ前記タンクに前記加圧用ガスが供給されることにより、前記加圧用ガスによって、前記液体酸化剤が、前記流入端部から前記流出端部を通して、前記固体燃料の前記流路へと押し出される加圧状態との間で切り換え可能なガスバルブと、

を備え、

前記供給管が、前記管路に沿って、前記流入端部から前記流出端部までの間に、前記タンクから上方に突出している上方突出部を有し、前記上方突出部が、前記管路の一部を構成しており、

前記ガスバルブが前記加圧停止状態に設定されている場合に、前記タンクに前記液体酸化剤を注入したとき、前記管路における、少なくとも前記上方突出部から前記流出端部までの間に空隙部が確保される、

請求項 9 に記載のハイブリッドロケット。

10

20

30

40

50

**【請求項 1 1】**

前記供給管が、

一端部が前記流入端部を構成し、他端部が前記上方突出部につながれ、前記流入端部から前記上方突出部に向けて前記液体酸化剤を上方に案内する上方案内部と、

前記上方案内部によって上方に案内された前記液体酸化剤を、前記タンクの前記内部に向けて下方に折り返す、前記上方突出部を構成している折り返し部と、

一端部が前記折り返し部につながれ、他端部が前記流出端部を構成しており、前記折り返し部において下方に折り返された前記液体酸化剤を、前記固体燃料の前記流路に向けて下方に案内する下方案内部と、

を有する、請求項 1 0 に記載のハイブリッドロケット。

10

**【請求項 1 2】**

前記下方案内部が、前記折り返し部において下方に折り返された前記液体酸化剤を、前記タンクの前記内部を経由して、前記固体燃料の前記流路に向けて下方に案内する、

請求項 1 1 に記載のハイブリッドロケット。

**【請求項 1 3】**

前記ガス排出部から排出された前記ガスを前記固体燃料の前記流路へと導くためのガス案内管、

をさらに備える、請求項 1 0 から 1 2 のいずれか 1 項に記載のハイブリッドロケット。

**【請求項 1 4】**

前記ガス案内管が、前記ガス排出部と、前記供給管における前記空隙部が構成される部分とをつないでおり、

前記ガス排出部から排出された前記ガスが、前記ガス案内管と前記空隙部とを通して前記固体燃料の前記流路へと供給される、

請求項 1 3 に記載のハイブリッドロケット。

20

**【請求項 1 5】**

前記供給管が、

一端部が前記流入端部を構成し、他端部が前記上方突出部を構成している外管と、

前記外管の内部を通っており、一端部が前記上方突出部の内部において開口し、他端部が前記流出端部を構成している内管と、

を有し、

30

前記外管の内面と、前記内管の外面とによって、前記流入端部から前記上方突出部に向かって前記液体酸化剤が上方に案内され、前記上方突出部において前記液体酸化剤が前記内管の前記一端部に流入され、流入された前記液体酸化剤が、前記内管によって前記固体燃料の前記流路へと案内される、

請求項 1 0 に記載のハイブリッドロケット。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明は、固体燃料及びハイブリッドロケットに関する。

**【背景技術】**

40

**【0 0 0 2】**

固体の燃料（以下、固体燃料という）に液体の酸化剤（以下、液体酸化剤という）を供給することで固体燃料を燃焼させ、その燃焼で生じた燃焼ガスを噴出することで推力を得るハイブリッドロケットが知られている。なお“ハイブリッド”とは、推力を得るための材料に固体と液体の双方を用いることを意味する。

**【0 0 0 3】**

固体燃料は、ハイブリッドロケットが推進する方向に延びる流路を画定している。その流路に、液体酸化剤が噴射される。これにより、その流路に燃焼ガスの流動が生じる状態で、固体燃料が燃焼される。

**【0 0 0 4】**

50

特許文献 1 は、このような固体燃料として、相対的に燃焼しやすい材料よりなる易燃焼部と、相対的に燃焼しにくい材料よりなる難燃焼部とが、ハイブリットロケットが推進する方向に、交互に配置されて構成されたものを開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特公昭 46 - 39645 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

固体燃料は、ケーシングに收容された状態で燃焼される。特許文献 1 に係る固体燃料の構成では、易燃焼部が難燃焼部よりも先に焼失した時点で、易燃焼部が配置されていた箇所に、ケーシングの内面が露出する。このため、残存する難燃焼部の燃焼によって、ケーシングが損傷を受ける懸念がある。

【0007】

なお、ハイブリットロケットが推進する方向と直交する方向に関して、流路に近い内側に易燃焼部を配置し、ケーシングの内面に近い外側に難燃焼部を配置すれば、易燃焼部が焼失した時点でも、ケーシングの内面が露出しない。このため、ケーシングが損傷を受ける問題を回避できる。

【0008】

しかし、この構成を採る場合、流路を流れる燃焼ガスの流動によって、易燃焼部と難燃焼部との界面にせん断力が作用しうる。このため、易燃焼部が難燃焼部から剥離しやすいという新たな問題が生じる。

【0009】

本発明の目的は、易燃焼部と難燃焼部とを有するにも関わらず、それらを收容するケーシングが損傷を受けにくく、しかも燃焼の過程で易燃焼部が難燃焼部から剥離しにくい固体燃料と、その固体燃料を備えるハイブリットロケットとを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するために、本発明に係る固体燃料は、ロケットが推進する方向に平行な長さ方向の両端面に開口が形成され、かつ前記長さ方向の一方の端面である始端面の前記開口と、他方の端面である終端面の前記開口とを連通させる流路を内部に画定しており、

前記ロケットの一部を構成するケーシングに收容され、前記始端面から前記終端面に向かう方向の燃焼ガスの流動が前記流路に生じる態様で燃焼されることにより、前記ロケットに推力を付与する固体燃料であって、

前記流路に露出している易燃焼露出面を有する易燃焼部と、

前記易燃焼部の、前記長さ方向と直交する方向に関して前記易燃焼露出面とは反対側の外面を覆っており、前記易燃焼部よりも燃焼しにくい材料よりなる難燃焼部と、

を備え、

前記難燃焼部が、前記易燃焼部の、前記始端面から前記終端面に向かう方向の剥離を阻止するストッパ部を有する。

【0011】

前記固体燃料が、前記長さ方向に、複数のブロックに分割されており、

各々の前記ブロックが、

前記易燃焼露出面を有する前記易燃焼部と、

前記ストッパ部を有する前記難燃焼部と、

を備えてもよい。

【0012】

各々の前記ブロックにおいて、前記難燃焼部が、前記易燃焼部の前記長さ方向の両端面

10

20

30

40

50

及び前記外面を覆う形状を有し、

前記難燃焼部の、前記易燃焼部の前記両端面のうち前記終端面に近い方の端面を覆う部分が、該易燃焼部に対する前記ストッパ部を構成していてもよい。

【0013】

各々の前記ブロックにおいて、前記難燃焼部が、前記長さ方向の一端面である第1端面と他端面である第2端面とのそれぞれに開口が形成された形状を有し、かつ前記第1端面の開口の面積が、前記第2端面の開口の面積よりも小さく、

前記難燃焼部の、前記第1端面を構成している部分が、該難燃焼部を有する前記ブロックの前記易燃焼部、又は該ブロックよりも前記始端面に近い位置において該ブロックと隣接している前記ブロックの前記易燃焼部に対する前記ストッパ部を構成していてもよい。

10

【0014】

前記第1端面が前記第2端面よりも前記始端面に近い位置に配置されており、

前記難燃焼部の、前記第1端面を構成している部分が、該難燃焼部を有する前記ブロックよりも前記始端面に近い位置において該ブロックと隣接している前記ブロックの前記易燃焼部に対する前記ストッパ部を構成していてもよい。

【0015】

各々の前記ブロックにおける前記難燃焼部が、

前記第1端面を構成しており、かつ前記第1端面と連続して前記流路に露出している難燃焼露出面を有する厚肉部と、

前記第2端面を構成しており、かつ前記易燃焼部の前記外面を覆っており、前記厚肉部よりも、前記長さ方向と直交する方向の厚さが薄い薄肉部と、

を有していてもよい。

20

【0016】

各々の前記ブロックにおける前記難燃焼部の、前記長さ方向と直交する方向に関して前記ケーシングから遠い方の内面が、前記長さ方向に関して前記第2端面に近づくに従って、次第に前記ケーシングに近づくように傾斜していてもよい。

【0017】

前記始端面の前記開口から前記終端面の前記開口にわたって、前記流路の内面が、前記長さ方向に伸びる仮想直線を中心軸とする柱体の側面を構成していてもよい。

30

【0018】

本発明に係るハイブリッドロケットは、

長さ方向の両端面に開口が形成され、かつ前記長さ方向の一方の端面である始端面の前記開口と、他方の端面である終端面の前記開口とを連通させる流路を内部に画定している固体燃料と、

前記固体燃料を酸化させる液体酸化剤を、前記固体燃料の前記始端面の前記開口から前記流路に供給することにより、前記固体燃料を、前記始端面から前記終端面に向かう方向の燃焼ガスの流動が前記流路に生じる態様で燃焼させる液体酸化剤供給装置と、

前記固体燃料を収容するケーシングと、

前記ケーシングの端部につなぐれ、前記燃焼ガスを噴射するノズルと、

を備え、

前記固体燃料が、

前記流路に露出している易燃焼露出面を有する易燃焼部と、

前記易燃焼部の、前記長さ方向と直交する方向に関して前記易燃焼露出面とは反対側の外面を覆っており、前記易燃焼部よりも燃焼しにくい材料よりなり、前記易燃焼部が消失した後に前記流路に露出する内面を有することにより、前記内面が前記易燃焼部よりも緩やかに燃焼しつつ前記ケーシングを保護する難燃焼部と、

を有し、

前記難燃焼部が、前記易燃焼部の、前記始端面から前記終端面に向かう方向の剥離を阻止するストッパ部を有する。

40

50

## 【0019】

前記液体酸化剤供給装置が、  
内部に前記液体酸化剤が溜められ、かつ前記内部における前記液体酸化剤の液面を加圧する加圧用ガスを前記内部に供給可能なタンクと、

前記タンクに設けられ、前記内部で前記液体酸化剤が気化したガスを、前記タンクの外部に排出するガス排出部と、

前記液体酸化剤が流入する流入端部と、前記液体酸化剤が流出する流出端部とを有し、前記流入端部が、前記タンクの前記内部で前記液体酸化剤に浸漬され、前記流出端部が、前記タンクよりも下方に配置される前記固体燃料の前記流路につながれ、前記流入端部から前記流出端部にわたって前記液体酸化剤が流れる管路を構成している供給管と、

前記タンクへの前記加圧用ガスの供給が断たれ、かつ前記ガス排出部から前記ガスが排出される加圧停止状態と、前記ガス排出部からの前記ガスの排出が断たれ、かつ前記タンクに前記加圧用ガスが供給されることにより、前記加圧用ガスによって、前記液体酸化剤が、前記流入端部から前記流出端部を通して、前記固体燃料の前記流路へと押し出される加圧状態との間で切り換え可能なガスバルブと、

を備え、

前記供給管が、前記管路に沿って、前記流入端部から前記流出端部までの間に、前記タンクから上方に突出している上方突出部を有し、前記上方突出部が、前記管路の一部を構成しており、

前記ガスバルブが前記加圧停止状態に設定されている場合に、前記タンクに前記液体酸化剤を注入したとき、前記管路における、少なくとも前記上方突出部から前記流出端部までの間に空隙部が確保されてもよい。

## 【0020】

前記供給管が、

一端部が前記流入端部を構成し、他端部が前記上方突出部につながれ、前記流入端部から前記上方突出部に向けて前記液体酸化剤を上方に案内する上方案内部と、

前記上方案内部によって上方に案内された前記液体酸化剤を、前記タンクの前記内部に向けて下方に折り返す、前記上方突出部を構成している折り返し部と、

一端部が前記折り返し部につながれ、他端部が前記流出端部を構成しており、前記折り返し部において下方に折り返された前記液体酸化剤を、前記固体燃料の前記流路に向けて下方に案内する下方案内部と、

