

業績

液晶を用いた電子・光機能性共役ポリマーの合成と展開

Synthesis and Development of Optoelectronic Conjugated Polymers using Liquid Crystals



あかぎかずお
赤木和夫

立命館大学 特別招聘研究教授
京都大学 名誉教授、筑波大学 名誉教授（工学博士）

赤木和夫氏は、1974年京都大学工学部石油化学科を卒業後、1980年同大学工学研究科博士後期課程を修了し、工学博士の学位を授与された。1981年日本学術振興会奨励研究員、1982年福井大学工学部助手を経て、1984年筑波大学物質工学系講師、助教授、教授、2003～2006年学際物質科学研究センター長を併任した。2006年京都大学大学院工学研究科高分子化学専攻に異動、2015～2016年福井謙一記念研究センター長を併任、2017年定年退職、現在、立命館大学総合科学技術研究機構・特別招聘研究教授を務めている。この間、1988年カリフォルニア大学サンタバーバラ校高分子有機固体研究所に短期交換研究員として、1989年にはコーネル大学化学科で客員研究員として、それぞれ導電性ポリマーの合成および理論研究に従事した。2009年筑波大学および2017年京都大学から名誉教授の称号を授与された。

赤木氏は、高分子科学の分野において、液晶と共役ポリマーを融合させた新しい学際領域を開拓することで、機能性高分子の科学と技術の発展に大きく貢献した。同氏のおもな業績は以下のとおりである。

1. 高配向・高導電性ポリアセチレンの合成と液晶性共役ポリマーの開発

外部摂動として流動落下や磁場を用いて、液晶を巨視的に配向させた異方性反応場でアセチレンを重合することにより、高配向・高導電性のポリアセチレン薄膜を合成した。これにより導電性は従来より2桁向上して、初めて金属並の 10^4 S/cmの電気伝導度を達成した。次に、触媒濃度を極限的に高めた「脱溶媒重合法」や「無溶媒重合法」を考案して、高延伸性に加えて、ケブラー繊維に匹敵する高力学強度を有する高導電性ポリアセチレン薄膜を合成した。また、液晶を共役ポリマーの側鎖に導入することで、電氣的異方性や光学的直線二色性を有する液晶性共役ポリマーを開発した。

2. キラル液晶場でのらせん状共役ポリマーの合成法の開発と展開

キラル液晶を不斉反応場として、階層的らせん構造を有するヘリカルポリアセチレンを初めて合成した。次に、温度や光などの外部刺激に応答してらせんの向きが可逆的に変わるキラル液晶場を構築して、ポリマーのヘリカル積層構造やスパイラル形態を自在に制御した。さらに、キラル液晶を用いたクロスカップリング重合、電気化学重

合、界面縮重合、および光架橋重合を展開し、種々のらせん状芳香族共役コポリマーやヘリカル架橋ポリマーの合成を通じて、キラル液晶反応場での重合法を進展させた。

3. 共役ポリマーの形態保持炭素化とヘリカルグラファイトの創成

ヨウ素ドーピングしたポリアセチレンを前駆体として、 800°C および $2,600^\circ\text{C}$ で焼成すると、それぞれ前駆体の形態が保持されるのみならず、90%以上の高収率で炭素化およびグラファイト化が進むことを見出した。「形態保持炭素化法」と命名した同法により、ヘリカルポリアセチレンやヘリカルポリ(エチレンジオキシチオフェン)を前駆体に用いることで、これまでに類のないスパイラル形態を有するヘリカルカーボンやヘリカルグラファイトを創成した。

4. 円偏光発光性ポリマーの合成と発光機能の光スイッチング制御

キラル側鎖を有する二置換ポリアセチレン誘導体を合成し、その主鎖型キラルネマチック液晶性を活かして、円偏光発光において 10^{-1} オーダーという脂肪族共役ポリマーでは最も高い非対称性因子を実現した。次に、低分子キラル液晶の選択反射・透過機能を利用して、ラセミ体ポリマーに円偏光発光の発現と増幅をもたらし、非対称性因子の理想値2に限りなく近い値を達成した。

