キャピラリー中でのDNA一分子 マニピュレーション法の開発

正員 西岡 将輝 (豊技大工)

正員 桂 進司 (豊技大工)

正員 水野 彰 (豊技大工)

Manipulation of Single DNA Molecule inside Capillary

Masateru Nishioka, Member, Shinji Katsura, Member

Akira Mizuno, Member (Toyohashi University of Technology)

Manipulation of μm -sized particle is one of the important techniques in bioengineering. Recently, the techniques have been applied to conduct DNA manipulation. DNA molecule can be attached on latex particle and the particle can be easily manipulated by laser tweezers. In this paper, the latex-DNA complex was manipulated inside a capillary (inner diameter 1~ 35 μm). Micromanipulation inside the capillary has some advantages, because diffusion of DNA is restricted in one-dimension and the DNA can be easily stretched by suspension flow. Even through these advantages, it is some difficulties because laser focal spot is distorted by the capillary wall, and the distortion reduces trapping force inside the capillary. We designed an optical system to trap the DNA-bead complex inside the capillary and investigated the characteristics of laser trapping inside the capillary. The DNA molecule was also stretched by electric field and/or suspension flow.

The conventional DNA sequencing of a long DNA molecule requires a reorganization process. This process is time consuming and requires tremendous efforts, because the long DNA is cut into smaller fragments, which lose information on their order. Utilizing the manipulation techniques of single DNA molecule, we experimentally demonstrated the sample preparation to obtain the fragments with order information. These manipulation techniques will contribute DNA sequencing of the long DNA molecule.

キーワード : DNA, レーザトラッピング, マニピュレーション, DNAシーケンシング, キャピラリー

1. はじめに

バイオテクノロジーの分野では生物の持っている優れた機能を工学的にあるいは産業的に応用しようとする試みがなされている。この分野では細胞やさらに小さい生体高分子等を個別に取り扱う操作技法が重要な支援技術となっている。すでに個別の細胞を顕微鏡下で取り扱う顕微操作などが行われており、特定の卵細胞への精子の導入などが可能となってきた。今後、さらに小さい生体内物質やDNA分子・たんぱく質等の生体高分子の操作が重要になると予測される。

このような微粒子の操作については、レーザトラッピングによる細胞内の葉緑体や染色体のマニピュレーション^(1,2)が報告されており、また微小電極による静電を用いた操作^(3,4)も示されている。我々の研究室では、さらに制御性のよいマニピュレーションを行うために光圧静電微小操作 (Opto-Electrostatic MicroManipulation, OEMM)法⁽⁵⁻⁸⁾の開

発を行ってきている。これはレーザによる光圧力と微小電極による静電気力を組み合わせることで、マイクロメートルオーダーやそれ以下の生体微粒子をひとつひとつ操作する手法である。この操作法を用いて細胞を個別に供給する細胞供給装置⁽⁹⁾や、2本のレーザビームを用いた細胞の輸送選別法⁽⁶⁾を開発してきた。また、大腸菌や染色体など非球形粒子をレーザにより位置の固定をしながら、高周波電界による静電配向力を用いて方向の制御⁽⁷⁾を行っており、高精度の形状計測への応用が可能であること、さらに高周波電界の方向を不連続的に切り替えることで細胞の回転操作⁽⁸⁾も行っており、このときの配向回転特性が細胞の状態の診断にも利用できることも示している。

DNA一分子の観察法が柳田ら⁽⁹⁾によって報告されて以来、電気泳動中の挙動⁽¹⁰⁾や張力の測定⁽¹¹⁾などが行われてきた。また、鷲津らは電極エッジ上で多数のDNA分子の静電配向をおこなっており、これを利用しDNA上を移動する酵素のダイナミクス⁽¹²⁾を調べている。しかしながら、現

在のところでDNA単一分子の直接的なレーザトラッピングは実現されておらず、DNA一分子のマニピュレーションについてもBustamanteらの走査トンネル顕微鏡(STM)探針を用いた操作例⁽¹³⁾や、Chuらによるラテックス粒子に結合したDNA分子の操作^(14,15)など研究報告は限られている。

