

有人安全性の研究

Research on Manned Safety

1. オフガス監視技術の研究

Research on Off-gas Monitoring Technique

2. 火災安全性の研究

Research on Fire Safety

マテリアル・機構技術グループ

(Mechanical & Materials Engineering Group)

今川 吉郎、南 伸太郎

Kichiro Imagawa and Shintaro Minami

Abstract

The safety for manned space systems is fundamental technology that should be secured. The purpose of research on off-gas monitoring technique is to ensure and improve the safety of manned space systems by developing the off-gas monitoring techniques for quickly and precisely detecting both toxic gases and abnormally elevated temperatures in manned space systems. Fire safety is especially important when using materials and parts in manned space systems. The human safety considerations of various materials and parts, in terms of their flammability and fire safety in a μ G environment, will promote their improved design and use.

1. はじめに

「きぼう」(JEM)等の有人宇宙機、特に与圧部(与圧部:宇宙飛行士が平服で活動できるモジュール)に搭載される機器、部品及び材料については、搭乗員等の安全を十分に確保しつつその選定及び設計をしなければならない。本研究は、現在の部品・材料選定における試験条件、評価基準についてより適切な評価手法の確立を図ると共に、有人ミッションの安全性向上に寄与する技術の確保やデータの取得、評価を行い、成果をプロジェクトに提供することを目的として、平成11年度から開始した。

1. 1 オフガス監視技術の研究

JEM等の有人宇宙機与圧部に搭載される機器や材料については、搭乗員の安全確保を目的とした安全性実証試験(オフガス試験、臭気試験、可燃性試験等)の実施が要求されており、その成果は49℃までの環境下で発生する臭気・オフガス成分が搭乗員の健康に影響を与えないような材料の選定や、機器の設計に利用されている。また、可燃性試験結果は、自己消火性のある材料の選定に利用されており、火災の未然防止が図られているが、火災まで至らなくとも局所的な異常高温状態が発生する可能性はゼロではない。そこで、平成4年度から平成10年度まで、十数種類のJEM与圧部使用候補材料について高温オフガス試験を実施し、加熱温度とオフガス成分や発生量との関係について研究を実施した。その結果、発生する数十種類のオフガス成分の内、特に毒性の高い幾つかの成分が生成ガス全体の毒性を左右していることが判明した。これらの成分が生成した場合には、迅速に搭乗員の安全を確保するため、毒性の高いオフガスの発生を早期に検知し、警報するオフガス監視技術が重要であり、平成11年度から本研究に着手した。

1. 2 火災安全性の研究

微小重力環境燃焼試験を通じて、有人宇宙システム用部品・材料の実使用環境下での火災安全性を把握し、有人宇宙システムの火災安全設計の向上に資することを目的として、平成11年度から研究に着手した。

2. 研究概要

平成 15 年度は以下の項目について研究を行った。

2. 1 オフガス監視技術の研究

ポータブルタイプオフガス監視装置は、有人宇宙機とのドッキングを行う物資輸送補給機 (HTV 等) にクルーが入室する前の機内雰囲気的安全確認、曝露部実験装置を与圧部へ取り込む際の毒性の確認や、万一火災が発生した際に、復旧後のキャビン内雰囲気的安全確認等に使用することを想定している。今年度は、平成 14 年度に試作したポータブルタイプオフガス監視装置について、引続き認定試験を実施した。

2. 2 火災安全性の研究

微小重力環境燃焼試験装置を使用し、延焼防止処理を施したクルー衣服用材料及び着衣状態を模擬したクルー衣服用材料について、MGLAB (Micro-Gravity Laboratory of Japan; 日本無重量総合研究所) の落下試験設備を利用した燃焼試験を実施した。燃焼試験は、JEM 与圧部内での実使用状態 (アビオニクスエア環境) を模擬して実施され、衣服の着用感 (着心地等) と延焼防止効果を両立させるような延焼防止剤の使用量及び処理方法等の検討を実施し、地上 (1G) と微小重力 (μG) 環境下での燃焼特性について考察した。

Table 1 Measuring components

Type	Components
A	HF (フッ化水素)
	CO (一酸化炭素)
	HCN (シアン化水素)
	Odor (ニオイ)
B	NO ₂ (二酸化窒素)
	HCl (塩化水素)
	N ₂ H ₄ (ヒドラジン)
	Odor (ニオイ)

