The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	無容器法を用いた溶融ジルコニアの粘性・表面張力評価
Author(s)	近藤, 俊樹
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/76569
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　近　藤　俊　樹　）	
論文題名	無容器法を用いた溶融ジルコニアの粘性・表面張力評価

論文内容の要旨

本研究は原子力発電所のシビアアクシデント対策ならびに今後の安全性向上のため、炉心溶融物の挙動を評価するのに重要な溶融ジルコニアの粘性・表面張力の評価を行ったものである。本論文は以下の６章で構成されている。

第１章では、炉心溶融物の生成過程に触れ炉心溶融物内には多量の溶融ジルコニアが含まれている可能性があることと、その物性値がシミュレーションを用いた炉心溶融物の挙動予測をするために重要であることを述べた。その一方で、溶融ジルコニアの物性値は知見が少なく測定が求められていることから本研究の目的としてその物性を評価することの重要性を論じた。また、現状の溶融物性評価方法について有容器法と無容器法に区分して、利点と欠点の整理を行った。

第２章では、本研究で使用したガス浮遊法について詳細を記述した。その中で、本研究において無容器法の中でもガス浮遊法を用いた理由についても言及した。また、ガス浮遊法測定装置は本研究用に自作したものであるため、詳細な装置の構成や液滴振動法について記述した。加えて、本研究では新たに液滴衝突法という評価手法を提案しているため、そのコンセプトや評価手法についても同時に述べた。

第３章では、液滴振動法を用いた溶融ジルコニアの密度・粘性評価試験結果について議論を行った。初めに、物性既知である溶融アルミナを用いて試験を行い、文献値との比較を行うことで構築した装置の精度を確かめた。そのうえで、溶融ジルコニアの評価試験を行い、密度と粘性の取得をすることに成功をした。粘性については実験的に得られた初のデータであった。また、溶融アルミナと溶融ジルコニアをそれぞれ溶融状態で１分間保持した場合の蒸発量を測定し、溶融ジルコニアが蒸発しやすいことを確認した。このことから液滴振動法による正確な表面張力測定に必要な時間の確保が溶融ジルコニアに対しては難しく、測定時間の短い他の手法を用いることが必要であることが示唆された。

第４章では、第３章で課題となった表面張力測定を新たに提案する液滴衝突法を用いることによって解決することができるかを確認するため、溶融アルミナを用いた表面張力評価試験と誤差要因の解析を行った。反跳の様子から表面張力を評価することに成功をし、その誤差要因としては解析カメラの精度、基板の種類、温度推定の誤差、過剰変形の有無が存在しうることを示した。このうち、過剰変形についてはWeber数で整理することで影響評価ができること、他の要因については本研究で用いた装置構成ならびに測定対象においては大きな影響を与えていないことを確認した。また、測定時間が100 ms以下と非常に短く、測定結果が蒸発の影響を受けにくいため、溶融ジルコニアへの適用が期待できることにも言及した。

第５章では液滴衝突法を溶融ジルコニアへ適用した結果について述べた。溶融ジルコニアの表面張力を初めて実験的に得ることに成功した。ここでは、文献値が存在しないため、液滴振動法で簡易的に得た値との比較を行った。

第６章では、これまで得たデータを整理し、文献値のデータと比較をすることで、ジルコニウム-酸素系の物性組成依存性について議論した。これらから、炉心溶融物の物性評価として、溶融ジルコニアだけでなくジルコニウム-酸素溶融混合物についても知見が得られ、炉心溶融物の挙動解析に資するデータを得られたと結論付けた。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　近藤　俊樹　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	准教授	牟田　浩明
	副 査	教授	村田　勲
	副 査	教授	佐藤　文信
	副 査	教授	黒﨑　健　（京都大学複合原子力科学研究所）

論文審査の結果の要旨

本研究は原子力発電所のシビアアクシデント対策ならびに今後の安全性向上のため、炉心溶融物の挙動を評価するのに重要な溶融ジルコニアの粘性・表面張力の評価を行ったものである。本論文は以下の６章で構成されている。

第１章では、炉心溶融物の生成過程に触れ炉心溶融物内には多量の溶融ジルコニアが含まれている可能性があることと、その物性値がシミュレーションを用いた炉心溶融物の挙動予測をするために重要であることを述べた。その一方で、溶融ジルコニアの物性値は知見が少なく測定が求められていることから本研究の目的としてその物性を評価することの重要性を論じた。また、現状の溶融物性評価方法について有容器法と無容器法に区分して、利点と欠点の整理を行った。

第２章では、本研究で使用したガス浮遊法について詳細を記述した。その中で、本研究において無容器法の中でもガス浮遊法を用いた理由についても言及した。また、ガス浮遊法測定装置は本研究用に自作したものであるため、詳細な装置の構成や液滴振動法について記述した。加えて、本研究では新たに液滴衝突法という評価手法を提案しているため、そのコンセプトや評価手法についても同時に述べた。

第３章では、液滴振動法を用いた溶融ジルコニアの密度・粘性評価試験結果について議論を行った。初めに、物性既知である溶融アルミナを用いて試験を行い、文献値との比較を行うことで構築した装置の精度を確かめた。そのうえで、溶融ジルコニアの評価試験を行い、密度と粘性の取得をすることに成功をした。粘性については実験的に得られた初のデータであった。また、溶融アルミナと溶融ジルコニアをそれぞれ溶融状態で１分間保持した場合の蒸発量を測定し、溶融ジルコニアが蒸発しやすいことを確認した。このことから液滴振動法による正確な表面張力測定に必要な時間の確保が溶融ジルコニアに対しては難しく、測定時間の短い他の手法を用いることが必要であることが示唆された。

第４章では、第３章で課題となった表面張力測定を新たに提案する液滴衝突法を用いることによって解決することができるかを確認するため、溶融アルミナを用いた表面張力評価試験と誤差要因の解析を行った。反跳の様子から表面張力を評価することに成功をし、その誤差要因としては解析カメラの精度、基板の種類、温度推定の誤差、過剰変形の有無が存在しうることを示した。このうち、過剰変形については Weber 数で整理することで影響評価ができること、他の要因については本研究で用いた装置構成ならびに測定対象においては大きな影響を与えていないことを確認した。また、測定時間が 100 ms 以下と非常に短く、測定結果が蒸発の影響を受けにくいため、溶融ジルコニアへの適用が期待できることにも言及した。

第５章では液滴衝突法を溶融ジルコニアへ適用した結果について述べた。溶融ジルコニアの表面張力を初めて実験的に得ることに成功した。ここでは、文献値が存在しないため、液滴振動法で簡易的に得た値との比較を行った。

第６章では、これまで得たデータを整理し、文献値のデータと比較をすることで、ジルコニウム-酸素系の物性組成依存性について議論した。これらから、炉心溶融物の物性評価として、溶融ジルコニアだけでなくジルコニウム-酸素溶融混合物についても知見が得られ、炉心溶融物の挙動解析に資するデータを得られたと結論付けた。

以上のように、本論文は炉心溶融物の理解ならびにその評価手法の開発に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。