

様式2 別紙1 本資料の位置づけ・利用上の留意事項

本資料は、SX基盤領域発展研究で公募対象とする2つの技術領域「構造と材料」「環境と生存」の課題例・解決手段例を示すものである。

本資料の情報は、JAXAが2026年2月から同年5月までに実施した「宇宙戦略基金事業における技術開発マネジメントのための宇宙関連技術IPランドスケープ（2018-2025）」の調査結果（※）に基づくものである。

（※本調査は、特許情報をベースにまとめているが、第三者の知的財産権の不存在、実施自由性等を保証するものではない）

国内の宇宙分野の基盤技術レベルの底上げを図る取組の一環として、非宇宙分野の技術・知見の活用及び宇宙分野への取り込みを促進するという本公募の趣旨を踏まえ、特に、非宇宙分野の方の参考となるように、宇宙分野の課題例・解決手段例を整理した。

重要

「構造と材料」「環境と生存」の2領域に含まれる技術課題及び解決手段は、本資料に示す内容に限定されるものではない。

本資料の技術区分、課題及び解決手段は調査結果から抽出した例示であり、各領域には、本資料に示していない多様な課題・解決手段も含まれる。

本資料は参考情報である。公募の対象、応募要件、審査基準等については、公募要領を確認すること。

本調査の分析対象領域

本調査結果は、宇宙戦略基金 第三期技術開発テーマ「SX基盤領域発展研究」の実施方針公表時点における「環境と生存」及び「構造と材料」を分析対象として取りまとめたものである。

環境と生存

「微小重力環境」、「宇宙放射線環境」、「閉鎖環境」といった宇宙特有の環境に加え、打上げ・輸送の過程で振動・衝撃や推進系の取り扱い等に伴い過酷な環境に晒される。これらの環境に必要な技術や健康管理・維持のために蓄積された知見は、宇宙での生活や活動に関する問題を解決するだけでなく、地上での応用も期待できる。例えば、宇宙輸送における低毒性推進系やクリーン推進剤の開発は安全管理の観点で注目されている。また、現在JAXAが取り組んでいる宇宙飛行士の骨量減少／筋機能低下の研究は、地上での骨粗しょう症や筋萎縮症など、特殊な病気の発症メカニズムの解明や、治療技術の開発にも貢献している。宇宙を利用した、例えば創薬開発など地上の生存に貢献する事例もある。アルテミス計画により、宇宙飛行士の健康管理やECLSSによる、生命維持・環境制御技術はますます重要となる。今後人類の活動領域が広がることから、我が国においても環境と生存に関する研究開発を推進することは重要である。

構造と材料

宇宙機やロケットのミッションで要求される精度や耐環境性は高くなる一方であり、ライフサイクル全般にわたり、軽量かつ必要な剛性を確保しつつ、構造の安定化（部品間の相対的な位置・角度変化や、部品の変形を発生させないこと）に対する要求、宇宙環境における耐劣化性/耐温度環境性に対する要求はますます厳しくなっている。また、多機能構造化が進む中、一層、新しい構造材料成形技術の適用、構造の最適化や新方式、新材料による軽量化が進んでいくことが見込まれている。今後、我が国が世界をリードするCFRP、CMCを始めとする高比強度、高比剛性、低熱膨張性を有する高機能材料の活用、地上での活用実績のある材料の転用、新たな材料・コーティングの開発・適用等の材料レベルの対応と、それらの材料特性も踏まえた新規構造アーキテクチャの開発、構造解析技術の高度化等の構造レベルの対応をバランスよく行うことが重要となる。

出所：

[宇宙戦略基金（第三期）実施方針概要（素案）（2026年2月4日）](#)

[宇宙戦略基金 実施方針（文部科学省計上分）第三期技術開発テーマ（2026年2月25日）](#)

2つの技術領域に含まれる技術区分の全体像

環境と生存

大分類 > 中分類 > 小分類

構造と材料

大分類 > 中分類 > 小分類 > 小分類細分化

表中の「○」は、本資料で具体例を掲載する区分を示すものであり、
技術区分の優先度・重要度や、公募における評価上の位置づけを示すものではない。

【環境と生存】大分類の全体像

1. 環境制御・生命維持(ECLSS)

2. 宇宙食・栄養

3. 健康管理・医療

4. 宇宙服・船外活動(EVA)

5. 宇宙環境防護(デブリ・放射線)

6. 熱制御・熱防護

7. 宇宙環境シミュレーション

8. 宇宙農業・資源利用

9. 宇宙生物実験・創薬

10. 射場・宇宙港技術

11. 推進剤

次ページ以降で、中分類・小分類・小分類細分化を示す。

【構造と材料】大分類の全体像

1. 宇宙機プラットフォーム・基本構造

2. 展開構造・軌道上組立

3. 分離・結合・ロボティクス

4. 熱制御・環境防護構造

5. 推進・流体システム構造

6. 軌道上サービス・着陸・表面探査

7. 試験・打上げインフラ

8. 材料種別

9. 宇宙環境対応機能

10. 製造・資源利用

11. 適用システム

次ページ以降で、中分類・小分類・小分類細分化を示す。

【環境と生存】全体技術区分 1/4

○：本資料で具体例を掲載する区分（優先度を示すものではない）

大分類	中分類	小分類	小分類細分化	例示
1. 環境制御・生命維持(ECLSS)	1.1 水管理			
		1.1.1 水再生・浄水		
		1.1.2 尿・結露水回収		
		1.1.3 その他水管理・処理		
	1.2 空気・大気管理			
		1.2.1 酸素生成・CO2除去		
		1.2.2 空気浄化・空調		
		1.2.3 その他空気・大気管理		
	1.3 廃棄物処理			
		1.3.1 宇宙トイレ・排泄物		
	1.4 居住空間・設備	1.3.2 ゴミ圧縮・有機物分解		
		1.4.1 居住スペース		○
		1.4.2 家具・寝具		○
		1.4.3 掃除・洗濯・風呂		○
		1.4.4 人工重力		○
		1.4.5 エンタメ		○
		1.4.6 宇宙エレベーター		○
		1.4.7 衛生管理・消毒		○
		1.4.8 消防・消火		○
		1.4.9 エネルギーマネジメント		○
		1.4.10 燃料電池		○
	1.5 その他環境制御・生命維持			
	1.6 保険			
2. 宇宙食・栄養	2.1 食品・調理			
		2.1.1 宇宙食		○
		2.1.2 食事・調理		○
		2.1.3 食品包装・容器		○
	2.2 栄養補助・サプリ			
		2.2.1 骨・筋肉維持サプリ		
		2.2.2 抗放射線・睡眠改善サプリ		
		2.2.3 その他栄養補助・サプリ		

先頭

全体技術区分

課題・解決手段例

【環境と生存】全体技術区分 2/4

○ : 本資料で具体例を掲載する区分（優先度を示すものではない）

大分類	中分類	小分類	小分類細分化	例示
3. 健康管理・医療	3.1 運動・リハビリ			
		3.1.1 微小重力用トレーニング器具		
		3.1.2 リハビリ・負荷装置		
		3.1.3 その他運動・リハビリ		
	3.2 モニタリング・医療			
		3.2.1 生理モニタリング		
		3.2.2 医療機器・救急		
		3.2.3 メンタルケア		
4. 宇宙服・船外活動(EVA)	4.1 宇宙服システム	3.2.4 医薬品		
		4.1.1 宇宙服・関節		
		4.1.2 生命維持・服内環境制御		
	4.2 船外活動支援	4.1.3 その他衣類・素材		
		4.1.4 ヘルメット・靴		
5. 宇宙環境防護(デブリ・放射線)	4.3 HMI・作業支援			
	4.4 運搬・輸送・資材管理			
5. 宇宙環境防護(デブリ・放射線)	4.5 ロボット・工具			
	4.6 探査機・車両			
5. 宇宙環境防護(デブリ・放射線)	5.1 スペースデブリ防護			
		5.1.1 デブリシールド・自己修復		
		5.1.2 デブリ捕獲・除去機構		
	5.2 放射線防護			
		5.2.1 放射線遮蔽		
		5.2.2 電磁・磁気シールド		

【環境と生存】全体技術区分 3/4

○：本資料で具体例を掲載する区分（優先度を示すものではない）

大分類	中分類	小分類	小分類細分化	例示
6. 熱制御・熱防護	5.3 コーティング			
	6.1 パッシブ・アクティブ熱制御			
		6.1.1 断熱材・熱制御コーティング		
		6.1.2 放熱器（ラジエーター）		
		6.1.3 流体ループ・熱交換器		
		6.1.4 アブレータ・耐熱シエル		
7. 宇宙環境シミュレーション		6.1.5 その他熱制御		
	6.2 再突入時熱防護			
	7.1 微小重力シミュレーション			
		7.1.1 クリノスタット・RPM		
		7.1.2 浮上・重力補償システム		
	7.2 宇宙環境チャンバー			
		7.2.1 真空・熱真空試験		
		7.2.2 月・火星環境シミュレータ		
	7.3 教育・トレーニング			
	7.4 その他シミュレーション・試験			
8. 宇宙農業・資源利用	7.5 データ管理・分析			
	8.1 宇宙農業			
		8.1.1 植物栽培・水耕栽培システム		
		8.1.2 藻類・バイオリアクター		
		8.1.3 その他宇宙農業		
	8.2 閉鎖生態系	物質循環・マイクロコズム		
9. 宇宙生物実験・創薬	8.3 現地資源利用			
	9.1 細胞・組織培養			
		9.1.1 細胞培養・オルガノイド		○
		9.1.2 微小重力実験デバイス		○
先頭	全体技術区分	課題・解決手段例		

【環境と生存】全体技術区分 4/4

○：本資料で具体例を掲載する区分（優先度を示すものではない）

大分類	中分類	小分類	小分類細分化	例示
	9.2 宇宙育種	突然変異・種子培養		
10. 射場・宇宙港技術				
	10.1 射場管理・運用			
		10.1.1 保安距離算定技術		
		10.1.2 緊急退避技術		
		10.1.3 与圧モジュール構築技術		
		10.1.4 打上げ時環境予測		
		10.1.5 輸送設備・車両		
	10.2 宇宙機管理・運用			
		10.2.1 宇宙機整備技術		
		10.2.2 帰還安全性評価技術		
		10.2.3 宇宙機管制技術		
	10.3 その他地上設備・宇宙港			
11. 推進剤				
	11.1 推進剤開発			
		11.1.1 クリーン推進剤		
		11.1.2 低毒性推進剤		
		11.1.3 その他推進剤		
	11.2 推進剤運用			
		11.2.1 燃料補給		
		11.2.2 推進薬高度製造技術		

