

特集 水と高分子

# 水と高分子の織りなす世界

## Water and Polymer Molecules Woven into an Integral World



桑島邦博

Kunihiro KUWAJIMA

水は日常的に接するありふれた物質なので、普段、これについて疑問をもつことは余りない。しかし、物理化学的には水は大変特殊で不思議な物質である。これは、水の沸点が100℃と常温液体であるのに対し、水と同程度の分子量を持つすべての物質（NH<sub>3</sub>やCH<sub>4</sub>など）の沸点はこれよりはるかに低く、通常、常温で気体であることから明らかである。この水の異常性はその化学構造によっている。水分子には水素結合のプロトン供与体（水素原子）と受容体（孤立電子対）がそれぞれ2個で、これらの数が釣り合っている。そのため、水は水素結合の完全なネットワーク構造を作って安定化することができる。このように安定化してできたものが氷の結晶に他ならない。液体の水も、不完全ではあるが同様の水素結合ネットワーク構造をもっており、このネットワーク形成能が水の異常性をもたらしている。

水中の高分子の構造や物性を理解する上で水の異常性は重要なファクターと考えられるが、これが高分子の構造・物性とどのように関わっているのかは、実はよくわかっていない。両親媒性高分子鎖の構造形成にとって重要な疎水性相互作用も、本を正せば、水のネットワーク形成能に由来するとされている。疎水性分子表面の周りでは、水分子がバルクの水とは異なるネットワーク構造（疎水性水和構造）を形成し、それに伴う水のエン트로ピー減少が疎水性相互作用の要因であるとされている。しかし、一方、水中で疎水基間に働く引力相互作用は疎水基間のファンデアワールス力によるのであって、疎水性水和はむしろこの相互作用を弱めているのだという説もある。また、水分子と高分子鎖の大きさが大きく異なることを考慮すれば、水の並進エン트로ピーに由来するエン트로ピー効果の方が、高分子の構造形成や会合にとってむしろ本質的であるとする説もある。水系における高分子の構造、物性、機能発現の理解は極めて重要な課題であるにもかかわらず、その背景にある物理は21世紀の今日に至っても未だ十分に理解されていないと言っても過言ではないであろう。

タンパク質や核酸（DNAとRNA）を始めとする生体分子も両親媒性高分子であり、水中でその特異的な立体構造を形成し、生物機能を発現する。タンパク質や核酸が通常の合成高分子と異なる点は、これらが遺伝情報を担った情報高分子であるという点である。20世紀末のゲノム科学の進展により、膨大な数のタンパク質のアミノ酸一次配列（＝遺伝情報）が明らかにされた。しかし、遺伝情報の明らかとされたタンパク質の半数以上は、構造も生物機能も不明と言われている。現在、生物科学の分野で興盛を極めているポストゲノム研究では、これらのタンパク質の構造と機能を網羅的に決定し、タンパク質や遺伝子のネットワーク関係を明らかにすることが中心課題となっている。しかし、生命現象の物理的理解のためには、いかにしてこのようなタンパク質の立体構造が形成されその生物機能が発現されるのかを、その物質の根元から解明することが重要である。多くのタンパク質の一次配列と立体構造が明らかとなった現在、このような物理化学的立場からの研究の重要性が一層増しつつある。水系における高分子の構造、物性、機能発現の物理化学的理解は、この意味においても、基礎科学における今日的な重要課題である。

自然科学研究機構・岡崎統合バイオサイエンスセンター  
[444-8787] 岡崎市明大寺町字東山5-1  
教授、理学博士。  
専門は生物物理学。