



## 鉄の歴史 海外技術の吸収と日本鉄鋼業の発展-6

# 機器分析の導入

The Historical Process of Introduction of the Instrumental Analysis into Japanese Steel Industry

岩田英夫  
Hideo Iwata

日本鋼管テクノサービス(株) 技術顧問

## 1 はじめに

最近、鉄鋼メーカーの分析所にお邪魔することが多い。目的は、1997年より日本でも始まったISO/IEC17025: JISQ17025(試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項)による試験所認定のための審査である。お邪魔して、筆者の現役時代(1958~1995: NKK)と余り変わらないと思うのは、分析作業システムである。即ち、真空型発光分光分析装置(QV)及び蛍光X線分析装置(XRF)をメインとし、これのバックアップとして誘導結合プラズマ発光分光分析装置(ICP)及び原子吸光分析装置(AA)を配置しかつコンピュータをフルに使う機器分析システムである。これらは、JIS化された手順に従って実施され、決められた許容差内であることを確認された信頼性の高い分析結果が工場のコンピュータに伝送される。このような分析シーズは、1960年頃より1970年代に亘って実用化され、以降は、改善・改良が加えられて現在に至っている。

鉄鋼分析技術の発展経過は、各種資料に、その時々状況がまとめられている。最近の歴史的まとめとしては、佐伯正夫氏の「鉄鋼の迅速分析」<sup>1)</sup>、筆者の「鉄鋼機器分析の始まり」<sup>2)</sup>及び「20世紀の産業を支えた分析技術：鉄鋼」<sup>3)</sup>がある。

「必要は発明の母」とか「窮すれば通ず」の譬え通り、上述の分析装置の実用化は、正に、1960年代の鉄鋼生産技術の改革に伴う、分析への要求(分析のスピード化と分析能率の向上)に対する答えであった。

筆者は、機器分析の代表といえるQV、XRF、AA及びICPの導入には、関与度の深さに違いはあるが、分析現場にいてタッチした。本稿では、その導入時を振り返って見たい。

## 2 機器分析化の夜明け前

機器分析(QV、XRF、AA及びICP)が製鉄現場で使われ始めた時期は、QV及びXRFについては表1に示すように1960年頃である。AAは1965年頃及びICPは1975年頃であった。しかし、これらの導入のきっかけは異なっている。現在でも同じように、分析に対する要求は「とにかく速く分析結果を出せ」と「分析コストを下げろ」である。前者の要求は物造り現場(工場部門)の要求であり、後者は管理屋(管理部門)の要求である。QVは前者の要求に応えたものであり、AA及びICPは後者の要求への対応である。XRFは両者に応えたものといえる。

1957年の純酸素転炉(LD)の導入は、それまでの平炉製鋼法における分析要求時間(約15分)を大幅に短縮し、約4分にするを要求した。筆者がNKKに入社したのは1958年であり、この要求に対応することが最初の仕事であった。当時は、古典的湿式化学分析法(重量法及び容量法)が中心であり、これに、当時としては新技術であった吸光光度法が加わっていた。LDの出鋼間際の成分調整を必要とした元素は、C、P、Mnであった。Cは、自主開発した電気伝導度法、その他は従来法の簡便化で対応した。検討には、当時脚光を浴び始めていた統計的手法(実験計画法など)を駆使した。発表や論文に分散分析表を載せたり、有意差検定、 $\sigma$ 、自由度などの専門用語をふんだんに使った記憶がある。

分析作業は、LDの炉下に分析室を造り、そこで行った。試料は炉前と分析室にパイプを設け、落下させた。分析結果は、電光掲示板方式で炉前に表示した。

ここで、QVの一世代前の写真式分光分析について触れておく。1958年に入社した分析現場には、島津製作所製のプリズム型写真分光器が設置されていた。また、研究所には、カールツァイスの分光写真器があり、これを使って先輩達が盛んに定量法の研究や材料評価を行っていた。

