



鉄の歴史

二十世紀の鉄鋼技術史を日本で

中澤護人

Morito Nakazawa

Proposal for Compilation of Iron and Steel History in Twentieth Century by Japanese

1 はじめに

ドイツで20世紀前半期、反ヒトラー抵抗運動のブレンとなり、1944年7月20日ヒトラー暗殺に失敗して自決した元陸軍参謀総長上級大将 Ludwig Beck (1880~1944)は、彼と同名の父 Ludwig Beck (1841~1918)の生誕百年記念の冊子を、死の3年前、1941年に出している。彼の父は『鉄の歴史』全5巻の著者である。

ベック將軍はこの冊子で父の一生を簡潔にまとめているが、その中に次の文がある。「1890年代に東京大学の冶金学教授を引き受けてほしいという提案があったとき、これに踏み切ろうとしなかった理由の一つは、おそらく故郷を離れたくないと考えたからである。同時にもう一つ、妻すなわち私たちの母の健康がすぐれず、遠く旅立つことは無理だったからである」

1890年代、すなわち明治20年代ということであるから、この招聘は明治20年代末から30年代初め、農商務大臣榎本武揚、東大冶金学教授野呂景義、製鉄所建設調査のために渡欧した今泉嘉一郎たちの相談の結果であったのであろうか。ベック博士その人は来なかったが、彼の著わした『鉄の歴史』は日本の鉄鋼人に大きな影響を及ぼした。今泉嘉一郎はこれを座右の書にして赤線を引いている。小島精一は依国一教授に激励されて工学部冶金学教室にある本を読み漁り、ベックのドイツ語の原本をも参考にして、経済と技術の両方にまたがる大著『鉄鋼業発展史論』¹⁾を著わしている。

昭和に入ると、日本鋼管(株)の製鋼現場で活動し、戦後、関東製鋼(株)渋谷工場長、東芝製鋼(株)技師長を歴任した深堀佐市氏が深くベックに魅せられた。深堀氏は今泉嘉一郎の所蔵したベック原本を、この本を相続した今泉益正氏より譲り受け、「第三の人生」(青春の時代、宮仕えの時代の後の)をその翻訳に傾注することを楽しみにしておられ

た。しかし、着手する前にあの世に旅立ってしまった。深堀氏と同じ時期にこの本の翻訳に取り組みはじめてのが、昭和17年新設の東大第二工学部の第二回卒業生青山芳正君であった。兄の佐治芳雄氏のすすめで技術史に興味を持った青山君は、学生時代、ダニレフスキー『近代技術史』²⁾でベックの本を知り、さらにその原本が本郷の大学にあることを知り、これを借り出して翻訳に取りかかり、大学ノートに50頁ほど訳したところで卒業した。尼崎製鋼(株)に就職、現場の製鋼人として活動することになり、その後日新製鋼(株)常務取締役、技術本部長への道を進んで、翻訳は無期延期となってしまった。

ところで戦後、東大第二工学部が生産技術研究所に変わった後、当時失業していた私を金森九郎教授が研究室の事務担当に拾いあげてくれた。研究室の青山君の同級生館充君(現在東大名誉教授)から、この本を青山君が訳そうとしていたことを教えられた。早速本郷の冶金学図書室から借り出し、その格調高い内容に魅せられた。以来、金森教授をはじめ、研究室の人々に支えられ、鳥取県米子市の生田清、亀井健三、松本 勤、斎藤裕司、北垣幸子その他の諸氏の協力を得て、同市の「たたら書房」から全19冊の訳書を出版することができた(本書の意義について 館充、鉄の歴史に学ぶ、金属1998・5)。

この本を訳しながら、私はベックが擲筆した19世紀末までの歴史を承けて、二十世紀の鉄の歴史が書かれなければならぬという思いを深くした。鉄の科学と技術は金属組織学、物理化学、化学平衡、熱力学、速度論と発展をとげた。文科出身の私にはもう理解不可能であった。私はこの仕事に挑戦する人々の出てくることを願った。そうした人々がつぎつぎに登場した。下村泰人氏の『20世紀鉄鋼技術史のトピックス』³⁾を読んだとき、この仕事が始まったのだと思った。著者は序文で「20世紀の変貌してきた鉄鋼業の姿を鉄鋼技術史として残しておきたい」と書いている。さら

