

論文審査の結果の要旨

氏名 守田 克彰

空気中に浮遊する直径 μm の水滴が氷点以下に過冷却された状態で物体に衝突すると、過冷却水が氷結する着氷現象が生じる。着氷は様々な分野に見られるが、航空機に発生すると、揚力を失い墜落する事にも繋がりがねない。このため、航空分野においては、着氷防止が重要な課題となっているが、その細かいメカニズムについては不明な点も多い。また現在利用されている着氷防止システムにも燃費の問題や化学物質の大量散布、それに関わる環境への影響、コストなどの課題がある。

本研究においては、着氷防止システムとして、翼表面へのコーティング材を塗布する方式を取り上げ、新しいコーティング材の開発を実施した。さらに、このコーティング材の有効性を評価するための手法を開発するとともに、実機に適用する場合の課題を示している。さらに、着氷時の過冷却液滴のダイナミックな挙動を評価する事を提案し、実験による基礎データの蓄積を実施している。

第1章は序論であり、過冷却水滴の着氷による様々な現象を紹介するとともに、人工物への着氷が、事故など数多くの問題を生むことを示している。これらの問題を解決する事を目的として、本研究の位置付けを明らかにしている。

第2章は研究背景であり、着氷現象による各分野、特に航空分野に対する影響をまとめ、その課題と、現状の着氷防止システムに対するレビューを実施している。さらに、着氷のメカニズムとして、液滴及び過冷却液滴の物理的な挙動や、固体表面と接触することによる濡れや付着の原理を紹介し、過冷却水の凍結原理についても議論を進め、現状の知見をまとめている。

第3章は、コーティング材の開発と、そのコーティング材の有効性を実験的に評価している。濡れ性に着目し、環境影響の少ない PTFE をベースとした、超撥水性を持つコーティング材の開発を実施している。このコーティング材については特許出願もしている。作成したコーティング材を従来から存在するコーティング材と比較を行うため、健全性評価試験、静的濡れ性評価試験などを考案し、実験によって、コーティング材の静的特性が優れていることを示している。さらに、動的試験を実施し、We 数をパラメータとして、We=100 程度であれば、着氷防止に有効である事を示している。しかしながら、実機条件に近い We=1000 程度になると、着氷防止効果が無くなるという問題点も実験的に

確認している。

第5章は、前章において違いの確認された $We=100$ 近傍において、なぜ違うのかを評価するための、温度分布計測システム開発を行っている。これには、レーザ誘起蛍光法を用い、温度感度のある色素と無い色素の2種類を用いることで、レーザ照射ムラや屈折などの影響を除去した、温度計測が可能である事を示している。この手法を、静的な凍結現象に適用し、過冷却解消現象を可視化する事で、過冷却解消現象時の温度分布を計測する事に成功している。

第6章では、過冷却水滴のダイナミックな凍結挙動について実験的な評価を進めている。高速度ビデオカメラを援用し、衝突後の凍結挙動を可視化、分類している。 $We=100$ 程度の実験ではあるが、衝突後の跳ね返りや、空中での凍結、振動しながらの凍結など、複雑な現象データベースを取得する事が出来ている。

第7章では、本論文のまとめとして、着氷防止を目的とした新しいコーティング材の開発とその特性をまとめるとともに、過冷却水滴のダイナミクスに着目した過冷却水着氷メカニズムに関する知見についてまとめている。

以上の様に、新材料開発と、着氷メカニズムに関する基礎的な知見を得ることが出来ており、環境負荷の少ない安全な着氷防止システム開発に対する有効なデータを提供する事に成功しており、環境学、特に人間環境学の進展に資するところが少なくない。したがって、博士(環境学)の学位を授与できると認める。