

将来有人宇宙活動に向けた宇宙医学/健康管理技術の技術ギャップ一覧（第2版 2020年2月）

別紙1

<更新について>

- ・初版（2018年12月実施）からの変更箇所を赤字で示している。
- ・「旧No.」は、初版に示したNo.であり、「new」と示しているところは、今回新しく識別した技術ギャップ。
- ・「リスク評価」の色は頻度と重症度で識別している。右図「リスクの程度」を参照。
- ・「環境リスク因子」の識別は、以下の下線で表現している。（微小重力であれば、「微」で示している）

微小重力： **微**微小重力、重力環境**変化**
 放射線：**放**放射線、**微**生物の変化
 長期閉鎖：**閉**閉鎖、**空**空気質悪化、**環**環境悪化、**悪臭**
 粉塵：**粉**塵
 地球からの距離：**超**長期、**無**補給、**通**通信遅延

【注】探査ミッション中の技術ギャップ解決の前提条件として、省スペース、通信遅延、低重力・微小重力、無補給、宇宙放射線の環境で実施できる技術が必要となる

【注】明記している場合を除き、探査ミッション中の技術ギャップを示している

【注】探査ミッションは、月探査1年、火星探査3年間（途中帰還不可）を前提として検討している

CONSEQUENCE	High	1x4	2x4	3x4
	Medium	1x3	2x3	3x3
	Low	1x2	2x2	3x2
	Very Low	1x1	2x1	3x1
リスクの程度	Low ≤0.1%	Medium <1%	High ≥1%	LIKELIHOOD

環境リスク因子					新No.	旧No.	リスク分類		カテゴリ	技術ギャップ	根拠（リスク）	リスク評価		具体例・備考
微小重力	放射線	長期閉鎖	粉塵	地球からの距離			大分類	小分類				治療 診断・検査 予防 環境対策	月	
				通	1	1	医療基盤	自律型問診	NA	自律型問診（身体所見）支援	火星では通信遅延があるため、地上のFSによるリアルタイム双方向通信による問診ができない。クルー相互の問診（身体所見）の支援方法が必要になる。			既往歴、家族歴が確認可能な情報システム、問診支援システム（自動問診システム）
				超	2	2	医療基盤	遺伝的リスクの評価	NA	遺伝的リスクの評価	超長期では、心疾患、代謝機能異常、免疫機能低下など遺伝的要因が関連する疾患の発症頻度が高まるため、事前に遺伝的リスクの評価が必要になる。（現状、遺伝子検査の予測精度は十分ではないが、今後改善されていくようであれば考慮に入れる）			現状の予測精度は十分ではないが、今後改善されていくようであれば考慮に入れる。
	放			無超	3	4	医療基盤	医薬品の長期保管	NA	医薬品の長期保管	無補給かつ超長期により酸化、光分解、加水分解、放射線分解のリスクが高まるため、医薬品が劣化しない超長期保管技術が必要になる。			宇宙放射線（陽子線、重粒子線など）による医薬品への影響を調べる必要がある。
				超通	4	84	医療基盤	治療優先度	NA	治療優先度（トリアージ）の基準	軌道上での医療資源は限られ、ミッション期間が超長期にわたる状況で、リソースおよびニーズを見極めたトリアージが必要となる。特に、手術が必要になるケースにおいて、実施可否判断として、手術侵襲に耐えられる全身状態、術後の安定化が見込みを考慮したガイドラインが必要になる。月でも地球帰還までに6~9日要するため、二次救命処置（ALS）以降の対応が難しい。二次救命処置により回復が見込めることを考慮に入れ、ガイドラインを定める必要がある。			宇宙探査でのトリアージ基準
				超	5	85	医療基盤	救急帰還	NA	救急帰還時の治療	月でも地球帰還までに6~9日要するため、帰還中に船内で継続した安定化が必要。手術ができない場合には、保存療法で帰還させる必要がある。			保存療法（痛みの緩和など）による搬送、低体温/体温管理療法
				超	6	86	医療基盤	死亡時対応	NA	死亡時の対応	飛行士死亡時の対応方法（遺体保管・管理）を検討する必要がある。			冷蔵・冷凍保管持ち帰り、月・火星面への埋葬
				超通	7	3	医療基盤	処置支援・訓練技術	治療	救急処置に関する処置支援・訓練技術	火星では通信遅延があるため、地上の支援なしに救急処置を行う必要があり、処置支援、事前訓練が必要。また、月でも地球帰還までに6~9日要するため、術後の安定化、継続した処置対応が必要になる。			月・火星ミッションで想定される救急救命処置の事前訓練、処置手順支援・ナビゲーションシステム
微				超	8	82	医療基盤	医療基盤	治療	医療廃棄物の処理、血液・廃液の処理	月・火星では重力下環境であるため外傷のリスクが高まる。手術等の医療処置を実施した場合には、医療廃棄物、病理廃棄物、血液等の廃液が発生するため、安全な処理・保管方法が必になる。			3Dプリンタによる医療材料、衛生材料の再利用技術
微				超通	9	80	救急疾患	救急疾患全般	治療	自律した一次救急処置技術	月・火星では重力下環境であるため外傷のリスクが高まる。火星では通信遅延があるため、地上からのリアルタイムでの救急処置の支援・指示を受けることは不可。			ビデオメッセージ、テキストでの相談。処置ナビゲーションシステムAIによる処置支援（手順確認支援）
微				超通	10	81	救急疾患	救急疾患全般	治療	自律した二次救急処置（入院、手術を要する症例の治療）技術	月・火星では重力下環境であるため外傷のリスクが高まる。その場で手術をする場合には、術者2名（麻酔管理/薬剤投与・バイタル管理、輸液・出血量監視を含む）、手術助手1名（手術器具管理、体内遺残防止）規模以上の体制が必要になる。火星では通信遅延があるため、地上からのリアルタイムでの救急処置の支援・指示を受けることは不可であり、自律した処置・判断が必要になる。また、輸液管理（輸血用血液、生理食塩水）、術後のモニタリングと点滴等による安定化が必要になる。手術侵襲に耐えられる全身状態、術後の安定化が見込めることが前提となる。（現状では、手足外傷（開放性骨折、筋・腱断裂等）、気道閉塞、簡易な炎症/腫瘍切除・組織/器官形成などを想定）			X線画像モニター、吸引器、電気メス、麻酔装置、血液ガス分析装置、挿管用喉頭鏡、手術用照明灯（無影灯）、手術顕微鏡、患者加温装置、自己血貯血の長期保存、人工血液製剤、手術ナビゲーションシステム、手術機材出入り管理システム
				超通	11	83	救急疾患	心停止	治療	自律した救命処置（ALS、BLS）	宇宙環境では不慮の事故などにより心停止となるリスクがある。特に火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに二次救命処置（ALS）、一次救命処置（BLS）を実施する必要がある。			ALS/BLSナビゲーションシステム、気道確保、胸骨圧迫装置、薬剤投与
				超通	12	new	救急疾患	心停止	診断	心停止の診断	宇宙環境では不慮の事故などにより心停止となるリスクがある。心停止の原因診断が必要となる。			心電図、エコー、血液ガス分析
		閉		超通	13	new	救急疾患	熱傷	治療	熱傷治療	宇宙機内は火災発生に関する対策が多くなされているが、火災発生の可能性はゼロではない。そのため、熱傷が発生した場合には、その場での治療が必要となる。特に火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに熱傷治療が必要となる。			保温、輸液、気道確保、洗浄、デブリードメント、減張切開、皮膚移植、創保護、抗菌薬
		閉		超通	14	new	救急疾患	熱傷	診断	熱傷診断	宇宙機内は火災発生に関する対策が多くなされているが、火災発生の可能性はゼロではない。そのため、熱傷が発生した場合には、その場での診断が必要となる。特に火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに熱傷診断が必要となる。			皮膚所見画像の取得（熱傷面積、深度）、気道支鏡
		閉		超通	15	new	救急疾患	一酸化炭素中毒	治療	一酸化炭素中毒治療	宇宙機内は火災発生に関する対策が多くなされているが、火災発生の可能性はゼロではない。火災発生時に一酸化炭素中毒となった場合には、その場での治療が必要となる。特に火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに治療が必要となる。			酸素投与、気道確保、高圧酸素療法

