

### 3B05

## 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 (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

(University of Tsukuba) ○Yoshinobu Nishimura, Tatsuo Arai

**【序】** 超微細気泡と呼ばれる水溶液中に存在するナノメートルもしくはマイクロメートルスケールの気体の研究は、殺菌効果、高い洗浄力などの応用で注目を集めている[1]。一方、その基礎的な物性に関する研究は主として動的光散乱法を中心に行われており、別の実験手法によるアプローチが求められている。本研究ではエオシンY( $EY^{2-}$ )の励起三重項状態を酸素が消光する現象を過渡吸収によって観測し、その時定数から溶存酸素濃度の経時変化を調べた。その変化には3段階あり、さらに塩効果も観測されたことから、酸素の溶存状態と超微細気泡について検討した。

**【実験】** 超微細気泡発生装置(MA5S, アस्प製)を用いて酸素の気泡を発生させ、 $EY^{2-}$ を含む水溶液中に導入した。この試料の入ったセルは大気中に開放しており、過渡吸収測定装置を使って  $EY^{2-}$  の励起三重項状態( ${}^3EY^{2-*}$ )の寿命を観測した。また、粒径測定(FDLS-3000, 大塚電子)により超微細気泡のサイズを決定した。さらに、塩効果を調べるために、3wt%のKClを含む水溶液でも測定を行った。

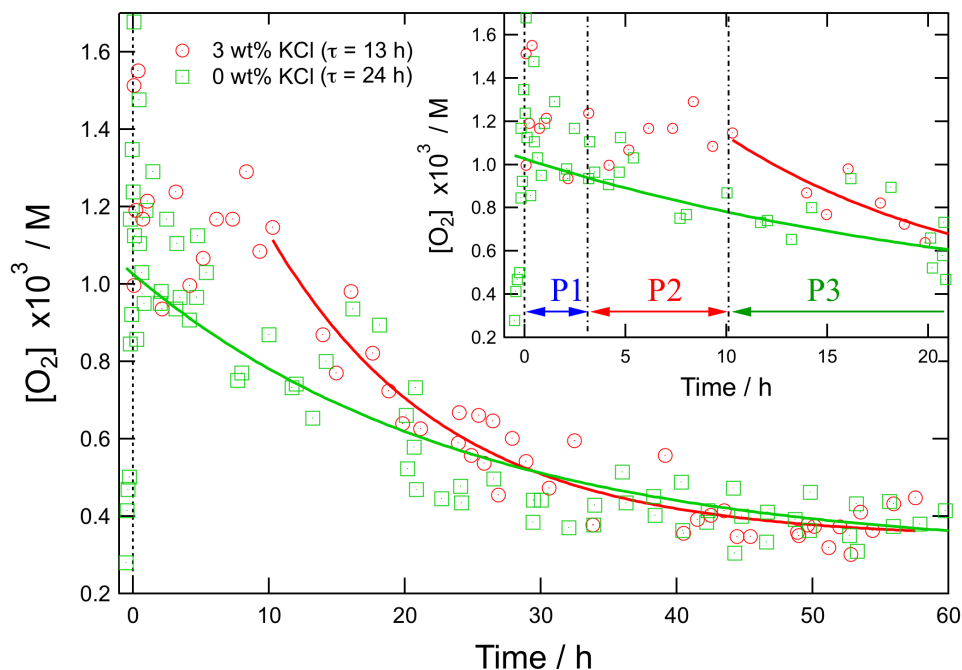


Fig. 1. KCl effect on changes in  $[O_2]$  as a function of elapsed time.

【結果】  $^3\text{EY}^{2-*}$  の酸素による消光速度定数から溶存酸素濃度を算出した(Fig. 1)。丸で示される 3wt% KCl を含む水溶液中では、開放直後の酸素濃度は酸素飽和濃度よりも高い値を示し、過飽和状態であることが示され、3時間程度で酸素飽和濃度に達した(P1)。その後、10時間位は酸素濃度の増減が観測されたが(P2)、それ以降は指数関数的な酸素濃度の減少が見られ(P3)、大気圧下での平衡濃度となった。このように 3wt% KCl 存在下では3段階(P1, P2, P3)の酸素濃度変化が観測されたが、KCl を含まない水溶液では P2 段階は観測されず、溶存酸素濃度変化には明確な塩効果が存在することが明らかとなった。同じようにして作成した試料のサイズを測定すると、500 nm を中心する粒径分布が得られた。

【考察】 酸素分子の水に対する溶解度は  $10^{-3}$  M 程度であり、酸素分子が単分子状態で溶解しているというよりは疎水性相互作用に似た酸素分子間の相互作用によって、水中では酸素クラスターを形成しているのではないかと考えられる。したがって、P1 に見られるような過飽和状態ではサイズの大きな酸素クラスターが存在していると推測され(Fig. 2)、その崩壊によって、より小さなクラスターを生じさせ、一部は大気中に放出され、一部は  $^3\text{EY}^{2-*}$  を消光していると考えられる。P2 では酸素濃度に周期的な変化が観測されたが、酸素クラスターが崩壊して大気中に放出される過程だけでは説明することができない。可能性の一つとしては酸素クラスターの崩壊だけではなく、融合も起こっているために、酸素濃度が一定値を取らないことが挙げられる。P3 では酸素濃度は指数関数的に減少し、最終的には大気圧平衡濃度に達する。この過程では大きなサイズの酸素クラスターは存在せず、ゆっくりと大気へ酸素が放出されていると考えられる。これは DLS 測定の結果とも一致しており、P3 に対応する経過時間では粒径分布が観測される強度は減少した。

KCl による塩効果については、未だにメカニズムについては検討中であるが、酸素クラスターは負の電荷を持っていると言う報告もあることから、酸素クラスターの安定性に関して KCl が影響を与えている可能性は高い。

[1] K. Ohgaki, N. Q. Khanh, Y. Joden, A. Tsuji, T. Nakagawa, *Chemical Engineering Science*, **65**, 1296 (2010).

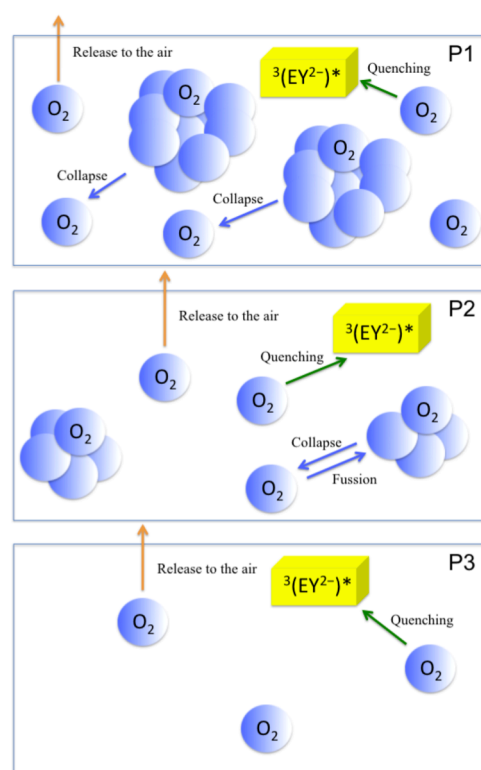


Fig. 2. Plausible explanation of P1, P2 and P3.