

平成 20 年 3 月 26 日

平成 19 年度「燃え拡がりに与える重力と酸素濃度の相似性を考慮した火災安全性評価 WG」活動報告書

弘前大学大学院 理工学研究科 伊藤昭彦

1. 構成メンバ

氏 名	所属
伊藤昭彦	弘前大学大学院 理工学研究科
鳥飼宏之	弘前大学大学院 理工学研究科
工藤祐嗣	八戸工業大学 工学部
佐藤博之	湘南工科大学 工学部

2. 本年度 WG 会合開催実績

(1) 第 1 回：平成 20 年 3 月 24 日

3. 活動目的

宇宙環境の開発および利用において、様々な重力での火災安全性の確保が重要となる。これまで宇宙環境として微小重力が注目され研究が進められてきたが、宇宙環境利用において人間が経験する重力環境は微小重力だけにとどまらない。例えば図 1 に示すように、人間が地球から宇宙へと移動するためには、地球から離れる際、通常重力 (Normal gravity) よりも大きな過重力環境 (Super gravity) を経験しな

ければならない。そして、宇宙空間では微小重力環境 (Microgravity) を経験する。さらに月や火星で活動する場合、地球上の重力の $1/6$ や $1/3$ という低重力環境 (Partial gravity) を経験することになる。そのため宇宙環境での火災安全性評価の確立のためには、微小重力環境だけでなく、過重力そして低重力環境での火災現象の把握が必要となる。従って、固体や液体などの燃料表面上を燃え拡がる火災現象に対して、幅広く変化する重力の影響を系統的に明らかにする必要がある。そしてそれらの結果を基に、微小重力、低重力および過重力環境における固体および液体燃料表面上の燃え拡がり現象を、通常重力・減酸素濃度環境を利用することで模擬し、宇宙ステーションや宇宙基地で使用される材料の火災安全性評価を低コストで行うための方法を開発・提案することを目指す。そのために、各領域を専門とする研究者との会合を行い実験計画の立案を行う。

4. 活動内容

本 WG は 1 回の会合を開き、微小重力、低重力そして過重力場での燃焼現象について議論し、通常重力・減酸素



図 1 宇宙環境の開発・利用で生じる重力場の例

環境での模擬の可能性について検討を行った。検討内容は以下である。

(1) 通常重力・減酸素環境を用いた微小重力環境での燃え広がり現象の模擬について

これまで弘前大学が中心に行ってきた微小重力環境での燃え広がり通常重力・減酸素環境下での燃え広がり現象との相似性について議論した。図2に示した結果のように、通常重力環境であっても酸素濃度を減少させることで、微小重力環境、酸素濃度21 vol.%の燃え広がり速度を模擬できる。火炎形状に関しても、完全に同一ではないが、減酸素環境とすることで火炎の大きさが減少し、また可燃性固体から火炎の立ち上がりも減少し、微小重力環境での火炎形状に近づいている。このように、定常的な燃え広がり現象については、通常重力・減酸素環境を用いて、宇宙環境の火災安全性評価が可能であるといえる。

しかし、宇宙環境での消火活動をも含めた火災安全性の確保のためには、微小重力環境での消炎現象のような非定常現象についても、通常重力・減酸素環境によって模擬できる可能性があるかどうかの検討が重要であると考えられる。

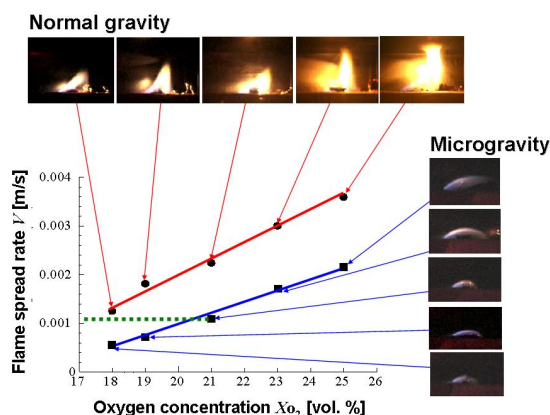


図2 燃え広がり速度と酸素濃度

(2) 微小重力そして過重力環境下でのろ紙の燃え広がり現象について

図3に示す、弘前大学を中心に行われたろ紙上に形成された火炎の燃え広がり速度への重力の影響について議論を行った。この実験では、過重力実験で+20度の傾斜をつけた上方燃え広がり、-20度の傾斜をつけた下方燃え広がりの検討も行っている。

