

ゾルーゲルテクノロジーの最新動向

京都大学大学院理学研究科化学専攻

金森 主祥

Current Status of Sol-Gel Technology

Kazuyoshi KANAMORI

Department of Chemistry, Graduate School of Science, Kyoto University

シーエムシー出版から新材料・新素材シリーズの新刊として、「ゾルーゲルテクノロジーの最新動向」が2017年7月に発刊された。本書は、日本ゾルーゲル学会の現会長でもある関西大学の幸塚広光先生の監修によるものであり、日本におけるゾルーゲル法の基礎研究から応用開発に至るまでの広範な内容を集成したものとなっている。ゾルーゲル法全般における現状をまとめた和書としては、2014年に野上正行先生が監修された同社刊「ゾルーゲル法の最新応用と展望」に次ぐものとなっている。本稿では、本書に関する紹介と、筆者の視点から見た雑感について述べたい。

本書は以下のように全41章からなる長大な内容となっているが、執筆者の内訳としては大学から31件、企業から7件、公的研究機関から4件（大学との共著1件を含む）である。このことは、ゾルーゲル法が基礎研究や応用志向の研究としていかに広く用いられているかが示されていると思う。そしてその内容についても、

監修者がはじめに述べているように、「アルコキシド以外の原料を使用する方法」や「ゲル化過程を含まない方法」なども多分に含まれ、ゾルーゲル法そのものの広がりを感じさせる構成となっている。要するに、「この方法はゾルーゲル法か？」ということにはさほど注意を払わなくても、この分野について広く知りたい読者に有益な情報を提供することを主眼としている。

【序論】

第1章 統計に見るゾルーゲルテクノロジーの動向

【基礎編：反応、構造制御、構造形成】

第2章 メタロキサンの合成

第3章 構造制御されたイオン性シルセスキオキサンおよび環状シロキサンの創成

第4章 架橋型前駆体を用いたゾルーゲル反応による有機-無機ハイブリッド材料の作製

第5章 マルチスケール多孔質材料の構造制御

第6章 有機-無機ハイブリッドエアロゲルの合成と性質

〒606-8502

京都市左京区北白川追分町

京都大学大学院理学研究科化学専攻

TEL 075-753-7673

FAX 同上

E-mail: kanamori@kuchem.kyoto-u.ac.jp

- 第7章 自己組織化プロセスによるシロキサン系ナノ構造体の創製
- 第8章 ゼル-ゲルディップコーティング膜における自発的な表面パターン形成
- 第9章 金属水酸化物の表面におけるミクロ多孔性金属有機構造体の成長
- 第10章 ナノ粒子活用のための複合化開発
- 第11章 ナノシートの合成と集積化による高機能材料の創成
- 第12章 無機ナノフレックやナノシートのボトムアップ合成
- 第13章 層状水酸化物材料の合成と構造制御
- 第14章 ゼル-ゲルコーティングの成膜条件と膜品質「成膜欠陥防止のためのヒント」
- 第15章 樹脂を基板とする酸化物結晶薄膜の作製

【機能編：光、電気、化学、生体関連】

- 第16章 メソポーラスシリカで結晶粒子を包含したナノ触媒・光触媒の合成と機能
- 第17章 シリカ系分子ふるい膜の細孔構造制御と透過特性
- 第18章 撥水ウィンドウガラス
- 第19章 フッ素フリー撥水撥油材料の開発
- 第20章 金属酸化物ナノ粒子分散体の調製と有機無機ハイブリッド透明材料への応用
- 第21章 金属ナノ粒子分散機能性メソ多孔体の創成
- 第22章 無機クラスターを活用した水溶液プロセスによる蛍光体の合成
- 第23章 無機ナノ粒子を用いた機能性複合材料の合成
- 第24章 プラズモニクスとゼル-ゲル法を利用した新規光機能材料の創成
- 第25章 光機能性シリカガラスの合成
- 第26章 ゼル-ゲル法を用いた高性能反射防止膜「SWC」の開発
- 第27章 マルチ機能性発光材料
- 第28章 前駆体膜及び結晶化エネルギー投入手法の最適化による電気・光機能性酸化物コーティングの高度化
- 第29章 InO系前駆体ゲルの構造とインプリント成形への応用
- 第30章 高輝度LED用シリコン封止材
- 第31章 スーパーマイクロポーラスシリカの合成と応用
- 第32章 自動車用熱線カットガラス
- 第33章 電池材料合成における液相法の利用
- 第34章 プロトン伝導性と表面水酸基の結合状態
- 第35章 イオン伝導性複合体
- 第36章 カーボン材料の設計と電気化学特性評価
- 第37章 超伝導薄膜
- 第38章 強誘電体材料・強誘電体薄膜の開発
- 第39章 無鉛圧電セラミックス薄膜の開発
- 第40章 次世代デバイス用誘電体単結晶ナノキューブ三次元規則配列集積体
- 第41章 シリカおよびシロキサンを含む有機-無機複合材料の生体応答性

