



分析分野座談会

ものづくりの根幹を支える 分析研究の未来

鉄鋼分析は、鉄鋼製造における工程管理、製品評価や環境調和型プロセスを支える技術として重要視されている。「鉄と鋼」第100巻を記念した分析分野座談会では、鉄鋼における分析がどのように発展してきたか、また今後期待することなどについて、幅広く意見を出していただいた。
(2014年4月2日収録)

出席者(敬称略)

古谷圭一	東京理科大学 名誉教授 [学会部門 評価・分析・解析部会 初代部会長]
小熊幸一	千葉大学 グランドフェロー [二代目部会長]
中原武利	大阪府立大学 名誉教授 [三代目部会長]
平井昭司	東京都市大学 名誉教授 [四代目部会長]
田中龍彦	東京理科大学 工学部 工業化学科 嘱託教授 [五代目部会長]
我妻和明	東北大学 金属材料研究所 分析科学研究部門 教授 [七代目部会長]
宮村一夫	東京理科大学 理学部 化学科 教授 [八代目部会長]
河合潤	京都大学 大学院工学研究科 材料工学専攻 教授 [九代目部会長] (司会)
佐伯正夫	元新日本製鐵(株) [元鉄鋼分析部会長]
小野昭紘	元新日本製鐵(株)
望月正	JFEテクノリサーチ(株) ソリューション本部(川崎) エコ分析技術部 部長 [生産技術部門 前分析技術部会長]
石橋耀一	JFEテクノリサーチ(株) 技術情報事業部 マネジメント支援部 主席研究員
池松陽一	新日鐵住金(株) 技術開発本部 先端技術研究所 解析科学研究部長 [生産技術部門 分析技術部会長]
井上亮	(一社)日本鉄鋼協会 論文誌編集委員会 分析分野担当幹事、「鉄と鋼」第100巻特命小委員会 委員

鉄鋼業の成長を支えてきた分析技術

河合 本日はお集まりいただき、ありがとうございます。鉄鋼界における分析研究の過去・現在・未来について、産学のお話を伺いたいと思います。まず最初に古谷先生から、日本の分析技術発展の初期について話をいただけますか。

古谷 1800年代の前半、アメリカの船がボイラーの爆発事故を

起こし、そういうふうには鉄が割れることに対して、分析をしないとダメなということから、ASTM、つまりアメリカの規格分析がスタートしました。日本で、鉄をつくり出したのは1901年の八幡製鉄所からですが、最初はそれぞれの会社が適当と思われる分析法を用いていました。大正時代後期の1917年に第一次世界大戦が勃発し、外国の輸入鉄が入らないので日本製の鉄を使うようになりました。その前後では価格変動が大きく、契約納入を

めぐってトラブルが発生します。その中で当時話題となったのが銑鉄1千万円訴訟です。この裁判のために国内の分析所で同じ試料について鑑定が行われ、その結果分かったのは、それぞれの分析所のノウハウとして用いている分析法の結果は互いにばらつき、信用できないということでした。これに本協会創立者のひとりであった俵國一先生が関わっていました。

昭和初期、日本海軍は極秘裏に大型戦艦建造計画を立てました。けれども問題は、偏析の少ない高強度装甲板をどのように作るかということでした。特殊鋼中に生じる白点がそれで、これに関係ある水素分析が必要として、軍産学公の共同研究が1934年日本学術振興会第19委員会として発足します。ここにおいて、製鋼研究者、分析研究者、分析担当者のオープンな協議の上に作られた納得できる分析法を用い、同一試料を用いた各分析所の結果が比較され、科学的に信頼できる方法が生まれます。戦艦大和の建造にはこのような歴史が隠されていました。その後もこの作業は他のガス元素に広げられ、さらに、合金元素や不純物元素などの工程管理のための迅速分析法の開発に広がりました。戦後の日本鉄鋼技術の進歩はこれに支えられたのです。

河合 中原先生にお伺いしたいのですが、関東で学術振興会の活動が始まった後、関西分析研究会が始まったのですか。

中原 日本鉄鋼協会関西支部は1939年に、遅れて日本金属学会関西支部は1941年にそれぞれ発足し、その後1948年になって両支部が合同して一緒に運営されることになりました。そのような関西支部内に関西分析研究会が、1952年に日本分析化学会の近畿支部ができる以前に発足したわけで、関西地区の分析技術を維持、向上させようという多大な努力がなされてきました。

戦後、日本の鉄鋼の成長の礎の1つとして鉄鋼標準試料があると思います。関西分析研究会では1954年に最初の4種類の鉄鋼標準試料が作られました。さらに非鉄金属材料の2種類を含め、1963年まで継続して全国に頒布されていました。その後、日本鉄鋼協会が標準試料を作るまで続けられ、1965年に関西分析研究会は鉄鋼標準試料調製の役割を終えました。

佐伯 これまでの100年の歴史を振り返ってみると、鉄鋼分析の役割はずいぶん変化したと思います。八幡製鉄所ができた1901年当時、5元素と言われた炭素、リン、硫黄、ケイ素、マンガンは手分析

■100年にわたる鉄鋼分析の変遷(図1)

