



「鉄と鋼」第100巻記念連動記事  
エポックを作った人物紹介-6

# 日本の鉄鋼分析に新時代をもたらした技術者 佐伯正夫博士

Dr. Masao Saeki and Japanese Iron and Steel Analysis of the New Era

小野昭紘  
Akihiro Ono

オノサイエンス 代表  
(元新日本製鐵株式会社  
先端技術研究所)

## 1 概要

佐伯博士は一言でいえば、企業所属の分析技術者、管理者である。その特徴は企業内における技術開発の業績や研究推進体制の構築に、さらには学協会活動において指導的役割を果たしたことである。日本の鉄鋼分析技術の高度化、活用範囲の拡大並びに国際標準化に大きく貢献し、この分野に新時代をもたらした人物と考える。

日本の近代鉄鋼業の歴史は、20世紀初頭以来、勃興期、復興期、高度成長期、成熟期及び大競争期に大別できるとする博士のお話はよく聞いていたし、著書もある<sup>1)</sup>。それぞれの時期ごとに業態や技術が大きく変化し、分析分野もそれに伴って変遷を遂げてきたことはそのとおりである。勃興期、復興期は湿式化学分析全盛の時代で戦前世代の先人たちが、宗宮尚行東大教授の指導の下で欧米に早く追いつくべく努力した。高度成長期に入ると、湿式化学分析を基盤とした迅速機器分析の導入と定着に戦中世代の技術者（神森大彦、川村和郎、井樋田睦、針間矢宣一、成田貴一ら）が、後藤秀弘東北大学教授の指導で懸命の努力を傾けた時代である。オイルショック後の成熟期は、操業管理用機器分析の精度向上、研究開発用の総合的材料解析体制の確立、環境管理のための分析や新規事業のための分析、さらに分析事業化など広範な課題への対応に迫られた。その上に、グローバル化の進展で国際交流、国際標準化への現実的な対応に迫られる時代となり、戦後世代の技術者が、廣川吉之助東北大学教授、古谷圭一東京理科大学教授の指導もあり着々と成果をあげ、分析分野も成熟期を迎え、世界をリードする立場となった。この時期の企業側の指導者の中心が佐伯博士であり、国際的にも著名で、エポックを作った人物としてここに紹介したい。

博士は、東京大学工学部応用化学科工業分析化学コースの平野四蔵教授（宗宮教授の後継）の研究室で水池敦先生（の



写真1 最近の佐伯博士

ちに名大教授)の下で分析化学を学んだ。1959年に富士製鐵(株)に入社して以来、1995年までの約35年間にわたり、鉄鋼分析に従事した。その前半は同社の製鉄所分析課において操業管理分析のための技術開発に、後半は八幡製鐵(株)と合併してできた新日本製鐵(株)の研究所において研究開発の推進や総合的材料解析体制の構築に成果をあげた。また、日本鉄鋼協会などでの共同研究活動を指導して業界全体の分析技術の高度化や標準化の推進につとめた。さらに、ISO標準化活動に力を注ぎ、TC17/SC1(鉄鋼分析)の常任議長を約10年間担当し、諸外国の分析技術者と積極的に交流を深め、世界の鉄鋼分析をリードしたその功績は大きなものであった。

以下に博士の主な業績とその功績について述べる。

## 2 製鉄所における分析技術開発

1960年代から製鋼操業では真空脱ガスや連続鋳造設備の普及が始まり、転炉出鋼から二次精錬、そしてスラブ製造ま

での時間が大幅に短縮された。また、鋼種も増えて管理する成分数も増え、その成分含有量の許容範囲の狭小化の流れとなり、分析部門には一層の迅速化と精度向上が強く要求されるようになった。その代表的な例として、自動車用鋼板の品質管理を目的とした鋼中酸可溶性アルミニウムの迅速定量があげられる。