この結果から、過重力環境での燃え広がり速度は、燃え広がり方向の影響を大きく受け、上方へ燃え広がる場合は重力が大きいほど燃え広がり速度が増加する。他方、下方燃え広がりでは、逆に重力が増加するほど燃え広がり速度が減少する。そして、水平方向伝播は、上方伝播と類似した振る舞いを示す。そして当然、微小重力では火燃え広がり速度への伝播方向の影響はない。このことは、燃え広がり現象への伝播方向の影響が無くなる重力の値が低重力領域にあることを示している。このことから、低重力環境での燃え広がり実験の必要性が確認された。

(3) 低重力落下塔設備について

現在、弘前大学で製作が行われている全高 約15m、落下試験時間 約1秒の低重力落下塔設備について説明

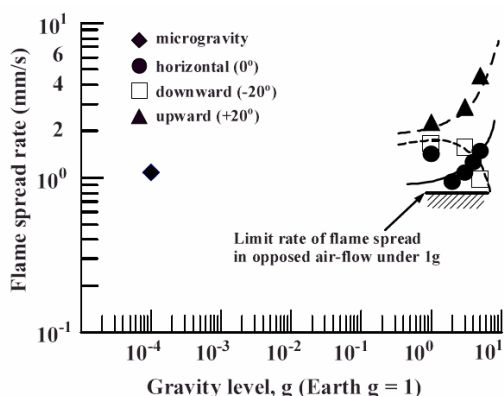


図3 燃え広がり速度と重力の大きさ

が行われた。低重力落下塔が完成すれば、低重力場での火炎寸法や形状、そして燃え広がり速度等の測定が可能となる。

(4) 過重力環境実験設備について

湘南工科大学を中心に準備を行っている、過重力実験を行う旋回腕型試験装置についての説明が行われた。その中で、過重力実験では浮力の影響が顕著となるため、固体、液体燃料へ着火が困難となることが予想されている。特に、液体燃料では液相内の自然対流が大きく着火に影響する可能性がある。また、重力が増加すると、固体・液体表面上で形成された火炎は、ある程度の重力増加までは、火炎長が増加し、通常重力に比べ自然対流の影響が大きくなることが予想される。しかし、重力が過大となると火炎長が小さくなり、誘起される自然対流を減少させるという現象が生じる可能性がある。

以上の検討から、燃え広がりのような定常現象だけでなく、着火というような非定常現象への重力の影響をも検討する必要があると考えられる。

(5) 通常重力・減酸素環境実験装置について

八戸工業大学を中心に通常重力・減酸素環境実験装置の作製について説明が行われた。そして、通常重力・減酸素環境実験においても、時間的に変化のない定常現象だけでなく、減酸素環境によって、微小重力環境での消炎現象の模擬の可能性も議論された。

これまでに弘前大学が中心に行ってきた通常重力・減酸素環境での液面上を伝播する火炎の消炎近傍の不安定現象と、微小重力環境で形成された火炎の消炎近傍の不安定現象において、相似性が存在することが実験的に確認されている。しかし、微小重力

環境での消炎現象を、通常重力・減酸素環境下で模擬可能であるかどうかは更に検討が必要である。

以上の5項目の議論を行った。その結果、宇宙環境の開発・利用に伴い重要となる重力環境は微小重力場にとどまらず、低重力そして過重力環境での燃え広がりについても実験的な検討を更に進める必要があることが明確となった。また同時に、低重力そして過重力環境での燃え広がり現象の通常重力・減酸素環境を用いた地上模擬の実験的な検証も必要であることが明かとなった。更に、これまで定常現象である燃え広がりを中心に議論を行ってきたが、過重力場での着火や、微小重力や低重力環境での消火等の非定常現象についても検討の範囲を広げることの重要性が確認された。

5. 成果

1. 永田朋幸, 長土居謙政, 工藤祐嗣, 鳥飼宏之, 伊藤昭彦, 微小重力および過重力環境における薄い固体の燃え広がり, 第45回燃焼シンポジウム講演論文集, pp.290-291 (2007).
2. 及川俊, 沖崎哲也, 工藤祐嗣, 鳥飼宏之, 伊藤昭彦, 薄い液体燃料層上を燃え広がる火炎の不安定, 第45回燃焼シンポジウム講演論文集, pp.294-295 (2007).
3. 長土居謙政, 鳥飼宏之, 伊藤昭彦, 工藤祐嗣, 高温・減酸素狭流路内における薄い可燃性固体の燃え広がり, 第45回燃焼シンポジウム講演論文集, pp.150-151 (2007).