

Title	バクテリアの作る二次元結晶とその相転移など
Author(s)	国府, 俊一郎; 三井, 利夫
Citation	大阪大学低温センターだより. 35 P.1-P.3
Issue Date	1981-07
Text Version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/6780">http://hdl.handle.net/11094/6780</a>
DOI	
rights	
Note	

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

# バクテリアの作る二次元結晶とその相転移など

基礎工学部 三井利夫 (豊中 4765)

国府俊一郎 (豊中 4767)

低温センターに関係した方々の間で低次元の相転移の研究が盛んなようにおみうけするが、遺伝子工学などバクテリアにいろいろの仕事をさせるのが流行の時代であるから、物性物理学の試料もそろそろバクテリアに作らせる時期かも知れない。この点で或は御参考になるかとも考え紫膜とホロ褐色膜の研究を紹介させていただく。

## 1. 紫膜とその相転移

紫膜は生体膜の一種である。生体膜については「低温センターだより」№34(1981年4月)の藤田、石村両氏の研究ノートに模式図や電顕写真が載っているが、簡単に言えば、生体膜とは脂質分子のつくる二重層膜に蛋白質分子の溶け込んだものである。厚さは70 Å位が普通であるが、紫膜は特別に薄く50 Å位である。

植物や通常の光合成菌の光合成器官では、光子をつかまえる分子(光合成色素)としてクロロフィルやカロチンなどが使われる。しかし、10年程度前にHalobacterium halobiumなる好塩菌がレチナール(我々の目で光子捕獲にあたる有機分子)を光合成色素として使っていることが見出され話題となった。この細菌は平素は酸素呼吸によって生活しているが、酸素分圧を低くして培養するとバクテリオロドプシンなる蛋白質を沢山作り光合成を始める。このバクテリオロドプシンはバクテリオオプシンなる蛋白質にレチナールの結合したものである。バクテリオロドプシンは菌体を包む細胞膜中で規則正しく配列して二次元六方格子の結晶を作る。格子定数は63 Åである。この部分はその色から紫膜と呼ばれる。

1978年にJacksonとSturtevantは示差熱測定からこの膜が80°C附近で相転移を起こすことを見出した。ついで平木らはX線回折法により、これが二次元の固相・液相転移であることを示した。<sup>1)</sup>最近国府らはこの相転移の様相を詳しく調べつつある。<sup>2)</sup>図1に彼等の得た結果を示す。縦軸はBraggピークの高さ、横軸

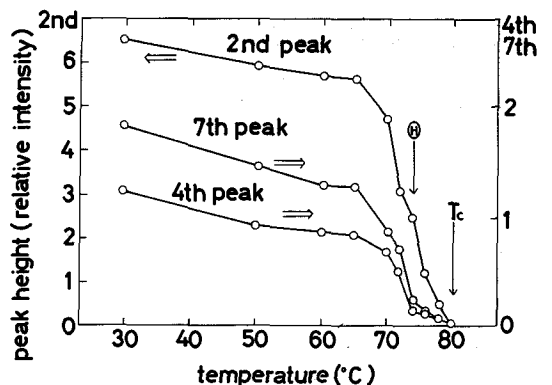


図1. 紫膜によるBragg反射のピークの高さの温度依存。<sup>2)</sup> 2番目の回折ピークのMiller指数: (1,1), (1,-2). 4番目の回折ピーク: (2,1), (1,-3), (3,-2). 7番目の回折ピーク: (1,3), (4,-1), (3,-4).

は温度を示す。Braggピークは65℃附近から急激に強度を減少して $T_c$ と記した80℃位で消える。この際ピークの高さは連続的に0になる如くである。つまり、相転移は二次の如く見える。氷・水の転移をはじめ我々の経験する固相・液相転移は普通一次であるから、このことは予期しなかったことである。現在 $T_c$ 近傍の詳しい実験研究を計画中であるが、もし二次元の系の固相・液相転移が二次になり易いという理論的予想などがあれば御教示いただきたい。なお、図1で⊕と示した温度の少し下でBragg反射強度は急激に減少する。これは回転転移のようなことかも知れないが、或はバクテリオロドブシン分子の内部構造の協同的な変化といったもっと複雑なことかも知れない。

温度を転移点の少し上まであげたときに得られるX線回折像はバクテリオロドブシンの分子配列にかなりの局所秩序が残っていることを示す。平木らによると、<sup>1)</sup> この局所秩序はバクテリオロドブシンが $T_c$ 以上でも三量体的会合を存続させていることに対応する。

