

加速器・ビーム科学部会セッション

電子ビーム技術を用いたパルスラジオリシス法の展開

Development of Pulse Radiolysis Method Using Electron Beam Technology

(2) パルスラジオリシス法を用いた高温超臨界流体の放射線化学研究と
原子力水化学分野への応用(2) Pulse Radiolysis Study on Radiation Chemistry of High-temperature and Supercritical Fluids and Its
Application to Water Chemistry in Water-cooled reactors*室屋 裕佐¹¹ 阪大産研

1. はじめに

パルスラジオリシス法はビーム誘起反応の直接的な測定に極めて有用であり、複雑且つ高速に進行する様々な反応機構の解明に貢献してきた。さらに近年の技術進展により、これまで測定困難であった現象に対しても測定が可能となってきている。従来のナノ秒分解能のパルスラジオリシス法に加えて、レーザフォトカソードやフェムト秒レーザを用いたピコ秒パルスラジオリシス法の技術も近年成熟しており、測定システムの概要や原子力分野への応用研究について紹介する。

2. ピコ秒・ナノ秒パルスラジオリシス法と高温放射線化学研究

高温・超臨界流体の放射線化学研究は、軽水炉の水化学（PWR、BWR、次世代炉 SCWR）と深く関わり進められてきた。炉心冷却水の放射線分解反応が構造材の応力腐食割れや放射能移行といった事象に深く関わることから、亜臨界・超臨界状態を含めた水分解反応に関する知見の蓄積と、それに基づいた水化学制御手法が重要である。これまでガンマラジオリシス法やナノ秒パルスラジオリシス法を用いた研究が進められてきたが、高温下の反応は極めて迅速に進行するため観測可能な現象も限られていた。

90年代後半よりレーザフォトカソードやフェムト秒レーザを組み合わせたピコ秒パルスラジオリシス法の技術開発が進み、高温実験への適用も試みられたが、当初は技術的な課題も多く測定波長や測定効率など改善すべき点が多かった。レーザ安定化、ライナック・レーザ同期安定化、過渡吸収分光計測の高速化・高精度化等の技術的課題を改善した結果、既存のナノ秒システムに劣らない実用性が達成された。測定可能な温度・圧力領域も、亜臨界を超えて超臨界領域まで拡充された。現在ではマルチチャンネル分光器を用いて、紫外～近赤外領域（350～1700 nm）における2次元の過渡吸収データを数分程度で取得可能となっている。

3. 原子力水化学分野への応用

水分解反応によって生じる活性種（水和電子、OH、H等）の収量（G値）や反応性（反応速度定数）に関する知見は、原子炉冷却水の化学雰囲気を把握する上で不可欠な知見である。ピコ秒・ナノ秒パルスラジオリシス法の活用によってこれらを決定し、数値計算へ反映させることで全体の反応系すなわち化学状態を把握することができる。一例として、炉心の腐食環境を緩和するための手法として、PWRでは炉心への水素注入が行われているが最適な注入量については議論が収束していない。我々はこれまで測定困難であった $H + H_2O \rightarrow OH + H_2$ の反応に着目し、高温下での反応速度定数を決定すると共に、この素反応一つで水素注入の効果が大きく変わることも示した。

3. 今後の展望

PWRのみならずBWRにおいても冷却水への貴金属注入等、新たな水化学制御方法の検討が進められている。注入材自体もビーム照射によって高機能化される（例えば白金イオンのナノ粒子化）など、ビーム誘起反応の理解と高度応用が今後も益々重要になるものと期待される。

*Yusa Muroya¹¹SANKEN, Osaka Univ.