環境リスク因子					新No.	旧No.	リスク分類		カテゴリ	技術ギャップ	根拠（リスク）	リスク評価		具体例・備考
微小重力	放射線	長期閉鎖	粉塵	地球からの距離			大分類	小分類				治療 診断・検査 予防 環境対策	月	
		閉		超通	16	new	救急疾患	一酸化炭素中毒	診断	一酸化炭素中毒診断	宇宙機内は火災発生に関する対策が多くなされているが、火災発生の可能性はゼロではない。火災発生時に一酸化中毒等となった場合には、その場での治療が必要となる。特に火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに診断が必要となる。			血液ガス分析(CO _h b)、頭部CT
				超通	17	new	救急疾患	中毒（アンモニア）	治療	窒息・軌道閉塞治療	冷媒にアンモニアが使用される実験機器等がある。アンモニアリークが発生した場合には、アンモニア中毒の治療が必要となる。特に火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに治療が必要となる。ただし、Gateway等でアンモニアが使用されない場合には、本技術ギャップは不要。			洗浄(眼・皮膚)、気道確保、その他熱傷処置に準ずる
				超通	18	new	救急疾患	中毒（アンモニア）	診断	窒息・軌道閉塞診断	冷媒にアンモニアが使用される実験機器等がある。アンモニアリークが発生した場合には、アンモニア中毒の診断が必要となる。特に火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに診断が必要となる。ただし、Gateway等でアンモニアが使用されない場合には、本技術ギャップは不要。			スリットランプ、開瞼器、レントゲン、血液ガス分析、呼吸機能検査、皮膚画像所見の取得
		環		超通	19	new	救急疾患	敗血症	治療	敗血症治療	長期閉鎖による環境悪化により感染症が発生し、敗血症を引き起こすリスクが高まる。敗血症が起きた場合には、その場での治療が必要となる。特に火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに治療が必要となる。			抗菌薬、輸液、気道確保
		環		超通	20	new	救急疾患	敗血症	診断	敗血症診断	長期閉鎖による環境悪化により感染症が発生し、敗血症を引き起こすリスクが高まる。敗血症が起きた場合には、その場での診断が必要となる。特に火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに診断が必要となる。			血液培養、血液ガス分析、採血(CBC、生化学、凝固)、CT、エコー
				超通	21	new	救急疾患	アナフィラキシー	治療	アナフィラキシー治療	長期閉鎖になると何らかの原因でアナフィラキシーが発症するリスクが高まる。アナフィラキシーが起きた場合には、その場での治療が必要となる。特に火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに治療が必要となる。			輸液、薬剤投与、気道確保、原因除去
				超通	22	new	救急疾患	アナフィラキシー	診断	アナフィラキシー診断	長期閉鎖になると何らかの原因でアナフィラキシーが発症するリスクが高まる。アナフィラキシーが起きた場合には、その場での診断が必要となる。特に火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに診断が必要となる。			皮膚所見画像の取得、他疾患の除外
変				超通	23	new	救急疾患	皮膚創傷	治療	皮膚創傷治療	月・火星では重力下環境であるため外傷のリスクが高まる。事故により皮膚創傷が起きた場合には、その場での治療が必要となる。特に火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに治療が必要となる。			洗浄、創保護、縫合
変				超通	24	new	救急疾患	皮膚創傷	診断	皮膚創傷診断	月・火星では重力下環境であるため外傷のリスクが高まる。事故により皮膚創傷が起きた場合には、その場での診断が必要となる。特に火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに診断が必要となる。			皮膚所見画像の取得
変				超通	25	new	救急疾患	窒息・軌道閉塞	治療	窒息・軌道閉塞治療	月・火星では重力下環境であるため外傷のリスクが高まる。事故により窒息・軌道閉塞が起きた場合には、その場での治療が必要となる。特に火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに治療が必要となる。			気道確保、薬剤吸入
変				超通	26	new	救急疾患	窒息・軌道閉塞	診断	窒息・軌道閉塞診断	月・火星では重力下環境であるため外傷のリスクが高まる。事故により窒息・軌道閉塞が起きた場合には、その場での診断が必要となる。特に火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに診断が必要となる。			レントゲン、CT、エコー、血液ガス分析、気管支鏡(喉頭ファイバー)
変				超通	27	new	救急疾患	急性コンパートメント症候群	治療	急性コンパートメント症候群治療	月・火星では重力下環境であるため外傷のリスクが高まる。事故により急性コンパートメント症候群が起きた場合には、その場での治療が必要となる。特に火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに治療が必要となる。			減張切開、創保護
変				超通	28	new	救急疾患	急性コンパートメント症候群	診断	急性コンパートメント症候群診断	月・火星では重力下環境であるため外傷のリスクが高まる。事故により急性コンパートメント症候群が起きた場合には、その場での診断が必要となる。特に火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに診断が必要となる。			筋区画圧測定、レントゲン、エコー、CT、採血(CBC、生化学)
微			粉		29	46	救急疾患	眼外傷	治療	眼への異物混入の治療	月面のレゴリス等の鉱物性粉塵は、眼痛や角膜異物、角膜潰瘍等のリスクが高まるため、発生した場合には治療が必要になる。また、		TBD	眼洗浄、点眼、眼軟膏
変				超通	30	new	救急疾患	眼外傷	治療	眼外傷治療	月・火星では重力下環境であるため外傷のリスクが高まる。事故により眼外傷が起きた場合には、その場での治療が必要となる。特に火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに治療が必要となる。			眼科手術、眼圧降下薬
変				超通	31	new	救急疾患	眼外傷	診断	眼外傷診断	月・火星では重力下環境であるため外傷のリスクが高まる。事故により眼外傷が起きた場合には、その場での診断が必要となる。特に火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに診断が必要となる。			CT、エコー、眼底鏡、眼圧計、スリットランプ、開瞼器
変				超通	32	new	救急疾患	圧外傷	治療	圧外傷治療	月・火星では重力下環境であるため外傷のリスクが高まる。事故により圧外傷が起きた場合には、その場での治療が必要となる。特に火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに治療が必要となる。			減圧症：高圧酸素療法、腸管穿孔：開腹術、気胸：胸腔ドレナージ、その他外傷：各項目参照
変				超通	33	new	救急疾患	圧外傷	診断	圧外傷診断	月・火星では重力下環境であるため外傷のリスクが高まる。事故により圧外傷が起きた場合には、その場での診断が必要となる。特に火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに診断が必要となる。			レントゲン、CT、エコー、血液ガス分析、採血(CBC、凝固)、耳鏡(耳鼻科キット)

