

RFIにて募集するテーマ

- ✓ 第2回RFIでは、第1回RFIの内容(*)に加えて、以下に記載する早期に研究開発に着手したい課題について詳細化した項目の技術情報を募集致します。

(*)本資料10頁に記載しております。

1) 製造技術(2-4頁及び7-9頁)

・大型AM、大型複合材、複合材へのAM。

：複合材AMにて全構造を製造できるのが望ましいが、技術の成熟度や製造コストを鑑み、多様な種類の大型構造を低コストで製造していくにあたり候補となる上記3点の技術情報を募集致します。

2) 熱・流体技術

低コスト製造・運用プロセス(5頁)

・宇宙輸送用低コスト液化メタンの低コスト化。

低コスト極低温対応バルブ(6頁)

・民生用途を活用した低コストバルブ、超音波モータの活用アイデアがあれば望ましい。

1)-1 大型AM(推進薬タンク、一般構造への適用)

AMを金属構造に適用するにあたり、そもそもの材料や装置に関する手段を構築していくこと、後工程の検査作業を効率化していくことが求められます。また、今後に向けて新しい材料を模索したり、DfAM (Design for AM)に向けて造形予測をしていくことが必要になります。以上を踏まえて、AMを金属構造に適用していくに向けて、以下に関する情報提供を募集致します。

① 大型構造AMプロセス/材料、装置・ソフトウェアに関する情報提供要請

- 最終的に直径5~7m、長さ2~20m程度のアルミ合金製大型構造体の一体造形に適用できる見込みがある大型構造AMプロセス/材料、装置構成、ソフトウェア
- 既存のAM装置に適用可能なアルミ合金系あるいはその他の材料に関し、造形後、可能な限り熱処理なし(あるいは簡単な常温時効程度)で出せる機械的特性(F_{ty} 、 F_{tu} や伸び)の情報

② AMに適した低コスト非破壊検査、品質保証に関する情報提供要請

- WAAM等による造形プロセスに組み込んでリアルタイム検査を可能とする非破壊検査手法
- 造形パラメータのインプロセス評価にAI/機械学習を導入し、自動判定やフィードバック制御を行う技術、システム

③ 新たな大型構造AM適用を目指した軽量・高強度材料に関する情報提供要請

- WAAM等による大型構造物の造形に適用見込みがあり、将来的にさらなる細線ワイヤ化や高比強度化の実現が期待できる新規の材料

④ 試作や開発の効率化に向けた造形シミュレーション技術に関する情報提供要請

- 大型構造であるほど課題になる造形中の熱変形や温度分布不均一の影響に対し、適切なパラメータ設定やサポート位置を検討し試作や開発を効率化するためのシミュレーション技術

1)-2 大型複合材

大型構造物に複合材を適用するには、極低温推進薬の漏れ/適合性を考慮した材料を選定すること、大規模な治具を導入しないで製造できる工程としていくこと、欠陥を極力減らしていくことが求められます。複合材の大型構造物の製作に向けて、以下に関する情報提供を募集致します。

①材料

- ・ライナレスとした時にも、漏洩の発生しないCFRP材料
(内圧による引張応力+使用温度までの温度変化による熱応力で、マトリクスクラック等を通じた漏洩のない材料)
⇒圧力容器に適用可能な熱可塑樹脂を用いた材料の情報提供も歓迎します。
- ・CFRPの内部/表面に付加/加工することで、使用温度/圧力の条件下で気密性を確保可能な材料
- ・従来材料と比較して非常に材料コストの安いCFRP材料
⇒隣接構造との結合部等の圧力容器部以外の構造への適用を想定しています。
- ・上記材料の液体酸素適合性に関する情報(過去に評価したことがあれば、併せて情報を提供いただきたい)

②製造技術

- ・将来に前頁の大きさのタンク製造まで大きな技術ギャップなく適用可能で、かつ、工程の自動化/簡素化や成形型の低コスト化・簡素化により低コスト化が見込める製造技術
(例えば、圧力容器部の内面側を分割で製造し、接着後にそれを型として外側にオーバーラップして成型する等成形型を含めたコスト削減を目指した情報を歓迎します)
- ・従来と比較しコストが1/10以下で大型ライナが製造可能な技術
(これがあれば、ライナ付きのタンクとすることが可能で、ハードルを下げる事が可能)
- ・引き抜き成型等により、ロケットのトラスや縦通材、補強パネル等の部分構造を低コストで製造できる可能性を持っている技術についても歓迎致します。

