

審査の結果の要旨

氏名 中尾 圭佑

本論文は、「市街地にて突発的に発生する有害危険物質の危険評価のための高次統計量に関する風洞実験と数値解析」と題して、市街地等での有害危険物質が気中に突発的に放出された際、初動対応機関や近隣住民の危険性を減ずる為、放出点風下各点における危険物質の濃度変動の特性を把握し、対応を可能とすることを目的として行われた研究をまとめたものである。

市街地における突発的な危険物資の気中放散においては、任意の風下各点での ①「危険物質の到達、検出終了にかかる時間」、特に到達以後の ②「危険物質濃度の時間変動」の把握が減災対策を担うものにとって重要な情報となる。本論文では危険物質濃度の変動を代表する指標値として濃度の頻度分布の 2 次モーメント、3 次モーメントに着目している。2 次モーメントは濃度変動のばらつきを示す指標となる。3 次モーメントは平均濃度に対して高濃度もしくは低濃度の頻度が高濃度側に偏っているか、低濃度側に偏っているかを示す指標となる。これらモーメント量は、気流の流れを支配する流体力学的法則に従って輸送されるものであり、任意の風下各点での危険物質のモーメント量もこの流体力学的方法論によって演繹されるモーメント量の輸送方程式により記述される。2 次モーメントの輸送については幅広い研究がなされてきたものの、3 次モーメントについてはほとんど検討がなされていない。危険物質の放出に関わる安全性の検討に関しては、特に高濃度側の頻度がどの程度であるか、という観点から頻度分布の偏りの把握が重要になり、3 次モーメントの性状把握が重要となる。3 次以上の高次のモーメントの把握は統計的信頼性の確保の観点から、より精密な実験や流体の数値解析が必要になるが、その労力は極めて大きく、工学的なモデルによる 3 次モーメントの把握が重要となる。本論文では、①の到達時間評価の課題に関しては、既往の風環境評価指標である市街地のボイド空間の換気回数と到達の時間の関係を明らかにし、既往の風環境指標から到達時間を評価することを可能にした。また、②の危険物質の頻度分布に対しては、3 次モーメントの輸送式の導出、収支構造の確認を行い輸送の性質について明らか

にするとともに、簡易な3次モーメントの評価のための基本的な知見を得ている。

本論文は検討を行うため市街地を単純形状にモデル化したモデル市街地を対象空間として基本的な検討を行っている。①の放出された危険物質の到達時間に関する検討は、モデル市街地を対象とした風洞実験を行って検討を行っている。②の放出された危険物質の濃度変動に特性の把握に関する検討は、同様のモデル市街地を対象として風洞実験および流れと拡散に関する数値解析(CFD)により検討を行っている。①の到達時間に関する課題に取り組む風洞実験では、危険物質の到達時間の風向角による変化と、既往の風環境評価指標である局所排出換気回数との関係を明らかにすることを目的として行っている。実験は、危険物質の突発的放出と放出終了に対する風下各点での濃度時刻歴の計測を行うものであり、統計的信頼性を確保するため同一実験を多数回繰り返すきわめて労力を要するものである。計測結果から物質濃度到達時刻、濃度検知終了時刻を同定し、その空間分布を風向角毎に明らかにするとともに、得られた濃度分布から局所排出換気回数を算出し、両者の関係を考察した。その結果、風向角の変化に対する到達時間、検知終了時間、評価指標の変化の特性が一致することを示し、局所排出換気回数が物質濃度の到達時刻や、検知終了の時刻を代表する指標であることを示した。②の各点での濃度変動特性の把握に関する課題に関しては、統計的信頼性の確保された風洞実験によりモデル市街地内部の3次モーメントの空間分布特性を明らかにした。また、実験結果に基づき2次モーメント輸送式の収支構造の把握を行っている。2次モーメントの輸送を支配する方程式中に現れる各項の空間分布を示し、局所的な2次モーメントの生産や、乱流混合による輸送などの特性を明らかにした。さらに流れと拡散に関する数値解析(本論文ではLESによる解析)により、前述の実験結果を再現による数値解析手法の有効性の確認を行ったうえで、3次モーメントの収支構造の特性解明を行っている。本論文では高次相関項(乱流拡散項)の検討に関しては、統計的信頼性を確保するために更なるデータ取得を必要とするため、これを今後の課題として残しているが、この高次相関項の寄与は必ずしも大きい訳ではない。本論文の3次モーメントの輸送式の収支構造の解明は、今後の3次モーメントの簡易な評価式を導出するための基礎となる貴重なものとなる。

以上、本論文は、有害危険物質の突発的な放出時の減災に向けて新たな可能性に挑み、その発展に大きく貢献している。本研究で得られた知見は工学的、社会的な有用性は極めて高い。

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。