環境リスク因子					新No.	旧No.	リスク分類		カテゴリ	技術ギャップ	根拠（リスク）	リスク評価		具体例・備考
微小重力	放射線	長期閉鎖	粉塵	地球からの距離			大分類	小分類				治療 診断・検査 予防 環境対策	月	
				超	55	35	消化器	胆のう結石/急性胆のう結石	治療	胆嚢結石の治療	超長期では、胆嚢結石が高まるため、胆嚢結石が発症した場合には治療方法の開発が必要になる。			経口薬（利胆薬）
				超無	56	34	消化器	脂質代謝異常	予防	胆嚢結石の予防	超長期では、脂質代謝異常が原因で胆嚢結石の発症率が高まるため、予防が必要になる。遺伝的要因に加えて、無補給による食事の偏りが原因となるため、栄養・献立管理等の予防対策が必要になる。			栄養管理（脂質、コレステロールの過剰摂取を避けるような宇宙食メニュー）
				超無	57	new	消化器	脂質代謝異常	予防	自立した血液分析	超長期では、脂質代謝異常が原因で胆嚢結石の発症率が高まるため、脂質異常の検査として血液検査が必要となる。			ポータブル血液分析装置(iSTAT)
				超	58	new	消化器	急性憩室炎	治療	急性憩室炎の治療	超長期では、急性憩室炎の発症率が高まるため、薬物による治療が必要となる。			薬物治療
				超	59	new	消化器	急性憩室炎	診断	急性憩室炎の診断	超長期では、急性憩室炎の発症率が高まるため、エコーやCTなどによる画像診断が必要となる。			エコー、CT
				超	60	new	消化器	急性膵炎	治療	急性膵炎の治療	超長期では、急性膵炎の発症率が高まるため、大量の輸液などを用いた治療が必要となる。			輸液
				超	61	new	消化器	急性膵炎	診断	急性膵炎の診断	超長期では、急性膵炎の発症率が高まるため、エコーやCTなどによる画像診断が必要となる。			エコー、CT
				超	62	new	消化器	虫垂炎	治療	虫垂炎の治療	超長期では、虫垂炎の発症率が高まるため、待機的手術を含む治療が必要となる。			手術
				超	63	new	消化器	虫垂炎	診断	虫垂炎の治療診断	超長期では、虫垂炎の発症率が高まるため、エコーやCTなどによる画像診断が必要となる。			エコー、CT
		閉		超	64	new	消化器	胃潰瘍	治療	胃潰瘍の治療	超長期や長期閉鎖によるストレスなどが原因となり、胃潰瘍の発症率が高まるため、内視鏡による止血治療などが必要となる。			内視鏡
		閉		超	65	new	消化器	胃潰瘍	診断	胃潰瘍の治療診断	超長期や長期閉鎖によるストレスなどが原因となり、胃潰瘍の発症率が高まるため、診断技術が必要となる。			内視鏡
				超	66	new	消化器	イレウス	治療	イレウスの治療	超長期では、イレウスの発症率が高まるため、イレウス管留置、手術、輸液などによる治療技術が必要となる。			手術、輸液
				超	67	new	消化器	イレウス	診断	イレウスの診断	超長期では、イレウスの発症率が高まるため、エコー、CT、レントゲンなどによる画像診断が必要となる。			エコー、CT、レントゲン
		閉		超無	68	new	消化器	便秘	検査	便秘の検査	超長期・無補給による食事の乱れや長期閉鎖によるストレスなどにより便秘となる可能性が高まる。エコー、レントゲンなどによる、画像検査が必要となる。			エコー、レントゲン
		閉		超無	69	new	消化器	便秘	予防	便秘の予防	超長期・無補給による食事の乱れや長期閉鎖によるストレスなどにより便秘となる可能性が高まる。予防として、ストレスや食事の乱れに対する予防技術が必要となる。			ストレス対策、食事管理
		閉		超無	70	new	消化器	下痢	検査	下痢の検査	超長期・無補給による食事の乱れや長期閉鎖によるストレスなどにより下痢となる可能性が高まる。原因を判断するためにその場で検査結果がわかる、便検査が必要となる。			便検査
		閉		超無	71	new	消化器	下痢	予防	下痢の予防	超長期・無補給による食事の乱れや長期閉鎖によるストレスなどにより下痢となる可能性が高まる。予防として、ストレスや食事の乱れに対する予防技術が必要となる。			ストレス対策、食事管理
微				超	72	8	循環器	冠動脈疾患 不整脈	検査	自律した血液分析（試薬の長寿命化、分析項目の多様化、分析精度の向上を含む）	超長期では、心疾患（冠動脈疾患/不整脈）リスクが高まるため、ミッション中のリスク把握を目的として血液検査が必要になる。サンプル回収ができないため、必要な分析項目について妥当な精度でその場での分析が必要になる。			ポータブル血液分析装置(iSTAT)
微				超	73	9	循環器	冠動脈疾患 不整脈	検査	自律した心電図評価	超長期では、心疾患（冠動脈疾患/不整脈）リスクが高まるため、ミッション中のリスク把握および診断を目的として心電図検査（e.g. 臨床運動負荷試験）が必要になる。火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに評価、安全管理を行う必要がある。			心電図自動解析装置
微				超	74	11	循環器	冠動脈疾患 不整脈	治療	心臓血管系疾患（冠動脈疾患/不整脈）の治療	超長期では、心疾患（冠動脈疾患/不整脈）の発症率が高まるため、発症した場合の治療方法の開発が必要になる。			経口薬
微		閉		超無	75	10	循環器	動脈硬化	予防	心臓血管系疾患（冠動脈疾患/不整脈）の予防	超長期では、動脈硬化が原因となり心疾患（冠動脈疾患/不整脈）リスクが高まるため、予防が必要となる。また無補給による長期間の食事の偏りや、長期閉鎖によるストレスが原因となるため、栄養・献立管理等の予防対策が必要になる。			バランスのとれた栄養・献立管理。高リスク者に合わせた栄養・献立管理
変				超	76	55	循環器	起立耐性低下	予防	重力再適応時の起立耐性低下の抑制	微小重力環境に超長期間滞在したのちの重力再適応時には、起立耐性低下が生じるため、これを抑制する必要がある。			前庭機能の刺激、人工重力負荷装置
変				超	77	7	循環器	起立耐性低下	予防	重力再適応時の神経学的影響および前庭機能障害発生時のクルー支援・補助方法	重力再適応時の神経学的影響（めまい、眼振、頭痛、協調運動障害、起立歩行障害）および前庭機能（バランス機能、姿勢安定機能、感覚統合能力）障害や起立耐性低下等が生じた場合、クルー作業の支援、もしくは補助する対策が必要になる。			クルー支援ロボット、作業代替ロボット
微				通	78	62	循環器	EVA時の心機能低下	予防	自律した心電図評価	船外活動時（EVA）には、心機能低下による活動制限のリスクがあるため、心電図、呼吸数（心電図にて評価）のリアルタイムモニターが必要になる。火星では通信遅延があるため、自律したEVA中の心電図、呼吸数のモニターを行う必要がある。			心電図自動解析装置
微				通	79	65	循環器	火星突入時の心臓機能異常	予防	自律した心電図評価	加速度暴露時には心機能への影響があるため、心電図、呼吸数（心電図にて評価）のリアルタイムモニターが必要になる。火星では通信遅延があるため、火星面再突入時に自律した心電図、呼吸数のモニターが必要になる。			心電図自動解析装置
			粉		80	41	呼吸器	塵肺	検査	塵肺画像診断検査	月面のレゴリス等の鉱物性粉塵は、吸引により塵肺のリスクが高まるため、リスク把握および診断を目的として画像診断による検査が必要になる。		TBD	レントゲン、術者養成