③検査技術

- ・製造時に同時に検査できる、等の工数を削減可能な検査技術

④設計技術

- ・マトリクスクラックの発生等を予測しつつ板厚を最適化する等の材料の詳細な破壊モードを考慮可能な設計・評価技術

1)-3 複合材 AM技術

大型の複合材をAMにて製作できると、構造体の軽量化を行える自由度が各段に向上します。一方、大型AMや大型複合材に係る課題を合わせて解決する必要があるため、技術の熟成度に応じて、以下各々の構造体に適用できそうな情報提供を募集致します。

①大型の複合材に適用可能な技術

・図1に示す大型の複合材構造を低コストに製造できる技術

②中型の複合材に適用可能な技術

・図2に示すような衛星搭載構造や機器搭載構造などの中型の複合材構造を軽量で低コストに製造できる技術

③その他

・タンク内デバイスや艀装品取付部品などの小型の部品を低コストに製造し、大型構造に組み合わせる技術

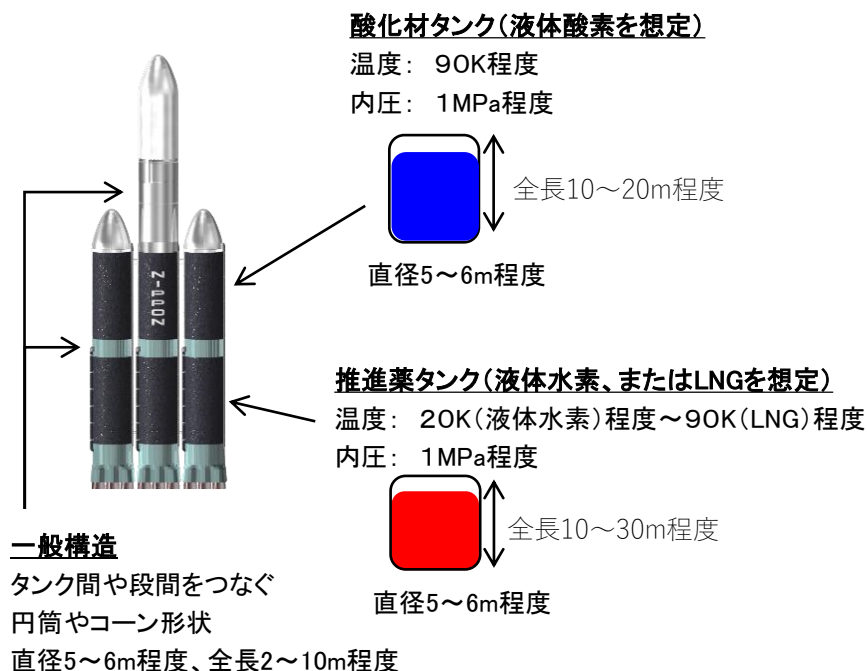
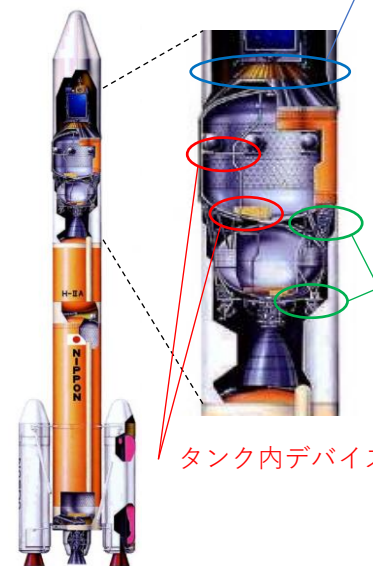
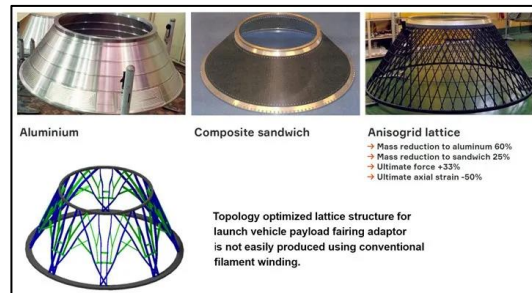


