

# IHIエアロスペースにおける革新的将来宇宙輸送の取り組みについて



NC: 2023年 12月 8日

株式会社IHIエアロスペース  
宇宙輸送システム技術部 システム技術グループ

本文書の一部または全部について、(株)IHIエアロスペースの許可なく無断で転載、複製、使用等を行うことを禁止します。

# 目次

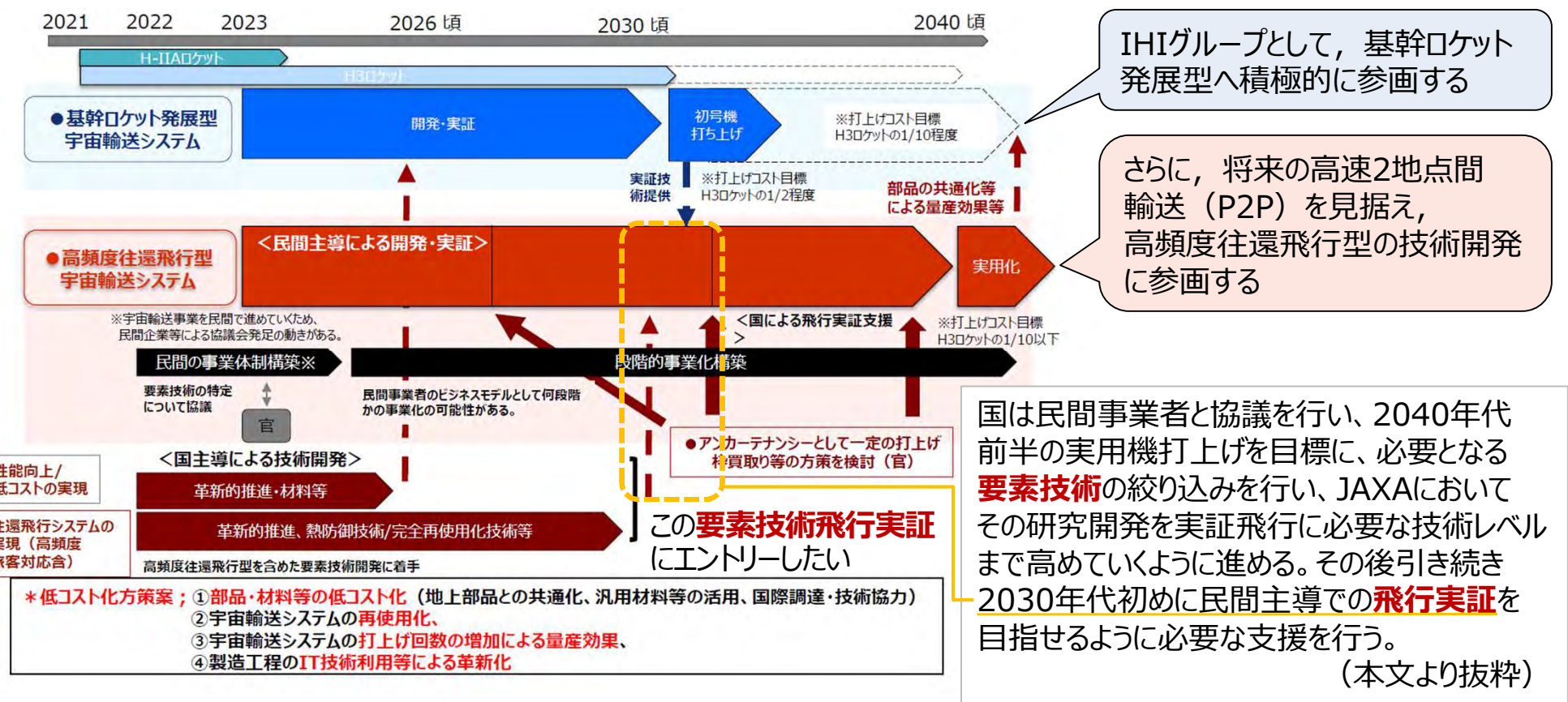
1. はじめに
2. 将来輸送系に関する弊社の取り組み
3. 開発段階における制度的な障壁
4. 将来輸送系の事業構想例
5. 今後想定される課題, 障壁
6. 国に求めたいもの, 協力依頼

## 1. はじめに

- 株式会社IHIエアロスペースでは、文部科学省のロードマップに則って革新的将来宇宙輸送システムに対する取り組みを進めております。昨年の第4回協議会でもご報告いたしましたが、基本方針は変わっておりません。
- この取り組みの一環として、有翼飛行体によるサブオービタル飛行について種々の課題を抽出する目的で、サブスケール有翼実験機にロケットエンジンを搭載しての飛行試験を計画し進めて参りました。まずは“実践してみる”ことで、要素技術的課題、システムの課題、あるいは法的・制度的課題を洗い出そうというプロジェクトです。
- 今年1月に飛行試験に臨みましたが、リハーサルフライトの途中で機体が海に着水し、当初計画していたロケットエンジンでの飛行については見送りとなりました。そこで得られた知見も踏まえて対策を進め、来年1月に再挑戦すべく今年度も活動を進めております。
- 本書は、革新的将来宇宙輸送に関する弊社の取り組みとしてこの有翼実験機プロジェクトについてご紹介した上で、本プロジェクトを通じて認識した制度的な障壁、今後想定される課題や障壁、および国に求めたい支援等をご提示するものです。

## 2. 将来輸送系に関する弊社の取り組み

- ✓ MEXT『革新的将来宇宙輸送システム実現に向けたロードマップ検討会取りまとめ（2022.7.7）』より  
⇒ IAは本ロードマップへ積極的に参画する方針。



