

講演概要

アクチノイド状態図の現状

倉田正輝 日本原子力研究開発機構 廃炉環境国際共同研究センター

アクチノイド状態図に関する実験研究は1970年代までに多く実施されたが、それ以降は、実験施設や実験条件に関する様々な課題のため、核燃料として利用される Th,U,Pu を含む一部の系を除いてほとんど進捗しなかった。Massalski らによって編集された Binary Alloy Phase Diagrams (1990 年第 2 版) [1] では、アクチノイド状態図が網羅的に収録されている。さらに、1995 年に刊行された Phase Diagrams of Binary Actinide Alloys [2] には、状態図データだけでなく、様々なアクチノイド合金の相状態や熱力学データに係る知見も網羅されている。これらは、現在でもアクチノイド状態図研究の基本データベースとなっている。1980～2000 年代には熱力学解析技術の開発が進み、Chemsage、Thermocalc、Malt2 などの解析ツールが利用できるようになった。これを背景に、アクチノイド系についても、比較的实验データが充実し、かつ、核燃料利用という具体的なニーズがある $\text{UO}_2\text{-PuO}_2$ 系や U-Pu-Zr 系などを中心に、熱力学データベースの整備が進められた。酸化物系データベースは主に欧州で開発され (NUCLEA [3]、FUELBASE [4])、合金系データベースは主に日本で開発された (アクチノイド合金データベース [5])。後年、OECD/NEA において、FUELBASE と合金データベースが統合され、TAF-ID データベースとして整備された [6]。これらのデータベースは現在でも開発が継続している (一部を除いて非公開、引用サイトで開発状況のみ確認可能)。一方で、アクチノイド基礎研究を活性化するため、欧州 14 か国 26 機関と欧州共同研究センターをメンバーとして、2004 年に Actinet というコンソーシアムが立ち上がった。日本でも J-Actinet が 2008 年に設立された。これらの活動により、近年、アクチノイド状態図に係る知見も徐々に拡充しつつある。最近の進捗は、Comprehensive Nuclear Materials (2012 年初版 [7]、2020 年第 2 版 [8]) にとりまとめられている。また、日本では、2011 年の東京電力福島第一原発事故で発生した燃料デブリの特性評価において、基礎データベースの一つとしてアクチノイド状態図が利用されている。講演では、アクチノイド状態図について現状と課題、および今後の展望について概説する。

参考文献：

- [1] T.B. Massalski et al., Binary Alloy Phase Diagram, 2nd edition, ASM International, 1990.
- [2] M.E. Kassner, Phase Diagrams of Binary Actinide Alloys, ASM International, 1995.
- [3] IRSN NUCLEA-20 Nuclear Alloys-Oxides Database (NUCL20)
<http://thermocalc.com/wp-content/uploads/Documentation/Databases/IRSN/nucl20-technical-info.pdf>
- [4] C. Gueneau et al., FUELBASE: A Thermodynamic Database For Advanced Nuclear Fuels,

Proceedings of 3rd International Topical Meeting on High Temperature Reactor Technology (HTR2006), Oct. 1-4, 2006, Johannesburg, South Africa.

[5] M. Kurata, Thermodynamic database on U-Pu-Zr-Np-Am-Fe alloy system I and II, IOP Conference Series, Mater. Sci. Eng. 9, 012022 and 012023.

[6] Thermodynamics of Advanced Fuels -International Database (TAF-ID)
http://www.oecd-nea.org/jcms/pl_24703/thermodynamics-of-advanced-fuels-international-database-taf-id

[7] M. Kurata, Chapter 2.05 -Phase Diagrams of Actinide Alloys, in Comprehensive Nuclear Materials, Elsevier, 2012.

[8] M. Kurata, Chapter 7.02 -Actinide Alloy Phase Diagram, in Comprehensive Nuclear Materials, 2nd edition, Elsevier, 2020.