2019年12月3日

融点の異なる高分子材料を組合わせたハイブリッドロケット燃料

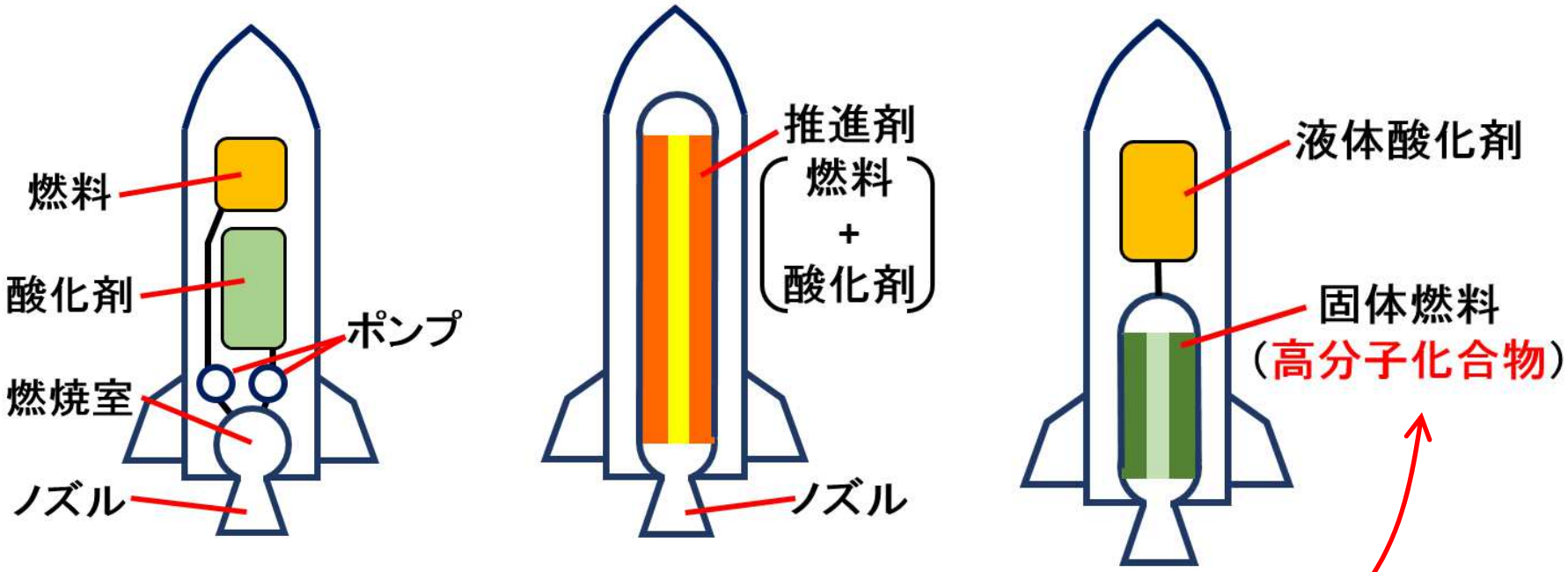
鹿児島大学　大学院理工学研究科
機械工学専攻
教授　片野田　洋

【特開2019-138246 】
固体燃料及びハイブリッドロケット

【特願2018-130158 】
極低温液体供給装置及びハイブリッドロケット

【特開2019-138246 】固体燃料及びハイブリッドロケット

従来技術とその問題点



	液体ロケット	固体ロケット	ハイブリッドロケット
燃料	液体	固体	固体
酸化材	液体	固体	液体
安全性	×	×	◎
推力	◎	◎	△

火薬類

【特開2019-138246 】固体燃料及びハイブリッドロケット

従来技術とその問題点

- 世界的に小型人工衛星の打上げの需要増大
- 目的は領海観測，天気予報ビジネス，北極海航路発見など.
- 現在は，大型ロケットによる無償又は有償の打上げ

→ 打上げ時期や投入軌道高度に自由度なし

⬇

小型で安価な（安全管理コストの低い）
ロケットのニーズがある.

⬇

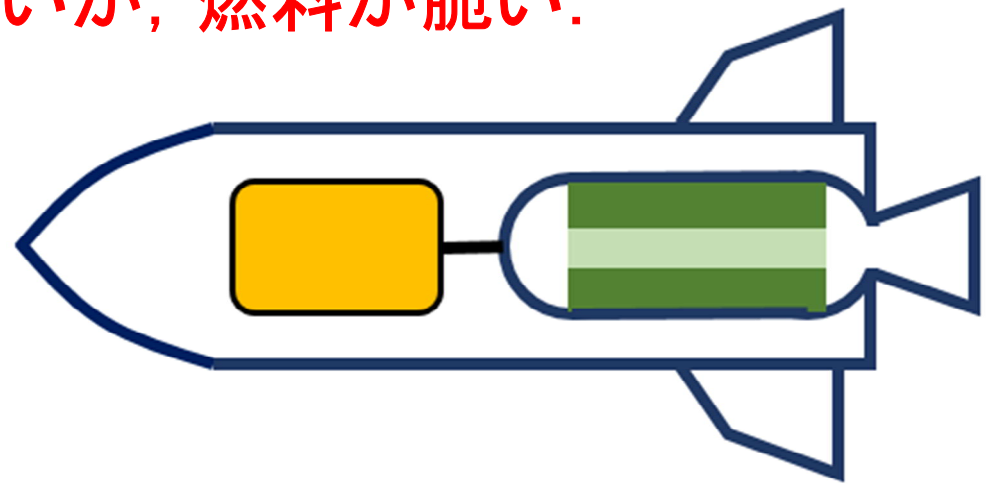
ハイブリッドロケットが狙える市場
（ただし，大推力化が必須）

【特開2019-138246 】固体燃料及びハイブリッドロケット

従来技術とその問題点

従来のハイブリッドロケットは，燃料に単一種類の
高分子材料を使っている.

