

## Present Status of Pulse Radiolysis System with Photo Cathode RF-Gun at Waseda University

Akihiro Fujita<sup>1,A)</sup>, Kazuyuki Sakaue<sup>A)</sup>, Tomoaki Nomoto<sup>A)</sup>, Yoshimasa Hama<sup>A)</sup>, Yuji Hosaka<sup>A)</sup>, Masakazu Washio<sup>A)</sup>,  
Shigeru Kashiwagi<sup>B)</sup>, Ryunosuke Kuroda<sup>C)</sup>, Kiminori Ushida<sup>D)</sup>

<sup>A)</sup>Research Institute for Science and Engineering, Waseda University (RISE)  
17, Kikui-cho, Shinjyuku-ku, Tokyo, 162-0044

<sup>B)</sup>The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University (ISIR)  
8-1, Mihogaoka, Ibaraki-shi, Osaka, 567-0047

<sup>C)</sup>Advanced Industrial Science and Technology (AIST)  
1-1-1, Umezono, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-8568

<sup>D)</sup>The Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN)  
2-1, Hirosawa, Wako-shi, Saitama, 351-0198

### Abstract

A compact pulse radiolysis system has been developed to observe initial processes of radiation chemistry at Waseda University (RISE). We have succeeded in developing a pico-second time resolution system. Recently, photo cathode RF-Gun with Cs-Te cathode which has high quantum efficiency was installed, so that we can obtain a high charge electron beam. We attempted improvement of signal and S/N ratio. We also build up nano-second time resolution system with Xe flash lamp and monochromator. In this presentation, we will report a present status of our system.

## 早稲田大学におけるフォトカソードRF電子銃を用いた パルスラジオリシスシステムの現状

### 1. はじめに

我々は、フォトカソードRF電子銃を用いたコンパクトなパルスラジオリシスシステムの構築を行ってきた。パルスラジオリシスとは、サンプルに電子ビームを照射して生成する短寿命中間活性種の時間挙動を測定する方法で、放射線化学反応初期過程を解明するための有効な手段である。これまでの研究で、十分な時間分解能を持つピコ秒システムの構築に成功している。<sup>[1][2]</sup>今回、Cs-Teを備えた新しいRF電子銃をインストールし、シグナルとS/Nの向上を図った。また現在、Xeフラッシュランプと分光器を組み合わせたナノ秒システムの構築を行っている。本講演ではこれらの現状ならびに今後の展望について報告する。

### 2. ピコ秒システム評価実験

#### 2.1 ピコ秒システムセットアップ

Fig.1にピコ秒システムセットアップを示す。ピコ秒レーザーシステム・PULRISE V(住友重機、Time Bandwidth社製)から発振される基本波(IR:1047nm)を分析光源、4倍高調波(UV:262nm)を電子ビーム源と

して使用している。UV光はRF電子銃のカソードに照射し、電子ビームを発生させ、ビームライン下流に設置しているQ-Magnetで電子ビームを収束させて、サンプルセル(Optical path: 10mm)に照射する。一方、IRはFlash Lamp増幅器にてパワーをアンプし、Delay Stageにて光学遅延をかけ、石英製水入りセルに導かれる。ここで、非線形光学効果により白色光を生成し、これを分析光として用いる。分析光は2つに分け、一方はそのままReference: I<sub>0</sub>、もう一方はサンプルに照射し、Probe: IとしてそれぞれPhoto Diodeで検出し、その強度比を(Eq.1)のようにO.D.として算出する。

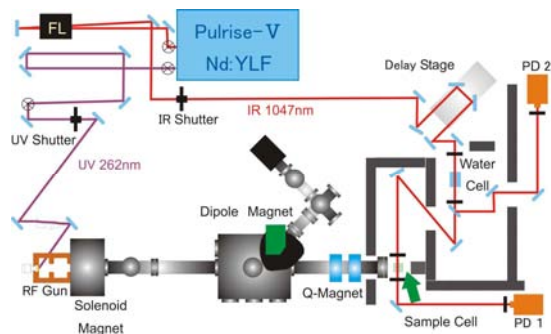


Fig.1 Pico-Second Pulse Radiolysis System

<sup>1</sup> E-mail: a\_fujita\_2004@asagi.waseda.jp

$$O.D. = \log_{10} \frac{I_0}{I} \quad (\text{Eq.1})$$

我々のシステムでは、電子ビームのサンプル照射タイミングに対して分析光に光学遅延をかけてサンプルに照射して、それぞれの状態を記録し貼り合わせていくストロボスコープ法を採用している。時間分解能が電子ビームと分析光の時間幅・空間幅にのみ依存するため、ピコ秒オーダーで現象を追跡することが可能である。

