19a-E15-9

微粒子誘電泳動を応用した DNA 高速検出法の開発（1）

Rapid DNA Detection Based on Dielectrophoresis of Microbeads (1)

九大シス情，　°中野 道彦，丁 震昊，笠原 弘道，尾原 稜司，末廣 純也

Kyushu Univ.,　°Michihiko Nakano, Zhenhao Ding, Hiromichi Kasahara, Ryoji Obara, Junya Suehiro

E-mail: nkano@ees.kyushu-u.ac.jp

序論

感染性の細菌やウイルスの迅速で正確な診断は，感染者への正確な治療のためのみならず感染拡大を防ぐために非常に重要である。PCR（polymerase chain reaction）は，様々な検査法がある中で最も高感度でかつ特異性が高い。我々は，PCR 後の増幅した DNA を短時間かつ簡便に検出する新しい方法を考案した。本稿では，その方法および基になった理論を示す。

微粒子誘電泳動を用いた DNA 検出方法

PCR で増幅した DNA は、ゲル電気泳動や固相 DNA プローブ法で検出される。いずれも数時間必要である。そこで，短時間かつ簡便に DNA を検出する方法として，我々が開発した DEPIM（dielectrophoretic impedance measurement）の応用を考えた。DEPIM は溶液中の細菌を検出する方法で，誘電泳動によって微細電極に細菌を捕集し，その捕集に伴う電極間のインピーダンス変化として，細菌を検出する[1]。

ここでは，誘電体微粒子の誘電泳動がその表面導電率によって変化する[2]という性質に着目して新しい方法を考案した。それは，増幅 DNA を微粒子に結合させることで，微粒子の誘電泳動力の向きを変化させ，DNA が結合した微粒子のみを誘電泳動捕集する。DEPIM と同様に，その捕集に伴うインピーダンス変化から試料中の DNA を電気的に計測する（Fig.1）。

理論：DNA 結合による微粒子誘電泳動の変化

誘電泳動力は，不平等電界中に置かれた誘電体粒子に働く力で，周りの媒質と粒子との分極の違いによってその向きが決まる[3]。分極の違いは，次の係数で表される。

$$Re[K(\omega)] = Re\left[\left(\epsilon_p^* - \epsilon_m^*\right)/\left(\epsilon_p^* + 2\epsilon_m^*\right)\right] \quad (1)$$

ここで，ϵ_p^*およびϵ_m^*は粒子および媒質の複素誘電率である。複素誘電率ϵ^*は，$\epsilon^* = \epsilon - j\sigma/\omega$

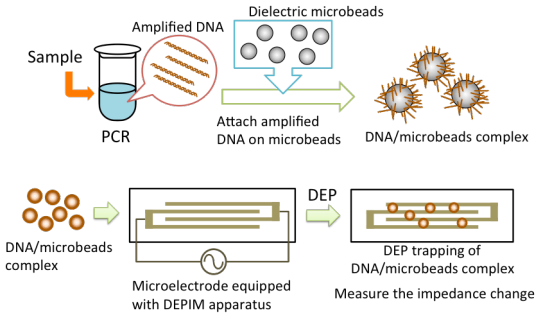

Fig.1. Schematic diagram of DNA detection based on dielectrophoresis of microbeads.

で，σ，ωは導電率と印加電界の角周波数である。ここで，絶縁性微粒子の導電率σ_pは$\sigma_p = \sigma_b + 2K_s/R$で表される[2]。$\sigma_b$，$K_s$，$R$は，粒子のバルク層の導電率，表面導電率，半径で，粒子が小さいと表面導電率が支配的になる。

一方，DNA はそのリン酸バックボーンに負電荷を持っており，全体として大きな電荷を有する。つまり，DNA の結合によって，微粒子の表面導電率が大きく変化することが予想できる。ここで，適切な大きさの粒子を用いると，DNA の結合前後で式(1)が負から正に変わる。これを利用して，DNA が結合した微粒子のみを選択的に誘電泳動捕集する。

結論

本稿では，新しく考案した微粒子の誘電泳動を用いた DNA の検出法の原理について示した。連続投稿である（II）において，実際に PCR 増幅産物を検出した例を示す[4]。

参考文献

1. J. Suehiro, et. al., *J. Phys. D, Appl. Phys.*, 32, 2814–2820, 1999.
2. I. Ermolina and H. Morgan, J. Colloid Interf. Sci., 285, 491-428, 2005.
3. H.A. Pohl, Dielectrophoresis, *Cambridge University Press*, 1978.
4. 中野 他，第 61 回応用物理学会春季学術講演会，同時投稿中

© 2014 年　応用物理学会