高融点材料のみ（アクリル，ABS樹脂，ポリエチレンなど）
⇒燃料の強度は高いが，燃えにくい.
低融点材料のみ（パラフィンワックス+添加剤，など）.
⇒燃えやすいが，燃料が脆い.



従来技術とその問題点

推力 F を大きくしたい.

F = [ガス流量]×[ガス速度]

⬇

[ガス流量] を増やせばよい.
[ガス流量] = [酸化剤流量] + [燃料流量]

⬇

燃料を単位時間内になるべく多く
熱分解（ガス化）させればよい.

【特開2019-138246 】固体燃料及びハイブリッドロケット

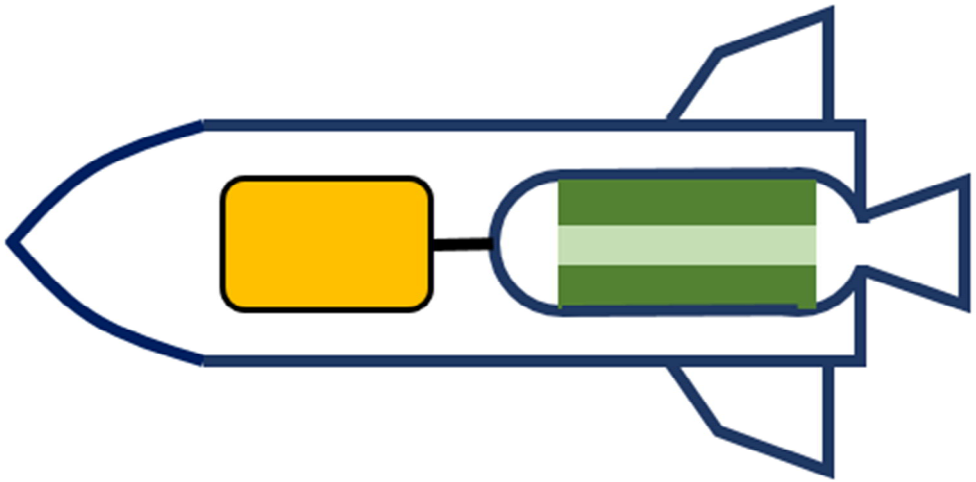
従来技術とその問題点

低融点の燃料は液化しやすい.

↓

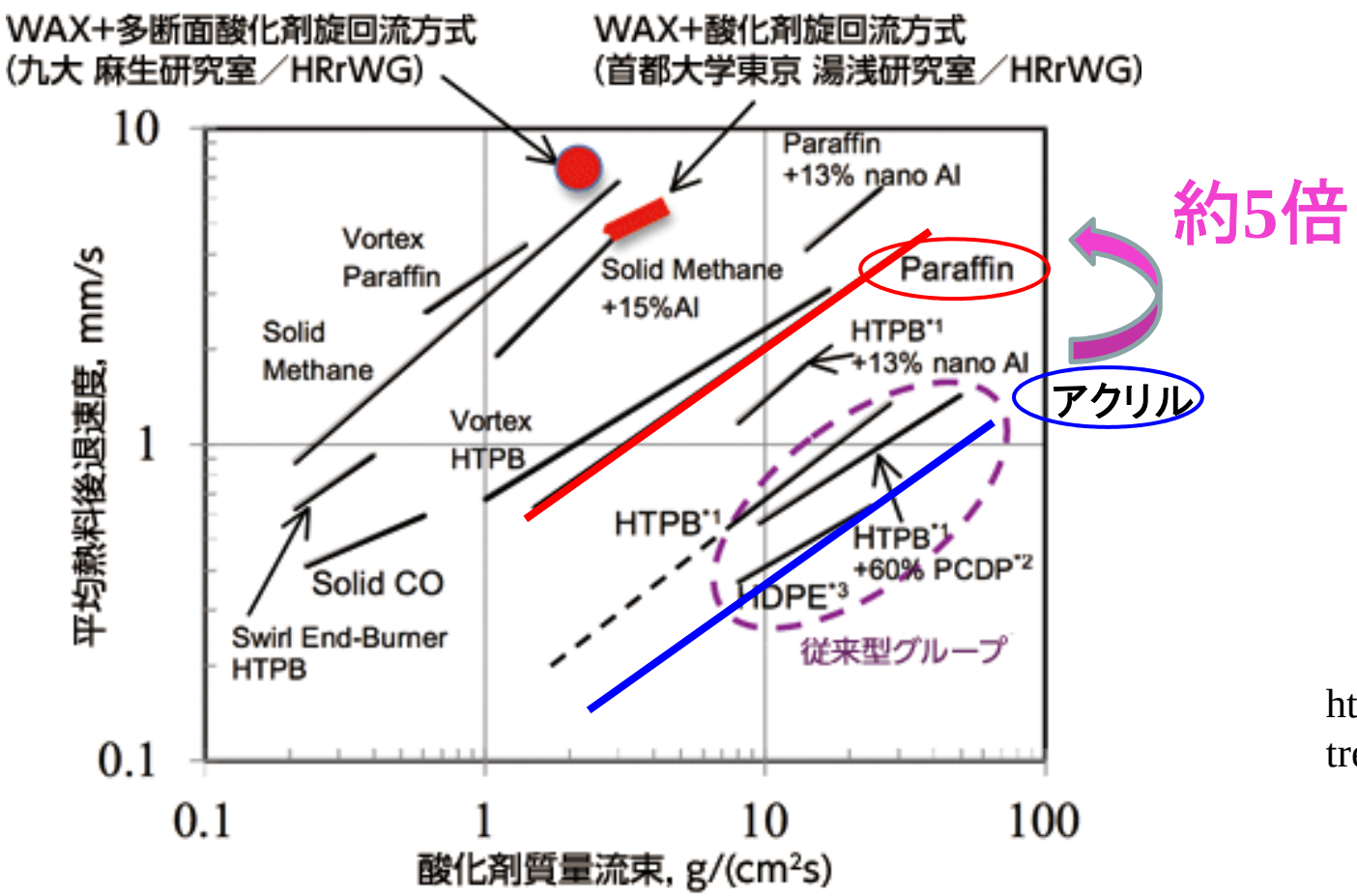
ガス化しやすい.