に最近、今井宏氏の『パイプづくりの歴史』⁴⁾を読んで、その思いはいつそう深くなった。そこでは古代からの19世紀末をこえて20世紀の現在までの鋼管の製造技術がじつに明快に見事に叙述されているのである。

ところで私にはベックの『鉄の歴史』を訳しながら、もう一つの思いがあった。この本は私にとって間然するところのない本であったが、不満といえば不満とよべるものがあった。19世紀半ばのベッセマーによる近代溶鋼法の誕生以来の鉄鋼「製造」技術の発展は見事に叙述されているが、それにくらべると鉄鋼の「使用」の歴史の叙述はもう一つ不十分だという思いがそれであった。その発展があまりに膨大でベックをもってしても搾り切れなかったせいであろう。だが20世紀には鉄鋼の使用がさらに一層大事になる。そのことは、鋼管を対象をしばった今井氏の本が雄弁に物語っている。

無謀にも私は昔「建築」「土木」「橋梁」「道具(工具)」など、いくつかの重要テーマについて、資料の蒐集に手をつけようとした。しかし私の力の及ぶところでないことを悟って、そのままにした。

最近、松尾宗次氏の『いろいろの鉄(上)(下)』⁵⁾が出版された。鉄鋼の「性質」の多面性と、鉄鋼の「用途」の多面性とは追求され、そして両者の相互関連性が文学的筆致で、しかも的確に叙述されている。そこには『鉄の歴史』の内容を今まで以上に豊かにしてゆく道が提示されていた。

いくつかの力作を読んでいるうちに、『20世紀の鉄の歴史』の輪郭が浮かびあがってきた。それはどんなものであろうか？それらについてどんな文献が集積されつつあるのだろうか？そのことを書いてみたい。しかしその前に19世紀末までの『鉄の歴史』の重要な文献を整理しておきたい。



19世紀までの鉄の歴史の文献

19世紀末までの鉄の歴史については古典的な文献が三つある。第一はベックの『Geschichte des Eisens 鉄の歴史全5巻』⁶⁾。第二はスミスの『A History of Metallography 金属組織学の歴史』⁷⁾。第三はタイルコートの『A History of Metallurgy 冶金の歴史』⁸⁾。

これらの本には欧米の19世紀、20世紀の鉄の科学のすべてが凝集されているということができると思う。この三つの本を読めば、古代からの鉄の歴史について最高の知識を得ることができると思う。この三つの本の簡単な紹介。

まずLudwig Beck (1841~1918)。ハイデルベルク大学において碩学ブンゼン教授のもとで化学を専攻して卒業した。さらにオーストリアのレオーベン鉱山大学のツンナー教授のもとで鉄冶金学を学ぶ。ツンナーはヨーロッパ最高

の冶金学者といわれた人。ベッセマー法誕生のとき四面楚歌のベッセマーを擁護して、ベッセマー法は製鋼法の革命だと主張した。ベックはさらにイギリスのロンドンに渡り、英国冶金学の父といわれるロンドン鉱山大学のパーシー教授のもとで二年助手を勤める。ドイツに戻り、郷里ライン河に面するヴィースバーデンそばのビーブリヒ(現在はヴィースバーデンと合併)という町に鉄の鑄造所を設立し、生涯この経営に全力を傾けた。中部ライン製造業者連盟の会長となってライン河中流の製造業の発展に献身した。この鑄造所は子に、さらに孫のワルター・ベック氏に継承されて現在も引き続き経営されている。ロンドンでパーシー教授の助手をしていたとき、教授から「鉄の歴史が書かれなければならない」といわれ、ベックはこれを自分の義務と考えた。そしてそれが『鉄の歴史』に結実するのである。

ベックの鉄の歴史には19世紀の化学と物理と機械学と工学のヨーロッパにおける最新の学問のすべてが流れこんでいる。しかし、1860年代にソルビーによってはじめられた金属の顕微鏡的研究、それに端を発して19世紀末に爆発的に大発展をとげた金属の構造・組織の学問(メタログラフィ、金属組織学、金相学)は言及されるという程度にとどまらざるをえなかった。この金属組織学を視座にして古代からの製鉄の歴史を再構築したのが第二の書、1960年のスミス博士の『金属組織学の歴史』である。

