



アラカルト

若手研究者・技術者へのメッセージ-37

お世話になった教科書と論文誌

My Textbooks and Journals with Many Thanks



津崎兼彰 国立研究開発法人
物質・材料研究機構
フェロー
Kaneaki Tsuzaki

1 はじめに

私の略歴を世界の粗鋼生産量の変化とともに図1に示す。私は、1976年4月に京都大学工学部金属加工学科の田村今男教授の研究室に配属されて以来の47年間、一貫して鉄鋼材料の研究を行ってきた。特に、相変態・析出・再結晶によるマイクロ組織形成；組織制御による力学特性の向上に関して多くの仕事を行ってきた。1983年1月京都大学で工学博士の学位取得後、MIT (2年間：ポスドク)、京都大学 (12年間：助手と助教授)、金属材料技術研究所と物質・材料研究機構 (16年間：センター長など)、九州大学 (7年間：教授) に勤務した。2020年3月に九州大学を定年退職後、同年4月から物質・材料研究機構 (NIMS) の招聘研究員となり、2021年4月よりフェローを務めている。

このような私がどのようにすれば意味あるメッセージを若手研究者・技術者の方々にお届けすることができるだろうか。色々と検討した結果、私の教育研究活動において“とても”役に立った教科書と論文誌についての経験を、こぼれ話も含めながら、紹介することとした。なお、紹介する事柄は、私自身が若手であったという認識・条件で、私が40歳 (1995年) までとした。現在「若手」の皆さんに“少しでも”役立てばと願っている。

2 お世話になった教科書

2.1 学部時代の本

学部時代の教科書の一つあげるとすれば丸善の「金属組織学」須藤一、田村今男、西澤泰二 (共著) :1972年初版本 (2,300

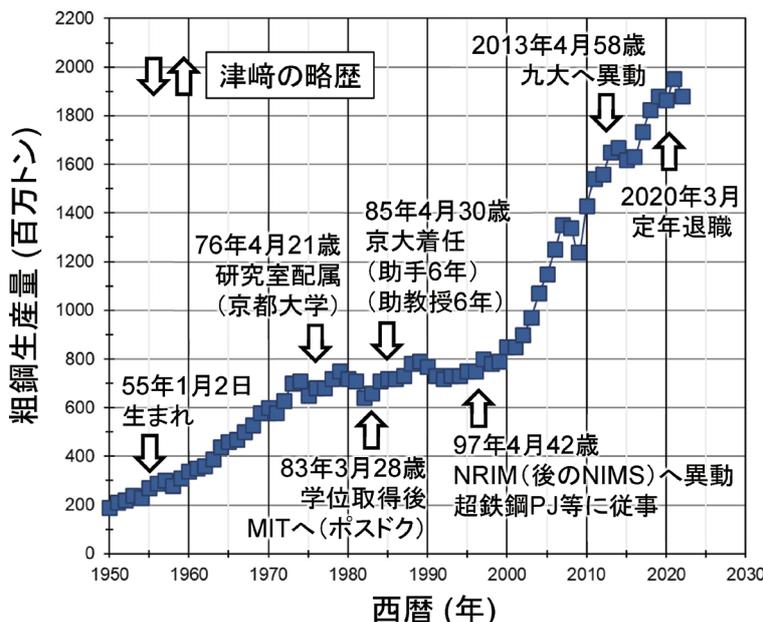


図1 世界の粗鋼生産量の変化と津崎の略歴 (Online version in color.)

円)¹⁾である(図2)。今だから言えるが(あまり言いたくないが)、実は、私は学部低学年のころ金属にあまり興味を持っていなかった。はっきり言って出来の悪い学生であった。それが3回生の時の講義で本書と田村今男先生に出会って変わった。「こんなにも楽しそうに専門の話をされる先生がおられる」と驚いた。配属研究室はもちろん田村研究室を志望した。そして配属が決まった1976年4月に、修士課程への進学を決意して本書を読み始めた。図2(b)の中表紙に当時の決意が示されているが、今、見返しても「良く読み込んでいるなあ」と、当時21歳の自分のメモが懐かしい(ちょっと眩しい)。しかし、良く見ると、5章「加工と再結晶」、6章「過冷固溶体からの析出」、7章「マルテンサイト変態とマルテンサイトの焼もどし」での書き込みが格段に多く、院入試対策の勉強であったことがバレバレであり、はずかしい。

