



Title	生体分子クラスターターゲットを用いた放射線誘起DNA損傷に関する基礎研究
Author(s)	香川, 武史
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48457
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 **香 川 武 史**

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 2 1 1 9 5 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 19 年 3 月 23 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 1 項該当

工学研究科電子情報エネルギー工学専攻

学 位 論 文 名 **生体分子クラスターターゲットを用いた放射線誘起 DNA 損傷に関する基礎研究**

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 飯田 敏行

(副査)

教 授 上田 良夫

教 授 栗津 邦男

教 授 田中 和夫

教 授 兒玉 了祐

教 授 三間 罔興

教 授 西原 功修

教 授 朝日 一

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は生体分子クラスターターゲットを用いた放射線誘起 DNA 損傷に関する基礎研究の成果をまとめたもので、全 6 章より構成されている。

第 1 章では放射線誘起 DNA 損傷研究について概説し、分子クラスターを用いる研究手法の意義および有効性について述べた。

第 2 章では生体分子クラスター源の開発および特性評価について述べた。超音速ジェット法に基づいてクラスター源を設計し、高真空領域に DNA 塩基・水分子クラスターの生成を可能にした。クラスター生成領域において、レーザープローブを用いてレイリー散乱強度を調べることで、平均クラスターサイズを評価した。

第 3 章ではファンデルワールスクラスターとイオンビームの衝突における素過程について、実験的、理論的に考察した。ファンデルワールス結合に基づくアルゴンクラスターとイオンビームの衝突実験を実施し、衝突に伴うシンチレーション光およびイオン化フラグメントの収率を計測した。シンチレーションおよびフラグメントの収率はともにクラスターサイズに強く依存することを明らかにした。また、アルゴンクラスターとイオンビームの衝突において、個々の原子の運動エネルギーの変化を調べるために、イオンの電子的エネルギー付与を考慮した分子動力学シミュレーションコードを開発し、ファンデルワールスクラスターの崩壊メカニズムを考察した。

第 4 章ではレーザービームとの相互作用による DNA 塩基・水分子クラスターのフラグメンテーションについて述べた。開発したクラスター源に飛行時間型質量分析システムを導入し、光子吸収による DNA 塩基・水分子クラスターのフラグメントを調べた。特に、特定のフラグメントに水分子が結合していることを明らかにした。それらの結果は DNA 塩基分子、水分子について、分子軌道法によって分子内・分子間の結合状態をシミュレーション計算することで説明され、多光子吸収、イオン化過程を経て、フラグメンテーションに至るまでのモデルを提案した。

第 5 章では光子吸収およびイオン衝突による DNA 塩基・水分子クラスターのフラグメンテーションにおける比較について述べた。イオンビーム衝突による DNA 塩基・水分子クラスターのフラグメンテーションを調べた結果、レーザー照射によるフラグメンテーションの結果と類似したが、イオン衝突によるフラグメンテーションスペクトルは水分子が結合したものを含まないフラグメントのみで構成されることを明らかにした。これはファンデルワールスカ

で形成されている DNA 塩基・水分子クラスターはイオン衝突の際、エネルギー付与がクラスターを構成する系全体に及ぶため、ファンデルワールス力などの弱い力では十分にクラスター形成が維持できないからであると結論づけた。

第6章では本研究で得られた知見を総括し、本論文の結論とした。

論文審査の結果の要旨

本論文に、生体分子クラスターターゲットを用いて物理化学的に放射線誘起 DNA 損傷に関して研究したものであり、以下の結果を得ている。

- (1) 従来の放射線誘起 DNA 損傷研究と比較し、生体分子クラスターを用いる研究手法の意義および有効性を明らかにしている。
- (2) 超音速ジェット法に基づいたクラスター源を設計し、高真空領域に DNA 塩基・水分子クラスターの生成を可能にしている。また、クラスター生成領域において、レーザープローブを用いてレイリー散乱強度を調べることで、平均クラスターサイズについて評価している。
- (3) ファンデルワールス結合に基づくアルゴンクラスターとイオンビームの衝突実験により、衝突に伴うシンチレーション光およびイオン化フラグメントの収率がともにクラスターサイズに強く依存することを明らかにしている。また、アルゴンクラスターとイオンビームの衝突における原子の運動エネルギーの変化を調べるために、イオンの電子的エネルギー付与を考慮した分子動力学シミュレーションコードを開発し、ファンデルワールスクラスターの崩壊メカニズムを明らかにしている。
- (4) 開発したクラスター源に飛行時間型質量分析システムを導入した測定実験より、DNA 塩基・水分子クラスターの多光子吸収のフラグメンテーションで特定のフラグメントに水分子が結合していることを明らかにしている。それらの結果は分子軌道法によって、DNA 塩基分子および水分子の分子内・分子間の結合状態をシミュレーション計算することで説明され、多光子吸収からイオン化過程を経てフラグメンテーションに至るまでのモデルを提案している。
- (5) イオンビーム衝突による DNA 塩基・水分子クラスターのフラグメンテーション実験では、レーザー照射によるフラグメンテーション実験の結果と類似するものの、イオン衝突によるフラグメンテーションスペクトルは水分子が結合したものを含まないフラグメントのみで構成されることを明らかにしている。

以上のように、本論文は生体分子クラスターを用いて生体のマイクロ体系における物理化学反応を調べる新しい実験手法を確立したものであり、従来のマクロ体系での実験では得られなかった DNA 損傷に関する多くの知見が得られている。これらの知見は当該分野の発展に寄与するところが大きく、よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。