

未来にいちばん近い人々

現状の不足部分を補うのではなく、
今までになかったデバイスを分子から創る。

ナノICTグループ 研究マネージャー 大友 明



分子の特性を取り入れ 機能的で高効率な、 デバイスを生み出す。

情報通信技術における高機能化は、この先、数10年後には、量的な面や省エネルギー性の面で限界を迎えるといわれている。ナノICTグループは、未来の情報通信技術に必要とされる機能をもつデバイスの実現を目的とし、分子の単位で顕著に現れる量子効果を扱った研究をしている。

電気的な機能を持つマクロな物質を細分化させていくと、その最小単位は分子なのだ。ナノICTグループでは、大友研究マネージャーをはじめとする分子フォトニックプロジェクトによって、分子自体の機能を保った状態で、なお且つ、分子間の相互作用を

コントロールし、デバイス化させることを理想とした研究が進められている。

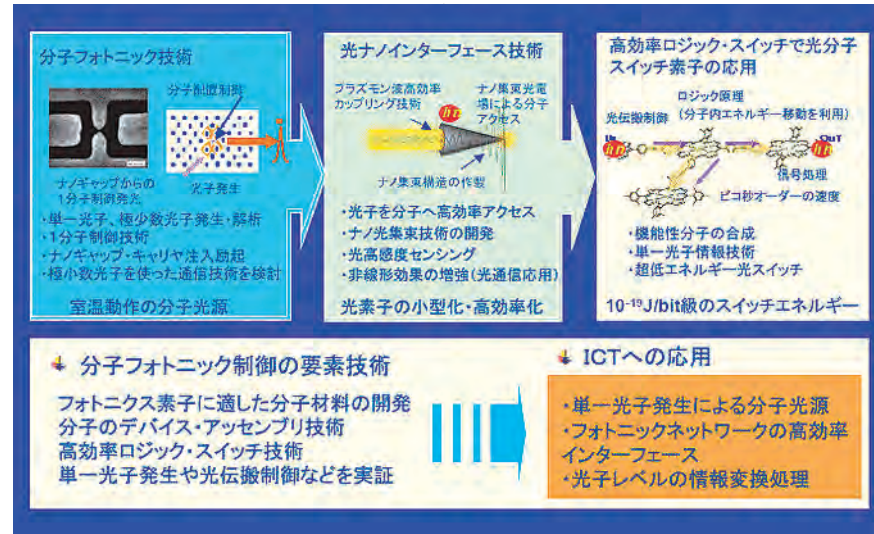
「既存の半導体デバイスでは、数10万個という電子によって1回の情報をやり取りしているのですが、半導体の代わりに分子を利用すれば、1つの分子で1つの電子をやり取りできるのです。最小の量子単位での



通信を可能とするこの原理を利用できれば、デバイスの省エネルギー化を実現できるでしょう。」

通常、電子を運ぶ場合、電圧をかけることで勾配を与え動かしている。分子のもつ固有の励起状態を調整することで物質が自ら勾配を得られ、外部からの電圧を必要とせずに動かすことが可能になるという。これを利用し、分子配列に従ってエネルギーを流そうというのだ。このような分子の特性によって省エネルギー化できるデバイス開発の研究は、大友研究マネージャーらにとって重要な課題のひとつだ。

分子フォトニックプロジェクトでは、分子どうしの相互作用の制御に関する研究成果として、超高真空中の金属の基盤上で分子の相互作用を利用し、自己組織的な配列のコントロールに成功している。他にも分子どうしの相互作用を使って、分子数個レベルの高精度なセンシングを実現させるという情報通信技術に



とって重要なテーマも扱っている。新しい原理・概念に基づく情報通信技術の高機能・高精度化。超低消費エネルギーで情報制御可能な革新的技術の開発。新しいネットワーク創成に向けた高感度センシング技術の開発。分子フォトニックプロジェクトでは、これら3つのテーマに沿って研究が行われている。

分子ロジック回路と 光技術を融合させる、 先進原理を探る。

分子の量子的制御についての研究は、分子フォトニック技術のなかでも重要な。分子は非常に量子効率が高く発光するという性質があり、分子に入力したフォトンの数に対して、発光として出力してくるフォトン数が100%に近い。その反面、強い光入力でも壊れやすいという面もある。つまり発光に使われなかったエネルギーが熱エネルギーに変わり、振動を引き起こして分子を壊してしまうということだ。

