

理学研究科高分子科学専攻森島研究室



研究室紹介

森島 洋太郎*

Morishima Laboratory, Department of
Macromolecular Science, Graduate School of Science

Key Words : Polyelectrolytes, Amphiphilic Polyelectrolytes, Self-Organization,
Unimolecular Micelles, Threadlike Micelles

1. はじめに

平成8年4月1日をもって、大阪大学理学研究科の重点化が完了した。それに伴い、従来の高分子学科は化学科に統合され高分子学科目として学部学生の教育に当たることになった。また、これまでの高分子学専攻は高分子科学専攻と名を改めて改組拡充が実現し、理学研究科の一専攻として大学院教育と研究を担うことになった。

大阪大学理学部高分子学科は昭和34年に開設され、学年進行に伴って昭和38年には理学研究科に高分子学専攻が開設された。以来、同学科と同専攻は5講座からなる小さな組織ではあったが、高分子の科学と産業の黎明期から円熟期にかけて先達のたゆまざる努力により、教育と研究の両面で大きな実績をあげてきた。

大学院重点化により、従来の5講座は3大講座7研究室に改組され、蛋白質研究所の協力講座を入れると、高分子科学専攻は4大講座9研

究室に拡充された。私の担当する高分子機能論研究室は高分子構造・物性・機能論大講座に属する3研究室のうちの1つである。

高分子は、分子の大きさが巨大であるために極めて多様な構造と組織を作り、その構造と組織に基づいて多様な物性と機能を発現する。高分子の基本特性である分子組織化現象を物理化学的に解明し、高分子組織体の構造と物性を制御するための基本原理を確立することを目指した研究の一環として、高分子機能論研究室では、水溶性高分子の水溶液中における相互作用および自己組織化に関する研究、疑似高分子として界面活性剤分子の紐状集合組織の構造と物性に関する研究、さらに、異種高分子間や高分子と低分子集合体の間で形成される分子複合体に関する研究を行っている。現在のところ、森島洋太郎教授と四方俊幸助教授の2名の教官スタッフと大学院博士後期課程学生2名、同前期課程学生2名、学部学生5名からなる研究室であるが、国内国外合わせて6つの研究室と6件の共同研究を行っているため、以下に紹介するように、研究室の人員数の割には多くの研究プロジェクトに関わっている。

2. 研究の概要

(1) 両親媒性高分子の自己組織化

両親媒性高分子とは、疎水基と親水基が同一鎖上に共有結合した高分子の総称である。水溶液中の両親媒性高分子においては、親水性連鎖

*Yotaro MORISHIMA
1938年10月17日生
1964年大阪大学大学院理学研究科
修士課程修了
現在、大阪大学大学院理学研究科
高分子科学専攻、教授、理学博士、
高分子物理化学
TEL 06-850-5461
FAX 06-850-5461
E-Mail morisima@chem.sci.o
saka-u.ac.jp



による鎖を拡げる働きと疎水基間の相互作用による鎖を折り畳む働きが競合しており、両者のバランスによって様々な形態の凝集組織が形成される。一般的に、疎水基間の相互作用は分子内でも分子間でも起こり得るため、通常は複雑で無秩序な高分子会合体ができてしまう。

我々の研究室では、高分子の1次構造(化学構造)と自己組織化の様式との相関を系統的に調べることにより、水溶液中における自己組織化を制御するための分子設計指針を確立しつつある。これまでに知り得た指針に従って高分子を設計することにより、様々な構造と形態の高分子組織体を作ることができるようになったが、中でも1個の高分子が完全に独立して形成するコンパクトな球型をした高次ミセル状組織(高次ユニマーミセル)は、特異な構造と物性を示すことから、新規な高分子組織体として応用面でも期待されている。また、高次ユニマーミセルは1本のポリペプチド鎖から構成されている蛋白質の高次構造体と物理化学的類似性を持っているため、ポリペプチドの自己組織化の物理化学モデルとしても興味を持たれている。

高次ユニマーミセルと種々な合成高分子との分子複合体形成に関してはMcMaster大学(カナダ)のWinnik研究室と、蛋白質の物理化学モデルに関してはIndiana大学のMuhoberac研究室と、光機能(光ホールバーニング)に関しては東京大学の堀江研究室と、また、蛍光色素で標識した両親媒性高分子の可視化に関しては名古屋大学の吉川研究室と共同で研究を行っている。