	勃興期(1914~1945年)	復興期(1945~1958年)	高度成長期(1959~1973年)	成熟期(1974~1990年)	大競争期(1991~2014年)
分析技術	化学分析	迅速化学分析	機器分析	分析・解析技術の高性能化、システム化、総合的解析	効率化、合理化、分社化、新しいシーズ探索
技術開発での共同活動	欧米から書物で学ぶ、人材育成、富国強兵 1934 俵教授、宗宮教授 学振19委 第一分科会(分析)	技術改善、共同実験、統計的手法、米国から学ぶ 1952 関西分析研究会 1952 日本分析化学会	最新分析装置の導入と定着、分析試料の急増、公害問題 1960 後藤教授、廣川教授、我妻教授 鉄鋼分析部会 [5分科会、幹事会]	世界のトップに、国際交流、コンピューター活用 マテリアルキャラクタリゼーション 1988.1 古谷教授 化学計測協議会 評価・分析・解析部会 環境分析協議会	国際的大競争、中国の抬頭、新しいルールの制定 1997 分析技術部会 1995
標準化での共同活動	JES、学振法 1933 八幡製鉄標準試料	1953 JIS、学振法 1954 日本鉄鋼標準試料(JIS)	1965 認証標準物質 ISO GUIDE 34(CRM) 1961 ISO/TC107/SC2 (鉄鉱石分析) 1967 ISO/TC17/SC1 (鉄鋼分析)	1980 幹事国 議長(佐伯、柿田)	1990 ISO基本主義に ISO9000(品質保証) ISO/IEC 17025(試験所)
画期的な出来事	1920 銑鉄一千万円訴訟 (硫黄定量値)	1951、1963 「鉄鋼化学分析全書」 1945 宗宮教授 学士院賞(鋼中ガス分析)	1958、1961 後藤教授 鉄鋼分析の米国調査	1977 PDA発光分析法、大河内賞 1982 「日本鉄鋼業における分析技術」	1998 レーザーICP発光法、大河内賞

(資料提供:佐伯正夫氏)



古谷 圭一

東京理科大学
名誉教授

小熊 幸一

千葉大学
グランドフェロー

でやっていて、ガス分析は、研究開発をサポートするためのものだったと思います。戦前は学振第19委員会第1分科会が分析研究の中心でしたが、特徴的なのは迅速化学分析の研究でした。戦後、1955年頃から日本の鉄鋼業は復活が始まり、各社が大型高炉を持つようになり、猛烈に合理化計画をやって、増産体制に入っていきます。私が大学を卒業した1959年頃までは、平炉で4時間かけて精錬していましたが、これでは生産が間に合わない、各社は純酸素上吹き転炉(LD転炉)を導入しました。転炉なら20分で工程が終わりますが、鋼の状態は分析で調べなければいけないので、機器分析をやらなければいけないということになった。当時アメリカでは発光分光分析あるいは蛍光X線分析が非常に発達してきている、とのことで日本でも装置を導入することになりましたが、これは当時、1台3,000万円から4,000万円かかりました。初任給が月給1万5,000円の時代です。入れた以上は早く定着させなければいけないということで、日本鉄鋼協会の中に鉄鋼分析部会を開いたのが1960年です。その後、JISの検討も日本鉄鋼協会では実務者が集まった中でやるべきだということで、鉄鋼各社の分析技術者と大学側研究者との体制で鉄鋼分析部会がスタートしました。ここでは、化学分析分科会、機器分析分科会、発光分光分析分科会など5つの分科会あるいは小委員会をつくり、いろいろな形で活動しました。

高度成長期における機器分析の進展

河合 この頃、蛍光X線分析は、ピーク強度と濃度が全く関係なくて全然定量性がなかったのが、世界に冠たるファンダメンタルパラメータ法が住金の白岩・藤野両氏によって作られて、やっと普通に使えるようになったと聞いています。発光分光分析についてはどうだったのですか。

佐伯 発光分光分析は1959年頃の機器分析の代表でした。この方法では、アルゴン気流中で発光を行わせ、光のパスは全部真空にしている、波長の短いカーボンの定量ができるのが大きな特徴です。これに対し蛍光X線分析は、特殊鋼やステンレス鋼などでニッケルやクロムを定量するのに適していました。

中原 発光分光分析は、当初は写真乾板にスペクトルを焼いて写真測光をするという、非常に非生産的な測光方式でしたが、その後カントメーター(quantometer)という装置が世に出て、フォトマルをディテクターとする光電測光方式が急速にはやったのです。その後、C、P、Sの分析ができる真空紫外測光型のいわゆるカントバック(quantovac)が当時の大阪府立工業奨励館(現大阪府立産業技術総合研究所)に設置され、昭和天皇が視察に来られた時の記念写真が奨励館に大きく飾られています。これを契機に、産官学で集中的に研究しようと関西分析研究会内に光源研究部会をつくり、その研究結果が学振第19委員会の分光分析協議会に提案されたそうです。

小野 生産技術部門の中に分析技術部会ができたのが1995年*でしょう。私は年代的に、分析技術部会の前身の鉄鋼分析部会でのかかわりが深かったですね。佐伯さんは部会長で全体の指導をされる立場でしたけど、私の場合は実際の部会の中身の運営というか、機器分析分科会の主査など実戦部隊としての活動をしてきました。発光分光分析や蛍光X線分析の精度向上やJIS改正などをやっていましたが、各社の持っている設備、機種、分析件数、要員数などは全部公開してもらっていませんでした。これによって共同実験結果の解析などがやりやすかったし、参加各社も他社情報を参考にできてよかったのではないのでしょうか。鉄鋼分析部会のあとは、古谷先生と一緒に評価・分析・解析部会の準備や立ち上げ支援で、活動計画案作成とか部会会員の勧誘とかを主にやっていたかと思います。

石橋 私も小野さんと一緒にやっていましたが、一番よかったのは全部オープンでやったということですね。工場見学も持ち回りで、各社の主力工場の分析部門を見て、合理化などもお互い包み隠さず全部出し合ったというのが、今の成果につながったと思います。

望月 私は2011年から2013年まで分析技術部会を預かってきましたが、鉄鋼分析部会の発足当時と同じように、鉄鋼各社の専門家が集まってお互いに勉強し合って各社でそれを生か

*1995年、「リストラ80」と称して、日本鉄鋼協会の大幅な構造改革が行われた。その1つが、学会部門と生産技術部門を立ち上げ、従来の活動を両部門に集約再編成するものであった。

していこうという、その精神は引き継いでいます。ただし、活動の内容はずいぶん様変わりして、従来の湿式化学分析から現在のごく微量を追うような技術の開発が中心になっています。機器分析がだんだんとブラックボックス化する中で、特に生産現場の技術者にも正しい情報を発信し続けて技術の伝承を図るという活動をしています。