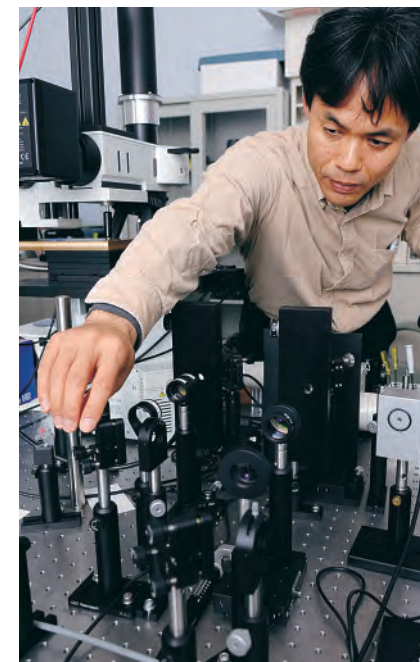
「私たちは、それを防ぐために、発光に使われないエネルギーをうまく逃がすことのできる光子発生デバイスを開発しています。この技術は量子通信などに使われる単一光子光源の技術にも応用可能なものです。」

また、分子どうしを有機合成によって距離・方向を調整・配置し、フォトンを入力で分子のエネルギーの流れを発生させたところに、別のフォトンを入力することで発光状態やエネルギーの移動する方向をコントロールするというロジック・スイッチとなる光分子スイッチ素子も分子フォトニックプロジェクトによって開発されている。単一電子素子は、エネルギー移動以外でも、10nm以下のナノギャップ電極を使用し、電極の間に

様々な機能性分子を導入して、素子の特性評価も行っている。その成果として、光の照射によって動きを制御できる光ゲート動作と呼ばれる現象を確認した。

現在の長距離通信では、光ファイバーによるものが主流だが、伝わってきた光を半導体デバイスによって電気信号に変換しスイッチング処理されている。せっかく光のスピードで伝わってきた情報は、電気信号になることで大きくスピードをロスしている。

次世代の光通信ではスイッチング部分でも、光の速度をロスなく処理できるデバイスが必要だ。そのため主流と考えられているのが、全光処理で動作するオール・オプティカル・スイッチングシステムなのだが、十分な速度でスイッチング処理をさせよう



とすると非常に強い光を必要とするため消費電力が大きくなってしまふ。スイッチシステム自体を縮小すれば、消費電力も小さくなるのだが、省エネ効果が得られるナノ・サイズオーダーの小さなデバイスに光を入射させるためには、光を集束させる特別な技術が必要だ。