なお、本教科書は、日本金属学会の「まてりあ」2023年5月号の「思い出の教科書、この一冊！」²⁾において、近畿大学の植木洗輔先生が紹介されている。あわせて参照いただきたい。

2.2 ポスドク時代の本

1983年3月から85年3月までの2年1か月、MITのMorris Cohen先生の研究室でポスドクを務めた。直接のボスはGreg Olson先生(当時30代中頃、現MIT教授)であった。当時まず驚いたのは、学生たちがガンガンお互いの研究のことを議論していることであった。「手を動かす前に頭と口を働かす」といった感じであった。最初、その議論について行けないのが悔しかった。英会話能力に乏しかったのに加えて、専門用語を使つての結晶解析や相変態現象の英語表現に苦労した。ちょっと涙した。

そんな時に紹介された教科書が、Reed-Hillの“Physical Metallurgy Principles”³⁾で、勧めて下さったのは安藤禎一さん(現在は米国North Eastern大学の名誉教授)である。安藤さんは学部が京大冶金1971年卒の先輩で、コロラド鉱山大学のG. Krauss先生のところで1982年に博士の学位をとられて、1983年当時はMITのM. Flemings先生のところでポスドク研究員をされていた。安藤さんには留学初日のローガン空港出迎えからお世話になった。もちろん英語べらべらで、英語での討論もかっこよくて、ちょっとあこがれた。その安藤さんから「この本を読んで理解していたらMITのドクターの学生にも負けないよ」と紹介されたのがこの教科書である。ハーバード・スクエアのCoopの本屋で、33.95ドルで購入した(図3)。当時の為替レートが1ドル238円で税金が4%であったから総額8,400円、高価なようだが、912頁におよぶ本書の果たした役割は大きく、実際には安い買い物であった。私が初めて声を出しながら読んだ英語の専門書でもある。

今、頁をめくると、31頁のステレオ標準投影図のところ

で、‘four-fold symmetry axes’ や ‘a three-fold symmetry axis’に赤線が引いてあり、当時は「4回対称軸」の英語表現さえも知らなかったことがバレてしまう。また、177頁の転位とすべり現象のところでは、‘The critical resolved shear stress is a function of temperature. In the case of face-centered cubic crystals, this temperature dependence may be small.’に赤線が引いてあって、しかも余白には鉛筆メモで‘reason?’とある。これも、当時はこんなことも理解できていなかったことが分かってしまうので怖い。誰にも見せず最後まで手許においておくべき本である。

ちなみに後年の1990年前後、京大材料工学の学生実験「材料の変形と破壊」を担当した際に、アルミと鉄の降伏応力の温度依存性の違いを目の当たりにするとともに、同じ担当だった二年先輩の東田賢二先生(高村仁一先生の研究室ご出身、当時京大助手、現九大名誉教授)から上記の‘reason?’について極めて明快に教えていただいた。自分が3回生の時も同じ実験を履修したはずなのに中身の記憶がなかった。いくら良く準備された実験でも、学生がその気になっていないと伝わらないのだと実感した。

さらに後年の2013年後期から、九州大学機械工学部門の修士学生に対しての英語講義で材料の変形と破壊を講義したが、19章“FRACTURE”(749~826頁)がとても役に立った。この教科書は現在、第4版となっているが、新版では“FAILURE OF METALS”として21章に位置しており、頁数も686~730頁へと削減されている。皆さん、金属材料の破壊のことならば、2nd Editionが絶対にお勧めである。

2.3 テキストを書く

40歳までという年齢制限の中で、自ら書いた教科書・テキストの中で思い出深いのが京都大学材料工学教室の「物理工学総論テキスト(材料科学コース担当)」である。その奥付には、1995年10月4日初版発行、非売品とある(図4)。共著者5名であるが、前書きは私に任された。当時の若き京大助教授陣の想いと志を『ふえらむ』に残す良い機会であるので、少し長い引用させていただく。

++ (引用開始) ++

エネルギー、情報、そして材料。

これらが我々の社会を支える3本柱である。新たな世紀に向かって飛躍していくための新しい技術は新しい材料を使ってこそ可能である。また新しい材料は新しい技術によってのみ生まれる。

石器、青銅器、鉄器、…半導体、…そして?