を有していてもよい。

## 【0021】

前記下方案内部が、前記折り返し部において下方に折り返された前記液体酸化剤を、前記タンクの前記内部を経由して、前記固体燃料の前記流路に向けて下方に案内してもよい。

## 【0022】

前記ガス排出部から排出された前記ガスを前記固体燃料の前記流路へと導くためのガス案内管、

をさらに備えてもよい。

## 【0023】

前記ガス案内管が、前記ガス排出部と、前記供給管における前記空隙部が構成される部分とをつないでおり、

前記ガス排出部から排出された前記ガスが、前記ガス案内管と前記空隙部とを通して前記固体燃料の前記流路へと供給されてもよい。

## 【0024】

前記供給管が、

一端部が前記流入端部を構成し、他端部が前記上方突出部を構成している外管と、

前記外管の内部を通っており、一端部が前記上方突出部の内部において開口し、他端部が前記流出端部を構成している内管と、

10

20

30

40

50

を有し、

前記外管の内面と、前記内管の外表面とによって、前記流入端部から前記上方突出部に向かって前記液体酸化剤が上方に案内され、前記上方突出部において前記液体酸化剤が前記内管の前記一端部に流入され、流入された前記液体酸化剤が、前記内管によって前記固体燃料の前記流路へと案内されてもよい。

【発明の効果】

【0025】

本発明の固体燃料によれば、難燃焼部が易燃焼部の外面を覆っているため、易燃焼部が焼失した時点でケーシングが流路に露出する問題を回避できる。このため、易燃焼部と難燃焼部とを収容するケーシングが損傷を受けにくい。

10

【0026】

また、難燃焼部が、易燃焼部の剥離を阻止するストッパ部を有するため、燃焼の過程で易燃焼部が難燃焼部から剥離しにくい。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】実施形態1に係るハイブリッドロケットの構成を示す概念図。

【図2】実施形態1に係る固体燃料の構成を示す断面図。

【図3】実施形態1に係る固体燃料の易燃焼部が焼失した後の状態を示す概念図。

【図4】実施形態2に係る固体燃料の構成を示す断面図。

20

【図5】実施形態3に係る固体燃料の構成を示す断面図。

【図6】実施形態4に係る固体燃料の構成を示す断面図。

【図7】実施形態5に係る固体燃料の構成を示す断面図。

【図8】実施形態6に係る固体燃料の構成を示す断面図。

【図9】実施形態6に係る固体燃料の易燃焼部が焼失した後の状態を示す概念図。

【図10】実施形態7に係る固体燃料の構成を示す断面図。

【図11】実施形態8に係る極低温液体供給装置の加圧停止状態を示す概念図。

【図12】実施形態8に係る極低温液体供給装置の加圧状態を示す概念図。

【図13】実施形態9に係る極低温液体供給装置の加圧停止状態を示す概念図。

【図14】実施形態9に係る極低温液体供給装置の加圧状態を示す概念図。

30

【図15】実施形態10に係るハイブリッドロケットの構成を示す概念図。

【図16】比較形態に係る極低温液体供給装置の加圧停止状態を示す概念図。

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、図面を参照し、実施形態1 - 10に係るハイブリッドロケットについて説明する。図中、同一又は対応する部分に同一の符号を付す。

【0029】

[実施形態1]

図1に示すように、本実施形態に係るハイブリッドロケット800は、燃焼されることにより推力を生む固体燃料100を備える。固体燃料100は、ハイブリッドロケット800が推進する方向と平行な方向（以下、長さ方向という。）に延在している。

40

【0030】

固体燃料100の長さ方向の両端面には、開口APが形成されている。固体燃料100は、長さ方向の一方の端面である始端面100aの開口APと、他方の端面である終端面100bの開口APとを連通させる流路CAを内部に画定している。

【0031】

具体的には、固体燃料100は、長さ方向に延びる仮想直線VLを中心軸とする中空円筒の形状に形成されている。流路CAの内面は、始端面100aの開口APから終端面100bの開口APにわたって、仮想直線VLを中心軸とする円柱の側面を構成している。

【0032】

また、ハイブリッドロケット800は、固体燃料100に液体酸化剤を供給する液体酸

50



化剤供給装置 810 を備える。液体酸化剤供給装置 810 は、液体酸化剤が溜められたタンク 811 と、タンク 811 内の液体酸化剤を固体燃料 100 に向けて押し出すための不活性ガスを、タンク 811 に供給する加圧用ガス源 812 とを有する。

【0033】

また、液体酸化剤供給装置 810 は、加圧用ガス源 812 からタンク 811 に至る不活性ガスの流路に設けられた気体用バルブ 813 と、タンク 811 から固体燃料 100 に至る液体酸化剤の流路に設けられた液体用バルブ 814 とを有する。

【0034】

また、ハイブリッドロケット 800 は、固体燃料 100 を収容するケーシング 820 と、ケーシング 820 の端部につながれたノズル 830 とを有する。ノズル 830 は、ハイブリッドロケット 800 の尾部に配置されている。

10

【0035】

ケーシング 820 は、金属材料、具体的には、ステンレスよりなる。ケーシング 820 は、仮想直線 VL を中心軸とする中空筒状に形成されており、固体燃料 100 の外周面を覆っている。固体燃料 100 は、ケーシング 820 に収容された状態で燃焼される。

【0036】

ケーシング 820 の、仮想直線 VL と平行な長さ方向に関してノズル 830 とは反対側の端部の内壁と、固体燃料 100 の始端面 100 a との間には、前部燃焼室としての隙間 GP1 が確保されている。隙間 GP1 は、流路 CA に連通している。上述したタンク 811 は、液体用バルブ 814 を介して隙間 GP1 と連通している。

20

【0037】

そして、ハイブリッドロケット 800 は、隙間 GP1 に配置された噴霧器 840、及び隙間 GP1 に面するように配置されたイグナイター 850 も有する。

【0038】

噴霧器 840 は、タンク 811 から供給された液体酸化剤を霧化する。霧化された液体酸化剤は、固体燃料 100 の始端面 100 a の開口 AP から、流路 CA に流入する。つまり、液体酸化剤供給装置 810 は、噴霧器 840 を通して、固体燃料 100 の流路 CA に液体酸化剤を供給する。

【0039】

また、ケーシング 820 の、ノズル 830 がつながれている方の端部の内壁と、固体燃料 100 の終端面 100 b との間にも、隙間 GP2 が確保されている。隙間 GP2 は、流路 CA と連通しており、固体燃料 100 が熱分解した熱分解ガスの燃焼を完全燃焼に近づけるための後部燃焼室としての役割を果たす。

30

【0040】

以下、ハイブリッドロケット 800 の動作を説明する。まず、イグナイター 850 が、高温の燃料ガスを発生させる。イグナイター 850 によって発生された燃料ガスは、流路 CA に流入し、固体燃料 100 が一部熱分解した状態となる。

【0041】

この状態で、気体用バルブ 813 及び液体用バルブ 814 が開かれる。すると、加圧用ガス源 812 内の不活性ガスが、タンク 811 内の液体酸化剤を隙間 GP1 に向けて押し出す。押し出された液体酸化剤は、噴霧器 840 において霧化されて、流路 CA に流入する。

40

【0042】

そして、霧化された液体酸化剤が流路 CA の内壁面近傍に到達することによって燃料ガスが燃焼され、これにより固体燃料 100 の、流路 CA に面する内面が熱分解した熱分解ガス及び火炎が生成される。熱分解ガス及び火炎は、始端面 100 a から終端面 100 b に向かう方向に流路 CA を流れる。

【0043】

その過程で、火炎によって熱分解ガスが燃焼することで燃焼ガスが生じ、その燃焼ガスの熱が、未燃の固体燃料 100 の表層部を熱分解させて熱分解ガスを生じさせ、再びその

50

熱分解ガスが燃焼する。このようにして、固体燃料100は、始端面100aから終端面100bに向かう方向の燃焼ガスの流動が流路CAに生じる態様で燃焼される。

【0044】

終端面100bの開口APから流出した燃焼ガス、熱分解ガス、及び火炎を含む流体は、後部燃焼室としての隙間GP2で攪拌される。これにより、熱分解ガスの燃焼が、完全燃焼に近づけられる。隙間GP2において攪拌されて生成された燃焼ガス及び火炎は、ノズル830によって超音速に加速されて噴射される。その噴射に対する反作用によって、ハイブリッドロケット800が推力を得て推進する。

【0045】

本実施形態に係るハイブリッドロケット800は、固体燃料100の構成に特徴を有する。そこで、以下、図2を参照し、固体燃料100の構成について詳述する。

10

【0046】

図2に示すように、固体燃料100は、仮想直線VLに平行な長さ方向に、4つのブロックBKに分割されて構成されている。各々のブロックBKは、仮想直線VLを中心軸とする中空円筒の形状に形成されている。4つのブロックBKは、互いに同じ構成を有する。以下、各々のブロックBKの構成について説明する。

【0047】

各々のブロックBKは、相対的に燃焼しやすい材料よりなる易燃焼部110と、易燃焼部110よりも燃焼しにくい材料よりなる難燃焼部140とによって構成されている。

【0048】

ここで“易燃焼部110よりも燃焼しにくい”とは、ハイブリッドロケット800に推進可能な推力を付与する程度に激しく燃焼しうるが、易燃焼部110を構成する材料と同じ条件で燃焼させた場合には、燃焼によって体積が減少する速度が、易燃焼部110を構成する材料よりも遅いことを意味する。

20

【0049】

具体的には、本実施形態では、易燃焼部110は、パラフィンよりなり、難燃焼部140は、アクリル樹脂よりなる。

【0050】

易燃焼部110は、仮想直線VLを中心軸とする中空円筒の形状に形成されている。易燃焼部110の、仮想直線VLを取り囲む内面としての内周面は、流路CAに露出している易燃焼露出面111を構成している。易燃焼部110の、仮想直線VLに平行な方向の長さは、ブロックBKの、仮想直線VLに平行な方向の長さよりも短い。

30

【0051】

一方、難燃焼部140の、仮想直線VLに平行な方向の長さは、ブロックBKの、仮想直線VLに平行な方向の長さと同じ。難燃焼部140は、易燃焼部110と接合されることにより、中空円筒状のブロックBKを易燃焼部110と共に構成する形状に形成されている。以下、難燃焼部140の形状を具体的に説明する。

【0052】

難燃焼部140の、仮想直線VLと平行な長さ方向の両端面は開口している。難燃焼部140の、仮想直線VLと平行な長さ方向の一端面である第1端面140aの開口の面積は、他端面である第2端面140bの開口の面積よりも小さい。第1端面140aは、仮想直線VLと平行な長さ方向に関して、始端面100aに近い方に配置されており、第2端面140bは、終端面100bに近い方に配置されている。

40

【0053】

具体的には、難燃焼部140は、第1端面140aを構成している厚肉部120と、第2端面140bを構成しており、厚肉部120よりも、仮想直線VLと直交する径方向の厚さが薄い薄肉部130とを有する。薄肉部130は、易燃焼部110の、仮想直線VLと直交する径方向に関して易燃焼露出面111とは反対側の外面としての外周面を覆っている。

【0054】

50

厚肉部 120 は、第 1 端面 140 a と連続して流路 C A に露出している難燃焼露出面 121 を有する。難燃焼露出面 121 は、易燃焼部 110 の易燃焼露出面 111 と隣接している。そして、難燃焼露出面 121 は、仮想直線 V L を中心軸とする円筒の内周面を、易燃焼露出面 111 と共に構成している。

【0055】

各々のブロック B K の、仮想直線 V L と平行な長さ方向に関して、始端面 100 a に近い方の端面は、厚肉部 120 の第 1 端面 140 a によって構成されており、終端面 100 b に近い方の端面は、薄肉部 130 の第 2 端面 140 b と、易燃焼部 110 の終端面 100 b に近い方の端面とによって構成されている。

【0056】

そして、仮想直線 V L と平行な方向に隣接する 2 つのブロック B K のうち、終端面 100 b に近い方のブロック（以下、終端側ブロックという。）B K における厚肉部 120 の第 1 端面 140 a が、始端面 100 a に近い方のブロック（以下、始端側ブロックという。）B K における易燃焼部 110 の、終端面 100 b に近い方の端面に接している。

【0057】

このため、終端側ブロック B K における難燃焼部 140 の、第 1 端面 140 a を構成している部分、具体的には、厚肉部 120 が、始端側ブロック B K における易燃焼部 110 の、始端面 100 a から終端面 100 b に向かう方向の、始端側ブロック B K における難燃焼部 140 からの剥離を阻止するストッパー部としての役割を果たしている。

【0058】

また、最もノズル 830 に近い最後段のブロック B K の、ノズル 830 に近づく向きの移動を阻止するために、ハイブリッドロケット 800 は、後部燃焼室としての隙間 G P 2 に、ストッパー 860 を備える。ストッパー 860 は、耐熱性を有する材料、具体的には、ベークライトよりなる。

