

若手研究者のときに 読んだ本

岡部 徹

通常ならば、年度末は、学会活動、研究や技術コンサル、大学における管理職等の現業に忙殺されるため、「若い技術者、研究者に薦める書」の執筆依頼を受けても手元にある最近入手した手ごろな書籍を数冊選んで紹介するところである。

ところが、新型コロナウイルス流行の影響で、春の学会等の予定がほとんどキャンセルされ、時間的な余裕ができたので、20年ぶりに、埃をかぶった私の書棚を掘り返す余裕が生まれた。

多くの会合や会議のキャンセルのおかげで、学生時代や若い研究者であったころに熟読し、本棚の奥に捨てずに残っていた“思い入れのある書籍”を多数発掘できた^{1)~43)}。これらの中から思い出とともに何冊かをご紹介したい。

京都大学の学生として、小野勝敏教授の指導の下、チタン製錬の研究に没頭していたころ、金属チタンの不純物酸素を除去する手法をいくつか考案した。このとき、研究のアイディアは完成しても、そのアイディアを実験によって実証するための技術やノウハウが当時の研究室(小野研)にはなかった。

この難題を克服するため、「電気化学測定法」^{16)~23)}に関する書籍を読み漁った。同時に、栗倉泰弘助教授(現名誉教授)や伊藤靖彦教授(現名誉教授)に、電気化学や実験手法についてお教を乞いに、出向いた日々が懐かしい。

今から思えば、専門分野が異なる先生の研究室に幾度も質問に乗り込む変わった学生であった。それでも、お忙しい中、懇切丁寧に指導して下さった先生方には今でも頭が下がる思いである。

一連の勉強と研究の結果、約1000℃の熔融塩の中に金属チタンを浸し、電気化学的手法を用いてチタンを極低酸素レベルまで脱酸する特殊技術を完成させることができた。今でも、この実験技術

を再現できる研究者は少ない。

書籍等を利用して独学で学ぶのも大事であるが、書籍で学んだことを議論する研究教育環境も重要である。指導して下さる異分野の教員の方々と議論することの重要性を認識したことは、その後の研究人生の大きな糧となった。

私の専門は、非鉄冶金、特に特殊金属製錬である。この分野と関連が深い熱力学や材料熱化学の勉強については、教科書等は不要であった。同室の大石敏雄助教授(現関西大学名誉教授)が熱力学の大家であり、また、素晴らしい教育者であったからである。大石先生から材料熱化学に関する指導を直接受ける機会に恵まれたのは幸せであった。

また当時、大石先生は、企業の技術者からの相談を頻繁に受けておられ、実際の現場の操業条件等を熱力学的に解析、評価して最適な操業条件を割り出す技術相談も行っておられた。技術相談に関する反応解析の下請けとして、当時、博士課程の学生だった私は、多種多様な熱力学の計算を、大石先生や企業関係者のために行っていた。

1990年代は、パソコンの能力も低く、自らプログラムを書いて、複雑な多元系の熱力計算を行っていたため、苦労も多かった。今でも反応解析に用いる ΔG (ギブズエネルギー)などの熱力学的諸量の値を見ただけで、手書きで化学ポテンシャル図を描き、高温多元系のおおよその熱力学的な評価が頭の中だけでできる。これは、若いときに、反応解析について大石先生に徹底的に鍛えられたおかげである。

京都大学の小野研究室で博士の学位を取得後、米国マサチューセッツ工科大学(MIT)に留学した。留学先では、Sadoway教授の指導の下、電気化学についてさらに多くのことを学んだ。当時、Sadoway教授は、大学院の講義として、電気化学を教えていた(講義名: 3.53 Electrochemical Processing of Materials)。ポスドクだった私は、講義に出て単位を取る必要はなかったが、Sadoway教授の講義にはすべてに参加した。なかでも電気化学の講義は、受講生も数人と少なかったため、受講者の学生以上に真剣に取り組んだ。

その時の講義の教科書がBard & Faulknerの

『Electrochemical Methods Fundamentals and Applications』¹⁶⁾であり、この本は徹底的に勉強した。Sadoway 教授は猛烈に早いスピードで話されるので、講義はすべてカセットテープに録音した。講義の後に、自宅や研究室で、わからなかった箇所を聴きなおして、勉強していた頃が懐かしい。