文明は材料が創り出す。材料科学の分野では、自然物質を人類に有益な材料に変換するばかりでなく、自然界に存在しない材料を電子・原子・分子レベルで設計し創製する技術の



図2 「金属組織学」の (a) 表紙カバー、(b) 中表紙のメモ、(c) 奥付



図3 「Physical Metallurgy Principles 第2版」の中表紙。40年前の1983年9月16日に購入。薄いが右上に\$3395の印字が見える。また紙が日に焼けているのが分かる

研究開発を行っている。

新しい材料、新しい技術、そして新しい力。

新しい材料・技術は新しい力によって創られる。諸君らは21世紀の技術者・研究者である。新たな文明を創り出す材料科学は、好奇心にあふれた活力ある若い力を求めている。

本書は物理工学科1回生配当科目『物理工学総論』の材料科学コース担当分の講義テキストとして書かれた。執筆者は材料工学教室において研究の最先端で活動している若手助教授陣である。講義時間数は5回と極めて限られている。このため全ての技術の基礎となる金属材料に内容を絞った。特に諸君らの今後の糧となることを念頭において、トピックス紹介に偏らず金属材料科学の基礎についてまとめられている。内容・文章はできるだけ平易に高校卒業レベルの学力で理解できるように工夫されている。

第1章から第4章までは、構造・電子論・結晶格子欠陥・組織と特性について述べられている。(中略) 第5章では、材料研究のトピックスとして諸君らにとって比較的身近な話

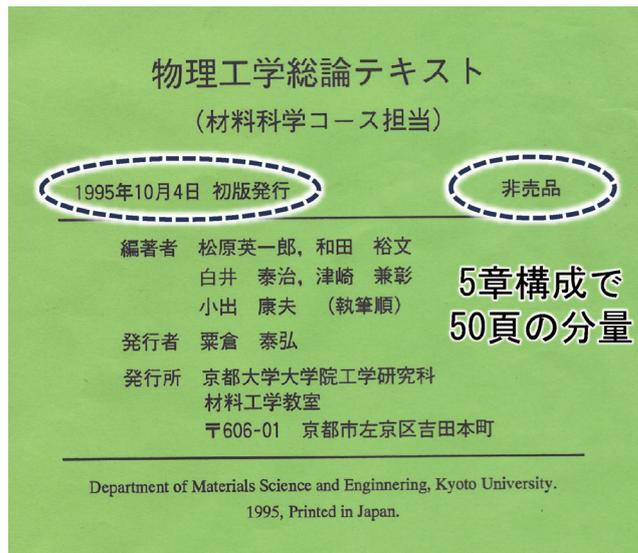


図4 物理工学総論テキストの奥付。発行者は当時教室主任の栗倉泰弘先生

題 を取り上げた。(中略) 今日われわれは原子を直接観察する技術を持っている。先端材料の研究開発に不可欠なこれら評価技術も紹介されている。

質問を大いに歓迎する。

新たな発見は素朴な疑問から生まれるからである。

** (引用終了) **

テキストは、5名で分担執筆したが、それぞれに原稿を読みあい批判しあって仕上げた。また、講義も1回ごとの分担であったが、講義の質を高めるべく、執筆者全員が出席して、お互いの講義内容を批判しあった。率直にコメントが出来る素晴らしい環境だったと今も感謝している。

当時18歳であった受講生の京大生諸君は現在46歳であろう；今その彼らの姿は如何様か、と想いをめぐらしている。

3 お世話になった論文誌と 思い出の論文

3.1 『鉄と鋼』

1976年に卒業研究を始めた時からお世話になった論文誌が『鉄と鋼』である。後年の2009～2010年度には論文誌編集委員長も務めさせていただいた。私にとって最も思い出深い論文誌である。MITポスドクを終えて京都大学に着任した頃に、また私の学生時代に、『鉄と鋼』が“とても”役にたったことをお伝えするために、『鉄と鋼』100巻を記念した2014年1号のふえらむ特集号で、私が担当した記事『「鉄と鋼」の変遷—31巻～65巻(戦後混乱期～高度成長期)』(図5 (a))⁴⁾ から一部を引用させていただく。

