

原子炉化学・放射化学に関する研究

研究総括責任者 大阪大学大学院工学研究科
教授 藤井 俊行

原子炉化学・放射化学に関する研究では、平成29年度は下記の2件の研究が採択、実施された。

- (1) 古代エジプト遺物中微量元素の中性子放射化法による分析
- (2) 核融合炉ブランケット模擬配管表面へ析出する腐食生成物の放射化分析

以下、総括する。

- (1) 古代エジプト遺物中微量元素の中性子放射化法による分析

低い中性子フラックスの放射化分析では照射後の試料の残留放射能が低いため、考古学的資料などの非破壊分析に有効でないかと考え、その可能性について調べた研究である。本研究の試料は、古代エジプトガラス質遺物・ファイアンスである。ファイアンスは石英を多く含んだ石、もしくは砂を主原料として、少量の石灰とアルカリ塩を融材として混合したもので、これに様々な天然化合物を混入させて加工されている。

また、銅鉱石、コバルト、鉛、アンチモン、酸化鉄、赤銅鉱などを含ませることで、様々な色に着色されている。ファイアンスの放射化分析から、時代性・地域性の考古学的特徴についての指標を見出す試みをおこなっている。

中性子照射されたファイアンスから主に5つのガンマ線を検出することができた。ガンマ線は、 ^{56}Mn : 846.81 keV, ^{24}Na : 1368.6 keV, ^{28}Al : 1778.99 keV, ^{49}Ca : 3084.54keV, ^{38}Cl : 2167.68keV である。これらの分析結果をもとに、各試料の Mn/Al ガンマ線強度比を x 軸に、Na/Ca 比を y 軸にとり xy 平面上に分析結果をプロットすると、幾つかの集団に分類されることがわかった。今後は、 ^{38}Cl , ^{66}Cu , ^{122}Sb , $^{116\text{m}}\text{In}$ などの検出ピークからも相関性について調べ、さらに考古学的特徴の指標について検討する。

本研究によって、放射化分析の結果から考古学的特徴の指標が十分に明らかになれば、考古学研究への貢献は大きい。

- (2) 核融合炉ブランケット模擬配管表面へ析出する腐食生成物の放射化分析

将来の核融合炉発電において高温溶融塩 (FLiNaK)、液体金属 (LiPb) をブランケット冷却材料として利用するとき、これらは配管ループを徐々に腐食させ、ブランケット冷却材料に溶け込む事が懸念される。溶け込んだ不純物は、配管ループの低温部や電氣的に安定となる場所の配管内表面に析出する。そこで、それらの析出物を調べる方法のひとつとして、放射化分析の可能性について調べた研究である。

試料は、核融合炉ブランケットに関連する材料で、低放射化フェライト鋼、バナジ

ウム合金、インコネル 600、配管被覆材料($\text{Er}_2\text{O}_3, \text{Y}_2\text{O}_3, \text{CaZrO}_3$)、高温溶融塩(FLiNaK)、液体金属(LiPb)である。イオンコネル配管から溶出した Ni がブランケット冷却材に溶解込み、低放射化フェライト鋼配管、バナジウム合金配管内表面に析出した場合について、放射化分析を用いた析出量評価の可能性が示された。配管被覆材料についても同様の結果が得られた。さらに、冷却材中の溶出元素の定量評価の可能性も得られた。

今後は、配管表面に析出した腐食生成物の元素の定量分析、及び、冷却材中へ溶出もしくは微粒子となって混入した元素の定量分析について、より詳細な検討を進める予定である。

核融合炉の実現に向けて、本研究のような技術的課題に取り組むことは大切であり、今後の研究の進展を期待する。

以上のように、原子炉化学・放射化学に関する研究では、実施された課題の 2 件が共に放射化法による非破壊分析をもちいるものであった。しかしながら、2 件の課題は、目的はまったく異なっており、それぞれのさらなる研究の発展を期待する。

(1) 古代エジプト遺物中微量元素の中性子放射化法による分析

代表者: 吉田 茂生(東海大学工学部)

[要約]

中性子フラックスの低い条件での近大炉を活用し、古代エジプトガラス質遺物(ファイアンス等)の主元素・微量元素等の構成元素を特定できる可能性について検討を行い、含有構成元素の分布状態から、時代性・地域性の考古学的特徴を示唆できる指標を見出すことに努め、これまでの主原料となっている砂をメインとした放射化分析の結果と比較し、素材(砂)と製品(ファイアンス)との相関関係から分析・検討し、特徴となる指標を検討した。

今回の実験において、分析指標主ピークとしてすべての試料にて検出することができた5ピーク(^{56}Mn : 846.81keV (98.9%)、 ^{24}Na : 1368.6keV (100%)、 ^{28}Al : 1778.99keV (100%)、 ^{49}Ca : 3084.54keV (92.1%)、 ^{38}Cl : 2167.68keV (42.0%))の主構成元素からMn,Na,Al,Ca等の含有率分布や ^{122}Sb 、 $^{116\text{m}}\text{In}$ 等の特有的な検出ピーク等の存在から相互の相関性について検討し、これまでの全てのファイアンスの放射化分析の結果、並びに原材料となる砂の同様分布とを比較し、定性・定量的な分析を継続させ、地域的さらには時代的な特徴となる指標について検討していく。

(2) 核融合炉ブランケット模擬配管表面へ析出する腐食生成物の放射化分析

代表者: 田中 照也(核融合科学研究所)

[要約]

本課題では、核融合ブランケットシステム試験装置から取り出した配管材料、及び、冷却材を対象に原子炉を用いた放射化分析を実施することにより、配管表面に析出している元素や冷却材中に溶出・混入している元素の定量評価を目指している。初めての利用である今年度、各種ブランケット候補材料について、約3時間の照射を行い、数十分から数日の短い半減期をもつ核種が放出する γ 線のエネルギースペクトルを基礎データとして取得した。構造材料候補である低放射化フェライト鋼、及び、バナジウム合金については主要成分のFe、Vは検出されず、重量割合で数%含まれる添加元素W、Crの放射化を利用する必要がある。一方、配管材料候補であるインコネル、配管被覆材料候補である Er_2O_3 、 Y_2O_3 、 CaZrO_3 については、それぞれ主要成分であるNi、Er、Y、Zrの放射化に伴う γ 線ピークを各元素量の定量評価に利用できることを確かめた。冷却材候補であるFLiNaK、LiPbについてもスペクトル測定を行い、特にLiPbについては γ 線強度が小さいことから、冷却材中に溶出・混入する元素の定量評価がより容易である可能性がある。H30年度、複数の材料を同時に照射し、より長時間の γ 線スペクトル測定を実施することで、配管表面への析出元素、及び、冷却材中への溶出・混入元素の定量評価における測定限界について調べる予定である。