

高温下における部分予蒸発が液滴列燃焼と窒素酸化物生成に及ぼす影響
宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 菊池政雄

(1) 発表概要

- 本研究は、日本とヨーロッパとの国際研究協力により実施されたものである。小型ロケットTEXUSのフライトチケットをESAが提供し、搭載実験装置をJAXAが開発した。搭載装置はJAXAを含む日本人研究チームの微小重力実験用装置の基本設計を基に、JAXAにおいてTEXUS搭載用に設計し直したものである。
- 研究チームが装置の重要部分を担ったという点では我が国の微小重力実験では初の試みである。実験は合計4回の一次元液滴列燃焼実験を行う予定であったが、最後の4回目が動作しなかった。予蒸発時間は、予めJAXAにおいて数値シミュレーションを行い設定した。
- 得られたデータとシミュレーション結果を比較したところ、概ね予想された結果が得られたことが分かった。また、燃え広がり速度は予蒸発の進行に伴って増大するものの、やがて一定値に近づくことも明らかとなった。
- 一方、燃焼ガス中のNO_x濃度は予蒸発時間の増加に対して直線的に減少する結果が得られた。

(2) 評価まとめ

総論

- 微小重力下における液滴列の燃焼実験は、燃焼学における新しい基礎的知見が得られるという点で有意義である。
- また、設定された目標の意義は高く、国際レベルである。装置の基本部分が研究チームにより設計された点は評価できるが、装置のチェック体制の一層の改善が望まれる。
- シミュレーションによる予蒸発時間の設定が適切であった点も評価できる。しかし、シミュレーションが実用的な噴霧燃焼に本当に役立つのか、液滴径が相当程度異なるが相似則が成立するのか、そのあたりを今後明らかにする必要がある。
- トリプルフラーム伝播速度を決定する物理が現時点では不明であるが、もしこれを明らかにできれば、このシミュレーションは世界標準になり得る。一方、先ほどの相似則の問題等もあり、現状で何ができるのかを明確にしておく必要がある。
- これらを総合すると、シミュレーションで何を指すのか、そのためにはどのようなデータを取得すべきであるかを明確にすべきである。高度化という曖昧な表現は避けた方が良い。

*：事後評価会は平成23年12月に実施。

研究成果と目標達成度

本研究の設定目標は、それほど大きなテーマ設定とは言えないかもしれないが、長時間の微小重力実験でなければ成果を得ることができない研究であり、堅実と言える。また、原理的に長時間微小重力が必要、かつ従来研究の中でも取り上げられていない課題であることから、国際的に一定の地位を占めることのできると判断する。予定された4回のうち3回のデータが得られている。得られなかった最後の1回の実験条件は設定した科学的目標の観点からはほとんど問題ないと考える。しかし、現状ではデータ取得量や火炎周囲の影響の評価がまだ十分でないという部分もある。実施体制に関しては、本研究チームは液滴燃焼研究の専門家が揃っており、適切である。国際燃焼シンポジウムへの投稿が予定されているようである。この学会は燃焼分野において最高レベルのもので、採択されれば、本研究の科学的意義が国際的に高く認められた証拠になるため、是非採択されることを期待する。[後記：第34回（2012年）では不採択に終わったが、データの解析・解釈をさらに入念に行い、第35回（2014年）に向けて投稿準備中ということである]

成果の活用、波及効果

本研究では、噴霧が着火するまでの遅れ時間が長くなったときに、燃焼特性がどのように変化するかを明らかにしようとしている。特に、噴霧間の火炎伝播速度およびNO_xという最も基本的な部分に対する科学的成果を挙げていると言える。特に、NO_xと予蒸発期間の間に明確な相関があることを示した点は特筆に値する。NO_xは言うまでも無く、ディーゼルエンジンにおいて最も問題となる排気ガス成分であり、本研究の成果が産業へ与える潜在的意義は大きい。この潜在的意義が今後顕在化するためには、研究成果が数値シミュレータに組み込まれ、従来予測し得なかったことが、予測できるようになった段階であろう。そうなった際には、科学や産業へ多大なインパクトを与えることが十分期待できる。設定目標以外での成果は、本研究で開発された液滴実験装置である。この装置は極めて精緻な機構を有しており、国際的にみても液滴燃焼研究に関しては最高の装置であろう。今後、本研究の設定目的以外にも本装置を大いに活用すべきである。また、シミュレーションと実験結果が良い一致を示したことは大変望ましいことであるが、そのため、革新的な成果とは言いにくい面もある。今後、事前の数値計算や理論では全く予想できなかった新しい現象の発見も期待したい。

提言等

この研究グループは「次世代噴霧燃焼数値シミュレーションの構築」を最終目標に掲げている、と理解するとき、どれだけの要素実験が必要と考えているのかという全体構想を示して欲しい。併せて、本実験終了、三上テーマ終了の各段階でどこまで構築が進むと考えているのかを述べて欲しい。即ち、全体のロードマップと個々の実験の位置付けの明確化が必要である。また、今後は産業の場において“現状最も困っていることは何か”を十分に考察し、それに対して基礎的視点で答えを与えるようなテーマ設定を望みたい。これにより、社会や産業に本当の意味でインパクトを与えることができる。