

近年、マイクロチップを利用した化学センサーの研究が世界中で行われ、それを組み込んだ、小型・かつ高性能な分析装置の開発が実用化に向け進められている。分析装置の小型化には、フローシステムのマイクロ化のみならず、検出システムや電源など機器類の小型・省力化が必須である。Itoらは、直接メタノール型燃料電池(DMFC)を電極電位制御用の電源としたアンペロメトリックセンサーを作製し、これを検出系に持つグルコースセンサーを開発した<sup>1)</sup>。分析装置の全体図をFig.1に、マイクロチップの詳細をFig.2に示す。燃料には5 wt%メタノールを用いている。グルコース酸化酵素固定化マイクロガラスビーズ(50 μm径)を、マイクロ流路(マイクロカラム)内につめ(Fig.2(B))、そこにシリンジポンプによって試料溶液を送液する。試料中のグルコースは酵素反応によりグルコノラクトンへと酸化される。その際、溶存酸素が還元され過酸化水素が生成するため、これを下流に設置したPt電極上で酸化し検出する。電極には直列につないだ2つの燃料電池により、約0.7Vが印可されている。このとき電流計にて検知される電流値は、試料中のグルコース濃度に比例し、グルコース0.1 mMから10 mMの濃度範囲において相関係数0.9993の高い直線性を示している。人の正常時の血糖値が食前食後で70~120程度、これはおおよそ4~7 mMであることから、測定範囲としては必要充分と言えるであろう。マイクロビーズを用いて酵素をマイクロ流路内に固定化した例は、既に報告されているが<sup>2)</sup>、Itoらは、流路表面に酵素を直接固定化した場合と比較し、約4倍程度の固定化面積の増加があると見積っている。これにより短い流路において、より短時間に効率よく酵素反応を行わせている。また、チップの作製法にも工夫がなされている。一般的に用いられている液体タイプのフォトレジストではなく、光感応シートを用いることで、より扱いやすく短時間に均一性の高いチップ作製を実現している。

燃料電池といえば、近年のエネルギー問題解決のための救世主として、急ピッチで開発が進んでいるが、それを電気化学検出のための定電圧源に用いている点が興味深い。ただ、現在の技術では燃料電池の出力電圧の安定性は悪く、時間の経過と共に下がっていってしまう。過酸化水素酸化に対し、充分定常電流が得られるだけの高電圧を維持しないと検出効率が下がってしまうことになる。また、実際の生体試料を考えると、アスコルビン酸をはじめとする、同程度の電位で酸化される妨害物質の影響を抑える処理が必須である。Itoらは、この解決に並列処理による多成分同時検出の可能性を示唆しているが、フローインジェクション技術を用いた前処理システムの利用も有効であると考えられる。

まだ改良すべき課題は多いが、燃料を改質器無

して直接供給できる、DMFCの電源としての利用は魅力的であり、近い将来、昼夜問わずメタノールを飲んで働く分析装置が登場することであろう。

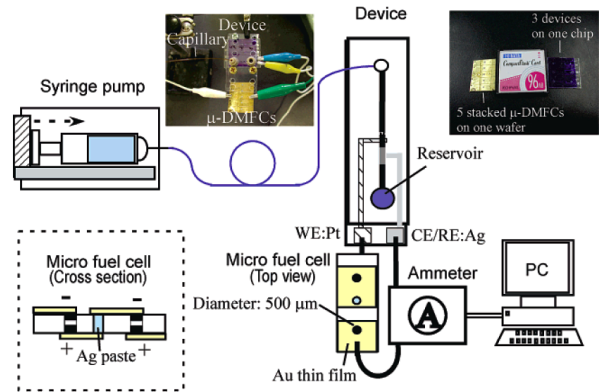
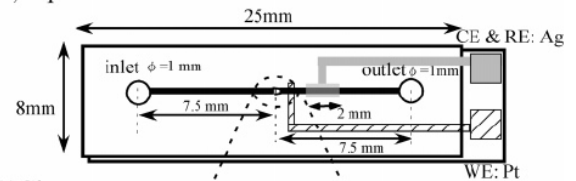
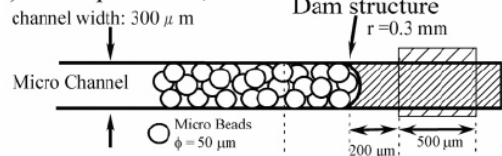


Fig. 1. Schematic figure and photographs of the glucose detection system using a  $\mu$ -DMFC. The  $\mu$ -DMFC cathode was connected to the WE, and the anode was connected to a nonresistant ammeter.

(A) Top View



(B) Close up



(C) Cross section

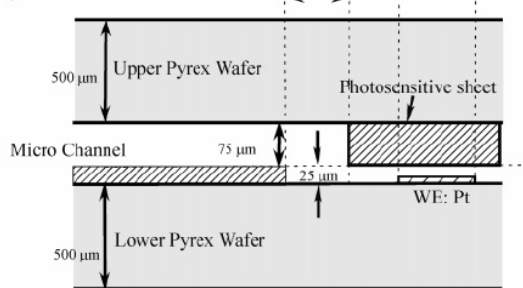


Fig. 2. Schematic figure of a microfluidic device integrated with a dam structure and an electrochemical detector. (A) Top view of the device. The diameter of the inlet and outlet ports is 1 mm. The WE and RE/CE are 0.5 mm and 2 mm long, respectively, and they are separated by a distance of 0.5 mm. (B) Closeup view of the dam structure. The distance from the center of the inlet port to that of the dam structure was 7.5 mm. The WE was located 0.2 mm downstream of the dam structure. (C) Cross section view at the dam structure. The microchannels upstream and downstream of the dam structure are 75 and 25  $\mu$ m deep, respectively.

1) T. Ito, M. Kunimatsu, S. Kaneko, S. Ohya, K. Suzuki, *Anal. Chem.*, **79**, 1725 – 1730 (2007).

2) G. H. Seong, J. Heo, R. M. Crooks, *Anal. Chem.*, **75**, 3161 – 3167 (2003).