

1P001

## イオン液体分子線を用いた気-液界面衝突ダイナミクスの研究

(大阪大学理学研究科<sup>1</sup>, 立命館大学理工学部<sup>2</sup>) 松浦 裕介<sup>1</sup>, 寺本 高啓<sup>2</sup>, ○大山 浩<sup>1</sup>

### Study on collision dynamics at the gas-liquid interface by using an ionic liquid beam

(Graduate School of Science Osaka University<sup>1</sup>, Department of Electrical & Electronic Engineering, Ritsumeikan University<sup>2</sup>) Yusuke Matsuura<sup>1</sup>, Takahiro Teramoto<sup>2</sup>, ○Hiroshi Ohoyama<sup>1</sup>

**[序]** 気-液界面での動的過程（エネルギー移動・分子移動・反応）は、不均一系での基礎的かつ重要な多くの現象（例えば、溶解過程、蒸留過程さらには生物の呼吸・細胞膜の分子移動等）と深く関わっている。しかしながら、これら基礎的過程の衝突ダイナミクスに関する直接研究はほとんどない。本研究では、蒸気圧の極めて低いイオン液体等を液体フィルム分子線として真空中に噴出し、これに量子状態制御した分子線を照射し、内部状態選別微分散乱断面積の測定及びその液体流速・温度及びパルス強磁場電場印加効果から「気-液界面でのエネルギー移動・分子移動・反応過程におけるダイナミクス研究」という新規研究領域を創出することを目的として装置開発を行った。

#### [イオン液体分子線の開発]

イオン液体フィルム分子線発生のため、図1に示す循環システムを有する分子線装置を試作した。均一で薄い膜厚の液体フィルムの発生を可能にするため、様々な形状のノズルチップを試作し、最適化した。イオン液体[C2min][NTf2]に対して得られた液体フィルムの写真を図2に示す。約10mm幅のフィルム分子線が形成されている事が分かる。また、分子線の衝突入射角を可変とするため、ノズルを回転可能とした。さらにイオン液体の粘性が、温度に非常に敏感であるため、熱電対及び冷却水循環系を組み合わせた制御システムを構築し、これにより安定した液体フィルムの発生を実現した。また液体表面構造の解析のため、磁気ボトル型のペニング電子分光装置を設置した。

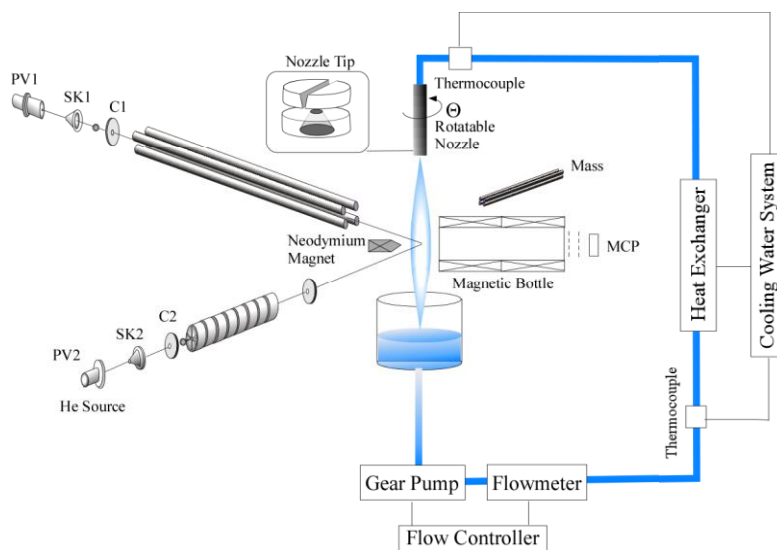


図1 イオン液体フィルム分子線循環システム



図2 イオン液体 [C2min][NTf2] のフィルム分子線

**[膜厚測定]** 真空内のイオン液体[C2min][NTf2]フィルム分子線に、 $\phi 1\text{mm}$  にコリメートした白色 LED 光を入射角  $45$  度で照射し、鏡面反射方向で反射光を測定した。冷却マルチチャンネル分光器により光源及び反射光のスペクトルを測定し、これより反射率スペクトルを求めた(図 3)。反射率スペクトルには、液体フィルム分子線の表面と裏面からの反射光の干渉縞が観測され、光学精度の均一な膜が生成していることを確認した。干渉パターンから算出した(図 4)、流量( $1.1\text{ mLs}^{-1}$ )、液温( $23\text{ }^\circ\text{C}$ ) における膜厚は  $3.4\text{ }\mu\text{m}$  となった(図 5)。膜厚は、循環の際の流速・温度条件を変えることで  $2\text{--}4\text{ }\mu\text{m}$  の範囲で制御可能である。このように気-液界面での衝突ダイナミクスに必要な不可欠な光学精度の均一なイオン液体フィルム分子線を真空中で発生させることに成功した。