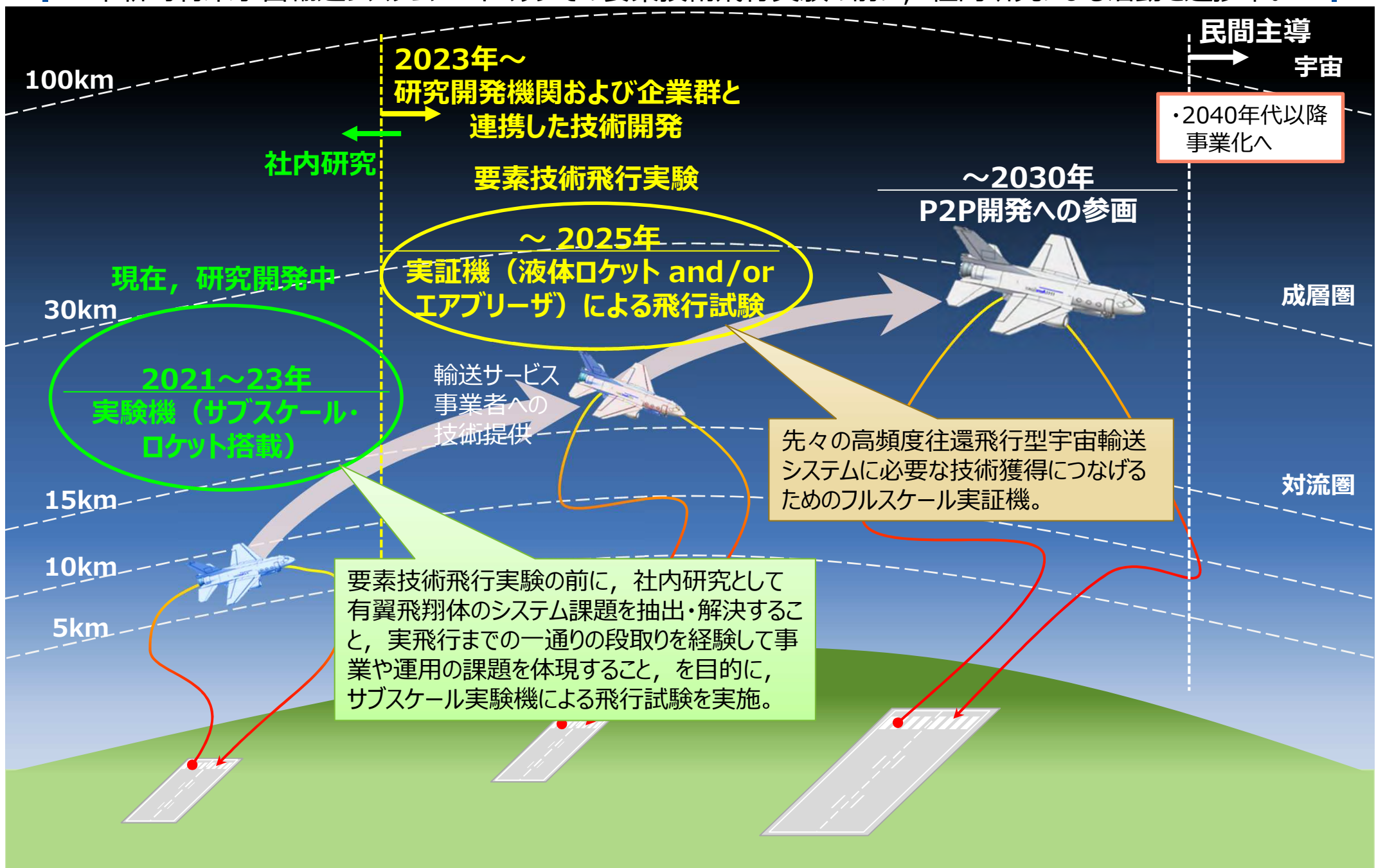
要素技術開発

国は民間事業者と協議を行い、2040年代前半の実用機打ち上げを目標に、必要となる**要素技術**の絞り込みを行い、JAXAにおいてその研究開発を実証飛行に必要な技術レベルまで高めていくように進める。その後引き続き**2030年代初めに民間主導での飛行実証**を目指せるように必要な支援を行う。  
(本文より抜粋)

- SpaceX等が宇宙輸送市場を席卷する危機感の中、国として、2040年代前半までに宇宙輸送システムの自律性を確保し、新たな宇宙輸送市場の形成・獲得に向けた革新的将来宇宙輸送システムの実現を目指す方向性が固まってきたと認識している。
- IAもこのロードマップに参画。宇宙輸送サービスの事業化を図る国内ベンチャーISC/PDAS/SWとも連携している。