【0059】

ストッパー 860 は、最後段のブロック B K の、ノズル 830 に近い方の端面を構成する薄肉部 130 及び易燃焼部 110 に面する位置に固定されている。このため、ストッパー 860 は、最後段のブロック B K における易燃焼部 110 の、最後段のブロック B K における難燃焼部 140 からノズル 830 に近づく向きの剥離を阻止する。

【0060】

なお、以上説明したブロック B K は、まず難燃焼部 140 を作成する第 1 工程と、作成した難燃焼部 140 に、易燃焼部 110 の材料を流し込む第 2 工程とを経て得ることができる。具体的には、まずアクリル樹脂よりなる被削材を準備し、その被削材を加工することで難燃焼部 140 を作成する。次に、その難燃焼部 140 に対して、易燃焼部 110 の材料であるパラフィンを加熱によって流動化させたものを、流し込む。パラフィンが固化すると、易燃焼部 110 と難燃焼部 140 とが接合されているブロック B K が得られる。

【0061】

但し、第 1 工程では、難燃焼部 140 を、易燃焼部 110 と同様に鋳込みによって形成してもよい。また、第 2 工程では、易燃焼部 110 の材料が流し込まれる空間を、難燃焼部 140 と共に画定する型を用いてもよい。

【0062】

以上説明したように、本実施形態の固体燃料 100 によれば、難燃焼部 140 の薄肉部 130 が、易燃焼部 110 の外周面を覆っているため、易燃焼部 110 が焼失した時点でケーシング 820 が流路 C A に露出する問題を回避できる。

【0063】

つまり、難燃焼部 140 の薄肉部 130 の、易燃焼部 110 の外周面を覆っている内面は、易燃焼部 110 が消失した後に流路 C A に露出する。そして、その薄肉部 130 の内面は、易燃焼部 110 よりも緩やかに燃焼しつつケーシング 820 を保護する。このため、ケーシング 820 が損傷を受けにくい。

【0064】

10

20

30

40

50

また、終端側ブロックBKにおける難燃焼部140の厚肉部120が、始端側ブロックBKにおける易燃焼部110の、終端面100bに近い方の端面の全域に接するストッパ一部の役割を果たしている。このため、燃焼の過程で、易燃焼部110が難燃焼部140から剥離しにくい。

【0065】

また、易燃焼露出面111と難燃焼露出面121とが連続した1つの曲面を構成している。具体的には、始端面100aの開口APから終端面100bの開口APにわたって、流路CAの内面が、仮想直線VLを中心軸とする円柱の側面を構成している。このため、流路CAの内面に凹凸が形成されている場合に比べると、燃焼の開始後の初期の段階において、燃焼ガスが、流路CAをスムーズに流れる。このことは、ハイブリッドロケット800に付与する推力の向上に資する。

10

【0066】

また、相対的に燃焼しやすい易燃焼部110が、流路CAに面する位置に配置されている。このため、難燃焼部140のみが流路CAに面している場合に比べて、燃焼の開始後の初期の段階において、大きな推力が得られる。特に、本実施形態では、全ての易燃焼露出面111の面積の合計が、全ての難燃焼露出面121の面積の合計よりも大きい。このため、燃焼ガスが、易燃焼露出面111が多く露出した流路CAを流れ、燃焼の開始後の初期の段階において、大きな推力が得られやすい。

【0067】

図3に示すように、易燃焼部110が焼失した後は、難燃焼部140においてストッパ一部の役割を果たしていた厚肉部120が、流路CAに突出した状態となる。このため、厚肉部120が、液体酸化剤、難燃焼部140が熱分解した熱分解ガス、その熱分解ガスが燃焼した燃焼ガス、及び火炎の4者を含む流体FLの流れを乱す。

20

【0068】

これにより、それら4者が攪拌されることで、難燃焼部140の熱分解が促進される。難燃焼部140の熱分解の促進は、ハイブリッドロケット800に付与する推力の向上に資する。

【0069】

以上のように、厚肉部120は、燃焼の開始後の初期の段階において、易燃焼部110の剥離を阻止するストッパ一部の役割を果たすだけでなく、易燃焼部110の焼失後の段階において、難燃焼部140自身の燃焼を促進する役割も兼ねる。

30

【0070】

[実施形態2]

上記実施形態1では、各々のブロックBKにおいて、厚肉部120が薄肉部130よりも始端面100aに近い位置に配置されていたが、逆に薄肉部130が厚肉部120よりも始端面100aに近い位置に配置されていてもよい。以下、その具体例を述べる。

【0071】

図4に示すように、本実施形態に係る固体燃料200においては、各々のブロックBKの難燃焼部140における、面積が小さい方の開口を有する第1端面140aが、終端面100bに近い方に配置されており、面積が大きい方の開口を有する第2端面140bが、始端面100aに近い方に配置されている。

40

【0072】

本実施形態に係る固体燃料200では、難燃焼部140の、第1端面140aを構成している厚肉部120が、その難燃焼部140を有するブロックBKの易燃焼部110に対するストッパ一部を構成する。他の構成及び効果は、実施形態1の場合と同様である。

【0073】

[実施形態3]

上記実施形態1では、燃焼前の初期状態において、流路CAには、易燃焼露出面111だけでなく、難燃焼露出面121も露出していたが、初期状態において流路CAには、易燃焼露出面111のみが露出している。以下、その具体例を述べる。

50

## 【 0 0 7 4 】

図 5 に示すように、本実施形態に係る固体燃料 3 0 0 においては、各々のブロック B K の難燃焼部 1 4 0 における厚肉部 1 2 0 が、薄肉部 1 3 0 と同様に、易燃焼部 1 1 0 の外周面を覆っている。

## 【 0 0 7 5 】

本実施形態によれば、初期状態における流路 C A の内面が、全域にわたって易燃焼露出面 1 1 1 によって構成されているため、燃焼の開始後の初期の段階において、実施形態 1 の場合よりも大きな推力が得られうる。

## 【 0 0 7 6 】

また、本実施形態においては、終端側ブロック B K における難燃焼部 1 4 0 の厚肉部 1 2 0 が、始端側ブロック B K における易燃焼部 1 1 0 の、終端面 1 0 0 b に近い方の端面の一部に接している。このため、実施形態 1 の場合と同様に、厚肉部 1 2 0 が、始端側ブロック B K の易燃焼部 1 1 0 に対するストッパー部の役割を果たす。他の構成及び効果は、実施形態 1 の場合と同様である。

10

## 【 0 0 7 7 】

## [ 実施形態 4 ]

上記実施形態 1 - 3 では、各々のブロック B K において、難燃焼部 1 4 0 が厚肉部 1 2 0 を 1 つのみ備えた構成を例示したが、難燃焼部 1 4 0 は厚肉部 1 2 0 を複数備えてもよい。以下、その具体例を述べる。

## 【 0 0 7 8 】

図 6 に示すように、本実施形態に係る固体燃料 4 0 0 も、実施形態 1 の場合と同様、4 つのブロック B K に分割されて構成されている。各々のブロック B K は、易燃焼部 4 1 0 と難燃焼部 4 5 0 とによって構成されている。

20

## 【 0 0 7 9 】

各々のブロック B K において、難燃焼部 4 5 0 は、易燃焼部 4 1 0 の、仮想直線 V L に平行な長さ方向の両端面及び外面としての外周面を覆う形状を有する。そして、難燃焼部 4 5 0 の、易燃焼部 4 1 0 の両端面のうち終端面 1 0 0 b に近い方の端面を覆う部分が、その易燃焼部 4 1 0 に対するストッパー部を構成している。以下、具体的に説明する。

## 【 0 0 8 0 】

各々のブロック B K において、難燃焼部 4 5 0 は、第 1 厚肉部 4 2 0 及び第 2 厚肉部 4 3 0 と、それら第 1 厚肉部 4 2 0 及び第 2 厚肉部 4 3 0 よりも、長さ方向と直交する径方向の厚さが薄い薄肉部 4 4 0 とを有する。

30

## 【 0 0 8 1 】

第 1 厚肉部 4 2 0 は、難燃焼部 4 5 0 の、長さ方向の一端面である第 1 端面 4 5 0 a を構成しており、かつ第 1 端面 4 5 0 a と連続して流路 C A に露出している第 1 難燃焼露出面 4 2 1 を有する。第 2 厚肉部 4 3 0 は、難燃焼部 4 5 0 の、長さ方向の他端面である第 2 端面 4 5 0 b を構成しており、かつ第 2 端面 4 5 0 b と連続して流路 C A に露出している第 2 難燃焼露出面 4 3 1 を有する。

## 【 0 0 8 2 】

第 1 厚肉部 4 2 0 と第 2 厚肉部 4 3 0 との間に、易燃焼部 4 1 0 が配置される。易燃焼部 4 1 0 の両端面は、第 1 厚肉部 4 2 0 と第 2 厚肉部 4 3 0 とによって覆われている。薄肉部 4 4 0 は、易燃焼部 4 1 0 の外面としての外周面を覆った状態で、第 1 厚肉部 4 2 0 と第 2 厚肉部 4 3 0 とをつないでいる。

40

## 【 0 0 8 3 】

第 1 厚肉部 4 2 0 は、始端面 1 0 0 a に近い方に配置され、第 2 厚肉部 4 3 0 は、終端面 1 0 0 b に近い方に配置される。つまり、第 1 厚肉部 4 2 0 が、易燃焼部 4 1 0 の、始端面 1 0 0 a に近い方の端面を覆っており、第 2 厚肉部 4 3 0 が、易燃焼部 4 1 0 の、終端面 1 0 0 b に近い方の端面を覆っている。

## 【 0 0 8 4 】

このため、各々のブロック B K において、第 2 厚肉部 4 3 0 が、易燃焼部 4 1 0 に対す

50

るストッパー部を構成する。他の構成及び効果は、実施形態 1 の場合と同様である。

【0085】

[実施形態 5]

上記実施形態 1 では、固体燃料 100 が複数のブロック BK に分割されていたが、固体燃料 100 は、必ずしも複数のブロック BK に分割されていなくてもよい。以下、その具体例を述べる。

【0086】

図 7 に示すように、本実施形態に係る固体燃料 500 は、一体の易燃焼部 510 と、一体の難燃焼部 520 とが接合されて構成されている。易燃焼部 510 と難燃焼部 520 の各々は、筒状に形成されており、かつ始端面 100a から終端面 100b にわたって延在している。

10

【0087】

易燃焼部 510 は、仮想直線 VL と直交する径方向に関して、難燃焼部 520 よりも仮想直線 VL に近い内側に配置されている。固体燃料 500 が燃焼する前の初期状態における流路 CA の内面は、全域にわたって易燃焼部 510 の易燃焼露出面 511 によって構成されている。

【0088】

難燃焼部 520 は、仮想直線 VL と直交する径方向の厚さが相対的に薄い薄肉部 521 と、径方向の厚さが相対的に厚い厚肉部 522 とが、仮想直線 VL に平行な長さ方向に交互に複数配置された構成を有する。

20

【0089】

厚肉部 522 は、薄肉部 521 よりも流路 CA に近い径方向内方に突出した状態で、易燃焼部 510 に食い込んでおり、始端面 100a から終端面 100b に向かう方向の易燃焼部 510 の剥離を阻止するストッパー部の役割を果たす。

【0090】

また、それら厚肉部 522 は、上記実施形態 1 に係る難燃焼部 140 の、図 3 に示した厚肉部 120 と同様、易燃焼部 510 の焼失後の段階において、難燃焼部 520 自身の燃焼を促進する役割も兼ねる。

【0091】

[実施形態 6]

上記実施形態 1 では、各々のブロック BK を構成する難燃焼部 140 として、第 1 端面 140a と第 2 端面 140b との間で、仮想直線 VL と直交する径方向の厚さが段階的に変化した形状のものを用いたが、難燃焼部 140 の厚さは、第 1 端面 140a から第 2 端面 140b に向かって連続的に変化していてもよい。以下、その具体例を述べる。

30

【0092】

図 8 に示すように、本実施形態に係る固体燃料 600 も、実施形態 1 の場合と同様、4 つのブロック BK に分割されて構成されている。各々のブロック BK は、易燃焼部 610 と難燃焼部 620 とによって構成されている。

【0093】

また、難燃焼部 620 の、仮想直線 VL と平行な長さ方向の一端面である第 1 端面 620a の開口の面積は、他端面である第 2 端面 620b の開口の面積よりも小さい。第 1 端面 620a は、始端面 100a に近い方に配置されており、第 2 端面 620b は、終端面 100b に近い方に配置されている。