物質としてはシリカをはじめとする無機酸化物やポリ有機シロキサン・シリコンなどの有機-無機ハイブリッド、そして有機高分子由来のカーボンが、その形態としてはナノ粒子やナノシートをはじめとするナノ構造体、多孔体、薄膜が広く紹介されている。機能性という点では、分離、触媒、光学、電子、電気化学、生体など多岐に渡っている。現状を隅々まで詳細に把握するのは困難と思われるほど多様化をみせ発展してきた分野であるが、これらの研究の広がりを示す統計的動向解析は第1章にまとめられている。応用分野別にみれば、「光触媒・太陽電池」関連の学術論文の占める割合の増加傾向が著しく、近年の材料科学全般にみられる傾向がゼル-ゲル法の分野にも影響を及ぼしていると思われる。また、形態別にみれば、薄膜と粒

子・粉末が論文数としても割合としても大きい。これらの傾向は、国内特許においても同様に見られ（ただし特許で多いのは「光触媒」ではなく「触媒」である）、筆者の感じるところによれば、世界的にも同様の傾向であると思われる。

以降、第2章から第15章までは基礎編と題され、ゾルーゲル法における反応・構造形成・構造制御の各論が、それぞれの分担執筆者によって述べられている。本書は専門技術書という立場である以上、「ゾルーゲル法の概要」や「ゾルーゲル法における素反応の詳細」といった教科書的なことにはあまり踏み込んでいないが、ゾルーゲル法を使って作製できる物質や構造体が効果的にまとめられている。ゾルーゲル法は歴史的にはガラスの低温合成技術として発達したが、この基礎編だけ見渡しても分かるように、現在はナノ構造体を得るための溶液プロセスとして発展を続けているといえる。そして、ケイ素アルコキシドのようないわゆる金属アルコキシド化合物を出発物質とする狭義のゾルーゲル法から、無機塩やコロイド粒子などアルコキシド化合物以外を出発物質とする広義のゾルーゲル法へ展開をみせている。さらに、主に錯体分野で発展してきた金属-有機構造体(MOF)は同じ溶液プロセスを用いることと、金属水酸化物からの逆化石化反応による変換手法も発達してきたことからゾルーゲル法との相性もよく、従来のゾルーゲル法の研究者による分野融合的な研究が湧き起こってきている。

続く機能編では、多様な応用研究が紹介されている。前述のように(光)触媒や電池関係など環境・エネルギー分野における研究・開発がますます盛んになっている印象を受ける。ここではその多様な応用研究例について詳細に述べることはできないが、反射防止膜や撥水膜、選択透過膜、誘電材料など、ゾルーゲル法の比較的早い段階から研究されている材料や技術が、企業における製品化や継続した研究開発項目になっていることは特筆すべきことであり、大学の研究者としても勇気づけられる。同様に、光

機能性を付与したシリカガラスの作製をはじめとする透明材料や塊状材料が発展をみせていることも、ゾルーゲル法の歴史的な経緯からみても興味深く、多くの人が困難を見出した研究にも花を咲かせるチャンスがまだ存在していることに気付かされる。さらに、ゾルーゲル法はその周辺技術を取り込むことでさらに進化を続けており、前述した傾向に示されているような触媒・光・電気・電子機能性に優れた新しい物質・材料を生み出している。このような研究の広がりには若い世代の研究者の貢献も大きく、ゾルーゲル法の未来は明るく輝き続けることを予感させる。

前述したように、その多様性がますます注目されるゾルーゲル法において、その奥深さについても認識を新たにし、ゾルーゲル法特有の考え方を日々の研究・開発に取り入れることは今後さらに重要性を増すであろう。本書は多くの研究者・技術者にとって、そのような物の見方を与えてくれるものであると期待できる。

本書に関する情報は、下記のウェブサイトを確認できる。(アクセス確認日:2018年3月1日)

http://www.cmcbooks.co.jp/products/detail.php?product_id=5305