本研究室でもChuらとは独立に、ほぼ同時期にラテックス粒子を用いたDNA単一分子のマニピュレーションを行っており、これを用いた幾つかの操作例を示してきた^(16,19)。本論文では、内径1~20 μm 程度のガラス細管(キャピラリー)中のラテックス粒子に結合させたDNA単一分子のマニピュレーションについて検討を行った。キャピラリーを利用することでDNA分子を一次元上に閉じ込めることができるため、ブラウン運動などによる拡散を一次元方向に制限することができる。また、キャピラリー内では容易に一方方向への流れを作り出すことができるため、DNA分子のような繊維状の物質を伸張させることが容易であると考えられる。さらにキャピラリー内部と外部を分離することができ、一分子の取り出しなどへの応用が出来るなど、マニピュレーションを行うに当たって有利な点が幾つか挙げられる。しかしながら、円筒形のキャピラリーを用いた場合には、レーザの焦点が歪むために、レーザトラッピングの効率が低下すると考えられる。そこで本研究では、キャピラリー内でのレーザトラッピングの条件を実験的に求め、その中のDNA一分子のマニピュレーション例を示している。また、現在のヒトゲノムプロジェクトの大きな課題の一つである、長鎖DNAの塩基配列決定法へのDNA一分子操作の適用可能性について検討を行った。

2. 試料調製法および実験装置

<2・1> DNA分子の調製 実験にはT₄DNA(宝酒造)を用いた。このDNAは166k塩基対からなっておりおよそ55 μm の長さを有している。このDNA分子を蛍光色素YOYO(oxazole yellow dimer, Molecular Probes)により染色し可視化した。T₄DNA 1mol当たり 4.3×10^4 molのYOYOを純水で希釈し、蛍光の退色を低減する目的で、メルカプトエタノール(1%), グルコース(18 $\mu\text{g}/\text{ml}$)、カタラーゼ(2.3 $\mu\text{g}/\text{ml}$)、グルコシドオキシターゼ(0.1 mg/ml)を添加した⁽⁹⁾。観察には、DNA分子が 0.23×10^{-11} mol/ μl となる溶液を、厚さ0.17mmのガラス板上に滴下しその上からカバーガラスを静かに被せ、溶液の蒸発を防ぐために市販のマニキュアによりカバーガラスの周囲をシールして、試料を調製した。ただし、キャピラリーを用いた場合はガラス板上に同様のDNA溶液を滴下した後に、キャピラリーの一端を液滴に挿入しその上からカバーガラスを被せて試料を調製した。

<2・2> DNA分子のラテックス粒子への結合
DNA分子とラテックス粒子の結合にはビオチン-ア

ビジン反応を利用した。あらかじめアビジンで覆われている1 μm のラテックス粒子(Molecular Probes)に、末端をビオチンにより修飾したT₄DNA分子⁽¹⁷⁾を混合することで、DNA分子の末端にラテックス粒子が結合した試料を調製した。ラテックス粒子に結合したDNA分子の様子を図1に示す。

<2・3> 実験装置 本操作を行うために、図2に示すような、倒立型顕微鏡(Zeiss, Axiovert 135TV)にYAGレーザ(Control, series 612T, レーザ波長 1064 nm, 連続発振)を導入したシステムを製作した。倒立顕微鏡のステージには機械式のマイクロマニピュレータ(成茂)を設置しており、これに内径1~50 μm のキャピラリーを取りつけた。また、キャピラリーの一端にはマイクロインジェクター(成茂)を接続してあり、キャピラリー中に流れを形成することが可能である。キャピラリーは外径o.d. = 1