40

【0094】

易燃焼部 610 の易燃焼露出面 611 は、仮想直線 VL と平行な長さ方向に関して、第 1 端面 620a の位置から第 2 端面 620b の位置にわたって流路 CA に露出している。つまり、初期状態における流路 CA の内面は、全域にわたって易燃焼露出面 611 によって構成されている。

【0095】

そして、難燃焼部 620 は、易燃焼部 610 の、仮想直線 VL と直交する径方向に関し

50

て易燃焼露出面 6 1 1 とは反対側の外面としての外周面を、第 1 端面 6 2 0 a の位置から第 2 端面 6 2 0 b の位置にわたって覆っている。

【 0 0 9 6 】

各々のブロック B K における難燃焼部 6 2 0 の、仮想直線 V L と直交する径方向に関してケーシング 8 2 0 から遠い方の内面としての内周面 6 2 1 は、仮想直線 V L と平行な長さ方向に関して第 2 端面 6 2 0 b に近づくに従って、次第にケーシング 8 2 0 に近づくように傾斜している。つまり、各々のブロック B K において、難燃焼部 6 2 0 の径方向の厚さは、第 1 端面 6 2 0 a から第 2 端面 6 2 0 b に向かって連続的に減少している。

【 0 0 9 7 】

なお、難燃焼部 6 2 0 の内周面 6 2 1 は、易燃焼部 1 1 0 が消失した後に流路 C A に露出する内面の一例である。内周面 6 2 1 は、易燃焼部 1 1 0 が消失した後に、易燃焼部 1 1 0 よりも緩やかに燃焼しつつケーシング 8 2 0 を保護する。

10

【 0 0 9 8 】

終端側ブロック B K における難燃焼部 6 2 0 の第 1 端面 6 2 0 a は、始端側ブロック B K における易燃焼部 6 1 0 の、終端面 1 0 0 b に近い方の端面に接している。このため、終端側ブロック B K における難燃焼部 6 2 0 の、第 1 端面 6 2 0 a を構成している部分が、始端側ブロック B K の易燃焼部 6 1 0 に対するストッパー部を構成する。従って、燃焼の過程で、易燃焼部 6 1 0 が難燃焼部 6 2 0 から剥離しにくい。

【 0 0 9 9 】

図 9 に示すように、易燃焼部 6 1 0 が焼失した後は、難燃焼部 6 2 0 の内周面 6 2 1 が、流路 C A の、仮想直線 V L に垂直な断面積を、第 2 端面 6 2 0 b に近づくに従って次第に増大させている末広部を構成する。そして、難燃焼部 6 2 0 において第 1 端面 6 2 0 a を構成している部分が、流路 C A に突出した状態となる。

20

【 0 1 0 0 】

このため、その第 1 端面 6 2 0 a を構成している部分が、液体酸化剤、難燃焼部 6 2 0 が熱分解した熱分解ガス、その熱分解ガスが燃焼した燃焼ガス、及び火炎の 4 者を含む流体 F L の流れを乱す。これにより、それら 4 者が攪拌されることで、難燃焼部 6 2 0 の熱分解が促進される。難燃焼部 6 2 0 の熱分解の促進は、ハイブリッドロケット 8 0 0 に付与する推力の向上に資する。

【 0 1 0 1 】

このように、難燃焼部 6 2 0 において第 1 端面 6 2 0 a を構成している部分は、燃焼の開始後の初期の段階において、易燃焼部 6 1 0 の剥離を阻止するストッパー部の役割を果たすだけでなく、易燃焼部 6 1 0 の焼失後の段階において、難燃焼部 6 2 0 自身の燃焼を促進する役割も兼ねる。

30

【 0 1 0 2 】

また、難燃焼部 6 2 0 における第 1 端面 6 2 0 a を構成している部分は、図 3 に示した厚肉部 1 2 0 に比べて、完全には焼失しにくい。このため、難燃焼部 6 2 0 自身の燃焼を促進する効果が持続しやすい。

【 0 1 0 3 】

これは、難燃焼部 6 2 0 の内周面 6 2 1 が、流路 C A の断面積を次第に増大させる末広部を構成しているため、流体 F L の流速が、第 1 端面 6 2 0 a に当たるまでに適度に減速されることで、第 1 端面 6 2 0 a を構成している部分の局所的で過剰な損耗が抑えられることによると考えられる。

40

【 0 1 0 4 】

また、難燃焼部 6 2 0 の内周面 6 2 1 に沿う流体 F L の流れが、仮想直線 V L から遠ざかる径方向外方の速度成分を有するため、難燃焼部 6 2 0 の内周面 6 2 1 が、仮想直線 V L に平行なフラットな面になりにくいことも、第 1 端面 6 2 0 a を構成している部分が残留しやすい理由の 1 つと考えられる。

【 0 1 0 5 】

[ 実施形態 7 ]

50

上記実施形態 6 では、固体燃料 600 が複数のブロック B K に分割されていたが、固体燃料 600 は、必ずしも複数のブロック B K に分割されていなくてもよい。以下、その具体例を述べる。

【0106】

図 10 に示すように、本実施形態に係る固体燃料 700 は、一体の易燃焼部 710 と、一体の難燃焼部 720 とが接合されて構成されている。易燃焼部 710 と難燃焼部 720 の各々は、始端面 100 a から終端面 100 b にわたって延在している。

【0107】

難燃焼部 720 は、仮想直線 V L と直交する径方向に関して、ケーシング 820 から遠ざかる向きに突出している段差部 721 と、その段差部 721 から、終端面 100 b に近づくと従って、次第にケーシング 820 に近づく向きに傾斜している末広部 722 とを有する。

10

【0108】

具体的には、難燃焼部 720 は、段差部 721 と末広部 722 との組を、長さ方向に複数組、具体的には、4 組有する。隙間 G P 1 に面している最上段のブロック B K の段差部 721 は、始端面 100 a を構成している。

【0109】

なお、本実施形態では、易燃焼部 710 が、難燃焼部 720 の各々の段差部 721 よりも径方向内方に厚さをもって存在している。固体燃料 700 が燃焼する前の初期状態における流路 C A の内面は、全域にわたって易燃焼部 710 の易燃焼露出面 711 によって構成されている。

20

【0110】

また、本実施形態では、4 つの段差部 721 のうち、始端面 100 a を構成するものを除く 3 つの段差部 721 が、易燃焼部 710 に食い込んでおり、易燃焼部 710 の剥離を阻止するストッパー部の役割を果たす。

【0111】

また、それら段差部 721 は、上記実施形態 6 に係る難燃焼部 620 の、図 8 に示した第 2 端面 620 a を構成している部分と同様、易燃焼部 710 の焼失後の段階において、難燃焼部 720 自身の燃焼を促進する役割も兼ねる。

【0112】

以上、実施形態 1 - 7 について説明したが、本発明はこれに限られない。例えば、以下に述べる変形も可能である。

30

【0113】

上記実施形態 1 では、易燃焼部 110 の材料としてパラフィンを採用し、難燃焼部 140 の材料としてアクリル樹脂を採用したが、易燃焼部 110 よりも難燃焼部 140 が燃焼しにくければ、易燃焼部 110 及び難燃焼部 140 の材料は特に限定されない。易燃焼部 110 の材料としてパラフィンを用いる場合、難燃焼部 140 の材料として、ポリエチレン樹脂又は A B S 樹脂を用いることもできる。他の実施形態においても同様である。

【0114】

上記実施形態 1 では、固体燃料 100 が、易燃焼部 110 と難燃焼部 140 とによって構成される場合を例示したが、固体燃料 100 は、易燃焼部 110 及び難燃焼部 140 以外の部分を有してもよい。具体的には、固体燃料 100 は、易燃焼部 110 及び難燃焼部 140 とは燃焼のしにくさの異なる第 3 の材料を含んでもよい。他の実施形態においても同様である。

40

【0115】

上記実施形態 1 では、固体燃料 100 をハイブリッドロケット 800 に適用した構成を例示したが、固体燃料 100 は、固体燃料ロケット等、ハイブリッドロケット 800 以外のロケットに適用することもできる。他の実施形態においても同様である。

【0116】

上記実施形態 1 - 4 及び 6 では、互いに同じ形状の複数のブロック B K を組み合わせた

50



構成を例示したが、異なる形状のブロック B K を組み合わせてもよい。例えば、図 1 に示すブロック B K と、図 8 に示すブロック B K とを組み合わせてもよい。

【 0 1 1 7 】

上記実施形態 1 - 7 では、流路 C A の内面が、仮想直線 V L を中心軸とする円柱の側面を構成している場合を例示したが、流路 C A の内面は、仮想直線 V L を中心軸とする、円柱以外の柱体、例えば、角柱の側面を構成していてもよい。

【 0 1 1 8 】

上記実施形態 5 では、図 7 に示したように、ストッパー部としての厚肉部 5 2 2 が、仮想直線 V L の周りの周方向に、全周にわたって延在する構成を例示したが、厚肉部 5 2 2 は、必ずしも周方向に全周にわたって延在していなくても、ストッパー部としての役割を果たし得る。図 10 に例示した段差部 7 2 1 についても同様である。難燃焼部 5 2 0 が、仮想中心軸 V L に近づく径方向内方に、棒状に突出した突出部を有する場合でも、その突出部が易燃焼部 5 1 0 に食い込んでいることにより、その突出部がストッパー部としての役割を果たし得る。

10

【 0 1 1 9 】

以下、図 1 に示した液体酸化剤供給装置 8 1 0 の具体例として用いることができる極低温液体供給装置について説明する。

【 0 1 2 0 】

[ 比較形態 ]

まず、実施形態に係る極低温液体供給装置において解決しようとする課題を示すために、比較形態に係る極低温液体供給装置を説明する。

20

【 0 1 2 1 】

図 16 に示すように、比較形態に係る極低温液体供給装置 3 0 0 0 は、内部に極低温液体 U L が溜められる液密かつ気密なタンク 3 1 0 0 を備える。タンク 3 1 0 0 の上面には、内部に極低温液体 U L を注入するための注入口 3 1 1 0 が形成されている。注入口 3 1 1 0 は、極低温液体 U L の注入が完了した後に、気密かつ液密に閉塞される。

【 0 1 2 2 】

また、極低温液体供給装置 3 0 0 0 は、タンク 3 1 0 0 の内部の極低温液体 U L を、タンク 3 1 0 0 よりも下方に配置される供給先 S D へと案内する供給管 3 2 0 0 を備える。供給管 3 2 0 0 は、外管 3 2 1 0 と、外管 3 2 1 0 の内部を通っている内管 3 2 2 0 とによって構成される 2 重管構造を有する。

30

【 0 1 2 3 】

外管 3 2 1 0 は、タンク 3 1 0 0 の内部における上面から、タンクの内部における底面に向かって下方に延在する。内管 3 2 2 0 の上端は、タンク 3 1 0 0 の上面と対面する位置において開口している。内管 3 2 2 0 の下端は、供給先 S D につながれている。

【 0 1 2 4 】

また、極低温液体供給装置 3 0 0 0 は、一端部がタンク 3 1 0 0 の内部と連通したガス導出入管 3 4 0 0 と、ガス導出入管 3 4 0 0 の他端部につながれた 3 方バルブ 3 5 0 0 と、一端部が 3 方バルブ 3 5 0 0 につながれ、他端部がタンク 3 1 0 0 の内部と連通したガス案内管 3 6 0 0 とを備える。

40

【 0 1 2 5 】

ガス導出入管 3 4 0 0 の一端部は、タンク 3 1 0 0 の内部における、外管 3 2 1 0 の外側の領域と連通している。ガス案内管 3 6 0 0 の他端部は、タンク 3 1 0 0 の内部における、外管 3 2 1 0 の内側の領域と連通している。

【 0 1 2 6 】

また、極低温液体供給装置 3 0 0 0 は、タンク 3 1 0 0 の内部の極低温液体 U L を、供給管 3 2 0 0 を通して供給先 S D へと押し出すための加圧用ガスを供給する加圧用ガス源 3 3 0 0 を備える。加圧用ガス源 3 3 0 0 も 3 方バルブ 3 5 0 0 につながれている。

【 0 1 2 7 】

まず、3 方バルブ 3 5 0 0 は、加圧用ガス源 3 3 0 0 からの加圧用ガスの供給が断たれ

50

、かつガス導出入管 3400 とガス案内管 3600 とが連通する加圧停止状態に設定される。この状態で、注入口 3110 を介してタンク 3100 に極低温液体 UL が注入される。極低温液体 UL の注入に伴って、タンク 3100 の内部の空気が、ガス導出入管 3400、ガス案内管 3600、及び内管 3220 を通して、供給先 SD に押し出される。