河合 我妻先生のいる東北大学の金研では後藤先生から廣川先生に代替わりする頃に湿式化学分析から機器分析に変わってきたのではないですか。

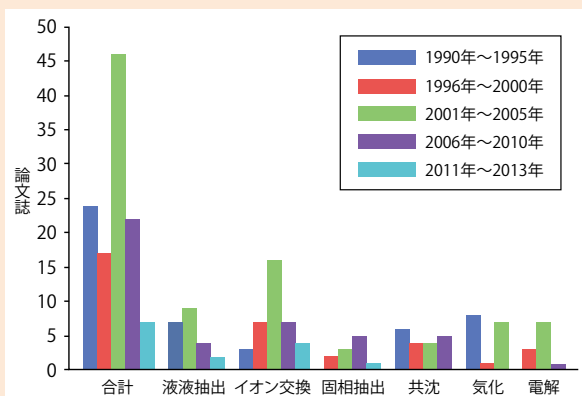
我妻 私は後藤先生の孫弟子にあたり、廣川先生の時代に採用していただきました。当時、廣川先生は、ESI (Electro Scientific Industries, Inc.) のエスカとPHI (Physical Electronics, Inc.) の初期型のオージェを熱心に研究されていました。私は修士の頃は表面の研究をやっていて、鉄の研究室だとは知らなかったのです。数年してから、この分光器に新しい光源をつけなさいと言われました。今思えば、その分光器は3.4mエバートといって、要するにカントバックのなれの果てだったのです。その後、助教授になってから古谷先生にお誘いを受けて、日本鉄鋼協会とのおつき合いが始まりました。

河合 鉄鋼メーカーは、表面分析は最初の頃から導入されていたよね。例えばEPMA (Electron Probe Micro Analyzer) も早くから入れたと聞いています。

佐伯 1962年頃、私が広畑製鉄所の分析研究にいたときにEPMAが導入されました。当初、私は大きなカルチャーショックを受けました。というのはEPMAは電子ビームを当てて、そこから出てくるX線を拾いますが、小さければ2 μ mぐらいまでビームを絞ることができるのです。それをスキャンして面の分析ができるし、3次元の分析ができる。それまでは元素を1つ1つ小銃で撃っていたが、EPMAでは機関銃のように大量の情報が出てくる。これは分析の革命だと思いました。その後EPMAは、めっきの表面の研究に非常に役に立ったし、介在物の分析にも役立ちました。

■鉄鋼分析に分離・濃縮法を用いた論文数の推移(図2)

(小熊幸一氏・上原伸夫氏の集計による)



(注) 2013年は前半までを集計



学会部門における評価・分析・解析部会の多彩な活動

古谷 1995年の日本鉄鋼協会の「リストラ80」で、学会部門の学術部会の中の1つのフォーラムとして評価・分析・解析部会の前身ができました。私を推薦してくれる人がいて、思いがけず初代の部会長を務めることになったのです。

小熊 私は二代目の部会長でした。設立までの詳細ですが、本部会は、高温プロセス部会と材料の組織と特性部会の両方に所属する「材料・プロセスの評価・分析フォーラム」としての2年間の活動後、1997年に評価・分析・析部会として独立しました。私は元々湿式化学分析が専門でしたので、日本鉄鋼協会でも溶液化学に基づく湿式化学分析を担当して今日に至っています。湿式化学分析のうちで重量分析と滴定とは標準物質を必要としない絶対的なもので、一次標準直接法 (Primary direct method) といわれSI (国際単位系) に直結するということで世界的にも重要視されています。今、分析の効率化ということで機器分析がよく使われますが、湿式化学分析というのは、単に標準物質の値づけをするときにだけ使うのではなくて、基本的な分析手法であるということをとときには思い出してほしいと思います。実は望月さんにもご協力いただき、分析技術部会で原子吸光分析あるいはICP発光分光分析を使うものも含めた湿式化学分析の熟練を要する操作が全部含まれるJIS法の検討会を足かけ5年行い、2014年3月で全スケジュールが終了しました。このように、分析技術の伝承は鉄鋼各社で心がけていると思いますので、私は楽観しています。

中原 私は2002年から2年間、第三代目の部会長となりましたが、部会長になった直後に、2000年から10年ないし15年のスパンでロードマップを作るように言われました(図4参照)。幸いにも我妻先生のご助力を得て初版のロードマップを作り、「ふえらむ」に原稿を出すことができました。私自身は原子吸光分析に始まり、ICP発光分光分析とかICP質量分析とか、MIP発光分光分析などについて研究してきて、特にMIP発光分光分析の鉄鋼分析への応用に関してはレビュー原稿にまとめて本特集号に寄稿していますので、ご覧いただけたらありがたいと思います。



平井 昭司

東京都市大学
名誉教授

石橋 今、ICP発光分光分析の話が出ました。鉄鋼化学分析は工程管理分析をきちんとやらなければならない、それで化学分析からカントバックの時代に移り、蛍光X線分析が入ってきました。その過程で、発光分光分析も進化し、特にオンライン分析に最適なものは何かというと、それは発光分光分析であろう、と。そこでICP発光分光分析のレベルの発光分析を目指し、レーザーアブレーションをICP発光分光分析装置につけた形のが研究され、転炉の迅速分析、その他の工程や製品の迅速分析という形で、速さとICP発光分光分析並みの精度を持つ発光分光分析が実用化しました。もう1つ、我妻先生が開発されたグロー放電も実際に工程管理に使われていて、特にめっきラインの深さ方向の分析ではラインにグロー放電を使った発光分析が実用化されており、これも発光分光分析の進化の1つだと思います。

平井 私は四代目の部会長になりますが、私の鉄鋼とのかかわりは1974年頃、公害問題が騒がれていた時期に、当時の武蔵工業大学で原子炉を使って放射化分析をしていた頃に始まりました。この方法は、多元素を同時に微量レベルまで分析でき、従来の化学法とは違い信頼性が非常に高いと言われていました。おそらく将来は鉄鋼分野の中で高純度のものが必要になり、そのとき放射化分析が有用になるだろうという先見の明があったと思います。それと現在、私は部会の広報として、部会発足当時からPEMAC（ピーマック）というニュースレターズを発行してきています。部会の中だけでなく、他の部会の方々に対しても、部会がどういう活動をしてきたか、広く知ってもらいたいと思っています。情報の共有化が大事です。