【構造と材料】全体技術区分 1/8

○：本資料で具体例を掲載する区分（優先度を示すものではない）

大分類	中分類	小分類	小分類細分化	例示
1. 宇宙機プラットフォーム・基本構造	1.1 モジュール化・標準化構造	1.1.1 超小型衛星・キューブサット構造		
		1.1.2 モジュール化・再構成可能プラットフォーム		
		1.1.3 パネル・フレーム構造		
		1.1.4 空力操舵・翼機構		
		1.1.5 ノーズコーン・フェアリング構造		
	1.2 軽量化・先進材料構造	1.2.1 複合材料・積層構造		
		1.2.2 ハニカム・サンドイッチ構造		
		1.2.3 付加製造・3Dプリント構造		
		1.2.4 メタマテリアル・可変剛性構造		
	1.3 潤滑・冷却構造	1.3.1 潤滑構造		
		1.3.2 冷却構造		
	1.4 姿勢・指向制御機構	1.4.1 モーメントホイール・CMG		
		1.4.2 制振・ダンパー		
		1.4.3 磁気トルカ・磁気制御構造		
		1.4.4 その他姿勢・指向制御機構		
	1.5 再使用型構造			
	1.6 各種機器配置・設置	1.6.1 センサ・観測機器		
		1.6.2 電気機器・電子機器		
		1.6.3 アンテナ		
		1.6.4 動力供給システム		
		1.6.5 エネルギー貯蔵		
		1.6.6 その他機器配置・設置		
	1.7 居住空間			
	1.8 各種衛星	1.8.1 通信衛星		
		1.8.2 測位衛星		
		1.8.3 観測衛星		
		1.8.4 保守衛星		
		1.8.5 コンステレーション		
		1.8.6 その他衛星		

【構造と材料】全体技術区分 2/8

○：本資料で具体例を掲載する区分（優先度を示すものではない）

大分類	中分類	小分類	小分類細分化	例示
2. 展開構造・軌道上組立				
	2.1 パドル・アンテナ展開機構			
		2.1.1 太陽電池パドル・ソーラーアレイ展開		
		2.1.2 展開型アンテナ・反射鏡		
	2.2 伸縮ブーム・トラス構造			
		2.2.1 伸縮ブーム・マスト・ヒンジ		
		2.2.2 展開トラス・シザー機構		
	2.3 その他展開機構			
	2.4 インフレータブル・柔軟構造			
		2.4.1 膨張式・インフレータブル構造		
		2.4.2 膜・テザー・ワイヤー構造		
	2.5 軌道上組立・製造 (ISAM)			
		2.5.1 軌道上組立システム		
		2.5.2 軌道上製造・宇宙空間製造		
3. 分離・結合・ロボティクス				
	3.1 分離機構			
		3.1.1 形状記憶合金(SMA)アクチュエータ		
		3.1.2 低衝撃分離・ホールドダウン機構		
		3.1.3 爆発ボルト・火薬式カッター		
		3.1.4 その他分離機構		
	3.2 ステージ・ペイロード分離			
		3.2.1 ロケット段間・フェアリング分離		○
		3.2.2 衛星放出・デイスペンサー		○
	3.3 結合・ドッキング機構			
		3.3.1 ドッキング・キャプチャ装置		
		3.3.2 アンビリカル・コネクタ機構		
	3.4 宇宙ロボット・マニピュレータ			
		3.4.1 ロボットアーム・多関節機構		
		3.4.2 エンドエフェクタ・把持機構		
		3.4.3 その他ロボット		

【構造と材料】全体技術区分 3/8

○：本資料で具体例を掲載する区分（優先度を示すものではない）

大分類	中分類	小分類	小分類細分化	例示
4. 熱制御・環境防護構造	4.1 能動的・受動的熱制御			
		4.1.1 ラジエータ・放熱フィン・熱スイッチ		
		4.1.2 ヒートパイプ・流体ループ・コールドプレート		
		4.1.3 相変化材料(PCM)・熱貯蔵		
		4.1.4 その他能動的・受動的熱制御		
	4.2 熱防護システム (TPS)			
		4.2.1 ヒートシールド・アブレータ		
		4.2.2 耐熱コーティング・多層断熱材(MLI)		
		4.2.3 その他熱防護システム (TPS)		
	4.3 宇宙環境防護			
		4.3.1 デブリバンパー・シールド		
5. 推進・流体システム構造	5.1 推進器構造	4.3.2 放射線遮蔽・静電気放電(ESD)対策		
		5.1.1 ロケットエンジン・燃焼器・ノズル		
		5.1.2 推力偏向(TVC)・ジンバル機構		
		5.1.3 電気推進・イオンスラスタ		
	5.2 推進薬貯蔵・供給系	5.1.4 その他推進機構		
		5.2.1 推進薬タンク・極低温タンク		
		5.2.2 表面張力タンク・ダイヤフラム		
		5.2.3 バルブ・推進薬供給配管系		
6. 軌道上サービス・着陸・表面探査	6.1 デブリ除去・軌道上サービス			
		6.1.1 デブリ捕獲（網・鉤・デザー）		
	6.2 着陸・降下	6.1.2 軌道上燃料補給・メンテナンス		
		6.2.1 着陸脚・衝撃緩衝アブソーバ		
		6.2.2 パラシュート・エアバッグ		
		6.2.3 制動・降下減速		
	6.3 表面探査機構			
		6.3.1 ローバー・サスペンション・車輪		
		6.3.2 掘削・サンプリング機構		
先頭	全体技術区分	課題・解決手段例	6.3.3 その他探査機	

【構造と材料】全体技術区分 4/8

○：本資料で具体例を掲載する区分（優先度を示すものではない）

大分類	中分類	小分類	小分類細分化	例示
	6.4 船外活動（EVA）			
7. 試験・打上げインフラ				
	7.1 シミュレーション・試験設備			
		7.1.1 微小重力・重力補償シミュレータ		
		7.1.2 熱真空・振動・音響試験装置		
		7.1.3 その他試験・検査		
	7.2 打上げ・地上・洋上設備			
		7.2.1 発射台・エレクタ・アンビリカルタワー		
		7.2.2 洋上打上げ		
		7.2.3 ロケット回収		

【構造と材料】全体技術区分 5/8

○：本資料で具体例を掲載する区分（優先度を示すものではない）

大分類	中分類	小分類	小分類細分化	例示
8. 材料種別				
	8.1 先進金属・合金			
		8.1.1 軽金属・構造用金属		
			8.1.1.A アルミニウム・Al-Li合金	
			8.1.1.B チタン合金	
			8.1.1.C マグネシウム合金	
			8.1.1.D ベリリウム合金	
			8.1.1.E その他軽金属	
		8.1.2 難融点・極限金属		
			8.1.2.A タングステン	
			8.1.2.B ニオブ	
			8.1.2.C モリブデン・タンタル・レニウム	
			8.1.2.D イリジウム・オスミウム	
		8.1.3 高機能・特殊合金		
			8.1.3.A 高エントロピー合金 (HEA)	○
			8.1.3.B 形状記憶合金 (SMA)	○
			8.1.3.C アモルファス合金 (金属ガラス)	○
	8.2 ポリマー・樹脂			
		8.2.1 高機能エンジニアリングプラスチック		
			8.2.1.A ポリイミド (PI)	
			8.2.1.B ポリエーテルエーテルケトン (PEEK)	
			8.2.1.C ポリフェニレンスルファイド (PPS)	
			8.2.1.D ポリアミド (PA)・ナイロン	
			8.2.1.E その他高機能エンジニアリングプラスチック	
		8.2.2 先進熱硬化性樹脂		
			8.2.2.A エポキシ樹脂	
			8.2.2.B ベンゾオキサジン・シアネートエステル	
			8.2.2.C フタロニトリル樹脂	
			8.2.2.D その他熱硬化性樹脂	
		8.2.3 スマート・機能性ポリマー		
			8.2.3.A 自己修復・形状記憶ポリマー	
			8.2.3.B エラストマー・ポリウレタン	
			8.2.3.C その他スマート・機能性ポリマー	
		8.2.4 コーティング		
		8.2.5 潤滑油		
		8.2.6 その他ポリマー・樹脂		

【構造と材料】全体技術区分 6/8

○：本資料で具体例を掲載する区分（優先度を示すものではない）

大分類	中分類	小分類	小分類細分化	例示
8. 材料種別（続き）				
	8.3 先進複合材料			
		8.3.1 炭素系複合材料		
			8.3.1.A 炭素繊維強化材料	
			8.3.1.B カーボン・カーボン複合材料（C/C）	
			8.3.1.C 炭素繊維	
			8.3.1.D その他炭素系材料	
		8.3.2 セラミック基・無機複合材料		
			8.3.2.A CMC（SiC系複合材）	
			8.3.2.B CMC（SiC以外）	
			8.3.2.C その他セラミック材料	
			8.3.2.D MAX相・高エントロピーセラミックス	
			8.3.2.E 特殊繊維・玄武岩・アラミド等	
			8.3.2.F 自己修復・形状記憶無機材料	
			8.3.2.G 繊維強化・繊維複合材料	
		8.3.3 ナノ・多孔質材料		
			8.3.3.A CNT・グラフェン	
			8.3.3.B エアロゲル	
			8.3.3.C MXene（マキシ）	
			8.3.3.D 多孔質・ハニカム構造材料	
			8.3.3.E その他ナノ材料	
		8.3.4 その他複合材料		
	8.4 半導体・光学・電子材料			
		8.4.1 宇宙用半導体材料		
			8.4.1.A ガリウム化合物	○
			8.4.1.B ゲルマニウム・ビスマス	○
			8.4.1.C その他半導体材料	○
		8.4.2 磁性・光学用希土類		
			8.4.2.A レアアース（Nd, Sm, Dy 等）	
			8.4.2.B 磁性材料	
			8.4.2.C 光学材料	
	8.5 電池系材料			
		8.5.1 全固体電池		
		8.5.2 全固体電池以外の二次電池		
		8.5.3 太陽電池		
		8.5.4 燃料電池		

【構造と材料】全体技術区分 7/8

○ : 本資料で具体例を掲載する区分（優先度を示すものではない）

大分類	中分類	小分類	小分類細分化	例示
8. 材料種別（続き）		8.5.5 空気電池		
		8.5.6 その他電池・キャパシタ		
	8.6 触媒・フィルタ材料			
9. 宇宙環境対応機能	9.1 熱制御・極限耐熱			
		9.1.1 アブレーション・熱バリア		
		9.1.2 アクティブ/パッシブ放熱		
		9.1.3 耐熱・難燃・不燃		
	9.2 放射線・電磁波防護			
		9.2.1 宇宙放射線・粒子線遮蔽		
		9.2.2 電磁波・静電気防護		
	9.3 物理的脅威防護			
		9.3.1 デブリ・微小隕石防護		
		9.3.2 宇宙ダスト・原子状酸素対策		
10. 製造・資源利用	10.1 先進製造プロセス			
		10.1.1 宇宙・軌道上3Dプリント		
		10.1.2 宇宙環境応用製造		
		10.1.3 宇宙ロボット		
		10.1.4 その他製造		
	10.2 現地資源利用(ISRU)			
		10.2.1 レゴリス活用		
		10.2.2 推進剤・ガス生成		
		10.2.3 その他現地資源利用		
	10.3 循環・リサイクル	10.3.1 廃棄物・デブリ再利用		
	10.4 材料設計・分析			
		10.4.1 測定・分析		
		10.4.2 生体・バイオ分析		
		10.4.3 材料設計・シミュレーション		

【構造と材料】全体技術区分 8/8

○：本資料で具体例を掲載する区分（優先度を示すものではない）

大分類	中分類	小分類	小分類細分化	例示
11. 適用システム				
	11.1 ロケット・推進系			
		11.1.1 エンジン・タンク構造		
		11.1.2 推進剤・火薬		
	11.2 宇宙インフラ			
		11.2.1 展開・居住モジュール		
		11.2.2 生命維持・船外活動		

