

「生体膜の秩序構造形成」の研究について^{*)}

東京農工大・工 美 宅 成 樹

(1988年4月17日受理)

生物は複雑ではあるが、次第に物性研究の対象となりつつある。そして、生物物理という学問の最終的な目標は、物性物理の言葉で生体物質を理解することである。しかしながら、生物物理という学問は大きな矛盾の中にある。生物が、物性物理の論理体系（例えば統計力学、熱力学等）とは全く違う生物の論理（セントラルドグマと呼ばれる生合成の機構等）を持っているからである。このことはLSIのメモリーチップの挙動を知るのに論理的設計図さえ持っていれば半導体物理を全く知らなくても理解できるということと事情が似ている。それを端的に示しているのが最近発展した遺伝子工学である。遺伝子工学は生物の論理を用いて発展しているわけだが、それは物性物理を全く知らなくても、（と言うよりそれを知らない方が？）おもしろい仕事ができるのである。生物の機能に興味を持って研究を進めていくと、いわゆる物性物理からかけ離れていくという寂しい状況があり、一方物性物理にこだわれば、おもしろい機能とは無縁で生物的に退屈なものになっていくということが往々にして見られる。とまれ、ここでは生体膜という生体物質をいずれは物性物理として理解したいと思う人達が集まり、科学研究費補助金総合(A)「生体膜の秩序構造形成」の研究を行った。以下はその報告書の抜粋である。私達が行った研究がそのまま直接物性研究に繋がっていくかどうかかわからないが、学問の発展のために、少しでも興味を持っていただければ幸である。

(1) はじめに

すべての生物は細胞からできている。そしてすべての細胞は生体膜で囲まれている。細胞は増殖のために遺伝の本体であるDNAを含んでいるが、増殖をやめた赤血球などではDNAを持たない場合もある。しかし、生体膜を持たない細胞というのは存在しない。生体膜は生命の維持のために本質的な役割を果しているのである。ただ、生体膜は生物を構成する物質として

*) 科学研究費補助金総合研究(A)「生体膜の秩序構造形成」(生物物理分科)の成果報告書の抜粋より。

は一風変わった性質を持っている。DNAや蛋白質は決った立体構造をとり、同じものは完全に同じ構造を持つと考えられている。これに対して、生体膜はもっと融通無碍な存在なのである。膜に親和性のあるものならおよそ何でも取り込んでしまうし、生体膜中の分子配列も自由に変りうる。DNAや蛋白質が結晶的であるとすれば、生体膜はまさに液晶的なのである。本研究では、この融通無碍で高度な機能を持つ生体膜に魅せられた多くの若い研究者が集った。そして、主として構造形成の問題を中心に生体膜に対して色々な角度から検討を加えた。以下は私達が行った2年間の総合研究(A)の結果をまとめたものである。成果のとりまとめには関係する報文を再録する方法もあるが、できるだけ最新の成果をまとめるために私達は別の方法をとることにした。つまり、成果を議論するための班会議を行い、そこで出た討論をまとめて報告とした。

班会議は2回行われ、最終年度の班会議に基づくまとめが最終成果となるが、初年度の議論にも補足的な意味があるので併記した。

(2) 名 称

生体膜における秩序構造形成

Structure Formation of Biological Membranes

(研究期間 昭和61～62年度)

(3) 目 的

生体膜は主に脂質と膜蛋白質からできている。したがって生体膜の秩序構造形成を研究するには脂質と膜蛋白質の両面から攻める必要がある。これを研究の横糸とすれば、縦糸は「どういう現象に注目するか」という問題意識であろう。具体的に言えば、静的な構造、動的な構造、分子内(分子間)相互作用の役割、構造と機能の関係、解析法(装置)などがそれである。本研究につながる究極の目標は、この横糸と縦糸の織りなす研究の空間に単純できれいな模様を描き出すこと、つまり生体膜の秩序構造形成の原理を明らかにすることである。しかし、もとより短期間の研究できれいな織物を作るのは困難である。そこで、私達はそれぞれの専門の領域の理解をできるだけ深め、寄せ集めることを2年間の目的とした。個々の研究は大きな空間の中では小さな点に見えるかもしれない。しかし、全体として見ると、織物の輪郭が見えてくることを意図したのである。したがって、この報告はやや雑多な印象を与えるかもしれないが、それは最初の目的から必然的に由来するものであることをお断りしておかねばならない。