田中 私は平井先生の後、五代目の部会長です。同じ学内の古谷先生から誘っていただき日本鉄鋼協会に入ったのは1988年で、その後、分析対象が鉄の方にかなりシフトしてきました。私が研究しているのはパーセントオーダーの湿式化学分析で、鉄や非鉄の分析を電気化学的な手法を利用して進めました。SIそのものを使った分析手法で、電量滴定は非常に精度の高い絶対法であるということで、かなり厳しく技術をたたき込まれました。分析技術部会に参画したときには、学術部会にいたときと違った雰囲気でいろいろな情報が得られて、とても



田中 龍彦

東京理科大学
工学部
工業化学科
嘱託教授

勉強になりました。

望月 現在の分析技術部会には、評価・分析・解析部会長の先生に参加していただいております。いろいろなご意見をいただけて感謝しています。

我妻 私は40歳で部会に入り、その後8年間、講演大会協議会委員を務めたのですが、そのとき困ったのは、講演の数がとても少ないことでした。なぜこうなるのかと考えましたが、分析のターゲットがどんどんずれていき講演大会にマッチするようなテーマが少なくなっているのではないかと、思いました。それで、私が七代目の部会長になったとき、思い切っていろいろな先生方に声をかけて部会に入っていただきました。そのようにして、広がった運営ができて良かったという感想を持っています。

宮村 私は、我妻先生の後を継いで八代目部会長を仰せつかりました。私自身は錯体化学の研究室出身で、その後、古谷先生が使っていた部屋のある研究室に助手として入りました。古谷先生を始め、今日ここにおられる皆さんはよく知っている方々ばかりで、そう思えば、ここに来るのが既定路線だったのかなと思います。私が河合先生に引き継いだところで、2015年には日本鉄鋼協会の100周年を迎えますが、すでに我妻先生の時代にロードマップもできて、今後の方向性も確定していました。その一方、任期中に日本鉄鋼協会が一般社団法人化するとか、新日鐵住金が発足するというようなことがあり、協会を取り巻く環境が激変したというのが率直な感想です。幸い部会は会員数も増えていきますし、非常にいい時期を過ごさせていただいていると思っています。

井上 私は、本来は製鋼反応が専門ですが、大学で製鋼関係の研究室に入ったとき、「分析は自分でやりなさい。やらなかったら分析値に対して責任がとれない」と言われ、何もわからないところから学振の迅速分析法などを勉強して、現在に至っています。最近15年ぐらい介在物の分析をやらせていただいています。介在物というのは製品に直結するものですから、企業からデータがなかなか出てきません。もっとも、データが出てこないということは、それだけ鉄鋼製品で重要な役目を果たしているのだと、自分で納得しています。



我妻 和明

東北大学
金属材料研究所
分析科学研究部門
教授



宮村 一夫

東京理科大学
理学部 化学科
教授

河合 ところでどうして評価・分析・解析部会という名前が付いたのですか。

古谷 それまでの私の経験からしますと、分析の専門家は鉄のことを知らない。鉄の人は分析を知らず、むしろ別の分野だと思っている。これを何とか解決したいと思ったわけです。そして、キャラクターゼーションという考え方を名前の中に何とか持ち込みたいと思い、分析によってプロセス評価ができることと材料解析の意味も合わせたのです。

平井 さらに、分析の人だけでなく、表面の組織画像を測定し、その評価を行う分野などからも大勢の人に入ってほしいと思い、あえて評価を前に出したといういきさつもありました。

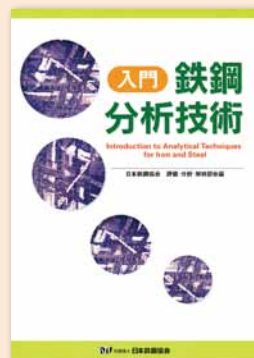
小野 その当時、鉄鋼業が新素材とか新しい方向に目を向け始めたときに、分析に対して周りからの期待が大きくなって、その中から分析分野と他分野との共同研究の流れが生まれました。特に他分野での新規開発には分析が研究段階での評価、判定に必須と認識されるようになったと思います。

標準化で存在感を見せる日本

佐伯 鉄鋼分析と標準化あるいはISOとの関連について、少しお話ししたいと思います。戦前は、JES法あるいは学振法というのが中心でしたが、戦後の1950年頃からはいよいよ鉄鋼分析のJISの活動が始まりました。発光分光分析、蛍光X線分析がだんだん現場で使われ始めましたが、最初は現場の製鋼の炉前の火花判定で、グラインダーで行う火花判定の結果と比較される程度でした。1960年代の後半になりようやく精度が改善しJISになりました。日本はJIS、ドイツはDIN、アメリカはASTMという国内法をつくっているのに対して、ヨーロッパが中心になってつくったのがISOです。ISOのIはInternationalというけれど、それはあくまでヨーロッパの中の話でした。日本は、1961年のTC102の活動に参加し、それからSC2で鉄鉱石の分析の幹事国を引き受けました。当時日本は、鉄鉱石を世界で一番多く買っている国だったので、鉄鉱石の分析値が正しくなければ莫大な損害が出る可能性があり、できるだけ国際的に分析法を