側鎖に光応答性部位を導入した芳香族共役ポリマーを合成し、側鎖の開閉環光異性化を介して、主鎖の発光と消光をスイッチング制御した。さらに、赤緑青色の蛍光を発する三成分ポリマーナノ粒子混合系において、白色発光と消光とのスイッチングも実現した。これにより、「光で光を制御する」新概念のポリマー発光体を創成した。

上記のとおり、赤木氏は、独自の分子設計と反応・重合設計を基軸とし、従前にはない共役ポリマーを創成し、一次構造から高次構造へ至る超階層構造の自在制御と、集合体や複合体への自己組織化と形態制御を通じて、電子・光機能性高分子分野に新しい概念と進展をもたらした。高分子学会においては、関東支部理事、同支部茨城地区代表幹事、関西支部常任幹事を務め、また高分子学会フェローとして、高分子学会の発展に尽力してきた。以上のように、赤木氏の高分子科学および高分子学会への貢献はきわめて大きく、高分子科学功績賞に値するものと認められた。

業績

ペプチド集合体の構造制御とその機能化

Structural Control of Peptide Assemblies and Their Functionalization


 きのしたたかとし
木下隆利

名古屋工業大学 学長（工学博士）

木下隆利氏は、1975年に名古屋工業大学工学部繊維高分子科を卒業、1977年に名古屋工業大学大学院工学研究科繊維高分子工学専攻修士課程を修了された。その後、1984年に東京工業大学より工学博士の学位を授与された。1977年には、名古屋工業大学工学部繊維高分子工学科の助手に採用され、1988年に同大学大学院工学研究科物質工学専攻の講師、1991年助教授を経て、2000年に教授に昇任された。この間、1999年から2000年の間、カリフォルニア工科大学の客員研究員として、David Tirrell教授のもと、組み換えDNAに関する研究に従事された。また、2004年から2006年には、名古屋工業大学「ながれ」領域長、2006年から2010年に副学長、2010年から理事・副学長を歴任された後、2020年から現職の名古屋工業大学学長に就任されている。

木下氏は、ポリペプチドが形成する自己組織的構造と、その構造に由来する機能の相関、すなわち“合目的機能構造形成”に関し、研究を展開されてきた。中でも、目的機能の発現に関して、その機能を外部刺激により制御する試みは、その応答機構にいち早く分子レベルでの“生体模倣”の概念を取り入れ、国内外から高く評価されている。これら基礎研究の知見を活用し、産業界への応用を展開され、高分子科学に対して基礎から応用までの多大な功績を挙げられてきた。同氏の主な業績を以下に紹介する。

1. 生体模倣型刺激応答材料の創製

従来の単純な刺激応答材料とは異なり、複数の刺激が協調的に作用し、ペプチド分子に大きな構造変化を生じさせ、その機能を大幅に制御することに成功した。具体的には、ペプチド側鎖に導入した光応答性官能基が、光によりOH⁻を放出し、これが生体でのセカンドメッセンジャー的な働きをすることで、ペプチド分子の構造を大きく変化させた。結果として、ペプチド分子の集合体である膜を介する物質透過性を可逆的に光制御することに成功した。

2. 構造色基板の創製とそのセンサーとしての実用化

基板上で自己組織的に薄膜を形成し、発色を示す構造色基板を構築した。VOC等有機ガスの吸着現象を、その吸着分子の重量と、吸着による薄膜の体積変化を同時測定することで、吸着機構を物理化学的に解析することを可能とした。この原理を用いたセンサーは製品化され、市販された。

3. β -シートペプチドの自己組織的ナノ構造体の形成と応用

β -シート形成能を有するペプチドを用いて自己組織的に基板上にnm幅の規則的なライン構造を形成することに成功した。この知見をもとに、JAXAとの共同研究が行われ、国際宇宙ステーションの“きぼう”にて、自己組織化が試みられた。微小重力空間ではラインの長さが数 μ mまで成長することが明らかとなった。この構造が形成された基板上で高品位の窒化ガリウム結晶のエピタキシャル成長が認められた。

また、 β -シートペプチドは溶液中においても自己組織的にゲルを形成する。同ゲルは外部応力に応じ可逆的に、ゲル形成と崩壊を繰り返すことができた。このゲルは細胞培養の培地等としての応用研究を経て、商品化された。

