

巻 頭 言

高分子金属錯体がもつ多様で予期せぬ機能と潜在する可能性に多くの研究者が着目し、幅広い研究成果が生まれてきた。社会実装にも繋がりうる学術領域の潮流となった今、本書『機能高分子金属錯体』の出版はまさに時宜を得ているといえるだろう。実は、この特徴ある「機能」、その背景にあるサイエンスは何かというところの理解、また「高分子金属錯体」の定義や系統的な分類と位置付けは、必ずしも明確になっている訳ではない。その意味からも、本書の役割は極めて大きい。

高分子学会における研究会の1つとして高分子錯体研究会が発足したのは1976年である。高分子科学は産業の興隆とあわせ、合成、構造、物性と大きく発展したが、1973年のオイルショック以降その勢いを落としていた。そこで高分子研究のパラダイムシフトが起こり、関心の中心は生体に関連した高分子、例えば酵素を模倣した触媒作用をもつ高分子、電子部材で無機物を代替する有機材料などに向かい、これらの「機能性高分子」が推進力となって、高分子科学は第2期の発展に到った。正に呼応した高分子錯体の曙であり、1985年には第1回高分子錯体国際会議（MMC: IUPAC International Symposium on Macromolecule-Metal Complexes, 後に Macromolecular Complexes に改称、隔年で第18回はモスクワ（2019年）にて実施）を開催するなど、わが国が学術としての開拓を先導した実績をまず強調しておきたい。

一方、理学的な明確さを求める Werner 型を中心とした錯塩化学の視点からは、組成も不整数でアモルファスなど当時の高分子錯体は忌避すべき対極にあった。しかしながら、分子科学研究所錯体化学実験施設の発足（1984年）などに裏付けられるように、次第に無機と有機の十字路口としての錯体化学の認識が浸透、定着していった。これと呼応するように高分子錯体は、有機金属高分子、多核錯体、さらに結晶秩序をもつ一次元から三次元の配位高分子へと展開し、今日の隆盛への1つの契機となった。

高分子科学と錯体化学の出合いとシナジーが、我が国の研究者の強い思いから成されたことも強調しておきたい。その1つが文科省科研費・重点領域研究「高分子錯体」（1987）から、同・新学術領域「配位プログラミング」（2009）

へと続く流れで、これらによって「高分子（金属）錯体」の学術用語としての定着と研究者の裾野の拡がりに繋がったとも言える。

本書では、精密構造をもつ錯体から MOF、また自己組織体、クラスター、ハイブリッドと系統的に、さらにセンサー、生体関連、光電磁、触媒・分離の各機能が網羅されている。ただ関連で挙げれば、イオン交換・キレート樹脂、アイオノマー、古典的なリチウムイオン伝導体などが産業で定着しているのに比べ、「モノ」として訴求できる例が現時点では必ずしも多くはない。周期表のほとんどの元素を対象として多様に取り込み、ナノから成形品のサイズまで自在な高分子金属錯体の、さらなる潜在力発揮の引き金に本書がなることを期待したい。

本書の構成は工夫されており、考え方や目指すところは強く読みとれる。図や解説も組み込まれており、初心者でも取付きやすい。編集者のこれらの留意と指差し、第一線の研究者達の執筆に敬意を表する。

2020年3月

西出 宏之
(早稲田大学 理工学術院)

はじめに

高分子と金属錯体は材料科学の中で各々特徴ある機能物質群として分類されています。両者をハイブリッドした高分子金属錯体は両者の幅広い特性が加算されるだけでなく、相乗的に増幅されて、全く新しい機能が発現する重要な機能材料の1つです。例えば金属タンパク質において、錯体と高分子が相乗的に働き、生命の巧みな機能を担っていることを見ても、高分子錯体の重要性を容易に理解できます。

高分子金属錯体を1つの新しい物質群とする概念は、1970年代から日本で始まり、その幅広い機能から実用性の高い材料として数多くの応用が展開されてきました。しかし、当初は常磁性で非晶性の高分子金属錯体が大半を占める物質群であるため、核磁気共鳴測定やX線結晶構造解析ができず、「高分子金属錯体は汚い（構造決定ができない）」との当時の有機合成や錯体分野の研究者らの固定観念があったことも事実です。21世紀に入り、計測や合成の技術の目覚ましい発展から、金属錯体ナノシート、メタルオーガニックフレームワーク(MOF)やメタロドンドリマーなどを始めとする数多くの新しいタイプの高分子金属錯体が誕生し、構造が次々と明らかになってきています。当初の一次元構造から二次元、三次元と次元が拡張され、しかも精密化された高分子金属錯体に発展を遂げています。

あくまで一面的な捉え方ですが、polymerをトピックスとする論文に対しpolymer complex または coordination polymer をトピックスとする論文の割合は2018年でおよそ15%、1995からの増加率はpolymerに比べ1.5倍程度となっており、高分子金属錯体が高分子分野の中の重要な物質群として位置づけられて、活発に研究開発が進展してきていることを示すものです。

高分子金属錯体は新しい高機能ナノ材料として、表示素子、光変換素子、メモリー、センサー、蓄電デバイス、触媒、分離、薬剤など応用範囲もますます広がり、工業的にも注目をされています。中でも、グラファイト化合物にアルカリ金属イオンがインターカレートした材料は一種の高分子金属錯体でもあり、リチウムイオン電池として花開き現在のエレクトロニクス社会を支える材料となっています。次世代を担う材料を目指して、生命を超える巧みな機能や

革新的な機能を発現する新材料の開発には、更なる緻密な構造体の開発と機能-構造相関の解明が重要な鍵となる事は言うまでもありません。

高分子錯体化学は学術的にも工業的にも関心の高い分野であるため、高分子学会に古くから高分子錯体研究会が設置され、IUPAC 高分子錯体国際会議(MMC)も18回を重ね、わが国がこの分野の発展を先導しています。

本書では、近年めざましく進展を遂げてきた新しい高機能高分子金属錯体の創製と応用について、この分野の最先端を先導してきた研究者の研究を網羅して系統的に紹介します。1章で高分子金属錯体の系統的な分類、2章で様々な精密構造体に発展してきた高分子金属錯体の合成と構造について、3章では生体の巧妙な機能を担う高分子金属錯体について、4、5章では応用について機能毎に分けて紹介しています。高分子金属錯体は日本発の比較的古い歴史を持ちながらも、近年の超分子科学の領域とも横断した新しい融合分野へも展開を広げていますので、全体を整理網羅して成書としてまとめるのは決して容易な作業ではありませんでした。しかし、本書では合成と構造、機能と応用を整理して解説することにより、高分子錯体化学の全体像を把握しやすくしています。機能材料に興味を持つ学生諸君や若い研究者を始め、大学や企業の研究者にとって本書が有益な糧となって新しい科学技術を生み出す一助になることを願っています。

高分子金属錯体は機能の特異性や応用の幅広さから、極めて魅力的な物質群であることは間違いありません。材料科学、錯体化学、高分子化学、生体科学、超分子化学、触媒化学、エレクトロニクス、エネルギー、医療などの幅広い分野の学術的および工業的両面の研究開発の今後の発展に役立てていただければ幸いです。

最後に本書をまとめるにあたり、三共出版の秀島功氏には終始適切なお助言とご支援をいただきましたことに、厚く御礼申し上げます。

2020年3月

山元 公寿
西原 寛