統一すべきだという考えで幹事国を引き受けたのです。それより少し遅れて、鉄鋼分析の方ではISO/TC17/SC1が始まりませんが、20年たってもなかなか動かない。そこで1980年に日本が幹事国を引き受けることになりました。その後1990年、今後のJISはISOを基本にすることになり、それからISOの9000シリーズ、品質管理あるいは品質保証の重要度が国際的に高まり、分析への関心が大きくなりました。その中にISO/IEC17025という「分析所の認定」項目があり、この機会にもっと分析所の管理状態をよくしようということになりました。一方、分析方法の標準化と並んで標準試料も非常に大事です。アメリカでNBSができたのは1900年頃のことですが、非常に高価なものでした。1933年には、八幡製鉄所で鉄鋼標準試料ができ、その後1954年にはこれが日本鉄鋼協会に移管されて日本鉄鋼標準試料となりました。昔はドイツやアメリカの分析技術のレベルが高かったのですが、1960～70年頃から欧米の鉄鋼会社の経営が傾いて分析に力を入れる余裕がなくなりました。一方、1990年代の初めになると、日本の鉄鋼分析の技術が世界を

■評価・分析・解析部会が編集・発行した2冊の図書(図3)



「入門鉄鋼分析技術」は2001年(平成13年)3月、「続 入門鉄鋼分析技術」は2006年(平成18年)2月に発行された。左の図書には、元素を定量する分析技術、材料を評価する分析技術、極表面を特性化する分析技術が紹介されている。右の図書には、元素を定量する分析技術、構造を解析する分析技術、分析評価と解析技術の最近が紹介されている。



佐伯 正夫

元新日本製鐵(株)

リードする時代が変わったのです。

河合 最近、ISOで主導権を外国にとられつつあるという話を聞いていますが、その点で鉄鋼分析規格は大丈夫でしょうか。

佐伯 私も非常に心配です。鉄鋼分析規格の幹事国は、今は日本から中国に移ったそうです。規格というのは、それをつくる人に一番メリットがあるのです。だから単に規格を守るだけではだめで、規格をつくる側に回らなければいけないと思います。

小野 分析方法の規格化についてですが、昔から鉄鋼分析部会、現在の分析技術部会でも、まず社内で新しい分析方法をつくって、次に協会法、その次にJIS法とし、ISOにいくというふうにやってきました。最近の例で言うと、鉄鋼中の酸素分析法は現在、「JIS Z 2613 金属材料の酸素定量方法通則」によっていますが、近いうちに鉄鋼分析方法として JIS Gの何番としてJIS化されます。現在でもまだJIS化しなければいけない項目がいくつかあります。例えば10ppm以下の微量酸素の定量は非常に難しいので今回のJIS化でも除外しているし、鉄鋼中の水素分析法は現在、「JIS Z 2614 金属材料中の水素定量方法通則」を用いていますが、鉄鋼の規格も必要があると思います。標準物質も同じで、日本の鉄鋼標準物質の整備は進んでいるんですけど、定量範囲が微領域に入ればそれに合わせた標準物質の追加整備が必要になると思います。

石橋 幹事国が中国に移ったといいますが、日本は現在の幹事国でなくても規格化の中心になって進めてほしいと思います。それがISOになれば、これから日本が製品開発する上でも大きな力になります。

新たな応用分野への広がり

井上 私は、環境応用分野で鉄鋼スラグを海域とか陸域で肥料あるいは環境補修材として使うための研究をしてきました。分析の専門家とは少し違った角度からのアプローチですが、学生にはむしろそちらの方が受けがいいように思いますし、今後も環境評価のための分析分野をもっと広げていきたいと思っています。

河合 環境応用は分析の人が得意な分野だと思いますので、

取り入れていくべきですね。

宮村 鉄鋼は構造材料の中核であることに変わりはないのですが、大学の分析研究の対象の中では、いろいろある材料の中で、鉄鋼はone of themにすぎないのですね。もし、鉄鋼の研究者から、我々がやっている分析の研究が鉄鋼の問題解決に役立つかもしれないと言われたらやってみようかと考える。大学の先生にはそういう人が多いのではないのでしょうか。

我妻 私も宮村先生の意見に全く同感で、鉄は数ある材料の1つであるという、そのことは避けて通れないのです。特に分析では方法論を重視していきますので、なかなか鉄に特化するという立場は難しいと思います。ところで、最近の分析研究のトピックは、マッピングではないかと私は思います。マッピングがいろいろな材料の進化に重要な役割を果たすのではないのでしょうか。

佐伯 マッピングは、非常に大事な技術だと思います。我々が扱うのは、均一系の溶液のようなものではなく、いろいろな金属組織や偏析がある不均質なものです。その中で、マッピングで得た情報を今後どうやって生かしていくのが重要でしょう。狙ったところをピンポイント攻撃のように精度よく分析することができるになれば、これまでの勘と経験で見えるのではなく、情報として正しく評価できるような技術ではないかと思っています。

河合 最近、ビッグデータの利用と言われるのですが、分析に対しても、そういう考え方が出てきて、とにかく手当たり次第に3次元、4次元で測った後で、それを解析するプログラムを使って何か意味のあるものを抽出しようという流れがでていますね。

小野 マッピングに関係する話として、標準物質の認証値に対する不確かさがありますが、この不確かさは実際にはもっと大きいのではないかと尋ねられたことがあります。標準物質の均質性に対する疑いです。そういうときにマッピングで、対象成分の厳密な分布の測定が必要です。以前、日本分析化学会でRoHS規制対応の鉛フリーはんだの標準物質を出しましたが、はんだの組織は結晶が大きいので、X線を数ミクロンに絞って時間をかけてマッピングすると、含有成分の偏析が大きいことがはつきりしました。そういうときは、蛍光X線分析するスポットを何mm以上にしてくださいという注意事項を書く必要があります。標準物質は均質性が非常に重要なので、そういうところでもマッピング技術は非常に重要だと思います。

井上 ところで、これまでの分析技術は、最初に湿式化学分析があり、そこから迅速法に行って、最近は迅速法に精緻さを求めるというような流れがあると思います。今後もそういう流れで鉄鋼業界は行くのでしょうか。あるいは、精緻さを求めるのではなく、例えば中性子のような特殊な分析技術に進むのか、どう思いますか。

小野 それは、目的に応じてケース・バイ・ケースということだと思います。私が以前にやっていた溶銅オンライン分析は、溶銅処理をしているときに元素の動きが即時にわかりますので、



小野 昭紘
元新日本製鐵(株)



