

プログラム名：核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化

PM名：藤田 玲子

プロジェクト名：分離回収技術開発

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 27 年度

研究開発課題名：

レーザーによる偶奇分離技術

研究開発機関名：

国立研究開発法人理化学研究所

研究開発責任者：

緑川 克美

# I 当該年度における計画と成果

## 1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

平成26・27年度研究開発計画書（年次）記載の3つの開発項目に対応した下記の研究開発を平成27年度の計画とした。

開発項目① 偶奇分離用レーザーシステム構築と真空チャンバーの製作。

開発項目② 第1段励起【 $4d^{10} (^1S_0) \rightarrow 4d^9 5p (^3P_1)$ 、波長  $\lambda_1=276.3\text{nm}$ 】と第2段励起【 $4d^9 5p (^3P_1) \rightarrow 4d^9 5d (^3P_0)$ 、波長  $\lambda_2=521.0\text{nm}$ 】の実験的確認、および第2段励起として【 $4d^9 5p (^3P_1) \rightarrow 4d^9 5d (^3P_1)$ 、波長  $543.7\text{nm}$ 】の励起効率の検討。

開発項目③ 第3段励起として自動イオン化準位への励起波長 ( $\lambda_3$ ) の決定（《基礎実験1》）。

## 2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

### 2-1 進捗状況

以下、開発項目ごとに進捗状況を記す。

① 3台の10 kHz レーザーからなる偶奇分離用レーザーシステムの仕様を確定し、1台目・2台目は年度末に納入完了した。3台目については、《基礎実験1》の結果から波長は確定したが、入札等の事務手続きが年度内に完了しないことが見込まれたため、次年度に発注作業を行うこととした。排気システムを備えた真空チャンバーの製作を終え、電子衝撃原子蒸発源（EBガン）を装着して動作確認を終えた。飛行時間型（TOF）質量分析器を装着し、すべてのパラジウム同位体イオンの分離検出を実現した。

② 既存の10 Hz 色素レーザー装置を用いて、パラジウムの偶奇分離励起スキームの第1段（ $^1S_0 \rightarrow ^3P_1$ ）および第2段（ $^3P_1 \rightarrow ^3P_0$ ）について、それぞれ励起準位からの原子発光を観測した。波長については文献値を確認するとともに、励起レーザー強度依存性から飽和レーザー強度を決定した。第2段励起の候補として（ $^3P_1 \rightarrow ^3P_1$ ）を検討したところ、発光強度が約半分であり高効率化が望めないため、候補から除外した。

③ 既存の10 Hz 色素レーザー3台を用いて、自動イオン化準位（リュドベリ電子状態）の探索を行い、共鳴励起波長（731 nm）を確定した。得られた波長は、通常予想される最低主量子数状態（811 nm）でなく特定の主量子数であったため、特許出願による知財権利化をおこなった。

### 2-2 成果

以下、開発項目ごとに成果を記す。

① 当初の計画では、偶奇分離チャンバーに四重極質量分析器を装着する計画だったが、同時に多数の同位体イオンの計測が可能である飛行時間型質量分析器に変更可能か実験的に検証した。その結果、旧動力炉・核燃料開発事業団により報告された質量分解能を大きく超える質量分解能を

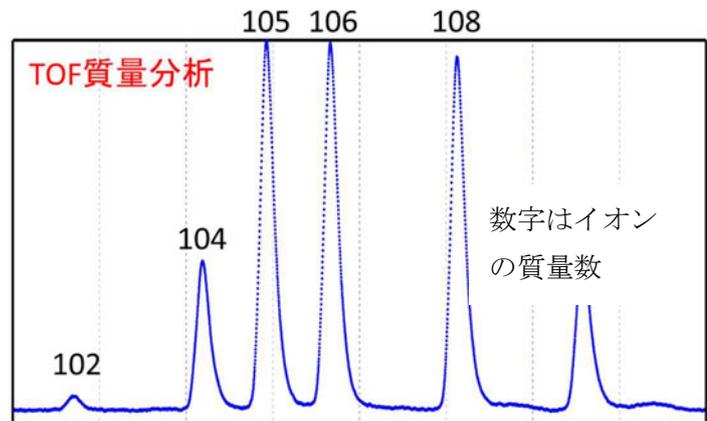


図1 飛行時間型質量分析装置による TOF スペクトル

実現した（図1）。これにより飛行時間型質量分析器に変更した。

② パラジウムの偶奇分離励起スキームの第1段( $^1S_0 \rightarrow ^3P_1$ )および第2段( $^3P_1 \rightarrow ^3P_0$ )について、それぞれの飽和レーザー強度として、 $1.3 \mu\text{J}/\text{cm}^2$ および $2.5 \mu\text{J}/\text{cm}^2$ の値を決定した。

③ 第3段励起レーザーの波長掃引によって、2つの自動イオン化リュドベリ系列を検出した。それらのうち、波長761 nm, 731 nm、および699 nmに対応する遷移強度が特に大きいことを見出した（図2）。

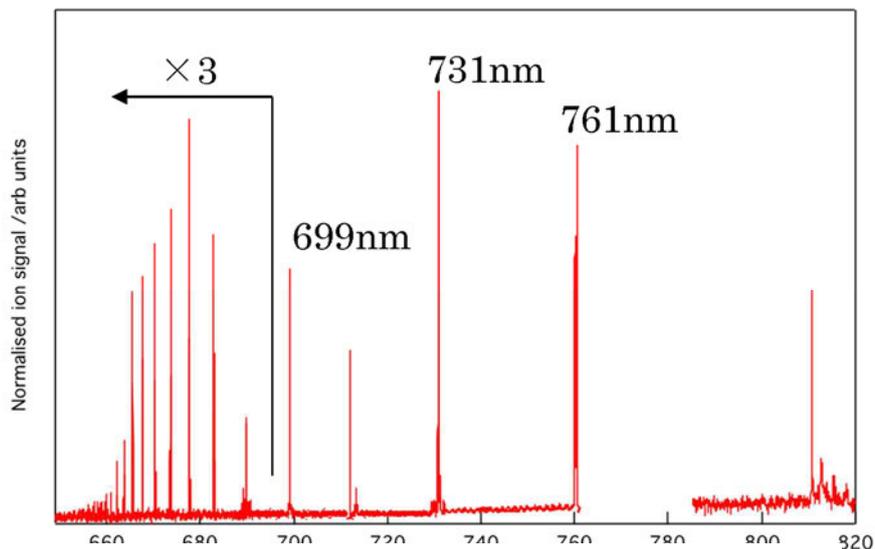


図2 自動イオン化リュドベリ電子状態への励起スペクトル

### 2-3 新たな課題など

固体レーザーによる偶奇分離用レーザーシステムの構築を目標にしていたが、第3レーザーの波長 ( $\lambda_3 = 731 \text{ nm}$ ) が固体レーザーでは予算内での製作が困難であるため、色素レーザーに変更せざるをえなかった。その結果、実験設備全体が想定よりも大きいものとなってしまった。レーザー用固体媒質開発の今後の発展に期待したい。

### 3. アウトリーチ活動報告

理化学研究所一般公開（2015年4月18日（土））において、来場者に向けて当研究開発プログラムの紹介展示をおこなった。