図1 ラテックス粒子に結合したT₄DNA
Fig. 1. DNA-bead complex by biotin-
avidin reaction

図2 実験光学系

Fig. 2. Optical System

mm, 内径 i.d. = 0.6 mm, 肉厚 thickness = 0.2 mm のガラス管を引き伸ばすことにより製作した。

3. キャピラリー中でのレーザトラッピング

中空円筒形をしているキャピラリーを透過してレーザ光を照射すると、キャピラリー壁によりレーザ光が複雑に屈折するためレーザ焦点の光強度は低下し、焦点像も乱れる。この度合いは、キャピラリーの肉厚と、曲率半径に依存していると考えられる。そこで、 $1\mu\text{m}$ のラテックス粒子のトラッピング力が、キャピラリーの径によりどのように変わるかを実験的に調べた。実験には、先端部の細い (i.d. = $3\mu\text{m}$, thickness = $0.8\mu\text{m}$) 中空円錐形状のキャピラリーを用いた。この中でラテックス粒子のトラッピングを行ったところ、キャピラリーの細い部分の方がトラッピングが容易であった。そこで、トラッピングしたラテックス粒子を、キャピラリーの細い (肉厚の薄い) 部分から太い (肉厚の厚い) 部分へ $5\mu\text{m}/\text{sec}$ の速さで輸送し、粒子がトラッピングから外れる時のキャピラリー内径を測定した。その結果を図 3 に示す。この時のレーザの出力はパワーメータにより、レンズの出口の位置で測定した。この結果からレーザ出力が 30mW の場合、キャピラリーの内径が $35\mu\text{m}$ (thickness = $8\mu\text{m}$) より小さい部分でラテックス粒子をトラッピング可能であることがわかる。また、キャピラリーが太くなるにつれてトラッピングに必要なレーザパワーが増加することがわかる。このことはキャピラリーの肉厚が厚くなることで、トラッピングを妨げる主要因であることを示唆している。また、先端径が i.d. = $3\mu\text{m}$ のキャピラリーでは、ラテックス粒子をキャピラリー先端部から外部の溶液にトラッピングしたまま容易に出し入れすることができた。

図 3 トラッピングに必要なレーザパワーに対するキャピラリー径の影響

Fig. 3. Effect of capillary diameter on laser power required to trap latex particles

次に i.d. = $10\mu\text{m}$, thickness = $3\mu\text{m}$ のキャピラリー内に分散したラテックス粒子に働くトラッピング力を計測した。キャピラリー内に一方向に溶液の流れを起こし流速を徐々に上げていったところ、流速が $14\mu\text{m}/\text{sec}$ に達した時にラテックス粒子はトラッピングから外れる様子が観察された。このときの流れをニュートン流体と仮定した場合にはトラッピング力は 1.1pN と推定できる。

これらの結果から、i.d. = $30\mu\text{m}$, thickness = $8\mu\text{m}$ 以下のキャピラリーを用いれば、出力 30mW のレーザによりキャピラリー内部でラテックス粒子をトラッピングでき、自由にマニピュレーションできることが明らかになった。

4. キャピラリー内での DNA 操作

< 4・1 > キャピラリー内でのレーザトラッピング

図 4 にキャピラリー内で、DNA 分子が結合したラテックス粒子をレーザトラッピングした様子を示す。キャピラリー内でトラッピングした DNA 分子の結合したラテックス粒子は、キャピラリーの末端から外部の溶液に輸送する、またその逆に、外部の溶液からキャピラリー内部に取り出すことが可能であった。特に、キャピラリーの末端付近にトラッピングした場合は、図 5 に示すように DNA の一部のみをキャピラリー外部に露出することもできた。たとえば、キャピラリーの外部に制限酵素などを含む溶液を満たしておけば、キャピラリー外部に露出した部分のみの酵素反応を行えるものと考えられる。

< 4・2 > DNA 一分子の伸長固定 キャピラリー内部で DNA 分子の結合したラテックス粒子を固定しておき、外部から直流電圧を印加すると、DNA 分子は負に帯電しているため正電極の方向に泳動しようとし、ラテッ

図 4 キャピラリー中のラテックス粒子のレーザトラッピング

Fig. 4. Laser trapping of latex particles in the capillary

図5 キャピラリー末端から一部を
露出させたDNA

Fig. 5. DNA molecule of which terminus was
exposed from capillary tip

(a) schema

(b) photograph

図6 キャピラリー中でのDNAの伸長

Fig. 6. Photograph of stretching of T4 DNA
molecule inside a capillary by electric field
and/or suspension flow

クス粒子を一端として伸長状態で固定することが可能である。図6(a)に示すように、内径 $10\mu\text{m}$ のキャピラリー両端に5cmの間隔で電極を配置し、これに直流電圧30Vを印加した場合、同図(b)のように、キャピラリー内部で伸長固定されDNA分子が観察された。同様な伸長固定操作は、電圧を印加せずに、キャピラリー内部にマイクロインジェクターにより流れを形成した場合も観察できた。

<4・3> キャピラリー先端部でのDNA保持

ラテックス粒子の径より小さい先端径をもつキャピラリーを用いた場合、キャピラリー先端部にDNA分子の結合したラテックス粒子を吸引により捕捉することが可能であった。このときの様子を図7に示す。あらかじめ、DNA分子の結合しているラテックス粒子が分散している溶液に先端径が $1\mu\text{m}$ より小さいキャピラリー挿入する。次にキャピラリー内部を負圧(0.2psi)にすることで、溶液を吸い込むことができる。しかし、 $1\mu\text{m}$ の直径を有するラテックス粒子はキャピラリー先端部を通過することができないため、キャピラリー先端部に捕捉される。この粒子にDNA分子が結合している場合には、外部から電圧を印加することによって、図7のようにキャピラリー内部にDNA分子を伸長することができる。この図はキャピラリーの外形とDNA分子の蛍光像をコンピュータにより合成処理を行っている。この操作はレーザトラップを用いることなくDNA分子の伸長が行えることを示している。

