# ゲノムDNAの新しい電子輸送機構を発見 アト秒の時間で動く伝導電子を観測する手法を開発



池浦 広美 いけうら ひろみ ikeura-sekiguchi@aist.go.jp

計測フロンティア研究部門 光・量子イメージング技術研究グループ 主任研究員 (つくばセンター)

旧電子技術総合研究所では放 射線標準と計測の研究に従事。 産総研発足当時は在外研究員 制度により軟X線顕微鏡の研 究に従事、帰国後は加速器か らのX線を利用した分光やイ メージングなどの計測ツール の開発研究を行い、無機・有 機材料の物性をはじめ未解明 の生命現象について物理と化 学の立場からの解明を目指し ています。

### 関連情報:

共同研究者

関口 哲弘(独立行政法人 日本 原子力研究開発機構)

参考文献

[1]H.lkeura - Sekiguchi, T. Sekiguchi : *Phys. Rev. Lett.* 99, 228102 (2007).

[2] 池浦広美, 関口哲弘: 日本 放射光学会誌, 21(5), 印刷中 (2008).

○ 海外メディア報道

2007 年 12 月 17 日 *PhysicsWorld 誌*(WEB版) (英国物理学協会)

2008 年 1 月 30 日 *Neue Zürcher Zeitung新聞* (スイス)

実験は大学共同利用機関法 人 高エネルギー加速器研究機 構 物質構造科学研究所 BL-27A および日本原子力研究開 発機構のエンドステーション を利用して実施しました。

この研究の一部は、文部科
学省原子力試験研究費により
実施されたものです。

## がん化や老化のメカニズム解明への期待

DNAは生命の設計図が刻み込まれた直径約2 nmの細長い紐状の物質で、ヒトの体細胞では 長さ約2 mもあり、直径約10 µmの細胞核にタ ンパク質に巻きついた構造で複雑に折りたた まれて収納されています。細胞内にはDNAに 発生した傷を1分以内に速やかに修復を始める 能力があるといわれています。DNAの傷の修 復機構がうまく働かないと発がん、老化など が引き起こされます。DNAの傷の場所は特別 なタンパク質がDNAに沿って動くことで感知 しているといわれていますが、果たしてそれ だけでこのように長いDNAについたさまざま な種類の傷を瞬時に見つけだすことができる のでしょうか。

そこで登場するのが電荷輸送機構です。もし DNAが金属のような導線であったら、私たち はどんなに長い線でもテスターをあてて抵抗を 測ることで断線の場所を知ることができます。 DNAの場合も同様に、離れた場所にくっつい たタンパク質がテスターの端子のように振る舞 い、電荷輸送機構を利用して瞬時に傷を見つけ ているとは考えられないでしょうか。

## DNAの新しい電子輸送機構を発見

これまで塩基の重なりを通して電子や正孔の 輸送が起こることは知られていました。私たち はリン酸骨格の電子輸送機構を初めて実証しま した<sup>[1]</sup>。リン酸骨格のつくる伝導帯は塩基に比



図1 DNA の電子輸送機構(赤と青の鎖の部分が リン酸骨格、黄色い部分が塩基対)

べてエネルギーが高いところにあるため、次の ような計測法を考案しました。

まず、X線を使ってリン酸骨格のリン原子の 内殻電子を励起します。電子が励起したリン原 子の周りに束縛されている場合はスペクテー ターオージェ過程で、一方、電子がリン酸骨格 を通って移動する場合はノーマルオージェ過程 で電子が放出されます。

リン原子に生じた内殻正孔が外殻からの電子に よって埋められるまでの時間は1.25フェムト(10<sup>-15</sup> =1000兆分の1)秒で、その間に電子がリン原子か ら離れたときにノーマルオージェが起こるため、 正孔寿命を時計として利用すると、2つのオージェ 過程の相対収量比から電子が伝導帯を通って移動 する時間が計測できます。水和したDNAでは約 740アト(10<sup>-18</sup>=100京分の1)秒と求められ、リン 酸骨格のつくる伝導帯が導体としての電子輸送特 性をもつことが明らかになりました。

一方、チオリン酸基を導入した非周期性のリ ン酸骨格をもつアンチセンスDNAでは電子輸 送機構が見られなかったことから、周期性が重 要な役割をもつことも明らかになりました。

#### 今後の展開

DNAの電荷輸送現象は不明な点が多く、発 見した主鎖の電子伝導性も含めて今後さらに研 究を進めていくことが必要です。将来的には電 荷輸送現象とがん化や老化のメカニズムとの関 係を明らかにすることを目指します。



図2 アト秒領域の電子移動の計測手法の概念図 (図は [1] に掲載されたものを修正して使用)