

3P040

消光反応を使った超微細酸素気泡の水中における溶存状態の研究

— 塩効果

(筑波大学数理物質系) ○西村 賢宣、新井 達郎

A study of solvation behavior of oxygen nanobubbles in water

by quenching reaction – Salt effect

(University of Tsukuba) ○Yoshinobu Nishimura, Tatsuo Arai

【序】 超微細気泡(ナノバブル)を応用した技術が多くの分野で利用され始め、様々な関心を集めている。しかし、ナノバブルがどのような存在形態をとっているのか、またどのように作用しているかについては多くの議論があり、観測手法としては動的散乱によるサイズ測定や顕微鏡によるナノバブルの直接測定等が報告されている。そこで新規な試みとして、酸素分子を水へ強制的に溶解させて過飽和状態を作り出し、溶存酸素濃度を過渡吸収分光法によって測定された寿命から算出する手法の検討を行ってきた。可視部に吸収帯を持つ色素エオシンY(EY^{2-})は光励起によって $54.8 \mu s$ の寿命を有する励起三重項状態を生成する。この励起状態は溶存酸素によって消光されて基底状態に戻るため、このときの寿命と消光速度定数から溶存酸素濃度を見積もることができる。この手法により、超微細気泡発生装置を使って水中へ酸素を強制的に溶解させ、開放系におかれた分光セルから、酸素分子が大気中へ放出され、水中での溶存酸素濃度が時間とともに減少していく現象を報告した[1]。この過程は単調ではない特徴的な3つの段階からなり、1) 急激な酸素濃度の減少期(P1)、2) 酸素濃度が周期的に変動する期間(P2)、3) 大気中との平衡が成立していく期間(P3)が見いだされた。特にP2に関しては、溶存させた無機塩(KCl)の存在が重要であり、無機塩が存在しない場合には観測することができなかった。そこで、今回無機塩としてNaClを用いて塩の違いによる効果を調べ、明確な違いが認められたので、そのことについて検討を行う。

【実験】 過渡吸収測定装置は、ナノ秒パルス Nd-YAG レーザーの第三高調波 355 nm (DCR2, Quanta-Ray)を励起源とし、キセノンフラッシュランプをプローブ光に用いて、マルチチャンネル分光器(SR-303i, Andor technology)で検出した。色素にはエオシンY(EY^{2-})を用い、超微細気泡発生装置(MA5S, アスプ製)によって酸素ナノバブルを発生させた。溶存酸素濃度は、酸素分子の拡散律速速度定数を Stern-Volmer 式に適用し、各経過時間における三重項寿命から算出した。塩効果を調べるために、3 wt%の KCl または NaCl を含む水溶液を使った。

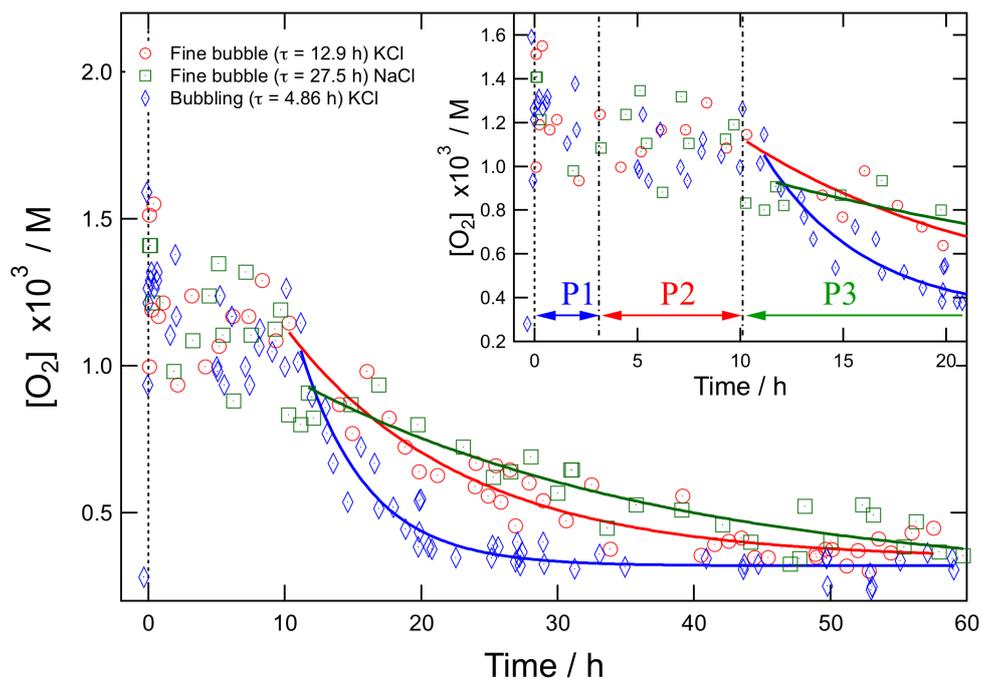


Fig. 1. Salt effect on changes in $[O_2]$ as a function of elapsed time under air pressure.

【結果と考察】 Fig. 1 に示すように、KCl に比べて NaCl 存在下では溶存酸素濃度の減少速度が明確に遅くなる結果が得られた。酸素分子単体では電荷を有していないが、それが集合した酸素クラスターは負に帯電しているという報告がされている [2]。これを前提として考えると、 K^+ または Na^+ は酸素クラスターの近くで安定しており、そのイオン半径の違いが酸素クラスターとの相互作用の違いとなっている可能性がある。Fig. 2 に示すように酸素クラスターは無機塩との相互作用によってある程度安定しているが、それがより小さいクラスターへ分解するときの速度に影響を与えていることを仮定すれば無機塩による酸素濃度変化の違いを説明することはできる。さらに、拡散律速速度定数からの議論も行う。

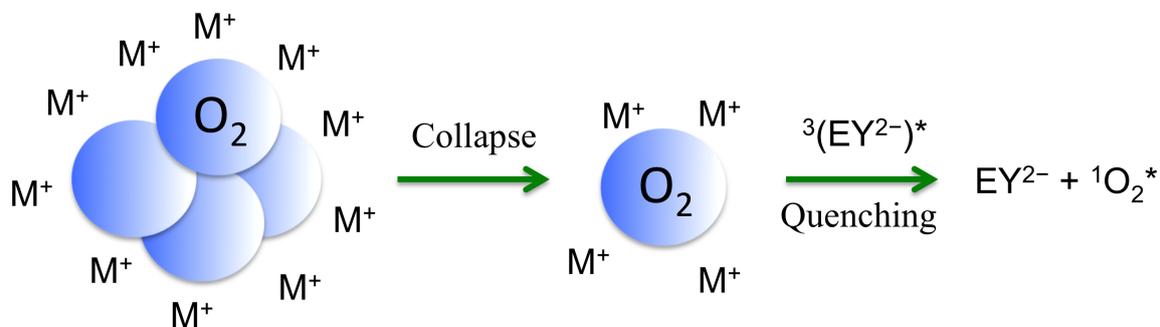


Fig. 2. Salt effect on the collapse process of an oxygen cluster.

[1] <http://dx.doi.org/10.5857/RCP.2013.2.3.72>

[2] M. Takahashi, *J. Phys. Chem. B*, **190**, 21858 (2005).