（液体は固体より燃えやすい）



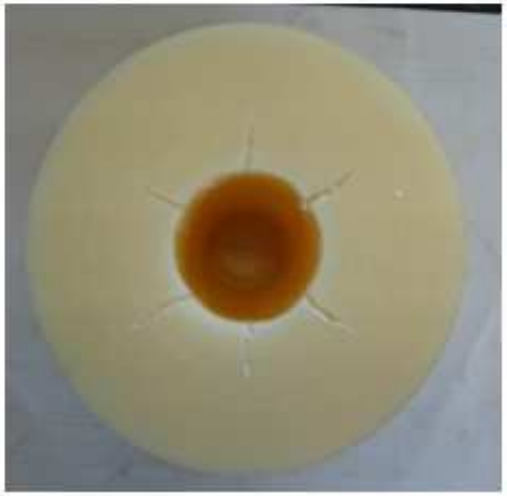
【特開2019-138246 】固体燃料及びハイブリッドロケット

従来技術とその問題点



注釈 *1 : Hydroxyl-terminated Polybutadiene
*2 : Polycyclopentadiene
*3 : High Density Polyethylene

パラフィンワックスは
低融点だが脆い.



https://repository.exst.jaxa.jp/dspace/bitstream/a-is/563148/1/SA6000050037.pdf

http://www.isas.jaxa.jp/j/forefront/2012/shimada/02.shtml
https://etda.libraries.psu.edu/files/final_submissions/9496

【特開2019-138246 】固体燃料及びハイブリッドロケット

従来技術とその問題点

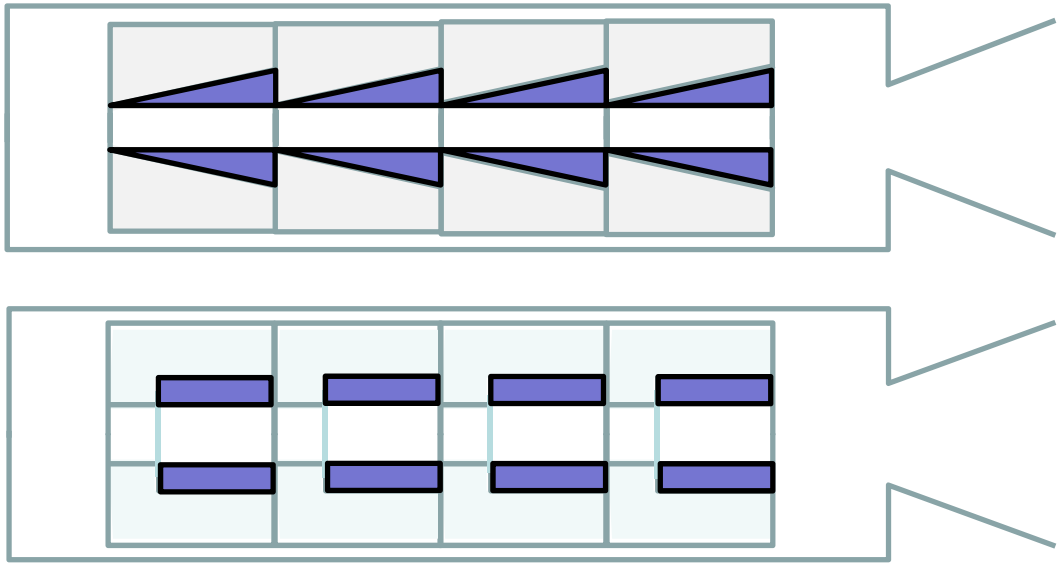
	長所	短所
高融点系： アクリル，ポリエチレン，ABS など	機械加工が容易． 構造体として丈夫（燃焼中も崩壊しにくい）．	燃えにくい（ガス化しにくい）．
低融点系： パラフィンワックスなど	燃えやすい（ガス化しやすい）．	クラックが入りやすい． → 爆発的な燃焼を生じる恐れあり． 構造体として弱い． → 燃焼中に崩れる恐れあり．

