

令和3年12月1日発行(毎月1回1日発行) 通巻847号 昭和15年4月18日第3種郵便物認可 CODEN:KAKYAU ISSN 0451-1964

C H E M I S T R Y

化学

DECEMBER
2021
Vol. 76

12

特別解説 • Special reviews

ノーベル賞を読み解く

2021年 化学賞, 物理学賞, 生理学・医学賞

解説 • Research article

ナノ材料を狙った位置へ正確に配置!



研究会へ ようこそ！

第 24 回

高分子学会 高分子ゲル研究会

—基礎からも応用からも注目される軟らかい新材料—

竹岡 敬和

名古屋大学大学院工学研究科

注目される高分子ゲル

高分子ゲル(写真1)は、高分子が架橋されることで得られる三次元網目構造体の総称である。一般的には、三次元網目構造体がたくさんの溶媒を吸って膨らんだ状態にあるものを高分子ゲルと呼んでいる。高分子ゲルはその興味深い性質のおかげで、多分野の研究者の研究対象となってきた。化学、物理の分野では、さまざまな高分子や溶媒からなる高分子ゲルの基礎物性が研究されている。薬学や医学、工学などの研究分野でも、高分子ゲルの分子ふるい能力や液体保持性、溶質徐放性、粘弾性などの多様な機能を利用することで、高分子ゲルを用いた商品がすでに開発されている。たとえば、タンパク質や核酸の解析に必要な電気泳動技術、液漏れしにくいバッテリー、おむつやトイレタリー商品、生体適合性材料としてのソフトコンタクトレンズ、スポーツ用品などに

使う衝撃吸収材料などがよく知られている。また、溶媒を含まない高分子網目でも、伸縮性や弾性に富むことから衝撃吸収能に優れた性質を示す系も多く、私たちが安全で便利な生活をするうえで欠かせないエラストマー材料として役立っている。

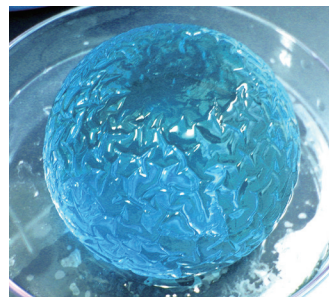


写真1 膨潤している途中の球状高分子ゲル

上記のように、この半世紀で高分子ゲルの分野は非常に目覚ましい発展を遂げ、最先端の精密合成法や高分子加工技術などの周辺技術を取り込みながら、分子レベルでデザインされた網目構造の構築や革新的な力学物性を示す高分子ゲルの創製が可能になってきた。また、構造解析や計測技術の発展も、最先端のゲル研究を後押ししている。現在では、高機能な高分子ゲルを利用した関節軟骨や水晶体用のバイオマテリアル、薬物輸送システム(DDS)や細胞培養基材としての医療分野への応用、3Dプリンター加工技術を用いたソフトロボティクスへの適用も検討されている。このように材料科学におけるイノベーションの一端も担う高分子ゲルは、今後、私たちが直面する社会問題を解決するキーマテリアルとして大きな期待が寄せられている。

研究会設立の経緯

高分子ゲル研究会は、(公社)高分子学会に設置された研究会である。高分子学会には現在21の研究会があるが、本研究会はそのなかでも最大の会員数からなる。今回、本誌の編集部から高分子ゲル研究会の紹介を依頼されるにあたり、設

～研究会の概要～

設立：1986年

運営委員長：竹岡敬和(名古屋大学)

研究会メンバー：大学・官公庁100人、学生43人、
会社個人18人、会社法人3社
(2021年8月20日現在)

ウェブサイト：<https://main.spsj.or.jp/c12/gyoji/gels.php>



● 今後の予定 ●

2022年1月20日(木)～21日(金)

第33回高分子ゲル研究討論会

(産業技術総合研究所 臨海副都心センター 別館11階会議室)

詳細は <https://member.spsj.or.jp/event/index.php?id=322>



写真2 ゲルワークショップの集合写真 (2017年9月)
松山市にて。



写真3 ゲルワークショップの講演風景 (2017年9月)
松山市にて。

立の経緯について、本研究会の委員でもある西成勝好先生(当時大阪市立大学、現在、中国・湖北工業大学の特別招聘教授)にお聞きした。西成先生によると、高分子ゲル研究会の設立は、静岡薬科大学(現静岡県立大学薬学部)におられた片山誠二先生が、1984年ごろにアメリカ・マサチューセッツ工科大学の田中豊一先生のもとで研究員として高分子ゲルの研究に従事され、帰国後に「ゲルに関する研究会を立ち上げよう」ということが始まりだったという。そして片山先生が委員長、繊維高分子材料研究所(現産業技術総合研究所)の山内愛造先生が副委員長として1986年に設立された。田中先生が毎年1月に来日されるため、その時期に合わせて研究会を開催しようとなったそうで、初期は、虎ノ門の三会堂ビルにある石垣記念ホールで開催された。その名残もあり、現在も高分子ゲル研究討論会は毎年1月に開催されている。また、研

