

弥生研究会 放射線化学とその周辺：最新の研究から

日時

平成 15 年 12 月 22 日 (月) 9:00~18:00

場所

独立行政法人理化学研究所 和光研究所 大河内記念ホール(レーザー棟)

講演 20分 討論 10分

アブストラクト

(座長 濱 義昌)

9:00 9:30

生体内の不均一拡散現象と細胞外マトリックス

(理研) 益田 晶子、丑田 公規、岡本 隆之

不均一系の拡散は、ジェミネートイオン再結合などにも見られるように、放射線化学の分野でも重要な研究テーマである。我々は生体中の細胞外マトリックス中に存在するヒアルロン酸水溶液における不均一拡散現象を研究している。今回は新しく開発した蛍光相関分光装置を用いて、拡散係数が測定空間スケールに応じて変化する空間相関現象を測定することに成功したので報告する。

9:30 10:00

早大ピコ秒 RF 電子銃を用いたパルスラジオリシスシステムの開発

(早大理工総研・理研¹・住友重機械²) 小林 雅貴、丑田 公規¹、青木 康²、栗林剛彦、川口 昌朗、柏木 茂、黒田 隆之助、鷺尾 方一

早大理工総研鷺尾研究室では、フォトカソード RF 電子銃を用いたパルスラジオリシスシステムの開発を行っている。我々は、このピコ秒 RF 電子銃により、常時パルスラジオリシスの実験を行うことができるシステムを構築し、放射線化学分野だけでなく様々な分野への貢献を目指し、現在パルスラジオリシスシステムの開発を行っている。我々は、過渡吸収分光法(ポンププローブ法)と呼ばれるパルスラジオリシスシステムの開発を行ってきた。励起源(ポンプ)としてフォトカソード RF 電子銃からの電子線を用い、分析光源(プローブ)として IR レーザーを水に集光させる非線形光学現象による白色光パルスを用いている。我々は、試料に水を用い、水和電子の立ち上がりを測定することで、システムの動作確認を行っている。今回の発表では、システムの詳細についてと、このシステムにより測定を行っ

た水和電子の時間挙動を示す。

10:00 10:30

放射線化学反応を利用した新たな線量計の提案

(早大理工総研) 大島 明博, 日向 俊行, 鷺尾 方一

工業用に用いられる線量計には、実際に被照射試料の用いられる吸収線量領域における線量測定が重要であるが、現在は、数 100kGy 以下の領域で用いられる線量計しかない。しかも、これらの線量計は、照射環境ならびに測定環境に極めて大きく依存する。

我々は、フッ素樹脂であるエチレン - テトラフルオロエチレン共重合体(ETFE)について、放射線照射時の温度効果、LET 効果について検討を重ねた結果、架橋反応と共役二重結合が、照射温度ならびに吸収線量に依存することを見出した。

本研究では、各種温度域において、電子線・ γ 線を照射した際の照射効果ならびに室温・真空中で、LET の異なる各種イオンビームについて LET 効果について、可視 - 紫外スペクトルの解析から、生成物について報告するとともに、光学密度(OD)の変化量を利用することで、新たな線量計への適用性について提案する。

(休憩 : 10:30 - 10:50)

(座長 大島 明博)

10:50 11:20

フォトカソード白色光パルスラジオリシスによるアルコール溶媒和電子の収量評価

(東大原施) 室屋 裕佐, 林 銘章, 上田 徹, 工藤 久明, 勝村 庸介

東大院工原施 S-band ライナックにおいて、放射線誘起初期過程の解明を目的とし、レーザーフォトカソード RF 電子銃とフェムト秒白色光を組み合わせた高時間分解能パルスラジオリシスシステムを開発し利用を開始した。ストロボスコピック (ポンプ-プローブ) 方式に基づくもので、高精度同期された極短電子パルス (ポンプ) とフェムト秒白色光 (プローブ) で、瞬間的な照射および吸光分析を行う。これまで純水、アルコールをはじめとする極性溶媒中の放射線分解生成物の初期収量が報告されてきたが、それらの値は様々である。技術的な問題も含まれ、今回新しいシステムを構築したことで改めて収量評価を行えるものと考え、いくつかのアルコール中の溶媒和電子の測定を行った。

11:20 11:50

水和電子のピコ秒・フェムト秒時間分解共鳴ラマン分光：局所水和構造からの新規共鳴ラマン効果の発見とエネルギー緩和ダイナミクスの観測

(理研) 水野 操, 山口 祥一, 田原 太平

水和電子は最も単純なアニオンとして、非常によく知られている興味深い化学種であるた

め、多くの研究が行われてきている。我々は「水和電子の電子吸収に共鳴する条件でラマン測定を行うと何が観測されるのか？」ということに興味を持ち、これまで行われていなかった振動分光の立場から実験を行った。

ピコ秒時間分解ラマン測定により、液体水中における短寿命の水和電子の周辺水分子の振動が非常に強い共鳴ラマン効果を示すことを見出した。このラマン散乱が、水和電子の s p 電子遷移により現れることを共鳴ラマンの励起プロフィールの測定により明らかにした。またラマン散乱の偏光解消度測定により、水和電子の 3 つの p 状態が縮重していないことを実験的に観測した。

