

自己評価報告書

平成23年 3月31日現在

機関番号：12701

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008 ~ 2011

課題番号：20560044

研究課題名 (和文) DNAの磁気泳動分離

研究課題名 (英文) Magnetic separation of DNA

研究代表者

山本 勲 (YAMAMOTO ISAO)

横浜国立大学・工学研究院・准教授

研究者番号：40242383

研究分野：磁気科学

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎 ・ 応用物理学一般

キーワード：強磁場効果、DNA、磁気分離、電気泳動、ファラデー力、磁場配向、ローレンツ力

1. 研究計画の概要

物質が磁場中で受ける3つの力（ファラデー力、トルク、ローレンツ力）を用い、DNAの磁気情報を反映した新しい磁気分離手法を確立することを目的とする。DNAは4つの塩基（A アデニン、T チミン、G グアニン、C シトシン）の配列が遺伝情報を担っている。しかしながら、従来の電気泳動分離は長さのみの分離であり、これらの塩基配列には無頓着であった。A=T ペアと水素結合は2本であり、G≡C ペアのは3本であることから、A=T 割合の多少によって磁化率が異なる。磁化率に比例する磁気力を泳動分離に応用することにより、ATリッチなDNAとGCリッチなDNAを分離できると考えられる。本研究ではDNAが磁場中で受ける3つの力とそれらの合力について、電気泳動との関連を定性的・定量的に調査する。10T級の超伝導磁石を用い、様々な電磁環境下でDNAの電気磁気泳動を観察することによって基本的なメカニズムを解明し、DNAの磁気分離手法を確立することを目的とする。

2. 研究の進捗状況

磁気による3つの力（ファラデー力、ローレンツ力、トルク）がDNAの泳動にどのように影響するかを特定した。

トルクは反磁性のDNAが磁力線に垂直に配向するように働く結果、均一磁場中で磁力線に平行に電気泳動を行うとDNAの電気泳動速度を減速させる。長さ5Kbの直鎖DNAの電気泳動速度は均一磁場中で75%にまで減速し、この減速は4T以上で飽和した。

反磁性物質の磁気異方性に起因する磁気トルクについては、シミュレーションを通して配向挙動を考察した。熱擾乱で磁場配向が

阻害される程度を考慮し、磁気異方性と温度、印加磁場、媒体の粘性係数など相互の関係を明らかにした。

磁場と電場が平行でない場合はDNAにローレンツ力が働き、軌道が変化した。質量分析器と同様の原理であるが、ローレンツ力の利用を試みたが、DNAの分離に適さないことが分かった。ここで、ローレンツ力効果があらわれる泳動電圧閾値の存在を発見した。

磁場に勾配がある場合は、DNAは磁束密度の低い方へファラデー力を受ける。磁力線と平行に電気泳動させると磁場勾配を登る向きには減速され、下る向きに同程度加速された。加減速の有無には泳動電圧に閾値が存在した。ゲル濃度や泳動電圧の特定条件下で、磁力線と垂直に電気泳動することで磁気力方向へDNAの泳動が観測された。磁気力泳動距離の挙動を確実に観測するために、長周期矩形交流電場を用いることが有効であることを見出した。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

磁気による3つの力（ファラデー力、ローレンツ力、トルク）それぞれのDNA泳動に対する効果を定性的・定量的に特定し、DNAの泳動に対する閾値や相互の関係を把握した。長周期交流電場を併用することで、磁気による分離が可能となるという知見を得た。

4. 今後の研究の推進方策

DNA磁気分離へ長周期交流電場をいかにして有効に利用するかを特定し、磁化率の違いによるDNA分離を完成する。各種DNAを用いて試験する。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計 3 件)

- (1) M. Yamaguchi, S. Ozawa and I. Yamamoto, Dynamic Behavior of Magnetic Alignment in Rotating Field for Magnetically Weak Particles, Jpn. J. Appl. Phys.49 (2010) 080213 (3 pp) 査読有。
- (2) M. Yamaguchi, S. Ozawa and I. Yamamoto, Rotational diffusion model of magnetic alignment, Jpn. J. Appl. Phys.48 (2009) 063001 (7pp). 査読有。
- (3) M. Yamaguchi, S. Ozawa, K. Ogawa and I. Yamamoto, Rotational Diffusion Model of 2-Dimensional Magnetic Alignment, J. Phys.: Conf. series 156 (2009) 012007(3pp). 査読有。

〔学会発表〕 (計 25 件)

- (1) 小澤瞬, 黒坂大希, 島崎泰至, 山本勲, 高増正、交流電場を用いた 2 次元 DNA 電気磁気泳動、第 58 回応用物理学関係連合講演会(講演奨励賞受賞記念講演), 24p-KN-1, 要旨集 CD, 2011 年 3 月 24 日、神奈川工大。
- (2) S. Ozawa, D. Kurosaka, C. Tanaka, I. Yamamoto, T. Takamasu, DNA migration under the magnetic field, Pacificchem2011, (2010 Dec. 17, Hawaii, USA).
- (3) M. Yamaguchi, S. Ozawa, I. Yamamoto and T. Kimura, Time Development of Magnetic Alignment under Thermal Disturbance, Asian EPM2010, abs. p.16, (2010 Oct. 4-6, Jeju).
- (4) S. Ozawa, D. Kurosaka, C. Tanaka, I. Yamamoto and T. Takamasu, DNA Migration using Magnetic Force, The 4th International Workshp on Materials and Processing in Magnetic Fields (MAP4), Abs. p. 26, (11th May 2010, Atlanta, USA).
- (5) S. Ozawa, D. Kurosaka, C. Tanaka, I. Yamamoto and T. Takamasu, DNA Electroromagneticphoresis under the Condition of $B//E$, 3rd Int.Conf. Magneto Science (ICMS 2009), P1-07, Abs. p. 57, (27th Nov. 2009, Nijmegen, Netherland).