<4・4> 切断及び回収操作 キャピラリー中での伸長固定は、既に述べたようにDNA分子の結合したラテックス粒子を用いることで可能である。またこの状態で紫外線レーザである窒素パルスレーザ (laser science, VSL-337ND) を照射することによりDNA分子を切断することも可能であった⁽¹⁷⁻¹⁹⁾。

次にDNA断片のキャピラリーから外部への取り出しを行った。これは顕微鏡で常にDNA断片の位置を確認しながら、キャピラリー外部に形成した液滴へ電界によりゆる

図7 キャピラリー先端部に伸長したDNA

Fig. 7. Stretching of DNA molecule at the tip of
capillary

図8 DNA断片の回収

Fig. 8. Recovery of DNA fragment from capillary tip to water droplet

やかに回収するものである。負電極はキャピラリー内部に、正電極は外部液滴に設置しておき、両電極の間隔を5 cmに保っている状態で5Vを印加した。このとき、キャピラリー先端部からDNA断片が液滴に回収される様子を図8に示すように観察することができた。

5. 塩基配列決定法等への応用

<5・1> 従来法の問題点 従来のDNA塩基配列の決定法はサンガー法による反応生成物を電気泳動により分析することにより行われているが、この方法だと現在のところ600塩基対程度の長さのDNAしか決定することができない。このため、長いDNAの塩基配列を決定する場合には、一度制限酵素などで切断しそれぞれの断片の塩基配列を決定している。しかしこの切断法で得られた断片はお互いの順序関係が失われているため、全塩基配列を決定する場合には、各断片の順序を再編成する工程が必要となり大変な時間・手間がかかっている。そこで本論文ではDNA一分子のマニピュレーション法を利用することにより、従来法の順序再編成の工程を省略できる手法の検討を行った。

<5・2> DNA一分子のマニピュレーションを用いた塩基配列決定法とその課題 本手法は、長いDNAを伸長状態で固定しておき、端から順番に切断しそれぞれの断片の回収をおこなうことにより、順序情報を維持したDNA断片を調製するものである。その後、回収した断片の大量増幅することにより、従来の塩基配列決定法に利用することができる。そこで、キャピラリー内にDNA一分子を伸長固定し、切断するとともに、各断片を個別にキャピラリー外部の液滴に取り出す（回収）ことで順序情報を維持したDNA断片の調整について検討を行った。4章で示したように各要素技術（伸張固定・切断・回収）はすでに実現可能である。そこで、図9に示す装置を考案した。これは、図中A部において、伸張固定したDN

図9 順序を維持したDNA断片調製法

Fig. 9 Schema of proposal sequencing system

A分子を連続的に切断し、電気泳動を利用して先端部から外部に形成した液滴にDNA断片を回収（図中B部）するものである。ひとつの断片を回収した後に、キャピラリーを移動させ新たな液滴に次の断片を回収することで、順序情報を維持しながら連続的に断片を調製することが可能である。

回収されたDNA断片は大量に増幅することが必要であるが、これにはPolymerase Chain Reaction(PCR)と呼ばれ、原理的にはDNAを一分子から増幅する能力がある手法⁽²⁰⁾が適用可能と考えられる。

しかしながら、DNA分子の可視化に用いた試薬類がPCR法に影響を及ぼすことが考えられる。そこで、蛍光色素で染色したDNA分子がPCRによって増幅可能か実験を行った。蛍光色素として、本実験で用いたYOYOのほかDAPI(4',6-diamidino-2-phenylindole dihydrochloride), ethidium bromideを用いた。また増幅する元のDNA断片として各種色素により染色した入ファージのDNA(東洋紡)1000分子を用い、1603および712塩基対の領域を増幅するように設計したプライマーを使用した。これを、35サイクルのPCR反応により増幅し、電気泳動により解析した結果を図10示す。図中の矢印の部分に明るいバンドが存在すればPCRによりDNAの増幅が可能であったことを示しており、高濃度のYOYO色素で染色した場合を除いて、PCRによる生成物が確認された。この結果より、DNA一分子のマニピュレーションに用いたDNA断片からのPCR増幅は可能であると思われる。今後は本研究の手法により回収したDNA断片のPCR増幅を行う必要がある。