ボロボロになった本(写真1)や当時の講義を録音していたテープは、今では私の心の玉手箱となっている。

電気化学を学ぼうとする初学者には、渡辺正教授の『電子移動の化学』¹⁷⁾の一読をお薦めする(写真2)。この本は、筆者が東大に赴任する前に読んでいたお気に入りの書籍であった。東京大学に赴任したとき、渡辺先生と同じ研究所の同僚になるとは夢にも思わなかった。今では、渡辺先生とは、毎年マージャンを打ち、酒を飲み交わす間柄となっている。若いときに勉強した本の著者である高名な先生と、酒を飲み議論する機会に恵まれる関係になれるのは、大学人の冥利に尽きる、と有難く思っている。

熱力学や電気化学の分野とは縁が遠い、材料系の若い研究者に薦める本は、石川梯次郎著『本多光太郎伝』¹⁾である(写真3)。正直に述べると、恥ずかしながら、私自身は学位を取得後MITに留学するまで、本多光太郎先生についてほとんど何も知らなかった。有難いことに、留学中に本多記念奨励賞という賞を受賞した。渡米していたので、授賞式には私は出席できなかったが、父親が代理で受け取ってくれた賞状と本多先生の自伝を米国に郵送してくれたので、幸いにもこの素晴らしい書籍に出会うことができた。この本の影響もあってか、MITでは研究に没頭した。日本からの留学生の多くは、海外生活を研究以外のことにも熱心に取り組むことが多い。しかし、私は旅行等もほとんどせず、約3年間、MITの地下の実験室で日々実験に明け暮れる毎日を過ごした。このため、家内には少し寂しい思いをさせたような気もする。

大学で研究を行う若手研究者には、入来篤史著『研究者人生双六講義』²⁾の一読も薦める。与えられた研究テーマや研究環境を使って、作業ベースで実験を行うだけで、論文を量産するのが研究と



写真1 “Electrochemical Methods Fundamentals and Applications,” A. J. Bard, L. R. Faulkner, John Wiley & Sons, New York, USA, (1980) (total 718 pages). 読み込んだため、ボロボロになっているが、捨てられない書籍の筆頭である。



写真2 『電子移動の化学—電気化学入門』, 渡辺正, 中林誠一郎, 朝倉書店, (1996) (全186頁)。



写真3 本棚から引っ張りだしてきた思い出の書籍。

勘違いしている若手研究者が増殖する中、本書は、「研究とは何か」、「研究を職業とし、研究で自己実現するにはどうすべきか」を識るための啓発書となるのではなかろうか。

余談であるが、『科学を育む』⁴⁾の著者である黒田玲子先生は、私が中学生のときの数学の家庭教師の先生である。英国の黒田先生の下宿で、数学だけではなく研究の話聞くのがとても楽しかった。若いころに一流の研究者と接する機会を得る幸運に恵まれ、薫陶を受けたことにより、私は研究の道に進むことになった。

その他、研究に携わる者にとって、エンターテインメント的な要素がある本としては、文献3)～15)も一読の価値がある。MIT留学中に、『カンター教授のジレンマ』¹³⁾の著者であるカール・ジェラッ

シ教授に出遭い、この書に自筆のサインをしてもらう機会を得たのも忘れ難い若い日の思い出である。

最後に、有名な教科書となっている書籍でも、全面的に信じてはいけないという事例を示したい。

Atkins による化学の教科書群は、学部学生の化学の教科書の定番として有名である。しかし、この教科書は、材料プロセスの専門家からみると、間違った記述が散見されるので、困ったものである。

一例を挙げると、「CuS を加熱溶融し、コークスで Cu^{2+} を Cu に還元する操作を溶錬 (Smelting) という」という記述がある。また、「電位が負の亜鉛 ($E = -0.76 \text{ V}$) やニッケル ($E = -0.26 \text{ V}$) は、湿式冶金できない」(亜鉛やニッケルは、水溶液中での電解では製造できない) 等の説明がなされている (『一般科学(下)』p.489³³⁾)。熱力学的、電気化学的な説明をした後で、それをベースに上記のような間違った記述をしているので、困ったものである。この教科書を読んだ学生は、銅は炭素を還元剤として利用して製造しているものと勘違いする。また、亜鉛やニッケルは、水溶液中では、金属イオンを還元して金属を製造することは原理的に不可能であると信じてしまう。

電気化学的に物事を捉える場合、水素過電圧等の考慮すべき重要な物理化学現象が存在しており、実際には、何 100 万トンもの亜鉛やニッケルが、水溶液中での還元プロセスを経由して製造されている。また、銅については、炭素ではなく硫黄を還元剤として金属が生産されているという事実を教科書の著者は知らずに教えているのであろう。