電子が放出されてから 1 ps 以内で進行する水和電子の緩和ダイナミクスを、フェムト秒時間分解ラマン測定により観測した。共鳴ラマンバンド強度の時間変化を過渡吸収強度時間変化と比較したところ、非平衡状態の水和電子からも共鳴ラマン散乱が観測されることがわかった。よって、非平衡状態の電子は s 状態であると結論できる。さらにアンチストークスラマン測定を行った結果、周辺水分子の振動にエネルギーが分布していないことがわかった。これより、水和電子の平衡化は、電子周辺の水分子の配置・配向変化を伴うエネルギー緩和過程であると考えている。

11:50 12:20

超臨界水中のベンゾフェノンの ラジオリシス

(東大原施) 宮崎 豊明、工藤 久明、勝村 庸介

芳香族化合物に対する OH ラジカルの挙動の温度依存性及び超臨界状態での挙動を解明することは超臨界水酸化の効率化のためにも非常に重要である。本研究ではベンゾフェノン水溶液の超臨界水状態での ラジオリシスを行い、超臨界水中での OH ラジカルの役割を検討することを目的とした。室温ではベンゾフェノンの分解 G 値及び生成物の G 値は N₂O 飽和によって大幅に増加することから、OH ラジカルが非常に大きな影響を及ぼしていることが明らかとなった。超臨界状態ではフェノールと 9-フルオレノンが主な生成物であった。超臨界状態では G 値は圧力に大きく依存し圧力が低いと非常に G 値が大きくなった。どの密度でもフェノールと 9-フルオレノンが主な生成物であった。また、N₂O 飽和系のほうが生成及び分解 G 値両方で Ar 飽和系を上回った。超臨界状態でも OH ラジカルがベンゾフェノンの分解及び生成物の生成に大きく関与していることが明らかとなった。

(昼食 12:20 - 13:30)

(座長 室屋 裕佐)

13:30 14:00

2 電子励起メタンが示す巨大共鳴ピーク

(東工大院化学) 河内 宣之、加藤 昌弘、亀田 幸成、小田切 丈、籾野 嘉彦

メタンの光励起に起因する可視・紫外波長分散けい光スペクトルを測定し、励起 CH ラジカル、励起水素原子の放出するけい光放出断面積を、入射光子エネルギーの関数として、12.65-41eV の範囲で測定した。近接する一電子励起状態の 2 倍にも達する、けい光放出の振動子強度を有する、2 電子励起状態を、29eV 付近に発見した。このような 2 電子励起状態の存在は、一電子平均場近似の破綻を強く示唆する。

14:00 14:30

重イオン照射下絶縁体結晶に発見された通常励起状態生成に先立つ集団的発光

(理研・東北大工¹) 木村 一宇、越水 正典¹、浅井 圭介¹、加瀬 昌之

試算してみると、重イオン照射によるエネルギー付与密度は現在の励起源としては最も高いことが解る。ターゲットが絶縁体 (wide-band-gap) の場合は、レーザー光がそのまま使えないので重イオンによる高密度励起が際だつ。しかし、重イオン励起下で発光スペクトルを測ってもそれほど変わったスペクトルは得られないというのが、これまでの結果である。ところが、トラックコア部をメジャーにするよう、つまり 2 次電子の効果を押さえるようにビーム条件を設定した上で、高速の時間分解測定 (80 ps) をすると、異常に速い幅広の発光帯が見つかった。種類の方面から検討した結果、この発光は、各試料で従来知られた励起子や励起状態によるものでなく、全く新しいタイプの発光、すなわち、隣接して存在する電子-空孔対の相互作用が導く誘導輻射と考えられる。少なくとも、絶縁体であれば重イオントラックコア部ではこのような相互作用空間を経ることになる。発光過程に加え、同じ時間スケールで起こる空孔のトラップと損傷の固定への関わりを考える。

(座長 小林 慶規)

14:30 15:00

高分子材料の耐放射線性における線質効果

(原研高崎) 瀬口 忠男

高分子材料は放射線照射で劣化して実用的な特性が低下する。その劣化の度合いである耐放射線性がガンマ線や電子線とイオン照射で異なるか否か、異なる場合には LET の依存性がどの程度であるかを検討した。各種の高分子フィルムに対して、陽子、ヘリウム、炭素、アルゴン、ネオンなどの高エネルギーイオンビームを均一に、且つ、各フィルムを貫通する条件で照射し、引張試験などによる力学特性の測定、架橋・切断の確率などで解析し、比較検討した。その結果は、ほとんどの高分子において、放射線劣化は高分子に吸収されたエネルギー (線量) にのみ依存して変化しており、LET には依存していないことが示された。分子鎖切断型の高分子について、分子量分布の変化を解析すると、LET の大きなイオン照射の場合にも、電子線照射と同様にランダム切断が起こっており、基本的な放射線化学反応においても、LET 効果は見られない。