伸張したDNA分子は紫外線レーザーにより切断することが可能となっているが⁽¹⁷⁻¹⁹⁾、紫外光の照射された範囲でDNAに障害を与えてしまう。そのため、紫外線により切

NORMAL, HIGH, LOW: indicate dye concentrations.
 NORMAL: dye(molecules):DNA(base pairs) = 1:1,
 HIGH: 10:1
 LOW: 1:10

D, Y and E indicate fluorescent dye DAPI, YOYO, and ethidium bromide, respectively.

M1 and M2 indicate size marker,
 M1: mass ladder
 (2000, 1200, 800, 400, 200 base pairs)
 M2: ϕ X-HaeIII
 (1353, 1078, 872, 603, 310 base pairs).

図 10 蛍光色素により染色したDNAのPCR産物の解析

Fig. 10. PCR products of stained DNA

断された断片は、そのままでは遺伝子工学で広く用いられている酵素反応等に適用が困難であり、障害のある部位の修復法もしくは紫外線を用いない切断法の開発が必要である。本研究ではキャピラリー先端部からDNA分子の末端部を露出することに成功しており、たとえば、キャピラリーの外部に制限酵素などを含む溶液を満たすことにより、キャピラリー外部に露出した部分のみの酵素反応を行うことも可能であると考えられる。

<5・3>その他の応用 DNA一分子マニピュレーション法はさらに、次のような応用も考えられる。

キャピラリー中に伸張固定したDNA溶液をアルカリ変性や熱変性などで一本鎖状態にできれば、相補的DNAプローブを結合させ結合部位のみに蛍光を持たせることで長鎖DNAの構造を迅速に調べることができると思われる。また、基板上にDNA分子を伸張固定した後、走査プローブ顕微鏡を用いて原子レベルの解像度で分子構造を調べたり、より高精度の切断等のナノオーダーのマニピュレーションを行うための基本技術として本操作法が利用できるものと考えられる。

6. まとめ

本研究により、キャピラリー内部でラテックス粒子に結合したDNA分子をレーザーでトラッピングすることで、伸張固定操作が可能であることを示した。これらの技術を利用することで一分子レベルでの反応制御等が可能となるもの

のと考えられる。またDNA塩基配列解析への応用として従来必要である切断順序を再構築する作業を省略できるものと考えられる。

謝辞 本研究を行うにあたり、貴重なご討論、ご意見を頂きました、理化学研究所 遠藤勲氏、東京大学 長棟輝行教授に深く謝意を表します。また実験に協力して頂いた、豊橋技術科学大学 石井龍司氏、平野研氏、野口公伸氏に感謝いたします。

(平成8年1月5日受付)

文献

- (1) A. Ashikin, J. M. Dziedzic and T. Yamane : "Optical Trapping and Manipulation of Single Cells using Infrared Laser Beams", *Nature*, 330, 24/31, pp. 769 - 771 (1987)
- (2) M. W. Berns, W. H. Wright, B.J. Tromberg, G. A. Profeta, J. J. Andrews and R. J. Walter : "Use of a Laser-induced Optical Force Trap to Study Chromosome Movement on the Mitotic Spindle", *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 86, pp. 4539 - 4543 (1989)
- (3) S. Masuda, M. Washizu and T. Nanba, "Novel Method of Cell Fusion in Field Constriction Area in Fluid integrated Circuit", in *Conf. Rec. of IEEE/IAS*, pp. 1549 - 1553 (1987)
- (4) M. Washizu and O. Kurosawa, "", *IEEE Trans.*, IA, 26, pp. 1165 - 1172 (1990)
- (5) 今村・細井・水野: "静電気力および光圧力を併用した細胞等の微粒子操作", *静電気学会誌*, 13, 5, pp. 417 - 424 (1989)
- (6) A. Mizuno, M. Imamura and K. Hosoi: "Manipulation of Single Fine Particle in Liquid by Electrical Force in Combination with Optical Pressure", *IEEE Trans. on IAS* (1989)
- (7) 水野・坂野・大野: "レーザー光圧力と静電気力を組み合わせた細胞等のマイクロマニピュレーション", *レーザー研究*, 19, 9, pp. 27 - 32 (1991)
- (8) M. Nishioka, S. Katsura, K. Hirano and A. Mizuno: "Evaluation of Cell Characteristics by Opto-Electrostatic Micromanipulation", in *Conf. Rec. of IEEE/IAS*, pp. 1353 - 1357 (1995)
- (9) K. Morikawa and M. Yanagida : "Visualization of Individual DNA Molecules in Solution by Light Microscopy: DAPI staining method", *J. Biochem.*, 89, pp. 693 - 696 (1981)
- (10) S. B. Smith, P. K. Aldridge, J. B. Callis: "Observation of Individual DNA Molecules Undergoing Gel Electrophoresis", *Science*, 243, pp. 203 - 206 (1989)