環境リスク因子				
微小重力	放射線	長期閉鎖	粉塵	地球からの距離
			粉	
			粉	
微				超
微				超
		環		超
				超
				超
				超無
				超無
				超無
				超無
				超無
微	生	閉環		超
微	生	閉環		超
微	生	閉環		超
微	生	閉環		超
		環		超
		環		超

新No.	旧No.	リスク分類		カテゴリ	技術ギャップ	根拠（リスク）	リスク評価		具体例・備考
		大分類	小分類				月	火星	
81	42	呼吸器	塵肺	検査	自律した呼吸機能検査	月面のレゴリス等の鉱物性粉塵は、吸引により塵肺のリスクが高まるため、リスク把握および診断を目的として呼吸機能検査が必要になる。		TBD	電子聴診器、スパイロメータ（肺機能検査）
82	47	呼吸器	塵肺	治療	塵肺治療	月面のレゴリス等の鉱物性粉塵は、吸引により塵肺のリスクが高まるため、発症した場合には治療が必要になる。		TBD	経口薬（鎮咳剤、去痰剤、気管支拡張剤）、酸素吸入・人工呼吸器の使用
83	56	呼吸器	呼吸循環系（心肺）機能低下	検査	自律した心肺機能（有酸素運動能力）評価	超長期では、心肺機能の低下により身体活動が制限されるリスクがあるため、ミッション中のリスク把握を目的として有酸素運動能力（最大酸素摂取量）を評価することが必要になる。火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに検査、安全管理を行うことが必要になる。			呼気ガス分析装置、術者養成
84	57	呼吸器	呼吸循環系（心肺）機能低下	予防	心肺機能低下の抑制（運動機器の小型化、効率的な運動手法）	超長期では、心肺機能の低下により身体活動が制限されるリスクがあるため、心肺機能の低下を抑制する必要がある。限られたスペースであるため、運動機器の小型化が必要になる。			エルゴメータ・トレッドミル（ISSで使用されている）の小型軽量化。カロリー消費を抑えた運動メニュー（J-HIAT）
85	new	呼吸器	呼吸器感染症（肺炎、気管支炎等）	診断	呼吸器感染症に対する診断	長期閉鎖などによる宇宙機内の環境悪化により、呼吸器感染症のリスクが高まる。発症時には、画像診断が必要となる。			レントゲ、CTなど
86	12	代謝内分泌	糖尿病 脂質異常症	検査	自律した血液分析（試薬の長寿命化、分析項目の多様化、分析精度の向上を含む）	超長期では、代謝機能障害（糖尿病、高脂血症）リスクが高まるため、ミッション中のリスク把握を目的として血液検査が必要になる。サンプル回収ができないため、必要な分析項目について妥当な精度でその場での分析が必要になる。			ポータブル血液分析装置(iSTAT)
87	14	代謝内分泌	糖尿病 脂質異常症	治療	代謝機能障害の治療	超長期では代謝機能障害（糖尿病、高脂血症）のリスクが高まるため、発症した場合には、治療が必要になる。			経口薬、注射薬（インスリン）（糖尿病）、食事、運動、人工透析（LDLアフェレーシス療法）（高脂血症）
88	13	代謝内分泌	糖尿病 脂質異常症	予防	代謝機能障害の予防	超長期では、代謝機能障害（糖尿病、高脂血症）リスクが高まるため、予防が必要となる。遺伝的要因に加えて、無補給による食事の偏りが原因となるため、栄養・献立管理等の予防対策が必要になる。			バランスのとれた栄養・献立管理。高リスク者に合わせた栄養・献立管理
89	71	代謝内分泌	栄養不足	検査	自律した血液分析（試薬の長寿命化、分析項目の多様化、分析精度の向上を含む）	超長期、無補給では、食事内容の偏りにより栄養不足に陥るリスクが高まる。ミッション中のリスク把握を目的として血液検査が必要になる。サンプル回収ができないため、必要な分析項目について妥当な精度でその場での分析が必要になる。			ポータブル血液分析装置(iSTAT)
90	72	代謝内分泌	栄養不足	予防	バラエティに富んだ食事メニューおよび栄養・献立管理	超長期、無補給では、食事内容の偏りにより栄養不足に陥るリスクが高まるほか、飛行士個人・チームのパフォーマンスの低下のリスクも高まるため、バラエティに富んだ食事メニューが必要になる。調理方法・調理器具の多様化も含めて考慮する必要がある。			調理が可能な食品、調理士・管理栄養飛行士、AIによる栄養評価／献立作成、野菜・果物栽培（LED逐行栽培）、動物性たんぱく質の生産（人工肉、小魚養殖、カイコなどの昆虫食）、コンロ、オープン、電子レンジ
91	74	代謝内分泌	栄養不足	予防	長期常温食品保管技術	超長期、無補給のため、長期保管可能な食品が必要になる（最大5年程度）。また、保存料に含まれるリンが、微小重力で骨から溶出したカルシウムが結合すると腎機能障害の原因物質となる可能性があるため、リン摂取量を制限する必要がある。			リン摂取制限。宇宙食自体の期限の延長と、保管技術による保管期間の長期化。食品用の冷蔵庫及び冷凍庫。
92	75	代謝内分泌	栄養不足	治療	栄養不足に対する治療	超長期、無補給では、食事内容の偏りにより栄養不足に陥るリスクが高まるほか、栄養不足による体調不良に陥った場合には治療が必要になる。			点滴栄養
93	36	免疫感染症	感染症 免疫機能低下	検査	自律した血液分析（試薬の長寿命化、分析項目の多様化、分析精度の向上を含む）	超長期、微小重力、長期閉鎖環境によるストレスや環境悪化、放射線被ばくによる微生物の突然変異等の複合要因により免疫機能低下となり、感染症や帯状疱疹の発症リスクが高まる。ため、血液検査が必要になる。サンプル回収ができないため、必要な分析項目について妥当な精度でその場での分析が必要になる。			ポータブル血液分析装置(iSTAT)
94	40	免疫感染症	感染症	治療	感染症（免疫低下に伴う疾患）に対する治療	超長期、微小重力、長期閉鎖環境によるストレスや環境悪化、放射線被ばくによる微生物の突然変異等の複合要因により免疫機能低下となり、感染症の発症リスクが生じるため、症状が生じた場合には治療が必要になる。			経口薬（抗ウイルス剤、抗炎症薬）、外用薬
95	new	免疫感染症	帯状疱疹	診断	帯状疱疹に対する診断	超長期、微小重力、長期閉鎖環境によるストレスや環境悪化、放射線被ばくによる微生物の突然変異等の複合要因により免疫機能低下となり、帯状疱疹の発症リスクが生じる。皮膚画像取得などによる診断が必要となる。			皮膚画像取得
96	38	免疫感染症	免疫機能低下	予防	免疫機能の維持	超長期、微小重力、長期閉鎖環境によるストレスや環境悪化、放射線被ばくによる微生物の突然変異等の複合要因により免疫機能低下となり、感染症や帯状疱疹などの発症リスクが生じる。毒性の弱い微生物でも感染症（日和見感染症）および保持しているウイルスの再活用のリスクが生じるため、免疫機能低下の予防対策が必要になる。			栄養管理、腸内環境健康、免疫機能の賦活化（予防接種）、免疫機能低下の原因を明らかにする必要あり【研究】
97	39	免疫感染症	免疫機能低下	予防	感染症予防（衛生管理）	超長期、微小重力、長期閉鎖環境によるストレスや環境悪化、放射線被ばくによる微生物の突然変異等の複合要因により免疫機能低下となり、感染症や帯状疱疹などの発症リスクが生じる。毒性の弱い微生物でも感染症（日和見感染症）が起こるリスクが生じるため、船内の衛生管理が必要になる。			多様な消毒・洗浄が可能な空気・水再生装置、消毒・滅菌方法（次亜塩素酸、塩化ベンザルコニウム、ヨウ素、過酸化水素水、UV照射、高圧蒸気滅菌、ガンマ線滅菌、電子線滅菌等）、廃棄物の殺菌・消臭化（e.g. 乾燥、高圧蒸気滅菌、微生物分解処理）
98	new	免疫感染症	外因性皮膚炎	診断	外因性皮膚炎の診断	微小重力や長期閉鎖による環境悪化により外因性皮膚炎のリスクが高まり、皮膚画像の取得などによる診断が必要となる。			皮膚画像
99	new	免疫感染症	尿路感染症	診断	尿路感染症の診断	微小重力や長期閉鎖による環境悪化により尿路感染症のリスクが高まる。尿検査、超音波検査、血液分析などによる診断が必要となる。			尿検査、エコー、血液分析