## 2. 将来輸送系に関する弊社の取り組み

✓ 革新的将来宇宙輸送システムロードマップでの要素技術飛行実験の前に、社内研究による活動を進捗中。



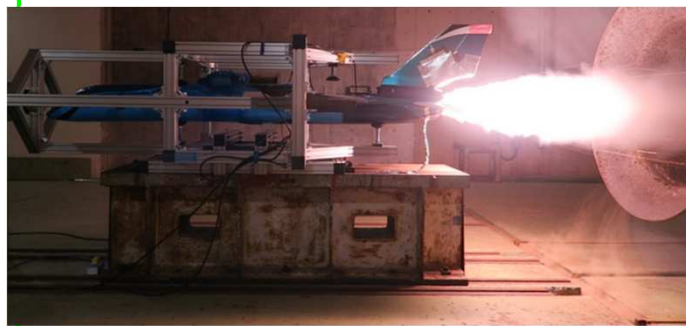
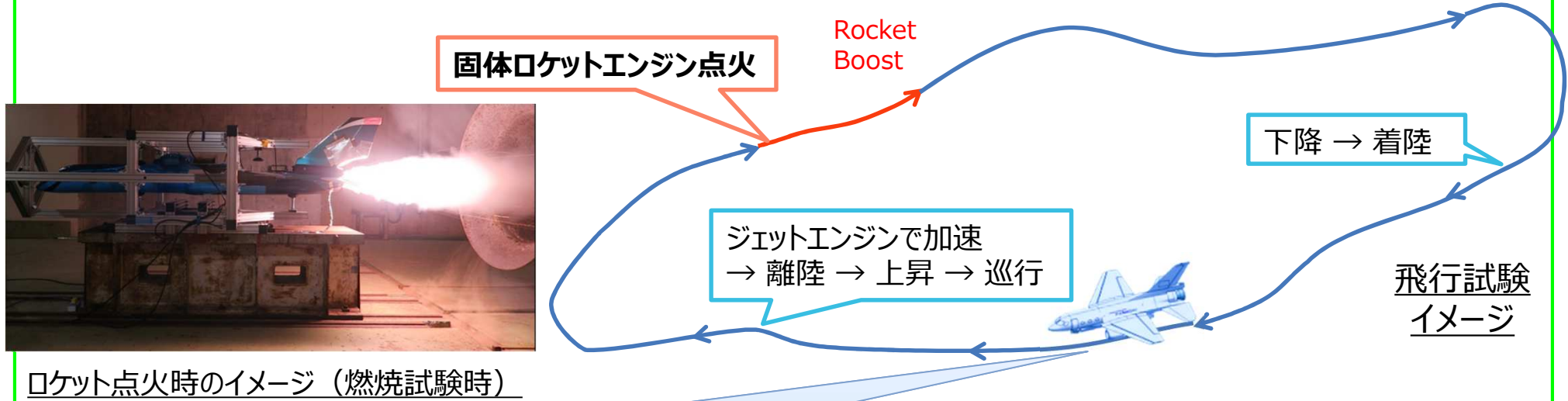
要素技術飛行実験の前に、社内研究として有翼飛行体のシステム課題を抽出・解決すること、実飛行までの一通りの段取りを経験して事業や運用の課題を体現すること、を目的に、サブスケール実験機による飛行試験を実施。

先々の高頻度往還飛行型宇宙輸送システムに必要な技術獲得につなげるためのフルスケール実証機。

・2040年代以降 事業化へ

## 2. 将来輸送系に関する弊社の取り組み

- ✓ 2021~2022年度の2年間でシステム課題抽出のためのテストベッドとして小型（全長3m）の実験機を試作し、それを用いたコンセプト実証（無人でのジェット+ロケット推進による飛行実証）を実施する計画で進めてきた。
- ✓ 2023年1月に飛行試験のシリーズに入ったが、リハーサル飛行の2回目で機体が海に着水する事象が発生。
- ✓ 対策を進めた上で今年度再試験を実施する計画。