定番の教科書で事実とは全く異なる記述が行われ、あたかも科学的に説明されているのは由々しき状況である。

別の話題として、私が担当する東京大学の大学院の「熱力学特論および演習」の講義では、Gaskell 著の『Introduction to the Thermodynamics of Materials』²²⁾ を講義テキストとして使っている。この教科書も先の Atkins の教科書と同じく、全体としては良くできているが、著者が専門とする化学ポテンシャル図などは、版を重ねても深刻な間違いを犯している図が掲載され続けている。

そこで、私は大学院の講義において、学生に対し、「Fig.13.18 (a) の化学ポテンシャル図の間違いを正し、その理由を説明せよ。」という宿題を必ず出すようにしている。

「教科書に書かれていることは正しい」と、多くの学生は盲目的に信じている。しかし、私の熱力の講義では、「教科書に書いてあることでも、間違っていないかと疑え」と教えている。教科書の間違った記述を奇貨として本質的な教育ができることを、私は有意義であると思っている。

友人、恩師、すぐれた書籍との出会いは、私の人生に大きな影響を与えてきた。特に、若いころに出会った書籍は、私を知らない世界に導いてくれ、新たな世界感や考え方を導入してくれた。

最近、若者の読書離れが問題視されることもあるが、若い人には多くの書籍を読んで、視野を広げてもらいたいものである。

参考文献

(最近、私の本棚から出てきた思い出深く、捨てることができない書籍一覧)

★研究者とくに大学人を目指す人へ一読を薦める書籍

- 1) 石川悌次郎:『本多光太郎傳』, 本多記念会, (1964) (全 377 頁).
- 2) 入来篤史:『研究者人生双六講義』, 岩波書店, (2004) (全 121 頁).
- 3) マックス・ウェーバー (尾高邦雄訳):『職業としての学問』, 岩波書店, (1936) (全 91 頁).
- 4) 黒田玲子:『科学を育む』, 中央公論, (2002) (全 256 頁).
- 5) 米沢富美子:『二人で紡いだ物語』, 出窓社, (2000) (全 277 頁).
- 6) 沖大幹:『東大教授』, 新潮社, 東京, (2014) (全 206 頁).
- 7) 鷺田小彌太:『大学教授になる方法』, 青弓社, (1991) (全 198 頁).
- 8) 森毅:『東大が倒産する日』, 旺文社, (1999) (全 255 頁).
- 9) 堂山昌男:『青信号はゴーでない 永住してみたアメリカ 行って見た世界』, 内田老鶴圃, (1990) (全 254 頁).
- 10) Anthony T. Tu:『サイエンティストの見たアメリカの大学 アメリカでも一流校は狭き門』, 化学同人, (1986) (全 222 頁).
- 11) 古郡悦子:『リアルタイム MIT 科学ジャーナリストたちの九ヶ月』, 東京化学同人, (1995) (全 152 頁).
- 12) フレッド・ハクグッド (鶴岡雄二訳):『マサチューセッツ工科大学』, 新潮社, (1995) (全 249 頁).
- 13) カール・ジェラッシ (中林道夫訳):『カンター教授のジレンマ』, 文藝春秋, (1994) (全 379 頁).

14) カール・J・シンダーマン(山崎昶訳):『サイエンティスト ゲーム 成功への道』, 学会出版センター, (1987) (全 285 頁).

15) カール・J・シンダーマン(山崎昶訳):『続 サイエンティスト ゲーム 若き科学者のための生き残り戦略』, 学会出版センター, (1989) (全 234 頁).

★電気化学実験について勉強したい人への薦める書籍

16) A. J. Bard, L. R. Faulkner: "Electrochemical Methods Fundamentals and Applications", John Wiley & Sons, New York, USA, (1980) (total 718 pages).

17) 渡辺正, 中林誠一郎:『電子移動の化学—電気化学入門』, 朝倉書店, (1996) (全 186 頁).

18) 藤嶋昭, 相澤益男, 井上徹:『電気化学測定法(上)』, 技法堂出版, (1984) (全 247 頁).

19) 藤嶋昭, 相澤益男, 井上徹:『電気化学測定法(下)』, 技法堂出版, (1984) (全 239 頁).

20) 渡辺正, 金村聖志, 益田秀樹, 渡辺正義:『基礎化学コース 電気化学』, 丸善, (2001) (全 224 頁).

21) 電気化学会:『電気化学測定マニュアル 基礎編』, 丸善, (2002) (全 151 頁).

22) 電気化学会:『電気化学測定マニュアル 実践編』, 丸善, (2002) (全 164 頁).

23) D. T. Sawyer, W. R. Heineman and J. M. Beebe: "Chemistry Experiment for Instrument Methods", John Wiley & Sons, New York, USA, (1984) (total 427 pages).