石橋 耀一
JFEテクノリサーチ(株)
技術情報事業部
マネジメント支援部
主席研究員

それを現場で画面に映して、今マンガンの濃度がいくつだとか
が分かり、すぐに次のアクションを取ることができます。また迅速
と一言で言っても、極限まで迅速である必要がある場合とそう
でない場合もあるし、目的によると思うのです。

池松 小野さんが言われたように、目的によって分析技術を使
い分けしていくということだと思います。1つは、現場作業を支え
る分析技術。介在物については迅速性と精緻さを求めるという
方向は変わらないでしょう。もう1つは新しい鋼材の開発で、例
えば、鋼材を変形させているその場でどういった現象が起きて
いるかを、中性子や放射光で測るとか。そのように分析技術も
目的に応じて使い分けるといえることだと思います。

小熊 私は日本鉄鋼協会に入会した翌年の1996年に研究
会の主査を担当することになりましたが、当時会議の後には企業
の現場の委員と酒を飲みながらざっくばらんに、将来のことを議
論し合ったものです。産官学の連携の発展という意味でも、互
いにコミュニケーションが取れる機会を、今後も心して設けるこ
とが必要だと思います。

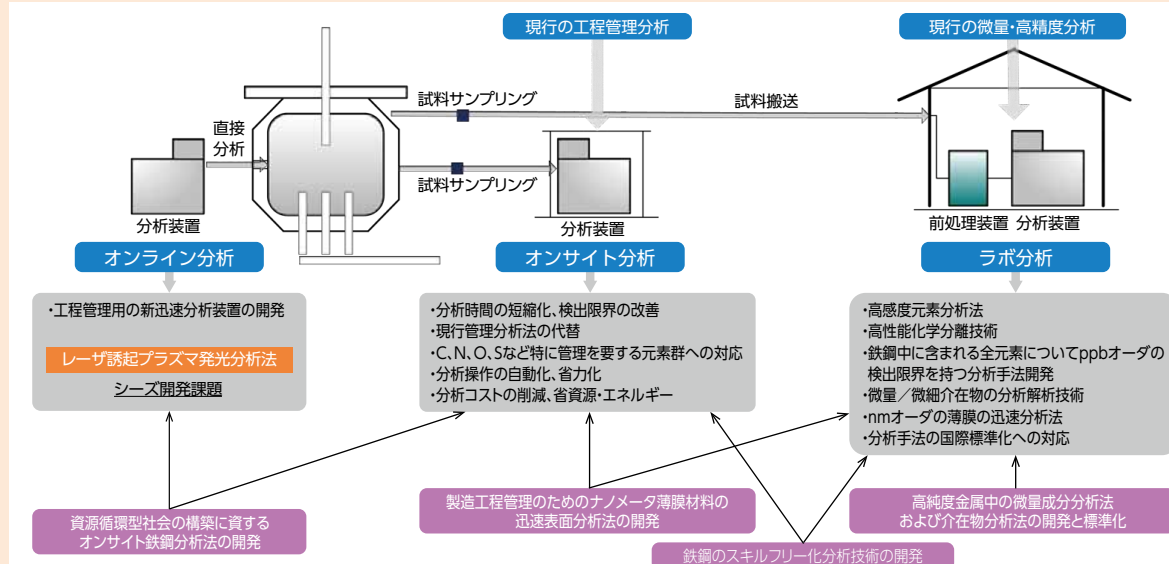
中原 大学の側は企業のニーズを聞く会を1年1回ぐらいは
持たたいいいのではないのでしょうか。そういう意見交換をすること
によって、共通の認識ができるようになると思います。

石橋 化学分析のような共通的な技術であれば、意見交換も
比較的やりやすいですね。介在物は各社の秘密があると思ひ
ますが、単なる粒度解析のようなものには共通した要素がある
ように思ひます。

井上 学側と産側との個別の共同研究という話になると、産
側から「これは3年間は公開してはだめ」という話になることもあ
ります。大学側も発表という義務があるので、制限されると
ちょっとつらいと思ひます。

小野 確かに公開できないテーマと公開していいテーマがあり
ますが、公開してもいいニーズすらも伝えていない可能性がある
と思ひます。例えば、過去に高炉スラグの取り扱いで、社会的
な影響があつて非公開の研究チームを作り原因究明といろい
ろな処理方法を検討したことがありました。最終的に、エージン
グ処理と呼んだんですが、スラグ碎石を山積みにして散水して

■次世代の鉄鋼分析のための研究課題—初版ロードマップの一部(図4)



(出典: 学会部門 評価・分析・解析部会:ふえらむ Vol. 8(2003), No.12, p.878)



池松 陽一

新日鐵住金(株)
技術開発本部
先端技術研究所
解析科学研究部長



望月 正

JFEテクノリサーチ(株)
ソリューション本部(川崎)
エコ分析技術部 部長

太陽に当て、野ざらしにして、スラグ中に含まれる硫黄を硫酸カルシウムにするという方法で、高炉スラグの産業廃棄物化を逃れました。まさに硫黄の化学反応が解決策につながったのですが、そのようなテーマこそ、産と学との交流の中からシーズが見つかったり、アイデアを出し合うことができたのではないかと思います。

平井 鉄鋼業界にもう少し情報を出してほしいという思いは確かにあります。分析の研究者の多くは控え目で、何か餌があったらそこに食いつくけれど、自分から餌を探すことはあまりしない。だから新しいニーズの展開には、ぜひ産側で話し合っって情報を出してほしいですね。各社の間で共通性のあるものならいいと思います。

井上 分析者は、介在物にしても微量分析にしても、かなり大事なデータを出していると思うのです。それならば、もっと分析の側からプロセスに注文を出してもいいのではないのでしょうか。そういうアクティブな、肉食系の部会になってもいいのではないかと思います。

田中 もう少し暴れて、というか発言を強力にさせていただいてもいいのかもしれません。それから、企業の委員についてですが、あの委員会はあの人の、この委員会はこの人の、とばらばらだとこちらも対応できず、話が合わないこともあるので、それは改善してほしいと思います。