4. バイオミネラリゼーションによる機能性有機・無機ナノ複合体の構築

自己組織的に構築された β -シートペプチド集合体上での各種官能基の規則的2次元配列パターンをテンプレートとして巧みに利用し、バイオミネラリゼーションを模倣した有機・無機ナノ複合体の構築に成功した。テンプレートの構造を設計・制御することで、リン酸カルシウム、炭酸カルシウム、酸化チタン等、その結晶系、結晶方位、及びその結晶配向が制御された機能性有機・無機ナノ複合体の構築に成功した。例えば、リン酸カルシウムミネラリゼーションでは、方位と配向が揃ったアパタイト結晶が得られた。また、酸化チタンミネラリゼーションでは、ルチル相とアナターゼ相の混晶より成り、窒素原子がドーブされた、光触媒活性の高い酸化チタンが得られた。このペプチドテンプレートを用いたバイオミネラリゼーションは環境負荷が大いに軽減された機能性有機・無機ナノ複合体の構築法として注目されている。

高分子学会においては、若手研究会の東海高分子研究会設立時の中心メンバーとして、研究会立ち上げに多大なご尽力を頂いた。また、年次大会、討論会等の運営委員はもとより、東海支部会計幹事を長年にわたり務められ、高分子学会発展に幅広く尽力された。

以上のように、木下氏の高分子科学および高分子学会に対する長年の貢献は極めて高く、高分子科学功績賞に値するものと認められた。

業績

高分子イオニクスの開拓と材料化

Development of Polymer Ionics and Materialization

わたなべまさよし
渡邊正義

横浜国立大学 名誉教授・特任教授(工学博士)

渡邊正義氏は、1978年早稲田大学理工学部応用化学科を卒業、1982年同大学院理工学研究科応用化学専攻の博士課程を中途退学し、上智大学理工学部化学科助手に採用された。1983年工学博士(早稲田大学)の学位を授与された。1988~1990年米国ノースカロライナ大学R. W. Murray教授の下で研究員を務め、イオン伝導性高分子を溶媒とする電気化学測定法を開発し、高分子中の分子拡散、電子移動ダイナミックスの研究を行った。1992年 横浜国立大学工学部に異動し、1998年同工学部教授に昇任した。2001年改組により同大学院工学研究院教授となり、2020年同大学を定年退職し、名誉教授となるとともに、先端科学高等研究院、特任教授、先進化学エネルギー研究センター長を務めている。

持続可能社会構築のために電気化学的エネルギー貯蔵・変換等に係わる新しい材料・デバイスの重要性が急増している。電気化学デバイスを構築するイオン伝導材料としては、これまで電解質水溶液、有機電解液が主に用いられてきた。水は電気分解し易いため、これを用いた電気化学デバイスは高エネルギー密度化が困難であり、また有機電解液は可燃性であるため、安全性の問題が生じている。一方、イオン伝導性高分子、イオン液体といった新規イオニクス材料の研究は全く未開拓であった。渡邊氏は約40年の長きにわたり、高分子イオニクスという高分子中およびこれと電極との界面でのイオンダイナミックスを解明する新しい学問領域を開拓した。その結果、革新的な高分子イオニクス材料およびデバイスを提案した。これらの成果は、国内外で高い評価を受け、2006年高分子学会賞、2016年電気化学会賞(武井賞)、2016年The Electrochemical Society (ECS) Max Bredig Award、2017年文部科学大臣表彰科学技術賞(研究部門)、2019年ECS Fellow、2021年日本化学会賞などの受賞に繋がっている。同氏のおもな業績は以下のとおりである。

1. イオン伝導性高分子(高分子固体電解質)に関する研究

ポリエーテルを始めとする高分子中でのイオン解離に、隣接極性基間の共同的相互作用の重要性を指摘した。一方この相互作用はガラス転移温度(T_g)を上昇させ、またセグメント運動とイオン輸送がカップリン

グしているため、室温でのイオン伝導性の上限があった。そこで主鎖緩和よりダイナミックスの速い側鎖緩和を利用した固体電解質を提案し、これを実証した。側鎖緩和の導入は、同一 T_g でのイオン伝導性の増大のみならず、界面電子移動反応の頻度因子増大による反応促進をもたらすことを見出した。