Section 2 | 一部技術区分の技術課題・解決手段例

全体技術区分のうち「○」を付した一部区分について、課題・解決手段を例示

技術区分

課題例

解決手段例

重要

「構造と材料」「環境と生存」の2領域が対象とする技術課題及び解決手段は、ここに示す例に限定されない。

両領域には、本資料に示していない多様な課題・解決手段も含まれる。

本資料は参考情報である。公募の対象、応募要件、審査基準等については、公募要領を確認すること。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	生命維持・環境制御	
空気・ガス・温度	—	イオン液体や電気化学反応を用いたCO2の吸収・固化・メタン化装置。熱パイプやエアロゲル等による断熱と温度調整。
水・排泄物処理	—	無重力対応の便器・小便器。フィルターや真空ポンプで尿・ガスを分離するシステム。真空蒸留や光処理による水質浄化。
放射線・デブリ	—	多層の繊維布やセラミックを用いた充填型のデブリ防護パネル。希土類酸化物を用いた中性子・ガンマ線遮蔽材。

課題テーマ例（小項目）		小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	健康・生活支援		
歩行・人工重力	—	靴底に磁石や吸盤を備え、キャビン床面と引き合うことで歩行を補助する宇宙靴。居住室全体を回転させて遠心力で人工重力を生み出すシステム。	
生活インフラ	—	気液分離機能を持つシャワー・入浴装置。微小重力下で油煙や残留ガスを回収できる密閉型の調理・加熱器具。	
医療・心理・隔離	—	宇宙飛行士の筋萎縮を防ぐ張力結合服。地球帰還後の宇宙飛行士を安全に収容する、負圧制御・外気処理機能を備えた隔離密閉キャビン。	

課題テーマ例（小項目）		小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	構造と安全性		
軽量化・展開構造	—	折り畳み状態で打ち上げ、軌道上や月面で空気を入れて膨らませる（インフレータブル）半剛性・柔軟キャビン。	
ドッキング・ドア	—	真空環境でも確実に密閉できる二重シール構造や自動開閉ドア。許容誤差を大きく持たせたドッキング・ロック解除機構。	
緊急時の保護	—	衝撃を吸収するエアバッグ型・減衰スプリング付きのシート。気圧喪失時に瞬時に展開し、宇宙飛行士を包み込む緊急用フレキシブル内袋。	

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	睡眠・休息環境の向上 宇宙空間における安全で健康的な休息の確保	
快適性・衛生・保温性の確保	宇宙空間の冷えや埃を防ぎ、衛生的な睡眠環境を提供する	特殊素材（改質ポリアミド燃糸、天然シルク、不織布、難燃性繊維）を使用した丈夫で埃の出にくい寝袋構造。また、空気混合加熱装置を用いて寝袋内の空調を行う技術。
無重力環境下での身体の固定（浮遊防止）	睡眠中や休憩中の宇宙飛行士の漂流を防ぐ	寝袋を吊るす専用スペースを備えたレクリエーションバッグ。磁性宇宙靴や磁性シート、寝袋と宇宙ズボンの吸着機構。移動体と運搬体の間に磁性伝導物質を配置し、引力で浮上を防ぐ浮力防止装置。
宇宙環境特有の健康課題への対応	微小重力による体液シフト（血液の過剰な再分配）や宇宙病の予防・治療	円形ディスク状の膨張式マットレスに寝袋を放射状に配置し、回転させることで人工重力を生み出すベッドパッド。重力を模倣する寝台デバイス。インテリジェントコントローラと連動し、特定経穴に電流パルスで鍼灸理学療法を行う寝袋。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目） 居住・作業空間の省スペース化と有効活用 限られたキャビン内スペースの最大化		
家具の折り畳み・拡張・多機能化	座席やテーブルを使用時のみ展開し、作業・居住スペースを確保する	折り畳み収納が可能で移動スペースを占有しない座席・背もたれロック機構。延長機構を備えた電子機器テーブルや、引き棒で表面積を拡大する食堂車。限られた空間に上下配置され油煙処理機能を持つ一体型キッチン。
収納設備の整理整頓と飛散・異臭防止	衣服や靴、備品を無重力下で安全に管理・収納する	軌道上で手動で展開・折り畳みが可能な再構成宇宙キャビネット。靴を自動搬送・密閉して異臭や汚れの拡散を防ぐ省スペースなインテリジェントシューズキャビネット。衣類が浮いたり裾がはねたりするのを防ぐクリップと壁面係止手段を備えたハンガー。
課題テーマ例（大項目） 無重力空間における操作性・安定性の確保 無重力下での家具操作・アクセスの容易化		
姿勢維持と操作時の反作用の相殺	家具の操作時に身体が宙に浮いたりバランスを崩したりするのを防ぐ	両手操作が困難な無重力下でも、必要な保持力を確保しつつ片手で素早く着脱できるハンドルと取付プレート。キャビネットの引き出しを開閉する際、双方向の挟持片を用いてユーザーの作用力を相殺し、身体の変位（反作用）を防ぐロック装置。

課題テーマ例（小項目）		小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	掃除・生活衛生		
廃棄物・排泄物の処理と資源化	宇宙空間での有機廃棄物や排泄物の処理困難、環境汚染、資源浪費の解決、および宇宙飛行士の健康維持と資源回収。		微生物、ミズ、水生生物を用いた有機物の循環・バイオエタノール等への分解。液化・固化の分離と気液精製による再利用。水熱反応とサバティエ反応を用いた酸素回収と有害細菌の殺菌。
トイレ・口腔などの局所衛生確保	無重力下での水や排泄物の飛散防止、安全性の確保、限られた空間での細菌汚染や異臭の拡散防止。		遠心力を利用してうがい水を集水バッグに回収する便器付属装置、膨張可能部材で人体を固定する無重力用トイレ、薬用ナノスポンジ付き指スリング、保護機構と殺菌機能を備えた宇宙用固定歯ブラシ。

課題テーマ例（小項目）		小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	洗濯		
微小重力環境に適応した省資源洗浄		無重力での気液分離・脱水困難の解消、水や化学洗浄剤の消費量の大幅な削減、高電力消費の抑制。	超音波霧化ミストとオゾンを利用した無洗剤での洗浄、布地を固定してスクレーパと噴霧ノズルで洗う洗濯装置、液体二酸化炭素を利用した相転移なしの省電力洗浄システム、空気圧バランス開口部を持つ洗濯機。
特殊衣類・宇宙服の効率的乾燥		水中訓練用宇宙服などの乾燥において、機器の除湿効率を高め、消費エネルギーや排出される熱量を削減すること。	ヒートポンプ乾燥技術と廃熱回収技術を組み合わせた乾燥処理システム。