Cyril Stanley Smith. 1903年英国生まれ、最近世を去った。1924年イギリスのバーミンガム大学の化学を卒業、21歳のときに渡米。MIT(マサチューセッツ工科大学)で物理と化学のドクターコースを卒えた。真鍮会社で実務を経験した。第二次世界大戦が始まるとワシントンの戦時金属委員会のデスク仕事をし、後ロスアラモスで原爆開発の金属材料開発の責任者となる。彼はオープンハイマー、ペーテ、フェルミたちと親交を結んで知を磨く。戦後、1946年シカゴ大学の教授に迎えられ、さらに1961年母校のMITの教授に迎えられた(中沢、スミス博士断章、バウンダリー、1995・8)。

日本刀の刃紋、ウーツ鋼の模様(ウオーター)の研究で始まり、ファラデー、ブレアンたちの研究を経て、1864年のソルビーによる顕微鏡組織の発見までを前編とし、後編ではソルビーに始まり、正確な顕微鏡組織を検証したマルテンス(独)、樹枝状品を発見し、また変態点を見出したチェルノフ(露)、 α 鉄、 β 鉄の変態を究明したオスモン(仏)、状態図を確立したオーステン(英)とローゼボーム(オランダ)その他によって金属組織学が豊かに開花してゆく有様が興味深く叙述されている。

スミス博士は「美的好奇心」こそが科学技術を促進してきたのであり、それは「創造性」の源泉であったと確信し

ており、そのことがこの本をいっそう魅力的なものにしている。

1964年はソルビー発見百年であった。スミス博士はこの年、アメリカに全世界の優れた金属科学者を集め、金属組織学の歴史に関するシンポジウムを開催し、この学問の百年の展開を俯瞰した。このシンポジウムの一切が一冊の本になっている⁹⁾。

さて20世紀に入ると、金属の科学は化学平衡論、熱力学、反応速度論と大きな発展をとげてゆく。こうした新しい知識のすべてを土台にして鉄の歴史を新しく再構築したのが第三の書、1976年のタイルコート教授の『冶金の歴史』である(R. F. Tylecote教授はニューカッスル大学の冶金学教授)。タイン河に面するニューカッスルはかつてヨーロッパ有数の石炭輸出港であった。すでに16世紀からヨーロッパ全体への石炭供給基地として栄えた。そこに製鉄、造船など重工業が発展した。南50キロを距ててタイン河と並行するティーズ河の岸に沿って、スチブンソンが最初の本格的鉄道ストックトン＝ダーリントン鉄道を石炭輸送のために敷設した。この鉄道の成功でやがて有名なマンチェスター＝リヴァプール鉄道が誕生するのである。ストックトンのテーズ河対岸が有名なミドルスブラである。後背地のクリーブランド丘陵の含燐鉄鉱石を利用するため、発明家トーマスと工場長リチャーズが協力して、この町でトーマス法の工業化に成功するのである。

タイルコート教授はこうした伝統と、最新の学問を結合して冶金の歴史の研究を新しい段階に高めた。

上述の3冊の本を読めば、古代から19世紀末までの世界の鉄の歴史のあらましのほぼ全貌を把握できる。ベック以外の未翻訳の2冊の本もぜひ日本語に訳される必要がある。幸いに、タイルコート教授の本は新日本製鐵(株)光製鉄所の技術研究部長沖森麻佑巳氏の手で、すでに粗訳ができあがったと聞いている。やがて精訳されて日本の鉄鋼人の財産となるであろう。スミス博士の本もぜひ誰かの手で。

ところで19世紀までの鉄の歴史に関する本は、もちろん上の3冊がすべてではない。重要な本が無数にある。ここで重要と思われる本を二・三あげる。「各家に2台の自動車を」と繁栄を国民に誇示した直後、1929年の大恐慌に見舞われた悲劇の米国大統領フーバーは、鉱山技師の出身であった。彼とラテン語のできる夫人との協力で、世界最初の偉大なる冶金の書、16世紀のアグリコラ(1494～1555、ドイツ人、ケムニッツにて死去)の『デ・レ・メタリカ』(原典ラテン語、1556年出版)が英訳された。日本語訳もある¹⁰⁾。

この本と同じ頃、イタリアでヴィリングチオ(1480年頃～没年不詳)によって『ピロ・テクニア(火工の術)』(イタリア語、1540年)が出版された。この書はスミス博士によっ