高品位の自動車用鋼板は、酸可溶性アルミニウム (acid soluble Al) の含有量はその品質管理の有効な指標になることが分かり、鋼中に存在する酸可溶性及び酸不溶性アルミニウム (acid insoluble Al) の形態別定量が必要になった。当時、鋼中酸可溶性アルミニウムの定量は、鋼中に存在するアルミニウムの各種形態の酸に対する溶解度の差を利用した湿式化学分析法により約2時間かけて人海戦術で行っていた。そこで、迅速化の武器であったスパーク放電発光分光分析法 (通称、カントバック) の適用が考えられたが、この方法は鋼中に存在する全アルミニウム (Total Al = acid soluble Al + acid insoluble Al) の量を求めるものであり、形態別に定量するという概念は全くなかったのである。さらに、発光分光分析法による全アルミニウム定量の精度も悪く、実用不可能という状態であった。そこで佐伯博士らは、当初、全アルミニウム定量の精度向上を目的にスパーク放電現象を詳細に観察していたが、アルミニウムの存在形態が定量精度に悪影響を与えている可能性を発見した。スパーク放電発光分光分析は、電極と鋼表面に高電圧をかけてスパーク放電を行わせ、その両極間に発生する高温プラズマ中で原子化する鋼中各元素の原子発光スペクトルを分光分析して各元素量を定量する方法である。スパーク放電を400Hzで5秒間行えば2000パルスの放電が行われて2000回分の原子発光スペクトルが得られるが、博士らはその1パルスごとの発光強度を解析する地道な研究を行った。その結果、1パルスごとのアルミニウムの原子発光スペクトル強度には相当大きなばらつきがあり、そのことがアルミニウムの定量精度を低下させている要因であることを発見した。さらに、鋼中のアルミニウムの存在形態の冶金学的な考察とアルミニウムの原子発光スペクトル強度のばらつきとの相関関係を解析し、そのばらつきはアルミナ系介在物 (acid insoluble Al) に対するスパークの選択放電に起因することを確かめるに至った。続いて、スパーク放電条件の選定、放電パルスごとの発光強度とその分布状態の把握、分布の統計的解析などについて詳細に検討し、分析装置化を図り、これまで困難と考えられていた発光分光分析による酸可溶性アルミニウムの形態別定量を可能にし、同時に全アルミニウム定量の精度向上を達成したのである<sup>2)</sup>。この新しい発光分光分析法の開発は、PDA (Pulse Distribution Analysis) 発光分光分析法として高い評価を得て、現在でも国際的に活用されている。

この研究開発は、鉄鋼分析技術者と分析機器メーカーが共同で数年かけて完成させたもので、分析技術、冶金学的知識、統計処理手法、分光測光技術、小型電算機利用技術の総合的成果であったといえる。このPDA法は発光分光分析の全般的な精度向上にも寄与し、国内で急速に普及するとともに欧米にも輸出された。これによって博士の知名度は国際的に高まり、後年のISO標準化活動においても役に立ったのではないかと思う。この技術開発は、1978年大河内記念技術賞を受賞し、鉄鋼分析分野での第1号となった。

また、湿式化学分析法の研究開発では、鉄鉱石中の全鉄定量法で水銀試薬を使わずに三塩化チタンを還元剤として用いる滴定法を開発した<sup>3)</sup>。この方法は定量値の正確さを上げるとともに環境に配慮した方法としてJIS及びISOとなり、商取引にも国際的に広く使われるようになった。

## 3 溶鋼オンライン分析法の開発と材料の総合的分析・解析体制の確立

### 3.1 溶鋼オンライン分析法の開発

1980年代には製鋼操業の溶銑予備処理、転炉精錬、二次精錬及び連続製造などの多段プロセス化が一般化した。それらの操業時間短縮やプロセス間の時間適合性向上の狙いから、通常のように溶鋼からの試料採取を行わずに、その場で直接分析する、いわゆる溶鋼直接分析法が要望されるようになった。当時、溶鋼直接分析法の研究開発としては、国内外の実験室規模での研究結果の報告はあったが、いずれも現場設備としての実用化にはほど遠いものであり、現場の悪環境下で実用可能な分析方法を開発する目的で新日鐵でも研究を実施した。特徴的なことは分析部門と製鋼部門の研究者・技術者がプロジェクトチームに参画し、基礎となる各種分析法シーズの基礎研究、製鋼現場での応用研究、そして実用化研究の各ステップを共同して実施したことである。