【特開2019-138246 】固体燃料及びハイブリッドロケット

新技術の特徴

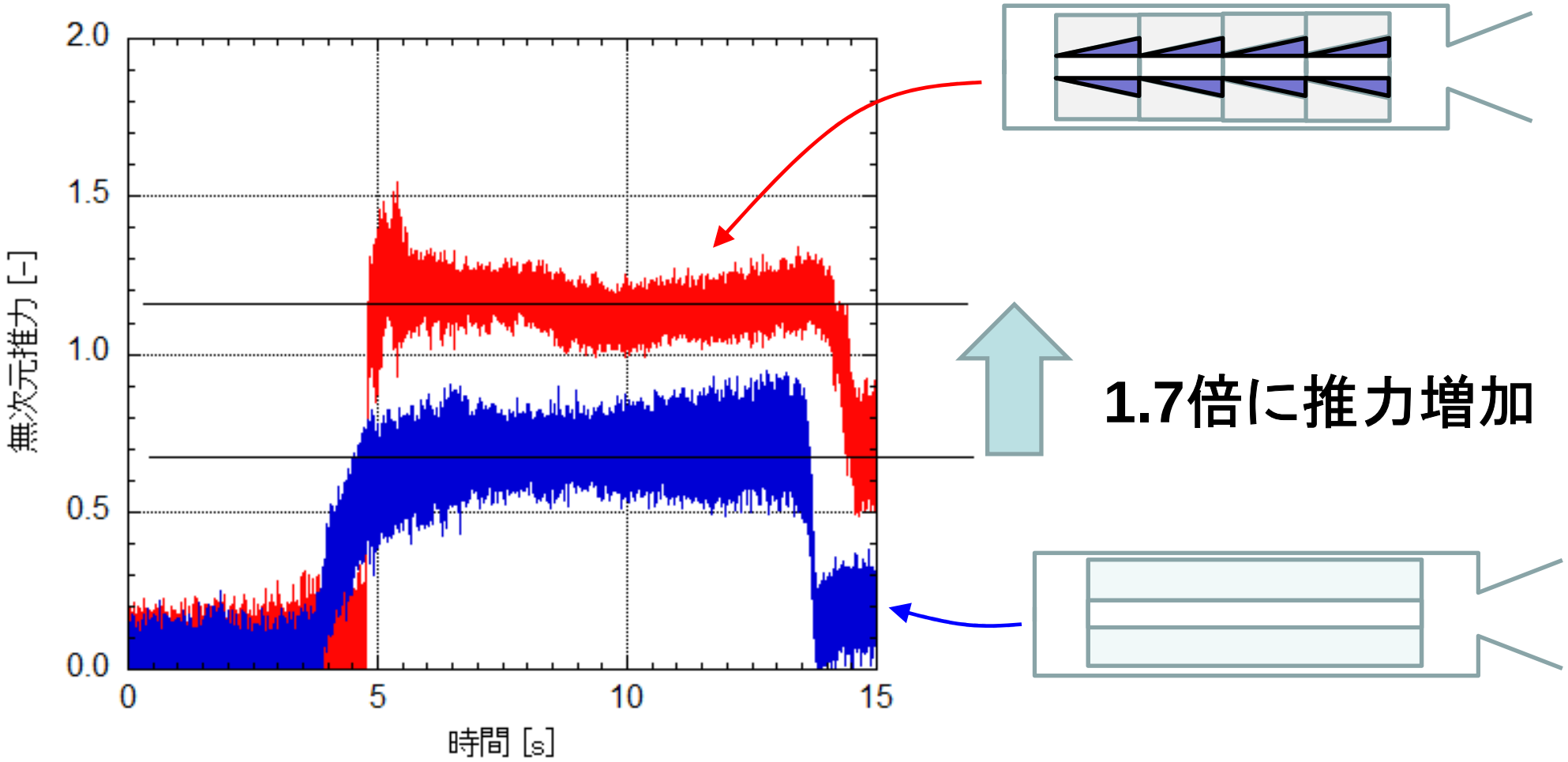
高融点系の燃料の内部に低融点の燃料を組込む.

燃料の構造体としての強度は高融点系の燃料で持たせる.
部分的に低融点燃料を鋳込むことで低融点材料の割れを
防止しつつ，燃料の燃焼速度を高める.



【特開2019-138246 】固体燃料及びハイブリッドロケット

新技術の特徴



従来技術とその問題点

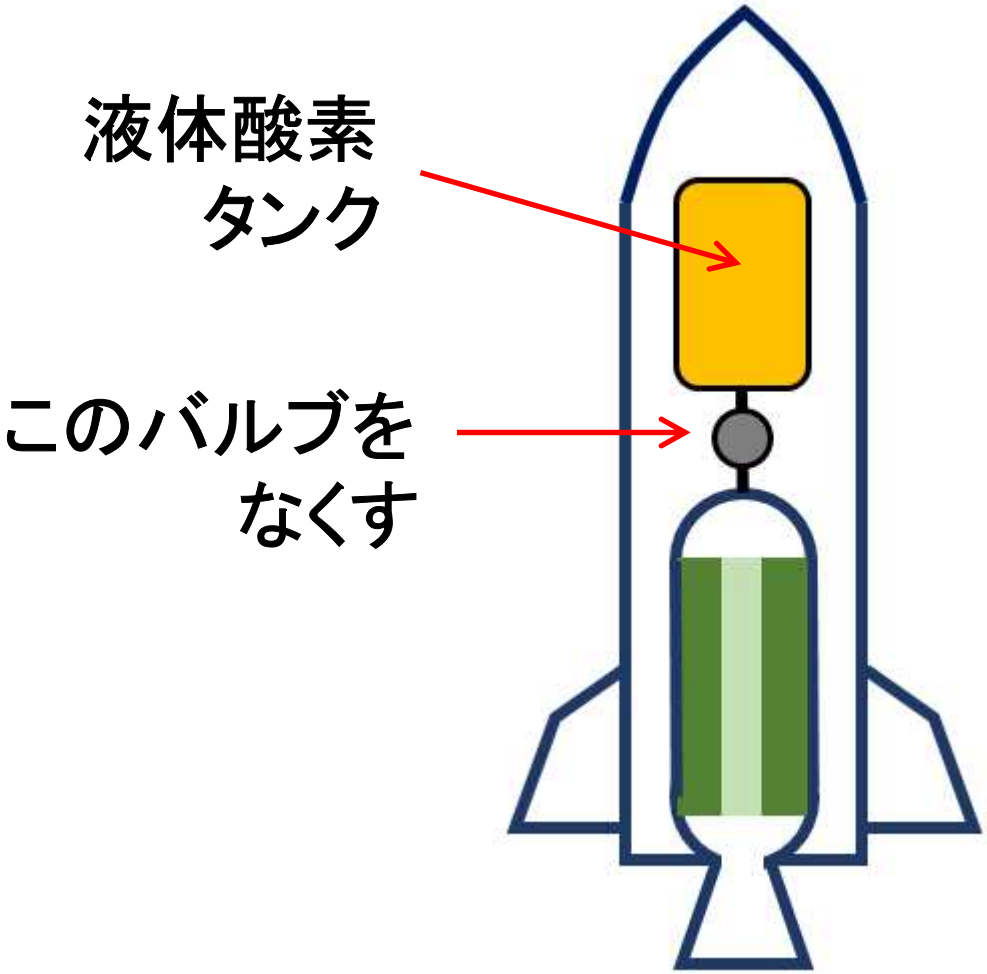
酸化剤として液体酸素（大気圧下で-183℃）が好適.
しかし，極低液体温用バルブは大型で重い.

⬇

液体酸素流路にバルブを使いたくない.