究会から刊行した書籍として、『ゲル——ソフトマテリアルの基礎と応用』(荻野一善、長田義仁、伏見隆夫、山内愛造 著、産業図書、1991年)がある。

このような経緯で設立された本研究会は、以来、化学、物理学、材料学、食品科学、薬学、医学などと融合し、学際領域科学の開拓、基礎と応用の相互連携により高分子ゲル研究の発展に貢献してきた。この研究会の活動内容は、合宿形式のゲルワークショップ(写真2, 3)、秋の研究会講座、冬のゲル研究討論会を中心に、高分子学会主催行事での特定テーマの企画や国際会議 GelSympo(写真4)がある。これらの活動は、産官学の研究者らが議論したり情報を共有できる場を提供するとともに、親密なゲル研究ネットワークの構築におおいに貢献している。

最近の研究の話題から

高分子ゲルの最近の話題としては、100年近い長年の定説

高分子ゲル研究会の歴代運営委員長(所属は当時)

第1期(1986～1988)	片山誠二	静岡薬科大学
第2期(1988～1990)	山内愛造	繊維高分子材料研究所
第3期(1990～1992)	長田義仁	茨城大学教養部
第4期(1992～1994)	梶原莞爾	京都工芸繊維大学工芸学部
第5期前期(1994～1995)	木庭秀明	三菱化学(株)
第5期後期(1995～1996)	平佐興彦	物質工学工業技術研究所
第6期(1996～1998)	岡野光夫	東京女子医科大学医工学研究施設
第7期(1998～2000)	川口春馬	慶應義塾大学理工学部
第8期(2000～2002)	渡邊正義	横浜国立大学工学部
第9期(2002～2004)	柴山充弘	東京大学物性研究所
第10期(2004～2006)	龔 剣萍	北海道大学大学院理学研究科
第11期(2006～2007)	吉田 亮	東京大学大学院工学系研究科
第12期(2008～2009)	宮田隆志	関西大学化学生命工学部
第13期(2010～2012)	長崎幸夫	筑波大学学際物質科学研究センター
第14期(2012～2014)	安中雅彦	九州大学大学院理学研究院化学部門
第15期(2014～2016)	青柳隆夫	物質・材料研究機構生体材料センター
第16期(2016～2018)	古川英光	山形大学大学院理工学研究科
第17期(2018～2020)	角五 彰	北海道大学大学院理学研究院
第18期(2020～2022)	竹岡敬和	名古屋大学大学院工学研究科



写真4 第11回 GelSympo の集合写真 (2017年3月)
日本大学津田沼キャンパスにて、大会委員長：原口和敏先生(日本大学)。

を覆す「負のエネルギー弾性」の発見がある¹⁾。これまで、ゲルを変形したときの復元力は、高分子鎖の変形に由来するエントロピー弾性でおおむね説明できると信じられてきた。しかし、ゲルの復元力はエントロピー弾性だけでは決まらず、溶媒に由来する「負のエネルギー弾性」により大幅に弱められていることがわかった。この発見により、食用や医療用にゲルを活用する際に重要な「やわらかさの温度変化」は、従来の想定より数倍大きくなりうることが実証された。

また最近、引っ張るとより頑丈になる自己補強ゲルが開発された²⁾。このゲルは、架橋点が移動できるような構造をもっており、引っ張って大きな負荷をゲルに加えると、ゲルを構成する高分子鎖が結晶化して硬くなる。その結果、ゲルの破断が抑制され、強靱化するというしくみである。また、いったん結晶化しても、力を取り除くとすぐに元の軟らかな状態にもどることも特徴である。繰り返し大きな負荷がかかっても可逆な変化を示すことから、人工の靱帯や関節などへの応用が期待されている。

高分子ゲル研究会は、基礎から応用まで幅広い内容の研究に取り組む研究者が集っている。また、会員の内訳からもわかるように、非常にたくさんの学生が参加している。1月に行われる高分子ゲル研究討論会では、年齢、研究分野、所属などが異なる研究者が集い、最新の研究が紹介される。昨

年度はコロナ禍ということもあり対面での議論はできなかったが、このような機会だからこそ直接会えない時間を利用して、会員のみなさまに最新の研究を報告していただけるよう特集論文（イギリス王立化学会の *Soft Matter* 誌と *Polymer Chemistry* 誌にて）の出版を計画している。また、2022 年 1 月の高分子ゲル研究討論会の開催と、数年おきに開催される GelSymposium の計画も進んでおり、ゲル研究の長年の伝統を引き継ぎつつ、今後も魅力あるゲル研究で世界をリードしていく所存である。さまざまな分野、さまざまな年代のみなさまの積極的な参加をお待ちしている。

謝辞：本原稿をまとめるにあたり、西成勝好先生（湖北工業大学）、原口和敏先生（日本大学）、鈴木淳史先生（横浜国立大学）、作道直幸先生（東京大学）の助言をいただきました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) Y. Yoshikawa, N. Sakumichi, U.-i. Chung, T. Sakai, *Phys. Rev. X*, **11**, 011045 (2021)；吉川祐紀，作道直幸，酒井崇匡，化学，**76**(7)，30 (2021)。
- 2) C. Liu, N. Morimoto, L. Jiang, S. Kawahara, T. Noritomi, H. Yokoyama, K. Mayumi, K. Ito, *Science*, **372**, 1078 (2021)。

たけおか・ゆきかず ● 名古屋大学大学院工学研究科准教授、1996 年上智大学大学院理工学研究科博士後期課程修了、＜研究テーマ＞高分子ゲル、エラストマー、バイオマテリアル、バイオインスパイアード材料、構造発色性材料、＜趣味＞絵画鑑賞