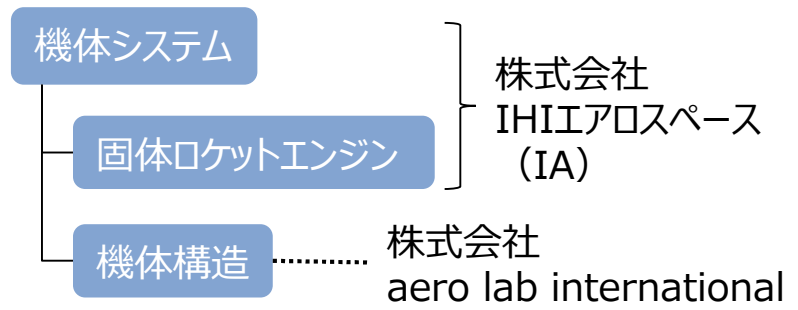
**ジェットエンジン**  
最大推力122N×2基

**機体構造**  
F-16サブスケール模型のaero frameをベースにCFRPで製作

**オートパイロット**

**固体ロケットエンジン**  
推力1kN級×1基  
燃焼時間6秒

• 全長約2.5m, 重量約45kg



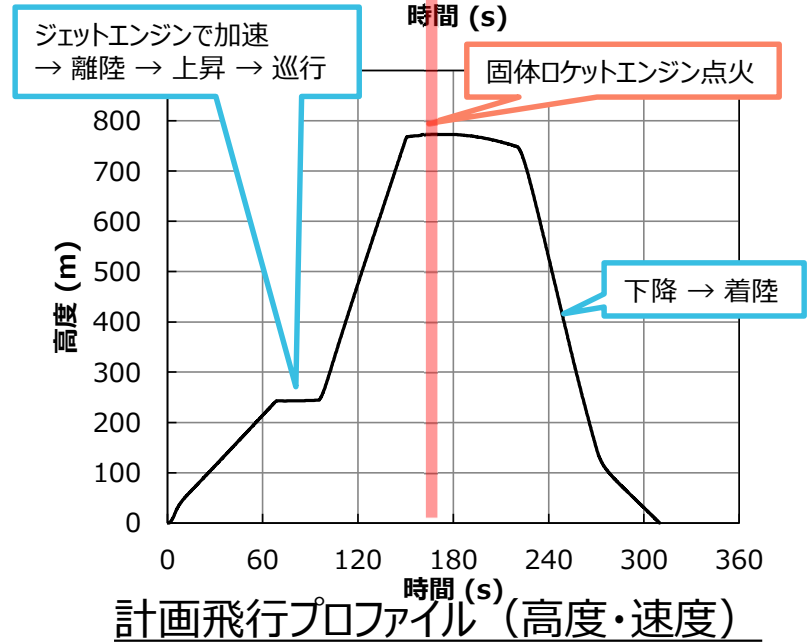
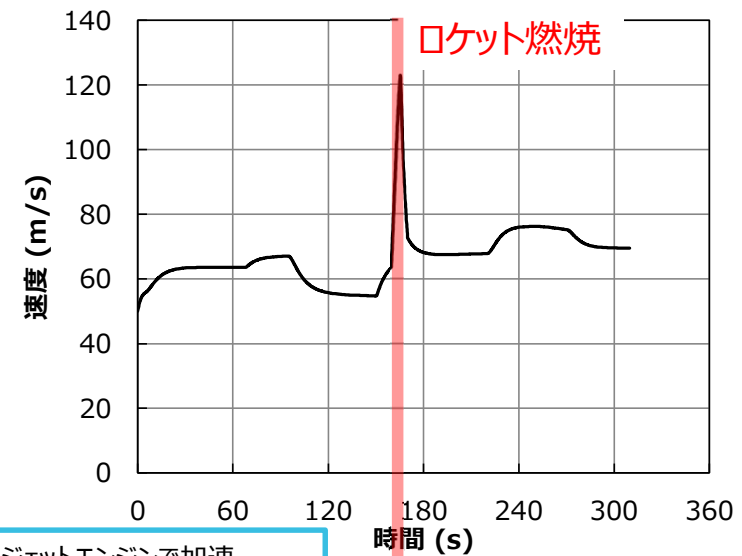
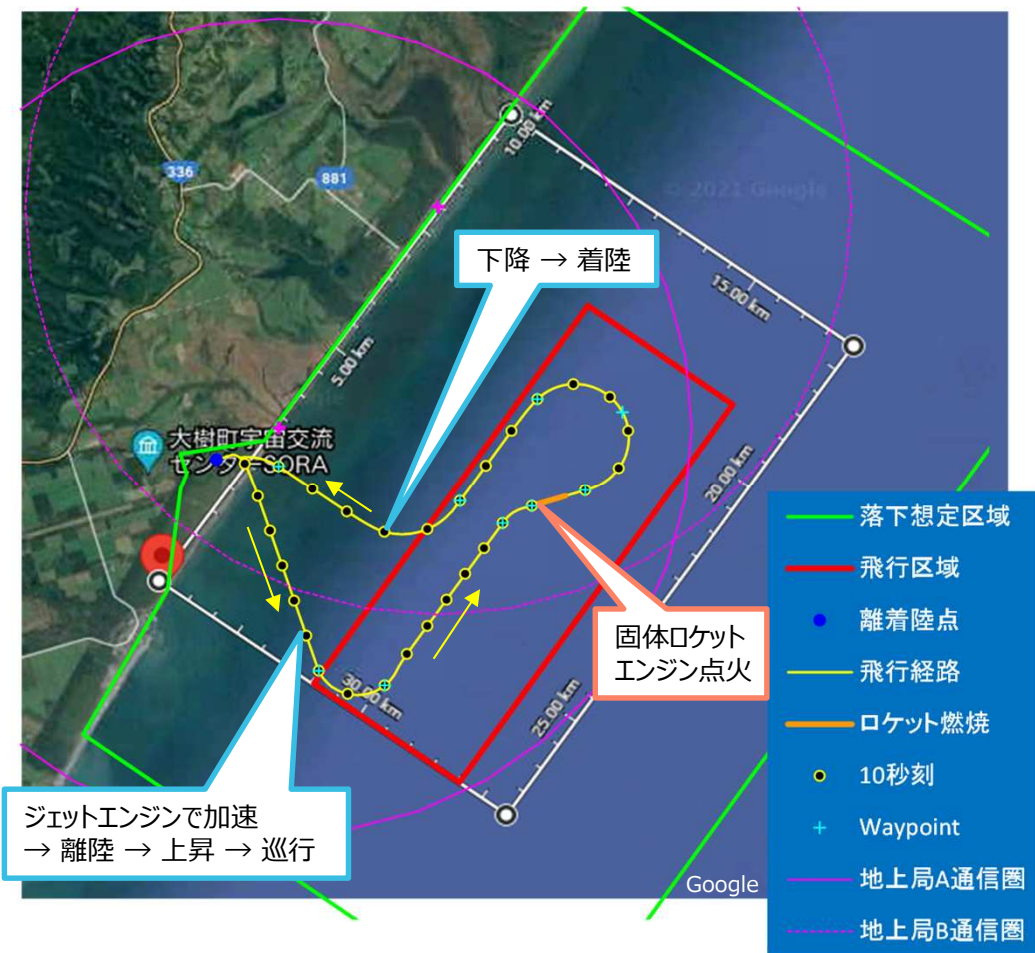
### 開発体制