図1 想定する大型構造材の例

想定するロケット構造の例
 (形状等はH-IIAの例で参考)



衛星搭載構造



機器搭載構造

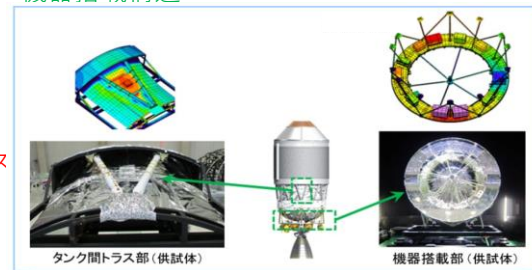


図2 想定する中型構造材の例

2) 宇宙輸送用液化メタンの低コスト化

- ✓ 現在運用中のロケット(H2Aロケット)では燃料として液体水素を用いていますが、再使用型のロケットや惑星探査機などにおいては、密度、温度、貯蔵性などの観点から液体メタンを燃料とするとシステム全体でメリットを得られる可能性があります。
- ✓ ただし、ロケット燃料用のメタンとしては、高純度かつ純度のばらつきが小さいことが要求されるため、入手性(供給量)や価格の観点で課題があるのが現状であるため、液化メタンの低コスト化に向けて以下の情報を含む液化メタンの低コスト化技術について広く収集したいと考えております。

① 高純度メタン精製・供給技術

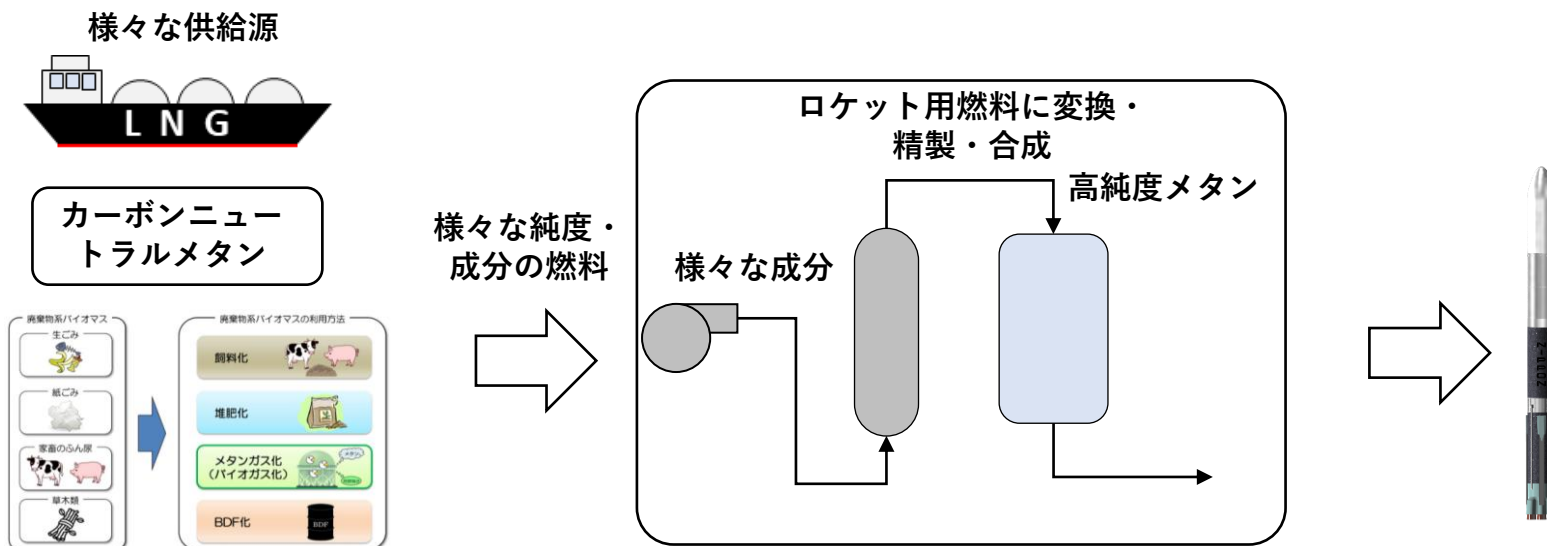
液化天然ガス(LNG)や生物由来の燃料などをロケット用燃料として利用できる程度まで高純度化し、大量かつ安価に供給できる技術およびロジスティクスも含めた低コストな供給スキーム