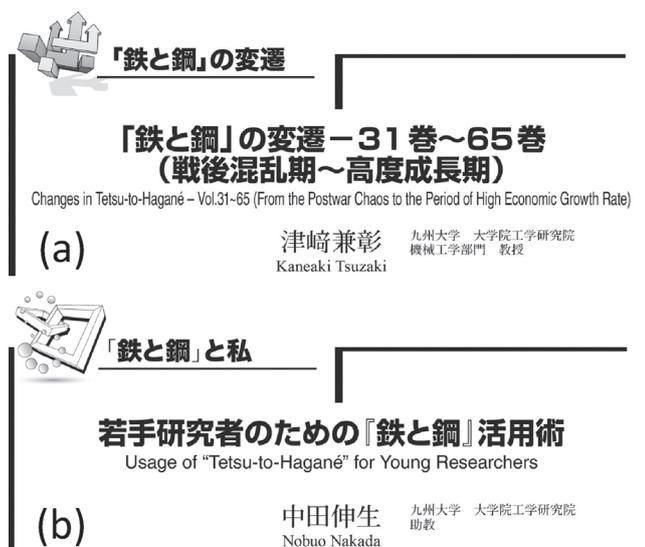


図5 ふえらむ 19巻 (2014) 1号『鉄と鋼100巻記念特集号』の2つの記事。(a) 22頁、(b) 50頁

++ (引用開始) ++

【5. 東京五輪50巻そしてアラカンの頃】

1964年(昭和39年)10月10日土曜日は東京五輪が開会式をむかえた日です。この年の1月に鉄と鋼の投稿規定が大きく改訂されました。それまでの刷り上がり8頁までのページ制限がなくなり、記事の種類が拡大されました。現在から振り返ると高度成長期と一致する拡大路線のように思えます。

小生は学生時代そして助手時代に、この時期に掲載された長大論文で随分と勉強をさせていただきました。一例をあげます。1985年に米国MITのポスドクから京都大学金属加工学教室の助手として着任して間もないころに再結晶の研究を始めました。その時に勉強した鉄と鋼論文で思い出深いのが『3%珪素鉄単結晶の圧延組織と再結晶組織の形成, 田岡 忠美, 古林 英一, 竹内 伸; 鉄と鋼, Vol. 54 (1968) No.2, pp.162-210.』です。49頁におよぶ長大論文です。J-STAGEでは第1部冷間圧延組織と第2部再結晶組織が別々のpdfファイルとして収められています。一体にするとファイル容量が膨大になるからでしょう。25MBと15MBあります。今回読み直して新たに勉強するところが多々ありました。再結晶の研究をされている方で未読の方は是非参考になさってください。

(中略)

鉄と鋼は1974年(昭和49年)に第60巻をむかえました。このアラカンの頃、鉄と鋼は優れた質の高い論文を数多く世に出しました。また刷り上がり10頁までと再びページ数が制限されるようになったのもアラカンの1975年(昭和50年)です。この時代は小生が大学学部時代であり、その学生時代に質の高い和文誌が身近にあったことは真に幸いでした。グリーンが基調の落ち着いた表紙、上質コート紙の本文紙、そ

れは一冊の本としても格調高いものでした。そして鉄と鋼の受賞論文を執筆された研究者の方々は憧れてはいたし、いつかは自分も鉄と鋼に論文を投稿したいと願っていました。卒業論文を書く際に、「先輩の卒論を参考にするのではない。鉄と鋼の受賞論文を参考にしなさい。」と教えられたことを思い出します。図や写真の示し方、論理展開を参考にするようにとの恩師の教えだったと思います。

** (引用終了) **

現在、和文誌の存在意義について議論されることがある。10年前も同じ議論があった。その内容については、同じく『鉄と鋼』100巻記念のふえらむ特集号の冒頭記事「歴代編集長座談会」⁵⁾をご覧ください。前向きな意見を数多く見出すことができるが、ここでは敢えて取り上げない。代えて、同じふえらむ2014年1月号に、中田伸生さん(当時九大助教、現在東工大教授)が素晴らしい一文を寄せられていることを、現在の若手研究者・技術者のために紹介する(図5 (b))⁶⁾。その中に次の文章がある。

++ (引用開始) ++

十年前に比べて、あらゆる分野で国際化が進み、大学や研究室でもより多くの留学生を抱えるようになった。国内の学生が海外で活躍するためには英語の習得は今後ますます重要となるが、私を含めて読者のほとんどは日本語を母国語とし、これを思考言語として日々の業務や研究に従事しているのも事実である。であるならば、母国語を通して、研究者としての基礎的な素養を磨き、その次の段階として語学の習得など国際性を磨くことが教育の王道ではないだろうか。この観点から、日本の鉄鋼研究の現場において『鉄と鋼』という由緒ある雑誌が現存することは大変有難く、これを研究者としての地力を養う土壌として利用しない手はあるまい。