15:00 15:30

重イオン飛跡構造の理論的考察

(理論放射線研) 大野 新一

重イオン飛跡構造については、重イオンによる直接励起の起こる領域と二次電子による間接励起の起こる領域に分けてそれぞれのトラック半径をイオン(入射粒子)の速度から見積もる Mozumdar, Chatterjee のやり方の結果を利用して自身の実験結果を都合よく説明する研究者が多い。これは Bohr criterion の適用を誤ったものであり、さらに Bethe の阻止能理論に現われる equi-partition rule の適用を誤ったものである。誤りを指摘し、正しい考え方を示す。

(休憩: 15:30 - 16:00)

(座長 河内 宣之)

16:00 - 16:30

飛行時間測定による多孔質薄膜からのポジトロニウム放出

(産総研) 小林 慶規、于 潤升、大平 俊行、鈴木 良一、伊藤 賢志、平田 浩一、佐藤 公法、道田 泰子

シルセスキオキサン系多孔質膜表面から放出されるポジトロニウムのエネルギーを飛行時間法により測定した。空孔率の高い2つの試料(F38、KI31)において、放出したポジトロニウムのエネルギースペクトルに明瞭なピークが見られた。入射陽電子エネルギーを0.5keVから4.0keVまで変化させたところ、ポジトロニウムの放出エネルギーは、F38では1.5eVから0.38eVまで、KI31では1.1eVから0.07eVまでそれぞれ減少した。これはポジトロニウムが空孔中を拡散して表面に達するまでに空孔壁との衝突によりエネルギーを失うことを示している。また、KI31から放出されるポジトロニウムのエネルギーが低いのは、ポジトロニウムが表面に達するまでの移動距離が長い、つまり、KI31中の空孔の方が屈曲性が高いためと考えられる。

16:30 - 17:00

酸化チタンナノ微粒子膜の光反応機構: 可視-近赤外過渡吸収分光法による検討

(産総研) 加藤 隆二、吉原 利忠、古部 昭広、玉城 喜章、村井 美紀、原 浩二郎、村田 重夫、荒川 裕則、立矢 正典

固体中の電子や正孔を分光学的に追跡するために、高感度な可視-近赤外過渡吸収分光計を開発した。ここでは酸化チタンナノ微粒子膜を試料として過渡吸収スペクトルを400-2500nmの範囲で測定した。得られたスペクトルは電子と正孔の吸収スペクトルが重なっているが、定常光照射や電気化学的な手法と組み合わせることでそれぞれのスペクトルを帰属した。その結果、520nmにピークを示すトラップ正孔、770nmにピークを示すトラ

ップ電子，可視から近赤外領域に向かって単調増加を示す自由電子の吸収に分割することができた。正孔と反応するアルコール、電子と反応する酸素を溶液に添加し、反応性について検討を行った。また、これらの結果から、トラップ正孔，トラップ電子は表面に分布し，自由電子は結晶バルクに分布していることがわかった。

(座長 加藤 隆二)

17:00 17:30

高分子材料等への加速微粒子照射効果

(東大原施、東大原総セ¹、京大工²、東大理³、原研高崎⁴) 田所 将志、工藤 久明、室屋 裕佐、勝村 庸介、尾亦 孝男¹、岩井 岳夫¹、柴田 裕実²、長谷川 直³、杉本 雅樹⁴、出崎 亮⁴

地球を取巻く宇宙空間にはさまざまな粒子や物体が存在し直径は1 μm以下～1 m以上であり、その速さは秒速1～100 kmとされている。特に1 μm以下の微粒子は非常に多く、人工衛星などに高い頻度で衝突する。このような背景から我々は宇宙で使用される高分子材料等に対して静電加速器 (Van deGraaff) を用いた加速微粒子(Ag,Ni,速度 1～10km/s、質量約 10-15kg)高速衝突実験を行い、発生した衝突痕をレーザー顕微鏡や SEM、EDX などの器材を用いて解析した。この衝突現象の影響を評価するために、粒子計算法の一種である SPH(Smoothed Particle Hydrodynamic)法シミュレーションを用いて解析し、実験で得られた結果と比較した。この手法は系を離散化し、支配方程式を仮想的な粒子間の相互作用とする計算手法で、系の大変形を扱い得るものである。

17:30 18:00

マイクロ波による PVC の分解：電界強度分布測定

(理研・神戸製鋼¹・早大理工総研²・北大理³) 丑田 公規、中尾 昇¹、菊池 直樹¹、伊藤 政幸²、浅井 健太郎²、野寄 龍介³、鷲尾 方一²

我々は、マイクロ波照射によって、PVC を含んだ混合プラスチックから、PVC のみを選択的に脱塩素化し高炉の製鉄に用いるケミカルリサイクル法を研究し、最近までに実用化のめどをつけた。特に処理中の温度測定、および空洞共振器中の電界強度依存性などを調べ、PVC に対する電卓性が生じるメカニズムに誘電吸収の温度変化が大きく関わっていることを見いだした。処理量を増やした実用化試験器の結果とともに紹介する。

懇親会 広沢クラブ会議室(終了後すぐ:-20:00) 会費 一般 3000円
学生 1500円