2. イオン液体およびイオンゲルに関する研究

ポリエーテルのカップリング輸送による限界を打破するために、耐熱性のイオン液体を高分子に相溶化したイオンゲルを構築する提案を行った。ポリエーテル系と比較したときの顕著な違いは、イオン液体の高分子に対する可塑化効果(T_g の低下)とセグメント運動からデカップリングしたイオン輸送であった。その結果、電解質溶液に匹敵するイオン伝導性を実現した。この概念を、新規イオン液体開発と融合させ、ヨウ素レドックス対の構造拡散を利用した色素増感太陽電池とその高分子化、イオンゲルアクチュエータの提案、プロトン性イオン液体を用いたプロトン伝導性高分子固体電解質の創製と中温作動無加湿燃料電池の提案、溶媒和イオン液体の提案とその生成機構の解明さらに次世代リチウム電池への展開を実現した。

3. イオン液体を溶媒に用いた刺激応答性材料の構築

イオン液体中で高分子がその化学構造によって、不溶、相溶、上限臨界溶液温度(UCST)、下限臨界溶液温度型(LCST)の相挙動を示すことを世界に先駆けて見出した。この発見は、イオン液体という新しい溶媒を用いたイオンゲルの体積相転移、ブロック共重合体の温度あるいは光によるミセル・ユニマー転移、ゾル・ゲル変化、刺激応答性自己組織化といった斬新な刺激応答型材料の構築に至っている。

同氏の学術論文の総被引用回数は35,000件以上に上り、h-indexも98(Google Scholar)に達し、国際学会でも多くの基調講演や招待講演を行い、この分野を牽引している。高分子学会においては、研究会運営委員長、高分子学会関東支部長、高分子学会副会長などを務めた。以上のように、渡邊氏の長年にわたる高分子科学および高分子学会への貢献は大きく、高分子科学功績賞に値するものと認められた。

業績

バイオミメティック生体親和型高分子材料の創出と医療応用

Creation of Biomimetic Biocompatible Polymer Materials and Their Medical Applications

いしはらかずひこ
石原一彦

東京大学 教授 (工学博士)

石原一彦氏は、1979年早稲田大学理工学部応用化学科を卒業後、1984年早稲田大学大学院理工学研究科応用化学専攻博士課程後期を修了し、工学博士の学位を授与された。1984年から財団法人相模中央化学研究所研究員を務めた後、1987年から東京医科歯科大学医用器材研究所助手、1991年から同助教授となった。1998年に東京大学大学院工学系研究科材料科学専攻助教授、2000年同金属工学専攻教授、2002年同マテリアル工学専攻教授となった。また2006年からは東京大学大学院工学系研究科バイオエンジニアリング専攻の教授も併任している。2021年3月に定年退職予定であり、名誉教授に推挙されている。

石原氏は、生体に存在する精緻な分子機能を人工系で再構築する、いわゆるバイオミメティック概念により、新しい機能性高分子材料の設計と機能評価を行い、さらにはこの材料を医療分野にて応用する視点から研究を展開してきた。研究歴の初期には、視覚の分子機能を模倣した光応答性ポリマーの研究や臍臓の機能の一部を再現する血糖応答性高分子膜の研究など刺激応答性高分子分野の先駆けとなるような研究がある。また、生体の持つ特異的な分子認識機構を利用した高分子分離膜に関連する研究がある。その後、生体組織、生体環境に親和する表面を構築することで医療診断、治療に利用する機器の安全性と機能性を向上させることが、高度先端医療、低侵襲医療、高齢者医療の実現には不可欠との判断のもと、細胞膜表面を模倣する高分子材料を創出し、高分子科学に多大な功績を挙げてきた。これまでに高分子学会賞、科学技術分野の文部科学大臣表彰、全国発明表彰経済産業大臣賞、日本医療研究開発大賞厚生労働大臣賞などを受賞している。同氏のおもな業績を以下に紹介する。

1. 細胞膜構造を模倣した高分子の創製および工業的製造

リン脂質極性基を側鎖に有する2-メタクリロイルオキシエチルホスホリルコリン (MPC) の高効率合成法と高純度精製法を開拓した。MPCを利用した高分子の合成と特性に関して詳細に検討し、分子構造の制御を行った。さらに基本的な物性の評価を実施した。これらの研究成果を基盤として国内化学企業に技術移転し、MPC及び