## 2.2 新RF電子銃のインストール<sup>[3]</sup>

2007年度、これまで使用してきたCuカソードから、Cs-Teカソードを備えた新しいRF電子銃をインストールした。Cs-Teは、Cuに比べて量子効率が2桁程度高かつ加速空洞の性能が向上したため、Table.1のようにエネルギー・電荷量ともにより良い状態でのパルスラジオリシス実験が可能となった。

	Cu	Cs-Te
Q.E.	Low	High
Energy	4.6MeV	5.3MeV
Charge	~ 1nC	~ 4nC

## 2.3 システム評価実験

水の放射線化学反応に関しては古くから研究されており、水に放射線を照射すると数100フェムト秒で水和電子が生成し、数100マイクロ秒で減衰することが知られている。このため我々は、水和電子の過渡吸収測定を行い、O.D.、S/N、時間分解能などについて評価してきた。O.D.は立ち上がり後のシグナル、S/NはシグナルをS、立ち上がり部分のばらつき標準偏差をNとして、時間分解能は立ち上がり時間で定義している。

2007年度の実験結果をTable.2、Fig.2に示す。Cs-Teインストール直後に行ったため、電子ビームの状態が非常に不安定であったが、2006年度に比べて、約3倍の電荷量で実験を行うことができ、O.D.ならびにS/Nの大幅な改善に成功した。

	2006	2007
Cathode	Cu	Cs-Te
Charge	0.67nC	2.1nC
O.D.	0.024	0.101
S/N	6.1	19.9
Time Resolution	18ps	28ps

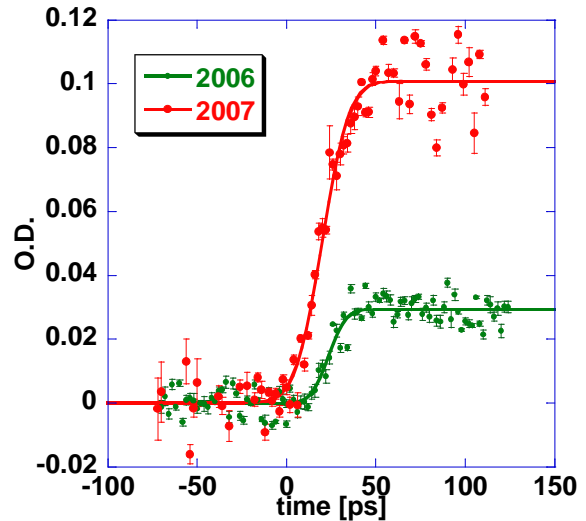


Fig.2 Time profile of hydrated electron

## 3. ナノ秒システムの構築

### 3.1 ナノ秒システムの構築

ナノ秒システムは、ワンショットで時間プロファイルが得られるため、多くのサンプルの時間挙動を測定できるとともに、ピコ秒測定と組み合わせることでより幅広い時間領域で現象を追跡可能にすることが期待されている。現在、Xeフラッシュランプ(Fig.3)と分光器(Fig.4)を組み合わせた広域波長の測定が可能なシステムの構築を行っている。



Fig.3 Xe Lamp



Fig.4 Monochromator

### 3.2 予備実験(1) 水和電子吸収測定

現在Xeフラッシュランプと分光器を用いてナノ秒パルスラジオリシスの予備実験を行っており、東京大学が実施しているシステムでのデータを評価した。Fig.5は水和電子の時間プロファイルを示す。立ち上がりから減衰までをワンショットで捉えることができる。またFig.6に水和電子の吸収スペクトルを示す。水和電子は720nmに極大吸収波長を持ち、可視領域から赤外領域までブロードな吸収スペクトルを持つことが知られており、同様の結果を得ることができた。以上のことから、本システムの導入により300nmから900nmまでの広域波長域における測定が可能となり、さらに上記ピコ秒システムと合わせることでよりピコ秒オーダーの詳細な時間分解を持つ