これらの研究開発は、各種シーズに基づく分析法によって溶銑予備処理工程、転炉精錬工程及び二次精錬工程などで実施した。佐伯博士は、研究体制の整備から研究指導に積極的に参画して貢献し研究成果をあげた。溶銑予備処理工程での研究開発は、銑床脱Si処理の円滑化を目的に溶銑中のけい素をオンラインで分析するものである。高炉出銑樋を流れる溶銑中にプローブを浸漬してアルゴンガスをバブリングさせ、発生した微粒子をアルゴンガス気流によって40 m先のICPトーチに導入し、溶銑中けい素を発光分光分析する方法を開発し、同時期に採取して固化後に分析する従来法によるけい素定量値との相関が得られた<sup>4,5)</sup>。二次精錬工程での研究開発は、真空脱ガス処理 (RH) 中の溶鋼中の水素をオンラインで分析するものである。RH溶鋼中に浸漬したプローブから溶鋼

中にアルゴンガス気泡を吹き込み、気泡中に拡散する溶鋼中の水素を回収して浮上してきたアルゴンガスを赤外線吸収検出器に導入して再度プローブと検出器を循環するアルゴンガス中の水素量を測定した。アルゴンガス吹き込み流量と溶鋼中への吹き込み深さの最適条件下で、回収ガス中の水素量と溶鋼中の水素定量値との良好な相関が得られた。従来法の課題であった溶鋼採取及び水冷操作時の水素の散逸を防ぐことができ、分析精度の向上及び分析時間の短縮が達成された<sup>6,7)</sup>。

転炉精錬工程<sup>8-11)</sup>での研究開発は、特に集中的に実施し、製鉄現場で実用化されたもので、転炉溶鉄中のマンガン濃度をオンラインリアルタイムで分析するものである。この研究目的は、吹錬中の成分濃度を時々刻々に検出して炉内反応を直接モニターし、製鋼制御アクション結果を直接把握しながら操業コントロールができるようにして、より精密な吹錬制御を目指すことにあった。従来は溶鋼を採取して分析センターに気送し、切断、研磨をして発光分光分析をする手順となるが、本研究では上吹き酸素吹錬時に溶鉄表面に形成される火点が2000℃以上の高温であり、そこで溶鉄中の元素が原子化して励起・発光している可能性の追求から始まった。最初は、蒸気圧の異なる各元素を添加した溶鉄の火点における発光現象の解明<sup>8)</sup>、あるいは原子発光スペクトルの光ファイバー伝送<sup>9)</sup>などの基礎実験を忍耐強く続けた。その後、製鉄所の170 t 転炉の酸素吹錬ランス内に光ファイバーを設置し、火点における発光を80m離れた測光システム及び二色高温計に伝送するオンライン分析システムを完成した。実際の操業に合わせての現場実験を重ね、火点におけるマンガン及び鉄の原子発光スペクトルを測定し、マンガン発光強度の外乱による変動を抑制するために鉄の発光強度や火点温度等で補正する方法を確立して溶鉄中のマンガン濃度をオンラインリアルタイムで測定できるようにした<sup>10,11)</sup>。この研究開発

は、日本分析化学会の論文賞の受賞となった。

### 3.2 材料の総合的分析・解析体制の確立

1970年頃、米国で「キャラクターゼーション」という言葉が用いられ始めた。この言葉の定義は、「材料の組成と構造に関する情報を集めて特徴を把握、記述すること。その特徴とは、材料の製造、物性研究あるいは実用化に役立つものでなくてはならない」という概念<sup>11)</sup>であり、これは分析技術者、研究者に明るい大きな夢を与えるものであった。

