

DNAで分子エレクトロニクス素子をつくる

居城 邦治 (Kuniharu Ijiro)

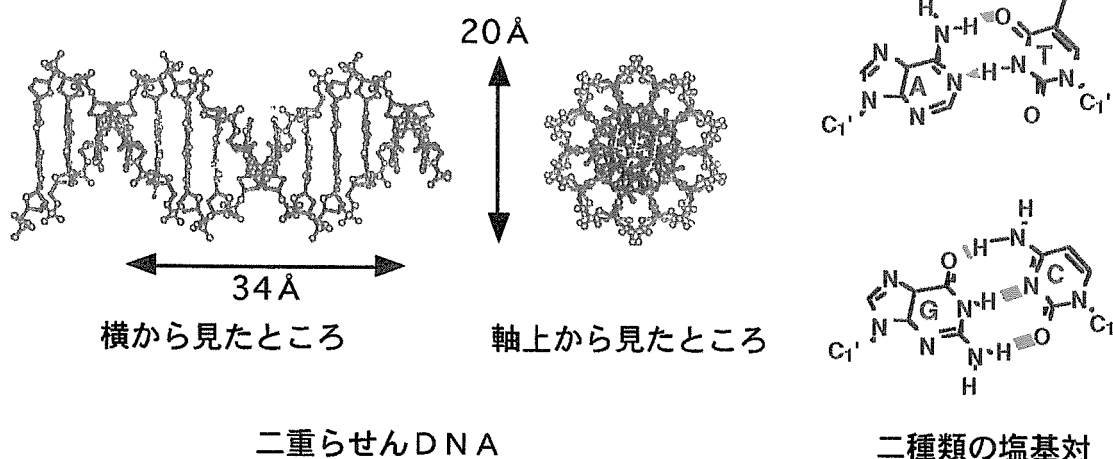
研究のねらい

DNAを固体基板上に並べて光トランジスターをつくる

⇒ 新規な有機光半導体の分子設計の基礎の確立

DNA (デオキシリボ核酸) とは？

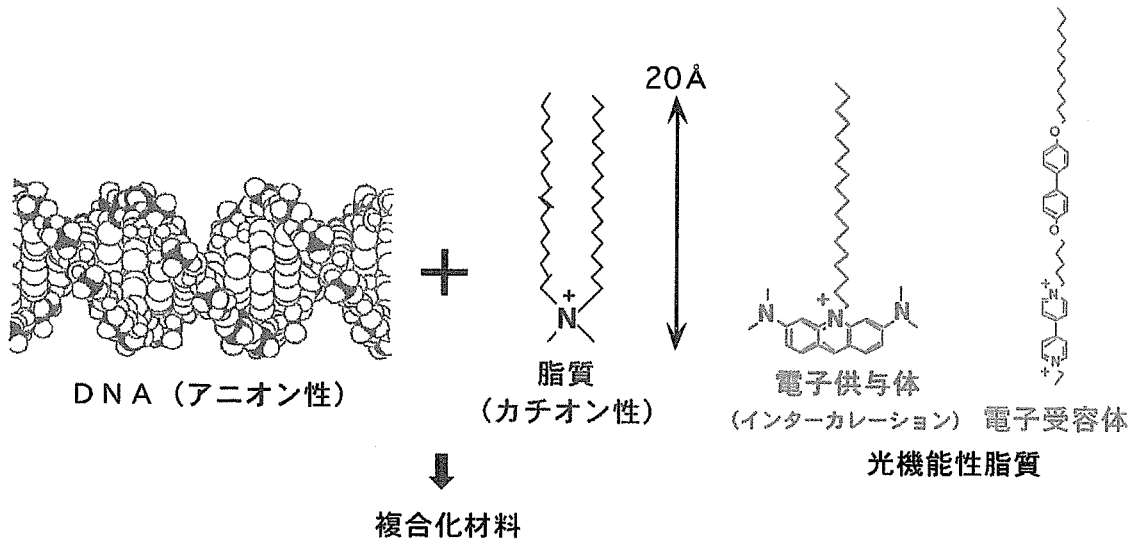
- 生物学的 → 生体内で遺伝を保存している分子
- 高分子学的 → 塩基間の相補的水素結合により二重らせん構造を形成し、水に溶解するアニオン性（負電荷を持つ）高分子、分子量は数百から数百万まで様々
- 光化学的 → 塩基対が一次元に積み重なっており、塩基対間で π 電子が弱く相互作用している