てイタリア語のできるグヌーディ女史との共訳で英訳された¹¹⁾。

18世紀のフランスの大学者レオミュール(Rene Anntoine Ferchault de Réaumur, 1683～1757)のフランス語の本もスミス博士の協力のもとにシスコ女史によって英訳されている。これは滲炭鋼と可鍛鑄鉄の製造技術を科学的に探究し、製法を確立したもので、冶金学をはじめて実験科学たらしめた名著である¹²⁾。

さらにスミス博士は、18世紀までの鉄鋼の科学の重要文献の部分訳を集めて一冊の本に編集している¹³⁾。

この本には鋼の炭素を化学分析し、鋼が鉄と炭素の合金であり、炭素含有量の差で鍛鉄、鋼、鑄鉄の相違が生ずることを確定したベリマン(瑞)、金属「材料学」の父とよばれるリンマン(瑞)、吹き止めした高炉の炉底から鉄の結晶を発見したグリニョン(仏)、ラヴォアジエの化学を基礎として鉄鉄と鋼の「還元」と「酸化」のメカニズムを始めて明らかにしたヴァンダーモン、ベルトレ、およびモンジュの三人(仏)の論文などが取り上げられており、金属にたずさわる科学者にとっての必読論文である。

この他にも19世紀末までの鉄の歴史についての貴重な文献は山ほどあるが、ここでは割愛する。しかし、どうしても取り上げたいのは中国の古代製鉄についてのJoseph Needham博士(1900～1995)の業績である。イギリスの生化学者ニーダムは、第二次大戦中、ビルマ援将ルートを辿り中国に入り、「中英科学技術合作館」を組織し、中国の科学者、技術者と力を合わせて中国全土をかけめぐって抗日戦争を戦い抜いた。その中で中国の文献に接し、古代においては科学と技術がヨーロッパにくらべて「東高西低」であったことに瞠目する。そして戦後、完成すれば「20世紀最大の著作」となるといわれる『Sience and Civilisation in China 中国の科学と文明』¹⁴⁾を中国人はじめ全世界の研究者の協力のもとに刊行し続けている。訳書が東畑精一および薮内清博士監修で、1974年以来思索社によって出版され、現在まで全11冊出ている。

ニーダムを驚嘆させたことの 하나가、中国で溶けた鉄が鑄鉄としてすでに前5世紀頃から工業的に生産されていたことであった。ヨーロッパでは、鑄鉄の生産はせいぜい15世紀までしか遡れないとされている。中国の古代製鉄については、ニーダム博士の協力者デンマークのコペンハーゲン大学教授ワグナー博士によって漢代までの部分がまとめられて出版された。この本の翻訳にまさに着手しようとしていた原善四郎氏が1993年死去され、残念なことであった。ニーダム博士も1995年世を去った。

最後にベッセマー自伝¹⁵⁾。近代溶鋼法、そのもとになったベッセマー転炉法がどのようにして誕生したのか、そのプ

ロセスを回想したこの本は鉄鋼人にとって最重要の文献の一つである。名古屋大学の金属学の黒田光太郎教授と田川哲哉講師の手で精訳が目指されている。世に問われる日が待たれる。

さらに日本の古代からの「たたら製鉄」についての研究がこれに加わることは言うまでもない。

以上で「19世紀末まで」を終る。ついで我々鉄鋼人が現に生きている「20世紀の鉄の歴史」の文献に移ろう。

3 20世紀の鉄の歴史の文献

近代溶鋼法の根本技術は、1856年に世に問われたベッセマーの「転炉法」の発明に始まり、1864年のシーメンス兄弟(英・ドイツ人)およびマルタン(仏)の廃熱活用の「平炉法」の発明を経て、1879年のトーマス(英)の塩基性耐火物と塩基性スラグによる「脱燐法」の発明で完結する。これを軸として高炉(製鉄)―転炉・平炉(製鋼)―圧延機(加工)という鉄鋼製造の近代体系が完成する。この製鉄体系は20世紀前半期に、二度にわたる世界大戦を経験しながら、物理化学、金属組織学、化学平衡、熱力学、反応速度論など鉄の科学に支えられて大きく開花し、産業中でも最もマンモスな産業に発展する。転炉と平炉が共存したことも特徴的であるが、この時代に電気炉が大きく発展したことも注目される。これらの発展の先頭に立ったのがアメリカの鉄鋼業であった。