【0128】

このとき、タンク 3100 の内部において、外管 3210 の外側と外管 3210 の内側とが、ガス導出入管 3400 及びガス案内管 3600 によって連通されているため、タンク 3100 の内部における外管 3210 の外側と外管 3210 の内側とで、極低温液体 UL の液面の高さが等しく揃う。

【0129】

次に、3方バルブ 3500 が、ガス案内管 3600 の一端部が閉塞され、かつ加圧用ガス源 3300 とガス導出入管 3400 とが連通する加圧状態に切り換えられる。すると、加圧用ガス源 3300 から、ガス導出入管 3400 を通してタンク 3100 の内部に供給される加圧用ガスによって、外管 3210 の外側における極低温液体 UL の液面が加圧される。

【0130】

これにより、外管 3210 の外側における極低温液体 UL の液面が低下し、外管 3210 の内側における極低温液体 UL の液面が上昇して、極低温液体 UL が内管 3220 に流入する。流入した極低温液体 UL は、内管 3220 を通して供給先 SD に供給される。

【0131】

以上説明した極低温液体供給装置 3000 においては、加圧停止状態においてタンク 3100 に極低温液体 UL を注入するとき、極低温液体 UL の液面が、タンク 3100 の底面から、内管 3220 の上端の開口までの距離を表す限界高さ H を超えないように、細心の注意を払う必要がある。

【0132】

極低温液体 UL の液面が限界高さ H を超えると、加圧用ガスを供給していないにも関わらず、極低温液体 UL が内管 3220 に流入し、内管 3220 を通して供給先 SD に流出してしまうオーバーフローが生じるからである。

【0133】

この問題を防止するためには、極低温液体 UL の液面を限界高さ H よりも十分に低く定めることが有効である。しかし、その場合、タンク 3100 の全容積に占める極低温液体 UL の体積の割合である充填率が低いため、タンク 3100 を有効に活用できているとは言い難い。以下、この課題を解決する実施形態について説明する。

【0134】

[実施形態 8]

図 11 に示すように、本実施形態に係る極低温液体供給装置 1000 は、内部に極低温液体 UL が溜められる液密かつ気密なタンク 1100 を備える。タンク 1100 の上面には、内部に極低温液体 UL を注入するための注入口 1110 が形成されている。注入口 1110 は、タンク 1100 への極低温液体 UL の注入が完了した後に、気密かつ液密に閉塞される。

【0135】

また、極低温液体供給装置 1000 は、タンク 1100 の内部の極低温液体 UL を、タンク 1100 よりも下方に配置される供給先 SD へと案内する供給管 1200 と、タンク 1100 の内部の極低温液体 UL を、供給管 1200 を通して供給先 SD へと押し出すための加圧用ガスを供給する加圧用ガス源 1300 とを備える。

【0136】

供給管 1200 は、極低温液体 UL が流入する流入端部 1200 a と、極低温液体 UL が流出する流出端部 1200 b とを有し、流入端部 1200 a から流出端部 1200 b にわたって、極低温液体 UL が流れる管路を構成している。流入端部 1200 a は、タンク 1100 の内部で極低温液体 UL に浸漬される。流出端部 1200 b は、供給先 SD につ

10

20

30

40

50

ながれている。

【0137】

本実施形態に係る供給管1200は、極低温液体ULが流れる管路に沿って、流入端部1200aから流出端部1200bまでの間に、タンク1100から上方に突出している上方突出部としての折り返し部1220を有する点を最大の特徴としている。

【0138】

具体的には、供給管1200は、折り返し部1220の他、流入端部1200aから折り返し部1220に至る上方内部1210と、折り返し部1220から供給先SDに至る下方内部1230とを有し、全体として逆U字状に形成されている。

【0139】

上方内部1210の一端部は、流入端部1200aを構成している。上方内部1210の他端部は、折り返し部1220につながれている。上方内部1210は、流入端部1200aから折り返し部1220に向けて、極低温液体ULを上方に案内する。

【0140】

折り返し部1220は、上方内部1210によって上方に案内された極低温液体ULを、タンク1100の内部に向けて下方に折り返す。このように、折り返し部1220は、極低温液体ULが流れる管路の一部を構成している。

【0141】

下方内部1230の一端部は、折り返し部1220につながれている。下方内部1230は、タンク1100の底面を貫いており、下方内部1230の他端部は、流出端部1200bを構成している。下方内部1230は、折り返し部1220において下方に折り返された極低温液体ULを、タンク1100の内部を經由して、供給先SDに向けて下方に案内する。

【0142】

また、極低温液体供給装置1000は、一端部がタンク1100の内部と連通したガス導出入管1400と、ガス導出入管1400の他端部につながれたガスバルブとしての3方バルブ1500と、一端部が3方バルブ1500につながれたガス案内管1600とを備える。ガス案内管1600の他端部は、供給管1200の下方内部1230における、タンク1100の底面から供給先SDまでの間の部分につながれている。

【0143】

3方バルブ1500には、加圧用ガス源1300も接続されている。3方バルブ1500は、加圧用ガス源1300からタンク1100への加圧用ガスの供給が断たれ、かつガス導出入管1400とガス案内管1600とが連通する加圧停止状態と、ガス導出入管1400とガス案内管1600との連通が断たれ、かつ加圧用ガス源1300とガス導出入管1400とが連通する加圧状態との間で切り換え可能である。

【0144】

図11は、加圧停止状態の極低温液体供給装置1000を示す。加圧停止状態において、ユーザは、注入口1110からタンク1100に極低温液体ULを注入する。極低温液体ULの注入に伴って、注入された極低温液体ULによって、タンク1100の内部の空気が、ガス導出入管1400、ガス案内管1600、及び下方内部1230を通して、供給先SDに押し出される。

【0145】

このため、タンク1100には、極低温液体ULと置換された空気を排出するための空気排出孔を形成する必要がない。但し、タンク1100に空気排出孔を形成してもよいし、注入口1110の一部が空気排出孔の役割を果たしてもよい。

【0146】

また、このとき、ガス導出入管1400及びガス案内管1600を通して、タンク1100の内部と供給管1200の内部とが連通しているため、タンク1100の内部と供給管1200の内部とで気圧が等しい。従って、タンク1100の内部における極低温液体ULの液面の高さと、上方内部1210における極低温液体ULの液面の高さとが等し

10

20

30

40

50

く揃う。

【0147】

なお、本実施形態では、供給先SDの気圧が大気圧と等しく、加圧停止状態では、タンク1100の内部及び供給管1200の内部が、大気圧に保たれる。

【0148】

そして、折り返し部1220が、タンク1100から上方に突出しているため、タンク1100に極低温液体ULを注入したとき、供給管1200によって構成される管路における、少なくとも折り返し部1220から流出端部1200bまでの間に、空隙部VPが確保される。

【0149】

従って、タンク1100に極低温液体ULを注入したときに、極低温液体ULが供給管1200を通して供給先SDに流出してしまうオーバーフローの問題を回避できる。このため、タンク1100に極低温液体ULを注入する作業を手軽に行うことができる。

【0150】

また、タンク1100の内部における極低温液体ULの液面を従来よりも高く設定してもオーバーフローの問題を回避できる。具体的には、タンク1100の内部における極低温液体ULの液面の高さを、図16に示した限界高さHよりも高く設定することができる。このため、タンク1100への極低温液体ULの充填率を従来よりも高めうる。

【0151】

なお、タンク1100への極低温液体ULの注入が完了すると、注入口1110が気密かつ液密に閉塞される。この状態において、タンク1100の内部で極低温液体ULが気化したガスは、ガス導出入管1400を通してタンク1100の外部に排出される。つまり、ガス導出入管1400は、タンク1100の内部で極低温液体ULが気化したガスを、タンク1100の外部に排出するガス排出部の役割を果たす。

【0152】

ガス導出入管1400から排出されたガスは、ガス案内管1600を通して供給先SDへと導かれる。具体的には、ガス導出入管1400から排出されたガスは、ガス案内管1600と、供給管1200の下方案内内部1230における空隙部VPとを通して、供給先SDへと供給される。このため、加圧停止状態において、タンク1100の昇圧が抑制される。

【0153】

そして、極低温液体ULを供給先SDに供給する所望のタイミングで、3方バルブ1500が加圧状態に切り換えられる。以下、加圧状態における極低温液体供給装置1000の動作について説明する。

【0154】

図12に示すように、3方バルブ1500が加圧状態に切り換えられると、ガス導出入管1400とガス案内管1600との連通が断たれるため、極低温液体ULが気化したガスの、ガス導出入管1400からの排出が断たれる。

【0155】

そして、加圧用ガス源1300とガス導出入管1400とが連通するため、加圧用ガス源1300から、ガス導出入管1400を通してタンク1100に加圧用ガスが供給される。このように、ガス導出入管1400は、加圧用ガスをタンク1100に案内する役割も果たす。

【0156】

これにより、タンク1100の内部における極低温液体ULの液面が、加圧用ガスによって、下方に加圧される。これに伴い、極低温液体ULが、流入端部1200aから上方案内内部1210に流入する。

【0157】

上方案内内部1210に流入した極低温液体ULは、折り返し部1220に向かって上昇し、折り返し部1220において折り返されて、流出端部1200bを経て供給先SDに

10

20

30

40

50

向かって降下する。このようにして、加圧用ガスによって、極低温液体ULが、流入端部1200aから流出端部1200bを通して、供給先SDへと押し出される。

【0158】

下方案内部1230がタンク1100の内部を通っており、折り返し部1220において下方に折り返された極低温液体ULが、タンク1100の内部を経由して、供給先SDに供給される。このため、下方案内部1230がタンク1100の外部に配置されている場合に比べると、下方案内部1230を流れる極低温液体ULが、外気によって加温されにくい。

【0159】

[実施形態9]

上記実施形態8では、逆U字状の供給管1200を用いたが、供給管1200は、極低温液体ULを一旦タンク1100よりも上方へと案内し、タンク1100よりも上方において下方に折り返すものであれば、その形状は特に限定されない。以下、供給管1200の形状を変形した具体例について述べる。

【0160】

図13に示すように、本実施形態に係る極低温液体供給装置2000は、内部に極低温液体ULが溜められる液密かつ気密なタンク2100と、タンク2100の内部の極低温液体ULを、タンク2100よりも下方に配置される供給先SDへと案内する供給管2200と、タンク2100の内部の極低温液体ULを、供給管2200を通して供給先SDへと押し出すための加圧用ガスを供給する加圧用ガス源2300とを備える。

【0161】

供給管2200は、極低温液体ULが流入する流入端部2200aと、極低温液体ULが流出する流出端部2200bとを有し、流入端部2200aから流出端部2200bにわたって、極低温液体ULが流れる管路を構成している。流入端部2200aは、タンク2100の内部で極低温液体ULに浸漬される。流出端部2200bは、供給先SDにつながれている。

【0162】

本実施形態に係る供給管2200は、極低温液体ULが流れる管路に沿って、流入端部2200aから流出端部2200bまでの間に、タンク2100から上方に突出している上方突出部2200cを有する点を最大の特徴としている。

【0163】

具体的には、供給管2200は、直管状の外管2210と、外管2210の内部を通り、かつタンク2100を貫通している直管状の内管2220とを有する。

【0164】

外管2210の一端部は、流入端部2200aを構成している。外管2210の他端部は、上方突出部2200cを構成している。内管2220の一端部は、上方突出部2200cの内部において開口している。内管2220の他端部は、流出端部2200bを構成している。

【0165】

外管2210の内面と、内管2220の外面とによって、流入端部2200aから上方突出部2200cに向かって極低温液体ULが上方に案内される。そして、上方突出部2200cにおいて極低温液体ULが内管2220の一端部の開口に流入され、流入された極低温液体ULが、内管2220によって供給先SDへと案内される。

【0166】

また、極低温液体供給装置2000は、一端部がタンク2100の内部と連通したガス導出入管2400と、ガス導出入管2400の他端部につながれたガスバルブとしての3方バルブ2500と、一端部が3方バルブ2500につながれたガス案内管2600とを備える。

【0167】

ガス導出入管2400の一端部は、タンク2100の内部における、外管2210の外

10

20

30

40

50

側の領域と連通している。ガス案内管 2600 の他端部は、タンク 2100 の内部における、外管 2210 の内側の領域、具体的には、上方突出部 2200c の内部と連通している。

