

近赤外吸収イメージング法を用いた微量水溶液の温度と濃度の可視化

○角田 直人^{*1)}、川嶋 大介^{*1)}、近藤 克哉^{*2)}、有本 英伸^{*3)}、山田 幸生^{*4)}

1. 目的・背景

温度と物質濃度の測定は、熱物質輸送現象の学理から化学分析や燃料電池などの実用分野に至るまで極めて重要である。特に、近年は試料の微量化とシステムの小型化が図られており、ミニ・マイクロ領域に対する測定が要請されている。例えば、化学分析の分野では、 μ TAS (Micro-Total Analysis System) の開発が精力的に進められており、局所的かつ高分解能の温度と濃度の測定が一層重要となっている。しかし、対象溶液は、マイクロ流体チップなどの内部に閉じ込められており、加えてチップ材料は中遠赤外光を吸収するため、従来の放射温度測定はできない。本研究では、水の近赤外吸収帯の温度及び水分量の依存性を利用した、独創的な温度と濃度のイメージング法を提案する。温度と濃度は同時にイメージングすることが可能であり、各種反応系における熱物質移動現象を定量的に明らかにすることを目的とする。

2. 研究内容

近赤外域の波長 1440 nm 付近に存在する吸収帯（水分子の対称伸縮振動と変角振動の結合音に由来する $\nu_1 + \nu_3$ 吸収帯）では、波長 1412 nm に温度に対する吸光度変化の極大値が存在し、温度に依存しない等吸収点が 1442 nm に存在する。一方、両波長はともに水の体積分率に敏感である。そこで、両波長の吸収画像を高速で交互に取得することを考案した。具体的には、2つのハロゲン光をチョップディスクによって交互に通過させ、各々の波長に対応する狭帯透過フィルタを介して試料に照射する。透過光は、チョップと同期させた近赤外カメラによって各波長 100 frames/s で撮影される。両波長の吸収画像から温度と水体積分率の時系列画像を構成する。

図 1 は、Y 字流路内の水とエタノール水溶液に対して温度と水体積分率を画像化した一例である。流れと拡散による温度と濃度分布の変化が明瞭に画像化された。温度分解能は 0.2 K、濃度分解能は 0.05% 以下であることを示した。

3. 今後の展開

水の近赤外吸収特性を利用した温度と濃度の同時イメージング法は、蛍光物質などの物質添加を必要としない非接触式測定法であるため、様々な水溶液試料を簡便かつ迅速に測定することが可能であり、様々な応用が期待される。

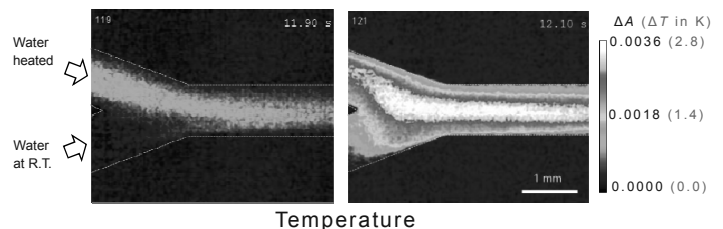


図 1 (a) . Y 字型流路（幅 1 mm、深さ 0.5 mm）の上側支流路から加熱（約 3 K）された純水、下側から室温の水が流入し合流したときの温度画像。右は流入直後で左は 0.2 s 後の画像

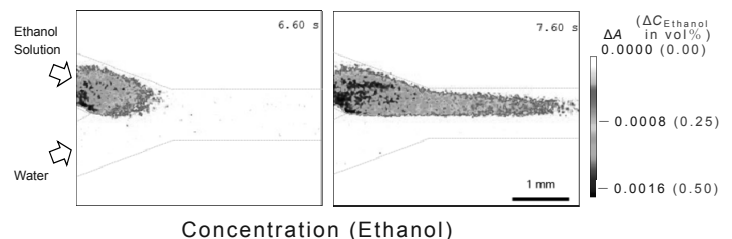


図 1 (b) . 同流路に上側からエタノール水溶液 (0.5vol%)、下側から純水が流入したときの水の積分率画像

*1)首都大学東京、*2)鳥取大学、*3)独立行政法人産業技術総合研究所、*4)電気通信大学