MPCポリマーの工業的製造に結実した。この研究論文はPolymer Journal誌に掲載され、被引用数で全体の2位であり、邦人研究者での最上位となっている。

2. 優れた生体親和性を示すバイオマテリアルとその分子科学的機構の解明

タンパク質吸着や細胞接着の抑制には、界面近傍の水分子の状態制御が重要であることを、MPCポリマーを例として世界で初めて実験的に示した。これは生体親和性を材料に付与する有力な概念の一つとなっている。またMPCポリマーの研究を契機として、異なる分子構造を有する両性電荷高分子や正負荷電がバランスした高分子系の医療応用に関する研究を誘導してきており、国際会議の定期開催や専門学術雑誌の刊行に結びついている。

3. MPCポリマーの人工臓器・医療機器への適用

MPCポリマーの生体親和性が世界的に認知されアメリカ食品医薬品局に登録されるに至っており、人工心臓、人工肺、ステント、カテーテル、コンタクトレンズなど多くの医療機器の表面処理剤として臨床応用されている。血液適合性を活かした応用として日本発の埋め込み型人工心臓 (EVAHEART) の実現に貢献し、すでに210件の埋植手術が行われている。また、MPCポリマーを超高分子量ポリエチレンライナー表面にグラフトした場合、特徴的な水の構造維持により生体軟骨表面に匹敵する高い潤滑特性 (流体潤滑) を示すことを発見した。これによりライナーの金属骨頭による摩耗が従来の1%以下となることを実験的に証明した。この成果は人工股関節に実装され (Aquala®ライナー)、すでに国内で7万件以上の股関節置換術に使用されている。術後10年間の観察でライナーの摩耗が抑制されていることが明らかとなり、人工股関節置換術の長寿命化に貢献している。

石原氏は高分子会誌編集委員、出版委員、行事委員、選賞委員などを務めるとともに、医用高分子研究会運営委員長として医用高分子研究会講座、シンポジウムなどを企画し、研究会活動の活性化を実践した。

以上のように、石原氏の高分子科学および高分子学会への貢献はきわめて大きく、高分子科学功績賞に値すると認められた。

業績

機能性ポリオレフィンの工業化への貢献およびポリ乳酸の重合技術開発

Contribution to the Commercialization of High Performance Polyolefin and Development of Production Process of Poly(lactic acid)



おがわしんじ
小川伸二

元 三井化学(株) 常務執行役員
大阪大学 招へい教授(工学博士)

小川伸二氏は、1978年に大阪大学基礎工学部化学工学学科を卒業、1983年に同大学大学院基礎工学研究科化学系博士課程を修了し、工学博士の学位を授与された。1983年に三井東圧化学(株)に入社し、技術研究所他にて、モノマー、ポリマー、化学品、ファインケミカルズ、機能性材料を対象に、新規プロセス及び材料開発、既存技術改良に取り組んだ。三井石油化学工業(株)との合併により三井化学(株)発足後、生産技術を中心とする研究開発に従事し、生産技術センター長、執行役員研究本部長、同生産技術研究所長、同RC・品質保証部長を歴任し、生産技術開発研究、触媒科学、マテリアルサイエンス、知的財産、品質管理のマネージメントを担った。常務執行役員としてコーポレート部門を担当し、2020年に退職した。現在、大阪大学招へい教授を務めている。

小川氏は、三井化学(株)において、同氏の化学プロセス工学の知識と経験を基盤として、同社のコア事業である高分子関連製品群に関わる研究開発ならびにその実用化を多数推進してきた。同社の研究者・技術者と共に、事業及び関係部門とも協力して、機能性ポリオレフィンの工業化・生産拡大と重縮合技術開発に従事し、高分子材料の社会提供に貢献してきた。同氏のおもな業績は以下のとおりである。

