

ワイヤレス給電技術を利用した
電気化学発光検出法

近年、ワイヤレス給電を用いた充電技術が注目されている。代表的なシステムとして電磁誘導方式が用いられており、駆動用の一次コイルに交流電流を通電することで生じた磁束が、受電側に設置した二次コイルに導かれた際の誘導起電力を利用する。この二つのコイルの間は直接的な電気接触（接続）を必要としないため、感電の可能性が低く、安全で簡便な給電システムとして、モバイル端末への充電器などに応用されている。しかし、十分な起電力を発生させるためには一次コイルに高周波電流（約 10 kHz 以上）の印加を要していた。そのため、電気化学挙動などの詳細な解析は複雑であり、分析化学への展開は限定的であった。

Xu らの研究グループは、この方法を用いた電気化学発光（Electrochemiluminescence, ECL）による検出法について報告した¹⁾。まず、システム駆動用の一次コイルに約 30 kHz の交流電流を印加した。この一次コイルの上部に受電側である二次コイルを設置することで、発生させた磁束変化に対応する誘導起電力を得た。そして、二次コイルの両端をそれぞれの電極と接続することで、溶液に対する二電極系の電気化学測定システムを構築した。ルミノールおよび過酸化水素を含む炭酸緩衝液中で ECL 測定を行ったところ、電極表面からの発光が認められたが、その強度は微弱であった。電極電位は誘導起電力に対応するため、正と負の両方の極性の電位が印加される。ルミノール/過酸化水素系の ECL は電気化学酸化過程で生成した反応中間体ラジカルに由来するため、負電位の印加中では反応中間体が後続化学反応を伴わずに失活し、ECL 強度が抑制されたと推察された。そこで、その妨害を除去するため、二次コイル側に整流ダイオードを組み込んだシステムを設計したところ、ECL 強度が著しく増加する結果が得られた。適切なダイオードを選択することで、検出感度が 2 桁以上増加し、約 0.17 μM の過酸化水素を定量的に検出できると報告された。

また、この方法はバイポーラ電極を用いた ECL 測定に展開された²⁾。二次コイルの両端を単一の ITO 電極の両端に接続したシステムが利用され、ITO 電極の抵抗に応じてルミノール/過酸化水素系の ECL 挙動が変化する特徴的な応答を示した。本法は一次コイルの上部に二次コイルを「置くだけ」で得られる誘導起電力から、

分析対象物の過酸化水素を検出できるため、グルコースセンサなど簡便なオンサイト分析法として更なる発展が期待される。

- 1) L. Qi, Y. Xia, W. Qi, W. Gao, F. Wu, G. Xu: *Anal. Chem.*, **88**, 1123 (2016).
- 2) X. Ma, L. Qi, W. Gao, F. Yuan, Y. Xia, B. Lou, G. Xu: *Electrochim. Acta*, **308**, 20 (2019).

〔信州大学理学部 高橋史樹〕

薬物輸送システム材料としてのナノバブルと
リポソームの複合体

リポソームは薬物輸送システム（DDS: drug delivery system）材料として有用であり、特にカチオン性のリポソームは DNA やタンパク質の DDS 担体として有望視されている¹⁾。しかし、カチオン性脂質だけでは、血中での安定性が低いため、リポソーム表層へポリエチレングリコール（PEG）などの分子修飾が試みられている。一方で、PEG などで修飾することで、毒性やアレルギー反応という問題が生じる。

ところで、ナノサイズの気泡であるナノバブルは、超音波造影剤や DDS 材料として期待されている²⁾。ナノバブルは PEG などの修飾分子とは異なり、化学修飾を伴わずにリポソームと複合体を形成し、リポソーム表面の特性を変化させると考えられる。また、複合体形成に伴い、ナノバブル層がリポソームを外部環境から防御可能であると期待できる。そして、このナノバブル層は、時間経過により消滅するため副作用が低いと考えられる。

この様な特徴を期待できる一方で、ナノバブルとリポソームとの相互作用に関する研究例が少ない。そこで、Lemay らは、動的光散乱法、ゼータ電位測定、蛍光顕微鏡観察により、カチオン性リポソームとナノバブルとの相互作用を解析した³⁾。ナノバブル（最大粒子径：223 nm、負のゼータ電位）量が一定の下、リポソーム（粒子径：116 nm）量を減少させた結果、異なる 3 状態の複合体への変化が観測された。つまり、安定なカチオン性複合体、不安定な中性複合体、そして安定なアニオン性複合体への変化である。そして、複合体の粒径は、不安定な領域では、融合により増大し、安定領域では、同じ粒径（200 nm 前後）を示した。これは、リポソーム表面を基盤として、ナノバブルがリポソームと相互作用（結合）し、ゼータ電位をプラス、ゼロ、マイナスへと変化させたものと考えられる。

血中には、血球はもちろん、タンパク質や脂肪酸などの分子が大量に存在するため、今回の知見は、生体内でのナノバブル-リポソーム複合体の挙動とは必ずしも一致しないと思われる。また、安定性も不明である。そして、ナノバブル-リポソームの複合体の DDS 材料としての特性も不明である。また、気泡の大きさが異なれば

複合体の取り得る状態も異なるという報告もある⁴⁾。このため、実際に DDS 材料として使用可能か不明である。しかし、彼らの報告は、ナノ材料としての観点では興味深く、彼らの研究から発想を得た分析科学を期待できるのではなかろうか。

1) P. L. Feigner, G. M. Ringold : *Nature*, **337**, 387 (1989).