3. 成果の概要

平成 15 年度の成果の概要を以下に示す。

3. 1 オフガス監視技術の研究

Table 1 に、試作したポータブルタイプオフガス監視装置のタイプ別検知対象ガスを示す。Table 2 に、平成 14 及び 15 年度に実施した認定試験項目を、Fig.1~4 に結果の一部を示す。いずれの試験項目においても、要求を満足しており、認定試験に合格した。

Table 2 Qualification Test Items

2003	2002
Zero point stability	Accuracy
Operation time	Sensitivity
Long term stability	Repeatability
Alarm	Response time
Touch temperature	Temperature dependence
Acoustic level	Humidity dependence
Safety Verification Test (Off Gas, Odor, Combustion)	Data transportation
Radiation hardness	/
Random vibration	
Electro magnetic compatibility	
Thermal cycle	

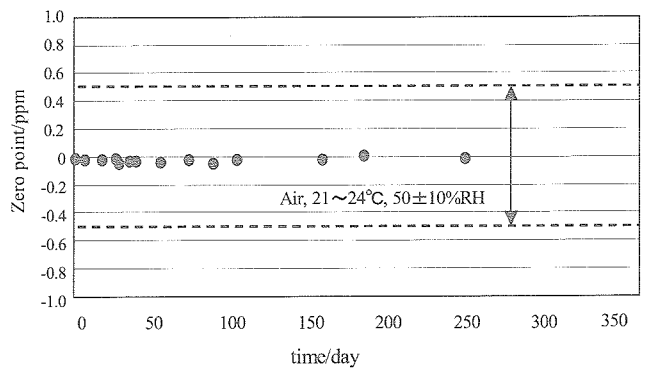


Fig. 1 Zero Point Stability (HF)

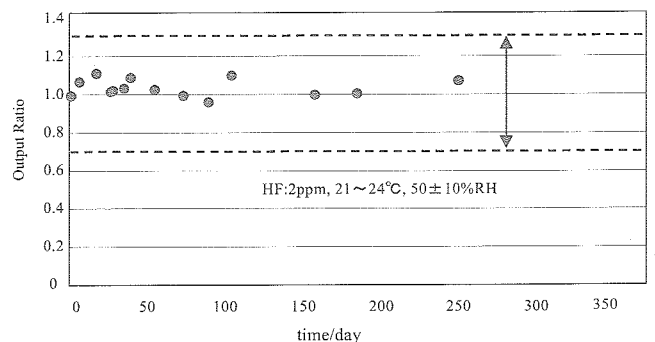


Fig. 2 Long Term Stability (HF)

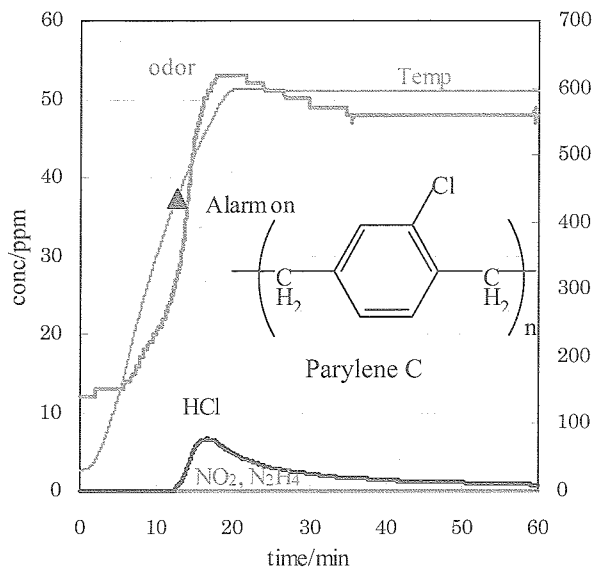


Fig. 3 Alarm (Fire alarm, Parylene C heated)

