人工分子システムと生体分子システム

Macro-and Bio-molecular Assemblies

宝谷 紘一 名古屋大学理学部
Hirokazu HOTANI

一口に分子システムといっても、そのイメージするものは千差万別、各人各様である。ある人は水分子の集合体を想い、他の人は生細胞も典型的な分子システムだと考える。本誌「高分子」のカバーする範囲に限っても、人工高分子と生体高分子のシステムではその基本特性が大きく異なる。人工高分子のシステムはいわばコンピューターのようなシステムである。つまりシステムを構築している素子の種類はそんなに多くなく、その構造も動作も比較的簡単である。このシステムの能力はネットワーク（素子同士の接続状態）の複雑さに依存する。この場合、各々の素子は基本的に似ているので、素子の効率を上げるとシステム全体の効率も上がる。

これに反して生体分子から成るシステムでは、一般に個々の素子が異なり、その結果超多種類の素子から構成されることになる。異なる働きごとに別の種類の素子を用いるのである。したがって一つの素子の能力の極端な向上は、かならずしもシステム全体の向上とは結びつかない。システム全体との調和のとれた働き方が求められるのである。このために、各素子には状況の判断能力とそれに応答できるだけの柔軟性が求められる。

“高分子”システムの範疇にはこの両者が含まれるのであるが、各々の利点と欠点をはっきりさせるために、今、分子レベルを離れて現実の人工システムと生体システムの特徴に注目してみよう。人工システムは単機能の極限化によって与えられた課題をより速くより正確に遂行することを目的とする。そのためにシステムは入力が決まれば、決定論的に出力も決まる方式になっている。これに対して生体システムでは、システム全体との調和が重要なので、生理的条件下に於いてその機能が自動的に制御されるようにできている。したがって同じ入力に対しても

出力は一義的ではなく、状況に応じて融通性がある。

人工システムでは動作の正確さが肝要なので、できるだけ環境条件に左右されないように設計される。熱ノイズさえも除くために、例えば大型コンピューターの演算部分は超低温の中で働いている。生体システムの場合には温度も重要な外部環境なので、常温で働きその機能も温度によって変化する。さらに分子レベルの生体運動などでは、熱ゆらぎを積極的に利用しているように見える。

高分子システムが人工と生体の両システムに関係しているだけに、どちらのシステムを目指すかは悩ましい問題ではある。常識的にいえばタンパク質のように何億年ものトライアンドエラーの歴史と情報を持ち、ちょっとした外部条件の変化によって大きく構造や機能を変える分子を、正確、超高速で働くことをむねとする現在のコンピューターのようなシステムの素子として使うことは得策とは思えない。やはり柔軟なシステムを目指すべきであろう。たとえば、同じ計算機でも、映像情報の大局的把握とか類似性や推論のような、機械的演算の苦手とする分野には威力を発揮する素子になるかもしれない。

一方、人工高分子の場合には何億年という歴史がない代わりに、例えばアミノ酸が20種類というような制約もない。したがって、極端な条件下で単一機能の極限化を目指すようなことは可能である。とにかく分子を扱うのであるから、現在の微細加工技術を駆使して作られる最先端のLSIの素子に比べても桁違いに小さく、高集積、省エネルギー、省資源である。したがって人工高分子が、生体高分子の持つ高い識別能による自己組織性を獲得したとき、そのシステムの前途には洋々たるものがある。

名古屋大学理学部分子生物学科（464-01 名古屋千種区不老町）教授、理博

〈略歴〉1963年神戸大学理学部物理学科卒業、1969年名古屋大学大学院分子生物学専攻博士課程修了。京都大学理学部生物物理学助手、助教授を経て、1989年帝京大学理工学部教授、1993年より現職。趣味：ミュージアムめぐり、茶の湯、登山。