

まえがき

1980年頃、「コバルト酸リチウム ($\text{LiCoO}_2 = \text{LTO}$) は電気化学的手段によりリチウムを可逆的に出し入れできるホスト・ゲスト系である」という論文が材料分野の学術誌に掲載された。Oxford大学のGoodenough教授のもとに遊学中の水島公一氏の仕事であった。

著者の一人工藤は、当時、日立製作所においてリチウムを活物質とする電池の研究を担当していたが、この論文に接しLTOあるいは関連物質をとりあげるべきかどうか大いに悩んだことはいまでも記憶に新しい。結局、それまで研究していた硫化物系層状物質に執着してこの酸化物系には手を出さなかった。それから10年後の1991年、正極にLTO、また負極にもリチウムが可逆的に出入りできる炭素系のホストを用いる「リチウムイオン電池 (=LIB, Lithium Ion Battery)」がソニーによって実用化された。このときには工藤はすでに日立を去り東大に移っていたが、ここではじめて酸化物ホスト・ゲスト系の研究に着手することにした。今から思えば不明を恥じるほかない。

その後、リチウムイオン電池は携帯電話やパソコンなどの電子機器電源として社会の隅々にまで普及し、われわれの生活になくてはならない存在となっているのは周知のとおりである。近年ではハイブリッド車 (HEV) の電源として一部で採用されるなど、大容量・高出力の用途にまで利用範囲を広げている。開発の急がれているプラグインハイブリッド車 (PHEV) や、電池だけで走る電気自動車 (EV) の実用化もリチウムイオン電池の発展にかかっているといえよう。

このような背景から、性能はもちろん安全性やコスト面でもLTOや炭素系に勝るホスト・ゲスト系活物質材料の研究が世界的に活発で、そのすべてを精読するのは不可能であるほど夥しい数の論文が学術誌を賑わしている。研究の開始から30年、実用化から20年も経つというのに、研究開発が衰えるどころかますます盛んになるという例もきわめて珍しい。

それにもかかわらず、リチウムイオン電池に関する“教科書”は、国内、国外を問わず、意外に少ない。ソニーにおいてLIBの開発に尽力した西美緒氏による「リチウムイオン二次電池の話」という良書が裳華房から刊行されているが、これは教科書というよりも啓蒙書として書かれたものであろう。また、多数の筆者がLIBの材料や開発動向について分担執筆した本もいくつか見受けられるが、それらは専門書の範疇に属する。唯一、“教科書”と呼ぶに相応しい本は、最近刊行された「リチウム二次電池」(小久見善八編著、オーム社、2008年)であろう。LIBを中心とするリチウム二次電池全般の基礎からその要素材料や応用に至るまでが系統的に手際よく記述されている。

いま不用意に“それにもかかわらず”と書いたが、逆に活発な研究によって新しいホスト・ゲスト系電極材料が続々見出されているなど、LIBが発展途上であるという状況も教科書を書きにくくしているのかもしれない。しかし、材料が目新しいといっても基礎にあるのはクラシカルなホスト・ゲスト系の物理化学である。本書の副題にある「ホスト・ゲスト系の物理化学」という異なる切り口で書かれたもう一冊の教科書があれば、毎年増加しているこの分野の初学者の入門書として、また、企業などの研究者が座右書として便利なのではないかと考え、長年研究を共にしてきた3人で執筆を決意した。

本書は、前半の基礎編(1~6章)と、後半の材料編(7~10章)からなる。

基礎編、1章でLIBの原理や開発経緯を概観した後、2章ではホスト・ゲスト系反応を理解するため、それに関わる物質の構造や化学結合の特徴について記した。3章および4章はホスト・ゲスト系電極材料の熱力学および速度論である。電極の熱力学的あるいは速度論的な挙動をよりよく理解するため、簡単なモデル(格子ガス模型など)を用いたシミュレーションも交え、なるべく定量的でわかりやすい解説に努めた。5章ではLIBの特性、性能を支配する因子を電極材料の物理化学的特性のうえで論じるとともに、もう一つの構成要素である電解質(イオン伝導体)の特性との関連についても記述した。6章ではとくに初学者の利便のため、ホスト・ゲスト系電極の特性を測定する手法について記した。

材料編、7章および8章はそれぞれホスト・ゲスト系の負極および正極活物質材料に関する解説である。すでに実用に供されているLCOや炭素系はもと

より、これまでの研究により挙動がほぼ明らかにされている材料を取り上げた。9章では固体電解質も含め、LIB用電解質材料（リチウムイオン伝導材料）について記した。10章ではLIBの高性能化、とくに高出力化のために研究が盛んになっているナノサイズのホスト・ゲスト材料について解説した。

1～5章の執筆は工藤が、6章は日比野が担当した。7～9章は日比野と工藤が分担して執筆した。10章は大部分を本間が担当した。

執筆の機会を与えていただいた、本シリーズの監修者である堂山昌男、小川恵一、北田正弘の各先生に感謝する。とくに北田先生には大変丁寧な校閲の労をとっていただいた。篤く御礼を申し上げる。

末筆になるが、出版にあたり終始お世話いただいた内田学社長はじめ内田老鶴圃の方々に深く感謝する。

2010年5月

著者一同