分子導線 (Molecular Wire)
光トランジスター (Photo-transistor)
としての可能性を追求する

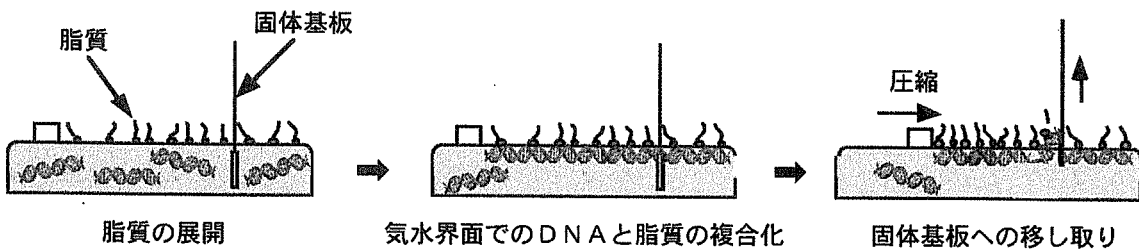
研究方法と成果

DNA固体素子の作製



水面単分子膜法

水面にカチオン性単分子膜を展開し、気水界面に形成したDNAとイオン結合した複合体膜を固体基板に移し取った。



X線回折 (膜厚)

水晶振動子マイクロバランス (膜重量)

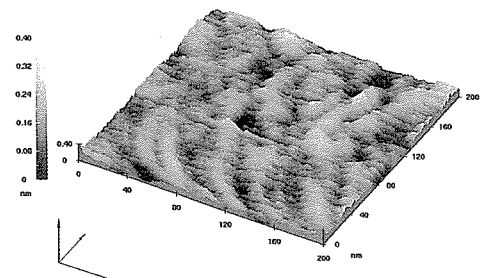
表面プラズモン共鳴分光法 (膜厚)

X線光電子分光法 (元素分析)

紫外-可視吸収スペクトル法 (相互作用)

蛍光発光スペクトル法 (相互作用)