## 2. 小さな紫膜を試験管内で作ること

上で述べたようにバクテリオロドブシンはバクテリオオプシンにレチナールの結合したものである。H. halobiumの場合、レチナールはリコペン →  $\beta$ -カロチン → レチナールなる経路で合成される。カロチンは高等植物の葉緑体中にも含まれる光合成色素であり、この経路を見るとレチナールを光合成に利用する細菌がいることもそれ程奇異ではないように思われる。ところで、H. halobiumの培養液中にニコチンを加えるとリコペンから $\beta$ -カロチンへの反応が抑制される。一方バクテリオオプシンの合成はそれとは無関係に進行する。その結果生ずるバクテリオオプシンを多く含む細胞膜の部分はアポ褐色膜と呼ばれる。これはモル比でバクテリオオプシンの $1/5$ といった量のチトクロームb型蛋白質などを含む。この膜を分画してレチナールを加えると、バクテリオオプシンはレチナールと結合してバクテリオロドブシンとなる。このようにしてバクテリオロドブシンを含むようになった膜をホロ褐色膜と呼ぶ。ところが従来の報告ではこの膜にX線をあてても紫膜のような回折像は得られないということで、従ってバクテリオロドブシンが六方格子を組むには生きた細胞の或る種の働きが必要と考えられていた。もしこれが本当とすれば、紫膜なる二次元結晶は通常の結晶成長とはかなり異なる過程を経てつくられることとなる。しかし、平木らはX線で追試を行い、ホロ褐色膜からも紫膜同様のX線回折像を得ることができた。<sup>3)</sup> 何如従来と異なる結果が得られたかということであるが、平木らのホロ褐色膜が他の場合よりバクテリオロドブシンの含量が多かったというのがその主因ではないかと思われる。実際、平木らはアポ褐色膜に加えるレチナールの量を加減してバクテリオロドブシンの生成量を調節し、バクテリオロドブシンの量が少ないと結晶化は起こらないことを示した。<sup>4)</sup>

ホロ褐色膜と紫膜から得られるX線回折像はよく似ているが、よく見るとホロ褐色膜によるBragg反射のピーク幅は紫膜のものより少し大きい。この幅の散乱角依存を解析すると、ホロ褐色膜中ではバクテリオロドブシンの結晶はさしわたし600~1000Å位の小さな領域にわかれて存在していることが結論される。<sup>1)</sup> (通常の紫膜のさしわたしはこの10倍位と思われる。) なお、ホロ褐色膜では六方格子を示すBragg反射は50~60℃で消失する。これはホロ褐色膜の場合他種蛋白質を含むためバクテリオロドブシンの結晶は比較的低温で溶解するということかもしれない。これに対して紫膜の場合は融解つまり相転移と見てよいのではないかと思われる。

## 参 考 文 献

- 1) K. Hiraki, T. Hamanaka, T. Mitsui and Y. Kito:  
Biochim. Biophys. Acta (in press).
- 2) 国府, 平木, 浜中, 三井 :  
日本物理学会 36回年会 30p-P-8(1981).
- 3) K.Hiraki, T. Hamanaka, T. Mitsui and Y. Kito:  
Biochim. Biophys. Acta 536 (1978) 318.
- 4) K. Hiraki, T. Hamanaka, T. Mitsui and Y. Kito:  
Photochem. Photobiol. 33 (1981) 429.

### 表紙説明 (本文 12 頁 参照)

現在使用されている1968年の国際实用温度目盛(IPTS-68)は,水の三重点温度を273.16 Kと定義することにより成り立っている。図はこの温度を実現するための三重点セルであり,脱ガスした高純度の水が使用される。水の同位体組成は太洋の水の組成と定められており,100モルの水素(H)当り,0.016モルの重水素(D),および100モルの<sup>16</sup>O当り0.04モルの<sup>17</sup>Oと0.2モルの<sup>18</sup>Oを含んでいる。ちなみに大陸表面の水の組成は,100モルのH当りおおむね0.015モルのDを含んでおり,南極や北極の雪に含まれている重水素は0.01モルである。

100モルのH当りD濃度を0.001モル増加させると,水の三重点温度は0.00004 K高くなる。

わずかながら三重点セル内に温度勾配が生じている。気液境界からの深さ $h$  cmでの平衡温度 $T_{ss}$ は

$$T_{ss}/K = 273.16 - 7 \times 10^{-6} h$$

で与えられる。詳しくは国際度量衡委員会からのテキスト[*Metrologia* 5, 35-44 (1969)]を参照のこと。

なお理学部附属化学熱学実験施設には,英国Tinsley社製の水の三重点セルが設置されている。