環境リスク因子				
微小重力	放射線	長期閉鎖	粉塵	地球からの距離
		環		超
	放	閉環		超
	放	閉環		超
		閉		超
	放	閉		超
	放	閉環		超
微				超
微				超
微				超
微				超
変				超
変				超
微変				超
微変				超

新No.	旧No.	リスク分類			カテゴリ	技術ギャップ	根拠（リスク）	リスク評価		具体例・備考
		大分類	小分類	治療 診断・検査 予防 環境対策				月	火星	
100	new	免疫感染症	発疹	検査	発疹の検査	微小重力や長期閉鎖による環境悪化により発心のリスクが高まる。皮膚画像の取得などによる検査が必要となる。			皮膚画像	
101	66	精神	不安障害（適応障害、PTSD、パニック症、など） 気分障害（うつ病、双極性障害など） 不眠症 不安 認知機能低下 衝動制御障害	診断	精神心理（心理・行動・認知・情動）に関する評価	閉鎖環境、超長期、放射線被ばく、環境悪化等の複合要因より、不眠症、不安などによる適応障害、うつ病、双極性障害、PTSD、パニック症などの発症リスク、衝動制御障害、認知機能低下のリスクが高まる。火星では通信遅延があるため、地上からのリアルタイム支援（面談）なしに評価を行う必要がある。また、気分障害と脳血管障害の鑑別を行う必要がある。			クルー相互による心理状態評価（評価者養成）、ロボット会話を地上で評価、情動評価（HAM-D、CAS）、2ch脳波計、近赤外線分光分析装置（NIR）、MRI、ストレスマーカーによる評価（同定が必要）【研究】	
102	70	精神	不安障害（適応障害、PTSD、パニック症、など） 気分障害（うつ病、双極性障害など） 不眠症 不安 認知機能低下 衝動制御障害	治療	精神疾患治療	閉鎖環境、超長期、放射線被ばく、環境悪化等の複合要因より、不眠症、不安などによる適応障害、うつ病、双極性障害、PTSD、パニック症などの発症リスク、衝動制御障害、認知機能低下のリスクが高まる。火星では緊急帰還ができないため、自律した治療法が必要になる。			経口薬、注射薬、電気けいれん療法（気分障害）、光照射療法（気分障害、睡眠障害）	
103	67	精神	睡眠障害	検査	疲労・睡眠の評価	閉鎖環境・超長期では、睡眠障害が原因で不眠症のリスクが高まる。そのため睡眠障害の検査として、火星では通信遅延があるため、地上からのリアルタイム支援（面談）なしに睡眠・覚醒度を評価を行う必要がある。			覚醒度評価（Vigilance測定装置）	
104	68	精神	認知機能低下	検査	セルフケア、レジリエンス、集団力学の評価	閉鎖環境・超長期では、認知機能低下のリスクが高まる。協調性やリーダーシップ/フォロワーシップを凌駕してセルフケアやレジリエンス能力が求められるため、飛行前に訓練の行動評価を行う必要がある。				
105	69	精神 脳神経	不安 認知機能低下 衝動制御障害 頭痛	予防	精神心理（心理・行動・認知・情動）に関する機能低下、精神疾患の予防策	閉鎖環境、超長期、放射線被ばく、環境悪化等の複合要因より、不安、認知機能低下、衝動制御障害のリスクが高まる。また微小重力環境や長期閉鎖などによるストレスが原因で頭痛が起こるリスクが高まる。予防対策が必要になる。			事前の教育・訓練・指導（カウンセリング技法：認知行動療法、セルフケア：自立訓練法、睡眠指導）。クルー相互のカウンセリング。業務管理の自己裁量。余暇パリエーションの拡大。余暇としての運動	
106	25	筋骨格	骨密度低下	検査	骨量・骨密度の検査	超長期微小重力環境に滞在することで、骨量・骨密度低下のリスクが高まる。リスク把握を目的として骨量・骨密度検査が必要。			DEXA、超音波法	
107	26	筋骨格	骨密度低下	予防	骨量・骨密度の維持対策	超長期微小重力環境に滞在することで、骨量・骨密度低下のリスクが高まる。予防として、ミッション期間中の骨量・骨密度の維持が必要になる。薬物での対策をとる場合は、副作用のリスク管理も課題。			栄養管理、運動処方、低周波電気刺激、直流電気刺激、骨粗しょう症治療薬（ビスフォスフォネートなど）	
108	27	筋骨格	骨粗しょう症 骨密度低下	治療	骨量・骨密度低下時治療	超長期微小重力環境に滞在による骨量・骨密度低下により、骨粗しょう症や骨折のリスクが高まる。骨粗しょう症や骨量低下に対する治療が必要になる。			骨粗しょう症治療薬（ビスフォスフォネートなど）、整復、ギブス固定、副木固定、内固定（手術）	
109	new	筋骨格	骨粗しょう症	診断	骨粗しょう症の診断	超長期微小重力環境に滞在による骨量・骨密度低下により骨粗しょう症のリスクが高まるため、骨粗しょう症の診断が必要となる。			レントゲンやDEXAなどによる画像診断による骨密度検査	
110	28	筋骨格	椎間板損傷・障害 (椎間板ヘルニア)	診断	椎間板の画像診断検査	微小重力環境に超長期間滞在了のちの重力再適応時には、椎間板損傷のリスクが高まるため、リスク把握および診断を目的として画像診断による検査が必要になる。限られたスペースであるため、装置の小型化が必要になる。			MRI、レントゲン、CT	
111	29	筋骨格	椎間板損傷・障害 (椎間板ヘルニア)	治療	椎間板損傷の治療	微小重力環境に超長期間滞在了のちの重力再適応時には、椎間板損傷のリスクが高まるため、椎間板損傷発生時には治療が必要になる。			薬物療法、ブロック注射、装具療法、経皮的内視鏡下腰椎椎間板摘出術（PELD法）	
112	60	筋骨格	筋力筋量低下	検査	自律した筋力・筋量評価	重力最適適応時には、筋力低下・筋委縮により外傷、活動制限のリスクが高まるため、評価が必要。測定による外傷リスクを最小化する必要がある。火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに検査、安全管理を行う必要がある。			等速性筋力計測法、3Dスキャン（体組成推定）	
113	61	筋骨格	筋力筋量低下	予防	自律的な筋力・筋持久力維持のための運動機器と運動手法	重力最適適応時には、筋力低下・筋委縮により外傷、活動制限のリスクが高まるため、これを抑制する必要がある。火星では、通信遅延によりリアルタイムのサポートは不可。地上からのリアルタイム支援なしに運動動作を修正する必要がある。			ISSと同様な機器（真空シリンダ式抵抗負荷運動装置）を小型軽量化する。電気刺激（EMS）。動作再生フィードバックシステム。	

