

High- and Low-Pitch Helical Structures of Tilted Chiral Lipid Bilayers

九州工業大学情報工学部 好村滋行
中国科学院理論物理研究所 欧陽鐘燦

胆汁酸のようなカイラルな両親媒性分子は、水中で二重膜を作り、全体として図1のようなヘリカルなりボン構造を形成することが知られている。このような構造は、分子のパッキングの相互作用から生じる。図中の ϕ_0 はピッチ角と呼ばれ、実験的にも理論的にもこれまで 45° であると考えられてきた。ところが、最近の Chung らの実験によると、胆汁酸の結晶化の過程で 45° よりも大きいピッチ角 (54°) と小さいピッチ角 (11°) の二種類のヘリックス構造が観察されている [1]。

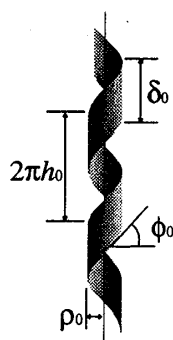


図 1: ヘリカルなりボン構造をもつ脂質二重膜

これらの構造を説明するために、我々は以下で与えられる液晶のコレスティック相の弾性エネルギーを出発点とした。

$$g_{LC} = \frac{k_{11}}{2}(\nabla \cdot \mathbf{d})^2 + \frac{k_{22}}{2} \left(\mathbf{d} \cdot \nabla \times \mathbf{d} - \frac{k_2}{k_{22}} \right)^2 + \frac{k_{33}}{2} (\mathbf{d} \times \nabla \times \mathbf{d})^2$$

ここで、 \mathbf{d} は分子の長軸方向の単位ベクトル、 $k_{ii} (i = 1, 2, 3)$ はフランクの弾性定数に膜の厚さを掛けたもの、 k_2 は分子のカイラリティを表す定数である。 ∇ は三次元の微分演算子であるが、膜の弾性エネルギーを考えるために、二次元の微分演算子で書き換えることになる。我々はこの弾性エネルギーのオイラー・ラグランジュ方程式を導出し、その解として 45° よりも大きいピッチ角と小さいピッチ角のヘリックス構造が存在することを示した。また結晶化過程で観察される構造変化についても、エネルギー的に論じることに成功した。詳しくは、文献 [2] を参照していただきたい。

参考文献

- [1] D. S. Chung *et al.*, Proc. Natl. Acad. Sci. USA **90**, 11341 (1993).
[2] S. Komura and Ou-Yang Zhong-can, Phys. Rev. Lett. **81**, 473 (1998).