

分子の同位体シフトを利用した高感度レーザー吸収分光に基づく Sr-90 迅速分析法の開発(2)

Development of Sr-90 analytical system based on highly sensitive laser absorption spectroscopy
utilizing molecular isotope shifts (2)

*寺林稜平¹, 井上薫¹, 櫻井政宏¹, 宮部昌文², 長谷川秀一¹

¹東京大学, ²JAEA

抄録: 放射性核種含む分子の吸収線をターゲットとし、光共振器強化型高感度レーザー吸収分光（キャビティリングダウン分光法：CRDS）に基づく核種分析手法を提案し開発を進めている。特に Sr-90 を対象とし、SrO 分子の近赤外域吸収遷移に着目した。今回は発光、および吸収分光による SrO 分子振動回転遷移の実験的観測について報告する。

キーワード: ストロンチウム 90、レーザー分光、キャビティリングダウン分光法、微量分析、分子分光

1. 諸言

ストロンチウム 90 (⁹⁰Sr) は半減期 28.8 年の β 崩壊核であり、福島第一原子力発電所事故で環境中に放出された主要な放射性核種の一つある。⁹⁰Sr の標準的な分析法としては娘核種であるイットリウム 90 (⁹⁰Y) から放出される β 線を計数する放射線計測による手法や質量分析に基づく手法が挙げられるが、分析に要する時間や煩雑な前処理の必要性などそれぞれ課題があり、簡便・迅速かつより現場に近いところで分析が可能な新たな装置の開発が望まれている。これに対し我々は、光共振器により感度を強化した高感度レーザー吸収分光であるキャビティリングダウン分光法 (Cavity Ring-Down Spectroscopy: CRDS) に基づく迅速 ⁹⁰Sr 分析法の開発を進めている^[1]。本手法では、Sr を含む分子が Sr 原子と比較して大きな同位シフトを持つことを利用し ⁹⁰Sr を含む分子を測定対象とすることで、原子分光のような超高真空を必要としないコンパクトな装置で実現が可能となる。特にターゲットとして、比較的生成が容易な SrO 分子近赤外域吸収遷移 A-X バンドに着目した。今回は発光、および吸収分光による SrO 分子振動-回転遷移の実験的観測について報告する。

2. SrO 振動-回転遷移 A-X バンドの観測

CRDS による ⁹⁰SrO を対象とした同位体分析を実現するためには、エネルギー遷移の詳細な調査を行い、同位体シフトを考慮したうえで、同位体選択性の高い、すなわち他の遷移や同位体由来の吸収との重なりが少ない吸収線を選定する必要がある。そこで、CRDS 実験に向けた基礎検討として、レーザーアブレーションによる発光分光実験を行った。純度 99.9% の SrCO₃ 粉末を油圧プレス機によりペレット状にし、大気圧環境下で Nd:YAG レーザー（繰り返し率 10 Hz, 波長 532 nm, パルスエネルギー 150 mJ/pulse）を照射しアブレーションプラズマを発生させた。プラズマによる発光を、光ファイバーを通して高波長分解能分光器（ARYELLE 400, LTB Lasertechnik Berlin 製、波長分解能: ~波長/70,000）に導入し SrO 由来の発光スペクトルを取得した。Fig. 1 に取得された A-X バンド発光スペクトルの一例を示す。振動量子数(3,0), (2,0), (1,0), (0,0)の遷移、およびそれに付随する回転遷移による周期的なスペクトルを観測することができた。本結果をもとに、ダンハム展開^[2]に基づく理論計算結果と比較することで吸収分光における候補遷移を決定し、吸収分光による吸収スペクトルの観測実験を行う計画である。

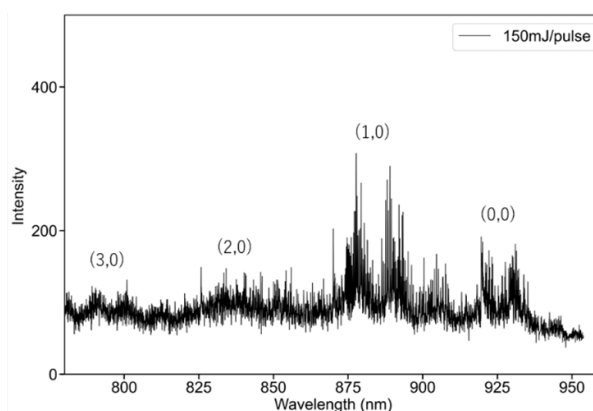


Fig. 1 SrO A-X バンド発光スペクトル

参考文献 [1]日本原子力学会 2022 年春の年会, 3H09 (2022). [2]Journal of Molecular Spectroscopy **203**, 188–195 (2000).

謝辞 本研究の一部は、中部電力公募研究、および科研費若手研究 (20K15205) の助成を受け実施されました。

*Ryohei Terabayashi¹, Kaoru Inoue¹, Masahiro Sakurai¹, Masabumi Miyabe² and Shuichi Hasegawa¹

¹Univ. Tokyo, ²JAEA