レーザー誘起光還元法を利用した白金族元素分離法の開発 ―放射性廃棄物処分分野での応用にむけて―

Development of Separation for Platinum-group Metal Using Laser-induced Photoreduction; Application to Radioactive Waste Disposal

*佐伯盛久[1], 大場弘則[1], 田口富嗣[1], 横山 淳[1], 浅井志保[2], 蓬田 匠[2], 半澤有希子[2], 中島信昭[3]
[1]量研機構, [2]原子力機構, [3]大阪市大

我々は放射性廃棄物処分分野での応用を目指し、レーザー誘起光還元法を利用した白金族元素分離法の開発を進めている。本講演ではその基本原理および実証実験について紹介する。

キーワード：白金族元素，パルスレーザー，光還元，元素分離･回収

1. 緒言

使用済核燃料の湿式処理プロセスに光化学を適用するアイデアは 50 年以上前からあり、特に 1980 年代にはレーザー誘起光還元法により硝酸溶液中のアクチノイドイオンの価数を調整し、元素分離に利用しようとする研究が行われた[1]。レーザー誘起光還元を利用した元素分離では①二次放射性廃棄物の発生量を抑制できる、②金属塩を加えずに、溶液条件を波長などのレーザー照射条件で調整できる（ソルトフリー）、という長所がある一方、還元した元素を効率的に回収する手法がなかった。そこで我々は、効率的な元素回収を可能にするレーザー微粒子化元素分離を考案し[2]、白金族元素を対象に原理実証実験を行った。

2. 実験および結果

2-1. レーザー微粒子化元素分離の原理＆実証

使用済核燃料溶解液は比較的多くの白金族イオン（Pd^{2+}, Rh^{3+}, Ru^{3+}）を含んでいるが、それらのイオンは紫外光（波長 <400 nm）を吸収し、エタノールなどの電子供給源共存下で電荷移動反応により還元される。この反応により 0 価まで還元された白金族元素は、溶液中で自発的に凝集し、粒径数 nm のナノ微粒子を形成する。特に高強度の紫外パルスレーザーを溶液に照射した場合、レーザー場の中でナノ微粒子どうしがさらに凝集してサブミクロンサイズまで成長するので、白金族微粒子をろ過により容易に回収できる。この微粒子形成反応は、共存するアクチノイドやランタノイドイオンでは起こらないので、使用済核燃料溶解液に強度･波長を調節した紫外レーザーを照射するだけで、白金族元素だけを選択的に分離・回収できる。我々はこの手法を白金族およびランタノイドイオンを含む 14 元素系に適用し、Pd だけを選択的に回収することに成功した。また、使用済核燃料溶解液からのパラジウム分離に利用できることも実証した[3]。

2-2. 溶媒抽出法と組み合わせたレーザー微粒子化元素分離

2-1 で説明した分離法では、初期過程で生成するナノ微粒子をサブミクロンサイズまで成長させ、ろ過により回収するが、もしナノ微粒子の段階で回収できるのならば分離プロセスを効率化できる。そこで我々は、レーザー誘起光還元で作成した白金族微粒子を、溶媒抽出法により回収する方法を考案した（右図）。この手法では白金族イオン水溶液に有機保護材（SDS など）を加え、有機相と 2 相系を形成したものを準備する。有機相側から紫外レーザーを照射して界面付近で白金族ナノ微粒子を生成すると、生成したナノ微粒子表面に有機保護材が配位することにより表面電荷が中性化し、その結果、水よりも極性の低い有機相にナノ微粒子を抽出できる。我々はこの手法を Rh^{3+}イオン水溶液に適用し、Rh をナノ微粒子として回収することに成功した。詳細は当日報告する。

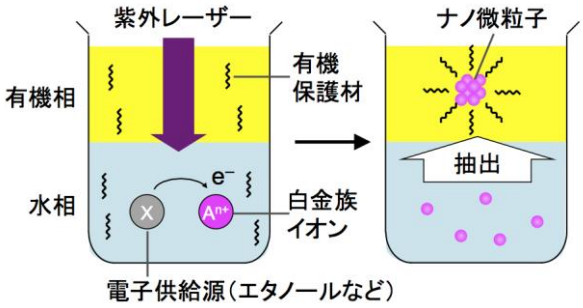


図1 溶媒抽出と組み合わせたレーザー分離法

参考文献 [1]「原子燃料サイクルにおける新技術とその応用」p74–92（日本原子力学会編 1989 年 3 月）, [2] Saeki, M. et al., J. Photoch. Photobio. A, 2015, 299, pp189 – 193, [3] Asai, S., et al., Anal. Chem., 2016, 88, pp 12227–12233

*Morihisa Saeki[1], Hironori Ohba[1], Tomitsugu Taguchi[1], Atsushi Yokoyama[1], Shiho Asai[2], Takumi Yomogida[2], Yukiko Hanzawa[2], Nobuaki Nakashima[3] ([1]QST, [2]JAEA, [3]Osaka City Univ.)