

## 7-7 高度化 MOX 燃料の実用化に向けて —燃料中の酸素含有量の微量変化を測定—

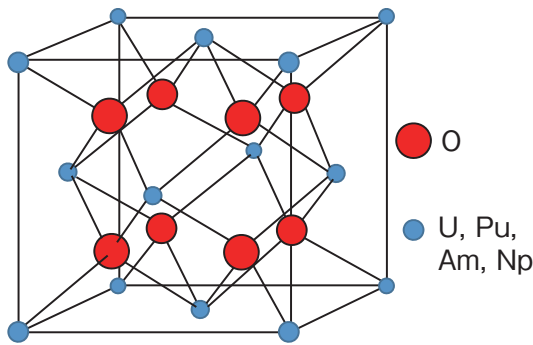


図7-16 MOX 燃料の結晶構造の模式図

O は温度や周囲の酸素分圧に応じて MOX 燃料の結晶から出たり入ったりできます。このため、O と金属元素 (U、Pu、Am、Np) の原子数比が、例えば 1.999、1.998 … のように連続的に変化します。

使用済核燃料の中にはアメリシウム (Am) やネプツニウム (Np) 等のマイナーアクチノイド (MA) と呼ばれる元素が含まれ、これらは長い半減期と強い放射能を持ちます。これらの元素は、高速炉を用いて半減期が短く放射能が弱い元素に変換することが可能であるため、MA を含有させた高速炉用 MOX 燃料の研究開発が進められています。MOX 燃料は、酸素 (O) と金属元素 (ウラン (U)、プルトニウム (Pu)、Am 及び Np) の原子数比 (O/M 比) が連続的に変化する特異な性質を持つ物質です。図7-16 に MOX 燃料の結晶構造の模式図を示します。温度と周囲の酸素分圧に応じて、O が結晶中から抜けたり (還元)、結晶中に入ったり (酸化) することで、結晶中の O/M 比が連続的に変化します。O/M 比がわずかでも変化すると、MOX 燃料の融点や熱伝導率といった燃料設計において重要な物性が大きく変化することが分かっているため、MOX 燃料の O/M 比を正確に把握することが重要になります。

私たちの研究グループでは、Am を含有する MOX 燃料と、Am 及び Np を含有する MOX 燃料を対象に、酸素センサー及び熱天秤と呼ばれる装置を用いて、様々な

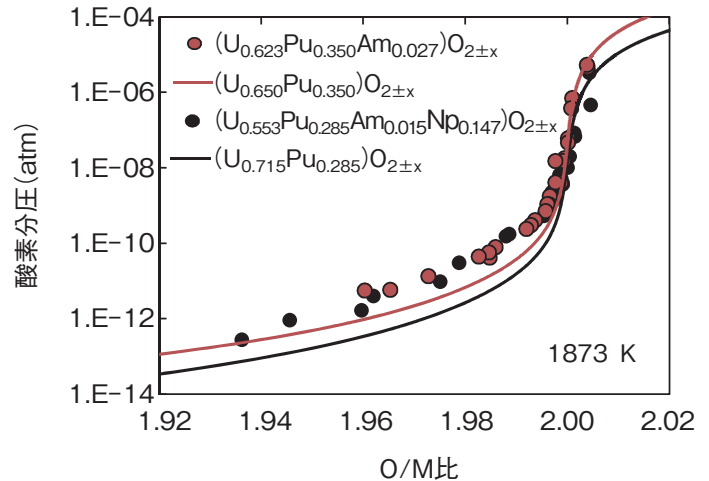


図7-17 MOX 燃料の O/M 比と周囲の酸素分圧の関係 (1873 K)

他の条件 (温度、酸素分圧及び Pu 含有率) が同じ場合、Am 及び Np の含有によって MOX の O/M 比は低くなることが分かりました。特に、Am は Np よりも O/M 比を低くする効果が大いことが分かりました。

温度と酸素分圧に対して酸化・還元に伴う微量な重量変化を測定しました。これによって、温度と酸素分圧に対する O/M 比のデータを取得することができました。

図7-17 に横軸を O/M 比、縦軸を酸素分圧としたグラフを示します。温度と酸素分圧が同じ場合、MA 含有 MOX 燃料と、MA を含有しない MOX 燃料を比べると、MA 含有 MOX 燃料の方がより低い O/M 比になる結果が得られました。これは、特に Am 酸化物が有する非常に還元されやすい性質によるものと考えられます。

これまでにも MOX 燃料の O/M 比に関する研究は報告されていましたが、MA 含有 MOX 燃料のデータは極めて限られていました。今回新たに取得したデータと既報のデータを合わせて解析することで、Am 及び Np の含有率と、さらに温度と酸素分圧を変数として、O/M 比を予測する評価式を作成することができました。このような定量的な評価はこれまでになかったものです。今後は、この評価式を利用して原子炉内の O/M 比を予測し、その O/M 比に対応した物性値や原子炉内での振る舞いを予測・シミュレーションする研究を進める予定です。

(廣岡 瞬)

### ●参考文献

Hirooka, S. et al., Oxygen Potential Measurement of (U,Pu,Am)O<sub>2±x</sub> and (U,Pu,Am,Np)O<sub>2±x</sub>, Journal of Nuclear Materials, vol.542, 2020, 152424, 9p.