第二次世界大戦が終わり、20世紀の後半期に入ると、LD法が登場してきて鉄鋼技術のさらなる発展が始まる。ドイツ、スイス、オーストリアの鉄鋼人の協力で開発され、その工業化試験が実施されたオーストリアのリンツとドナウィッツの両製鉄所の頭文字をとってLD法の名で世界に通用した純酸素転炉法が1951年に工業化に成功した。

今までの世界の平炉法・転炉法共存時代が終り、転炉法一色になった。大量生産の転炉法と呼応して、高炉法も圧延法もさらに技術革新した。この変化のなかで、製鋼法も連続鑄造法、高圧鑄造法、鍋精錬法を採用し、オートメーションシステムを完成し、大発展をとげた。

ところでこのLD法を軸とする革命的な製鉄技術を世界の先頭に立って確立していったのは？それが日本であった。経営者、技術者・研究者、営業人が一体となって世界の鉄鋼人が驚歎する鉄鋼技術を築きあげたのである。20世紀が終ろうとしている現在、日本の鉄鋼技術者は自らの手で構築した、世界に誇る技術の生成の過程を明らかにし、これを世界に向けて発信する責務があるのではなかろうか。そのために、すでに貴重な業績が蓄積されている。

まず1973年に日本鉄鋼協会に館充東大教授を委員長とし

て発足した「鉄鋼科学・技術史委員会」の業績がある。同委員会で『原燃料から見たわが国の製鉄技術の発展』¹⁶⁾、『わが国における酸素製鋼法の歴史』¹⁷⁾、『高張力鋼を軸としたわが国の鉄鋼の加工と使用』の三つのテーマが設定され、長期の作業が行われた。特に青山芳正氏を主査として、各鉄鋼会社および大学の技術者および研究者が侃侃諤諤の討論によってまとめあげたLD法の発展の歴史は白眉というべきものであろう。

さらに1970年代に、山本全作氏のもとで新日本製鐵(株)の各作業所の若手技術者の教育のために組織された「技術研修応用工学コース」が注目される。このコースのテーマの一つとして「連続鑄造法」の歴史が取り上げられている。私は大分の湯布院で、このコースに参加する機会を得、若い技術者諸君がグループを組んで熱気溢れる討論をしているのを目撃して感動したのであった。

また梶岡博幸『取鍋精錬法―多品種・高品質鋼 量産化への挑戦』¹⁸⁾は新LD法体系を完成するために重要な役割を果たしたこの技術の歴史をあざやかに描き出している。

ところでLD法の導入時、日本の会社や技術者はヨーロッパの会社や技術者との交渉にどのように苦労したのであろうか？当事者の回顧は興味ある示唆に富むテーマであろう。最近私は1996年の新日本製鐵(株)八幡製鉄所第23回八幡製鋼研究会において加藤健氏が語ったという『OGの開発』という冊子を、佐々木清和氏のご好意により読む幸運に恵まれた。そこには八幡製鉄所と横山工業が共同開発したOG法(転炉の排ガス非燃焼回収法)が、技術輸出の尖兵となってヨーロッパに輸出され、日本の鉄鋼界の大きな利益となった様子が生き生きと描かれていて、私は深い感銘を受けた。これと同様なことが、LD法導入について、当事者によって語られるならば、どのように世界の鉄鋼人に役立つだろうという思いを禁じえない。今からでも、これに関係した人々によって記録され、あるいは散在するものが集められて編集される必要があるように思われる。

さらに、特殊鋼の分野では、青山芳正『ステンレス鋼精錬法の歩み』¹⁹⁾と岸田壽夫『和魂洋才―戦後の特殊鋼製鋼技術の進歩(1945～1965)』²⁰⁾という優れた論文が我々に与えられている。

すでに鉄鋼界に縁がなくなった私が知らない素晴らしい多くの業績が蓄積されていることであろう。

日本の鉄鋼技術者の手になる『20世紀の鉄の歴史』の素材はすでにあるのであり、これらを集大成しさえすれば良いということではなかろうか。残るは個人がベックの『鉄の歴史』やスミスの『金属組織学の歴史』やタイルコートの『冶金の歴史』のようなものをまとめるか、あるいは日本鉄鋼協会が組織者となるか？