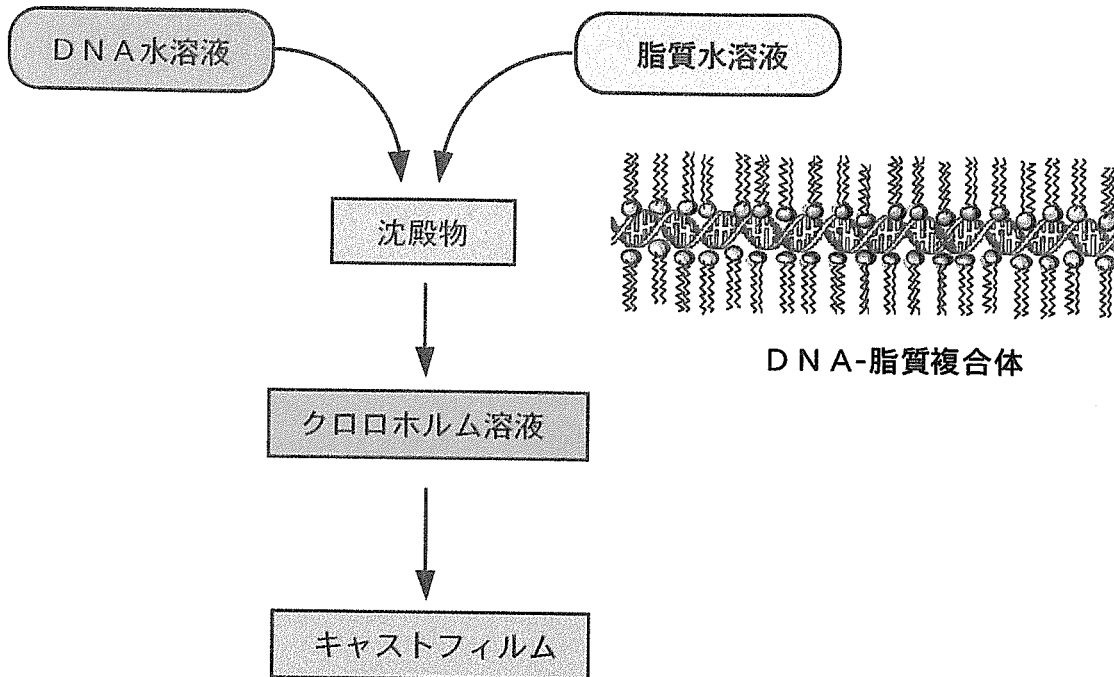
\Rightarrow DNAの単分子層の形成



\Rightarrow DNA分子の配向固定化

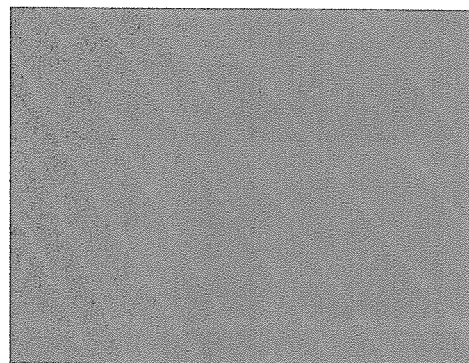
ポリオンコンプレックス法

DNA水溶液とカチオン性脂質水溶液を混合して、沈殿物として得られたDNA-脂質複合体のクロロホルム（有機溶媒）溶液を固体基板にキャスト（塗布）することで、細線構造体を得られることがわかった。



複合体の構造解析

- X線回折
- 円二色分光法
- 元素分析
- 紫外-可視吸収スペクトル法
- 蛍光発光スペクトル法

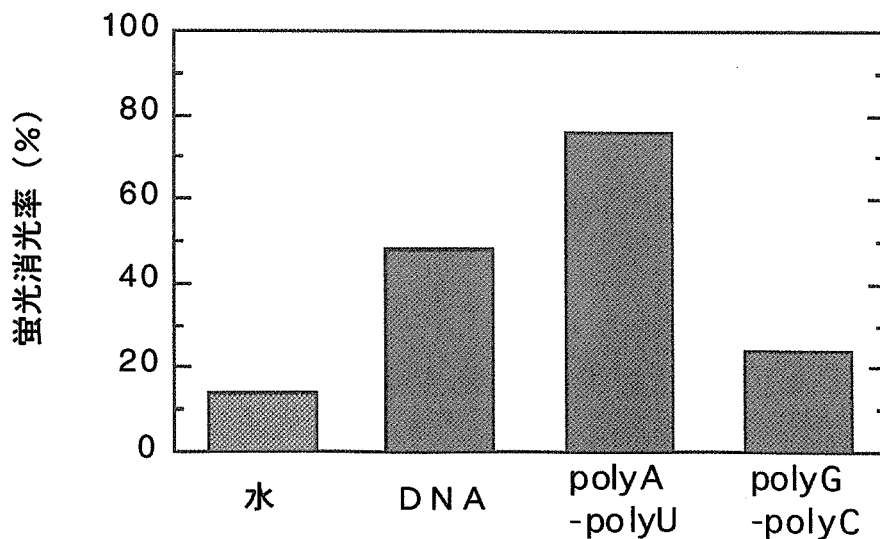
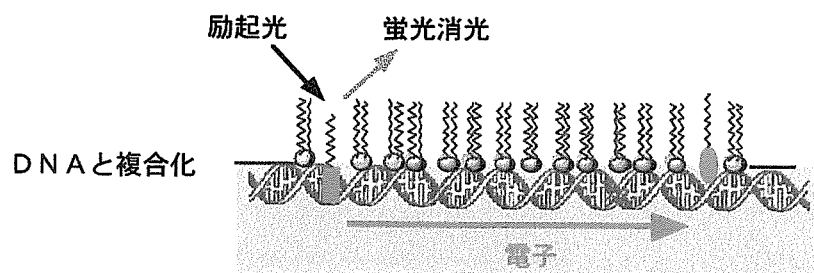
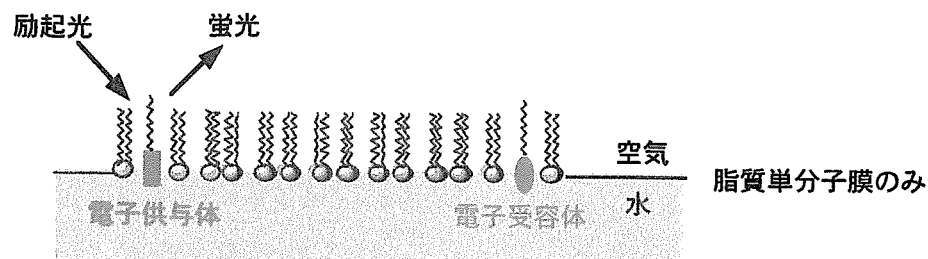