1. 機能性ポリオレフィンの工業化

主要な業績の一つが新たな触媒開発を起点とする機能性ポリオレフィンやそのモノマーの事業化である。溶液重合、気相重合において、高活性、かつ、機能性要求に合う高分子物性を発現させる触媒及び重合技術について、メタロセン触媒を中心に、触媒構造・配位子・共触媒・担体、重合反応、長鎖分岐構造やナノ結晶構造はじめ高分子構造等の多面的な観点から研究開発を継続的に推進した。ならびに、触媒特性を踏まえた重合操作、安定運転、分離精製の技術を構築し安定で合理的な生産プロセスの実用化のための技術開発に注力した。これらの取り組みが奏功し、同社の主力製品において、エチレン・プロピレン・ゴム(三井EPT™)プラント新設、 α -オレフィン共重合体(タフマー®)プラント増設、極性基を含まない炭化水素系合成油(ルーカント®)製造能力増強、メタロセン直鎖状低密度ポリエチレン(エボリユー®)プラント新増設、同副原料1-

ヘキセン製造の実用化、オレフィン系新規応力吸収材料(アブソートマー®)等の新規製品の上市が実現されている。

もう一つの重要な業績は、コンパウンド技術の高度化による各種高分子材料事業のグローバル展開への貢献である。官能基を導入し接着性を付与した変性ポリオレフィン(アドマー®)、架橋型熱可塑性エラストマー(ミラストマー®)等の機能性コンパウンド製品群は、その特長ある性能から、食品包装材や自動車部品用途を中心に世界的な需要拡大が進んでいる。同氏は、現象観測や設備解析、操作管理から成る混練技術の高度化追求を推進し、用途・成形性ニーズに対応した製品物性を安定発現させると共に生産性を高め、接着性ポリオレフィン生産拡大(北米、欧州、中国)、樹脂改質剤銘柄増強(シンガポール)、熱可塑性エラストマー生産(中国)等の海外生産拡大に貢献した。

これら機能性ポリオレフィン製品群は、モビリティ事業、フード&パッケージング事業を中心に同社の成長ドライバーの中核的存在となっている。

2. ポリ乳酸の重合技術開発

同氏は、植物由来で生分解性を有するポリ乳酸の工業的製法開発を主導した。乳酸を直接脱水重縮合する液相重合と固相重合から成る重合技術の開発に取り組み、触媒開発、反応工学解析、造粒結晶化等の要素技術開発を進め、実用高分子量のポリ乳酸を高光学純度で得る連続生産技術の中試験規模で実証した。乳酸環状二量体の開環重合法に比べて選択率と原単位に優位な量産法で、架橋による高溶融張力品へも展開し、当該分野において先駆的な技術開発を達成した。

一方、高分子学会においては、2012年から2020年まで理事を4期8年務め、その内、2016年から2期4年間は代表理事・副会長を務めた。フェロー表彰候補者選考委員会、高分子学会日立化成賞選考委員会、IPC2018組織委員会などの委員を担当し、代表理事・副会長の任期においては、高分子学会の財務担当として財務体質の改善・健全化を進め、黒字体質への改善を図った。また、事務局の業務改善にも尽力した。

以上のように、小川氏の高分子科学および高分子学会への貢献は大きく、高分子科学功績賞に値するものと認められた。

業績

含フッ素オリゴマー類によるフッ素系機能性材料の創出

Development of Functional Materials by Fluorinated Oligomers



さわだ ひでお
澤田英夫

弘前大学大学院理工学研究科・教授（理学博士）

澤田英夫氏は、1978年群馬大学工学部応用化学科を卒業後、1980年東京都立大学大学院理学研究科修士課程化学専攻を修了した。同年日本油脂(株)[現、日油(株)]に入社し、化薬研究所主任研究員、筑波研究所副主管を経て、1993年奈良工業高等専門学校助教授、2000年同教授に昇任した。なお、日本油脂(株)在籍時の1986年には含フッ素有機過酸化物に関する研究で学位(論文博士)を東京都立大学より取得した。2002年に弘前大学理工学部教授として異動し、2007年には弘前大学大学院理工学研究科教授として、現在に至っている。