※プラント、発電所等の連携により低コストで高純度メタンを生成可能な技術も歓迎致します。

※※高純度メタンの製造、輸送、貯蔵、消費、保守に至るまでライフサイクル全体を通した低コスト化技術についての情報も歓迎いたします。

② カーボンニュートラルメタンの製造・供給技術

脱炭素社会の実現に向けたカーボンニュートラルの製造技術(メタネーション技術)や、ロケット用燃料としての供給・輸送に関わる技術およびロジスティクスも含めた低コストな供給スキーム



3) 低コスト極低温対応バルブ

- ✓ 液体ロケットは、タンク・配管・エンジンなどの内部の圧力や温度の制御を目的に、多数の極低温用のバルブが設置されています。ロケットに用いられているバルブは、可能な限り軽量化した上で、応答速度や信頼性を確保する必要があります。そのため、今まで汎用品を使用する事が難しく、機体製造費を高くする要因となっています。
- ✓ 極低温(-160°C(LNG)～-250°C(LH2))で使用可能な低コスト高性能ソレノイドバルブが実現出来れば、低コスト化や軽量化に繋がるだけでなく、エンジンシステムの多様化も可能になります。
- ✓ 水素社会の流れなど今後の極低温用バルブの市場性を鑑みながら、以下の低コスト極低温対応バルブにつながる技術情を広く募集したいと考えております。
JAXAには極低温推進薬に対する知見や試験設備がありますので、この機会に極低温用バルブの市場に参入したい方々には積極的にご応募頂けると幸いです。

①低コスト極低温対応バルブ

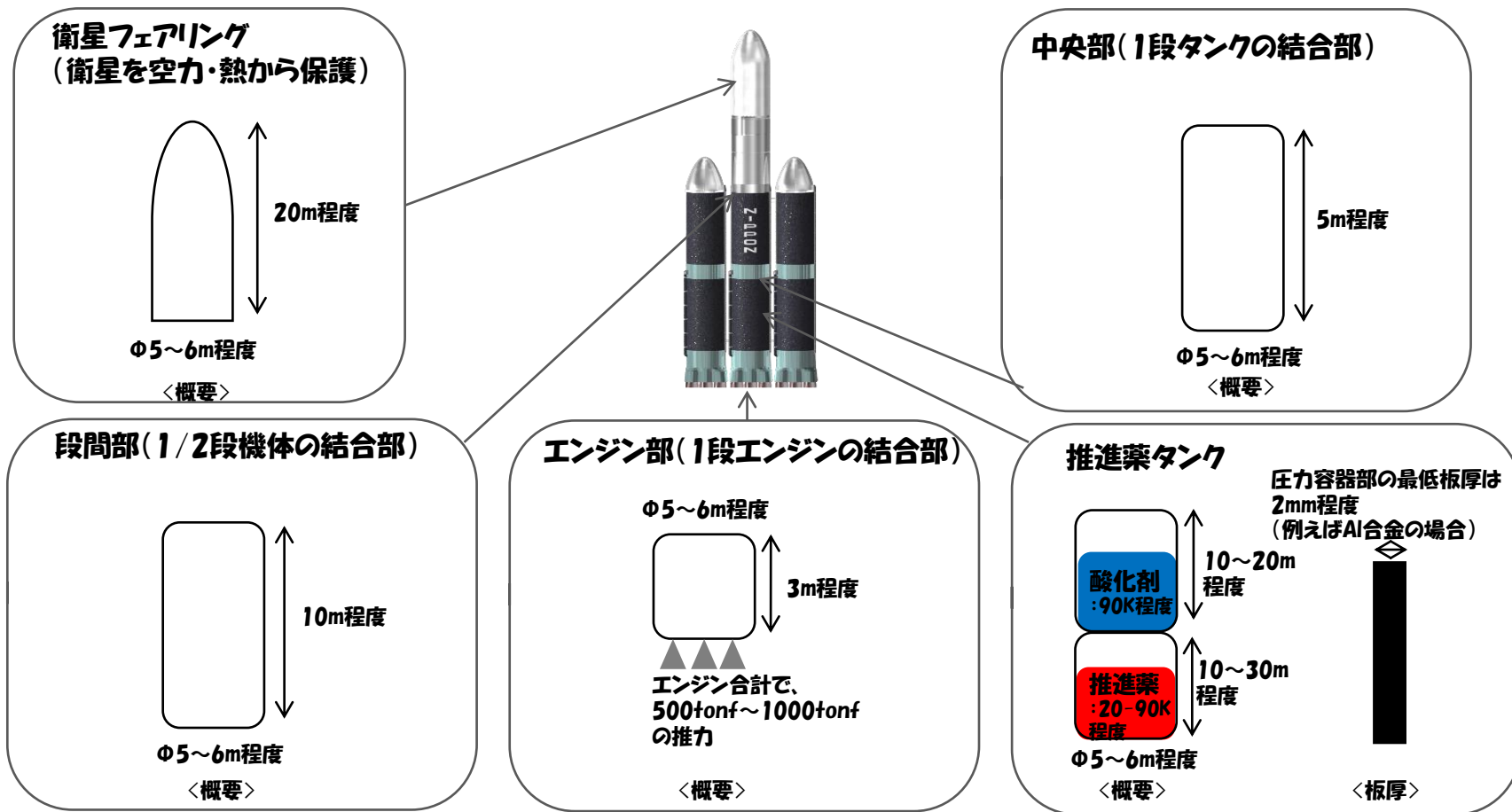
極低温化では温度歪によるバルブのシール性や低温脆性等の課題が発生します。民生品の技術をベースとし、上記課題に挑戦していく極低温への適用を見据えた低コストバルブの構築に向けた技術情報を広く募集致します。