課題テーマ例（小項目）		小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	風呂・入浴		
無重力対応のシャワー・洗浄装置		水滴の浮遊による宇宙飛行士の窒息防止、水消費量の削減、空間内での安全で確実な身体洗浄。	回転機構を利用し水を自動排出して窒息を防ぐ特殊シャワー、霧化ノズルとファンを用いてミストの方向性のある流れを形成し不規則な飛散を防ぐ宇宙浴装置、低圧空気と真空吸引を利用して汚れを除去するシステム。
節水・洗浄不要の入浴・清拭システム		水が限られた環境や小規模ステーションにおいて、日常的な衛生管理や抗菌・防臭を簡易に行うこと。	折り畳み式フレキシブル抗菌壁と気液循環・温風機能を備えた洗浄不要の入浴装置、使用直前に包装内で希釈液を注入してウェットワイプ化する多層バスタオル。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	身体的健康の維持と生理的影響の防止	
筋力・骨密度低下の防止	無重力環境下での骨密度減少や筋萎縮を防ぎ、筋骨格系へ適切な負荷を与える。	ペダル駆動の宇宙自転車、負圧と抵抗を組み合わせたレッグプレス、一定の加減速による直線推力で1Gを維持するエンジン。
血液再分配の予防	頭部への血液偏在を防ぎ、頭から足側に向かう自然な重力ベクトルを作り出す。	回転ディスク上の寝袋、傾斜可能なカプセルを備えた遠心装置、体外循環時の血液の短半径遠心分離機。
有害環境からの保護	放射線や磁場から飛行士を保護しながら人工重力を提供する。	多層磁性トロイドや磁性層状衣類、太陽陽子等を遮蔽する双極子磁場。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	日常生活・生活環境の向上	
生活・睡眠・歩行のサポート	歩行、座る、睡眠などの日常動作において地球と同等の重力環境をシミュレートする。	宇宙カプセル壁面の環状滑走路と搭乗シャーシ、磁気シールド服と磁気遠心力装置の組み合わせ、磁気軸受を備えた真空回転キャビンと永久磁石。
重力適応とエクササイズ	目的地の惑星重力への事前順応、及び自力で回転して運動効率を上げる。	レーザーを用いた均一な加減速による段階的な重力生成、クランク機構と弾性装置を利用した搭乗者自身の力による回転運動。
居住性・安全性の確保	コリオリの力や重心移動による振動を回避し、乗組員の快適性と安全性を高める。	重りを反対方向に駆動する自動重心調整、任意の方向に傾斜可能なジョイント付き箱体、固定部と回転部を繋ぐ密閉可動ジョイント。
課題テーマ例（大項目）	システム運用・構築の高度化	
可変重力と質量バランス制御	複数の重力レベルを提供しつつ、居住モジュールの不均衡な質量配置を最適化する。	互いに逆回転する一対の居住モジュール、流体ポンプによる質量再分配、軌道上のモジュール用バランス調整システム。
省エネ・作動物質の節約	システム作動時の消費電力や推進剤を極力抑え、持続的に遠心力を生成する。	ジャイロスコープ型のフライホイール、真空環境と磁気サスペンション軸受（摩擦ゼロ）の採用、反平行反動エンジン。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	身体的健康の維持と運動のエンタメ化	
トレーニングのエンタメ化と没入感向上	無重力環境や訓練時の運動不足を解消しつつ、マンマシンインタラクションを活用して退屈なトレーニングのエンタメ性や没入感を高める。	・仮想表示装置（VR）と組み合わせ、柔軟なロープとトルクモーターで水流抵抗をシミュレートするローイングトレーナー。 ・アスリートや宇宙飛行士のレクリエーション・訓練効果を高める、膜方式を用いた低酸素高濃度酸素の自動還流装置。 ・利用者が自己制御可能な外輪・内輪を用いたセルフサービス型の多方向回転座席機構。
無重力下での姿勢制御・移動支援を通じた娯楽性の向上	無重力カプセル内での姿勢保持や移動の不便さを解消し、作業の利便性だけでなく民間の娯楽・レクリエーション活動の楽しさを向上させる。	・多孔質室とパイルの挿入・引き抜きによって外部に固定できる靴ヒール機構。 ・つま先のセンサーと直流モーターによって、ブラケットなどの外部物体を挟み込むペンチ状のジョー（開閉機構）を備えた靴用アタッチメント。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	精神的健康の維持と居住性の向上	
多機能リフレッシュ空間による ストレス緩和	緊張感があり、重苦しく退屈な航空宇宙環境において、宇宙飛行士の肉体的・精神的なリラックスや娯楽を支援し、作業効率と健康を確保する。	・キャビン側壁の中空室と通気孔を活用し、遠赤外線スパ蒸しバッグ、森林浴システム、マイナスイオンシステム、各種洗浄システムなどの機能モードを統合した特別な休憩室。
プライベートなレクリエーション 空間の確保	宇宙ステーション内において、宇宙飛行士が快適で幸せに生活し、レクリエーションを楽しむための専用の個人空間を確保する。	・移動可能な吊り上げロッドとナイロンバックルを備え、居住室の側壁に接続された個人用寝袋を吊るすための居住用レクリエーションバッグ構造。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	構造安定性とケーブル構築技術	
高強度テザー・ケーブルの実現	—	グラファイトへのレーザー照射と電流印加により、キロメートル級の超長カーボンナノチューブやグラフェンを連続的に製造し、テザーの強度を確保する。高度なカーボン材料を用いたテザーの構築。
システムの揺動抑制と動的安定化	—	楕円軌道上の揺れを予測・抑制する制御則の導入や、支持ロッドと一般化アルファアルゴリズムを用いてコリオリの力によるテザーのひずみや衝突を低減する動的モデリング。
既存の強度要件を緩和する代替構造	—	空気圧セルによる自立型タワーの構築、ヘリウム気球や膨張式クッションを利用した浮力支持、成層圏の風力を利用した牽引、およびケーブルをセグメント化して各ノードでエネルギーを補給し強度要件を下げる設計。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	効率的で省エネな推進・昇降メカニズム	
クライマーの摩擦・推進制御	—	駆動ローラと従動ローラの速度差に基づいて保持力を制御しスリップを防ぐ機構、およびケーブル上の機械波をピストンや電磁石で動力に変換する推進システム。
無重力環境下での制動技術	—	低重力環境下において柔軟に動作する、圧縮空気を利用した制動（ブレーキ）システムと空気噴射推進装置の搭載。
外部エネルギー供給と省エネ化	—	地上からのレーザーによるプラットフォームへの電力供給や、浮力発生装置をカウンターウェイトとして釣合いを取ることで昇降の省エネルギー化を図るシステム。
遠心力等を利用した軌道投入	—	宇宙エレベーター上部の水平分岐に遠心加速器（または伸縮チューブ）を設置し、回転による遠心力でペイロードを第1・第2宇宙速度まで加速して燃料なしで射出するシステム。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	ドッキングおよび運行管理システム	
宇宙空間での確実なドッキング機構	—	受動・能動宇宙船間で、誘電性反磁性材料を用いたC字型の引き込み式フィンガー、電磁インダクタ、接点スプリングを組み合わせた「パームロック」による確実なドッキング・ロック解除機構。
昇降機の複数運用と運行効率化	—	かごの移動量をカウンターウェイトの2倍にしてレールを共用化する構造や、セミダブル運転・スキップ運転を切り替えて輸送需要や省エネ性を最適化する群管理制御。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	安全性向上と緊急保護システム	
乗員・物資の緊急避難・保護	—	打ち上げ施設において、緊急時に回転キャビンや油圧駆動装置、傾斜密閉金属ギャラリーを用いて乗組員を防護構造物へ安全かつ迅速に移動・避難させる装置。
落下防止と安全な緩降	—	宇宙エレベーターのリフティングビン（かご）下端に主パラシュートと補助パラシュートを配置し、万が一の降下時に減速して安全を保護する緩降装置。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目） 居住空間の空気・表面の除染・殺菌		
閉鎖空間内の浮遊・付着微生物の効率的な除去	閉鎖された空間で増殖する細菌や真菌を効率よく殺菌する課題	過酸化水素とUVの併用、低温プラズマ（誘電体バリア放電）、オゾン発生、光触媒ナノ複合壁紙の活用。
宇宙船表面へのバイオフィーム形成の防止	機器表面に細菌が付着しバイオフィームを形成するのを防ぐ課題	ポリイミド／グラフェン複合材による抗菌コーティングや、抗菌性・抗バイオフィーム性を持つ銅合金表面の採用。
課題テーマ例（大項目） 水再生・飲料水システムの衛生管理		
飲料水中の微生物増殖の抑制	貯蔵水や配水システム内の微生物増殖を長期にわたり抑制する課題	銀電解処理による銀イオンの導入、およびポリウレタン複合フォームを用いた殺菌性ナノ粒子の受動的制御放出。
水回収システムにおける高効率な消毒	排泄水等から水を再生する際、低消費電力で確実に消毒する課題	マイクロ波殺菌装置、超微細気泡水、および加圧蒸留・生物活性炭・UV消毒を組み合わせた軽量な水回収システムの導入。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目） 宇宙飛行士のパーソナルケアと日用品の衛生維持		
微小重力下での身体・口腔洗浄と生理用品の抗菌化	入浴が困難な環境において、身体の清潔保持や悪臭を防ぐ課題	循環パイプを備えた洗浄不要入浴装置、ブラシヘッドを保護するスペース歯ブラシ、よもぎ・茶ポリフェノール配合の抗菌生理用品の開発。
衣料等の洗浄と現場での消毒液生成	地球からの補給を減らし、日用品の洗浄や消毒液の自給を図る課題	宇宙繊維洗浄装置、超音波洗濯乾燥機の開発、および搭載された酸素と水を用いた電気化学的過酸化水素のオンデマンド生成。
課題テーマ例（大項目） 医療機器・搭載ハードウェアの滅菌		
微小重力下での外科手術・医療器具の滅菌	宇宙での緊急手術等に向けた、医療器具の軽量かつ確実な滅菌課題	3Dプリント製の携帯型UV-C滅菌器の開発や、限られた資源下での過酸化水素による手術器具の暫定的な化学的再処理。
宇宙船搭載部品や実験機器の局所滅菌	搭載ハードウェアや実験部品の表面微生物を局所的に除去する課題	紫外線光源と赤外線光源を組み合わせた表面微生物殺菌キャビネットや、バッテリー駆動の携帯型紫外線殺菌装置の使用。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	生命維持システム・植物栽培等における衛生管理	
生物再生型生命維持システム内の植物モジュールの消毒	宇宙船内での植物の連続栽培に向けた、収穫後の徹底的な殺菌課題	複数回の栽培サイクルを可能にするための、加熱殺菌と過酸化水素浸漬を組み合わせた消毒プロトコルおよびリアルタイム微生物モニタリング。
閉鎖生態系における臭気・汚染物質の処理	閉鎖環境で生じる汚染物質や臭気を処理し、安全な空気を保つ課題	ガス脱臭・殺菌アセンブリを備えた空気換気装置や、自動搬送と外部への臭気・汚れ拡散防止機能を持つインテリジェントシューキャビネットの実装。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	火災発生リスクの低減と早期予防	
微小重力下における 燃焼限界・特性の評価	材料の燃焼限界や許容燃焼時間を評価し、耐火基準を定める	平坦な水平チャネル内でのサンプル燃焼による流速・燃焼限界の決定、換気流量とポリマー材料の最大許容燃焼時間に基づく安全係数の算出
機器構造による出火・延焼防止	電子機器内での出火と外部への延焼を防ぐ	非密閉・不燃性ハウジングの採用と換気ガス流浸透を防止する基板配置、電磁シールド布に切欠溝を設け、緊急時に手で素早く破れる消火ポート構造
AIを活用した火災の 予測・早期警報	宇宙環境における火災リスクを統合的に監視・予測する	LSTMアルゴリズムやCNNに基づき、火災発生確率や絶縁層の損傷を予測する統合システムの構築

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	宇宙船内での効率的・省資源な消火技術	
システム全体を通じた環境制御と消火設計	空間の気圧や換気を操作して迅速に消火する総合設計	換気装置の停止・モード変更や加圧区画の減圧システム作動による消火時間短縮、検出器・警報・消火保護装置を連動させたプログラム設計
微小重力に適応した消火装置と作動媒体の工夫	少ない消火剤で安全かつ効果的に鎮火する	中性ガス回路と特殊な液体（パーフルオロエチルイソプロピルケトン）回路の使い分けによる作動媒体の節約、外部環境と内部空間を連通させる渦輪（ボルテックスリング）ランチャーによる消火
課題テーマ例（大項目）	無人化・自動化による消火活動	
自律移動型インテリジェント消防ロボットの開発	宇宙飛行士の安全を確保し、小規模火災を自動で早期鎮火する	センサーによる現場マップ構築、巡回（ポーリング）モードでの自律移動、CO2ガスを高圧噴射するノズルやプロペラを備えたロボットの開発

【環境と生存 | 1.4.9】エネルギーマネジメント

1/2

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目） 月面・火星等の居住施設の環境適応と資源確保		
閉鎖環境の精密な環境制御と生命維持	閉鎖空間における精密な温度制御と生命維持システムの構築	加重平均型マルチタイムスケールモデルによるHVAC制御や、IoTデバイスによる自律監視と環境制御
極限環境からの居住空間保護と温度調整	宇宙線や微小隕石、極端な寒暖差から居住空間を保護する課題	月面レゴリスを用いた多層複合壁構造、アルミニウム合金本体、電気を熱に変換する熱サイクル統合維持システム
現地資源利用（ISRU）による自給自足	月や火星の資源で水・酸素を生成し自給自足と電力管理を行う課題	レゴリスからの水生成と廃水処理の自律制御モデル、光触媒水分解技術、CO2抽出・メタノール合成等の多製品製造デバイス
課題テーマ例（大項目） 居住施設・基地における発電と蓄電の最適化		
極端な日照条件下の継続的な電力供給	長期の夜間など日照不足の環境下で電力を継続的に供給する課題	太陽光パネル、蓄電池、スターリングラジエーターの空間的差別化展開、原子炉の併用、多空洞エネルギー貯蔵システム
過酷な環境下での発電設備の維持と保護	月面の粉塵や極端な温度変化による発電設備の効率低下を防ぐ課題	太陽電池パネルの粉塵軽減戦略（ダスト除去）、相互接続された垂直太陽電池アレイ間での電力伝送による温度維持

課題テーマ例（小項目）		小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）		モビリティ（探査車など）の運用とエネルギー補給	
探査車への効率的かつ確実な電力伝送		移動する探査車に対し、過酷な環境下で効率的に電力を補給する課題	深層強化学習（DRL）を用いたAI駆動型適応型ビームステアリングによる無線電力伝送（WPT）車載ワイヤレス充電
探査機の自律的なエネルギーマネジメント		探査機自身が発電と蓄電を監視し、エネルギー効率を最適化する課題	照度センサーの検知結果に応じた太陽電池パネルの自動方向調整機構、エッジAIを活用した自律的なエネルギー管理・タスクスケジューリング
課題テーマ例（大項目）		宇宙機器間のエネルギーネットワークと共有	
宇宙船・モジュール間の電力相互バックアップ		宇宙船等のドッキング時に電力を融通し合いエネルギー危機を防ぐ課題	双方向デュアルモードグリッド接続システムによる電力分配、故障した宇宙船へ電力を供給するグリッド接続充電コントローラ
無人探査機や設備への遠隔エネルギー供給		接続が困難な無人機器や遠隔設備に、継続的かつ安定的に給電する課題	ロボットアームで日照角度に適應する移動型太陽光発電モジュールの活用、レーザーやマイクロ波による遠隔エネルギー伝送システム

