



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	液滴ラジエーターにおける液滴流の排熱特性 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	高梨, 知広
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第13644号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74133
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Tomohiro_Takanashi_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 高梨 知広

審査担当者 主 査 教 授 永田 晴紀
 副 査 教 授 戸谷 剛
 副 査 教 授 藤田 修
 副 査 教 授 大島 伸行

学位論文題名

液滴ラジエーターにおける液滴流の排熱特性

(Exhaust Heat Characteristics of Liquid Droplet Stream for Liquid Droplet Radiator)

宇宙太陽光発電や軌道エレベーターなどの大型宇宙構造物の建造が提唱される中、課題の一つとなっているのが廃熱の問題である。宇宙空間は真空であるため現在は固体パネルからの熱放射を利用した排熱が行われているが、機器の大型化に伴い増大する廃熱を効率よく捨てる技術が必要とされている。液滴ラジエーターは、現在のラジエーターの固体パネル部分を多数の液滴からなる液滴シートに置き換えることによって、液滴表面から宇宙空間に直接熱放射を行う排熱システムである。従来の固体パネル型ラジエーターと異なり、放熱部の構成部材が作動流体のみとなるためシステム全体の大幅な軽量化が見込まれる。また作動流体を微粒液滴として宇宙空間に直接射出するので作動流体と宇宙空間との間の伝熱抵抗を最小限に抑えることができ熱放射の効率化が望める。先行研究では液滴ラジエーターの主要要素の研究開発が進められてきたが作動流体の排熱特性を取得した研究は少なく、実際に液滴ラジエーターを設計する際に必要な液滴の放射率および液滴流の実効放射率に関する知見を蓄積する必要がある。

物質の放射率を測定する方法は、サーモグラフィーや FT-IR 装置を用いるなどいくつか存在する。真空環境を作るには真空チャンバーを用いるが、サーモグラフィーを真空チャンバー内部に設置しようとする装置が大型化してしまう。また、真空チャンバーに窓を付け、その窓を通して外から測定を行おうとすると、窓自身からのふく射の影響や窓を通してふく射が真空チャンバー内部に入り込んでしまうことによって、放射率の正しい測定は困難である。一方 FT-IR を用いた測定を想定した場合、計測時に液体が数 mm オーダーの厚みを持つてしまうと想定されている直径約 $100\mu\text{m}$ の液滴と比較して透過率等の光学特性が変化すると考えられることから適切ではない。そこで本研究では液滴流を真空チャンバー内に生成し、ふく射センサーを用いることによって直接液滴流からの排熱を取得する実験装置を製作した。実験では液滴流からの排熱量を取得することができるが、実験装置自体から発生するふく射も同時に観測してしまうため、数値解析を併用して液滴流からのふく射伝熱量のみを求めなければならない。実験装置からのふく射が液滴流で吸収される影響から、液滴流を流した時と流していない時の排熱量の差が液滴流のみの排熱量とは単純にはならない。実験装置内部のふく射伝熱状況を模擬した数値解析を行い、その結果と実験結果を比較することによって液滴流からの排熱量のみを特定し放射率を求めた。

実験を行う際は真空チャンバー内に設置されたシュラウドを液体窒素で冷却し実験装置からのふく射をできる限り抑える手法を用いた。しかしながらふく射センサーをシュラウド壁面に設置し計

測を行う際、ふく射センサーが冷却されることによってふく射センサー自体の放射率が低下し、数値解析において正しい値が得られないことが予想された。この問題を解決するため液滴流の排熱量を測定する前に、低温下におけるふく射センサーの放射率を求めるための実験を行った。予め表面の放射率を計測した黒色放射球をシュラウド内部の空間に設置し一定温度でふく射を発生させふく射センサーで輻射熱流束を計測する。数値解析において実験装置内部の未知の放射率はふく射センサーの放射率のみとなるため、ふく射センサーの放射率をパラメーターとして複数パターン数値解析を行って、それらの結果と実験結果を比較することによって低温下におけるふく射センサーの放射率の低下を確認し、推定値を求めた。ふく射センサーの表面温度が -179 の時、放射率は 0.50 という結果が得られた。

液滴流からのふく射伝熱量を実験によって測定する際には、実験装置からのふく射のみを測定した結果と液滴流を流した時のふく射量を測定した結果を取得した。黒色放射球を用いた実験結果を前提に実験装置からのふく射のみを測定した結果を数値解析結果と比較し、実験時のふく射センサーの放射率を同定し、その値を使用して液滴流からの排熱量を数値解析を用いて実験結果から分析した。以上より液滴の放射率を取得し、液滴流の実効放射率を求めることが可能になった。単一液滴流を生成した実験において作動流体温度が 28 の時、液滴の放射率は 0.45 であった。この値を用いて液滴直径を 1 辺の長さとする単一液滴流を内包する形状の直方体を仮定した時、実効放射率は 0.10 であることが判明した。

博士論文の第 1 章では研究全体の背景について、第 2 章では黒体放射球を用いた低温下におけるふく射センサーの放射率の同定について、第 3 章では液滴流からの排熱量を取得する実験および数値解析について、第 4 章では全体のまとめについて記述した。

以上のように、本論文は、先行研究で得られていない微小液滴の放射率を、実験と数値解析を組み合わせることで明らかにする手法を開発するとともに、開発した手法を用いて微小液滴の放射率を明らかにしている。また、明らかにされた微小液滴の放射率を用いて、液滴ラジエータを設計する上で必須となる液滴流の実効放射率を明らかにしている。これらは、排熱の問題で実現できなかった大型宇宙構造物の実現を可能にするものであり、宇宙工学の発展に寄与するところ大である。よって、著者は北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格があるものと認める。