澤田氏は40年間の長きにわたり、含フッ素有機過酸化物の特異的な熱分解挙動を活かした含フッ素オリゴマー類の開発とその機能開発に関する研究に従事してきた。特に、含フッ素有機過酸化物をキーマテリアルとすることにより、過酸化物に起因したフルオロアルキル基が直接炭素-炭素結合で高分子主鎖両末端に導入されたABA-トリブロック型フルオロアルキル基含有オリゴマー(含フッ素オリゴマー)類の開発に成功し、その興味深い数多くの機能創出を可能とさせてきた。フルオロアルキル基を炭素-炭素結合により導入させたオリゴマー類の開発に関する研究成果は国内外から非常に高い評価を得ており、高分子科学における含フッ素オリゴマーの分野を世界的にも初めて開拓させた研究成果でもあり、高分子科学に多大な功績を挙げてきた。同氏の主な業績を以下に紹介する。

1. 含フッ素オリゴマー類の高い表面配向性を活かした表面処理剤の開発および汎用ゴム表面への表面処理剤の工業化への展開

含フッ素有機過酸化物とビニルトリメトキシシランとの反応により得られるフルオロアルキル基含有ビニルトリメトキシシランオリゴマー(2~3量体)はガラスさらには汎用の高分子材料の表面改質剤へ応用でき、改質膜表面にフッ素に起因した高い撥油/撥水性を付与でき、その密着性にも優れることを見出した。特に本知見は、外部機関との共同研究により汎用ゴム表面への表面処理剤として展開させた。同氏は弘前大学発ベンチャー認定企業：(株)澤田高分子技術研究所を設立させ、この表面処理剤を商品化へ繋げた。

2. フッ素の凝集機能が発現された新規フッ素系オリゴマーナノ粒子およびナノコンポジット類の創出とその機能開発

含フッ素オリゴマー類において、末端に導入された

フルオロアルキル基は互いに反発するのではなく、逆に凝集することを高分子科学の分野において初めて見出した。このフッ素の凝集する作用を活かすことにより、一連の含フッ素オリゴマー類は末端に導入されたフルオロアルキル基同士の凝集作用が駆動力となり、ナノメートルサイズに制御されたオリゴマー集合体を構築することを見出した。この含フッ素オリゴマー集合体はホスト場として種々のゲスト分子をカプセル化でき、新しいタイプの含フッ素オリゴマー/ゲスト分子ナノコンポジット類へと誘導され、これらナノコンポジット類のユニークな機能創出をも達成した。

3. 不燃性を示す含フッ素オリゴマー/シリカナノコンポジット類の開発

シリカナノ粒子をゲスト分子としてカプセル化させた特定の含フッ素オリゴマー/シリカナノコンポジット類は、800℃焼成後においても熱重量減少を示さず、不燃性を示すことを明らかにさせた。特に、このナノコンポジットコア内へ特定の芳香族化合物をカプセル化させることにより芳香族化合物にも不燃性を付与できることから、これらナノコンポジット類は新しい耐熱性材料としての展開が期待されている。

4. 超親油/超撥水性を示す含フッ素オリゴマーコンポジット類の開発

特定のゲスト分子をカプセル化させた含フッ素オリゴマーコンポジット類において、特にシリカゲル粒子等のマイクロサイズに制御されたゲスト分子を用いることにより調製された含フッ素オリゴマーコンポジット類は超親油/超撥水性等のユニークな表面濡れ性を示した。この表面濡れ性を活かすことにより、水/油分離システムさらには水中に存在する微量有機有害物質の除去、特に高選択的な有機フッ素化合物除去システムの開発へと繋げた。

高分子学会においては、澤田氏は長年、高分子学会の発展に尽力してきた。特に、東北支部理事、東北支部副支部長、高分子学会理事、さらには東北支部支部長を歴任し、東北地区において行われた本部行事である高分子討論会、夏季大学等の円滑かつ効率的な運営に多大な貢献をした。以上のように、澤田英夫氏は高分子学会および高分子科学技術の発展への貢献は大きく、高分子科学功績賞に値するものと認められた。

業績

液晶性分子集合体・超分子ポリマーの構築・構造制御と機能化

Syntheses, Control of Structures, and Functionalization of Liquid-Crystalline Molecular Assemblies and Supramolecular Polymers



かとうたかし
加藤隆史

東京大学大学院工学系研究科化学生命工学専攻・教授（工学博士）

加藤隆史氏は、1983年東京大学工学部合成化学科を卒業後、1988年東京大学大学院工学系研究科合成化学専攻後期課程を修了し、工学博士の学位を授与された。1988年米国コーネル大学化学科の博士研究員として研究を行った。1989年東京大学工学部合成化学科助手、1991年東京大学生産技術研究所講師・助教授を経て、1996年東京大学工学部助教授、2000年東京大学工学系研究科教授に昇任した。