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	生命維持・居住環境の構築と循環	
水・酸素・資源の自給循環（閉ループ化）	外部からの補給が困難な宇宙環境で、宇宙飛行士の生命維持に不可欠な飲料水や呼吸用酸素を長期間持続的に確保する。	燃料電池の発電時に生成される「水」を生活用水・飲料水として精製・出力する。さらに水電解装置やサバティエ反応器と組み合わせ、排出される呼気・下水・生成水を水素と酸素に再生し、水・ガス・電気の完全な循環（閉ループ）システムを構築する。
宇宙農業・植物栽培システムの構築	月面基地や居住区での植物栽培（食料・酸素源）に必要な水分、熱、二酸化炭素環境を安定的かつ効率的に供給する。	燃料電池を植物栽培インキュベーターに統合し、発電生成水を植物の灌漑に直接利用するとともに、発電時の排熱を保温に利用する。また、植物が排出する酸素を燃料電池に取り込み、人間の廃棄有機物を燃料に変換する閉ループ環境を構築する。
居住空間の省スペース化と安全性確保	キャビン内の限られたスペースの節約、高圧タンクの占有容積削減、および爆発・有毒ガスのリスクを排除する。	システムの動的な分配・制御によって水と酸素の柔軟な変換を行い、高圧シールタンクに貯蔵する酸素の容積を削減する。また、燃料電池室内に漏出した水素・酸素の混合ガスを、真空中に放出することなく有毒ガス除去装置で無害化（水化）する。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	安定したエネルギー供給と統合管理	
極限環境下での持続的電力供給	太陽光が利用できない月夜や深宇宙、無酸素の密閉空間などにおいて、基地や探査機、生命維持装置に安定した電力を途切れなく供給する。	太陽光発電と再生型燃料電池（水電解モジュールを含む）を組み合わせ、日中に蓄えたエネルギーで夜間に発電するシステムを構築する。また、月面の水氷を光触媒水分解で水素と酸素に変換して貯蔵する方法 や、ディーゼル改質と過酸化水素分解を活用した無酸素空間向け発電システム を用いる。
機器の統合による小型軽量化と熱管理	宇宙服やキャビン、搭載システム全体において、電力・熱のバランスをとり、質量と容積（ペイロード）を大幅に削減する。	燃料電池と生命維持の熱制御（熱電冷却部品や液体冷却スーツ、放熱器）を統合し、発生する排熱の吸収と宇宙空間への放出を管理する。水・ガス・熱・電気などのサブシステムを融合設計することでコンポーネント数を減らし、宇宙船の負荷と重量を軽量化する。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	宇宙食の機能性・栄養価の向上	
消化吸収性の向上	—	食材の細断・調理後、微小菌類バイオマスのCO2抽出物等を混合し、アルミチューブに無酸素充填・滅菌する技術
骨量減少・骨粗鬆症の予防	—	カゼインカルシウム、コラーゲンペプチド、杜仲、LGG乳酸菌など、カルシウム吸収・骨形成を促進する機能性成分の配合
抗酸化・抗放射線・免疫力向上	—	ベリー類（アントシアニン）、松の実タンパク質、黒キクラゲ多糖類、霊芝・マイタケ等の抗酸化・免疫調整成分の配合と真空凍結乾燥
筋萎縮・疲労の予防	—	チアミン補給、動物・植物性ポリペプチド（牛心筋ペプチド等）、シンビジウム抽出物などの配合による細胞活性化と疲労回復
腸内環境の調整	—	プロバイオティクス（乳酸菌、ビフィズス菌）とプレバイオティクス（食物繊維、オリゴ糖）の組み合わせ、フリーズドライヨーグルトの製造
メンタルヘルス・睡眠・ストレス改善	—	ナツメ、ライチ、バラ精油、GABA、茶ポリフェノールなどの鎮静・抗ストレス成分を配合した機能性飲料、チョコレート、チュアブル錠の開発

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	長期保存性と安全性の確保	
生鮮野菜・果物の長期保存	—	微小菌類バイオマス懸濁液への浸漬、エタノール処理、紫外線照射後、ポリマートレイや滅菌紙による個別包装での鮮度保持
加工食品の長期安定化	—	真空凍結乾燥（フリーズドライ）、放射線照射、高温加圧殺菌、真空包装による微生物制御
課題テーマ例（大項目）	無重力環境への適応と利便性向上	
飛散防止と摂取の容易化	—	アルミチューブ包装、ゼリー・ペースト・錠剤化、水分吸収により糊状化する包装、吸水性樹脂パッド内蔵容器の採用
微小重力下での調理・加熱対応	—	遠心力を用いたマイクロ波相乗3Dプリンター、加熱時の残留ガス回収・乾燥装置、浮上加熱システムの開発

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	宇宙食の品質維持と消化吸収性の向上	
宇宙食の長期保存と栄養素の劣化防止	長期ミッションにおけるビタミン等の栄養劣化や品質低下を防ぐ課題。	ビタミン（チアミンやビタミンC）分解の速度論的モデリングによる予測と制御、代替保管温度の適用、凍結乾燥、ハードルアプローチ、包装技術の改善。また真空包装や滅菌技術による長期保存の実現。
無重力環境下での食品の消化吸収機能の向上	宇宙飛行士の消化吸収機能を高め胃腸への負担を軽減する課題。	食材の細断や無酸素技術の適用に加え、ピシウムやモルティエラなどの特定の微小菌類バイオマスの二酸化炭素抽出物を食品に添加し、消化率を劇的に向上させる製造プロセス。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	微小重力環境下での安全で効率的な調理・飲食技術の開発	
微小重力下における液体食品の飛散防止と摂取	微小重力下で液体食品の飛散を防ぎ安全に飲食可能にする課題。	内壁に鋭角の溝を設けた毛細管飲料カップ、底にピストンとバネを配置して水面を保つコップ、毛細管構造や滑り用の溝を備えた吸入用スプーンの開発。
宇宙環境での均一な加熱処理と調理排ガスの浄化	宇宙での加熱ムラを防ぎ調理時の煙や残留ガスを処理する課題。	無重力下での対流を促す攪拌スクルー付き鍋や遠心加熱を利用した炒め機の導入。 さらに、調理中の排煙浄化システムや発生ガスの回収・乾燥装置の構築。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	宇宙飛行士の心身の健康と食事の快適性・魅力の向上	
宇宙環境特有の身体的疲労と心理的ストレスの緩和	宇宙の生理的・精神的ストレスや身体疲労を食で軽減する課題。	宇宙飛行士の免疫機構や疲労を調整するため、セレン強化食や機能性オイスターソース、ローズ精油を配合したサンザシプリン、伝統中薬成分を用いた特製ソース等の提供。
長期ミッションでのメニュー疲労と食事の単調さ解消	長期ミッションによるメニュー疲労や食の単調さを解消する課題。	3D・4Dフードプリンターを用いた食品製造の多様化や、VR（仮想現実）を活用して食事の多感覚的体験（C.H.E.F.等）を設計し、感覚的・社会的な体験を向上させる手法。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	軌道上および地球外における自立型食料生産システムの確立	
限られた宇宙環境での生鮮野菜や植物の安定栽培	限られた資源や環境下で生鮮野菜や作物を安定的に栽培する課題。	光ファイバーやLEDを活用した水耕栽培システム（VEGGIE等）の構築、適応型垂直農場、藻類（クロレラ等）の培養、およびアクアポニックスや植物マイクロバイオームの研究。
補給不可能な環境での廃棄物再利用と資源循環	宇宙空間で廃棄物を再利用し持続可能な食料資源を確保する課題。	発酵を利用した宇宙食糧廃棄物管理、尿処理などの排泄物と微細藻類培養を組み合わせた資源再生、昆虫食を組み込んだ持続可能なリサイクル農業の導入。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	宇宙空間における調理・飲食の利便性と機能性の向上	
微小重力環境下での調理・加熱の最適化	—	・独自の加熱要素と気流設計により、対流を強制して微小重力下で機能させる宇宙オープン ・温度差に応じてファンの回転速度を制御し、浮上した食品容器の両面に吹き付ける熱風の流速を調整して均一に加熱する技術 ・容器の内容積の少なくとも一部を混合する装置と熱伝達装置を備えた調理装置 ・温度制御チタンスプリングとエジェクタピンを用いて気流を制御し、あらゆる高度や無重力環境で定格温度を維持できる弁当箱
無重力下での容易な飲食・注水と衛生・食感の確保	—	・管状の注入部やシール弁、容器外面にV字状スリットが形成された円筒状の密閉弁を備え、完全密閉と容易な注水を実現した包装容器 ・人体に無害で水が浸透する伸縮性の高い半透性材料で食品をカプセル化し、加熱された液体で調理後そのままキャップから飲食できる装置

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	長期間にわたる保存性とバリア性の向上	
食品・飲料の長期保存と 鮮度・品質の維持	—	・柑橘類を過マンガン酸カリウム等の溶液や特定の懸濁液に浸漬し、薬用接着剤で覆い紫外線照射することで45日間保存可能にする技術 ・金属製シェルと9層の複合フィルム内袋で構成され、高圧耐性と高い空気停止性能を持つ飲料水長期貯蔵タンク ・ガスは透過するが液体・食品は透過しないポリオレフィン系樹脂フィルムを仕切り部材に用いた浸軟食品用包装容器
高機能な包装用新素材の開発	—	・誘電特性に優れ、低吸湿性・高耐熱性・高寸法安定性を持つ特定の繰返し単位で構成された樹脂ポリマー材料 ・強化剤、ナノハイドロタルサイト、グラフェンなどを配合し、引張強度とバリア性を共同で向上させたPET複合フィルム ・改質ナイロンプラスチックから発泡成形され、強度、遮音性、断熱性、耐衝撃性に優れた高溶融強度ナイロン発泡材料