(2) 高分子電解質と荷電粒子との相互作用

高分子電解質は、水の中では多数の電荷を持った高分子として存在する。高分子電解質と反対符号の電荷を有する微粒子との相互作用について蛍光法や光散乱法を用いて物理化学的立場から研究している。荷電粒子としては、金属イオン(対イオン)、界面活性剤ミセル、球状蛋白質などを用いている。これらの相互作用は、生体系において重要であり、また、工業においても多分野で実際に利用されているにもかかわらず、物理化学的には未解決問題が多く残っており、理論もまだ体系化されていない。金属イオ

ンを用いた研究はTexas大学のWebber研究室と、また、球状蛋白質を用いた研究はIndiana大学のDubin研究室と共同で進めている。

(3) 界面活性剤紐状ミセル

ある種の界面活性剤分子は特定の条件下において、屈曲性に富んだ非常に長い紐状組織を形成することが知られている。我々の研究室では、この紐状組織を分子間凝集力で構築されている動的な性質を持った疑似高分子として捉え、分子組織の巨視的性質が微視的な構造や分子運動とどのように関わっているかを明らかにする目的で研究を行っている。紐状組織が非常に長く、互いに絡み合いが生じる場合には、その溶液の粘弾性挙動は絡み合った鎖状高分子の準希薄溶液の挙動と良く似ている。しかし紐状組織は鎖状高分子には存在しない特異な機構によって絡み合いを解消する。即ち、鎖状高分子が絡み合いを解消するためには分子が拡散することによって末端を絡み合い点から引き抜く必要があるのに対し、紐状組織の絡み合い点では二本の紐状組織が一時的に融合した後に通り抜けることができる。一方、紐状組織中では構成分子がかなり速い運動をしており、ナノ秒のオーダーで位置を変えながら回転していることが明らかになった。紐状組織の巨視的な屈曲性はこの組織を構成している分子の微視的な運動に支配されていることが明らかになってきた。

(4) 鎖状高分子と界面活性剤紐状組織の分子複合体

分子間凝集力だけで構築されている動的な紐状の疑似高分子と鎖状の共有結合高分子との分子複合体は新規な超分子として興味深い。まだ研究を始めたばかりであるが、紐状組織の中心部分を軸方向に高分子主鎖が貫通した構造の超分子構築に挑戦中である。

(5) シリカ微粒子懸濁液の粘弾性

上記の研究とは趣を異にする研究であるが、シリカの単分散微粒子をグリセリン/エチレングリコール混合溶媒中に懸濁した液のレオロジー挙動に関する研究を行っている。一般に、分散微粒子間には引力または斥力が働く場合が多く、その結果分散微粒子は網目状の凝集構造や結晶状の配列を形成するため、懸濁液のレオロジー

挙動にその構造が複雑に反映される。最近、我々は粒子と分散媒の屈折率を近くすると粒子と媒体分子の分子間力が効果的に抑えられ、結果的に粒子間のポテンシャルがほとんど剛体反発のみになるような懸濁液が存在することを明らかにした。粒子径の良く揃った単分散シリカを上記混合溶媒に懸濁した液では粒子の体積分率のみに依存する線形粘弾性が観測され、懸濁粒子のブラウン運動の速さが系全体のレオロジー挙動を支配していることを明らかにした。剛体反発懸濁液は、懸濁粒子を粗視化した分子と考え、空隙を粘性体で満たした液体モデルと考えることができ、さらに高分子溶液の粗視化モデルへと展開できる可能性もある。

3. おわりに

以上紹介したように、我々の研究室が取り組んでいる水の中での高分子の相互作用、組織化、異分子との複合体形成などの現象は、非常に複雑であり未解決問題が山積している。しかし、この問題は生体系における生体高分子の役割を物理化学的に理解するためには重要である。さ

らに、環境への対応として水に溶ける高分子の工業的な重要性の高まりに関連して、この問題は実用的にも重要になってきた。我々の研究室では、高分子の機能を直接追い求めるのではなく、機能発現の根源となる高分子の基本特性に焦点を絞って研究している。

高分子科学は、巨大分子に特有な構造と性質を巨視的レベル及び分子レベルにおいて物理的に解明し、優れた機能を有する高分子を設計するための基本原理を確立すると共に、そのような高分子を合成する技術を開発することを目的として生まれた学問であり、化学、物理学、生物学と深い関わりを持ちながら発展してきた。一方において、高分子物質は、日常生活用品から最先端素材に至るまで、多種多様な応用が常に期待される材料的側面を持っているため、好むと好まざるとに拘わらず工業と深い関わりを持っている。その意味において高分子科学は、基礎と応用の境界の学問として見られ、高分子科学専攻が理学研究科の中にあるのは大阪大学の一つの特色でもある。