わが国の鉄鋼各社でも新材料の開発研究が高度化し、電子顕微鏡、オージェ電子分光など高価な解析装置を用いるようになった。それらから得られる情報が材料研究の質を高めることが実証され始めると、各研究所にそれらの解析装置が設置されるようになり、それを取り扱う研究者の増員、設備費の肥大化が起り、また、装置のオープンな利用が制約されるなどのデメリットが現実化してきた。そこで、新日鐵(株)ではまず、これまで各地にあった3研究所の分析研究室を統合して分析研究センターとし、ここに材料の総合的分析・解析(材料のキャラクターゼーション)ができる組織をつくることになり、1980年に博士が基礎研究所に転勤してその推進責任者となったのである。

「見ると測るは科学の原点」を合言葉に、1984年には元素分析、介在物析出物分析、表面界面分析、電顕やX線を用いる微細構造解析、有機構造解析の5グループを統合したセンターにし、名称も「解析科学研究所」(佐伯部長)と改め、在籍の研究者には分析・解析の手法の研究だけでなく、材料研究にも参加し、かつ、時には分析依頼にも応ずるという過酷な任務を与えた。研究対象は広範囲で困難な課題が多かったが、各グループのリーダーに有能な研究者を得て順調に立ち上げることができた。この体制は、集中的投資による最新鋭解析設備の設置や研究者の切磋琢磨により強固な共通基礎基盤を形成し、社全体の研究開発に、特に新素材研究の質的向上に貢献したが、これはひとえに博士の人間性と指導力によるものであったと思う。

現在、わが国の鉄鋼大手企業はこの分析センター体制をとるようになってきている。外国企業ではあまり見られないが、これは日本鉄鋼業の技術の先進性を担保するものであろう。博士は、将来は「分析発の新材料開発」<sup>13)</sup>が実現するのではと、若い世代に期待をしているようだ。



写真2 1989年当時 日本分析化学会論文賞受賞  
向かって右から佐伯博士、千葉氏、筆者

## 4 鉄鋼分析分野における 共同研究活動の推進と国際連携

1985年に佐伯博士は、当協会の鉄鋼分析分野での共同研究活動の中心であった鉄鋼分析部会部会長を川村和郎博士から

引継ぎ、その後10年間続けた。当時、わが国の鉄鋼業は非常に苦しい時期を迎えており、各社とも生き残りを賭けてコスト低減、要員合理化、高級鋼生産、新事業展開等に努力していた。鉄鋼分析部会でも機器分析法及び化学分析法の定量下限拡大、自動化、表面分析法の精度向上、微細析出物の形態別定量の共同研究や、分析室の設備、要員の合理化などの検討を進めた。博士は、合理化によって既に少数となった分析技術者で効率的な活動を実施できるように的確な指導をし、また関連する外部の委員会との連携強化にも尽力した<sup>14)</sup>。この部会と車の両輪の関係にある鉄鋼標準試料委員会の委員長も同様に引き継いだ。そして、標準物質の安定的な製造・頒布体制の構築、高純度鉄などの新品種の製造、ISO Guide 34 に対応した認証標準物質生産への準備を行い、日本鉄鋼標準物質 (JSS/Japanese Steel and Iron Standards) の国際的評価を高める基盤を構築した<sup>15)</sup>。「日本の鉄鋼分析技術のレベルは高い」との評価が内外で高まったのもこの頃であったと思う。その根拠は、日本発の技術論文数が世界一となり、内容も優れていたためであり、博士らのISO活動での個人的交流の影響でもあり、また、フランス、イタリア、米国、北欧各国からの調査団が来日して実感した結果でもあった。