** (引用終了) **

教育の王道の在り様と『鉄と鋼』の役割について、力強いメッセージが込められており、(もちろん今でも若い)当時の若き中田伸生先生の高き志を感じる次第である。

3.2 最初の論文:『鉄と鋼』そして『Trans.ISIJ』へ

最初の論文は『鉄と鋼』に投稿した(1978年8月投稿; 1979年5月掲載)⁷⁾。対象は今の自動車用超ハイテン薄鋼板の基地組織であるラスマルテンサイトであった。受理決定されると直ぐに英文誌『Trans. ISIJ』に投稿した(1979年4月投稿; 1980年4月掲載)⁸⁾。前節で中田先生が示された「まずは母国語で基礎的な素養を磨き、その次の段階で・・・」を、私の直接の指導教員であった牧正志先生が実践・指導してくださったわけで、今でも感謝している。

論文完成に至る過程では多くのことを学んだが、印象に残っていることを一つ紹介する。まず、研究の目的は、ラス

が、全てのclarifyをunderstandやexamine等に修正いただいております。そして、その時に、初めて「clarifyの何たるか」を認識したのです。Morris Cohen先生から頂いた3つのメッセージの2番目の意味と重要性を9年半経って初めて理解したと認識しています。そしてこれまでに頂いた先生方の教えを、次のActa論文(1995年4月投稿)¹⁰⁾において少しは活かせたと思っています。

4 おわりに

自分の教育研究活動において“とても”役に立った「教科書と論文誌」に関わる経験とこぼれ話を自身40歳までという条件付きで紹介した。

恩師の田村今男先生からは「楽しく研究することの素晴らしさ」を学んだ。同じく恩師の牧正志先生からは「志を高く持った研究者たれ」と教えていただいた。私自身は「好奇心を大切に」¹¹⁾と学生諸君に話してきた。そして研究者が成長するために；研究課題を深めるために、何より大切なことは、「風通しが良くて質の高い討論の場」だと思っている。「おわりに」として敢えて若手の皆様に、凡夫の一人である私からお伝えしたいことは次のことです。

『凡夫は、大切なことを教えていただいても直ぐには認識でききません；わかったと思っても直ぐには実践できません；凡夫にとって、実践には機会が必要です；その機会をつくるのが討論の場です；皆さん、お忙しいでしょうが、討論いたしましょう』

この小文が皆さんにとって“少しでも”役立つことを祈念します。

参考文献

- 1) 須藤一, 田村今男, 西澤泰二: 金属組織学, 丸善, (1972). ISBN-10 : 4621082434.
- 2) 植木洗輔: 思い出の教科書, この一冊“金属組織学”, まてりあ, 62 (2023), 314.
- 3) R.E.Reed-Hill : Physical Metallurgy Principles, Second Edition, Books/Cole Engineering Division, (1973). ISBN-10 : 0442268688.
- 4) 津崎兼彰: 「鉄と鋼」の変遷—31巻～65巻(戦後混乱期～高度成長期), ふえらむ, 19 (2014), 22.
- 5) 加藤雅治, 溝口庄三, 月橋文孝, 津崎兼彰, 江坂久雄: 歴代編集委員長座談会「鉄と鋼」の今後の方向を探る, ふえらむ, 19 (2014), 2.
- 6) 中田伸生: 若手研究者のための「鉄と鋼」活用術, ふえらむ, 19 (2014), 50.
- 7) 牧正志, 津崎兼彰, 田村今男: ラスマルテンサイトの組織構成, 鉄と鋼, 65 (1979), 515.
- 8) T.Maki, K.Tsuzaki and I.Tamura : The Morphology of Microstructure Composed of Lath Martensite in Steels, Trans. ISIJ, 20 (1980), 207.
- 9) H.Xiaoxu, K.Tsuzaki and T.Maki : Subgrain growth and misorientation of the α matrix in an ($\alpha + \gamma$) microduplex stainless steel, Acta Metall. Mater., 43 (1995), 3375.
- 10) K.Tsuzaki, H.Xiaoxu and T.Maki : Mechanism of dynamic continuous recrystallization during superplastic deformation in a microduplex stainless steel, Acta Mater., 44 (1996), 4491.
- 11) 津崎兼彰: ものづくりの源泉；好奇心の円環, JRCM NEWS, ISSN0913-0020, (2008.6), No.260. <http://www.jrcm.or.jp/jrcmnews/0806jn260.pdf>

(2023年9月19日受付)