DNA-脂質複合体からなる細線構造体

DNAに電子は流れるか？

光化学的手法

複合体中の電子供与体から電子受容体への電子の動きを水面上にて蛍光消光法で調べた。消光率が高いほど電子をよく通す。

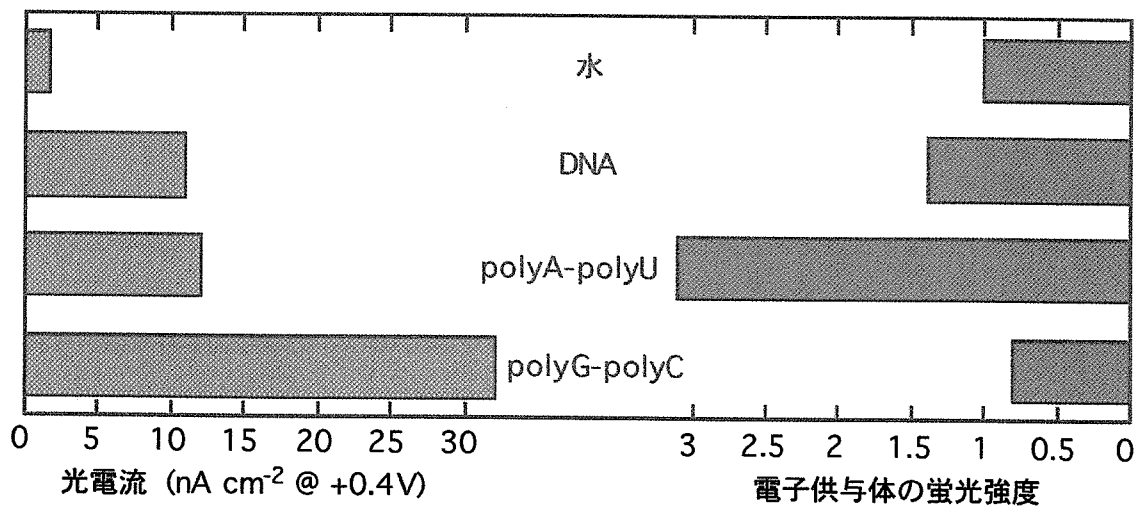
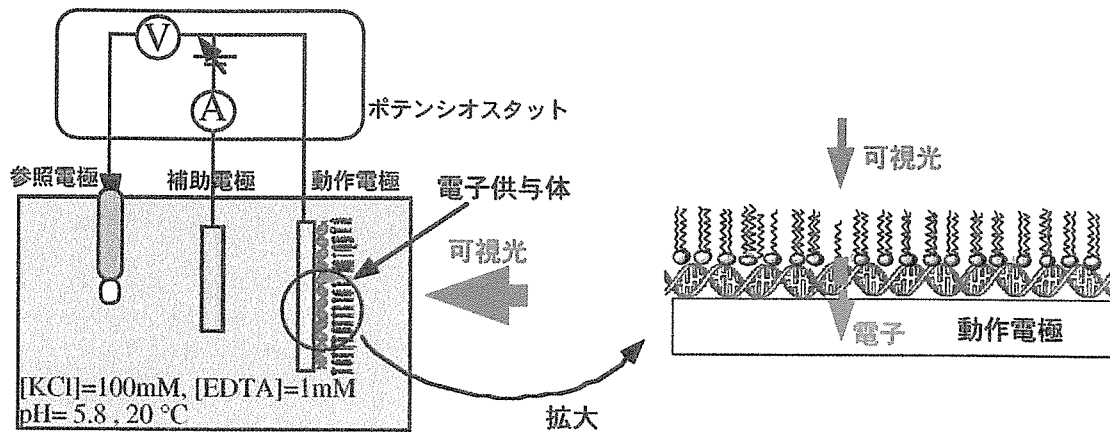