2) W. B. Cai, H. L. Yang, J. Zhang, J. K. Yin, Y. L. Yang, L. J. Yuan, L. Zhang, Y. Y. Duan : *Scientific Reports*, **5**, 13725 (2015).

3) M. Zhang, S. G. Lemay : *Langmuir*, **35**, 4146 (2019).

4) A. Prabhakar, R. Banerjee: *ACS Omega*, **4**, 15567 (2019).

[大阪大学大学院基礎工学研究科 岡本行広]

ダイオキシン類分析用標準物質頒布のお知らせ

『ダイオキシン類・PCB 同族体分析用 海域底質標準物質 低濃度 (JSAC 0451), 高濃度 (JSAC 0452)』

底質中の塩化ジベンゾジオキシン (PCDD) と塩化ジベンゾフラン (PCDF) の異性体 17 種, ジオルト体を除くコプラナー PCB12 種, 及び 1 塩素化~10 塩素化までの各塩素数ごとの PCB 同族体 10 種の含有率を認証した標準物質です。認証値は, JSAC 0451 (低濃度) では, PCDD/PCDF 異性体 17 種合計で 14.17 pg TEQ/g, CoPCB12 種合計で 2.87 pg TEQ/g, PCB 合計は 87.4 ng/g, JSAC 0452 (高濃度) では, PCDD/PCDF 異性体 17 種合計で 58.9 pg TEQ/g, CoPCB12 種合計で 16.66 pg TEQ/g, PCB 合計は 634 ng/g です。頒布価格: 60 g 瓶入り各 1 本につき本会団体会員のみ 105,000 円, その他は 157,500 円 (送料込み)。

『ダイオキシン類・PCB 同族体分析用 河川底質標準物質 低濃度 (JSAC 0431), 高濃度 (JSAC 0432)』

底質中の塩化ジベンゾジオキシン (PCDD) と塩化ジベンゾフラン (PCDF) の異性体 17 種, ジオルト体を除くコプラナー PCB (CoPCB) 12 種, 及び 1~10 塩素化までの各塩素数ごとの PCB 同族体 10 種の含有率を認証した標準物質です。認証値は, JSAC 0431 (低濃度) では, PCDD/PCDF 異性体 17 種合計で 45.1 pg TEQ/g, CoPCB12 種合計で 9.2 pg TEQ/g, PCB 合計は 1003 ng/g, JSAC 0432 (高濃度) では, PCDD/PCDF 異性体 17 種合計で 63.7 pg TEQ/g, CoPCB12 種合計で 13.9 pg TEQ/g, PCB 合計は 1530 ng/g です。頒布価格: 60 g 瓶入り各 1 本につき本会団体会員のみ 105,000 円, その他は 157,500 円 (送料込み)。

『ダイオキシン類分析用フライアッシュ標準物質 高濃度 (JSAC 0501), 低濃度 (JSAC 0502)』

フライアッシュ中の塩化ジベンゾジオキシン (PCDD), 塩化ジベンゾフラン (PCDF) 及びコプラナー PCB (CoPCB) の含有率を認証した標準物質です。認

証値は PCDD 及び PCDF の異性体 17 種ならびに CoPCB12 種に対して, また PCDD/PCDF について塩素数 4 ないし 8 までの塩素数ごとの同族体について設定されています。JSAC 0501 では PCDD/PCDF 異性体 17 種合計で 2.58 ng TEQ/g, CoPCB12 種合計は 0.02 ng TEQ/g, JSAC 0502 ではそれぞれ 0.93 ng TEQ/g, 0.0172 ng/TEQ/g です。頒布価格: 50 g 瓶入り 1 本につき本会団体会員のみ 105,000 円, その他は 157,500 円 (送料込み)。

『ダイオキシン類分析用土壌標準物質 低濃度 (JSAC 0421), 高濃度 (JSAC 0422)』

土壌中の塩化ジベンゾジオキシン (PCDD), 塩化ジベンゾフラン (PCDF) 及びコプラナー PCB (CoPCB) の含有率を認証した標準物質です。認証値は PCDD 及び PCDF の異性体 17 種ならびに CoPCB12 種に対して, また PCDD/PCDF について塩素数 4 ないし 8 までの塩素数ごとの同族体について設定されています。JSAC 0421 では PCDD/PCDF 異性体 17 種合計で 37.8 pg TEQ/g, CoPCB12 種合計は 4.1 pg TEQ/g, JSAC 0422 ではそれぞれ 112 pg TEQ/g, 11.8 pg/TEQ/g です。頒布価格: 60 g 瓶入り 1 本につき本会団体会員のみ 105,000 円, その他は 157,500 円 (送料込み)。

*その他の標準物質につきましては下記申込先までお問合せください。

申込方法 希望標準物質名, 氏名 (会員の場合は会員番号), 所属, 電話番号, 送付先, 請求書宛名を明記の上, 下記にお申込下さい。なお, 価格は送料込みです。
申込先 〒141-0031 東京都品川区西五反田 1-26-2 五反田サンハイツ 305 号 日本分析化学会標準物質係 [電話: 03-3490-3351, FAX: 03-3490-3572, E-mail: shomu@jsac.or.jp]