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	微小重力を利用した三次元細胞培養	
地上での疑似微小重力環境の形成	地上でも、細胞へ働く重力の方向を分散して培養する課題	培養容器を、縦方向と横方向の2つの軸を中心に回転させる。容器に取り付けた加速度センサーで、試料に加わる重力の大きさと向きを測定し、その測定結果に応じて2つの回転速度を調整する。これにより、試料に同じ方向の重力がかかり続けない、疑似的な微小重力環境をつくる。
疑似微小重力下での多能性幹細胞スフェロイドの形成・未分化増殖	多能性幹細胞を培養面へ接着させず、立体的なスフェロイドとして形成し、未分化状態を維持しながら増殖させる課題	多能性幹細胞を培養容器の底面に付着させず、疑似微小重力環境で浮遊させながら培養する。浮遊した細胞を互いに集まらせ、立体的な細胞の塊である「スフェロイド」を形成する。この状態で、細胞が特定の種類へ変化していない未分化状態を保ちながら増殖させる。
疑似微小重力培養で形成した多能性幹細胞スフェロイドの分化誘導	疑似微小重力下で未分化状態を維持しながら形成・増殖させた多能性幹細胞スフェロイドを、目的細胞への分化誘導に利用する課題。	まず、多能性幹細胞を疑似微小重力環境で浮遊培養し、未分化状態を保った立体的な細胞の塊を形成する。次に、この細胞の塊を分化誘導工程の出発材料として使用する。分化後は、目的とする細胞に特徴的な遺伝子やたんぱく質が現れているかを、遺伝子発現解析や免疫染色で調べる。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目） 微小重力培養における長期培養環境の維持		
長期培養中の培養液交換	長期培養で不足する栄養分を補い、不要な代謝物を取り除く課題	細胞を入れた培養部と、新しい培養液を供給する交換部を、それぞれ別のモーターで回転させる。培養液を交換するときは、2つの部分を同じ軸、同じ速さ、同じ位置関係で回転させ、給液管と排液管を培養部の接続口に合わせる。管を液圧で差し込み、古い培養液を排出しながら新しい培養液を供給する。交換が終わると、交換部を培養部から切り離す。
課題テーマ例（大項目） 宇宙環境に対応した細胞培養条件の自動制御		
温度・CO ₂ 濃度・回転速度の統合監視及び自動制御	補助設備に依存せず、細胞培養区域の温度及びCO ₂ 濃度と、疑似微小重力装置の回転速度を自動的に監視・制御する課題	マイクロプロセッサ、A/D変換器、D/A変換器、パラメーター制御器及び各種センサーから監視・制御系を構成する。温度、CO ₂ 濃度及び回転速度を測定して設定値と比較し、その差に応じて作動部を制御する。温度は断熱構造、ヒーター、放熱器及び送風機で調整する。CO ₂ は、ポンプ、減圧弁、電磁弁、フィルター及びCO ₂ センサーを接続し、測定濃度に応じて電磁弁を開閉して供給量を調整する。
半透膜を用いた準開放型細胞培養系	培養試料を容器内に保持しながら、細胞培養に必要なガス交換を行う課題	ポリカーボネート製培養瓶の内部に複数の試料を保持する支持部を配置し、密封カバーの内側に半透膜を固定する。半透膜を介して必要なガス交換を行いながら、試料支持部と培養瓶によって細胞試料を容器内に保持する。

課題テーマ例（小項目）		小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	宇宙で使用する細胞培養容器の操作性向上		
流路制御・気泡排出・開口密閉を備えた宇宙用細胞培養室	微小重力下で培養室へ培養液又は試薬を注入・再注入する際に、液体を所定経路へ流し、内部の空気を排出するとともに、操作後の試薬漏れを防ぐ課題		培養室の内部に、培養液や試薬を決められた経路に沿って流すための仕切りを設ける。液体を注入すると、この仕切りに沿って液体が広がり、内部に残っている空気を出口側へ押し出す。注入口には、ゴム製の栓に加えて、横方向へ動かして流路を閉じるロック部品を設ける。注入や回収が終わった後は、栓とロック部品の両方で注入口を閉じ、液漏れを防ぐ。
課題テーマ例（大項目）	臓器特異的な三次元細胞培養		
肝細胞の三次元培養	肝細胞を担体の表面及び内部に保持し、細胞間接触、酸素・栄養輸送及び代謝物排出を確保しながら、三次元的に培養する課題		絹由来のたんぱく質である絹フィブロインと、肝細胞が付着しやすいよう改質したガラクトース化キトサンを混合し、細かな穴が多数ある球状の培養担体を作る。担体の直径は200～500 μm、内部の穴の大きさは40～80 μmとする。この担体に肝細胞を付着させ、微小重力を模擬する回転環境で培養する。担体の表面と内部の穴を利用することで、肝細胞同士を接触させながら、酸素と栄養を届け、不要な代謝物を排出しやすくする。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	幹細胞の増殖及び治療用細胞の生産	
疑似微小重力下での幹細胞集団の迅速な増殖・長寿命化	幹細胞集団を効率的に増やすとともに、幹細胞として培養できる期間を延ばす課題。	回転式培養装置を使い、細胞に強い流体の力がかかりにくい疑似微小重力環境をつくる。その中で幹細胞を培養し、細胞集団を増やす。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	地上における疑似微小重力環境の形成	
疑似微小重力下での魚卵・胚等の培養	魚卵や胚等を疑似微小重力下で育てる課題。	魚卵、受精卵、胚細胞、魚類幼生等の試験試料を、培養液とともに回転可能な容器へ収容する。容器を、互いに異なる方向の回転軸まわりに回転させることにより、試料に作用する重力加速度ベクトルの方向を時間的に変化させ、疑似微小重力状態を形成する
地上での低重力条件の形成	宇宙へ運ばずに、地上で低重力に近い条件をつくる課題。	試料を入れた小型の区画室を、水や気体などが流れる傾斜した管の中へ入れる。流体の流れる速さ、密度及び粘り気と、区画室の重さ、大きさ及び形を調整し、下向きの重力、上向きの浮力、流体が区画室を押す力を釣り合わせる。これにより、区画室を管の中で長時間、自由落下に近い状態に保つ。
課題テーマ例（大項目）	微小重力下における試料の安定化	
球形試料の非接触支持・自由配向	微小重力環境に残る重力及び宇宙機の姿勢変化の影響を受ける球形試料を、機械的に固定せず、外力場に応じて自由に配向可能な状態で支持するとともに、ほこり等の外乱から隔離する課題。	支持構造に球形試料を配置し、その周囲へ対称的に少なくとも4つの液滴支持部を設ける。各支持部で液滴を形成して所定温度に保ち、冷却・ろ過した気体を隔離構造内へ導入して、球体を液滴より低い温度に維持する。液滴表面の温度差に起因する表面張力流によって、液滴と球体との間に気体層を形成し、球体を摩擦の小さい状態で支持する。非作動時には対向する2つのロック部材で球体を保持し、実験時に解放する。球体、液滴及び支持機構は密閉隔離構造内に収容し、周囲環境及びほこりの付着から隔離する。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目） 微小重力下における磁性粒子の操作		
可動永久磁石による磁性担体の混合・捕捉・洗浄・検出位置決め	無重量又は低重力下で沈降や対流が生じにくい試料液中において、抗体等を担持した磁性粒子と測定対象との接触、未結合成分の除去、粒子の分離及び検出位置への配置を、再現性よく行う課題。	測定対象だけを捕まえる抗体を、磁石に引き寄せられる微粒子へ固定し、その粒子を試料液へ入れる。容器の外側から永久磁石を動かして粒子を液中で往復させ、抗体と測定対象が接触しやすくする。反応後は磁石を容器の一方へ移動して粒子を集め、不要な液体を取り除いて洗浄する。最後に粒子を観察しやすい位置へ並べ、粒子に結合した標識の光や色などを測定する。
課題テーマ例（大項目） 変動重力を利用した生体反応の評価		
重力変動ストレスの付与とセロトニン関連反応の評価	被験者又は実験動物へ微小重力を含む重力変動を急性ストレスとして付与し、セロトニン産生に関する遺伝子発現、セロトニン量又は中枢神経系の反応を評価する課題。	被験者又は実験動物を航空機に乗せ、上昇と下降を組み合わせた飛行によって、重力が小さくなる状態を含む重力変化を与える。この重力変化を急性ストレスとして利用し、負荷後に血液や組織を採取して、セロトニンの合成に関係する遺伝子の働きやセロトニン量などを測定する。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	過酷環境（高温・摩耗・腐食）への耐性向上	
耐熱・アブレーション特性の向上	ロケットエンジン等のアブレーションと高温に対する耐性向上。	中空マイクロビーズやフェノール樹脂、耐火性HEAを用いた複合材料や断熱タイルの活用による。
部品表面の耐摩耗・劣化抑制	超高温環境における部品表面の劣化や激しい摩耗の進行を抑制。	HEAとナノセラミックを組み合わせた傾斜コーティングや、ホウ化物・酸化物の析出を利用した複合化による。
高温熱軟化・クリープ耐性の向上	高温下での熱軟化に伴う構造材料の強度低下とクリープの克服。	軽量の耐火元素（Mo, Nb等）の添加による単相BCC構造の設計や、格子歪みによる固溶強化の利用による。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	軽量化と機械的特性（強度・靱性・可塑性）の両立	
密度低減と高比強度の両立	航空宇宙機の軽量化に向けた密度低減と高い比強度の両立・維持。	軽元素（Al, Ti, Mg等）の添加や、ヒューム・ロザリー則等を用いた最適な組成比の探索による低密度化。
マトリックス材料の強化・高靱性化	チタンやアルミニウム等マトリックス材料の強度と靱性の向上。	グラフェン改質HEA粒子やSiC等をチタン合金やアルミニウム合金のマトリックスに分散・複合化させる。
強度と延性のトレードオフ克服	高エントロピー合金における強度と延性のトレードオフの克服。	共晶HEAの階層的層状構造の制御や、TRIP/TWIP効果を利用した準安定微細組織の設計による。

【構造と材料 | 8.1.3.A】高エントロピー合金

3/4

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	積層造形（3Dプリント）プロセスの課題解決	
積層造形時の高温割れ・凝固割れの抑制	レーザー積層造形時の凝固収縮による高温割れや成形不良の抑制。	プレ合金粉末に微量の小原子元素を添加し、粒界の酸素濃化の抑制や凝固収縮応力の低減を図る。
柱状結晶化の防止と微細化	3Dプリント特有の柱状結晶化や可塑性低下を防ぎ組織を微細化。	粉末混合による微細な濃度勾配の形成や、HEAを不均一分布させて等軸晶や二相微細構造を生成させる。
複雑な格子トラス構造の精密成形	衝撃吸収や緩衝を目的とした複雑な格子トラスや多孔質構造の造形。	積層造形技術を用いて、優れたエネルギー吸収・緩衝能力を持つFeCoNiAlTi系等の格子トラス構造を成形する。
課題テーマ例（大項目）	異種材料の接合および特殊機能部材への応用	
セラミックと合金の接合強度の向上	熱膨張差に起因するセラミックと金属間の接合強度低下の防止。	炭化ケイ素複合材料と高温合金の接合において、HEA粉末をろう材として配置し高温・加圧焼結や真空ろう付けを行う。
高温での自己潤滑性の確保	高温や極限環境下における可動部品の摩擦低減と自己潤滑性の確保。	HEA製の軸受内輪にフッ化バリウムやグラフェンなどの複合固体潤滑剤を充填し、自己潤滑ナックル軸受を形成する。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	宇宙特有の環境（放射線・デブリ・極低温）への対応	
高エネルギー電子・放射線の遮蔽	宇宙空間における高エネルギー電子や放射線・ガンマ線の遮蔽。	HEA粉末とエポキシ樹脂の複合スラリー塗布や、軽量な中空微小球を用いた高エントロピー多層金属構造の構築による。
宇宙機部品の完全燃焼によるデブリ対策	大気圏再突入時における部品の完全燃焼確保による宇宙デブリ対策。	ベリリウム、HEA、セラミック等を含有する複合材料を用い、金属3Dプリンタで完全燃焼しやすい部品を成形する。
極低温環境下の破壊靱性・延性維持	極低温環境下における構造材料の破壊靱性と優れた延性の維持。	極低温での積層欠陥エネルギー低下を利用し、ナノツインの形成や転位すべりによる変形モードへの移行を促進する。
課題テーマ例（大項目）	機械学習等を用いた新材料の効率的な探索・設計	
新規合金の迅速なスクリーニング	膨大な合金組成空間からの有望な新規材料の迅速なスクリーニング。	機械学習、CALPHAD（相図計算）、高スループット実験を組み合わせたハイブリッド手法による相安定性・硬度の予測。
特定性能のインテリジェント設計	大きな格子歪み等、特定性能を満たす合金のインテリジェント設計。	生成的敵対ネットワークやベイズ最適化を統合し、格子歪み等を持つ合金成分を逆設計・最適化する。