4 おわりに

15世紀にドイツ西部、ベルギー、オランダで誕生した高炉法が全ヨーロッパに伝播し、それまでの直接法(鉄鉱石→鋼)という製鉄技術を一変し、間接法(鉄鉱石→鉄鉄→鋼)の時代に入った。それから三百年、18世紀に入るとイギリスで従来の木炭に代る石炭(コークス)を燃料とするコークス高炉法が登場して新しい製鉄技術の変革がはじまり、それは19世紀中頃のベッセマー法の発明で頂点に達し、近代溶鋼法の時代に入る。この近代溶鋼法は20世紀前半期に機械と電気の国アメリカのリードのもとに完成される。そして20世紀後半期に入ってドイツ、スイス、オーストリアでLD法(純酸素転炉)が登場し、この製鋼法が日本のリードのもとに完成され、再び全世界の鉄鋼業の相貌を変えた。それは間接法の究極の姿かもしれない。つぎの21世紀にはどうなるのか? 間接法の時代から直接法の時代への「回帰」(あるいは両者の「止揚」)ではないかともいわれる。

さて21世紀を目前にして、日本の鉄鋼人は、ドイツがベックの『鉄の歴史』を生み、イギリスがタイルコートの『冶金の歴史』を生み、アメリカがシカゴ大学およびMIT教授スミスの『金属組織学の歴史』を生み出したように、日本もまた自らが主役を演じた20世紀後半のLD法を軸とした鉄鋼技術の発展をまとめる責任があるのではなかろうか?

ベッセマーは近代溶鋼法を生み出す過程で、次々に新しいことを発想した。上吹き転炉法、純酸素による精錬、高圧下での化学反応、真空脱ガス、溶鋼を直接に二つのロールのあいだを通して薄板にする技術。これらの技術はすべて20世紀になって実現された。20世紀の鉄の歴史を研究すれば、21世紀の鉄鋼技術がどうなるかのヒントが与えられるかも?

参考文献

- 1) 小島精一: 鉄鋼業発展史論, 有斐閣 (1925)
- 2) ダニレフスキー, 榎本セツ, 岡 邦雄共訳: 近代技術史, 岩崎書店 (1954, 戦前版は1937)
- 3) 下村泰人: 20世紀鉄鋼技術史のトピックス, 日本鉄鋼連盟 (1995)

- 4) 今井 宏: パイプづくりの歴史, アグネ技術センター (1998)
- 5) 松尾宗次: いろいろの鉄 上下, 日鉄技術情報センター (1996, 1997)
- 6) Ludwig Beck: Geschichte des Eises, F. Vieweg, 1884第1巻~1903第5巻, 中澤護人訳, ベック鉄の歴史, 全19冊, たたら書房, 第1分冊1968~第19分冊1986.
- 7) Cyril Stanley Smith: A History of Metallography, The University of Chicago Press (1960)
- 8) R. F. Tylecote: A History of Metallurgy, 冶金の歴史, Metals Society (1976初版, 1992 2版)
- 9) Metallurgical Society Conferences: The Sorby Centennial Symposium on the History of Metallurgy, Gurdon and Beach Science Publishers (1965)
- 10) 三枝博音訳: デ・レ・メタリカ全訳とその研究, 近世技術の集大成, 岩崎学術出版社 (1968)
- 11) Vannoccio Birnbaum, Piro Technia, MIT Press (1942初版, 1959重版)
- 12) Grunhaldt Sisco訳: Réaumur's Memoirs on Steel and Iron, The University of Chicago Press (1968)
- 13) Sources for the History of the Science of Steel: MIT Press and the Society for the History of Technology (1968)
- 14) Joseph Needham and Wung Ling: Science and Civilisation in China, The Syndics of Cambridge University Press, England (1954)
- 15) Bessemer, Autobiography (1905)
- 16) わが国における酸素製鋼法の歴史, 日本鉄鋼協会鉄鋼科学・技術史委員会編, 特別報告書, No37 (1984)
- 17) 原燃料からみたわが国製鉄技術の歴史, 日本鉄鋼協会鉄鋼科学・技術史委員会編, 特別報告書, No33 (1981)
- 18) 叢書 鉄鋼技術の流れ第2巻, 日本鉄鋼協会, 地人書館 (1997)
- 19) 青山芳正: 鉄と鋼, 63 (1977), 5, 561.
- 20) 岸田壽夫: ふえらむ, 2 (1997), 9, 668.

(1998年5月13日受付)