

# トピックス

## ●——イオン液体を使った土壌・底質試料中 ダイオキシン類の抽出

ポリ塩化ジベンゾパラジオキシン (PCDDs), ポリ塩化ジベンゾフラン (PCDFs), ダイオキシン様ポリ塩化ビフェニル (DL-PCBs) (以下, ダイオキシン類) は極めて疎水性が高い物質であるため, 土壌・底質試料からの抽出操作では, 主にトルエンなどの有機溶媒を用いた抽出法が採用されている。しかし作業者の健康リスクや火災発生リスクの点から, 有機溶媒の使用は可能な限り避ける, もしくは使用量を低減することが望まれている。

そこで, 有機溶媒に代わる抽出溶媒として, 難燃性で不揮発性の性質を持ち, 近年分析化学分野でも注目を集めているイオン液体を利用した, ダイオキシン類の抽出操作の検討結果が報告されたので紹介する。

Sakatani らは, 環境中の土壌試料と底質試料を用いて, イオン液体の 1-methyl-3-octylimidazolium tetrafluoroborate ([OMIM][BF<sub>4</sub>]) を使った抽出法と環境省マニュアルで採用されているソックスレー抽出法<sup>1)2)</sup>との比較検討を行っている。検討で使用したイオン液体は, 彼らの前報にて 6 種類のイオン液体を使い, 底質標準試料中ダイオキシン類の抽出実験を行った中で, 最も結果が良かったイオン液体を用いている<sup>3)</sup>。

抽出操作の概要は, 2 g の土壌試料または底質試料を, 1.5 mL のイオン液体中にて 100 °C 1 時間で加熱し, 遠心分離でイオン液体を回収する。この操作を 3 回実施し, 回収したイオン液体はヘキサンを使い, 1 分間の振とう抽出を行う。回収したヘキサンはクリーンアップ後に GC/MS にて測定を行っている。

両者の定量値を比較したところ, イオン液体抽出法は環境省マニュアル法の 0.7 倍から 1.47 倍の範囲内で, おおむね同等の結果と判断している。また, 検討した抽出法は, 抽出時間短縮による総分析時間の削減と有機溶媒使用量の低減が可能と報告している。加えてヘキサン振とう抽出後に回収したイオン液体は, 試料の抽出に再利用可能という結果を報告しているが, 再利用時のブランク評価等の課題解決が必要とも述べている<sup>4)</sup>。

現時点ではイオン液体は高価な試薬のため, すぐにルーチン分析へ使うには難しい段階である。しかしながら, イオン液体による分析操作上の様々なメリットには今後とも注目すべきであろうと考える。

1) ダイオキシン類に係る土壌調査測定マニュアル, 環境省

水・大気環境局土壌環境課 (2009.3)。

2) ダイオキシン類に係る底質調査測定マニュアル, 環境省水・大気環境局水環境課 (2009.3)。

3) K. Sakatani, K. Takahashi, S. Takenaka, J. Kajiwara, S. Katsuki, C. Mitoma, M. Furue: *Organohalogen compounds*, **80**, 129 (2018)。

4) K. Sakatani, S. Takenaka, K. Takahashi: *Organohalogen compounds*, **81**, 21 (2019)。

〔環境省環境調査研修所 岩切良次〕

## ●——電気化学発光を用いた単一細胞イメージング

電気化学発光 (Electrochemiluminescence; ECL) は, 電極反応を起点として化学発光種が励起されることにより得られる発光現象であり, 標的物質の簡便で高感度な検出手法として様々な分野で応用されている。代表的な発光種としては, トリス (2,2'-ビピリジン) (II) ルテニウム錯体 [Ru(bpy)<sub>3</sub>]<sup>2+</sup> やルミノールが知られ, これらは電極上で酸化されたのち, 共反応物の存在下で励起状態となり, 基底状態に戻るときに発光する。

近年, ECL が単一細胞イメージングに応用され注目を集めている。ECL の特徴として, 発光が電位印加時の電極界面に限定されるため, イメージングに重要な高い時間・空間分解能の像が得られることが挙げられる。Sojic のグループは電極上に細胞を固定し, [Ru(bpy)<sub>3</sub>]<sup>2+</sup>-ストレプトアビジンで細胞膜を標識した<sup>1)</sup>。細胞を Triton X-100 で処理することにより Ru 発光の共反応物であるトリプロピルアミンが細胞膜を透過して電極面に到達する。そこに発光に必要な電圧を印加することで, 電極面に接着した原形質膜のみを光らせた。従来の蛍光観察では膜上の標識がすべて蛍光するため, 細胞の基底面のみを観察することはできない。ECL では簡便な構成で高さ方向の分解能をもつ顕微鏡が構築可能であることが示された。最近では, 無標識での細胞接着の観察が報告されている<sup>2)</sup>。この系では細胞の接着基板として Silica nanochannel membrane (SNM) を修飾した ITO 電極, 発光種として [Ru(bpy)<sub>3</sub>]<sup>2+</sup> を用いた。細胞と基板の接着部で [Ru(bpy)<sub>3</sub>]<sup>2+</sup> の発光が阻害されることを利用し (図 1), 単一細胞の非接着部と接着部を明暗のコントラストにより可視化した。SNM は細胞毒性がなく ECL の発光を増強できるため, 生きた PC12 細

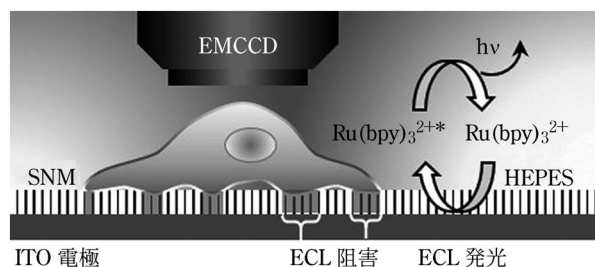


図 1 ECL による細胞接着イメージング

胞の神経突起など特徴的な構造が鮮明に映し出された。  
この他にも H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> の放出<sup>3)</sup>や膜タンパク質の発現<sup>4)</sup>などが単一細胞レベルで観察できることが報告されている。  
ECL は古くから知られる発光現象であるが、汎用性の高い細胞イメージング技術としてさらに発展が期待される。

1) S. Voci, B. Goudeau, G. Valenti, A. Lesch, M. Jovič, S. Rapino, F. Paolucci, S. Arbault, N. Sojic : *J. Am. Chem. Soc.*,

**44**, 14753 (2018).

2) H. Ding, W. Guo, B. Su : *Angew. Chem. Int. Ed.*, **59**, 449 (2020).

3) G. Liu, C. Ma, B.-K. Jin, Z. Chen, J.-J. Zhu : *Anal. Chem.*, **90**, 4801 (2018).

4) J. Zhang, R. Jin, D. Jiang, H.-Y. Chen : *J. Am. Chem. Soc.*, **141**, **26**, 10294 (2019).

〔東北大学大学院環境科学研究科 平本 薫〕