佐伯 私は鉄鋼分析部会長を10年やりましたが、2年ごとに替わるよりも責任を持ててできるし、次の世代のエキスパートを育てることも考えると、企業委員は少し長くやってもらった方がいいのかなと思います。

石橋 そういう継続性が大切で、短い期間では細かいニーズとシーズの関係が途中で途切れてしまうことがあるのです。本当に企業委員が2年ごとの任期でいいのかということも含めて、今後検討する必要があると思います。

鉄鋼メーカーから見た分析へのニーズ

河合 次に、鉄鋼業界からの分析へのニーズについて、池松さんからお話いただけますか。

池松 私は、分析に求められる基本的な役割は、以前からあまり変わっていないのではないかと思います。鉄鋼製造の中で、

高品位な製品を作るという方向性と、迅速に大量生産するという方向性はたぶん変わらない。分析技術は、それを支える重要な役目を持っています。それから、研究開発については材料の変遷があって、お客様が求める材料とともに、その材料に必要な分析技術があると思います。例えば、自動車に使われる高張力鋼で、キャラクターゼーションにより要求される強度や加工性を実現するためには、材料の特性とともに材料の組織を正しく見ることが大事です。そこでは物理分析や表面分析が非常に重要で、組織制御も複雑で非常に微小なものをコントロールする必要があります。そういう意味では、全体を見ながらマイクロなところを解析する分析技術というのが必要だと思います。

望月 私は昨年度まで分析技術部会の部会長をやっていましたが、分析技術部会と評価・分析・解析部会とは、非常に連携がうまくいっていて、例えば現場技術者の育成では、技術検討会の中に継承活動の検討会を設けて、そこに部会の先生に入っていただいて、ご意見をいただきながら現場技術者を育てていこうという活動をしています。また、新しい技術の導入もしくは標準化という面では、2013年度まで田中龍彦先生にご指導いただいて、スラグ中のフリータイムの分析法をきっちり作ろうと取り組みました。

井上 分析技術部会の若手発表会で、分析方法をこのように改善した、という話が多く出てきて感心させられます。しかし、なぜそうなったかという考察が足りない。もう少し考察の面を強化すればもっと若手育成につながると思います。

田中 あれはあれなりにいいのではないですか。まだ深く突っ込んで調べていないけれど、今までの成果をまとめてみんなの前で公表する、そういうチャンスは与えたほうがいい。それも1つの育成ではないでしょうか。

中原 まず、部会で若手が発表して、先生方の注文を入れて肉づけしたものが、次の段階として講演大会で発表される、というように、会社でも指導されていると思いますよ。最後は、論文の形にまとめて「鉄と鋼」などに投稿してほしいですね。

望月 生産技術部門としては、分析精度や信頼性を高めることが大事で、精度のいい分析をしたい、というのが永遠のテーマです。



井上 亮

(一社)日本鉄鋼協会
論文誌編集委員会
分析分野担当幹事、
「鉄と鋼」第100巻
特命小委員会 委員
秋田大学
国際資源学部 教授



(司会) 河合 潤

京都大学
大学院工学研究科
材料工学専攻 教授

今後もきっちり品質保証していくために、今よりもっと精度のいい分析法が必要だと思います。

井上 企業から大学側への要望はありますか。

池松 まず、企業側から大学側にニーズを伝えることが大前提だと思うのですが、その後は、そこで必要な技術に詳しい先生にぜひ新たに加わっていただきたいと思います。例えば中性子解析が今年度から研究会で活動を本格的に始めますが、そういった活動がぜひ続くといいと思います。もう1つお願いなのですが、先ほど鉄鋼材料はone of themだという話がありましたが、それは鉄鋼においてはチャンスかもしれません。他の材料で使える技術は、うまくいけば鉄鋼材料にも使えるかもしれない。ですから大学の先生方には今までどおり他の材料も広く見ていただいて「この技術なら鉄鋼への応用ができそうだ」ということを発信していただけるとありがたいと思います。

分析の魅力をもっとPRするために

河合 大学の学生にとって、分析は応用化学の中であまり人気がないように思います。学生実験が多いということもあるので

しょうか。学生にとって魅力ややりがいを感じられるとしたら、どういこうところでしょうか。

田中 学生の意識を変えるには、まず教員の意識を変えなければならぬ、と私は思いますよ。だって、学生が自分で課題を見つけるといことはできませんから、教員が学生にそれをフィードバックしていくわけでしょう。

中原 学生を製鉄会社の現場に案内すると、強烈な印象を持つようです。ただ座学ばかりで大学で勉強するよりも、はるかにインパクトが大きいと思います。こういうのは、地道な活動ではあるけれども効果的だと思います。日本鉄鋼協会では今も学生の製鉄現場見学会をやっていると思いますが、参加する学生の中に分析の人はあまりいないのではないのでしょうか。

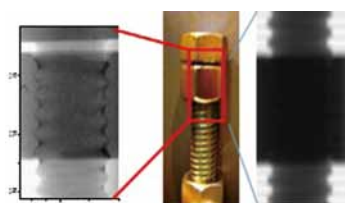
我妻 私の大学の学生では、素材産業に行きたいという人がかなりいて、それなりにみんな勉強していますし、自分の目標もはっきりしています。だから、鉄だから学生が集まらないということではない。ただ、素材に進んだとしても分析には行かないですね。要するに、うちはものづくりの学科なので材料研究の方に行って、分析系には配属にならないですね。

池松 分析も大事ですが、私はどちらかというと、材料のキャラ

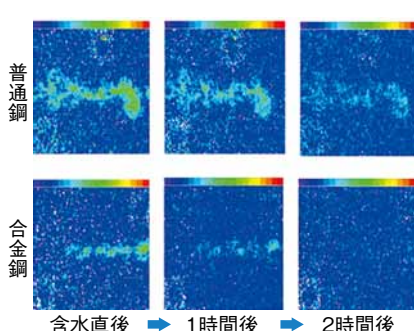
■中性子線の特徴と小型中性子源による実験結果

「コンパクト中性子源を利用した新組織解析法FS(フィージブルスタディ)」1型研究会での取り組み例(図5)