【0168】

3方バルブ 2500 には、加圧用ガス源 2300 も接続されている。3方バルブ 2500 は、加圧用ガス源 2300 からタンク 2100 への加圧用ガスの供給が断たれ、かつガス導出入管 2400 とガス案内管 2600 とが連通する加圧停止状態と、ガス導出入管 2400 とガス案内管 2600 との連通が断たれ、かつ加圧用ガス源 2300 とガス導出入管 2400 とが連通する加圧状態との間で切り換え可能である。

【0169】

図 13 は、加圧停止状態の極低温液体供給装置 2000 を示す。加圧停止状態において、ユーザは、注入口 2110 から、タンク 2100 の内部における外管 2210 の外側の領域に、極低温液体 UL を注入する。その過程で、注入された極低温液体 UL によって、タンク 2100 の内部の空気が、ガス導出入管 2400、ガス案内管 2600、及び内管 2220 を通して、供給先 SD に押し出される。

【0170】

また、このとき、ガス導出入管 2400 及びガス案内管 2600 を通して、タンク 2100 の内部における外管 2210 の内側の領域と外側の領域とが連通しているため、タンク 2100 の内部において、外管 2210 の内側と外側とで気圧が等しい。従って、タンク 2100 の内部における外管 2210 の内側と外側とで、極低温液体 UL の液面の高さが等しく揃う。

【0171】

なお、本実施形態では、供給先 SD の気圧が大気圧と等しく、加圧停止状態では、タンク 2100 の内部において、外管 2210 の内側と外側とが大気圧に保たれる。

【0172】

そして、上方突出部 2200c がタンク 2100 から上方に突出しているため、タンク 2100 に極低温液体 UL を注入したとき、供給管 2200 によって構成される、極低温液体 UL が流れる管路における、少なくとも上方突出部 2200c から流出端部 2200b までの間に、空隙部 VP が確保される。

【0173】

従って、タンク 2100 に極低温液体 UL を注入したときに、極低温液体 UL が内管 2220 を通して供給先 SD に流出してしまうオーバーフローの問題を回避できる。このため、タンク 2100 に極低温液体 UL を注入する作業を手軽に行うことができる。

【0174】

また、タンク 2100 の内部における極低温液体 UL の液面を従来よりも高く設定してもオーバーフローの問題を回避できる。具体的には、タンク 2100 の内部における極低温液体 UL の液面の高さを、図 16 に示した限界高さ H よりも高く設定することができる。このため、タンク 2100 への極低温液体 UL の充填率を従来よりも高めうる。

【0175】

なお、タンク 2100 への極低温液体 UL の注入が完了すると、注入口 2110 が気密かつ液密に閉塞される。この状態において、タンク 2100 の内部で極低温液体 UL が気化したガスは、ガス導出入管 2400 を通してタンク 2100 の外部に排出される。つまり、ガス導出入管 2400 は、タンク 2100 の内部で極低温液体 UL が気化したガスを、タンク 2100 の外部に排出するガス排出部の役割を果たす。

【0176】

ガス導出入管 2400 から排出されたガスは、ガス案内管 2600 と、上方突出部 2200c 及び内管 2220 における空隙部 VP とを通して、供給先 SD へと導かれる。このため、加圧停止状態において、タンク 2100 の昇圧が抑制される。

【0177】

そして、極低温液体 UL を供給先 SD に供給する所望のタイミングで、3方バルブ 25

10

20

30

40

50

00が加圧状態に切り換えられる。以下、加圧状態における極低温液体供給装置2000の動作について説明する。

【0178】

図14に示すように、3方バルブ2500が加圧状態に切り換えられると、ガス導出入管2400とガス案内管2600との連通が断たれるため、極低温液体ULが気化したガスの、ガス導出入管2400からの排出が断たれる。

【0179】

そして、加圧用ガス源2300とガス導出入管2400とが連通するため、加圧用ガス源2300から、ガス導出入管2400を通してタンク2100に加圧用ガスが供給される。このように、ガス導出入管2400は、加圧用ガスをタンク2100に案内する役割も果たす。これにより、タンク2100の内部における極低温液体ULの液面が、加圧用ガスによって、下方に加圧される。

【0180】

これに伴い、極低温液体ULが、流入端部2200aから、外管2210と内管2220との間に流入する。流入した極低温液体ULは、上方突出部2200cに向かって上昇し、上方突出部2200cにおいて折り返されて、内管2220を通過して供給先SDに向かって降下する。このようにして、加圧用ガスによって、極低温液体ULが、流入端部2200aから流出端部2200bを通して、供給先SDへと押し出される。

【0181】

[実施形態10]

上記実施形態8及び9に係る極低温液体供給装置1000及び2000の用途は限定されないが、ハイブリッドロケットにおいて、極低温液体ULとしての液体酸化剤を供給する用途に特に適する。以下、上記実施形態8に係る極低温液体供給装置1000をハイブリッドロケットに適用した具体例について述べる。

【0182】

図15に示すように、本実施形態に係るハイブリッドロケット4000は、固体燃料4110を有する燃焼部4100と、極低温液体ULとしての液体酸素を固体燃料4110に供給する極低温液体供給装置1000とを備える。

【0183】

燃焼部4100は、固体燃料4110の他、固体燃料4110を収容しているケーシング4120と、ケーシング4120につながれたノズル4130とを有する。

【0184】

ケーシング4120は、ハイブリッドロケット4000が推進する方向と平行な仮想直線VLを中心軸とする中空筒状に形成されている。ケーシング4120の、仮想直線VLの延在方向の一端部に、極低温液体供給装置1000の流出端部1200bが繋がれている。ノズル4130は、ケーシング4120の他端部につながれている。

【0185】

ケーシング4120内において、固体燃料4110は、仮想直線VLに沿って延びた空洞部である流路CAを画定している。この流路CAが、図11に示した供給先SDに該当する。固体燃料4110の、仮想直線VLの延在方向の両端面は開口している。固体燃料4110の一端面である始端面4110aの開口と、他端面である終端面4110bの開口とが、流路CAによって連通している。

【0186】

ケーシング4120の、極低温液体供給装置1000とつながれる一端部の内壁と、固体燃料4110の始端面4110aとの間には、隙間GPが確保されている。燃焼部4100は、隙間GPに配置された噴霧器4140、及び隙間GPに面するように配置されたイグナイター4150も有する。

【0187】

噴霧器4140は、極低温液体供給装置1000によって供給された液体酸素を霧化する。霧化された液体酸素が、固体燃料4110の始端面4110aの開口から流路CAに

10

20

30

40

50

流入する。つまり、極低温液体供給装置 1000 は、噴霧器 4140 を通して、固体燃料 4110 の流路 CA に液体酸素を供給する。

【0188】

以下、ハイブリッドロケット 4000 の動作を説明する。まず、イグナイター 4150 が、高温の燃料ガスを発生させる。イグナイター 4150 によって発生された燃料ガスは、流路 CA に流入し、固体燃料 4110 が一部熱分解した状態となる。

【0189】

この状態で、極低温液体供給装置 1000 が、液体酸素の供給を開始する。極低温液体供給装置 1000 によって供給された液体酸素は、噴霧器 4140 において霧化されて、流路 CA に流入する。すると、霧化された液体酸素が流路 CA の内壁面近傍に到達することによって燃料ガスが燃焼され、これにより固体燃料 4110 の、流路 CA に面する内面の熱分解が促進され、かつ火炎及び燃焼ガスが生成される。

10

【0190】

火炎及び燃焼ガスは、始端面 4110 a の開口から終端面 4110 b の開口に向かって、流路 CA を流れる。その過程で、火炎及び燃焼ガスが、未燃の固体燃料 4110 の表層部を熱分解させて燃料ガスを生じさせ、再びその燃料ガスが燃焼する。

【0191】

このようにして、固体燃料 4110 は、始端面 4110 a から終端面 4110 b に向かう燃焼ガスの流動が流路 CA に生じる態様で燃焼される。終端面 4110 b の開口から流出した燃焼ガスは、ノズル 4130 において超音速に加速され、ノズル 4130 から噴出する。その噴出に対する反作用によって、ハイブリッドロケット 4000 が推力を得て推進する。

20

【0192】

以上、実施形態 8 - 10 について説明したが、本発明はこれに限られない。例えば、以下に述べる変形も可能である。

【0193】

上記実施形態 8 では、図 11 に示したように、一端部が 3 方バルブ 1500 につながれたガス案内管 1600 の他端部が、下方案内内部 1230 につながれた構成を採ったが、ガス案内管 1600 の他端部は、必ずしも下方案内内部 1230 につながれていなくてもよく、供給管 1200 における空隙部 VP が構成される部分につながれていればよい。

30

【0194】

実施形態 8 及び 9 に係る極低温液体供給装置 1000 及び 2000 の用途は、特にハイブリッドロケット 4000 に限定されない。実施形態 8 及び 9 に係る極低温液体供給装置 1000 及び 2000 は、例えば、液体酸素、液体水素、液体窒素、液体ヘリウム等の極低温液体 UL を供給するあらゆる用途に利用することができる。

【0195】

上記実施形態 10 を、上記実施形態 1 - 7 のいずれかに適用してもよい。つまり、図 15 に示す固体燃料 4110 として、図 2 に示す固体燃料 100、図 4 に示す固体燃料 200、図 5 に示す固体燃料 300、図 6 に示す固体燃料 400、図 7 に示す固体燃料 500、図 8 に示す固体燃料 600、又は図 10 に示す固体燃料 700 を用いてもよい。

40

【0196】

本発明は、その広義の精神と範囲を逸脱することなく、様々な実施形態及び変形が可能とされる。上記実施形態は、本発明を説明するものであり、本発明の範囲を限定するものではない。本発明の範囲は、実施形態でなく、請求の範囲によって示される。請求の範囲内及びそれと同等の範囲内で施される様々な変形が、本発明の範囲内とみなされる。

【0197】

本出願は、2018年7月9日に出願された日本国特許出願 2018 - 130158号と、2018年7月13日に出願された日本国特許出願 2018 - 132797号とに基づく。本明細書中に、それら日本国特許出願の明細書、特許請求の範囲、及び図面全体を参照として取り込むものとする。

50



## 【符号の説明】

## 【0198】

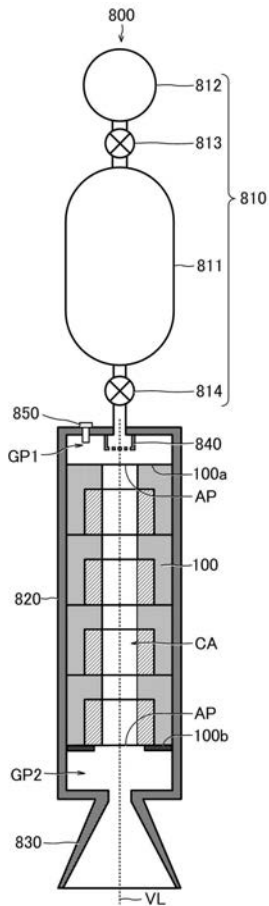
100, 200, 300, 400, 500, 600, 700 ... 固体燃料、	
100 a ... 始端面、	
100 b ... 終端面、	
110, 410, 510, 610, 710 ... 易燃焼部、	
111, 411, 511, 611, 711 ... 易燃焼露出面、	
120, 522 ... 厚肉部（ストッパ部）、	
121 ... 難燃焼露出面、	
130, 440, 521 ... 薄肉部、	10
140, 450, 520, 620, 720 ... 難燃焼部、	
140 a, 450 a, 620 a ... 第1端面、	
140 b, 450 b, 620 b ... 第2端面、	
420 ... 第1厚肉部、	
421 ... 第1難燃焼露出面、	
430 ... 第2厚肉部（ストッパ部）、	
431 ... 第2難燃焼露出面、	
621 ... 内周面（内面）、	
721 ... 段差部、	
722 ... 未広部、	20
800 ... ハイブリッドロケット（ロケット）、	
810 ... 液体酸化剤供給装置、	
811 ... タンク、	
812 ... 加圧用ガス源、	
813 ... 気体用バルブ、	
814 ... 液体用バルブ、	
820 ... ケーシング、	
830 ... ノズル、	
840 ... 噴霧器、	
850 ... イグナイター、	30
860 ... ストッパ、	
1000, 2000, 3000 ... 極低温液体供給装置（液体酸化剤供給装置）、	
1100, 2100, 3100 ... タンク、	
1110, 2110, 3110 ... 注入口、	
1200, 2200, 3200 ... 供給管、	
1200 a, 2200 a ... 流入端部、	
1200 b, 2200 b ... 流出端部、	
1210 ... 上方案内部、	
1220 ... 折り返し部（上方突出部）、	
1230 ... 下方案内部、	40
1300, 2300, 3300 ... 加圧用ガス源、	
1400, 2400 ... ガス導出入管（ガス排出部）、	
1500, 2500 ... 3方バルブ（ガスバルブ）、	
1600, 2600 ... ガス案内管、	
2200 c ... 上方突出部、	
2210, 3210 ... 外管、	
2220, 3220 ... 内管、	
3400 ... ガス導出入管、	
3500 ... 3方バルブ、	
3600 ... ガス案内管、	50

