九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

Effect of Ambient Temperature and Humidity on Thermal Patterns during Evaporation of Sessile Droplets

深谷，侑輝

https://hdl.handle.net/2324/1654882

出版情報：九州大学，2015，博士（工学），課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）

（様式２）

氏　　名　：　深谷　侑輝

論 文 名　：Effect of Ambient Temperature and Humidity on Thermal Patterns during Evaporation of Sessile Droplets
（蒸発液滴内の熱パターンに及ぼす周囲温度・湿度の影響に関する研究）

区　　分　：　甲

論　文　内　容　の　要　旨

固体基板上の揮発性液滴が蒸発するとき，波状の温度パターンが生じることが確認されている．この波状のパターンは，従来の強制的に温度勾配が課された液膜内に生じる Hydrothermal Waves（HTWs）と様相がよく似ていることから，蒸発液滴内における HTWs と呼ばれている．蒸発液滴内での HTWs は，従来とは異なり，蒸発時に相変化によって液体表面に生じる自発的な温度勾配によって発生するとされている．この現象の理解は科学的な関心のみでなく，蒸発を伴う種々の応用分野にも重要とされ，近年，盛んに研究が行われている．現在までに，赤外線カメラ用いた HTWs の観察が行われており，液体や固体基板の影響などが示されている．また，微小重力環境でもその発生が確認されており，数値解析ではマランゴニ応力と流体の移流が HTWs において重要なファクターであるとされている．

しかし，HTWs は液滴表面の温度勾配に起因するとされているにもかかわらず，これまでの観察では赤外線カメラの性質上，測定温度に外乱の影響を多く含んでおり，熱的な観点からは十分な議論がなされていない．

本論文は揮発性の蒸発液滴中に生じる HTWs を対象として，赤外線カメラによる実験を元にした固液界面および気液界面の温度情報の算出手法を確立することで，温度や湿度（水蒸気濃度）などのパラメータの HTWs への影響やこの現象の液滴蒸発やエネルギー輸送における役割を明らかにしたものである．

本論文は４章から構成される．

第１章では，本研究が対象とする液滴蒸発および HTWs の重要性について説明し，関連する既存の理論や従来の研究を示し，本論文の目的を明らかにした．

第２章では，赤外線のふく射と固体基板内の熱伝導の関係を組み合わせた手法により，水と FC-72 液滴の蒸発中の固体基板表面の温度・熱流束分布を測定した．赤外線のふく射においては，実験系における放射エネルギーの減衰や反射を考慮することで，赤外線カメラで得られた実験結果から，固体基板表面の温度情報を得た．この赤外線カメラを用いた手法によって求められた蒸発熱量を液滴の形状変化から得られた蒸発熱量と比較を行い，手法の妥当性を確認した．得られた結果から，HTWs はバルク波であり，その影響は基板表面の温度・熱流束分布にまでおよぶことを実験的に初めて明らかにした．また，本実験において HTWs が発生する条件では，液滴蒸発速度が既存のモデルによる予測値よりも大きくなることを示した．さらに，熱流束と形状変化の関係から HTWs の蒸発流束の分布への影響を示唆し，HTWs の熱伝達分布における役割を明らかにした．

第３章では，赤外線カメラの実験データと仮定した液滴内の垂直方向の温度分布から算出した液

滴表面温度を元に，エタノールとメタノール液滴の蒸発における，HTWs への周囲温度と湿度（水蒸気濃度）の影響を明らかにした．周囲湿度が高い条件では，HTWs の規則的な波列が崩れ，より複雑な波形が確認された．また，周囲湿度の上昇とともに，アルコール液滴の蒸発後に残留液滴が確認され,蒸発液滴の表面温度が上昇する現象を確認した.液滴内の温度分布は計測が困難であるので，2 種類の極端な場合の温度分布を用いた．周囲湿度が高い条件では，算出した液滴表面温度が露点温度以下になり，周囲水蒸気の蒸発液滴への吸着・凝縮が起こっていることを示した．周囲水蒸気の吸着・凝縮によって液滴表面の温度・濃度分布が変更され，温度パターンに大きく影響することを明らかにした.これまで HTWs の研究では考慮されていなかった周囲水蒸気の重要性を初めて明らかにした.

第 4 章では，本論文の総括を行った.