

「現代無機材料科学」 足立吟也・南努編著 化学同人

京都大学大学院工学研究科

田中 勝久

Katsuhisa Tanaka

Department of Material Chemistry, Graduate School of Engineering, Kyoto University

本書は2007年1月に発行されたもので、編者を含め17名の執筆者によってまとめられた無機材料科学に関する専門書である。まず、本書の章立てを示そう。以下は各章の表題とサブタイトルである。

- 第1章 材料って何だろう—物質との違い、形態と機能
- 第2章 電気を通す材料と通さない材料—金属・半導体・絶縁体
- 第3章 シリコン半導体とトランジスタ—身近なエレクトロニクス材料その1
- 第4章 メモリ・記録材料—身近なエレクトロニクス材料その2
- 第5章 誘電体・コンデンサ材料—身近なエレクトロニクス材料その3
- 第6章 表示・ディスプレイと照明のための材料—発光と蛍光
- 第7章 光通信材料—ブロードバンド時代を支える
- 第8章 磁性と磁性材料—コンピュータのかなめ
- 第9章 エネルギーと材料—これまでの電池、これからの電池

- 第10章 表面が活躍する材料—触媒・吸着剤・研磨材
- 第11章 21世紀を彩る材料—新しい素材、新しい機能
- 第12章 環境と材料—リサイクル・リユース・リデュース
- 第13章 ナノテクノロジーと材料—ものづくりの原点

この構成から理解できるように、今後の進展が期待される新しい分野も含め、無機材料が実用的に応用されるさまざまな領域を念頭に置いて、目的を達成するために無機材料にはどのような機能が要求されるか、それを実現するためには無機物質にどういった性質が求められるか、また、性質を引き出すうえで無機固体の構造（結晶構造、形状や微視的構造）をいかに設計し実現していけばよいかについて、代表的な無機物質や無機材料の例をあげて説明がなされている。取り上げている領域は、情報・通信、エネルギー、環境、医療や生命科学、ナノテクノロジーなど、いずれも近年の産業や技術のキーワードとなるものである。本書の全般にわたるこのような姿勢は第1章において総括されている。たとえばこの章では典型的な酸化物材料であるアルミナがその形態や性質に応じていかに広範囲で実用的に用いられているかが例示されている。すなわち、単結晶アルミナの遷移

元素に対するホスト材料としての利用はルビーレーザーやファイアレーザーに見ることができ、多孔質アルミナは触媒担体として有効である。また、アルミナの良好な熱伝導はLSI基板としての実用化を可能にしている。特に本章では物性と材料の関係がさまざまな分野について明記され、表としてまとめられている。その一部を表1として本稿で引用した。この表は現在の実用的な無機材料の特徴を再認識するうえで重要であるばかりでなく、新規な材料への展開を考える際にも参考になる。

第2章以降では、先に述べたとおり、現在活躍中の無機材料ならびに将来的に期待される無機材料が各論的に解説されている。第2章は題目こそ「電気を通す材料と通さない材料」と“やさしい”表現が使われているが、その内容は固体物理学に立脚した比較的厳密な基礎的事項の説明となっている。この章を受けて第3章では、身近なエレクトロニクス材料として20世紀中ごろから情報化社会を支え続けているシリコン半導体とトランジスタについて、高純度の単結晶シリコンを得るための方法、不純物半導体の基礎、ダイオードやトランジスタの原理と応用などが解説されている。エレクトロニクス関連として、第4章では記録材料の原理と実際に使用される無機材料が述べられ、第5章では誘電体の基礎的事項（誘電分極、誘電緩和、誘電損失、強誘電体の特徴と相転移など）、コンデンサの原理、利用される無機結晶の具体例と誘電体としての特徴についてふれられている。

第6章と第7章では光機能材料が扱われている。第6章では特に表示材料が取り上げられ、光吸収と発光にかかわる基礎的事項の解説に始まり、蛍光灯、プラズマディスプレイ、エレクトロルミネセンス（EL）、液晶ディスプレイ、フィールドエミッションディスプレイ、発光ダイオード、半導体レーザなど実用的に重要なデバイスの動作原理と、用いられる無機材料の具体例が述べられている。第7章では光ファイバを対象としており、この材料を理解するうえで