課題テーマ例（小項目）		小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	高耐久・高性能なSMA素材の創製		
疲労寿命の向上と微細構造制御	—	4Dプリントによる大小溶融プールの複合プリントや機能要素のその場熱処理によるTi2Niナノ結晶の分散。塑性加工熱処理プロセスと不純物元素（C, O, N, H）の厳密な低減制御。	
広温度範囲・多重形状記憶の実現	—	フレーム製造と熱間押出成形を用いた広温度範囲形状記憶複合材料の製造。常温から200℃の高温まで相変化を可能にし、3つの形状記憶機能を実現。	

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）宇宙環境適応型・軽量複合構造素材の開発		
耐衝撃・エネルギー吸収構造（メタマテリアル）	—	負のポアソン比を持つ薄壁ドットマトリックスに非金属相材料やポリウレアを複合化。相変化物質と発泡金属・SMAスプリングの組み合わせ。バイオニック螺旋構造の3Dプリント製造。
振動減衰・ハイブリッド複合材料	—	複合材料へのニッケルチタン合金粒子の添加による摩擦減衰・消散効果の付与。超弾性SMAと粘弾性テープを組み合わせた拘束層積層体の形成。
耐熱・傾斜機能材料	—	レーザーニアネットフォーミング（金属3Dプリント）技術を用い、チタン合金層とSMA層の間に傾斜遷移領域を形成して一体化。
課題テーマ例（大項目）超弾性・大変形能力を活かした柔軟構造素材		
編組・メッシュ化による高耐久フレキシブル素材	—	SMAワイヤを用いた波形ワイヤ構造の採用。可変径SMAスプリングを螺旋状に巻いたメッシュシリンダーの構築。超弾性ワイヤの編み込みや溶接による高強度ネットの作製。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	低衝撃・クリーン展開のためのスマートアクチュエータ素材応用	
非火工品化・低衝撃性材料としての応用	—	SMAワイヤやスプリングに通電・加熱して発生する相変化収縮を利用し、ボルト等の機械的拘束を解除する間接・直接駆動機構の構築。
自己適応・熱制御材料としての応用	—	所定温度に達すると線形収縮するSMAワイヤを用いた熱伝導の接触圧制御。太陽光加熱によるSMA伸縮を利用し、レンズや遮光板を自律駆動する機構設計。

【構造と材料 | 8.1.3.C】アモルファス合金（金属ガラス）

1/3

課題テーマ例（小項目）		小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	構造の軽量化と高強度・高機能化の両立		
軽量かつ高比強度な構造・部品の実現	—	アモルファス金属を押出機で加熱・塗布する付加製造（3Dプリント）技術、ポリマーテンプレートへのアモルファス合金フィルム堆積による軽量マイクロアレイの形成、レーザー粉末床溶融法による高比強度な宇宙用アンテナの製造、およびグラフェン/マグネシウム複合材においてマグネシウム非晶質相を含む界面構造を形成して機械特性を改善する手法。	
展開機構の省スペース化と剛性の確保	—	超弾性非晶質合金を用いた垂直バーを採用し、折り畳み時の高い圧縮率（収納性）と、展開時の高い曲げ剛性・強度を両立させる超小型衛星向け展開機構の開発。	
小型機器の質量・体積制約の克服	—	キューブサットの姿勢制御システムにおいて、ナノ粒度金属ガラスなどの高密度材料を用いてフライホイールを付加製造し、限られた体積で慣性を最大化する技術。	

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	過酷な宇宙・航空環境への耐性向上	
耐腐食性および耐摩耗性の向上	—	冷間射出成形技術を用いて、塩化物環境などでの耐摩耗性や耐腐食性に優れた低多孔性のアルミニウム基金属ガラスコーティングを施す技術。
耐熱性および極端な温度変化への適応	—	非晶質二酸化ケイ素などの無機粉末を用いて宇宙飛行フェアリング表面に低密度耐熱コーティングを形成する技術、および宇宙の低温環境に耐えるアモルファス合金部品の製造。
衝撃・破片・放射線のシールド機能の確保	—	金属ガラスシートにパターンを熱可塑性成形し、複数のシートを重ね合わせて多層セル状構造を形成することで、航空宇宙における破片や放射線をシールドする技術。

【構造と材料 | 8.1.3.C】アモルファス合金（金属ガラス）

3/3

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	推進システム・特殊機能の高度化	
固体燃料ロケットエンジンの推力・ 燃焼効率の飛躍的向上	—	準安定状態のバルク非晶質金属合金ナノ粒子を還元剤として使用し、瞬間的に巨大な自由エネルギーを放出させて高温・高圧・高速の気流を発生させる点火・推進システム。
構造や部品の応力・経年劣化の リアルタイム監視	—	非結晶性およびナノ結晶性の軟磁性粉末とポリマーを組み合わせた柔軟な圧電磁性複合材料を利用し、接触応力や機能材料の劣化状態をリアルタイムに監視する技術。

課題テーマ例（小項目）		小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）		高機能材料の合成と成形プロセス	
高純度・高安定な窒化ガリウムの製造		高い発光特性や広範な温度での物理的・化学的安定性を備えた製品を得るため。	ガリウム、無機アジド、アジ化ナトリウム等からなる発熱性混合物を調製し、加圧窒素環境下で合成を繰り返すことで高純度粉末を製造する。
高温性能を有する部品の形成		高温環境に耐える電子部品・構造部品の効率よく製造するため。	ガリウム含有第13族オリゴマー化合物などのセラミック前駆体を含むインク材料を使用し、直接インク書き込み（DIW）プロセスで堆積させる。
課題テーマ例（大項目）		宇宙環境における素子の熱管理と保護	
高出力素子および衛星全体の放熱・温度管理の最適化		RF増幅チップから宇宙空間への熱伝導最大化や、衛星全体の温度レベル保証。	GaN（窒化ガリウム）等を含む活性層を合成ダイヤモンドなどの高熱伝導性基板上に配置する。また、ガリウムヒ素太陽電池と熱制御コーティング・3D熱パイプを組み合わせることで衛星の等温設計を行う。
太陽電池のレーザー保護と発電効率の維持		3接合ガリウムヒ素太陽電池の電流出力を低下させずに、高エネルギーレーザーから保護するため。	Al ₂ O ₃ 、HfO ₂ 、MGF ₂ などの複数のフィルム層で構成されるレーザー保護ガラスカバーを設計し、可視光の高透過率と1064nmレーザーへの高い反射効果を両立する。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	材料特性を活用した機能統合・品質評価と運用課題解決	
素子の非接触・非破壊での品質管理	ヒ化ガリウム光変換器の品質管理を製造段階で安全かつ正確に行うため。	検査対象に波長0.40～0.55μmのレーザーを照射し、生じた光電発光放射の測定強度を基準光変換器と比較して評価する。
デバイスの複合化および材料の反射特性に起因する干渉対策	限られたリソースでの電源供給や損傷検知の実現、およびガリウムヒ素の鏡面反射による通信設備への干渉を避けるため。	ガリウムヒ素太陽電池の隙間にセンサー群をクロストークなしで配置する、太陽電池とLEDによる非接触型電源を構築する、反射光干渉を防ぐためのソーラーウィング制御戦略を最適化するなどの手法を導入。

課題テーマ例（小項目）		小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	熱制御・熱管理・耐熱保護		
放熱・熱伝導性の向上	—	ビスマス基合金（低融点金属）やグラフェンを複合した界面材料・ガスケットにより、熱伝導の改善および接触熱抵抗の低減を図る。アルミニウム放熱器にゲルマニウムオーバーコーティングを適用する。次炭酸ビスマスや酸化ビスマスから生成した材料を配合し、高い反射率と放射率を持つ着色輻射放熱コーティングを形成する。	
断熱・遮光・過熱からの保護	—	ゲルマニウムメッキポリイミドフィルムを用いて多層断熱アセンブリや波透過性遮光フィルムを構成し、太陽光遮蔽や断熱を行う。機体保護のためにビスマス等の耐火性材料で作られた保護メッシュを使用する。ゲルマニウムヘテロ原子を含む安定化プレセラミック有機ケイ素ポリマーなどで熱保護層を形成する。	
熱制御システムの自律的修復	—	ガリウム・ビスマス・亜鉛の液体金属と圧力感知検出器を組み合わせた自己修復型の液体金属ヒートパイプを構築し、損傷時の媒体漏洩防止と自律的な熱流路切り替えを実現する。	

課題テーマ例（小項目）		小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	宇宙環境への適応と耐久性向上		
宇宙放射線からの保護・遮蔽	—	ポリテトラフルオロエチレンに酸化ビスマスをフィラーとして複合させ、放射線保護特性を高めたポリマー複合材料を製造する。三酸化ビスマスや硝酸ビスマスを含有させることで、深宇宙探査要件を満たす宇宙放射線耐性ガラスや光電ガラスを開発する。製品ベース層にゲルマニウム成分を主とするコーティング層を堆積させ、放射線緩和機能を提供する。	
デブリ等の衝撃保護・耐摩耗性の向上	—	ポリテトラフルオロエチレンマトリックスに未改質の酸化ビスマスとタングステンカーバイドを混合して極低温粉碎・焼結し、軽量かつ高硬度で表面耐摩耗性に優れたナノ複合材料を得る。	
極端環境での耐久性向上（極低温、経年劣化）	—	イソオクタン酸ビスマスを触媒として用い、極低温（-196℃）でも柔軟性と接着性能を維持する無溶剤ポリウレタン接着剤を製造する。バナジン酸ビスマスを配合することで、高い機械的性質と抗老化・防カビ性能を両立した特殊ナイロンを合成する。	

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	センサー・デバイス・エネルギーの高性能化	
高温環境下での圧電・誘電特性の維持（鉛フリー化）	—	チタン酸ビスマスやニオブ酸ビスマスカルシウムなどの層状結晶構造に対し、遷移金属（Cu、Ta、W、Mo、Sbなど）を共ドーピングする。固相合成法やテクスチャード加工を用いることで、高温下での安定した圧電定数や高い誘電性を実現し、特殊な高温環境に適用できるセンサー素子を製造する。
発電・熱電変換・エネルギー貯蔵の効率化	—	シリコンゲルマニウム合金や高伝導性硫化ビスマス半導体を用いて、廃熱利用の熱電発電システムや小型熱イオンベースセルを構成する。多元素ドーピング磁性ゲルマニウム材料を利用して光電変換率を飛躍的に向上させた巨大エネルギー光合成電池を開発する。ハフニウムで改質したチタン酸ナトリウムビスマス系無鉛セラミックにより、緩和特性を高めエネルギー貯蔵性能を向上させる。
光学特性・磁気・電波吸収機能の付与	—	ビスマスやゲルマニウムをドーピングして利得帯域幅を拡大した能動増幅シリカ光ファイバや、ゲルマニウム等を添加して発光効率を高めたフォトリソミックガラスを開発する。マンガンビスマス永久磁石合金粉末を用いて高温対応のポリマー複合材料を製造する。ビスマス層状構造セラミック相を繊維プリフォーム中に分散させ、高温下での電波吸収性能を付与する。

