

圧力摂動熱量法によるリン脂質二分子膜の緩和挙動の観測

(徳島大院ソシオテクノサイエンス研究部)

○玉井伸岳・柿部小百合・田中佐江子・後藤優樹・松木 均

【緒言】 細胞膜の基本骨格であるリン脂質二分子膜の力学特性は、膜の形態制御という点で重要な因子の一つになり得る。ソフトマターの典型例として知られているリン脂質二重膜は、粘弾性的な力学挙動を示すこと期待されるが、その粘弾性特性に関してはこれまであまり研究されていない。リン脂質二分子膜は水中で形成される自己集合体であるため、その粘弾性特性を簡便かつ適切に測定する実験手法が乏しいことがその主な原因であろう。最近我々は、圧力摂動熱量(PPC)測定を用いたリン脂質二分子膜の体積緩和挙動の解明に取り組み始めた。その第一歩として、本発表では、ジミリストイルホスファチジルコリン(DMPC)二分子膜の緩和挙動に対する速度論的キャラクターゼーションについて報告する。

【実験】 DMPCはAvanti Polar Lipids社から購入した。バンガム法によりDMPC濃度 10 mmol kg^{-1} の多重膜(MLV)懸濁液を調製した。測定には、PPC用圧力制御アクセサリを装着したVP-DSC(MicroCal社)を用いた。測定温度 $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、適用過剰圧力 $\Delta P = 60 \text{ psi} (= 0.41 \text{ MPa})$ 、前平衡時間 60分、信号取得時間 600秒の測定条件のもと、瞬間的な圧力開放に伴い試料溶液から生じる熱流 $S (= dq/dt)$ を、時間 t の関数として1秒ごとに記録した。

【結果と考察】 純水のPPC測定に対して、i) ΔP を瞬間的に取り除いた際、セル内の水から熱 q は瞬間的に放出され、ii) その熱がセル壁に時定数 k_1 で伝達され、iii) さらにセル壁から検出器へと時定数 k_2 で伝播すると仮定すると、測定結果として得られる水のPPC熱流曲線 $S_w(t)$ は、時定数 k_1 および k_2 で特徴づけられる二つの指数関数の差として表すことができる。測定結果に対してフィッティングを行なったところ、測定結果と計算結果はよく一致し、 $k_1 = 2.7 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ 、 $k_2 = 5.7 \times 10^{-1} \text{ s}^{-1}$ という結果を得た。これらの時定数は、PPC熱量計固有の装置定数に相当する。DMPC-MLV懸濁液に対するPPC測定より得られたPPC熱流曲線 $S_{\text{sus}}(t)$ は、 $S_w(t)$ と類似していたが、任意の t において $S_{\text{sus}}(t) > S_w(t)$ であった。DMPC-MLV懸濁液には、水に加えDMPC-MLVが含まれていることを考慮すれば、この熱流値の差 ($S_{\text{sus}}(t) - S_w(t)$) は、圧力開放後にDMPC-MLVから放出された過剰の熱に起因すると考えられる。そこで、この差をDMPC-MLVの寄与 ($S_{\text{lip}}(t)$) とみなし、その結果をもとにDMPC-MLVの緩和挙動を解析したところ、圧力開放後のDMPC-MLVの緩和過程には少なくとも二つの緩和モードが存在することが示唆された。

Observation of Relaxation Behavior of Phospholipid Bilayer Membrane by Pressure Perturbation Calorimetry

N. TAMAI, S. KAKIBE, S. TANAKA, M. GOTO, H. MATSUKI (Univ. of Tokushima, tamai@bio.tokushima-u.jp)

Pressure perturbation calorimetry (PPC) is a relatively new calorimetric technique which allows us to investigate the volume properties of aqueous polymer solutions and colloidal dispersions. This technique was originally designed to evaluate the expansion coefficient of solutes or dispersed particles from the total heat quantity transferred into or out of the sample solution in response to an instantaneous small isothermal pressure change. On the other hand, the time course of the heat flow signal recorded in a PPC scan can be made use of to obtain the information about the relaxation kinetics of the solutes or dispersed particles. In this presentation, we will report on the results of our recent attempt to reveal the relaxation behavior of phospholipid bilayer membranes by use of this technique along with the detailed methodology.