「この問題の対策技術として、現在、私たちが取り組んでいるのが“光ナノインターフェース技術”と呼ばれるものです。」

これは金属に光を入射したときに、金属中の電子と光との間で発生する相互作用によるカップリング技術の表面プラズモン波を利用しようというものだ。

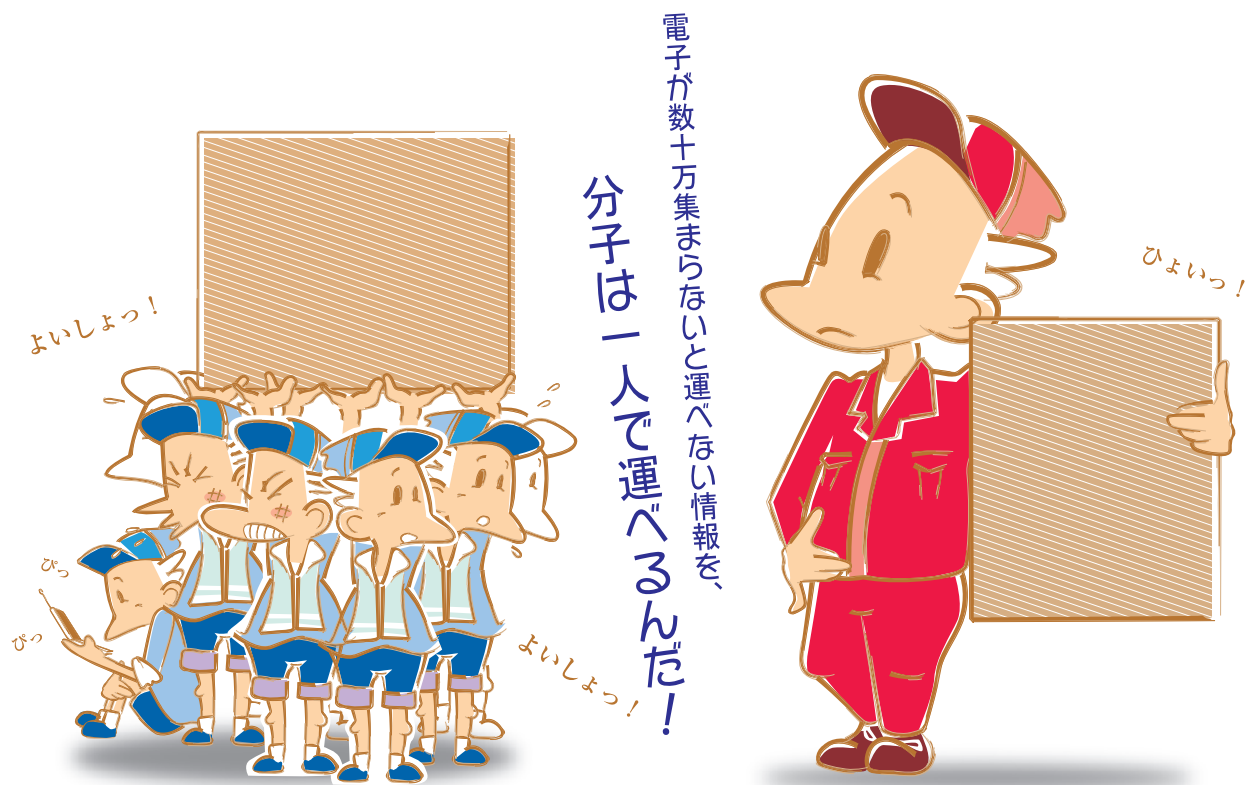
「この光ナノインターフェース技術を用いると、約10nmの大きさまで光を集束させることが可能になるのです。この技術は、まだ今のところエネルギーのロスに対して効率を高める必要があるものの、光とナノ・サイズのデバイスとの橋渡しを担い、光分子スイッチ素子の実現のためにも必要となる、重要な技術なのです。」

未来のための技術とは 補う技術ではなく、 新しい技術を創ること。

分子フォトニックプロジェクトの研究は、分子の機能性を重要視して、分子を構築していくところからスタートしてきた。今は、分子間の相互作用、分子の配列によって分子の機能性をもっとマクロに取り出す探求をしている段階だ。また、分子通信の様に分子自体をキャリアとして情報通信技術に応用するには、分子が運んできた情報を取り出すために、例えば何の情報か、いつ到着したか等を正確に認知できるレベルが求められる。

「今、既存のシステムの足りない部分を補うのではなくて、機能性の高い分子を基に、既存のシステムを超える新しいものを見つけようとするのが、必要だと思うのです。」

そう語る大友研究マネージャーをはじめとする分子フォトニックプロジェクトの研究は、いずれ訪れるであろうパラダイムシフトにも対応できる、次世代の情報通信技術に大きく貢献するだろう。



STAFF



ナノICTグループ 研究マネージャー
大友 明 AKIRA OTOMO Ph.D.

●おととも あきら
最終学歴:
1995年 / Ph. D. セントラルフロリダ大学

職歴:
1984~87年 / 昭和電工株式会社精密機器研究所 研究員
1987~88年 / 東京大学工学部 受託研究員
1988~90年 / 昭和電工株式会社総合技術研究所 研究員
1990~92年 / セントラルフロリダ大学 CREOL 客員研究員
1992~96年 / セントラルフロリダ大学 CREOL 博士課程研究員
1996年~ / 通信総合研究所 入所
2007年~ / 未来ICT研究センター 研究マネージャー

研究分野: ナノフォトニクス、非線形光学
研究内容: 有機分子やオリゴマー、半導体量子ドット等のナノフォトニクス要素ユニット間の相互作用を制御した、ナノスケールデバイスアーキテクチャーの構築。