

1. 研究室の研究概要

我々の研究室は物理化学分野に属し、現在、教授(多賀圭次郎)、助教(山本靖)の2名の教員で、博士前期課程4名、学部生6名の学生達とともに研究を行なっています。研究テーマですが、“界面”をキーワードに、大きく2つに分けられます。基礎的な研究として、様々な界面活性剤を合成し、その水溶液物性を種々の界面科学的手法を用いて調べています。また、麻酔現象に着目し、界面科学的立場からその機構解明に取り組んでいます。



2. 界面活性剤による抵抗低減効果

界面活性剤といえば通常「洗剤」をイメージしますが、ある特殊な活性剤水溶液では、送管内の流動抵抗を低減させることが知られています。札幌市役所のモデル実験では、循環水に低減剤を投入すると、投入前よりも消費電力が冬では約65%、夏では約47%減少になるほど循環ポンプのパワーを減少させると報告されています^[1]。このような効果を示す活性剤は、21世紀の大きな課題である「省エネルギー化」を達成する物質の一つとして注目を集めています。

この水溶液の大きな特徴は、強い粘弾性を示すこと

です。図1のように、水を攪拌すると竜巻のような渦が発生しますが(図1(a))、ここに低減効果を示す活性剤を添加しますと渦が消失し、円滑に回転します(図1(b))。攪拌を停止すると回転も停止しますが、その後逆方向に回転し始めます(図1(c))。これは「跳ね戻り現象」とよばれ、低減効果のスクリーニングとして用いられます^[2]。

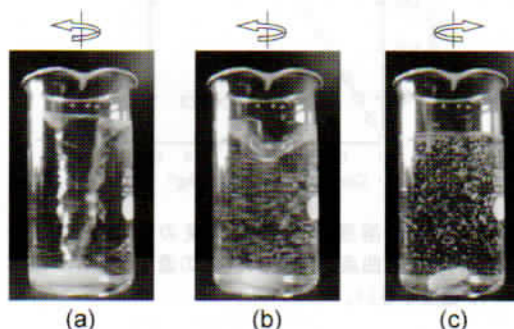


図1. 跳ね戻り現象。渦回転している水(a)に抵抗低減剤を添加すると渦が消失する(b)。その後、逆方向に回転し始める(c)。

この粘弾性発現は図2に示すような紐状ミセルの形成と密接な関係があると考えられていますが、詳細はまだ分かっていません。そこで、粘弾性を示す活性剤水溶液の物性を調査し、水溶液がもつ特性と低減効果との相関を分子レベルで解明することを目的として研究を行なっています。

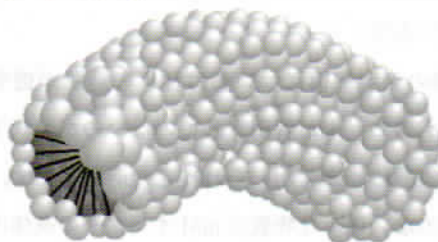


図2 紐状ミセルの模式図。

また、これまで挙げられている低減剤は主に陽イオン性界面活性剤ですが、強い殺菌作用を有し、漏出による環境負荷が懸念されていることから、環境低負荷な

新規低減剤の開発にも取り組んでいます。

図 3 は、セチルトリメチルアンモニウムブロミド (CTAB) の対イオン (Br⁻) を有機物のサリチル酸イオン (Sal⁻) に置換した CTA-Sal 水溶液の電気伝導度測定結果ですが、CTAB 単体よりも CMC (臨界ミセル濃度) が 1/10 程度にまで減少し、また CMC 以上で抵抗低減効果を発現することが分かりました^[3]。これは、低減効果が界面活性剤のミセル化と強い相関のあることを示すものです。現在、透過型電子顕微鏡によりミセルの形状観察を、また核磁気共鳴法により活性剤の親水基近傍の分子構造解析を行なっています。

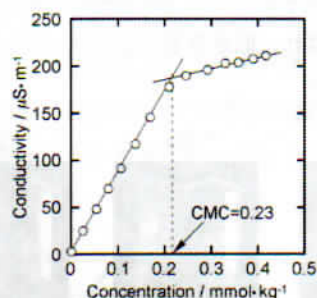


図 3 CTA-Sal 水溶液の電気伝導度の濃度依存性。0.23mM/kg 付近で屈曲点が発現した。この濃度は CTAB 単体よりも 1/10 程度小さい。

3. 膜／水界面に着目した麻酔薬作用の機構解明

麻酔は歴史的には、壊疽した手足や腫瘍を切断したり、裂傷を縫合するといった処置を行なう際、苦痛を和らげる必要性から発生したと考えられています。これまで、鎮痛法と意識喪失法の 2 つの方向から、様々な試みが行なわれてきました^[4]。急速に発展した現代医学・医療にも対応可能な、優れた麻酔法も開発されてきています。