- (11) S. B. Smith, L. Finzi, C. Bustamante: "Direct Mechanical Measurements of the Elasticity of Single DNA Molecules by Using Magnetic Beads", *Science*, 258, pp. 1122 - 1126 (1992)
- (12) H. Kabata, O. Kurosawa, I. Arai, M. Washizu, S. A. Margaron, R. E. Glass and N. Shimamoto, *Science*, 262, pp. 1561 - 1563 (1993)
- (13) J. Yuqiu, C. Juang, D. Keller, C. Bustamante, D. Beach, T. Houseal and E. Builes, " Mechanical, Electrical and Chemical Manipulation of Single DNA Molecules", *Nanotechnology*, 3, pp. 16 - 20 (1992)
- (14) T. T. Perkins, D. E. Smith and S. Chu : "Direct Observation of TAube-Like Motion of a Single Polymer Chain", *Science*, 264, pp. 819 - 825 (1994)
- (15) T. T. Perkins, S. R. Quake, D. E. Smith and S. Chu : " Relaxation of a Single Polymer Chain Observed by Optical Microscopy", *Science*, 264, pp. 822 - 825 (1994)
- (16) 水野彰: "個別DNAのマイクロマニピュレーションによる塩基配列解析用試料作成法の研究", 科学研究費補助金 (一般B 04454036) 研究成果報告書, pp. 11 - 15 (1994)
- (17) M. Nishioka, T. Tanizoe, S. Katsura, A. Mizuno : " Micro manipulation of cells and DNA molecules," *Journal of Electrostatics*, vol. 35, pp. 83 - 92 (1993)
- (18) A. Mizuno, M. Nishioka, R. Ishii and S. Katsura : " Opto-Electrostatic Micromanipulation of Single Cell and DNA Molecule", 6th International Symposium on Micro Machine and Human Science, pp. 153 - 159 (1995)
- (19) A. Mizuno, M. Nishioka, T. Tanizoe and S. Katsura : " Handling of Single DNA Molecule Using Electric Field and Laser Beam", *IEEE Trans. on IAS*, 31, 6, pp. 1452 - 1457 (1995)
- (20) K. Mullis, F. Faloona, S. Scharf, R. Saiki, G. Horn and H. Erlich : "Specific Enzymatic amplification of DNA *in vitro*: The Polymerase Chain Reaction", *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 51, part 1, pp. 263 (1986)

西岡 将輝

(正員) 1968年7月13日生まれ。93年3月豊橋技術科学大学工学研究科電気電子工学を修了。96年月同大学大学院工学研究総合エネルギー工学博士課程を修了後、同年4月東京大学化学システム工学専攻助手に採用され現在に至る。現在、ラジカル生成と測定の研究に従事。博士(工学)。静電気学会会員

桂 進司

(正員) 1962年3月25日生まれ。84年三重大学工学部電気工学科卒業。86年東京大学大学院工学系研究科修士課程化学工学専攻修了。91年同大学院博士課程単位取得退学。その後、92年4月 - 93年9月、理化学研究所ヒトゲノム解析室において、ヒトゲノム解析システムの開発、評価に従事。93年10月に豊橋技術科学大学工学部助手に採用され、現在に至る。現在、生体高分子の一分子操作をヒトゲノム解析を初めとする生体高分子の解析に応用する研究に従事。博士(工学)。

水野 彰

(正員) 1951年3月3日生まれ。73年名古屋大学工学部電気工学科卒業。75年東京大学大学院工学系研究科修士課程電気工学専攻修了。78年同大学院博士課程修了。78年 - 81年、石川島播磨重工業技術研究所研究員。81年4月に豊橋技術科学大学工学部講師に採用、現在は同大学教授として、静電気工学の生体高分子観察・操作への応用及びプラズマ反応工学の研究に従事。工学博士。