課題テーマ例（小項目）		小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	宇宙推進システム（エンジン・ロケット）の最適化		
電気推進（プラズマ・イオン）の 高効率な作動媒体供給	—	安価なビスマスガスを作動媒体とし、線形粒子加速器（LINAC）でプラズマ化して推力を得る。ビスマス線を誘導加熱によって固相から気相に変化させ、電気推進剤として効率的にシステムへ供給する。マイクロエミッタアレイにビスマス等の液体金属イオン源（LMIS）推進剤を供給する流体経路を構築する。	
推進剤の無害化および構造材の 燃料転用	—	宇宙船の上段構造物などをマグネシウム・ビスマス等で製造し、軌道上で除去装置により取り外してホールスラストの推進剤として直接再利用する。有機高エネルギーポリマーの燃焼触媒としてクエン酸ビスマスを適用し、鉛フリーの高性能複合花火製品（構造推進剤）を工業化する。	

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	極限環境耐性の向上と劣化防止	
高エネルギー放射線への耐性向上	宇宙線やガンマ線による半導体デバイスの劣化や損傷を防ぐ。	・SiC、GaN、Ga2O3等のワイドバンドギャップ半導体の採用。 ・WやGd等を含む耐放射線フィラーの添加。 ・水素ゲッターの内包や、有機半導体のUVC安定性向上。
原子状酸素や宇宙塵への耐性付与	原子状酸素による腐食や、月塵などの付着による表面劣化を防ぐ。	・包装フィルム表面への抗原子状酸素層の蒸着。 ・フッ素含有シリカゾルとポリジメチルシロキサンを用いた月面防塵コーティングの形成。
熱・機械的ストレスへの耐性向上	激しい温度変化や高温・極低温下での安定動作と放熱を実現する。	・ハフニウム/タンタルカーバイドコーティングの適用。 ・ダイヤモンド粒子分散複合材料などの高熱伝導材の活用。 ・アンダーフィルや接着剤の熱膨張係数の最適化。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	発電デバイス・太陽電池の高効率化	
多接合型・薄膜太陽電池の効率向上	太陽光への適合性を高め、極限環境での光電変換効率を向上させる。	- 異なるバンドギャップの材料を格子整合させた多接合型アーキテクチャの採用。 - 多重量子井戸構造の導入。 - レーザー保護ガラスカバーの適用。
新素材（ペロブスカイト等）の活用	鉛フリー素材等を用い、高い変換効率と環境安定性を両立させる。	- Cu-Ag-Bi-I系など、鉛フリーで安定な代替ハロゲン化物材料の探索。 - ペロブスカイトデバイスへの半導体スペーサーの導入による誘電ミスマッチの解消。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	センシング・光電子デバイスの高性能化	
極限環境向け高感度センサの開発	高温や放射線下で安定動作する光検出器や圧電センサを開発する。	・Bi4Ti3O12系などの高温圧電セラミックスの開発。 ・β-Ga2O3等の超広帯域半導体を用いた太陽光遮断型紫外線検出器の適用。
高出力半導体レーザー等の実現	宇宙光通信等に向け、高出力で耐放射線性に優れる光源を実現する。	・高い耐放射線性を持つ量子ドットレーザーダイオードの採用。 ・1030nm帯向けなどのエピタキシャル構造設計。 ・コヒーレントビーム結合技術の適用。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	次世代半導体材料の探索と基礎物性解明	
微小重力環境下での結晶成長	微小重力を利用し、欠陥が少なく均質な半導体単結晶を育成する。	・宇宙モジュールでの分子ビームエピタキシーの適用。 ・浮力駆動対流の抑制によるGaAsやInSeなどファンデルワールス層状材料の高純度成長。
機械学習等を活用した新材料探索	計算や機械学習を用い、目的の特性をもつ半導体材料を効率的に探す。	・密度汎関数理論（DFT）とグラフニューラルネットワーク（GNN）等の組み合わせ。 ・ハイスループットスクリーニングによる二次元磁性半導体や超低熱伝導率材料の予測。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	デバイス実装・パッケージングの信頼性向上	
高信頼性・耐熱性パッケージング	極端な温度変化や応力に耐え、デバイスを確実に封止・接着する。	・低融点ガラス粉末による非整合低温溶融封止プロセス。 ・バイオベースエポキシとナノフィラーを配合したアンダーフィル接着剤の適用。 ・極低温対応のエポキシテープ。
実装プロセスの軽量化と柔軟性付与	機器の軽量化や、柔軟なデバイス向けの実装・保護構造を開発する。	・アルミナに玄武岩繊維と炭素繊維を積層した軽量セラミックハウジング。 ・ゴム材料を連続相としたフレキシブルカバープレート の適用。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目） 分離時の衝撃・振動の低減と絶縁		
火工品作動時の衝撃緩和と吸収	爆発ボルト等作動時の過大な衝撃を吸収し搭載機器を保護する課題	緩衝箱や応力溝の設置、宇宙機全体振動絶縁システム（WSVI）、 ナッチ付きボルトの形状最適化による衝撃エネルギーの緩和。
構造の縦方向振動・動的応力の抑制	飛行時の縦方向振動や動的応力による構造の共振や破壊を防ぐ課題	段間セクションやペイロードアダプタの減衰特性の最適化、3次元有限要素法を用いた動的応力・ひずみの解析と構造補強。
課題テーマ例（大項目） 分離機構の高信頼化とクリーン化		
非火工品化によるクリーンな分離	火薬の破片や汚染を排除し、低衝撃かつクリーンな分離を行う課題	形状記憶合金、電磁駆動機構、またはモーター式分割ナットの採用による火工品への依存からの脱却。
分離シーケンスの同期性と確実性	分離のタイミングを同期させ確実かつ安全なロック解除を行う課題	複数箇所を同時に解放する連結ロック機構、冗長二重ロック解除駆動機構、 グループ内同期ロック解除・分離装置の適用。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）空力・熱・圧力環境への適応と制御		
フェアリング内の圧力均等化・減圧	大気圏上昇中の急激な圧力差によるフェアリングの破損を防ぐ課題	ペイロード区画と大気圧の圧力差を最小限に抑えるため、ベントポート（通気口）のサイズと位置を最適化するシステム設計。
空力熱流束・衝撃波干渉の低減	分離時の空力熱流束や衝撃波干渉による機体の不安定化を防ぐ課題	展開式インターステージセグメントやフィン付き構造の採用、衝撃波ニードルの設置、DSMC手法による熱流束予測。
課題テーマ例（大項目）複合材・軽量構造の強度向上と最適化		
複合材シェルの座屈・破壊予測	軽量の複合材シェルの軸方向圧縮による座屈を予測し防止する課題	実際の厚みばらつきを反映した有限要素モデリングや、異方性グリッド円筒シェル構造の採用による耐荷重性能の向上。
補強構造の耐荷重効率の最適化	中間段等の補強構造の質量を最小化しつつ耐荷重効率を高める課題	差分進化アルゴリズムやPSOアルゴリズム等の最適化手法を用いた、グリッド補強構造の形状・寸法・配置の最適な設計。

【構造と材料 | 3.2.1】ロケット段間・フェアリング分離

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目） 複数衛星の効率的な搭載と分離		
限られた空間への複数衛星の積層	フェアリング内の狭小空間に多数の衛星を効率よく積層する課題	アダプタフレームの多層積層構造化や、連結棒機構を用いて一体化したフレーム構造による高密度なパッケージング。
複数衛星の干渉を避ける 順次放出	複数衛星を軌道上で互いに衝突させることなく安全に放出する課題	軌道座標系に基づき分離スプリングの反発速度を段階的に低下させる設計や、姿勢制御スプレーによる安全距離の確保。
課題テーマ例（大項目） 環境負荷低減・再利用性の向上		
ロケット段やフェアリングの回収と再利用	使用済みのロケット段や部品を安全に回収して再利用可能にする課題	ブースターの垂直着陸制御、エアバッグや着陸プールを用いた回収システム、非爆発性（空気圧等）分離装置による機体損傷の防止。
分離部材の大気圏燃焼とデブリ防止	分離部品のデブリ化や地上への落下被害を防ぎ環境負荷を下げる課題	投棄されるフェアリングなどにエネルギー物質を混合し空力加熱で大気圏内で完全燃焼させる設計や、落下予測に基づく制御。

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	分離時の衝撃・汚染の低減	
低衝撃分離の実現	—	・ハニカム緩衝材、エネルギー吸収ディスク、ゴム・金属パッドによる衝撃吸収 ・フライホイールや多段連動機構（リンク機構）による段階的な力・張力の解放 ・分離ナットとスプリングの組み合わせによる反発力の利用
非火工品化・再利用	—	・形状記憶合金（SMA）ワイヤ/スプリングによる熱収縮ロック解除 ・電磁石・電磁ドロッププラグを用いた電磁駆動分離 ・ヒートナイフ、可溶合金ロープ、熱線による溶断分離 ・モーター駆動によるネジやギアの機械的ロック解除 ・空気圧・冷ガスを利用した膨張分離

課題テーマ例（小項目）	小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	多衛星の効率的な配置と放出	
スペース有効活用	—	・中央シリンダを廃した平板・モジュール衛星の直接積層（入れ子式ガイド） ・ロケット尾部やアダプタ周囲への放射状・並列配置 ・張力ロープやラッピングテープを用いた外部からの締め付け固定
衝突防止と順次放出	—	・各層のスプリング推力を変えることによる分離速度と間隔の最適化 ・マルチポイントの同期押し出しと、制御回路による時系列・遅延リリース ・ガイドレールとスライダを用いた排出方向の制限

課題テーマ例（小項目）		小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	結合・分離の確実性		
高剛性・高耐荷重の確保	—		・分割ナット（スプリットナット）と太径ボルトを用いた強固な軸方向締結 ・V字溝やテーパー・くさびブロックによる拘束とクランプバンド・ラッピングテープによる円周方向の締め付け ・多点支持とリンク機構による構造安定化
同期性・ジャミング防止	—		・ロープ（ワイヤー）連動式による多点の一斉・同期ロック解除 ・球面ジョイント（ボールヘッドとボールソケット）による分離時の摩擦軽減とこじれ防止 ・ダブルモーターや二重起爆回路による冗長バックアップ設計

課題テーマ例（小項目）		小項目の説明	技術的解決手段例
課題テーマ例（大項目）	装置の小型軽量化と構造適応性		
軽量化・一体化	—	・炭素繊維複合材料（CFRP）の積層構造や一体成形ハニカムサンドイッチパネルの採用 ・アダプタと分離構造を一体化した設計 ・分離スプリングをガイド内部に格納する省スペース化	
モジュール化と汎用性	—	・モジュール式分離ユニットや共通アダプタプレートを採用 ・分離ボルトやプッシュロッドのストローク・押圧力を調整可能なネジ・ナット構造	