②極低温対応バルブへの適用を見据えた摩擦駆動アクチュエータ(超音波モータ)

摩擦駆動アクチュエータ(超音波モータ含む)は、超精密位置決めが可能となると同時に低電力で大きなトルクを発生させる事ができ位置保持時の電力消費が少ない利点があります。ただし、極限環境(低温および高温)での使用の場合、駆動素子の特性変化を考慮した制御と、摩擦駆動部のトライボロジー特性が技術課題となります。

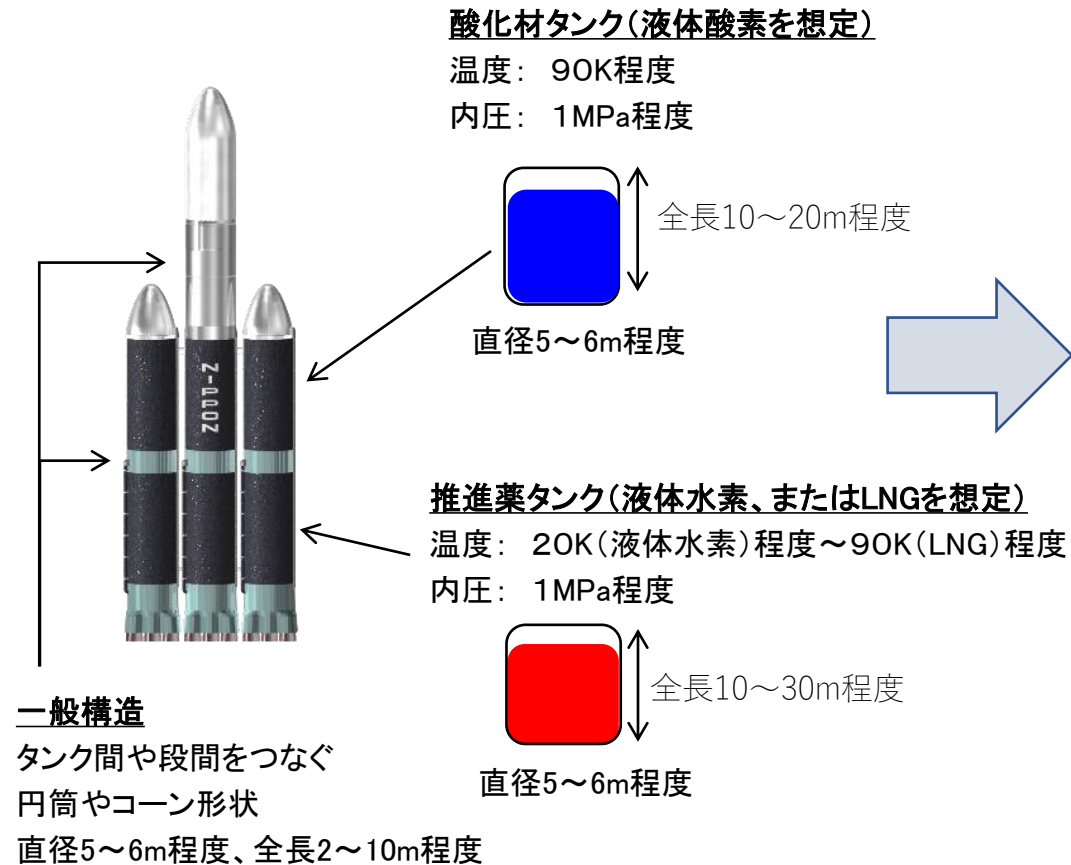
補足：1) 大型構造体の種類とサイズ

- ✓ ロケットの大型構造物の種類とサイズは以下の通りです。宇宙輸送では大型構造物に該当しますが、他の産業から見たら中型または小型に扱われるものもあると思います。
- ✓ これらの構造体に適用できそうな、大型3D造形、大型の複合材または大型複合材への3D造形の適用に係る低コスト製造技術を広く募集したいと考えております。



補足: 1) - 1 大型AM(推進薬タンク、一般構造への適用)