- 4 0 0 0 ... ハイブリッドロケット、
- 4 1 0 0 ... 燃焼部、
- 4 1 1 0 ... 固体燃料、
- 4 1 1 0 a ... 始端面、
- 4 1 1 0 b ... 終端面、
- 4 1 2 0 ... ケーシング、
- 4 1 3 0 ... ノズル、
- 4 1 4 0 ... 噴霧器、
- 4 1 5 0 ... イグナイター、
- A P ... 開口、
- B K ... ブロック、
- C A ... 流路（空洞部、供給先）、
- F L ... 流体、
- G P ... 隙間、
- G P 1 ... 隙間（前部燃焼室）、
- G P 2 ... 隙間（後部燃焼室）、
- H ... 限界高さ、
- S D ... 供給先、
- U L ... 極低温液体（液体酸化剤）、
- V L ... 仮想直線、
- V P ... 空隙部。

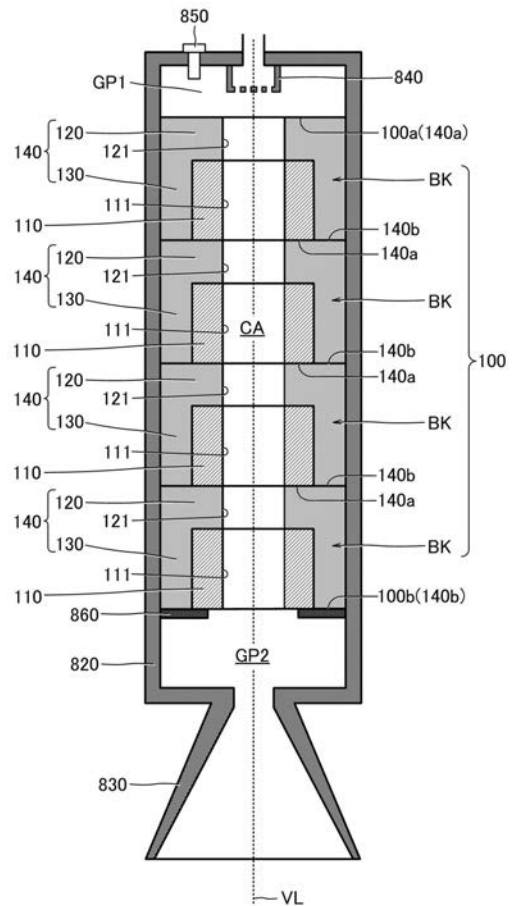
10

20

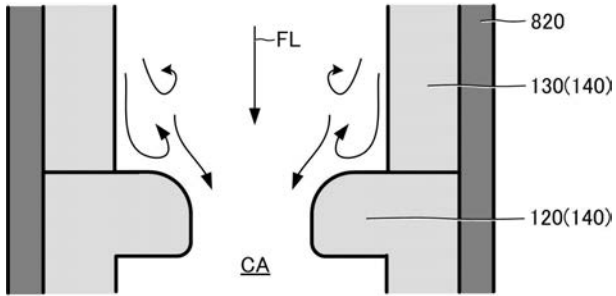
【 図 1 】



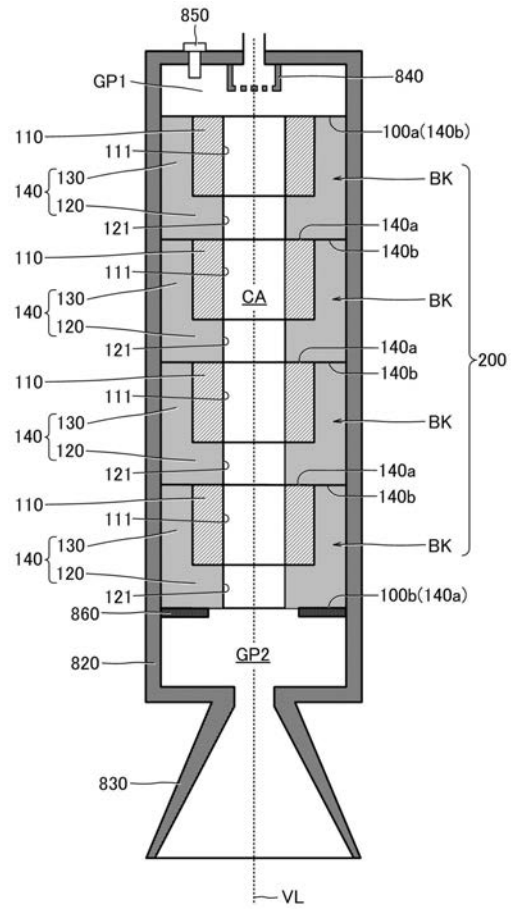
【 図 2 】



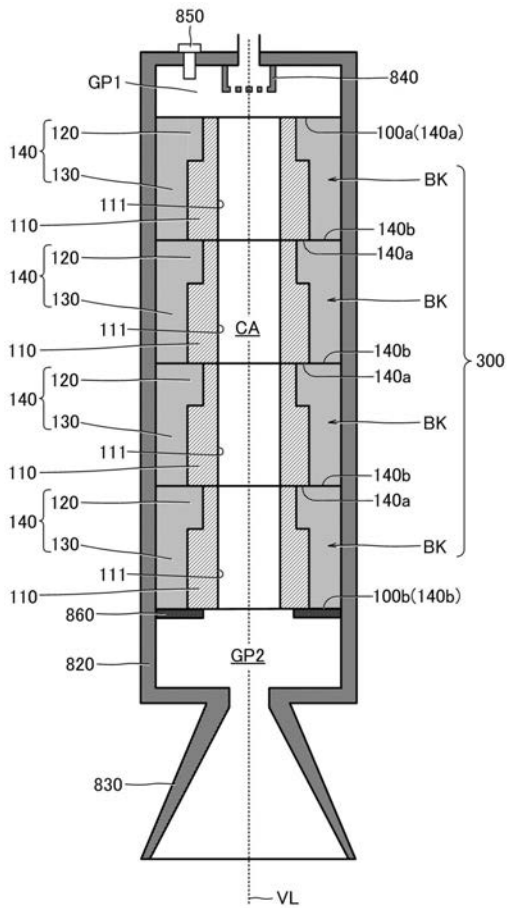
【 図 3 】



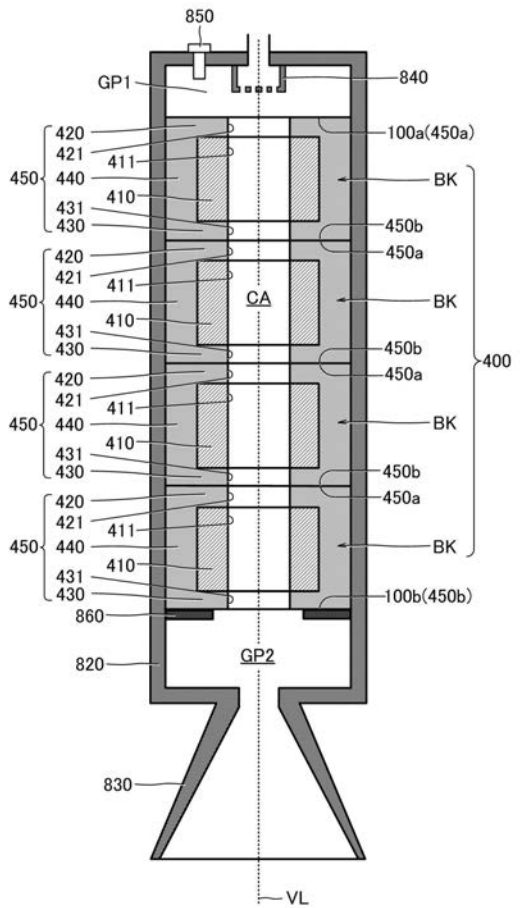
【 図 4 】



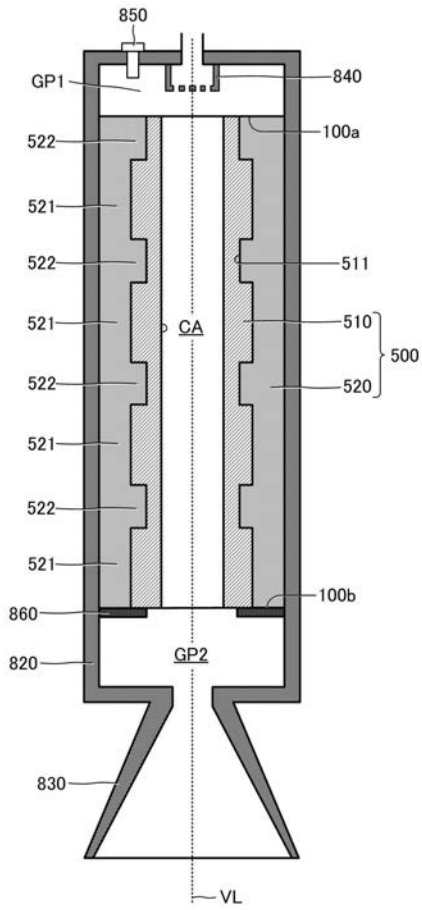
【 図 5 】



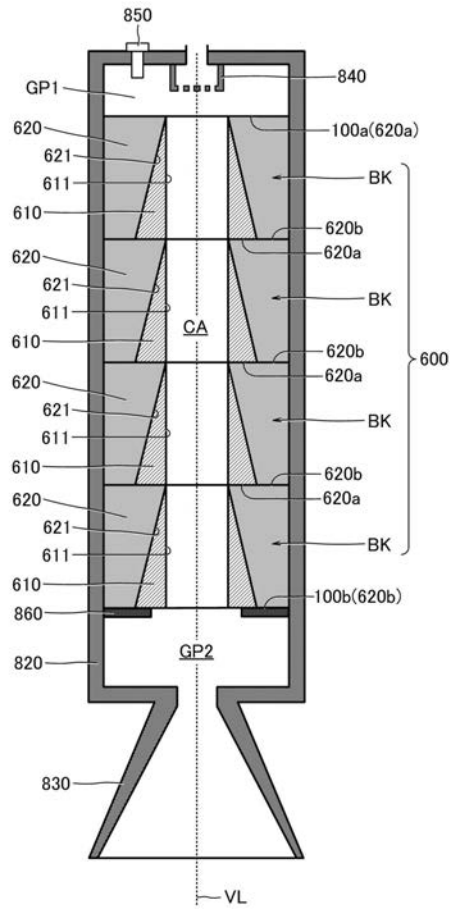
【 図 6 】



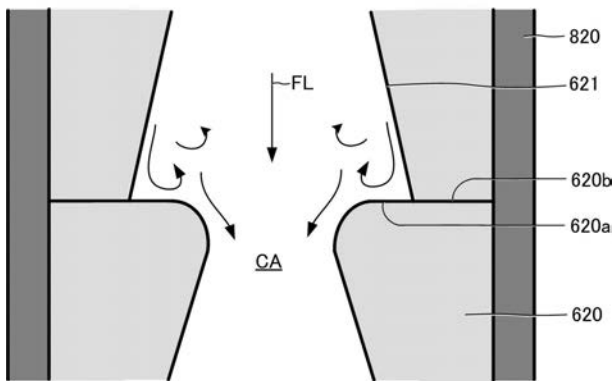
【 図 7 】



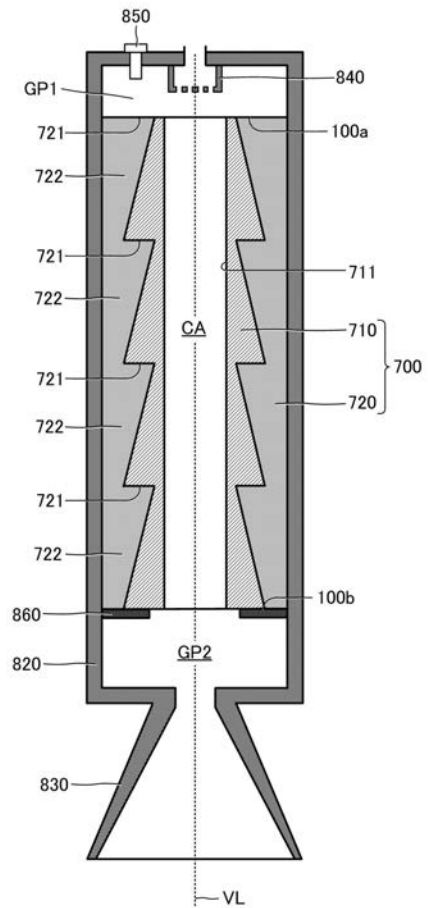
【 図 8 】



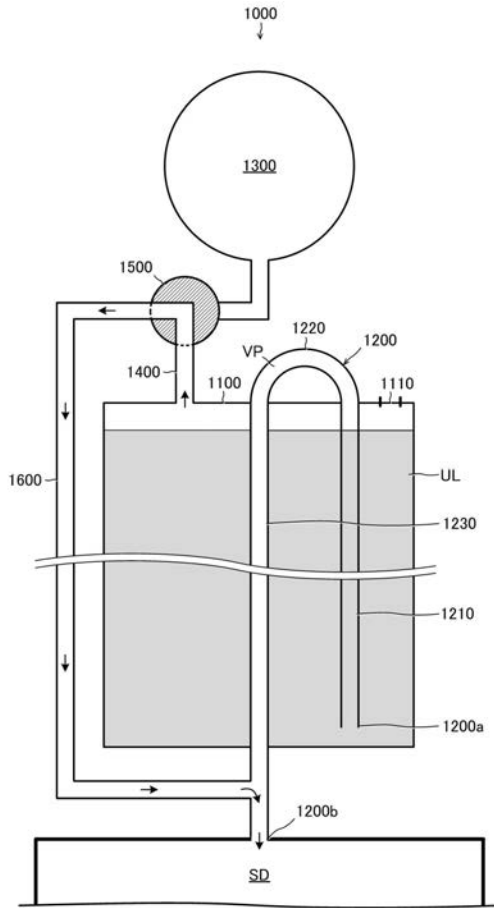
【 図 9 】



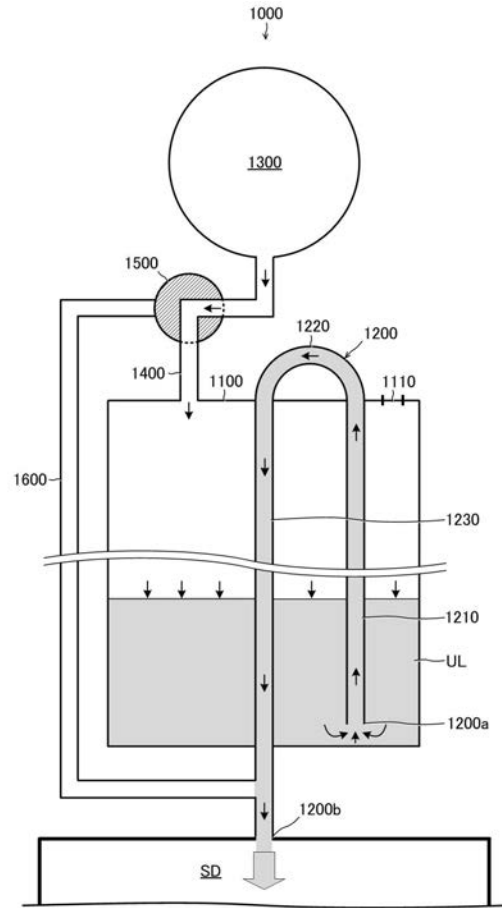
【 図 10 】



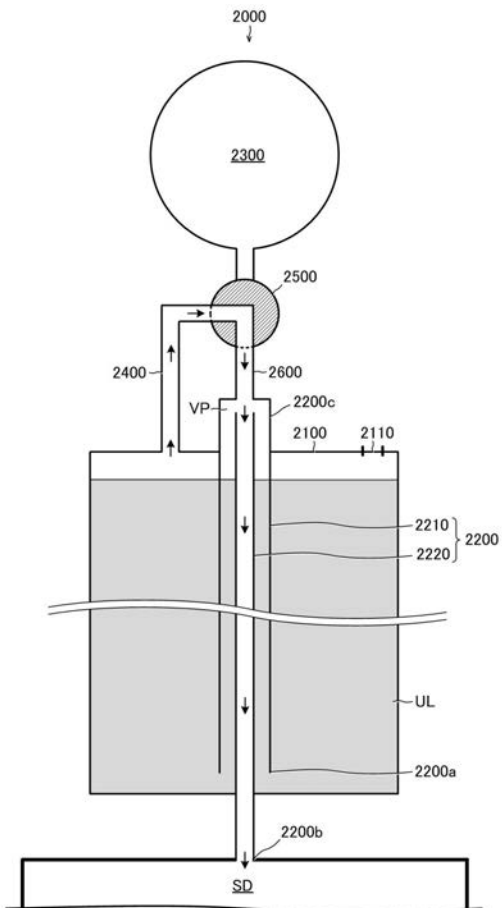
【 図 1 1 】



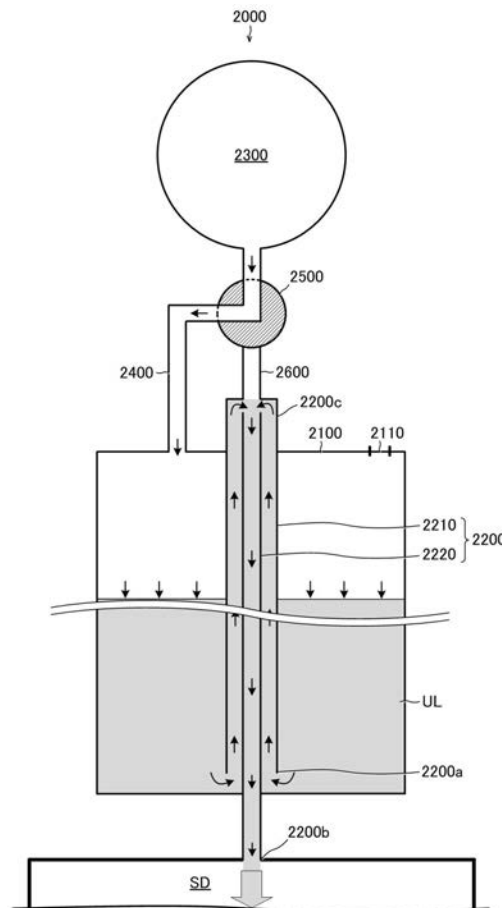
【 図 1 2 】



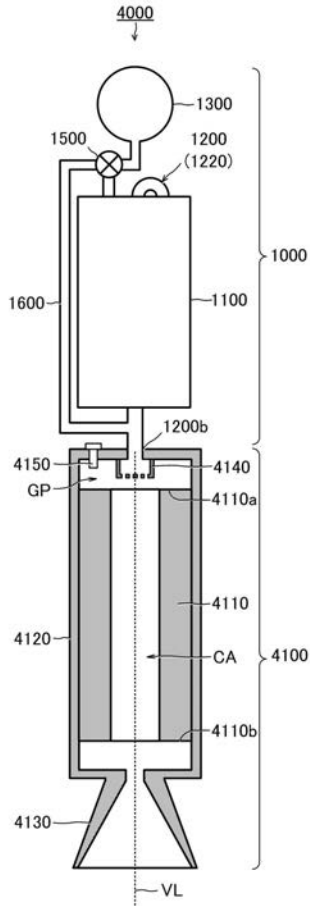
【 図 1 3 】



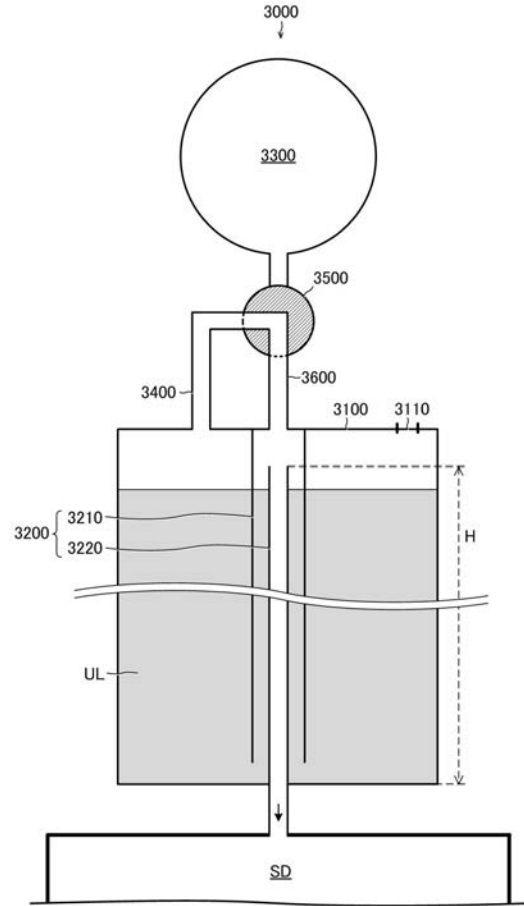
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2019/025607
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> Int.Cl. F02K9/72(2006.01)i, B64G1/00(2006.01)i, F02K9/12(2006.01)i, F02K9/50(2006.01)i, F17C7/02(2006.01)i  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. F02K9/72, B64G1/00, F02K9/12, F02K9/50, F17C7/02  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 1971-2019 Registered utility model specifications of Japan 1996-2019 Published registered utility model applications of Japan 1994-2019  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 51-7327 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 21 January 1976, entire text, all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 47-9803 B1 (ASAHI KASEI INDUSTRY CO., LTD.) 23 March 1972, entire text, all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 46-39645 B1 (NISSAN JIDOSYA KOGYO KK) 22 November 1971, entire text, all drawings (Family: none)	1-15
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 23 August 2019 (23.08.2019)		Date of mailing of the international search report 03 September 2019 (03.09.2019)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer  Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/025607

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 106870206 A (BEIHANG UNIVERSITY) 20 June 2017, entire text, all drawings (Family: none)	1-15
A	US 3423943 A (STARK, Marvin W.) 28 January 1969, entire text, all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2008-240643 A (NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION HOKKAIDO UNIVERSITY) 09 October 2008, entire text, all drawings (Family: none)	9-15
A	JP 2005-54649 A (JAPAN SCIENCE AND TECHNOLOGY AGENCY) 03 March 2005, entire text, all drawings (Family: none)	9-15



国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 9 / 0 2 5 6 0 7												
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. F02K9/72(2006.01)i, B64G1/00(2006.01)i, F02K9/12(2006.01)i, F02K9/50(2006.01)i, F17C7/02(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 (IPC)) Int.Cl. F02K9/72, B64G1/00, F02K9/12, F02K9/50, F17C7/02														
