

ビーズインジェクション法による放射性核種の定量

株式会社 アクア・ラボ 島田勝久

2011年に東北を中心として東日本を襲った大震災は、記憶に新しく、それに伴って起きた原発事故では、プルトニウム(Pu)やセシウムなどの放射性核種が環境中に飛散し、大きな問題となっている。これらの放射性核種の挙動は常に監視しておくことが肝要となっている。

体内に取り込まれた放射性核種は、それぞれの特性に応じて集積される部位が異なっている。例えば、Puは、主に肝臓、骨、肺に集積され¹⁾、尿を通じて徐々に体外に排出される。したがって、尿中の核種を測定することにより体内被曝の程度を知る手がかりとなるので、放射性核種の迅速な分析が必要である。

ビーズインジェクション(BI)法は、フローインジェクション(FI)法、シーケンシャルインジェクション(SI)法に続く第三世代の流れ分析法として展開されている。この方法では、オンラインでビーズ(イオン交換樹脂や各種のキレート樹脂)により放射性核種などの目的成分が濃縮・分離され、溶離後、様々な手法で検出されている。

Egorovら²⁾は、250 μL のSr樹脂、TRU樹脂及びTEVA樹脂をそれぞれ充填したカラムを用いて⁹⁰Sr、²⁴¹Am及び⁹⁹TcをBIシステムにより固相抽出・溶離した後、これらの核種をシンチレーションカウンターにより定量している。また、Avivarら³⁾は、UTEV樹脂を用いてBI法と吸光度法を組み合わせるウラン(U)の分析を行っている。この方法では、lab-on-valve(LOV)に取り付けられたUTEVA樹脂によりUを固相抽出し、同時に保持されている妨害元素を高濃度の塩酸により除去し、低濃度の塩酸でUを溶離した後、アルセナゾIIIと反応させて100 cmのキャピラリーセル(容量240 μL)を備えた分光光度計によりpptレベルのUを検出している。さらに、Rodríguezら⁴⁾は、Sr樹脂カラムを備えたLOVシステムと誘導結合プラズマ発光分光分析計(ICP-OES)及び低バックグラウンドカウンターを用いて0.2 ~ 5000 $\mu\text{g L}^{-1}$ の全Srと⁹⁰Srの分析を可能にしている。

最近、Qiaoら⁵⁾は、TEVA樹脂を用いたBIシステムとICP-質量分析装置(ICP-MS)を組み合わせる尿中のPuの分析法を開発した。図1にBIシステムの概略を示す。このシステムでは、LOVにTEVA樹脂用のカラムが取り付けられており、次の工程がプログラミングされたシーケンスに基づいて自動制御されている。

- (1) TEVA樹脂のカラムへの充填(約300 mg)
- (2) コンディショニング(4 mol L⁻¹ HNO₃, 20 mL)

- (3) 試料注入(20 - 30 mL)
- (4) カラム洗浄(1 mol L⁻¹ HNO₃, 20 mL)
- (5) Puの溶離(0.025 mol L⁻¹ HCl, 20 mL)
- (6) カラムからのTEVA樹脂の除去
- (7) ライン洗浄

溶離されたPuはICP-MSで分析されており、²³⁹Pu及び²⁴²Puの検出限界は、1.0 ~ 1.5 $\mu\text{g L}^{-1}$ となっている。Puの定量に妨害となるUはカラムに保持されているので、誤差を与えない。TEVA樹脂に保持されたUは、塩酸(10⁻² mol L⁻¹)により溶離された後、アルセナゾIIIと反応させて吸光度測定により分析されている。これまで、尿中のPuの分析は、バッチ法では1~2日間程度要していたが、このシステムを用いることにより3時間以内にPuの分析が可能である。

今後、放射性核種の濃縮・分離に適した新たなキレート樹脂とこれらを用いて自動化された放射性核種の分析法の開発が期待される。

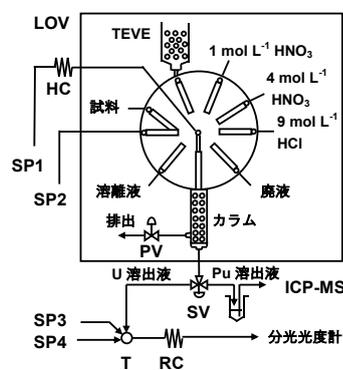


図1 LOVによるビーズインジェクションシステム
SP1~SP4, シリンジポンプ; HC, ホールディングコイル; LOV, ラブ・オン・バルブ; PV, ピンチバルブ; SV, ソレノイドバルブ; T, 合流点; RC, 反応コイル

- 1) A. Taylor: *Appl. Radiat. Isot.* **46**, 1245 (1995).
- 2) O. Egorov, M. J. O'Hara, J. W. Grate, J. Ruzicka: *Anal. Chem.*, **71**, 345 (1999).
- 3) J. Avivar, L. Ferre, M. Casas, V. Cerdà: *Talanta*, **84**, 1221 (2011).
- 4) R. Rodríguez, J. Avivar, L. Ferrer, L. O. Leal, V. Cerdà: *Talanta*, **96**, 96 (2012).
- 5) J. Qiao, X. Hou, P. Roos, M. Miro: *Anal. Chem.*, **85**, 2853 (2013).