(4) 研究組織

研究代表者 美宅成樹（東京農工大学工学部）
研究分担者 阿久津秀雄（横浜国立大学工学部），小林孝嘉（東京大学理学部）
植木龍夫（大阪大学基礎工学部），佐野孝之（広島大学理学部）
奥山健二（東京農工大学工学部），徳永史生（東北大学理学部）
大木和夫（名古屋大学工学部），豊島喜則（広島大学総合科学部）
葛西道生（大阪大学基礎工学部），中西守（東京大学薬学部）
加茂直樹（北海道大学薬学部），野沢庸則（東北大学
川戸佳（東京大学教養学部），非水溶液科学研究所）
木下一彦（理化学研究所），八田一郎（名古屋大学工学部）
桐野豊（九州大学薬学部），宝谷紘一（京都大学理学部）
楠見明弘（京都大学理学部），
計 19 名

関係機関数 11

東京大学 3，東北大学 2，東京農工大学 2，名古屋大学 2，
京都大学 2，大阪大学 2，広島大学 2，北海道大学 1，
理化学研究所 1，横浜国立大学 1，九州大学 1

平均年齢 約 43 才

(5) 研究成果

2 年間の研究が終り，全体として予期通りの成果を挙げたと思う。本研究の目的である生体膜の構造形成のメカニズムに関し，測定技術の開発，個々の試料についての構造解析，より一般的な分子内（分子間）相互作用の考察など多くの点で進展が見られた。ここには主な研究成果の項目を列挙しておく。

静的構造

- ・トロポニン C，アルドラーゼの構造解析，（植木）
- ・アゾベンゼンを含む脂質の構造（奥山）
- ・バクテリオロドプシン構造の分光学的研究（木下）
- ・リン脂質－コレステロール系の分子配列（八田）

動的構造

- ・交叉分極 NMR 法によるバクテリアの測定（阿久津）

美宅成樹

- ・ 膜のドメイン構造形成と構造分子の運動性 (木下)
- ・ P 450 の運動性と膜タンパク質間相互作用 (川戸)
- ・ 膜タンパク質境界領域の脂質分子の運動 (楠見)
- ・ ロドプシンとレチノクロームの中間体 (小林)
- ・ 赤血球の形態変化の動的研究 (佐野)
- ・ 微小管-リポリーム系の構造 (宝谷)

分子内 (分子間) 相互作用の役割

- ・ バクテリオロドプシンの変性と安定性の解析 (美宅)
- ・ DMPC二分子膜と Ca^{2+} との相互作用 (佐野)
- ・ バクテリオロドプシンの化学修飾 (徳永)
- ・ 光合成器官の耐熱性 (野沢)

構造と機能の関係

- ・ クロマトフォアの ΔpH 形成と ATP 合成 (阿久津)
- ・ さまざまなチャネルの物性と機能 (葛西)
- ・ カチオニック脂質性イオンによる膜電位の解析 (加茂)
- ・ シナプトゾームのチャネルの性質 (桐野)
- ・ 再構成法による光合成光化学系 II の機能発現 (豊島)
- ・ T細胞レセプターの抗原認識の解析 (中西)
- ・ アンテナ組織クロロゾームの構造と機能 (野沢)

解析法 (装置)

- ・ 細胞電気穿孔解析装置 (木下)
- ・ ジャイアントリポリームの調製法 (桐野)
- ・ 時間分解顕微蛍光光度計 (楠見)

(6) 問合せ先・その他

本研究および報告書に関する問い合わせは下記に連絡して下さい。

美 宅 成 樹

東京農工大学工学部

184 東京都小金井市中町 2 - 24 - 16

電 話 0423 - 81 - 4221

F A X 0423 - 84 - 3804

TELEX 2832663 TUATT J