

プラズマ・液体相互作用における溶媒和電子に関する実験研究 Experimental investigation on solvated electrons in plasma-liquid interaction

北大工 佐々木 浩一

Hokkaido Univ., Koichi Sasaki

E-mail: sasaki@qe.eng.hokudai.ac.jp

はじめに 筆者は、プラズマ・液体相互作用の研究を開始してしばらくした後に水和電子という言葉聞き及び、丸裸ではないにせよ水中に電子が存在するならプラズマ・液体相互作用の研究対象として重要だろうと考えたが、有効な実験計画を長く立案できなかった。David Go らの論文 [1] を読んだが、彼らの方法をそのまま使っても実験はうまくいかないだろうと予測した。また、放射線化学の有力な研究者に「水和電子に関する研究はもう全部やってしまったから今更テーマはない」と言われていたこともあり、水和電子 (溶媒和電子) の研究を立ち上げるのが遅れた。しかし、5 年程前に自身に可能な実験的アプローチを思い付き、遅ればせながら研究を開始した。本講演では、筆者らがこれまでに実施した溶媒和電子に関する実験的研究を紹介させていただく。

CTTS 遷移による溶媒和電子の生成および反応周波数の計測 筆者の所属する専攻には 40 MeV の電子線ライナックを用いたパルスラジオリシスの実験環境があったが (現在は中性子源としてのみ運転)、加速器実験室にプラズマを置いて実験をするのにはハードルを感じた。ところが、あるとき、親しい放射線化学の研究者がフラッシュホトリシスで溶媒和電子を生成していることに気づき、この方法ならできそうだと感じて実験を開始した。これは CTTS (Charge Transfer to Solvent) 遷移と呼ばれる一種の光脱離過程で、液中に添加した I^- に波長 225 nm のパルスレーザー光 (pump 光) を照射して溶媒和電子を生成し、pump 光と同じ光軸に probe 光を乗せて、その吸収の時間変化から溶媒和電子の反応周波数を求める方法である。ある程度の成果 [2,3] は得られたが、溶媒和電子の反応性と言うより液体雰囲気や溶媒和電子に対してどのような反応性を持つかを調べる実験に近く、またなにより、バルク液中での実験しかできないことが残念に感じられた。

レーザー誘起脱溶媒和による気液界面層における水和電子の検出 CTTS 遷移関係の論文を調べる過程で、レーザー照射により水和電子を自由電子に変換し、気液界面を通して気相に輸送することに気づいた。液相における自由電子の輸送は極めて collisional であり、界面から 10 nm 未満程度の位置に存在する水和電子しか検出できないが、このことは逆に液相側気液界面層に存在する水和電子にのみ選択的に感度を持つ実験技術となることを意味し、プラズマ・液体相互作用によって生成される水和電子を調べるのに好適な方法と考えた。プラズマに輸送した自由電子をどのように検出するかが問題だが、まずはできることから始めようということで、NaCl 水溶液を陰極として動作する大気圧直流ヘリウムグロー放電を題材に選び、陰極水面から自由電子を放出させた時に放電電流に生じるパルス変化をモニターすることにした。レーザーに波長可変色素レーザーを用いた実験の結果から、高エネルギーイオンの照射による水分子の電離に起因して生成される水和電子は気液界面の下 7-15 nm の領域に存在するとの結果を得ている [4]。

謝辞 本講演で述べる溶媒和電子に関する実験は、博士後期課程 2 年の稲垣慶修君が卒業研究から今まで続けているものである。また、本研究は科学研究費補助金 21J11632, 20H00135, および、19K21861 のサポートを受けている。

[1] P. Rumbach, D. M. Bartels, R. M. Sankaran, and D. B. Go, Nat. Comm. **6**, 7248 (2015).

[2] Y. Inagaki and K. Sasaki, Jpn. J. Appl. Phys. **59**, 066001 (2020).

[3] Y. Inagaki and K. Sasaki, Jpn. J. Appl. Phys. **60**, 096001 (2021).

[4] Y. Inagaki and K. Sasaki, submitted to Plasma Sources Sci. Technol.