中性子線は高い透過能(図1)、水素、リチウム、ホウ素といった軽元素に高感度であることを利用して、中性子線による鋼の塗膜下腐食および水の出入りの非破壊計測に成功(図2)。



(図1) ボルトとナット(中央写真)の透過像(影絵) 右側エックス線像(450kV)、左側中性子画像(25meV熱中性子)。左図では山のあたりまで鮮明に見える。



(図2) 普通鋼および合金鋼の塗膜下腐食の水の出入り。中性子線透過像による水分減少量。真中の薄い色が水分を表す。左側が完全に濡らした直後の図。数は4,000秒経過後の中性子線イメージング。

(第167回講演大会 FS研究会終了報告シンポジウムにて 理研 竹谷発表。
神戸製鋼所中山様提案実験:鉄と鋼Vol.100 (2014), pp. 429-431)

(資料提供: 理化学研究所 大竹淑恵氏)

クオリゼーションをする側という立場で研究をやってきました。つまり、分析の専門家ものづくりをするというスタンスに立つことが大事だと思うのです。材料のキャラクターゼーションをする中で、ものづくりの原理原則が見えてくる。それを次のシーズにして、自分から積極的にものづくりをするということが大事です。会社の中では、現場のものづくりの基礎に分析技術があって、だから分析することは、ものづくりの根幹につながっているという意味合いがある。これを理解してもらえるように、我々がPRする必要があります。

古谷 私の研究室を出た卒業生でも、分析的な考え方を身につけると、他へ移ってからとても役に立ちます。この点はもっと自信を持っていい。分析発の新しい材料開発というべきですね。

我妻 分析の側でも、分析値を使って対等に材料研究者と話ができないとだめですね。分析値が正しいかどうか議論するときに、自分が何を測っているかわかって初めて、相手の言っていることが間違いなのか、自分の言っていることが正しいのかという見当がつくのです。

宮村 日本鉄鋼協会の中で分析に期待する声は非常に強い。とにかく、授業などを通して、分析でいろいろなことがわかるようになるのだ、ということを常々アピールしていけばいい。企業の中でも、次の新素材を開発するときに分析技術を持った人が活躍するというのが、もっと表に出てくるようにしたい。そうす

れば、この大競争時代の後にバラ色の未来が待っていると思えるのではないかと、私は思っています。

石橋 最先端の解析技術は、材料開発に直接寄与できます。各社でも、最高レベルの電子顕微鏡とか表面解析装置を持っていますので、そういう装置に直接触れることができ、最先端の材料開発に直接タッチできる部署であるということもPRポイントだと思います。

井上 鉄鋼分析分野がこの先発展するために、例えば新分野の創出とか分野融合とかということが言われていますが、これから何をすべきか、河合先生はどうお考えですか。

河合 分析化学だけ研究していると、熱力学とか量子力学とか物性とか、そういう分野がどうしても落ちてきます。あと環境も大事ですね。分析化学に加えていろいろなことにアクセスできるような研究が、将来的に必要となると思っています。

宮村 ちょっと違った観点からの話ですが、ソフトウェアの開発ではオープンソース化というのが1つの流れとなっており、かわる人数を増やせば増やすほど技術が進むということがあります。同じように、鉄鋼の分析評価にかかわる人数を増やす必要があるのではないのでしょうか。技術というのはいずれ拡散していくもので、タイムラグだけの勝負のようなところもある。だとすれば、どこまでオープン化して、かわる人数をどれだけ多く巻き込めるか。したがって、鉄鋼以外でもこういった技術が使えるかもしれないという観点から、他分野の人を誘うようなことも重要だと感じます。

小熊 これまでとは違う分野の人を誘う、というのは同感です。実は2014年3月からスタートしたスラグ中のフリー酸化マグネシウム定量的な新しい研究会に私の元と同僚2人がメンバーとして加わりました。1人は触媒を研究している人で、もう1人は放射性廃棄物のガラス化処理を研究している人です。宮村先生が言われるように、実際に異分野の2人の方に仲間に入らせていただきました。

我妻 材料系の学会に行くといろいろな人がいて、専門が分析でなくても、非常に精緻な解析をやっている人がいます。そういう人に入ってもらって、この部会の幅が広がってくるのは間違いないと思います。大学の我々よりは、むしろ企業の人のの方がそういう人に出会えるのかもしれないですね。

佐伯 鉄鋼業は大競争時代から、今後さらに新しいページに移っていくと思います。我々の主戦場はむしろアジアになっていますが、その中で、日本がこれだけ高い技術を持っているわけですから、今のうちにもっとアジアや世界を指導するぐらいの気構えでやっていただきたい。そうしないと、日本の存在価値は本当に小さくなってしまいますし、それは私には耐えられない。アジア各国を積極的にリードするような立場で活動していただくように、ぜひお願いしたいと思います。

河合 本日は分析研究の発展に結びつくいろいろなご意見をいただき、どうもありがとうございました。

■ポケットパーク「鉄」(図6)



文京シビックセンター脇の春日交差点。そこに、ポケットパークという10m²ほどのミニ公園が、交差点を囲む4つの角に設置されている。写真はその1つ、「鉄」のポケットパークである。そこには中心に大1枚、周囲に小24枚の四角い鉄板の台が丈の低い木々に囲まれるように配置されている。文京区役所みどり公園課によれば、各ポケットパークは、人間生活へのかかわりが深い、木、石、水、鉄をテーマとし、デザインの公募を経て、平成18年3月に設置したとのこと。衣食住にかかわる物質がテーマと言ってよいだろう。あらためて4テーマを見ると、鉄だけが人工物であることに気付く。いかに人間生活にとって「鉄」が重要か、示しているように感じたので、ここに紹介する。

春日交差点:都営三田線・大江戸線春日駅A1~A3出口を出てすぐ。

(文:宮村一夫氏)