# 2. 将来輸送系に関する弊社の取り組み

## 《昨年度試験の概要①》

大樹町役場・大樹漁業協同組合のご協力の下、以下にて飛行試験を実施した。

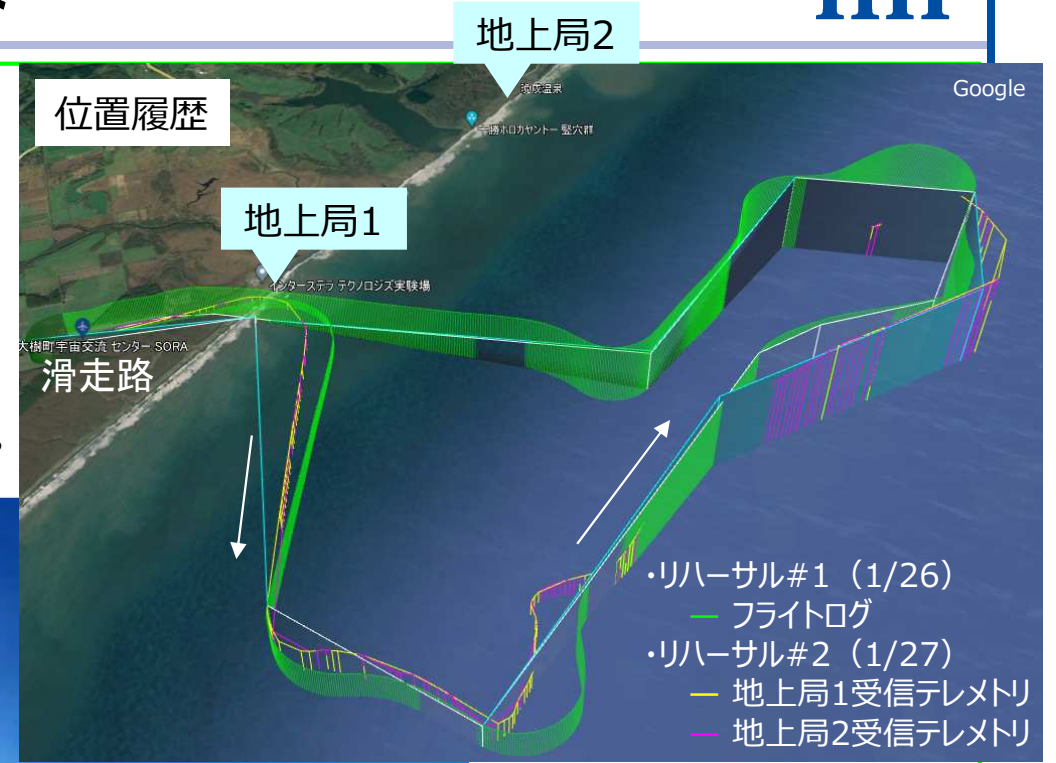
- ✓ 実施時期：2023年1月26～27日（リハーサル飛行）
- ✓ 試験場：北海道大樹町 多目的航空公園



## 2. 将来輸送系に関する弊社の取り組み

### 《昨年度試験の概要②》

- ✓ 固体ロケット部分はダミーの状態、自律飛行、通信およびオペレーションを確認するリハーサル飛行を実施。
- ✓ 試験場の大樹町多目的航空公園で1月26~27日に実施した飛行試験リハーサルまでで、一通りの飛行経路における自律飛行および通信成立の確認を完了。



機体搭載  
360°カメラ映像



飛行試験リハーサル#1 (1/26 大樹町)  
※ジェットエンジンのみ



## 2. 将来輸送系に関する弊社の取り組み

### 《昨年度試験の概要③》

1/27に実施したリハーサル2回目で、海上から滑走路に帰還する途中で不期の高度低下があり海に着水した。

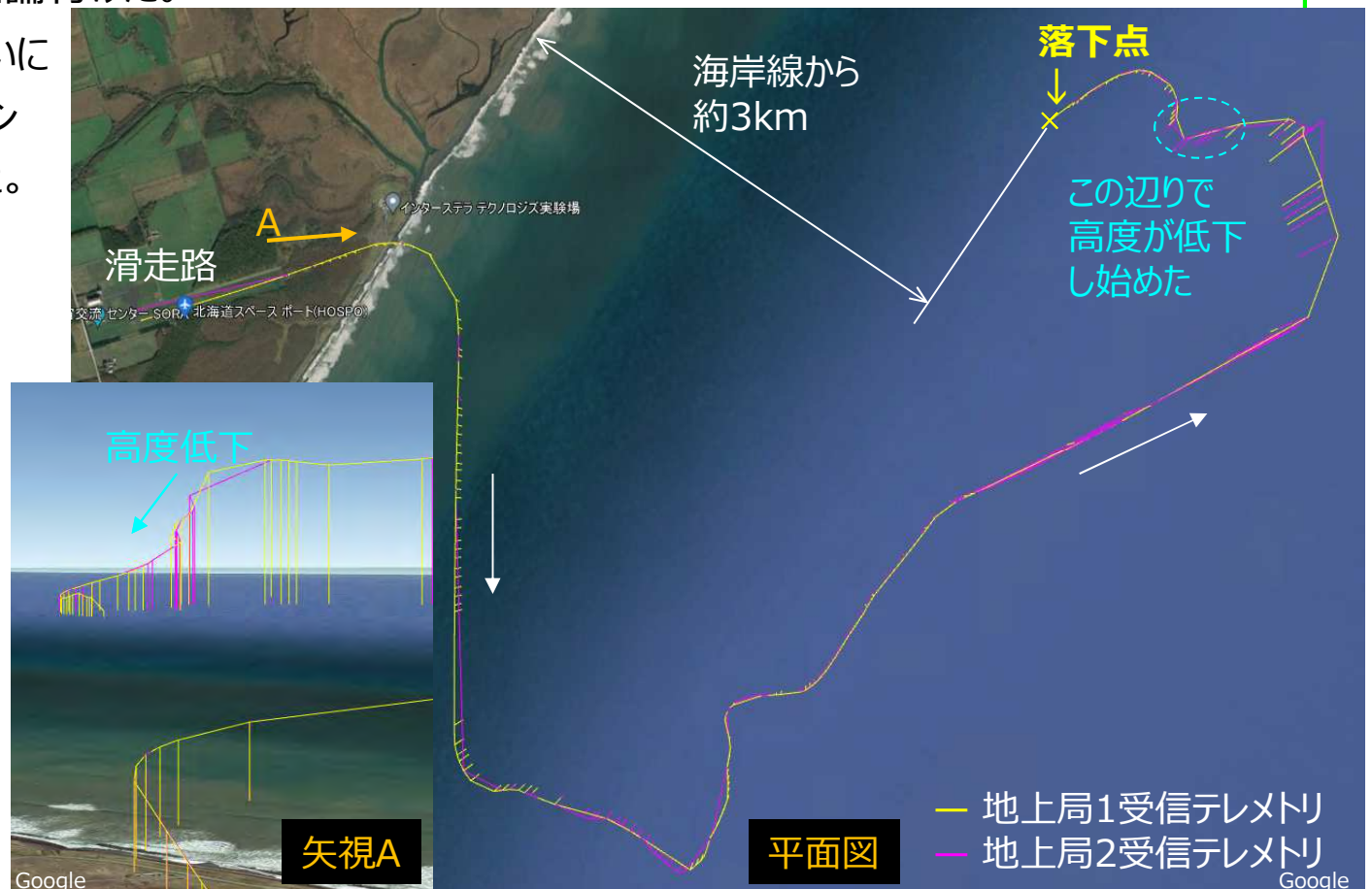
- ✓ 大樹漁業協同組合にもご協力いただいて海上からの捜索も実施したが、発見には至らず機体喪失
- ✓ 機体喪失後、重大インシデントの可能性があると航空局安全部に報告