【特願2018-130158 】極低温液体供給装置及びハイブリッドロケット

従来技術とその問題点



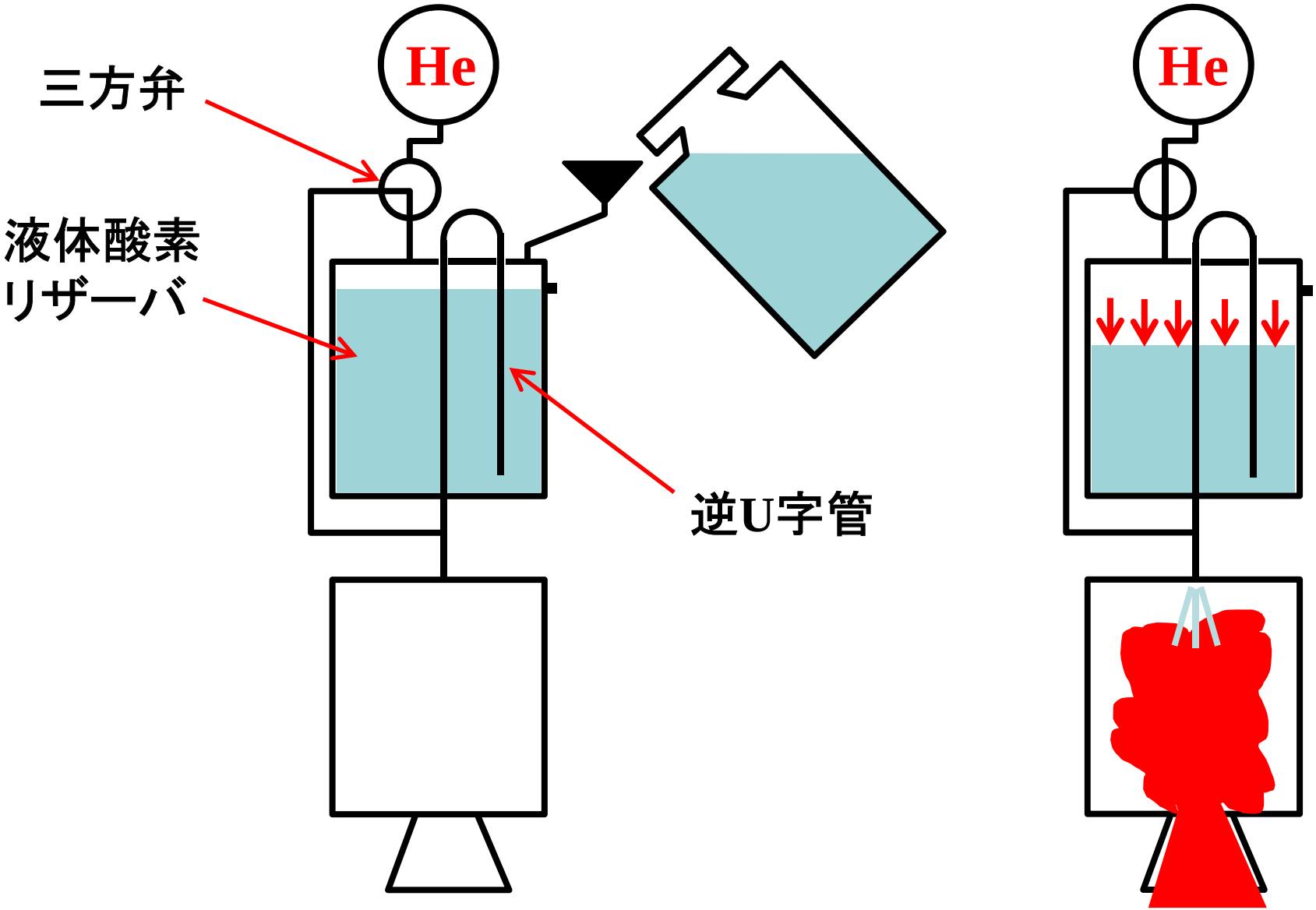
要求条件

1）バルブがなくても，液体酸素充填中に液体酸素が流れ出ないこと.

2）打上げ直前の瞬間に液体酸素をエンジンに供給できること.

【特願2018-130158 】極低温液体供給装置及びハイブリッドロケット

新技術の特徴



【特願2018-130158 】極低温液体供給装置及びハイブリッドロケット

類似の先行特許との比較

①

作成日 2018年5月18日

特開2008-240643 (2008.10.9)　特願2007-82739 (2007.3.27)

