

審査の結果の要旨

氏名 高偉

本論文は、「Effects of particle characteristics on flame propagation mechanism in dust explosions. (粉体特性が粉じん爆発時の火炎伝ば機構に及ぼす影響)」と題し、全7章からなる。

第1章は緒言であり、研究の背景と既往の研究、及び本研究の目的について述べている。研究の背景としては、可燃性粉体を扱う種々のプロセスで発生している粉じん爆発の事例を挙げ、粉じん爆発事故の発生防止や被害低減のために粉じん爆発現象の解明が重要であることを述べている。また、既往の研究では粉体の危険性測定法等に関する実用的研究がほとんどで、粉じん爆発における火炎伝ば現象の機構解明はまだ十分ではないことを述べている。以上を受けて、本研究では、粉体特性が粉じん爆発時の火炎伝ば機構に及ぼす影響の解明を目的とすることを述べている。

第2章では、研究で使用した粉体の化学的及び物理的性質についてまとめている。今回の研究で使用した主な物質である Hexadecanol, Octadecanol, Eicosanol などについて、物性値を文献で調べるとともに、熱分析 (TGA、PY-GC-MS、燃焼熱量計測) を実施して熱分解挙動や燃焼発熱挙動を測定し、それらの結果をまとめて示している。

第3章では、各粉体の粉じん爆発パラメータについて示している。粉じん爆発の危険性標準測定装置を用いて、粉じん爆発の発生可能性を示す最小着火エネルギー (MIE)、爆発下限界濃度 (MEC)、発火温度 (MIT)、および爆発発生時の被害の強度を示す最大爆発圧力、爆発指数 (K_{ST}) などのパラメータを測定している。第2章での特性値と合わせて、粉じん爆発時の火炎伝ば挙動を検討する各物質の特性を把握したことを述べている。

第4章では、各物質の粉じん爆発時の火炎伝ば挙動及び火炎の構造についての実験結果について述べている。粉じんを分散して粉じん雲を形成し、着火後の火炎伝ば挙動を高速度ビデオカメラで測定する装置を用いて実験をおこなっている。ほぼ同一の粒径分布を持つ粉じん雲中での比較実験により、揮発性の高い物質の方が火炎伝ば速度が高くなる結果を得ている。また、火炎構造につ

いては、画像観察、イオン電流測定、温度測定により、粉じんの特性が変化すると火炎構造が変化することを明らかにしている。粉じんの揮発性が高いほど、火炎の予熱帯が厚くなり、また最高温度も高くなる傾向を明らかにしている。

第5章では、粉じんの粒径分布が火炎伝ば挙動に及ぼす影響についての実験結果について述べている。粒径分布の異なる粉じんを用いて実験をおこない、火炎伝ば機構が2種類に分類できることを示している。小さな粒子が多く含まれる条件においては、火炎先端は比較的なめらかで連続的な構造をとりながら伝ばしており、小さな粒子の含有率が少ない条件においては、火炎先端では火炎が不連続な構造をとりながら伝ばしていることを述べている。これらの火炎伝ば機構について、前者を反応制御機構 (**kinetic-controlled regime**) とし、後者を気化制御機構 (**devolatilization-controlled regime**) としモデル化している。この検討の中で、粉じん中の粒径の小さい粒子と大きい粒子では火炎伝ば現象に及ぼす役割が異なることを明らかにしている。

第6章では、粉じん雲中を伝ばする火炎の構造と伝ば機構についてまとめている。第4章及び第5章で示した実験結果を検討して、粉じんの材質及び粒径分布が火炎構造や火炎伝ば挙動にどのような影響を与えるかについて総合的に考察している。火炎伝ば機構を、加熱・気化の特性時間と燃焼反応の特性時間の比で定義される **Damköhler** 数 (**Da**) で整理することを提案し、粉じんの材質及び粒径分布の異なる6種類の条件について検討している。その結果、粉体特性により算出した **Damköhler** 数により反応制御機構と気化制御機構の2つの伝ば機構モデルの発生条件が整理できることを示している。

第7章は、総括であり、第1章から第6章までの内容の要約を述べるとともに、粉体特性が火炎伝ば機構に及ぼす影響を解明した結果についてまとめている。さらに、本研究結果のさらに広い条件への拡張や現実の爆発危険性予測手法への活用などの今後の課題についても述べている。

以上のように本論文では、粉じん爆発時の火炎伝ば機構について、粉体材料及び粒径分布を変化させた実験をおこなうことで、粉体特性が火炎伝ば機構に及ぼす影響について解明している。火炎伝ば機構を2種類のモデルで表現し、それらの発生条件を粉体特性から計算できる **Damköhler** 数で整理することに成功している。本論文で得られた結果は、粉じん爆発現象を的確に理解し科学的な危険性評価をおこなう上で非常に重要であり、安全工学、燃焼学、化学システム工学への貢献が大きいものと考えられる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。