分析方法の標準化活動にも積極的に取組んだが、1990年にわが国もJIS中心主義からISO基本主義に変わり、ISO鉄鋼分析規格をしっかりとしたものにするニーズが高まった。当時、ISO/TC17/SC1 (鉄鋼分析) は日本が幹事国を引き受けて堅実な運営をしていた。だが、より積極的にリードできるように1992年から約10年間にわたって博士が初代の常任議長になった。そして、品質保証の一環としてのISOを作成するよう欧米諸国を説得し、その路線に従った規格作成を急ぎ、このISO活動の活性化に大きな貢献を果たした<sup>16)</sup>。博士は技術的な面でも積極的に活動し、SC1国内委員会の協力を得て分析方法規格の提案を行い、多くの日本案が採用された。例えば、鋼中空素の不活性ガス融解法ではこれまで検量線の作成は鉄鋼標準物質を用いる以外の方法はなく、分析方法のトレーサビリティ確保の面で課題となっていた。SIの質量にトレーサブルな手法として、硝酸カリウム標準液を用いる湿式化学分析手法も取り入れた新規方法を提案した<sup>17)</sup>。この方法はISO 10720及びJIS G 1228に採用された。

博士は英会話の特訓を受け、2年ごとの国際会議では3日間英語で議事運営、調整、議事録作成、会食をこなし、メンバーとはファーストネームで呼び合っていたが、心労と睡眠不足で2~3 kg体重を減らしたのを著者はよく存じ上げている。このSC1の活動は、当協会の山岡賞の受賞となった。さらに、ISO国際会議における博士の提唱で、世界の鉄鋼分析の方向づけを行うべく「国際鉄鋼分析者委員会 (ICASI)」を組織し、その議長も務めた。

## 5 分析の社会貢献と信頼性向上

「分析」は物質に関する情報量を求める行為であるから、産業・学術に役立つだけでなく、社会にも広く役立つ分野であり、環境分析がその典型である。1970年代、光化学スモッグが問題となった頃、佐伯博士らはその原因物質としての排ガス中空窒素化合物 ( $\text{NO}_x$ ) の定量法を検討した。従来の分析法 (ザルツマン法) に基本的な過誤があることを見出し、抜本的な改善を行い、重鉛還元NEDA吸光光度法を開発した。この方法により、正確かつ簡便に  $\text{NO}_x$  定量ができ、 $\text{NO}_x$  排出量の把握、低減化対策の評価、環境管理に貢献した。また、この方法はのちに慶応大学柳沢三郎教授、鈴木孝治教授らのご尽力もあり、JIS、さらにはISOの公的規格となり、国内外で広く使われた<sup>18)</sup>。

また、環境対策に力を入れていた鉄鋼業界の環境分析の技術力や処理能力は他産業より優れていた。これらの能力を社外にも活用してもらうため、博士は1976年姫路環境分析センター (株) の立ち上げを指導した。さらに、研究所の総合的分析解析体制を広く社会に開放するために1985年には日鉄テクノリサーチ (株) の立ち上げにも尽力した。この両社は、現在の日鉄住金テクノロジー (株) の源流でもある。

1990年代は、国際貿易の拡大に伴って分析の信頼性の確保がISO活動でも課題となり、そのためには産業界だけでなく学界による学術的な裏づけも重要との認識が高まった。博士は1993、1994年度の日本分析化学会の副会長となり、この会に学術的な活動だけでなく、「分析信頼性委員会」を立ち上げて信頼性向上を目的とする社会貢献活動をも行える体制作りを行った。現在もこの学会は、分析の基準となる認証標準物質の開発・供給、分析技術者の教育や資格認定、企業の分析技術力の維持・向上のための技能試験などを行い、企業会員のみならず社会全体への貢献をしている。なお、博士は東大、



写真3 1990年当時 ISO/TC17/SC1 国際会議で感謝状を渡す佐伯博士

名大、東理大など複数の大学で将来の技術者となる多くの工学部学生たちに企業技術者の立場からの教育を非常勤講師として行っていることも付け加えておきたい。

佐伯博士の信条は「思考は長期的に、多面的に、根本的に」とする思考の三原則にあり、約35年間にわたり現実に直面する課題を、状況に適応した考え方、強い意志、協力者とのコミュニケーション、地道な努力で解決してきました。このような尊敬してやまない生き方が新しい時代を開拓した、まさしくエポックメイキングな人物であると考えます。