た測定とナノ秒オーダーの広時間域における測定の両方が可能となることが示された。

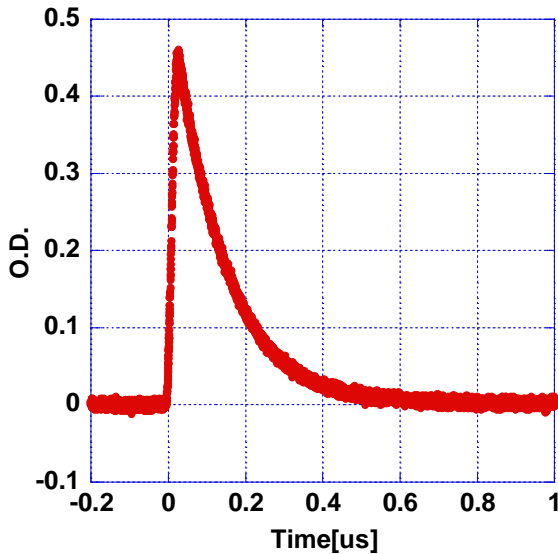


Fig.5 Time profile of hydrated electron

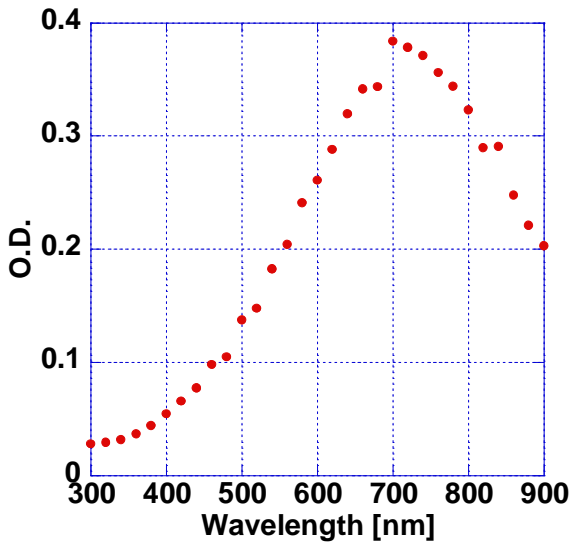


Fig.6 Spectrum of hydrated electron

### 3.3 予備実験(2) ドデカン吸収測定

n-ドデカン ( $C_{12}H_{26}$ ) などのアルカンの放射線化学反応初期過程では、(Eq.2)イオン化、(Eq.3)ジエミネート再結合のような反応が起きることが知られており、東京大学が実施しているシステムでのデータを評価した。Fig.7にn-ドデカンの吸収スペクトルを示す。n-ドデカンでは650nm付近に励起状態( $RH^*$ )、850nm付近にカチオン状態( $RH^{+\cdot}$ )の吸収があることが知られており、それらを確認することができた。一酸化二窒素( $N_2O$ )は電子のスクベンジャーで、カチオン状態を確認するために用いている。

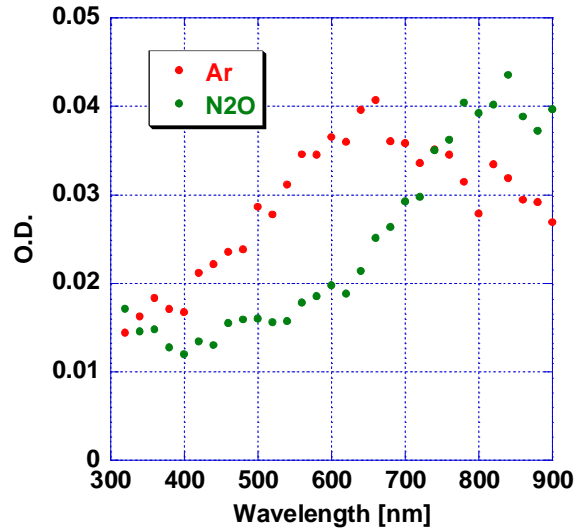
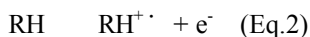


Fig.7 Spectrum of n-dodecane

## 4 . まとめと今後の予定

我々は、フォトカソードRF電子銃を用いたコンパクトなパルスラジオリシスシステムの構築を行ってきた。Cs-Teカソードを備えたRF電子銃をインストールしたことにより、ピコ秒システムにおいてO.D.ならびにS/Nを大幅に改善させることが出来た。今後、最適パラメータでの電子ビームで実験を行うことで、さらにシステムの高性能化を目指す。またナノ秒システムについては、東京大学で実施した予備実験の評価を行った結果、ピコ秒システムで測定を行うためのデータを十分取得可能であることがわかった。今後、ナノ秒システムを構築し、アルカンのジェミネートイオン再結合をピコ秒システムで追跡するための基礎データを蓄積していく予定である。

## 謝辞

ナノ秒システムの構築にあたり、東京大学大学院工学系研究科原子力専攻勝村研究室の勝村庸介先生ならびに室屋裕佐先生にナノ秒実験のデータを提供していただきました。ここに深く感謝いたします。

## 参考文献

- [1] M. Kawaguchi, et al., Nucl. Instr. and Meth. B 236 (2005) 425-431
- [2] H. Nagai et al., Nucl. Instr. and Meth. B 265 (2007) 82-86
- [3] T. Suzuki, et al, Proc. of this conference.