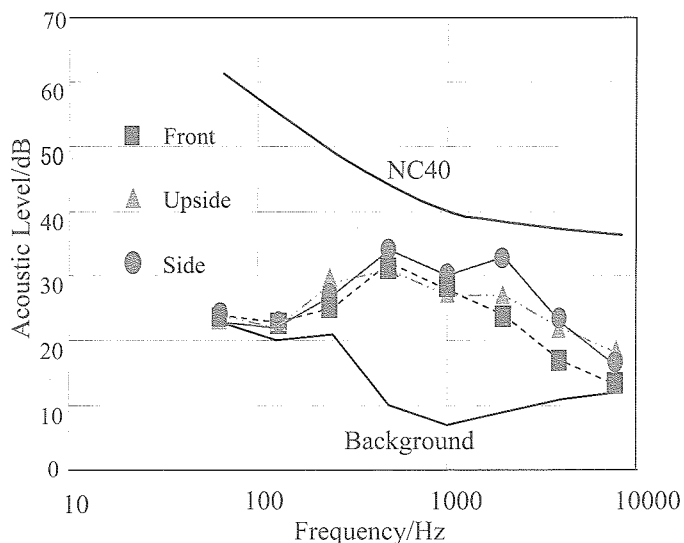


Fig. 4 Acoustic Level

3. 2 火災安全性の研究

火災安全性の研究では、平成 14 年度に引続き、微小重力環境下での燃焼性の研究を実施した。微小重力環境下での燃焼性の研究は、液滴や粉塵については国内外で広く行われているが、固体についての研究例は非常に少なく、特に宇宙機での火災安全性を考慮した宇宙用材料についての研究例は皆無に等しい。

本研究は、北海道大学伊藤名誉教授を客員開発部員として迎え、その助言の下実施した。

(1) 地上 (1G) 環境下燃焼試験

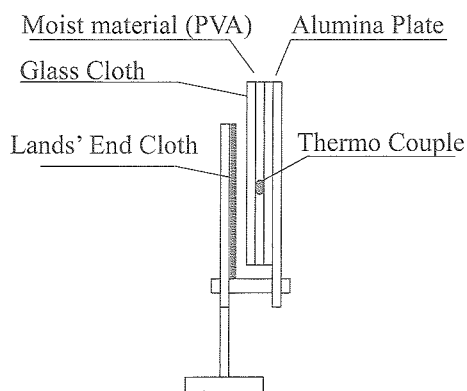


Fig. 5 Schematic Diagram of Test Configuration

クルー用衣服布 (Lands' End 布 厚さ : 0.7mm) について、延焼防止剤 (難燃剤) による延焼防止効果及び着衣状態を模擬した状態での燃焼性について評価した。着心地を考慮するため、延焼防止剤の原液を水で薄めて水溶液とし、水溶液の濃度を変えて延焼防止効果を比較した。また、着衣状態を模擬した状態での燃焼性については、人の体温を模擬するためのヒータと、人体の皮膚組織に含まれる水分及び発汗を模擬するためのポリビニルアルコール(PVA ; 水溶性高分子材料) を組合せたものを模擬皮膚とした (Fig. 5)。

(2) 微小重力 (μG) 環境燃焼試験

延焼防止剤水溶液の濃度を変えて延焼防止効果を比較した試験の結果を Table 3 にまとめて示す。平成 14 年度に実施した Lands' End 布の微小重力環境燃焼試験での火炎伝播速度は、3.57mm/sec (強制対流速度 20cm/sec) 及び 2.38mm/sec (強制対流速度 10cm/sec) であったことから、1.48mm/sec (強制対流速度 20cm/sec) 及び 1.78mm/sec (強制対流速度 10cm/sec) の火炎伝播速度となった 32.5%耐火液であっても、延焼防止効果があると考えられる。燃え残りの試料の観察から、地上環境では 32.5%耐火液処理試料と 40%耐火液処理試料 (Fig. 6) との燃焼面積には明らかな差が認められたが、微小重力環境ではその差がなくなり、40%耐火液の延焼防止効果が弱くなっているような結果となった。これに対して 55%耐火液処理試料 (Fig. 7) の燃焼面積に大きな差異は認められなかった。以上の結果から、微小重力環境において延焼防止効果が期待できる耐火液濃度は、40~55%の間にあると推定される。