基礎となる反射や屈折のような光学現象、光ファイバの構造と原理、シリカガラスファイバを例とした合成法、光通信用デバイスである光ファイバ増幅器や光アイソレータといった内容が順序良く説明されている。

第8章は磁性材料に関する解説であり、磁気モーメントの起源、磁気双極子の配列と各種の秩序磁性、磁性体の相転移、磁区と磁壁、磁化過程など、基礎的な内容にページが割かれている。また、代表的な磁性体と永久磁石や磁気メモリへの応用が述べられている。

第9章では電池、第10章では触媒が取り上げられている。いずれもエネルギーおよび環境の観点から重要な材料である。第9章は三つの節に分けられ、リチウムイオン二次電池のような化学電池、燃料電池、太陽電池がそれぞれの節で解説されている。化学電池における充放電の機構や太陽電池におけるp-n接合の光起電力効果など、材料の動作原理が基礎から説明され、材料として適した具体的な無機物質が紹介されている。第10章では、固体表面の特徴、ゼオライトとメソ多孔体の構造、合成、機能などが述べられている。

第11章から第13章までは表題から察しがつくとおり、将来を見据えて現在開発が進んでいる新しい材料に関して、機能の原理、具体的な物質、予想される応用分野が議論されている。特に第11章は7節に分かれており、それぞれの節で新しい機能や素材の具体例が各論的に述べられている。これらは、光触媒（酸化チタン）、フラーレンとカーボンナノチューブ、セラミックスの生体材料・再生医療への応用、水素の製造と貯蔵のための材料、超伝導材料、化学センサ、キャパシタによるエネルギー貯蔵である。

本書を読み進めるうえで必要な専門的な術語については随所に注釈が付けられており、詳細な説明の場合には解説という項目が設けられている。また、いくつかの囲み記事（コラム）もあり、実用的な材料の現状と将来展望や、先端

表1 物性と材料の関係（本書の表1.1の一部を引用）

分類	物性	材料内での注目すべき変化	関係する材料
電氣的性質	電気伝導	電子, 正孔, イオンの移動	導体, 半導体, 固体電解質, 超伝導体, 化学電池, 太陽電池, センサー一般
磁氣的性質	強磁性, フェリ磁性, 反強磁性, 反磁性, 常磁性	電荷の回転, 磁気モーメントの配列, スピンの配列	永久磁石 (希土類, アルニコ, フェライト), 軟磁性体, ハードディスク, 光磁気記録材料
光物性	光の吸収, 発光, 半導体における電荷分離	電荷の振動, 光による電子エネルギーの変化, 光による正孔, 電子の生成	蛍光体, レーザ材料, 光触媒, 発光ダイオード, 太陽電池, EL, 光ファイバ
誘電的性質	分極, 常誘電性, 強誘電性, 電荷の保持	イオンの位置の変化, 電気二重層の生成	チタン酸バリウム, PLZT, キャパシタ材料, メモリ, 電磁波センサ, 圧力センサ
熱的性質	比熱, 熱伝導, 熱膨張	格子振動	断熱材, 熱の導体(放熱体), カーボンナノチューブコーティング
機械的性質	弾性, 延性, 機械的強度	化学結合, 転位, 粒界, 格子欠陥, クリープ, クラック	構造材料一般, 人工骨, 人工歯

的な研究の紹介など, さまざまなトピックスが紹介されている。たとえば第4章の「次世代不揮発性メモリ」ではFeRAMやMRAMの話題があり, 今後パーソナルコンピュータの性能がどこまで向上するのか, 興味が尽きない。さらに, 各章や節の終わりには問題が設けられており, これに解答することで各章や節の内容をよ

り深く理解することが可能となっている。

総じて言えば, 本書は大学の学部4年生や大学院修士課程の学生, あるいは企業で新たに無機材料の研究・開発などに取り組もうとする若手の技術者・研究者にとって, 無機材料の全貌を知り, さらに専門的な領域に研究や学習を進めていくうえで適切な専門書となるであろう。