## 6 ご略歴など

- 1936年 静岡県に生まれる
- 1959年 東大工学部応用化学科を卒業
- 1959年 富士製鐵(株) 広畑製鐵所に入社
- 1970年 富士製鐵(株)と八幡製鐵(株)が合併により新日本製鐵(株)となる
- 1972年 新日本製鐵(株) 広畑製鐵所分析課長
- 1978年 大河内記念会 大河内記念技術賞受賞
- 1980年 同社 基礎研究所(副部長研究員)に転勤
- 1984年 同所 分析研究センター所長、のち、解析科学研究部長
- 1989年 日本分析化学会 論文賞受賞
- 1991年 同社 技術開発本部参与
- 1991年 日本鉄鋼協会 野呂賞受賞
- 1993年 日本分析化学会 技術功績賞受賞
- 1993年 通商産業大臣 工業標準化功労賞受賞
- 1995年 同社退職、同時に富士物産株式会社 社長
- 1996年 日本鉄鋼協会 浅田賞受賞
- 1997年 工学博士授与(名古屋大学)
- 2005年 日立環境財団 環境賞優良賞受賞
- 2009年 同社会長
- 現在 同社取締役相談役

## 参考文献

- 1) 佐伯正夫：鉄鋼の迅速分析 速さ、精度、信頼性への挑戦, 地人書館, (1998)
- 2) 小野寺政昭, 佐伯正夫, 西坂孝一, 坂田忠義, 小野準一, 福井勲, 今村直樹：鉄と鋼, 60 (1974), 2002.
- 3) 佐伯正夫, 西坂孝一, 岩本元繁, 安達晃：鉄と鋼, 60 (1974), 2045.
- 4) A.Ono, M.Saeki and K.Chiba : Applied Spectroscopy, 41 (1987), 970.
- 5) 小野昭紘, 千葉光一, 佐伯正夫, 仁部晴美, 笠井茂夫：鉄と鋼, 75 (1989), 902.
- 6) M.Saeki, A.Ono, Y.Hayakawa and K.Senoo : International Conference on Progress of Analytical Chemistry in Iron and Steel Industry, (1992), 247.
- 7) 早川泰弘, 小野昭紘, 佐伯正夫, 妹尾健吾, 木村秀明：鉄と鋼, 77 (1991), 1527.
- 8) 千葉光一, 小野昭紘, 佐伯正夫, 大野剛正：鉄と鋼, 77 (1991), 1874.
- 9) 小野昭紘, 佐伯正夫：鉄と鋼, 71 (1985), 901.
- 10) K.Chiba, A.Ono and M.Saeki : Analytical Sciences, 7 (1991), 655.
- 11) 大野剛正, 千葉光一, 小野昭紘, 佐伯正夫, 山内雅夫, 金本通隆：鉄と鋼, 77 (1991), 805.
- 12) 鎌田仁編：最新の鉄鋼状態分析, アグネ, (1979)
- 13) 田中裕二：ふえらむ 19 (2014), 126.
- 14) 佐伯正夫, 芝池成元：鉄と鋼, 77 (1991), 1756.
- 15) 佐伯正夫, 稲本勇：鉄と鋼, 77 (1991), 1780.
- 16) 大槻孝：鉄と鋼, 77 (1991), 1786.
- 17) A.Ono and M.Saeki : Proceedings of The Forty-Fourth Chemist' Conference, (1992), 81.
- 18) K.Suzuki, T.Niimi, N.Yamamoto, M.Shibata, M.Saeki, A.Ono, T.Shirai and S.Yanagisawa : Analytica Chimica Acta, 295 (1994), 135.

(2014年5月2日受付)