

## 界面張力 (Surface tension)

下川 直史、高木 昌宏

(北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 マテリアルサイエンス系)

**【界面張力・表面張力とは？】** 三次元空間内において異なる二相が接触するとき、その接触領域は“面”となる。この面は、界面(二相のうち片方が気相の場合には表面と表現することもある)と呼ばれる。界面を小さくしようとする向きに働く力を、界面張力や表面張力と呼ぶ。界面張力・表面張力の物理的起源として、図1のような空気・水界面を考える。水相の中に存在する分子 A は周りの分子と引力的な相互作用をすることができる。一方、表面に存在する分子 B は先ほどの分子 A と比べると、半分の数の分子としか相互作用できない。1分子あたりのこの引力相互作用を  $U$  としたとき、表面の分子の引力相互作用は荒く見積もって  $U/2$  となる。1分子の表面での占有面積を  $\Sigma$  とすると、単位面積あたりの引力相互作用の損失量は  $(U-U/2)/\Sigma = U/2\Sigma$  となり、これが表面張力となる。単位は単位面積あたりのエネルギー ( $J/m^2$ ) または単位長さあたりの力 ( $N/m$ ) として定義される。表面張力を  $\gamma$ 、表面積を  $A$  とすると表面エネルギー  $F$  は  $F = \gamma A$  となり、表面積  $A$  が小さくなるほどエネルギーが小さくなる。

**【脂質膜での界面張力】** 脂質膜でも相分離が起き、界面が形成される(図2の A)。また、疎水基が露出した膜の縁も疎水基と水相の界面が形成される(図2の B)。脂質膜は二次元であるため、これら相境界は“線状”の一次元となる。そのため、この場合の界面張力は界面が線状であることから線張力(line tension)と呼ばれる。単位は先ほどより次元が一つ下がるので力(N)である。相分離界面の線張力はおよそ 3 pN 程度、疎水基が露出した場合は 10 pN 程度という報告がある。温度が上昇すると相分離構造は不安定化し、二相の脂質組成が似通ってくる。すると線張力は低下する傾向にある。特に臨界点近傍ではドメイン形状の大きな揺らぎが観察される。

**【相分離界面の線張力測定方法】** 相分離や相分離界面の安定性の指標として線張力は重要である。線張力の測定方法としては、ドメイン形状の揺らぎの直接観察から求める Flicker spectroscopy やマイクロピペットによる吸引による測定方法がある。

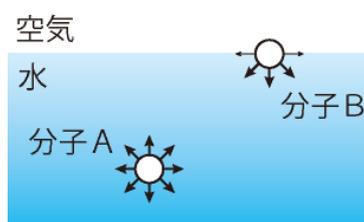


図1 表面張力の模式図

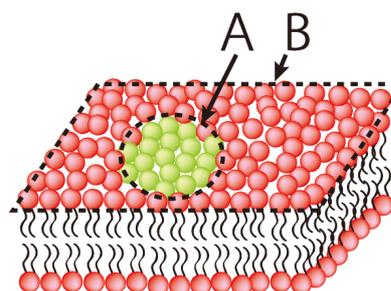


図2 脂質膜での界面

参考文献:

- ・表面張力の物理学 ドウジェンヌ、プロシャール、ケレ 吉岡書店 1-6 (2008)
- ・Stottrup BL et al. *J. Phys. Chem. B* 111: 11091-11094 (2007)
- ・Tian A et al. *Phys. Rev. Lett.* 98: 1-4 (2007)