環境リスク因子					新No.	旧No.	リスク分類		カテゴリ	技術ギャップ	根拠（リスク）	リスク評価		具体例・備考
微小重力	放射線	長期閉鎖	粉塵	地球からの距離			大分類	小分類				治療 診断・検査 予防 環境対策	月	
	放			超	114	20	眼	白内障	診断	眼科（白内障）の検査	放射線被ばくにより白内障が進行するリスクがあり、超長期では若年性白内障が発症・進行するリスクがあるため、ミッション中のリスク把握および診断を目的として白内障検査を含む眼科検査が必要になる。			細隙灯顕微鏡カメラ、術者訓練
	放			超	115	21	眼	白内障	治療	眼科（白内障）の治療	放射線被ばくにより白内障が進行するリスクがあり、水晶体混濁が認められる場合は、その場での治療が必要になる。			眼内レンズ交換（白内障手術用レーザー装置、吸引機器、手術顕微鏡、手術具の小型化、簡易な操作性が必要）、技術者養成
微				超	116	22	眼	宇宙飛行によって生じる眼病（SANS）	診断	宇宙飛行によって生じる眼病（SANS; Spaceflight Associated Neuro-ocular Syndrome, e.g 視神経乳頭浮腫、眼球平坦化等）検査	微小重力環境では、SANS発症のリスクが高まるため、ミッション中のリスク把握および診断を目的として画像診断による検査が必要になる。火星では通信遅延があるため、地上からの支援なしに検査を行うことが必要になる。			眼底検査（Fundoscopy）、OCT（網膜断面画像検査）、エコー、術者養成
微				超	117	24	眼	宇宙飛行によって生じる眼病（SANS）	治療	宇宙飛行によって生じる眼病（SANS）の治療	微小重力環境では、SANS発症のリスクが高まるため、発症した場合には治療が必要になる。しかし、SANS発症原因が明らかになっていないため、研究が必要になる。			治療方法の開発には、発症原因を明らかにする必要がある【研究】。
微				超	118	23	眼	宇宙飛行によって生じる眼病（SANS）	予防	宇宙飛行によって生じる眼病（SANS）の予防	微小重力環境では、SANS発症のリスクが高まるため、予防が必要になる。しかし、SANS発症原因が明らかになっていないため、研究が必要になる。			原因が明らかでないものの微小重力の影響と考えられていることから、人工重力を負荷することにより予防できる可能性がある。【研究】
				超	119	new	眼	急性緑内障	診断	急性緑内障の診断	超長期では急性緑内障の発症リスクが高まる。急性緑内障の診断が必要となる。			眼底検査、眼圧検査、細隙灯検査、視野検査、隅角検査、眼底画像解析検査など
				超	120	new	眼	急性緑内障	治療	急性緑内障の治療	超長期では急性緑内障の発症リスクが高まる。急性緑内障の治療が必要となる。			薬物治療、手術
				超	121	new	眼	網膜剥離	診断	網膜剥離の診断	超長期では急性緑内障の発症リスクが高まる。OCT（網膜断面画像検査）などによる画像診断が必要となる。			細隙灯検査、超音波検査、倒像鏡眼底検査、OCT、散瞳薬など
				超	122	new	眼	網膜剥離	治療	網膜剥離の治療	超長期では急性緑内障の発症リスクが高まる。網膜剥離の治療が必要となる。			手術
変					123	5	耳鼻咽喉	前提機能障害	検査	重力変化による神経学的影響（めまい、眼振、頭痛、協調運動障害、起立歩行障害）および前庭機能（バランス機能、姿勢安定機能、感覚統合能力）障害の評価	重力再適応時には、神経学的影響（めまい、眼振、頭痛、協調運動障害、起立歩行障害）および前庭機能（バランス機能、姿勢安定機能、感覚統合能力）障害により宇宙機を操縦/操作する能力の低下、活動制限のリスクが高まるため、評価が必要になる。			Platform Test、重心動揺計、加速度計評価 動画撮影・動画解析ソフトウェア、評価者養成
変					124	6	耳鼻咽喉	前提機能障害	予防	重力再適応時の神経学的影響および前庭機能障害の予防策	重力再適応時の神経学的影響（めまい、眼振、頭痛、協調運動障害、起立歩行障害）および前庭機能（バランス機能、姿勢安定機能、感覚統合能力）障害を予防するために、無重力環境下で何らかの予防対策を行う必要がある。			エルゴメータ式人工重力負荷装置等 耳介後部（前庭神経）への電気刺激
変					125	7	耳鼻咽喉	前庭機能障害	予防	重力再適応時の神経学的影響および前庭機能障害発生時のクルー支援・補助方法	重力再適応時の神経学的影響（めまい、眼振、頭痛、協調運動障害、起立歩行障害）および前庭機能（バランス機能、姿勢安定機能、感覚統合能力）障害や起立耐性低下等が生じた場合、クルー作業の支援、もしくは補助する対策が必要になる。			クルー支援ロボット、作業代替ロボット
微				超	126	30	泌尿生殖器	腎・尿路結石	検査	尿路結石の画像診断検査	微小重力および超長期では、尿中カルシウム排泄の増加により尿管結石のリスクが高まるため、ミッション中のリスク把握および診断を目的として腹部の画像診断検査（X線検査、超音波検査）が必要になる。			ポータブルX線デジタル撮影システム、超音波画像診断システム、術者養成
微				超	127	32	泌尿生殖器	腎・尿路結石	治療	尿路結石の治療	微小重力および超長期では、尿中カルシウム排泄の増加により尿管結石のリスクが高まるため、尿路結石が発症した場合には治療が必要になる。			経口薬（排石薬、鎮痛薬）、自然排石できない場合は対衝撃波結石破碎装置による破碎）装置の小型化、エコー、X線のイメージング精度の向上が必要）
微				超	128	31	泌尿生殖器	尿中カルシウム排泄増加	予防	尿路結石の予防	微小重力および超長期では、尿中カルシウム排泄の増加により尿管結石のリスクが高まるため、予防対策が必要になる。			栄養管理、ビスフォスフォネート等、骨量減少への予防と併せて検討する。
微				超	129	new	泌尿生殖器	尿失禁・尿閉	診断	尿失禁・尿閉の診断	微小重力環境では、尿失禁・尿閉のリスクが高まる。エコーなどによる画像診断が必要となる。			エコー
				超	130	new	泌尿生殖器	不正性器出血	検査	不正性器出血の検査	超長期では不正性器出血のリスクが高まる。内診や超音波検査による検査が必要となる。			エコー、内診
				超	131	new	泌尿生殖器	不正性器出血	治療	不正性器出血の治療	超長期では不正性器出血のリスクが高まる。止血が必要となる。			エコー
				超	132	new	泌尿生殖器	急性前立腺炎	診断	急性前立腺炎の診断	超長期では急性前立腺炎のリスクが高まる。尿検査や超音波検査による診断が必要となる			エコー、尿検査
		環		超	133	new	泌尿生殖器	膣カンジダ	診断	膣カンジダの診断	超長期や長期閉鎖による環境悪化などにより膣カンジダの発症リスクが高まる。内診や細菌検査による診断が必要となる。			内診、細菌検査
		環		超	134	new	泌尿生殖器	膣カンジダ	治療	膣カンジダの治療	超長期や長期閉鎖による環境悪化などにより膣カンジダの発症リスクが高まる。薬による治療が必要となる。			薬物治療
				超	135	15	歯科口腔	う蝕 露出歯髄 歯牙欠損 口腔内潰瘍	診断	歯科検査	超長期や長期閉鎖による環境悪化などにより、口腔環境悪化（歯石、口臭等）によるう蝕（虫歯）、露出歯髄、被せものや詰め物の損失による歯牙欠損、口腔内潰瘍などの歯科疾患の発症リスクが高まるため、定期的な検査が必要になる。			口腔内カメラ、簡易な口腔衛生評価（細菌カウンタ、唾液検査）、ポケット測定、咬合紙

