



Title	液体金属リチウム自由表面流に関する実験研究
Author(s)	近藤, 浩夫
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/48726">https://hdl.handle.net/11094/48726</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	近 藤 浩 夫
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 2 1 5 1 2 号
学位授与年月日	平成 19 年 7 月 13 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文名	液体金属リチウム自由表面流に関する実験研究
論文審査委員	(主査) 教授 堀池 寛
	(副査) 教授 山口 彰 教授 栗津 邦男 教授 福田 武司

### 論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、IEA 国際協力における、核融合材料研究開発に関する実施取極めのもとで実施する、国際核融合材料照射施設の要素技術開発活動において、日本側の分担の主要部分である液体金属リチウム自由表面流の流動挙動の実験的解明を目的とした。本論文において、自由表面に発生する波の波長（3章）、表面波の振幅計測（4章）、自由表面伴流の波紋計測（5章）、電磁ポンプキャビテーションと管内摩擦損失（6章）に関する研究を取り扱った。尚、1章、2章はそれぞれ序論、実験装置概要を記した。

**3章** リチウム流の自由表面を高感度カメラで可視化し、その表面形状の流速に対する変動挙動を明らかにすると共に、可視化画像より表面波の波長を計測した。また、流体の安定性理論を参照しつつ、表面張力が支配的なせん断層線形不安定性において、ウェバー数に関する方程式を導出した。実験より求めた波長をウェバー数に対して無次元化し、安定性理論から求めた最不安定波数との比較を行った結果、中立安定性と最不安定波数の両者に関し良好な一致を得ることを示した。その結果から、リチウム流表面に発生する波は、せん断層不安定性の結果生じたものであり、その振る舞いは擾乱方程式で良く予測できることを始めて明らかにした。

**4章** 電気接触式プローブを用いて、リチウム流の自由表面変動の計測を行った。接触・非接触の時系列信号から、単位時間当たりの接触・非接触の時間割合を算出しリチウム流の平均厚みを求めた。単位時間当たりの接触から、波高の分布を算出する手法を提案し、波高分布を得た。得られた波高分布は、流速 1~15 m/s の流速範囲において、不規則な水面波の波高分布であるレイリー分布と非常に良い一致を示すことを示した。また平均波高、有義波、最大波を求めた。リチウムに限らず液体金属流に発生する波の波高分布および、統計波高の実験的計測例は本研究が世界初である。

**5章** 鏡面反射面であるリチウム流表面に格子パターン投影法を適用し、自由表面の波紋の形状計測を行った。計測した結果を、水面上を動く圧力点を作る波紋の位相線と比較し、その形状が良く予測できることを明らかとした。併せて遠心力を考慮した理論位相線を求めることにより、ノズル形状から不可避免的に発生する波紋とリチウム流のターゲット領域、即ち重陽子ビームの照射領域との隔離関係が設計できることを示した。

**6章** 電磁ポンプ吸い込み口におけるキャビテーションの実験的に研究し、キャビテーションの発生条件および管内摩擦損失係数を求めた。実験の結果得られた損失係数を用いて、実機リチウムループシステムにおけるキャビテーション発生の可能性を予想した。その結果、現行の基本的な設計条件にて、キャビテーション回避に対する十分な裕度のあることを示した。

## 論文審査の結果の要旨

本研究は、IEA 国際協力における、核融合材料研究開発に関する実施取極めのもとで実施する、国際核融合材料照射施設 (IFMIF) の要素技術開発活動において、液体金属リチウム自由表面流の流動挙動の実験的解明を目的としたものである。本論文第1章では序論とし核融合研究の必要性和材料照射施設 IFMIF の意義について述べ、第2章では本研究に用いた実験装置の概要を記している。

第3章では表面張力が支配的なせん断層線形不安定性解析においてウェバー数に関する方程式を導出し、リチウム流の自由表面波の波長を計測し最不安定波数との比較を行っている。その結果、中立安定性と最不安定波数の両者に関し良好な一致を得ることを示し、リチウム流表面に発生する初期の波の振る舞いはウェバー数のみで記述される擾乱方程式にて良く予測できることを始めて明らかにしている。本章で得られた表面張力波の擾乱方程式は本研究にて初めて導出されたものであり、また水以外の流体で、特に液体金属でのせん断層不安定性を扱った例は極めて稀である。

第4章では液面に直接接触させる液位計を用いて、リチウム流の自由表面変動の計測を行っている。単位時間当りの接触回数から波高の分布を算出する手法を提案し、波高分布を得ている。得られた波高分布は、流速 1~15 m/s の流速範囲において、不規則な水面波の波高分布であるレイリー分布と非常に良い一致を示すことを示し、また平均波高、有義波、最大波を実験的に明らかにしている。リチウムに限らず液体金属流に発生する波の波高分布および、統計波高の実験的計測例は本研究が世界初である。本結果は IFMIF の設計開発に多大な貢献をするとともに、核融合のみならず原子力分野で用いられる液体金属機器の研究開発に対して非常に有益なデータを提供するものである。

第5章ではリチウム流表面に格子パターン投影法を適用し、自由表面の波紋の形状計測を行い、計測結果を、水面上を動く圧力点を作る波紋の位相線と比較し、その形状が良く予測できることを明らかにしている。併せて遠心力を考慮した理論位相線を求めることにより、ノズル形状から不可避免的に発生する波紋とリチウム流のターゲット領域、即ち重陽子ビームの照射領域との離隔関係が予測可能であることを示している。第6章では電磁ポンプ吸い込み口におけるキャビテーションを実験的に研究し、キャビテーションの発生条件および管内摩擦損失係数を求め、IFMIF 実機リチウムループシステムにおけるキャビテーション発生の可能性と、それを回避する裕度について議論検討されている。第5章、6章の結果は、近い将来に建設の見込まれる IFMIF の工学実証・工学設計活動での大型ループの設計と建設について重要な情報を提供するものである。

以上のように、本論文は液体金属流を取り扱った流体力学研究、及びに国際核融合材料照射施設 (IFMIF) に対する実験研究として独自性に富み、貴重な実験データを含む非常に有用な論文である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。