加藤氏は、高分子や液晶の分子設計・合成・構造制御・機能化に関して、超分子化・分子自己組織化により様々な動的機能を発現させるという現在では常識になっているコンセプトを提唱し、1980年代後半から30年以上にわたり、これらの分野を世界的に先導してきた。異方性の導入、分子配列・相互作用・相分離構造の階層的制御、ハイブリッド化などの手法を巧みに使い、関連分野の研究者に大きな影響を与えた。これにより、超分子ポリマー、液晶ゲル・低次元イオン・電子伝導材料・自己組織化水処理膜・バイオミネラリゼーションに倣う高分子／無機複合体などを創製して、高分子集合体・液晶高分子・超分子・ソフトマテリアル・自己組織化材料等における新規分野を創成した。これらの業績に対して、日本化学会進歩賞、日本IBM科学賞、日本学術振興会賞、Wiley高分子科学賞、日本液晶学会業績賞、高分子学会賞、日本化学会賞などを受賞している。また、英国王立化学会のフェローとしても活躍している。

1. 超分子ポリマー・超分子液晶の創製

1980年代後半から、同氏は、世界に先駆けて、水素結合などの非共有結合を活用して、様々な超分子構造を有する高分子・機能性液晶を創製して、本分野をリードした。特に相補的な水素結合により新しい液晶メソゲンが形成することを見出した。これらの知見やアプローチが一つの基盤となり、現代の超分子ポリマーの分野へと発展している。さらに、水素結合、イオン相互作用、双極子／イオン相互作用、電荷移動相互作用、金属配位相互作用などを駆動力とする、自己組織化による動的機能を有する新しい高分子化学・材料科学の分野を創成した。

また、液晶と、水素結合による一次元的分子集合体とを組み合わせることにより液晶ゲルを創製した。これは超分子／液晶複合体とも言え、その精密なモルホ

ロジー制御により高速電場応答・電界光散乱・キラリティーの可逆的制御などを達成した。

2. ナノ構造液晶による機能性材料の創製

液晶のナノメートルレベルの相分離構造を活用して異方的輸送材料に展開できることを示した。1次元（カラムナー相）・2次元（スメクチック相）・3次元（双連続キュービック相）を形成するイオン機能性分子を設計・合成・集合化して、イオン輸送材料を構築し、1次元・2次元の異方的イオン伝導を実証した。特に、ナノ構造液晶を電解質として用いてリチウムイオンを伝導させ、初めてリチウムイオン電池を作動させることに成功した。さらに、ナノ構造液晶にヨウ素を伝導させることにより100度以上で作動する色素増感型電池を構築した。水処理膜にも展開し、自己組織化ナノ構造液晶高分子を構築し、イオンを選択的に透過することや、ウイルスを極めて高度に除去することを示した。

さらに加藤氏は、液晶が外部刺激に応答する動的な性質を用いて、機械的刺激により相転移が誘起されて、発光色に変化するメカノクロミック材料を創製した。現在、盛んに研究が行われているメカノケミストリーの先駆けの研究の一つとなっている。

3. バイオミネラリゼーションに倣う有機高分子／無機複合体の構築

加藤氏は、相互作用を活用する材料化学の立場から、歯・骨・真珠などの生体を作る硬組織、バイオミネラルは、高分子が構造形成を制御して、これを模倣すると新しい高分子／無機複合体ができることに気づき、新しい分野を創成した。特に、官能基を有する多様な高分子を無機結晶化のテンプレートとして駆使して、高分子／炭酸カルシウム・リン酸カルシウムなどの複合体の結晶構造・モルホロジーを精密に制御することに成功した。

高分子学会においては、第34期高分子学会長、関東支部長、Polymer Journal誌編集委員長、高分子説100周年記念シンポジウム実行委員長、高分子討論会運営委員長、研究会委員長や、各種委員会委員など、30年以上にわたり様々な形で高分子学会の発展に貢献した。以上のように、加藤氏の高分子科学および高分子学会に対する長年の貢献は、高分子科学功績賞に値すると認められた。