麻酔の発現機構については種々の諸説が提唱されているものの、未だ解明されていないのが現状です。図 4 は実際に臨床で用いられてきた麻酔薬です。化学的特性のない様々な物質が mM オーダーの高体内濃度で麻酔を発現し、投与濃度に応じて可逆性を示すという特徴があります。これから、我々は麻酔薬の集合体が生体膜近傍に物理的に作用しているのではないかと考えています。そこで、膜／水界面における麻酔薬の

作用特性を分子論的に明らかにすることを目的として研究を行なっています。

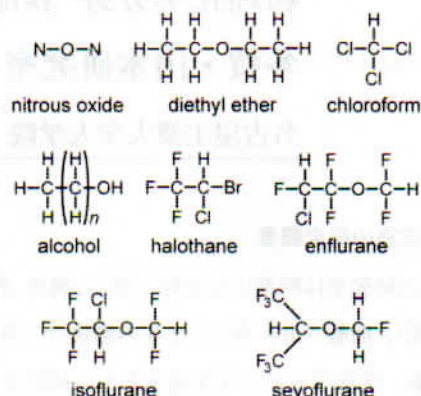


図 4. 実際に臨床で用いられてきた麻酔薬の分子構造。疎水的ということを除いて、これらの分子間に構造の類似性は見当たらない。

水面上単分子膜を生体膜モデルと捉え、これと麻酔薬との相互作用を水晶振動子法、表面張力測定、顕微鏡観察といった界面科学的手法により検討しています。水晶振動子法については東工大の岡畑グループがパイオニアですが^[5]、我々も独自に装置を開発し研究を行なってきました。図 5 はリン脂質単分子膜への麻酔薬 enflurane 作用の濃度依存性を表わしています^[6]。

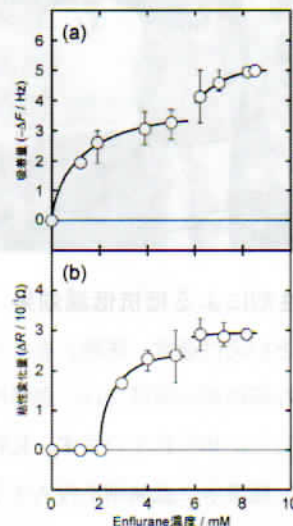


図 5. 水晶振動子法による dipalmitoyl phosphatidyl choline (DPPC) 単分子膜への enflurane 作用の濃度依存性。(a) は enflurane の吸着量を、(b) は膜／水界面の粘性変化を表わす。

吸着量の増加に伴い、単分子膜を含む界面の粘性も変化することが分かりました。膜／水界面には「界面水和水」とよばれる、水素結合で弱く形成された 2 次元

水和構造体があることから^[7]、これと enflurane 分子とが相互作用することで界面の粘性が変化したものと考えられます。我々は、麻酔薬の吸着による膜／水界面の物性変化が麻酔発現と関係しているのではないかと考えています。

参考文献

- [1]B. Yu, F-Ch. Li, Y. Kawaguchi, *Int. J. Heat and Fluid Flow*, **961**, 25-26 (2005).
- [2]川口, 第 33 回日本混相流学会 (1996).
- [3]新井・小畑・山本・多賀・安井・湯地, 第 62 回コロイドおよび界面化学討論会講演要旨集(P024), 277 (2009).
- [4]吉村, “標準麻酔科学”, 医学書院(2002).
- [5]岡畑・古澤, “表面科学”, **25**, 131 (2004).
- [6]下秋・安藤・染川・高山・玉置・山本・吉田・多賀, 第 61 回コロイドおよび界面化学討論会講演要旨集(1E08), 216 (2008).
- [7]C. Ohe, Y. Ida, S. Matsumoto, T. Sasaki, Y. Goto, M. Noi, T. Tsurumatsu, K. Itoh, *J. Phys. Chem. B*, **108**, 18081-18087 (2004)