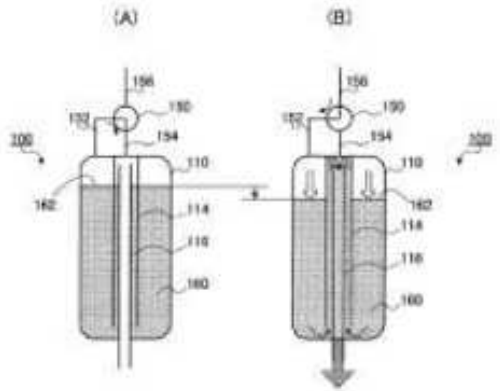
株式会社植松電機,国立大学法人 北海道大学
永田 晴紀,金子 雄大

IPC F02K 9/50, F02K 9/72

バルブレス液体供給装置

審査請求 有 請求項の数 8 生死情報 ◎権利存続中

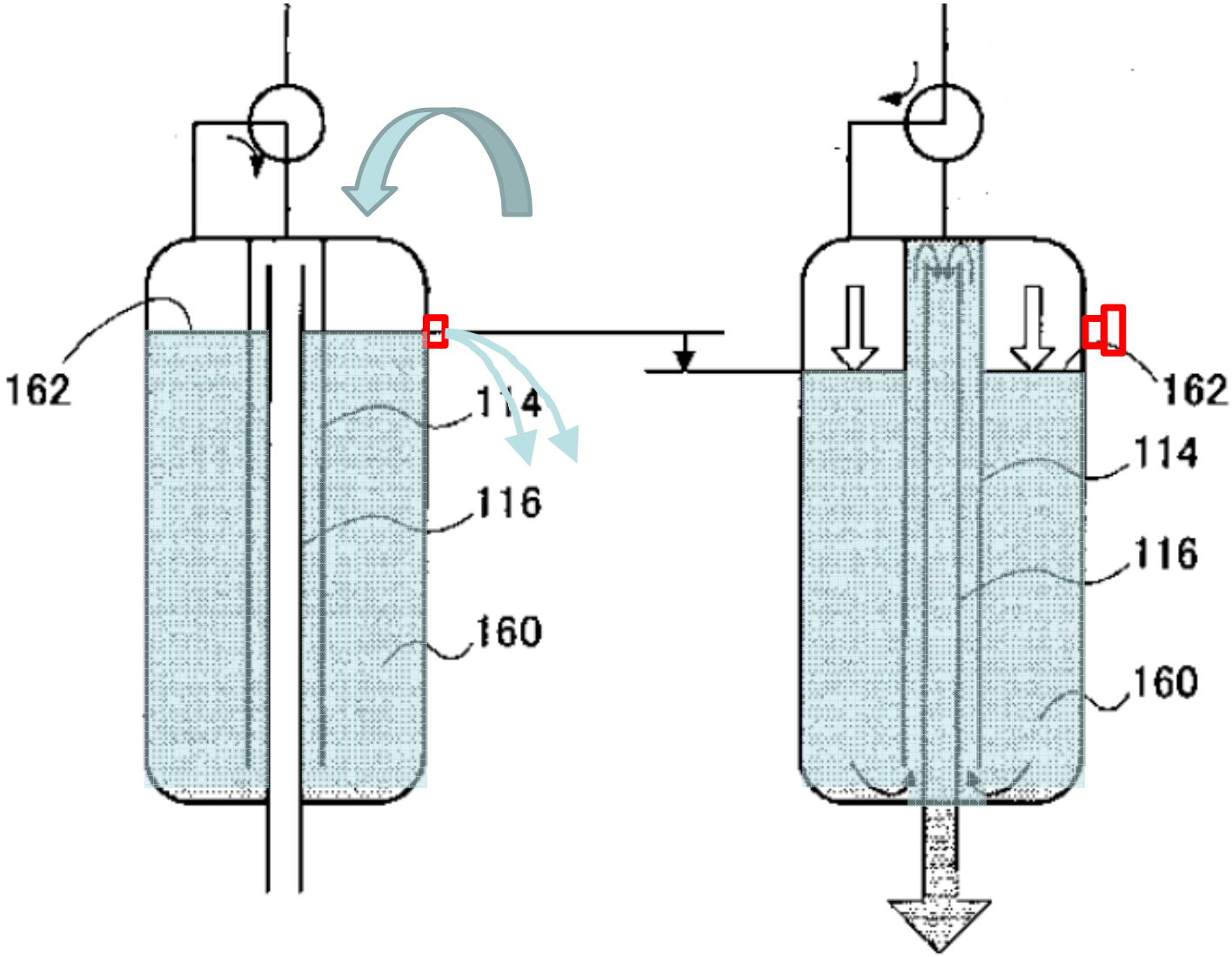
【要約】
【課題】バルブレスの液体供給方式を維持しつつ、液体タンクの配置位置の制約をなくすことができるバルブレス液体供給装置を提供する。
【解決手段】液体タンク１１０の上蓋に、下方に伸張する内管１１４を取り付け、内管１１４の内部に、液体タンク１１０内の液体を取り出して外部に供給する供給管１１６を設ける。供給管１１６の開口上端部は、液面１６２の初期位置よりも高い位置に設ける。液体を供給しない場合は、三方弁１５０により排気ラインを開けて、気化したガスを内管１１４内に排気する。このとき、液面１６２は供給管１１６の開口上端部よりも下方に保たれ、液体の外部への流出はない。液体を供給する場合は、三方弁１５０により加圧ラインを開けて、高圧ガスを液体タンク１１０内に導入する。これにより、液面が加圧され、内管１１４内の液面が上昇して、内管１１４内から供給管１１６内に液体が流入して、外部に供給される。
【選択図】図２



【請求の範囲】
【請求項１】 液面への加圧により極低温の液体をバルブレスで外部に供給するバルブレス
(以下省略)