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2019年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2019年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2019年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2019年	日本国実用新案登録公報	1996-2019年	日本国登録実用新案公報	1994-2019年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2019年													
日本国実用新案登録公報	1996-2019年													
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 51-7327 A (日産自動車株式会社) 1976.01.21, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15												
A	JP 47-9803 B1 (旭化成工業株式会社) 1972.03.23, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15												
A	JP 46-39645 B1 (日産自動車工業株式会社) 1971.11.22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15												
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>の日の後に公表された文献</td> </tr> <tr> <td>「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</td> <td>「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</td> </tr> <tr> <td>「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</td> <td>「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</td> </tr> <tr> <td>「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)</td> <td>「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</td> </tr> <tr> <td>「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td>「&amp;」 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献	「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	「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	「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	「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	「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)	「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	「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献	「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	
* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献													
「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	「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													
「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	「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													
「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)	「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													
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献													
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願														
国際調査を完了した日 23.08.2019	国際調査報告の発送日 03.09.2019													
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/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) 中村 大輔 電話番号 03-3581-1101 内線 3391	3 S 3 6 2 5												

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2019/025607
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
A	CN 106870206 A (北京航空航天大学) 2017.06.20, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15
A	US 3423943 A (STARK, Marvin W.) 1969.01.28, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2008-240643 A (国立大学法人 北海道大学) 2008.10.09, 全文, 全図 (ファミリーなし)	9-15
A	JP 2005-54649 A (独立行政法人科学技術振興機構) 2005.03.03, 全文, 全図 (ファミリーなし)	9-15

## フロントページの続き

(81)指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, JO, JP, KE, KG, KH, 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

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。