環境リスク因子					新No.	旧No.	リスク分類		カテゴリ	技術ギャップ	根拠（リスク）	リスク評価		具体例・備考
微小重力	放射線	長期閉鎖	粉塵	地球からの距離			大分類	小分類				治療 診断・検査 予防 環境対策	月	
				超	136	19	歯科口腔	う蝕 露出歯髄 歯牙欠損	治療	歯科疾患（う蝕等）の治療	超長期では、う蝕（虫歯）、 露出歯髄 に加え、外傷などによる歯牙欠損などの発生リスクが高まるため、発生した場合には治療が必要になる。			う蝕初期：保存治療（フッ化ジアミン銀塗布）、う蝕重症化：麻酔下での抜歯・抜髄（義者養成、器材）。知覚過敏：知覚過敏抑制材（ナノシーラ）、歯牙破折：接着・抜歯、歯根破折：抜歯、脱臼：固定（スーパーボンド）
				超	137	16	歯科口腔	口腔環境悪化	予防	歯科疾患（う蝕等）の予防	超長期では、 口腔環境悪化が原因となり 、う蝕（虫歯）などの歯科疾患の発症リスクが高まる。 また 、十分な歯科医療サービスが提供できないため、予防対策が必要になる。			クリーニング、歯磨き（事前指導含）、うがい（事前指導含）、知覚過敏予防歯磨剤（硝酸カリウム、乳酸アルミニウム）
				超	138	18	歯科口腔	口腔環境悪化	予防	歯周病の予防策	超長期閉鎖環境によるストレスにより、歯周病の発症リスクが高まる。 歯周病は、口腔環境悪化につながり全身疾患（動脈硬化など）のリスクが高まる可能性がある 。十分な歯科医療サービスが提供できないため、予防対策が必要になる。			舌清掃指導、歯みがき指導、 歯石除去
				超	139	new	歯科口腔	膿瘍	治療	膿瘍に対する治療	超長期では、 膿瘍の発症リスクが高まる 。そのため、 外科的処置を含む治療が必要となる 。			切開など
				超	140	new	歯科口腔	膿瘍	診断	膿瘍の診断	超長期では、 膿瘍の発症リスクが高まる 。そのため、 画像診断が必要となる 。			CT、レントゲンなど
		閉		超	141	new	歯科口腔	顎関節症	治療	顎関節症の治療	超長期閉鎖環境では、 ストレスにより顎関節症のリスクが高まるほか、十分な口腔外科医療サービスが提供できないため、理学療法などによる治療が必要になる 。			理学療法、薬物療法、生活指導
		閉		超	142	new	歯科口腔	顎関節症	診断	顎関節症の診断	超長期閉鎖環境では、 ストレスにより顎関節症のリスクが高まるほか、十分な口腔外科医療サービスが提供できないため、動きの検査や雑音検査、レントゲン等での診断が必要になる 。			雑音検査、レントゲン
		閉		超	143	17	歯科口腔	顎関節症	予防	口腔外科疾患（顎関節症）の予防	超長期閉鎖環境では、 ストレスにより顎関節症のリスクが高まるほか、十分な口腔外科医療サービスが提供できないため、予防対策が必要になる 。			TCH（Tooth Contacting Habit：習慣性歯牙接触癖）指導
	放				144	54	全身	急性放射線症候群（中枢神経、消化管障害含む）	治療	急性放射線障害治療	地球磁気圏外では、SPE発生時等の放射線急性障害のリスクがあるため、急性障害が生じたときには治療が必要になる。			薬物治療、輸血など
	放			通	145	49	全身	急性放射線症候群（中枢神経、消化管障害含む）	診断	自律的なSPE発生時の急性被ばく線量評価	地球磁気圏外では、SPE発生時等の放射線急性障害のリスクがあるため、線量管理が必要になる。長寿命なアクティブモニター等により組織等価線量の評価が必要になる。また、火星探査の場合、通信遅延があるため、その場での自律的な線量評価が必要になる。			アクティブ型個人線量計、エリアモニタ、組織等価線量への換算方法、火星軌道での宇宙環境モデル
	放			超	146	53	全身	放射線被ばくによる発がん	予防	被ばく影響低減策	地球磁気圏外に超長期間滞在することにより被ばく量が増加し放射線障害のリスクが高まるため、体への影響を低減させるための方策が必要になる。			抗酸化剤を飲むことにより予防効果があると言われているもののエビデンスが不十分
	放			超	147	48	全身	放射線被ばくによる発がん	診断	長期低線量被ばく線量評価	超長期では放射線被ばくにより、 がん死亡のリスクが高まるため、帰還後のケアのため線量管理が必要になる 。長寿命なアクティブモニター等により実効線量の評価が必要になる。			アクティブ型個人線量計、エリアモニタ、組織等価線量への換算方法、火星軌道での宇宙環境モデル
	放			超	148	new	全身	骨髄抑制	予防	骨髄抑制の予防	地球磁気圏外に超長期間滞在することにより被ばく量が増加し 骨髄抑制のリスクが高まる 。そのため 予防技術が必要となる 。			NA
微				超	149	63	全身	減圧症（EVA）	予防	減圧症対策	月面、火星面ではEVAの回数が増加することで、 減圧症発症リスクは高まるため、リスク軽減策が必要になる 。			NA
微				超	150	new	全身	減圧症（EVA）	診断	減圧症の診断	月面、火星面ではEVAの回数が増加することで、 減圧症発症リスクは高まるため、減圧症の診断技術が必要となる 。			問診、超音波検査、CT
微				超	151	64	全身	低圧酸素症（EVA） 減圧症（EVA）	治療	低酸素症/減圧症治療	月面、火星面ではEVAの回数が増加することで、 船外活動時に低圧酸素症/減圧症の発生リスクが高くなるため、低酸素症になった場合には治療が必要になる 。			NA
微					152	new	環境	微小重力	環境対策	微小重力に対する対策技術	環境リスク因子で微小重力による影響の識別されている疾患・症候は、 微小重力による環境で発症のリスクが高まる 。そのため、 微小重力による影響を最小に抑えるための対策技術が必要となる 。			人工重力発生装置
変					153	new	環境	微小重力	環境対策	重力環境変化に対する対策技術	環境リスク因子で重力環境変化による影響の識別されている疾患・症候は、 重力環境変化による環境で発症のリスクが高まる 。そのため、 微小重力による影響を最小に抑えるための対策技術が必要となる 。			人工重力発生装置
	放				154	50	環境	放射線	環境対策	自律的な宇宙環境モニタリング方法	環境リスク因子で放射線による影響の識別されている疾患・症候は、 放射線による環境で発症のリスクが高まる 。ミッション中の被ばく線量を可能な限り少なくするため、太陽圏の宇宙環境をモニタし、宇宙環境擾乱時は対策がとれるようにすることが必要になる。現在の太陽観測網は火星を網羅しておらず、火星周囲および航行中の宇宙環境観測データが不足する。また、火星探査の場合、通信遅延があるため、その場での自律的な宇宙環境モニタリングが必要となる。			火星周回の太陽活動観測衛星、太陽の地磁気観測、通信衛星
	生				155	51	環境	放射線（微生物）	環境対策	消毒・洗浄技術	環境リスク因子で放射線（微生物）（“微”）による影響の識別されている疾患・症候は、 放射線被ばくによる微生物の変質、変異により発症のリスクが高まる 。微生物を殺菌・滅菌する必要がある。			多様な消毒・洗浄が可能な空気・水再生装置、消毒・滅菌方法（次亜塩素酸、塩化ベンザルコニウム、ヨウ素、過酸化水素水、UV照射、高圧蒸気滅菌、ガンマ線滅菌、電子線滅菌など）
	放				156	52	環境	放射線	環境対策	遮蔽技術	環境リスク因子で放射線による影響の識別されている疾患・症候は、 放射線による環境で発症のリスクが高まる 。物理的に被ばく量を低減させるための遮蔽技術が必要になる。			新材料の探索（研開発部門）構造物での遮蔽と消耗品（廃棄物）での遮蔽と服での遮蔽の比率を検討する

