

フェムト秒パルスラジオリシスを用いた電子ビーム誘起現象の研究

Study of the electron beam induced phenomena using a femtosecond pulse radiolysis

*近藤 孝文¹, 神戸 正雄¹, 菅 晃一¹, 楊 金峰¹, 田川 精一、吉田 陽一¹

¹ 阪大産研

高エネルギー電子ビームは材料をイオン化し、電子が媒質中に放出される。この物質中の過剰電子ダイナミクスをフェムト秒パルスラジオリシスとプローブ分子を用いて観測した。プローブ分子として用いたビフェニルラジカルアニオンの生成は、従来報告されている拡散律速反応速度に加えて、それより10倍程度速い生成挙動を示した。このことは、従来の電子ホッピングに加えて、アルカン中に非常に高速な電子輸送機構が存在することを示唆している。

キーワード：放射線化学、パルスラジオリシス、電子輸送

1. 緒言

最先端の EUV リソグラフィーでは、ベースポリマーのイオン化によって放出された電子が酸発生剤と反応して潜像を形成するため、材料中の電子の挙動を理解することが重要である。EUV や高エネルギー電子線等の電離放射線照射による物質のイオン化によって放出された電子は、物質中の輸送によりジェミネートイオン再結合や溶質への電荷移動等の様々な反応を引き起こすので、この現象を理解することは非常に重要である。以前の系統的な電気伝導度の研究で、アルカン中の電子易動度は分子種（構造）により3桁以上も変化することが報告されており、伝導帯エネルギーの値 (V_0) や熱活性化エネルギー (E_a)、分子数密度 (N) に依存することが示されたが、その解明には至っていないように思われる。これまでに我々は、飽和炭化水素の1つであるドデカン ($C_{12}H_{26}$) に超短パルス電子線を照射して、ジェミネートイオン再結合および捕捉剤との反応について報告した[1]。その後、ビフェニルラジカルアニオンが非常に高速に生成することを報告した。本研究の目的は、凝縮物質中において放射線によるイオン化後の電子輸送と媒質の構造・物性の関係を解明することである。

2. 実験手法

フェムト秒パルスラジオリシス実験は、典型的には1 nC, 500 fs, 35 MeV のパルス電子線をフォトカソード高周波電子銃加速器とパルス圧縮器により発生して石英セル中の試料に照射し、フェムト秒レーザー光を増幅・波長変換して時間遅延を与えて分析光パルスとして試料を透過し、バンドパスフィルターにより分光して、可視域は Si-アバランシェフォトダイオード (APD)、近赤外域は InGaAs-APD により検出した。試料は、各種溶液を石英セル中で Ar バブリングにより脱酸素して用いた。

3. 結果と考察

ビフェニル/直鎖アルカン溶液中において、20 ps から数 100 ps の領域で報告されている易動度から予測されるビフェニルラジカルアニオンの生成挙動が観測された。それに加えて、6~10倍以上も速く時間分解能以内でのビフェニルラジカルアニオンの超高速生成を全ての直鎖アルカンで観測した。また、ビフェニル/イソオクタン溶液では、時間分解能以内の超高速生成のみが観測された。この事は、直鎖アルカン中で従来の電子易動度で表される輸送現象に加えて、それよりも非常に速い電子輸送機構が過渡的に存在していることを示唆している。そして、これらの現象は鎖長や分子形状の違い等に関係があるものと推察される。従来から示唆されていた液体中のバンド伝導について考察する予定である。

参考文献

[1] T. Kondoh, et al., Radiat. Phys. Chem., Vol.84,(2013)pp30-34

*Takafumi Kondoh¹, Masao Gohdo¹, Kan Koichi¹, Jinfeng Yang¹ and Yoichi Yoshida¹

¹ISIR, Osaka Univ.