

清水 博

Introduction

九大理 清水 博

今から約30年も前に Schrödinger が書いた“生命とは何か”という小さい本には、生命とは物質の秩序あるふるまいであり、しかも、このような秩序が維持され、そして発展していくという特徴があると記されている。このような生命現象固有の秩序（生物秩序）の本質は何かという問題は、生命現象の統計物理学的解明にとって最も核心といえるものであろう。

これまで、物理学で取扱われてきた多体系の秩序は、二つの大きな種類に分類することができる。それを

1° Equilibrium order (平衡秩序)

2° Dissipative order (散逸秩序)

と仮称しよう。第一のものは、粒子間相互作用が熱的な揺動力より勝ることによって出現するものであり、2次転移点 T_c 以下で出現する物質の秩序構造はこれと関連している。この種の秩序の特徴は、体系が周囲の環境体と熱平衡におかれても、それを持続できる点にある。これに反して、dissipative order は体系が熱平衡から遠くへだたった状態に保たれて、熱平衡近傍でみられる体系の統計分布が不安定化するような場合に限って出現する秩序である。体系内におきる変化にかかわらず、体系が常に非平衡状態に保たれていることは、その体系は開いた系であり、そこに常にエネルギーや物質の散逸がおこっていることを意味する。この種の秩序はベナードのセルのような空間的な秩序の他に振動反応のように時間的な秩序としても出現する特徴をもっている。

分子生物学はこれまで生体高分子やその集合体の構造については常に平衡秩序が存在し、生体の特徴は興味ある機能と特異性をもつ生体高分子を作り出す能力にあること、したがって、生命現象は数多くの生体高分子の機能に帰着されることを実例をもって示してきた。この事情から、生命現象は結局、物理的に未知な原理によって支えられているのではないと言う信念が分子生物学・生体物性論の研究者の間に広く存在している。

一方、このような考えは、生物学者の間ではそのまま受け入れられるものではない。たとえば、生体の形態には対称性が存在するが、それは結晶構造における対称性のようにミクロな対称性をそのまま積み上げてできたものではない。そしてまた生体高分子の集合体が平衡秩序の原理にしたがってできていることが仮に真実だとしても、その形態の大きさや長さの分布が生体内では一様であることをどう説明するか、さらに、生体を構成する原子や分子が絶えず新しいものとおき変っている（通常の蛋白質の半減期は約1時間から1ヶ月程度にわたる）事実をどう考えるか等々をはじめ様々な問題が存在する。Schrodinger¹⁾は、生体は負のエントロピーを食べることによって秩序を保っていると考え、この秩序の法則は、これまでの物理学者が未だ知らないものであると主張している。今考えてみると Schrodinger²⁾のいう秩序の法則は、2°の散逸秩序に関係しているように思われる。

生命現象を理解する上で、もっと具体的には生物秩序を理解する上で、散逸秩序が本質的に重要であるとするならば、生命現象の研究は統計物理学にとっても、未開の新分野であると期待されよう。この意味からも、今回の研究会では散逸秩序との関連において生命現象の理解を深めることを一つの主要テーマとしている。

二種類の秩序はどのような形で生体内に共存しているのか。これを考える第一のカギは生命の最小単位である細胞が、さまざまな大きさのオルガネラやゾル、液胞などを含む全く不均一な構造をもつところにあるであろう。オルガネラには全体としての機能を活むものが多く、横紋筋などではその一種ともいえよう。このような器管は、これに加えて開放系であるためにランダウの言う統計的独立性をもつ部分系に細分することができない。すなわち、オルガネラはまわりと非平衡に保たれている場合が少なくないであろう。これに反し、ゾル状の細胞質には生体高分子が単独で存在し、局所平衡系を作成していると考えられる。第二に細胞の構成要素である生体高分子やオルガネラが仮に局所平衡にあったとしても、そのような要素によって作られた“システム”である生体のしたがう物理法則は対象をもう一段階粗視化することによってえられるものである。したがって、この粗視化に伴って、新しい秩序則が見出される可能性がある。

このように、生体を広い意味（工学的な意味にとどまるのではなく、要素から構成されるもう一段階層の上の体系とい意味）におけるシステムであるにとらえることが、誤

清水 博

りでないとするならば、統計物理学を分子生物学を介して生命現象に結び付けるというこれまでの生物物理学や、生体物性論的な行き方の他に、もう一つ、統計物理学と生物学とを直接結び付けるという必要性が生じてくるものと思われる。こゝに、この研究会が求めたかった方向がある。そして、更には、このような接触において、物理科学と情報科学と生物科学という三者の統一的理解が可能になってくるのではあるまいか。

以上は言うは易いが行うは難い。こゝで望まれるのは、対象との対決の重要さということであろう。地味ではあるが真実の積み上げが必要である。この意味において、結論を急いだり、自己の信念に忠実な余り、他のアプローチを排除することは避けたいと考える。

「生体高分子の特異的立体構造の統計力学的安定性 一次構造の heterogeneity の影響」

九大・理 郷 信 広

物性物理学では「もの」とその「状態」とを対置して認識し、与えられた「もの」が、異った環境のもとで異った「状態」をとることに興味をもつ。例えば温度というパラメータを変えることによって、鉄が常磁性体から強磁性体に転移することに興味をもつ。これは「もの」の潜在的に持っている性質が環境の変化によって開示されるものと理解される。生物の「状態」としての特長の1つは、「生きている」状態が、平衡状態から大きく離れた所で実現されていることであろう。平衡状態から大きく離れた所で起る物理現象としてよく引用されるものに対流におけるベナード・セルがあるが、これは、それ自身生物ではない。生物の特長のもう1つの側面は、それを構成している「もの」の多様性にある。この多様性は、遺伝機構の必然的な結果であるが、物性物理的に言えば、