環境リスク因子					新No.	旧No.	リスク分類		カテゴリ	技術ギャップ	根拠(リスク)	リスク評価		具体例・備考
微小重力	放射線	長期閉鎖	粉塵	地球からの距離			大分類	小分類				治療 診断・検査 予防 環境対策	月	
		環			157	37	環境	長期閉鎖(環境悪化)	環境対策	自律した微生物種の同定検査	環境リスク因子で長期閉鎖(環境悪化)による影響の識別されている疾患・症候は、環境悪化により発症のリスクが高まる。そのため、船内微生物種の同定検査(定性分析)が必要になる。サンプル回収ができないため、必要な分析項目について妥当な精度でその場での分析が必要になる。試薬の長寿命化も必要。			質量分析法、リアルタイムPCR、マイクロアレイ
		空			158	76	環境	長期閉鎖(空気質悪化)	環境対策	自律した空気成分分析	環境リスク因子で長期閉鎖(空気質悪化)("空")による影響の識別されている疾患・症候は、空気質の悪化により発症のリスクが高まる。定期的なモニターが必要だが、火星ではサンプル回収ができないため、必要な分析項目について妥当な精度でその場での分析が必要になる。			ガスクロマトグラフ
		環			159	77	環境	長期閉鎖(環境悪化)	環境対策	消毒・洗浄技術	環境リスク因子で長期閉鎖(環境悪化)("環")による影響の識別されている疾患・症候は、環境悪化により発症のリスクが高まる。皮膚を清潔に保つための手法や、救急処置(手術等)を行う場合には、滅菌・消毒等の衛生管理が必要になる。			清潔方法(風呂、シャワー、スキンケア) 救急処置向け衛生管理(衣類の滅菌(滅菌ガウン)、滅菌水生成、消毒液)
		環			160	73	環境	長期閉鎖(環境悪化)	環境対策	残渣の少ない食品包材	環境リスク因子で長期閉鎖(環境悪化)("環")による影響の識別されている疾患・症候は、環境悪化により発症のリスクが高まる。特に食品の残りがすは環境悪化や悪臭にもつながり、かつ無補給かつ限られたスペースしかないため、残渣の少ない食品包材が必要になる。残渣による微生物の繁殖、臭いも抑制する必要がある。			ごみ、質量、匂いの少ないもの
		臭			161	78	環境	長期閉鎖(悪臭)	環境対策	消臭技術	環境リスク因子で長期閉鎖(悪臭)("臭")による影響の識別されている疾患・症候は、悪臭により発症のリスクが高まる。悪臭原因物質の除去・緩和および船内空気の消臭・無臭化、空間への芳香付与が必要になる。			乾燥、高圧蒸気滅菌、微生物分解処理、光触媒、プラズマクラスター、芳香剤
		粉			162	43	環境	粉塵	環境対策	空気清浄度評価	環境リスク因子で粉塵による影響の識別されている疾患・症候は、粉塵により発症のリスクが高まる。リスク把握および予防につなげる目的で空気清浄度評価が必要になる。		TBD	微粒子測定器
		粉			163	45	環境	粉塵	環境対策	粉塵の除去	環境リスク因子で粉塵による影響の識別されている疾患・症候は、粉塵により発症のリスクが高まる。確実な清掃・除去方法が必要になる。		TBD	エアシャワー等の除去技術開発。 仮に火星でも対策が必要となった場合は火星天気予報(砂嵐の予測)
		粉			164	44	環境	粉塵	環境対策	眼への粉塵混入防止技術	環境リスク因子で粉塵による影響の識別されている疾患・症候は、粉塵により発症のリスクが高まる。月面のレゴリス等の鉱物性粉塵は形状が鋭利であるため、眼痛や角膜異物、角膜潰瘍等のリスクが高まり、眼へ混入した場合の完全な除去も難しい。そのため、混入防止策が必要になる。			ゴーグルの高性能化、エアシャワー等の除去技術開発
				超	165	new	環境	地球からの距離(超長期)	環境対策	超長期に対する対策技術	環境リスク因子で超長期("超")による影響の識別されている疾患・症候は、超長期になることで発症のリスクが高まる。そのため、超長期による影響を最小に抑えるための対策技術が必要となる。			人口冬眠など
				無	166	79	環境	地球からの距離(無補給)	環境対策	再利用・その場での生産	環境リスク因子で無補給("無")による影響の識別されている疾患・症候は、無補給になることで発症のリスクが高まる。無補給かつ限られたスペースしかないため、医・衣食住すべてに関して再利用・その場で生産する必要がある。洗濯を導入する場合、廃液が少ない方法が必要、廃液が出る場合は、廃液を再利用する方法が必要になる。			3Dプリンタ、高圧蒸気滅菌、ガンマ線滅菌、電子線滅菌、洗濯(オゾン、空気、超音波振動、高分子ナイロンビーズ)、野菜・果物栽培(LED遠行栽培)、動物性たんぱく質の生産(人工肉、小魚養殖、カイコなどの昆虫食)