その後の調査の末、原因は以下と結論付けた。

- 自律飛行移行後のプロポ取り扱いについてケアが足りておらず、エンジンスロットルをアイドル状態にしていた。
- このエンジン出力を下げる信号が飛行中の機体に到達してしまい、ジェットエンジンが停止または出力低下したことで高度低下および着水に至った。  
<操作上の誤り>

今年度再試験の実施にあたっては以下の対策を講じる。

- 自律飛行中はプロポの通信を切る等、機体と通信しない状態にする。



## 2. 将来輸送系に関する弊社の取り組み

### 《今年度試験の計画》

落下に加え機体喪失の対策も進めた上で、今年度再試験を以下にて実施する計画。

- ✓ 実施時期：2024年1月下旬
- ✓ 試験場：北海道大樹町 多目的航空公園（HOSPO）

カテゴリ	対策内容	実施事項
落下対策	自律飛行中はプロポの通信を切る等、機体と通信しない状態にする。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 試験工程計画へ反映</li> </ul>
	機体の搭載品についてダメージヒストリーを管理し、衝撃等負荷がかかったものはフライトに使用しない。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 搭載品のナンバリングとコンフィグレーション管理</li> </ul>
機体喪失対策	機体を浮く仕様にする。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 浮具（自動展開式含む）の搭載</li> </ul>
	機体位置把握手段を複数用意。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 無人航空機用リモートID</li> <li>• 位置情報発信機（衛星経由）</li> </ul>
	落下の際にパラシュートを開傘するようにする。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• パラシュートの自動開傘追加（高度検出、地上局から機能のOn/Off操作）</li> <li>• 不期の高度低下に対する開傘判断迅速化のためのUI改善</li> </ul>

### 3. 開発段階における制度的な障壁

赤字：昨年度からの追加項目

高度30km程度まで

記号	①航空法所管	課題等
I①-ア	各種申請 (航空管制部・地方航空局・空港事務所)	申請先が多岐にわたる。 <u>ワンストップ化</u> 検討如何。
I①-イ	無人機の登録義務 (100g以上の機体)	機体フェーズにより設計が変更になるため、時点による性能・仕様の確定が困難。
I①-ウ	無人機の飛行時間帯及び空域調整	綿密な調整が必要、 <u>省力化</u> 検討如何。
I①-エ	無人機の事故及び重大インシデントの扱い	研究開発中の機体であっても「機体不具合で制御不能」となった場合重大インシデントに該当し対応が求められる。

記号	②航空法所管以外 (①以外)	課題等
I②-ア	火工品の輸送	陸路が使用できない場合に <u>火工品の移送</u> が困難。
I②-イ	無線許可	申請不要範囲内で使用可能な <u>無線出力</u> の制限。

### 3. 開発段階における制度的な障壁

2023年1月の飛行試験リハーサル#2での落下に対する“重大インシデント”該否確認対応の過程で右記現行基準への理解が深められた。その上で、機体開発を進める事業者としてはこれら対応に係る提言として以下を申し述べたい。

- ✓ 新規機体開発では、飛行環境等の不明点を明らかにして設計に反映し、運用時等の**機体不具合を防止するために、飛行を伴う試験が必要**。
- ✓ この試験自体は機体不具合による制御不能・落下のリスクを伴う。通常はこれを想定して広範な立地の選定・調整，立入制限，飛行中断装置の搭載等，対策により安全を確保した上で試験を実施する。
- ✓ 一方で**現行基準は、機体不具合起因の場合即重大インシデント**であり，上記のような対策の有無は該否判断上無関係。開発過程で機体不具合による制御不能・落下が生じる度に逐一報告し判断を待つことになる。**これはスピード感を持って機体開発を進める上で阻害要因となる可能性**がある。
- ✓ 上記対策のようなリスク低減措置がとられていることなどを条件として適用除外とする，といった規定等があると，**事業者が安心して開発に取り組む環境**が整備されていると言える。  
(開発・実証に係る事案について，**無条件ですべて適用除外とすることを求めるものではない**)