✓ 次世代のロケット推進薬タンクや一般構造のサイズは概ね以下の通り



➤ 対象とする構造物

左記に示す大型ロケット構造物（タンク、一般構造）を低コストに一体で製造可能なAM製造技術を目指す

➤ AMプロセス

大型構造への拡張性に優れ、造形速度が速いこと（WAAM、レーザー・ワイヤDED、etc.）

➤ 材料

軽量化を考慮しAL合金系かそれより比強度が良い材料。できる限り熱処理を必要とせず、現状のAL2219材のTIG溶接強度レベル以上を目指す。

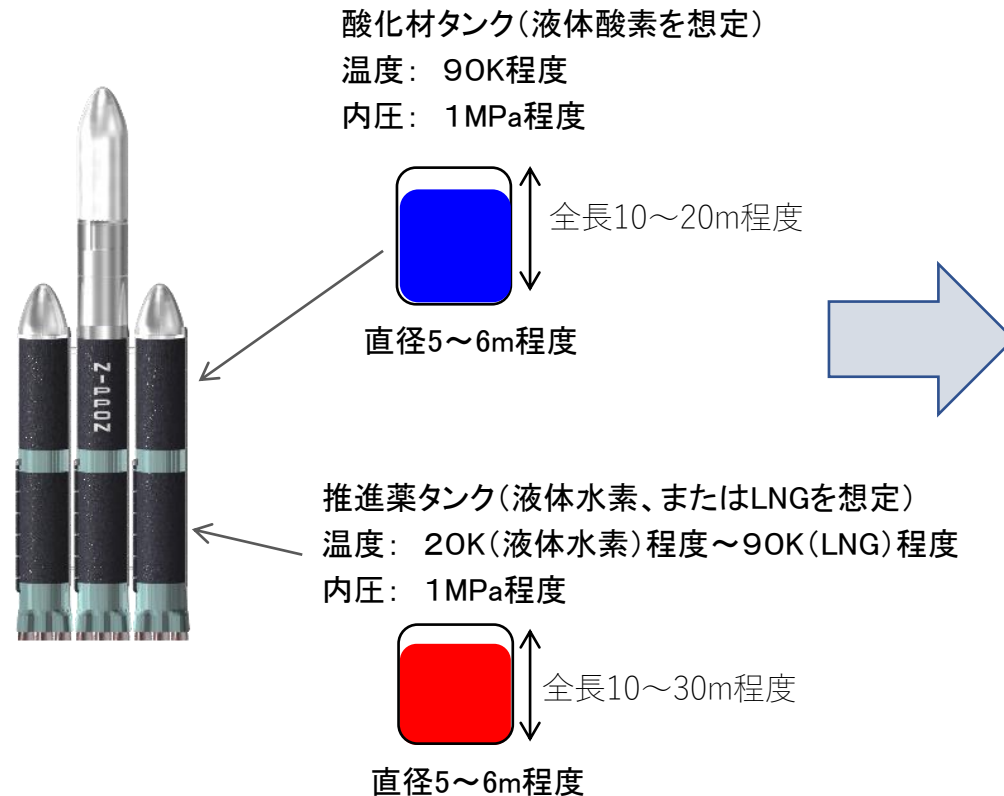
➤ 形状・板厚

最低板厚は2mm程度、かつ板厚精度は1mm未満（小さければ小さいほど良い）を目指す。

AM造形の後に表面の仕上げ加工が必要のない、表面精度を実現できることが望ましい。

補足：1)-2 大型複合材

✓ 次世代のロケット推進薬タンクのサイズは概ね以下の通り



<課題・目標>

- ◎左記のサイズ、内圧の条件で、引張強度300MPa程度のアリミ合金の適用を想定して設計したタンクの質量を半減可能なこと
- ◎現在のAl合金タンクの製造コストの中で多くを占めているのが、製造・組立・検査等の費用であるため、CFRPを適用しつつ、自動化、簡略化により上記費用を大幅に削減可能な製造技術であること
- ◎これまでの複合材料圧力容器は、気密性を確保するために、金属製または樹脂製のライナを用いていた。一方、左記サイズのライナの製造には、タンクの製造とほぼ同等の費用がかかることが容易に予想されることから、ライナレスタンクとしたい

補足：第1回RFIから継続して募集する技術課題

○抜本的コストダウン実現にあたって関連する募集テーマ一覧を以下に示します。

関連キーワードについて、今までの宇宙業界の常識の型を破る新規革新性を持った技術を広く募集します。