★高温実験や化学冶金を勉強したい人への薦める書籍

24) D. R. Gaskell: "Introduction to the Thermodynamics of Materials, Fifth Edition", Taylor & Francis, New York, USA, (2008) (total 618 pages).

25) L. S. Darken, R. W. Gurry: "Physical Chemistry of Metals" McGraw-Hill Book, New York, USA, (1953) (total 535 pages).

26) O. Kubaschewski, C. B. Alcock, P. J. Spencer: "Materials Thermochemistry, 6th Edition", Pergamon Press, Oxford, UK, (1993) (363 pages).

27) C. H. P. Lupis: "Chemical Thermodynamics of Materials", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, (1983) (total 581 pages).

28) H. B. Callen: "Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics Second Edition", John Wiley & Sons, New York, USA, (1985) (total 493 pages).

29) P. Shewmon: "Diffusion in Solids, Second Edition", The Minerals, Metals & Materials Society, Warrendale, Pennsylvania, USA, (1989) (total 246 pages).

30) 日本金属学会:『金属の化学的測定法 I』, 日本金属学会, (1976) (全 176 頁).

31) 日本金属学会:『金属の化学的測定法 II』, 日本金属学会, (1978) (全 242 頁).

32) Peter Atkins, Loretta Jones, Leroy Laverman (渡辺正訳):『アトキンス 一般化学(上)原著第 6 版』, 東京化学同人, (2014) (全 302 頁).

33) Peter Atkins, Loretta Jones, Leroy Laverman (渡辺正訳):『アトキンス 一般化学(下)原著第 6 版』, 東京化学同人, (2015) (全 299 頁).

★技術論文の書き方

34) 平野進:『第 7 版 技術英文のすべて 研究論文の書き方から実務に必要な知識まで』, 丸善, (1991) (全 708 頁).

35) 逢坂昭, 阪口玄二:『科学者のための英文手紙文例集』, 講談社, (1981) (全 234 頁).

36) 阪口玄二, 逢坂昭:『科学者のための英文手紙文例集 Part II』, 講談社, (1985) (全 355 頁).

37) 長崎 誠三:『改訂増補版 金属用語集』, 日本金属学会, (1973) (全 168 頁).

38) 長崎 誠三:『改訂増補版 金属用語集』, 日本金属学会, (1995) (全 177 頁).

39) 金属材料技術研究所:『図解 金属材料技術用語辞典』, 日刊工業新聞, (1988) (全 79 頁).

その他

40) 小岩 昌宏:『金属学プロムナード—セレンディピティを追って—』, アグネ技術センター, (2004) (全 180 頁).

41) キングスレイ・ウォード(城山三郎訳):『ビジネスマンの父より息子への 30 通の手紙』, 新潮社, (1987) (全 265 頁).

42) 小関智弘:『粋な旋盤工』, 岩波書店, (2000) (全 243 頁). (1975 年風媒社発行の文庫版)

43) 中村繁夫:『レアメタル超入門 現代の山師が挑む 魑魅魍魎の世界』, 幻冬社, (2009) (全 185 頁).

補遺

上記の文献 34)~39) は, IT が利用できなかった時代の「過去の産物」とも言える書籍群であるが, 私にとっては, 捨て難い, 思い出の書籍群である. なぜなら, 私が学生のときは, これらの書を用いて勉強し, 英文の論文や手紙を多く書いていたからである. 今の学生は, 辞書を引く代わりに, インターネットを使って調べ物をする. 私自身も最近, Google 翻訳などを活用している. しかし, しっかりと書かれた昔の論文を読み込まず, また学術論文の書き方を勉強せずに, いきなり Google 翻訳などを使って英文の論文を書くと, 子供が書いたような稚拙な表現が多い文章となる. 意味は通るが, 学術的な表現をつかっていない論文が最近増えているのは, IT 技術が進歩したためであろうか.

おかげ・とおる OKABE Toru H.

1988 京都大学工学部冶金学科卒業. 同大学院博士課程へと進み, チタンなどのレアメタルの精錬に関する研究で 1993 年に博士号を取得. 米国マサチューセッツ工科大学 (MIT) 博士研究員, 東北大学素材工学研究所助手, 東京大学生産技術研究所助教授(准教授)を経て, 2009 教授就任. 2015-2019 生産技術研究所副所長, 生産技術研究所 持続型エネルギー・材料統合研究センター センター長, 同所非鉄金属資源循環工学寄付研究部門 特任教授(兼務). 現在は, 東京大学副学長.