機体不具合で  
制御不能  
↓即ち  
重大インシデント

令和4年11月4日 制定 (国空無機第223052号)

(→ 令和4年12月1日 施行)

国土交通省航空局安全部長

#### 無人航空機の事故及び重大インシデントの報告要領

##### 1. 目的

：(中略)

##### 3. 定義

###### (1) 事故

：(中略)

###### (2) 重大インシデント

法第132条の91及び規則第236条の86各号に定める次の事態をいう。

###### a) 飛行中航空機との衝突又は接触のおそれがあったと認めたとき

無人航空機の飛行経路上及びその周辺の空域において飛行中の航空機を確認した場合で、衝突を予防するため無人航空機を地上に降下させるなどの衝突回避措置を講じたものを報告の対象とする。

###### b) 無人航空機による人の負傷 (法第132条の90第1項第1号に掲げる人の死傷を除く。)

無人航空機により人が負傷した場合で、法第132条の90第1項第1号に掲げる人の死傷、つまり重傷以上を除いたものを報告の対象とする。「人」については、第三者に限らず、操縦者及びその関係者を含む。なお、無人航空機の飛行によらないが、飛行のための地上待機、地上移動、離着陸のための地上滑走中に発生した事案(例えば、回転中のプロペラによる負傷、飛行させようとしている無人航空機の発火による負傷等)についても対象とする。

###### c) 無人航空機の制御が不能となった事態

飛行中に無人航空機が機体不具合により制御不能となった事態を報告の対象とし、これにより無人航空機を紛失した場合も含む。ただし、操縦ミスに起因する操縦不能によるものは報告の対象外とする。

機体不具合の例：無人航空機と操縦装置間の通信障害(無人航空機が通信可能な範囲から逸脱したものを除く。)、想定しないバッテリー切れ、機体構造や装備品等の機能不良など。

操縦ミスの例：無人航空機が操縦装置と通信可能な範囲から逸脱したもの、バッテリー残量の確認不足によるバッテリー切れ、急旋回等の操作による失速、気象状況の確認不足により風にあおられたなど。

###### d) 無人航空機が発火した事態 (飛行中に発生したものに限る。)

：(以下略)