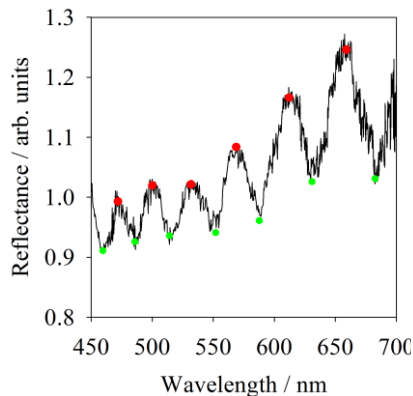


図 3 反射率スペクトル

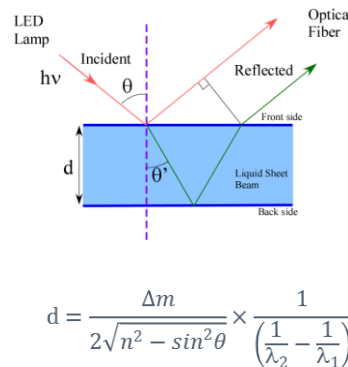


図 4 干渉縞と膜厚の関係

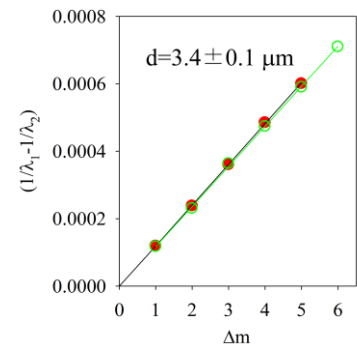


図 5 [C2min][NTf2] フィルム分子線の膜厚

**[[C2min][NTf2]への CO<sub>2</sub> 溶解過程]** 量子状態制御した分子線による気-液界面衝突ダイナミクス研究に先駆け、[C2min][NTf2]への CO<sub>2</sub> 溶解過程の予備的測定を行った。イオン液体[C2min][NTf2]フィルム分子線に、3 段差動排気して $\phi 1\text{mm}$  にコリメートした CO<sub>2</sub> 分子線を衝突させ、King and Well 法により、質量分析計( $m/e=44$ ) を用いて、溶解確率を求めた。法線方向から入射した場合の測定結果の例を図 6 に示す。ビームフラッグを on-off することで、[C2min][NTf2]フィルム分子線に CO<sub>2</sub> 分子線が衝突し溶解することで信号強度が減少するのが分かる。溶解確率を  $s = (I_{F-on} - I_{F-off}) / I_{F-on}$  で定義すると  $s \sim 0.08$  が得られた。

気-液界面での溶解過程では、CO<sub>2</sub> 分子がイオン液体表面分子間の相互作用(表面張力)に打ち勝ってイオン液体内へ侵入し溶媒和によって安定化する必要があると期待される。図 7 に CO<sub>2</sub> 分子線の法線方向速度分布の入射角依存性を示す。入射角により法線方向衝突エネルギーが大きく変わるため、溶解過程に閾値がある場合には、溶解確率が顕著な入射角依存性を示すことが予想される。この測定結果についても合わせて報告する。

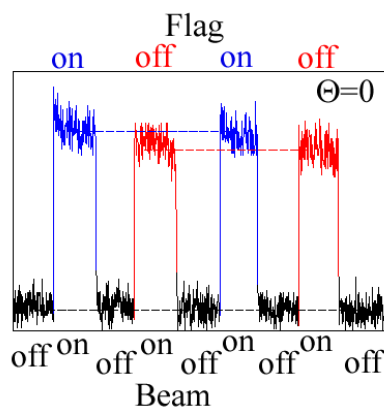


図 6 [C2min][NTf2]への CO<sub>2</sub> 溶解過程の King and Well 法による測定

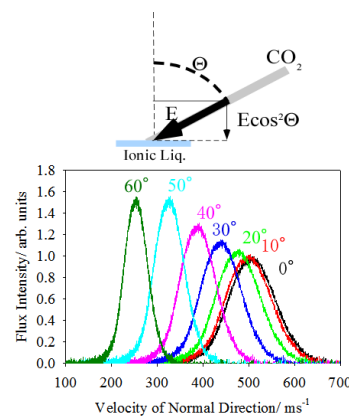


図 7 CO<sub>2</sub> 分子線の法線方向速度成分の入射角依存性