Table 3 Flame Retardant Effect

Concentration	Forced-convection Rate (cm/sec)	Flame Spread Rate (mm/sec)		Effect of Flame Retardant*
		0~1sec	1sec~4.5sec	
55%	20	4.675	1.039	○
55%	20	1.997	0.781	◎
40%	20	1.622	0.849	◎
40%	20	1.039	1.262	○
32.5%	20	2.589	1.258	○
32.5%	20	1.032	1.475	○
なし	20	-	3.571	-
55%	10	3.243	1.081	○
55%	10	3.883	1.553	○
40%	10	0.270	1.004	○
40%	10	3.883	1.553	○
32.5%	10	0.811	1.776	○
32.5%	10	3.107	1.479	○
なし	10	-	2.381	-

* Effect : ◎ ~1mm/sec ○ 1~2mm/sec
△ 2mm/sec~ (rate @ 1~4.5sec)

(3) 着衣状態模擬試験

着衣状態を模擬しない微小重力環境下での Lands' End 布燃焼時の火炎伝播速度は、3.57mm/sec (強制対流速度 20cm/sec) 及び 2.38mm/sec (強制対流速度 10cm/sec) である。一方、着衣状態模擬試験での平均火炎伝播速度は、2.84mm/sec (強制対流速度 20cm/sec) 及び 1.65 mm/sec (強制対流速度 10cm/sec) であった。この結果は、自由空間で燃焼させた場合に比べ、着衣状態では燃えにくくなる可能性があることを示唆している。ただし、酸素が供給されやすいと思われる試

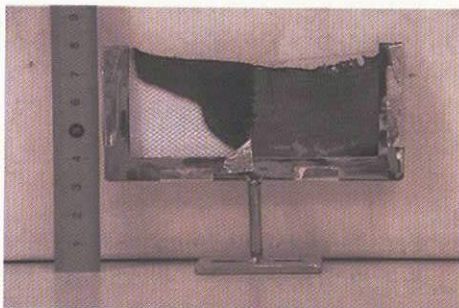


Fig. 6 Test Sample (40%, 20cm/sec)

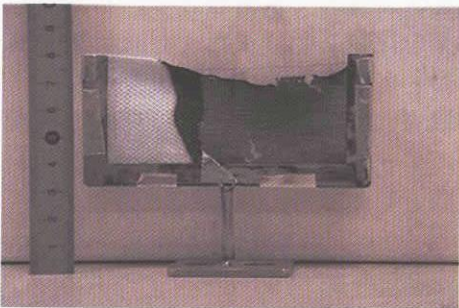


Fig. 7 Test Sample (55%, 20cm/sec)

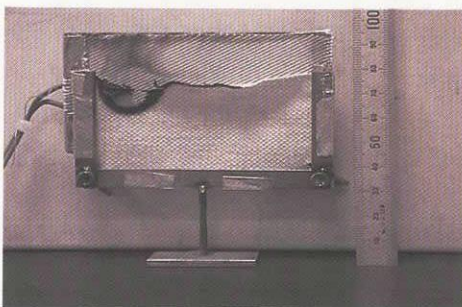


Fig. 8 Test Sample (clothed, 20cm/sec)

料の上端部が顕著に燃焼している (Fig. 8) ことから、実際の着衣では袖口等の着衣端部に重点的に延焼防止対策を行うことで、着心地を犠牲にせず延焼防止効果を上げられる可能性が示唆された。

4. まとめ

オフガス監視技術については、本年度は、宇宙ステーション等の搭乗員の安全確保に資するためのポータブルタイプオフガス監視装置認定試験を実施し、全ての試験項目で要求を満足していることが確認できたため、認定試験に合格させることができた。平成 17 年 4 月には、ロシア宇宙機利用による軌道上実証試験を実施する予定である。

一方、火災安全性については、着心地を考慮するため、耐火液の濃度を変えて試験を行った。その結果、微小重力環境において延焼防止効果が期待できる耐火液濃度が 40~55%にあることが推定できた。また、実際の着衣状態では、耐火液濃度を適切に制御し、袖口等の着衣端部に延焼防止対策を行うことで、着心地を犠牲にせず延焼防止効果を上げられる可能性を明らかにした。

これまでの燃焼試験の多くは、火炎との接触による着火後の燃焼試験であり、実際の火災発生原因の一つである非接触での着火による安全性を確認する必要がある。今後は、燃焼試験として、輻射熱による着火及び輻射熱の燃焼性への影響を検討する必要がある。