⇒ DNAが電子をよく通すことがわかった

DNAは分子導線

電気化学的手法

電子供与体を含むDNA複合単分子膜を透明電極に移し取り、電気化学セルを用いて光電流を測定した。

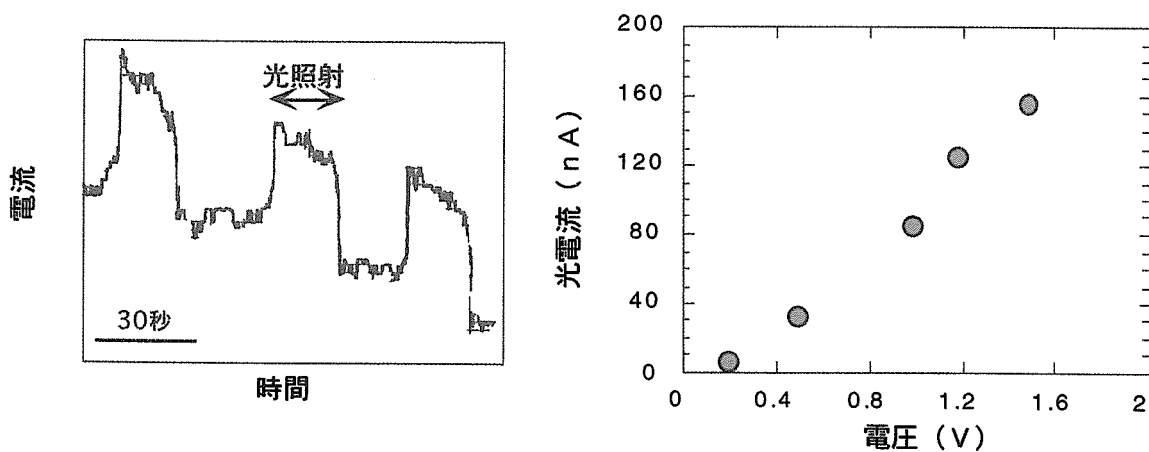
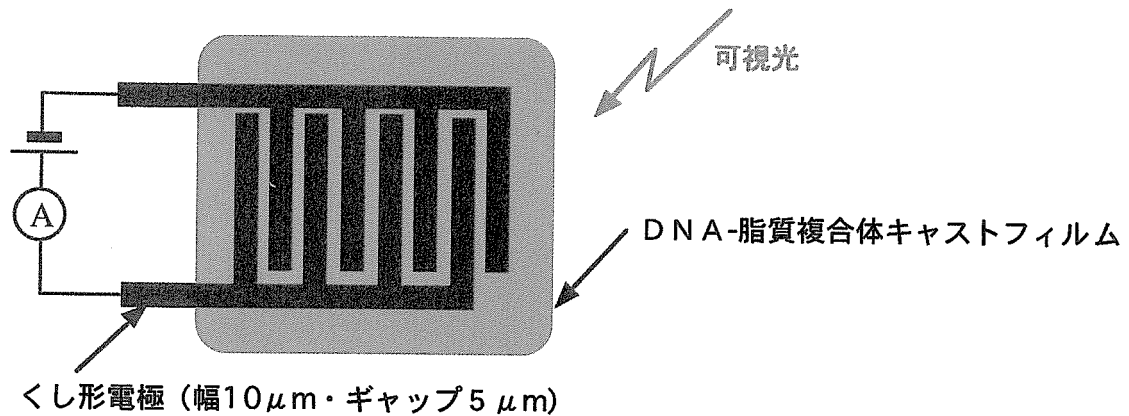