○抜本的コストダウンに繋がる可能性がある場合(特にDX化による製造効率化等)は関連キーワードに直接記載がなくても、是非、ご応募下さい。

中テーマ	狙い	小テーマ	関連キーワード
製造設計技術	新たな製造技術に対して、低コスト、品質維持及び軽量化を実現する最適製造設計	試作・評価	・ DFAM、トポロジー最適化設計
製造技術	大型構造・精密部品の低コスト製造技術導入	低コスト中・大型構造製造技術	・ ニアネット鑄造技術 ・ CFRP一体成型技術 ・ CFRP接着成型技術
		精密製造技術	・ 精密金属3D造形
熱・流体技術	宇宙輸送システム特有の要求に耐えうる新技術適用によりシステム全体を刷新	熱マネージメント技術	・ 再突入熱防護(材料) ・ 熱制御、熱輸送
		極低温液体製造・使用技術	・ 極低温流体蒸発率低減断熱材
		極低温環境部品	・ 低コスト自緊シーラ ・ 電動バルブ用アクチュエータ
液体エンジン 低コスト化技術	地上産業技術活用によるエンジン製造費の低コスト化	軽量かつ低コストな部品	・ 極低温低コストソレノイドバルブ ・ 点火器
搭載機器・ アビオニクス	宇宙輸送システム特有の要求に耐えうる新技術適用によりシステム全体を刷新	計測・処理	・ 位置速度/姿勢計測 ・ ソフトウェア評価・検出・対策 ・ 低消費電力電子部品
		電池	・ 高エネルギー密度(小型大容量)
		通信	・ 地上/機体、衛星/機体間通信 ・ アンテナ/送受信機(高利得/低電力) ・ ケーブル軽量化
		機構部品	・ 非火工品分離、低衝撃 ・ 振動音響低減、潤滑部材
		点検・異常/故障検知	・ ヘルスモニタ(センサ/ロジック) ・ 故障診断・異常検知
点検・整備 繰り返し使用	従来の使い切りシステムと要求が大きく異なる技術であり、適用可能技術を広く募集し低コスト化につなげる。	整備・補修	・ 構造体補修 ・ 耐熱塗布材
		耐自然環境	・ 耐海水腐食 ・ 耐雨滴(材料/コーティング)