【特願2018-130158 】極低温液体供給装置及びハイブリッドロケット

類似の先行特許との比較



【特願2018-130158 】極低温液体供給装置及びハイブリッドロケット

類似の先行特許との比較

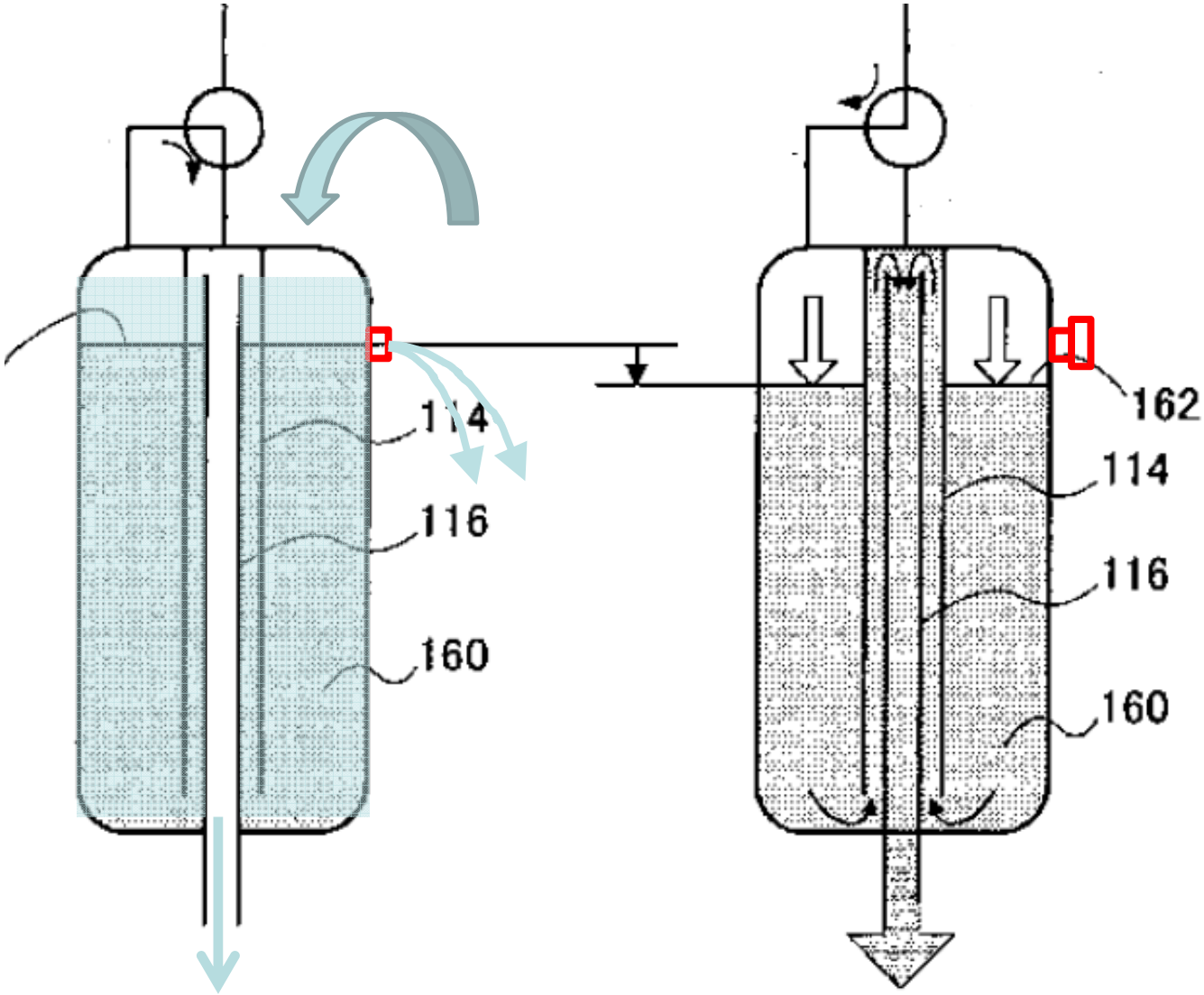
充填中に液体酸素が
オーバーフローしたか
どうか分からない.

↓

エンジン内の燃料が
過度に冷却される.

↓

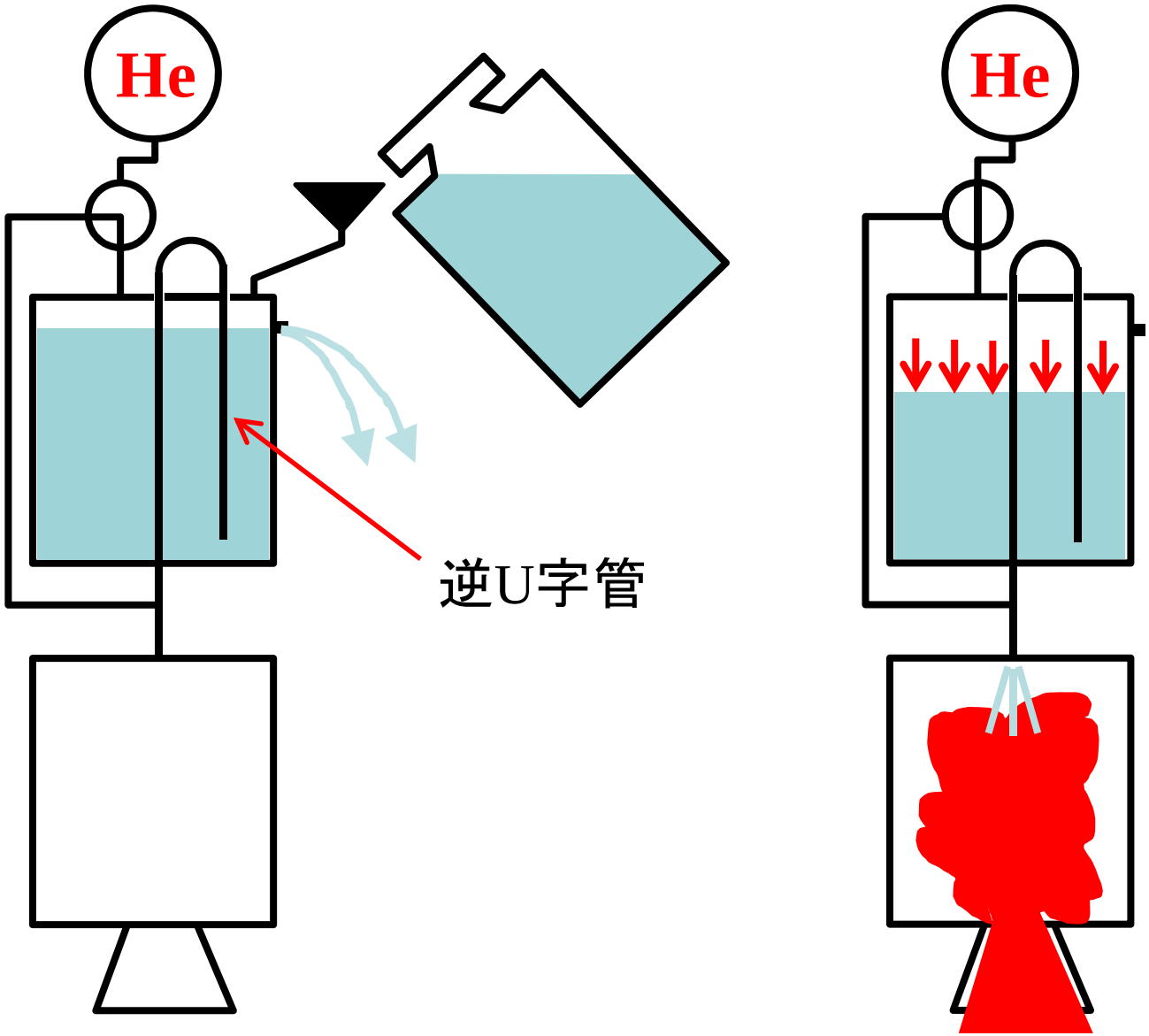
エンジンを破壊するほ
どの爆発的な燃焼に
至ることがある.