polyG-polyCとの複合体膜において、もっとも高い光電流が発生し、また電子供与体の蛍光がもっとも消光した。

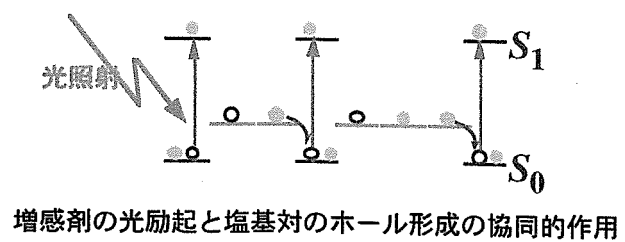
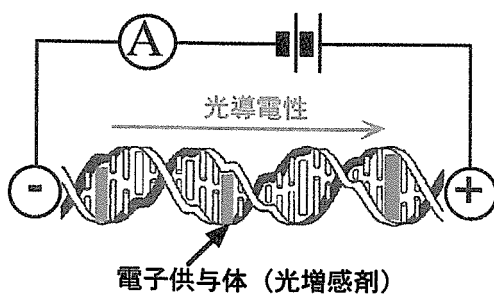
- ⇒ G-C 塩基対から電子供与体への光誘起電子移動
- ⇒ 電子供与体は光増感剤として機能

DNAの光導電性

電子供与体（増感剤）を含むDNA-脂質複合体をくし形電極上にキャストして、光導電性を測定した。



⇒ DNAに光増感剤を組み合わせることで光トランジスターができた



DNAから光トランジスターができる

まとめ

DNAをカチオン性脂質と複合させることで固体素子をつくることができ、DNAが分子導線として働くことを確認した。さらに光増感剤と組み合わせることで光トランジスターとして動作することを確認した。

今後の展望

- ・分子設計された有機半導体の構築
- ・光トランジスター機能を利用した新規な遺伝子センサーの作製

発表リスト

論文

- 1) O. Karthaus, K. Ijiro and M. Shimomura, "Ordered Self-Assembly of Nanosize Polystyrene Aggregates on Mica", *Chem. Lett.*, 821 (1996)
- 2) M. Shimomura, F. Nakamura, K. Ijiro, H. Taketsuna, M. Tanaka, H. Nakamura and K. Hasebe, "Chiral Crystal Formation of Octadecyl cytosine Monolayer by Complementary Base Pairing", *Thin Solid Films*, 284-285, 691 (1996)
- 3) K. Ijiro, M. Shimomura, M. Tanaka, H. Nakamura and K. Hasebe, "DNA Monolayers Complexed with Amphiphilic Intercalator at the Air-Water Interface", *Thin Solid Films*, 284-285, 780 (1996)
- 4) M. Shimomura, F. Nakamura, K. Ijiro, H. Taketsuna, M. Tanaka, H. Nakamura and K. Hasebe, "Two-Dimensional DNA-Mimetic Molecular Organizations at the Air-Water Interface", *J. Am. Chem. Soc.*, 119, 2341 (1997)
- 5) M. Shimomura, O. Karthaus, N. Maruyama, K. Ijiro, T. Sawadaishi, S. Tokura and N. Nishi, "Mesoscopic Patterns of DNA-Amphiphile Complexes", *RPPPJ*, submitted
- 6) K. Ijiro, T. Ikeda, M. Shimomura, M. Tanaka, H. Nakamura and K. Hasebe, "Photoinduced Electron Transfer in DNA Monolayer. Enhanced Fluorescence Quenching of an Amphiphilic Acridine Derivative in DNA

Monolayer Prepared by Polyion Complex Technique”, *Thin Solid Films*, submitted

7) F. Makamura, K. Ijiro and M. Shimomura, “Construction of Two-Dimensional DNA-Mimetics. Supramolecular Architecture with Highly Stacked Base-Pairs of Amphiphilic Adenine and Thymine at the Air-Water Interface”, *Thin Solid Films*, submitted

総説・解説

1) 居城邦治, 下村政嗣, 『機能性高分子としての二重らせんDNAの固体素子化』, *固体物理*, 30, 50 (1995)

2) 居城邦治, 下村政嗣, 『DNAの二次元配列と光機能化』, *高分子*, 46, 334 (1997)

口頭発表

国際会議 10件

国内会議 52件

特許出願

1) 核酸ポリマーの検出方法

特願平 8-36981

特開平 8-313521

2) 核酸ポリマーパターン薄膜とその形成方法並びに薄膜組成物

特願平 9-21477

3) Method for Detecting Nucleic Acid Polymer

米国特許出願 08/595.206