

アンチストークス蛍光を用いた微量液体の温度測定

Thermometry of a small amount of liquid using anti-Stokes fluorescence

東工大工, [○]後藤 匠, 當麻 真奈, 梶川 浩太郎Tokyo Tech., [○]Takumi Goto, Mana Toma, Kotaro Kajikawa

E-mail: kajikawa@ee.e.titech.ac.jp

細胞等の体積が 1mm^3 以下の微小な対象物の温度を測定する際、熱電対等の接触が必要なプローブを用いることは難しい。プローブの熱容量が温度に影響を与えるためである。また、熱放射測定による非接触温度測定は一定の面積を持つ検出器が必要であり適用は困難である。これまで、量子ドット、ナノダイヤモンド、色素でラベルされた高分子（色素/高分子）からの蛍光測定が検討されてきた。量子ドットは単位温度変化あたりの蛍光強度変化は $6.2\%/^{\circ}\text{C}$ と高感度であるが環境負荷が高い Cd を主成分としている^[1]。ナノダイヤモンドは広い温度領域で測定可能であるが感度が低い（波長変化 $0.016\text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ ）^[2]、また、色素/高分子は高感度であるが、測定可能な温度領域が狭い^[3]。本研究では、低コストで環境負荷が小さいアンチストークス(AS)を示す蛍光色素を使った微小領域の温度測定を報告する。

AS 蛍光は、励起光より短い波長の蛍光が発生する現象である。熱的に励起される振動エネルギーを使った蛍光の短波長化が起こるので、温度依存性が大きい。また、励起波長における溶液の吸収が非常に小さいという利点がある。我々は、これらの色素分子を含む微量液体からの蛍光強度や蛍光ピーク波長の温度依存性を調べた。

用いた色素は Rhodamine 101 である。濃度 1mM の水溶液、 $0.9\mu\text{L}$ （直径 1.5mm ×高さ 0.5mm ）の AS 蛍光スペクトルの温度依存性を図 1(a)に示す。励起光は 632.8nm であり、それよりも短波長側のスペクトルである AS 蛍光が観測されている。AS 蛍光の強度は、温度が上昇するにつれて大きく増加した。一方、 532nm で励起したストークス (S) 蛍光についても蛍光スペクトルを測定し得られた蛍光強度の温度依存性を図 1(b)に示す。S 蛍光では温度依存性が小さいのに対し、AS 蛍光は $2.7\%/^{\circ}\text{C}$ の温度依存性を示し、簡便であるにも関わらず量子ドットや色素/高分子と同程度の感度を示すことがわかった。

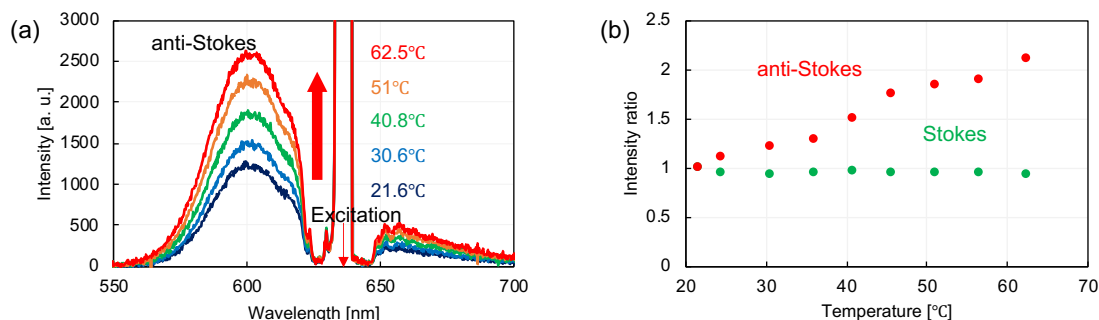


Figure 1 (a) anti-Stokes fluorescence spectrum of Rhodamine 101 at different temperatures. (b) Temperature dependence of both fluorescence intensities.

[1]. R Tanimoto *et al.*, Sci. Rep. **6**, (2016) 22071.

[2]. M Fujiwara *et al.*, Carbon **198**, (2022) 57.

[3]. S Uchiyama *et al.*, Anal. Chem. **75**, (2003) 5926