【特願2018-130158 】極低温液体供給装置及びハイブリッドロケット

新技術の特徴

逆U字管のU字部を液体酸素リザーバから出すことで，液体酸素がオーバーフローしない.



【特開2019-138246 】固体燃料及びハイブリッドロケット
【特願2018-130158 】極低温液体供給装置及びハイブリッドロケット

新技術の実施例

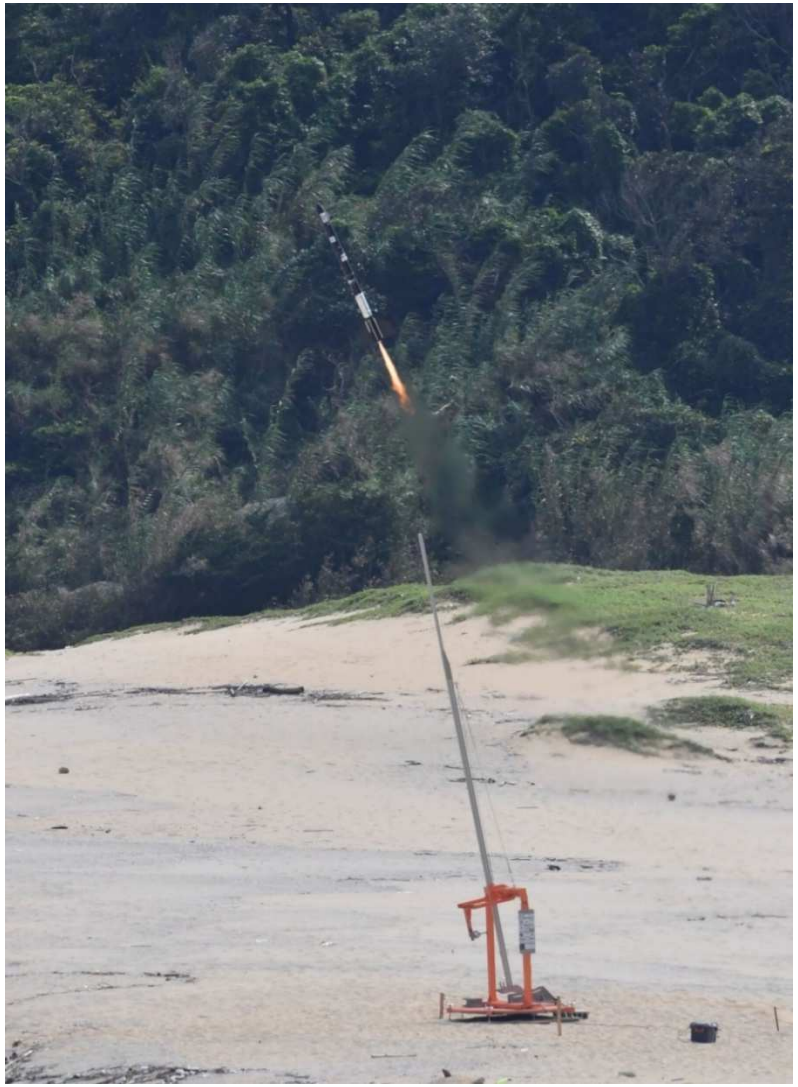
バルブレス液体酸素供給システム

融点の異なる高分子材料を
組合わせたハイブリッドロケット燃料

JAXA内之浦宇宙空間観測所における
ハイブリッドロケットエンジンの燃焼試験

【特開2019-138246 】固体燃料及びハイブリッドロケット
【特願2018-130158 】極低温液体供給装置及びハイブリッドロケット

新技術の実施例



肝付町辺塚海岸におけるハイブリッドロケットの打上げ実験（令和元年9月13日）

実用化に向けた課題

- 現在，数種類の幾何形状で推力データを取得済み.
- しかし，最適な幾何形状と，最適な高融点燃料と低融点燃料の組合せは不明.
- 今後，燃料の幾何形状と組み合わせを変えて地上燃焼試験により実験データを取得し，最適条件を見出す.

企業への期待

- 酸化剤に液体酸素を用いて，推力50kgf級以上のハイブリッドロケットエンジンの地上燃焼試験を実施可能な企業との共同研究を希望.

本技術に関する知的財産権

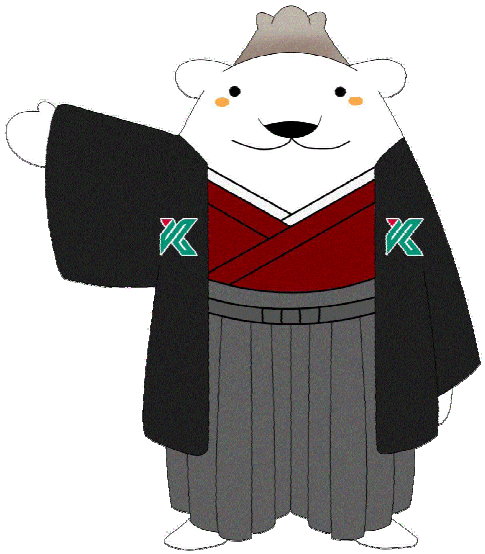
- 発明の名称 :固体燃料及び
  ハイブリッドロケット
- 公開番号 :特開2019-138246
- 出願人 :鹿児島大学
- 発明者 :片野田　洋

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 :極低温液体供給装置
  及びハイブリッドロケット
- 出願番号 :特願2018-130158
- 出願人 :鹿児島大学
- 発明者 :片野田　洋

お問い合わせ先

鹿児島大学　産学・地域共創センター
知的財産・リスクマネジメント部門
〒890-0065　鹿児島市郡元1-21-40
TEL：099-285-3878
FAX：099-285-3886
E-Mail：tizai@kuas.kagoshima-u.ac.jp



鹿児島大学公式マスコットキャラクター
さっつん