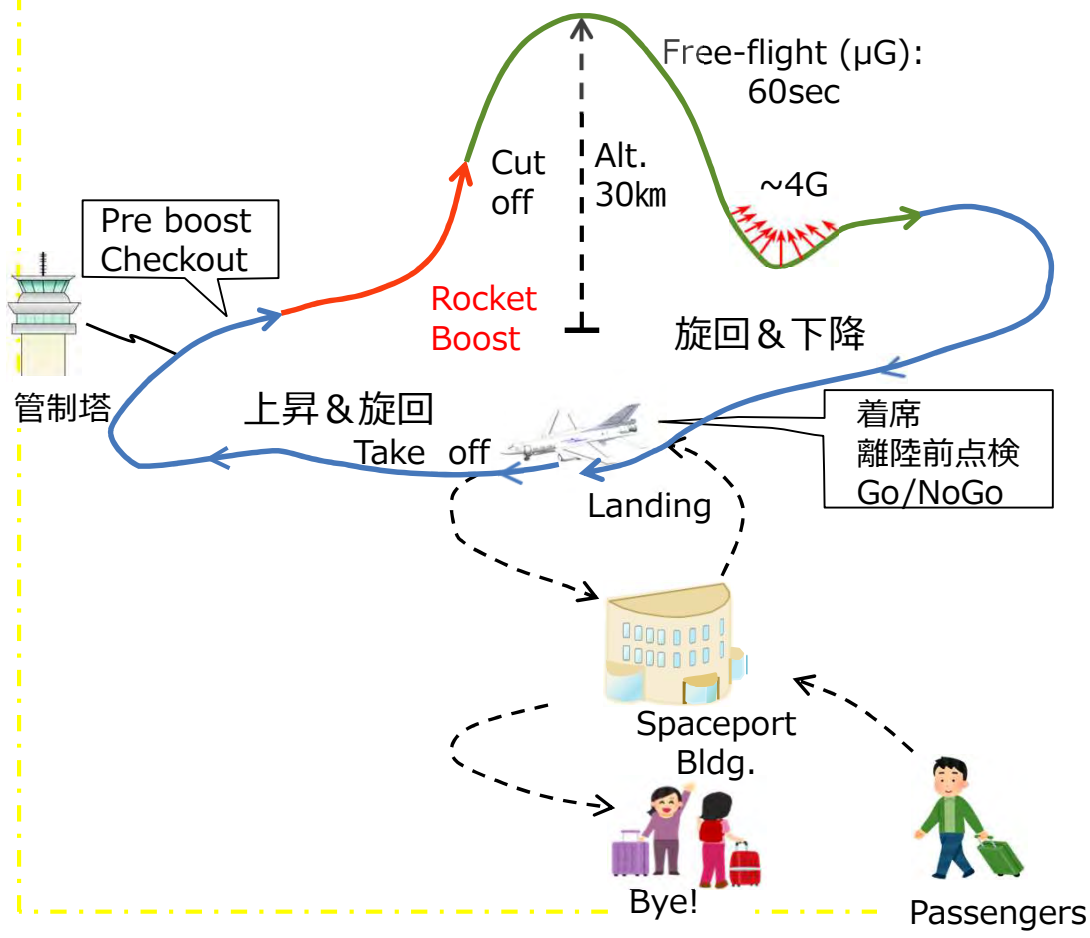
# 4. 将来輸送系の事業構想例

## P2Pに至る前の中間出口としての構想（一例）

到達高度を30kmに抑えることで以下を実現

- 低価格（100万円～/席）
- 低負荷（～4G, 耐Gスーツ・訓練不要）

⇒ 一般民間人にも手が届く“宇宙”観光を！！



## 有翼サブオービタル機



- **有翼機**
- **乗り心地・安全**
- ⇒ **乗客の安心感**
- **既存空港インフラ活用**



## 5. 今後想定される課題，障壁

赤字：昨年度からの  
追加項目

高度30km  
を超えていく

記号	①航空法単管	課題等
II①-ア	フルスケール機の飛行に係る諸調整	大型化に伴い現行旅客機の飛行高度・速度に近づくため調整範囲拡大。 <u>一般空港を使用する場合の干渉回避。</u>
記号	②航空法・宇宙活動法	課題等
II②-ア	一般空港での火工品・高圧ガス等特殊燃料使用	<u>安全措置（保安距離，保管場所，取り扱い場所）。</u>
II②-イ	飛行許可にあたってのロケット推進系の考え方	各種フルスケール機について，飛行実績が審査要件となると開発期間が長期化する可能性。
II②-ウ	有人飛行実証への移行期において，安全性を担保する上で必要な枠組み	搭乗者の同意，アボート，第三者賠償責任等，現在規定されていない <u>運用上の課題の発現。</u>
II②-エ	宇宙往還機の飛行に必要な枠組み	再突入→降下→着陸およびその後の安全化処置，またはアボート時の対応に関する課題。
記号	③航空法・宇宙活動法以外（①②以外）	課題等
II③-ア	特殊燃料等（酸素・水素・メタン等）の輸送	鉄道，海路，空路ともに <u>輸送のハードルが高い。</u>

## 6. 国に求めたいもの、協力依頼

赤字：昨年度からの追加項目

課題等との対応	①航空法単管	要望等	時間軸
I①-ア	航空法関係の申請・調整の省力化	<b>ワンストップ化</b> する等省力化していただきたい。	短期
I①-イ	無人機の機体登録の省力化	諸元の一定程度の変更に対して包括的な登録とするなど <b>省力化</b> していただきたい。	短期
I①-ウ	空域の使用状況の公開	<b>定期便等の情報を公開</b> していただければ時間帯・空域の調整が容易となる。	短期
I①-エ	無人機の事故及び重大インシデントの条件付き適用除外	機体開発目的の飛行について、事前にリスク低減措置がとられていること等の <b>条件付きで適用除外</b> できないか。	短期
課題等との対応	②航空法・宇宙活動法	要望等	時間軸
II②-ア	一般空港での火工品・高圧ガス等特殊燃料使用	<b>安全確保と取り扱いの容易さの両立</b> を意識した制度設計をお願いしたい。	中長期
II②-イ	ロケット推進系を搭載した飛行の安全担保	地上での作動実績を踏まえ、可能な限り最低限の安全担保により搭載を可能としていただきたい。	中長期
II②-ウ	有人飛行実証へ移行する際の整理等	<b>各種規制や課題の整理</b> 。	中長期
II②-エ	宇宙往還機の飛行に必要な枠組み整備	<b>ディセントフェーズも含めた基準の整備</b> 。	中長期
課題等との対応	③航空法・宇宙活動法以外（①②以外）	要望等	時間軸
I①-ウ	機体開発を目的とした飛行の特例化	機体開発目的の飛行について <b>指定した特区内では原則都度の申請を不要とする等、特例化</b> を検討いただきたい。	短期
I②-ア II③-ア	火工品・高圧ガス等輸送の規制	<b>安全確保と取り扱いの容易さの両立</b> を意識した制度設計をお願いしたい。	中長期
I②-イ	電波法関連	申請不要で使用できる <b>無線の出力向上、無線局開設申請の迅速化、特区の設定</b> 等検討いただきたい。	短期

# 6. 国に求めたいもの、協力依頼

諸外国では既に、サブオービタルの商業飛行やこれを目指した、日本も遅れることがないよう法的枠組みの整備・各種規制の緩和を依頼したい。



## Dawn Aerospace (NZL/NLD)

- ✓ 2023年3月, Glentanner Aerodrome(NZL)にて無人機Mk-II Auroraのロケット推進飛行に成功
- ✓ 最高速度310km/h, 到達高度約1.8km
- ✓ 今後段階的に高度を上げ, 高度100kmに到達する飛行を2回/日実施する目標

- 機体: Mk-II Aurora
- ロケット推進
  - 全長4.8m
  - 離陸重量350kg

## Virgin Galactic (USA)

- ✓ 2023年6月, 初めて到達高度80km以上の商業飛行に成功
- ✓ その後も成功を重ね, 2023年11月3日には5回目の商業飛行に成功
- ✓ 高度13.6kmで分離, 最高速度M2.96, 到達高度87.2km (5回目商業飛行)
- ✓ 離着陸場所はSpaceport America (ニューメキシコ州)
- ✓ 次回6回目の商業飛行を2024年1月に計画, その後は次世代機「Delta Class」の開発にシフトしていく

機体: SpaceShip Two (VMS Eve + VSS Unity)



**IHI**

**Realize your dreams**