



Title	Fundamental Studies on New Silicides-based Accident Tolerant Fuel
Author(s)	Binti Mohamad, Afiqa
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/72409
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (Afiqa Binti Mohamad)	
Title	Fundamental Studies on New Silicides-based Accident Tolerant Fuel (シリサイドをベースとした新しい事故耐性燃料に関する基礎研究)
<p>Abstract of Thesis</p> <p>In the current light water reactors, UO_2 is used for fuels and Zr based alloys are used for cladding. For the enhancement of the tolerance to severe accidents, it is a promising way to replace Zr based alloys by another material having higher resistivity to steam oxidation and higher mechanical strength that allows fuels to keep the integrity at elevated temperature. In order to compensate for the neutronic inefficiency of advanced cladding materials, UO_2 should also be replaced by another material having higher U density. Besides, higher thermal conductivity is preferred since it will improve the heat removal efficiency when the reactor loses the coolant. Such fuel that has high tolerance to accidents is called accident-tolerant fuel (ATF). This study is intended to propose a new ATF: U-silicide fuel with Mo claddings coated with Mo silicide. In order to get a fundamental information on the candidate materials, their thermal and mechanical properties were evaluated.</p> <p>Chapter 1 starts from explaining problems on fuels occurred during Fukushima Nuclear Power Plant accident. From this accident, developing ATFs has become an important issue that needs to be given attention. After reviewing the current development status of ATFs, the new ATF concept is proposed. The purpose of this study is mentioned in this chapter.</p> <p>Chapter 2, the experimental methods are described. The synthesis method of the samples and the measurement techniques of thermal and mechanical properties used in this study are explained.</p> <p>Chapter 3 explains the advantages of the Mo cladding and the challenge for utilizing it. While Mo has several advantages, Mo has a problem on corrosion and oxidation. This problem can be solved by coating the outer surface of Mo cladding. As a candidate for the coating material, $MoSi_2$ is selected. The oxidation resistance of $MoSi_2$ under steam atmosphere and compatibility of $MoSi_2$-Mo are evaluated. For the compatibility, the thermal stress between $MoSi_2$ and Mo are calculated based on the physical properties.</p> <p>In chapter 4, U-silicides are discussed in order to select the best U-silicide for the fuel. Since the available information on the physical properties of them is limited, the physical properties of them were measured. Among U-silicides, U_3Si_2, U_3Si, and USi_3 were selected, and dense specimens without impurities were fabricated. Next, the basic properties such as crystal structures, thermal, and mechanical properties were investigated. The measured data are compared with literature values and other compounds such as U_3Si_5 and USi. Based on the compared physical properties, one compound is chosen as the most promising fuel in the U-Si system.</p> <p>Chapter 5 summarizes the proposed coating/Mo cladding/U-silicide fuel system. It is shown that the selected materials exhibit good performance in the important parameters. It is concluded that the proposed ATF has a potential as an ATF and should be studied further.</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (AFIQA BINTI MOHAMAD)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	准教授	牟田 浩明
	副 査	教 授	山本 孝夫
	副 査	教 授	北田 孝典
	副 査	准教授	黒崎 健

論文審査の結果の要旨

現行の軽水炉では、燃料として Zr 合金被覆管と UO_2 燃料が用いられている。被覆管として Zr 合金が用いられているのは Zr が低い中性子吸収断面積を有しているためだが、Zr は過酷事故時には周囲の水と反応して熱と水素を発生させてしまうという特徴がある。そのため、Zr 合金を高い水蒸気腐食耐性や高温でも健全性を保持できる高い機械的特性を有する物質で置き換えることができれば、事故に対する耐性の高い燃料が実現できると考えられる。一方で代替物質は Zr よりも中性子吸収断面積が大きいことが予想されるため、燃料には UO_2 よりも高い U 密度を持つ物質を用いることが求められる。さらに、燃料自身の熱伝導率が高ければ事故時に熱を速やかに燃料から除去できるため、高い熱伝導率を有していることが望ましい。これらの特徴を有する燃料を事故耐性燃料(ATF)と呼ぶ。本論文では Mo シリサイドで被覆した Mo 被覆管と U シリサイドからなる新しい ATF を提案し、候補物質の基礎的特性を評価してその妥当性を検証している。

第一章では ATF の現状についての解説と本論文の狙いが説明されている。

第二章では、試料作製方法や物性測定方法が説明されている。第三章では、高い機械的特性を有しているものの腐食しやすいという欠点がある Mo を被覆管として用いるために、 MoSi_2 による被覆が有効かについての検証がなされている。 MoSi_2 を合成してその水蒸気腐食挙動を評価し、 MoSi_2 が水蒸気腐食に対して高い耐性を有していることが示されている。また、Mo 被覆管を MoSi_2 で被覆した際に、割れの原因となる強い熱応力が発生しないか検証するために、 MoSi_2 の熱物性や機械的特性を測定し、Mo 被覆管と MoSi_2 被覆との組み合わせにおける熱応力を評価している。

第四章では、燃料として選択した U シリサイドの中から最適な U シリサイド化合物を選定するために、 U_3Si_2 、 U_3Si 、 USi_3 を作製してその基礎的な物性を評価している。これらの物性を UO_2 の物性を比較し、新しい燃料の候補となる化合物を選定している。

第五章では以上の結果をとりまとめた上で今後の展望や課題が述べられている。以上のように、本論文では Mo シリサイドで被覆した Mo 被覆管と U シリサイドからなる新しい ATF を提案し、基礎的な物性評価を通して候補となる化合物の選定や妥当性の評価が行われている。