表1 日本鉄鋼業におけるQV及びXRFの初期導入経過<sup>2)</sup>

年	直読式発光 常圧型	分光分析装置 真空型	蛍光X線分析装置
1957	日本特殊鋼(島津)		
1958	大同(ARL)		
1959	住金鋼管(島津)		大同(理学)
1960	富士広畑(Baird) 川鉄千葉(Baird) 日立安来(島津)	(ARL) 住金和歌山、愛知知多、 山特、富士広畑、尼鉄、 神鋼高砂 (島津) 住金鋼管、八幡技研	富士広畑(ノレルコ)
1961	特殊製鋼(Baird) 三菱鋼材(Baird) 神鋼長府(島津)	(ARL) 神鋼脇浜、富士室蘭 (島津) 八幡戸畑、神鋼神戸、 八幡光	愛知知多(理学)
1962~1963	(未調査)	(ARL) 富士釜石、北日特 (島津) 住金和歌山、鋼管川崎、 鋼管水江、川鉄千葉、 住金製鋼、住金小倉、 日新、三菱製鋼	(ノレルコ) 川鉄千葉、富士室蘭 (理学) 富士広畑、川鉄千葉、 日本冶金、東北金属、 日特 (ARL) 大同

( )は装置メーカー

### 3 機器化の第一歩

#### 3.1 欧米鉄鋼分析技術調査団

LDの導入による分析スピードアップの要求に、従来の化学分析法の改善・改良で対処していた日本に対して、欧米はどうであったか。

1961年4月に、故後藤秀弘先生(当時、東北大金研教授)を団長に、鉄鋼各社(八幡製鉄、富士製鉄、日本鋼管、神戸製鋼、住友金属、川崎製鉄)の分析技術のトップが参加し、欧米の鉄鋼分析技術の調査が行われた。約1ヵ月半の調査であった。

調査団報告<sup>4)</sup>の要旨を表2に示すが、欧米は、直読式発光分光分析及び蛍光X線分析をメインとした機器分析時代に入っていたのである。

#### 3.2 QVの導入

##### 3.2.1 導入経過

表2にもあるように、欧米では、光電子増倍管の開発により写真式を直読式にした常圧型直読式発光分光分析装置が、調査当時の10年位前から使われていた。日本では、まだ写真式であった。

表1で分かるように、日本鉄鋼業界で初めて直読式発光分光分析装置(常圧型)を設置したのは日本特殊鋼であった。常圧型はC、P、Sを分析できなかったが、合金元素が重要である特殊鋼メーカーではメリットがあったと思う。炭素鋼メーカーはC、P、Sができなければ、余り導入する意味がなかった。表2にあるように、QV(真空型)がドイツで普及

しつつあるという調査団報告により、導入のスピードがついたものと思う。

QVの装置メーカーは、導入初期はARLと島津であったが、後に、両社の技術提携が何かにより、島津一社になった。筆者の会社も調査団派遣当時、島津導入を計画中であったが、団員として参加した上司が、出張先(英国)より、電報で、メーカーを替えるべきと行ってきて一波乱あった(多分、ヒルガーワットが良いといったと思う)。余談になるが、NKK扇島を建設する時(1976年)にQVを購入した。当然、鉄鋼業界は島津一色であったし島津製に対する技術的問題も感じていなかった。また、24時間連続運転の関係上、保全面でも従来機種選定が関係者の一致した考えであった。しかし、筆者は、危ない橋を渡ることはなるが、もうそろそろ、誰かが新たな道を切り開く突破口にならねばという意識も強かった。その頃、アメリカのジャーレルアッシュがQVを作っていたので、保全体制も含めて慎重な比較検討をし、国内初の新しい機種を導入した。決め手は、電極(W)の寿命、Sの精度、コンパクトな装置などであった。「案ずるより生むが易し」であった。もちろん、現在も元気で稼働中である。

図1に島津製QVの第1号機の写真を示す。正面上部が分光器(2m)であり、その左端に試料を乗せる発光スタンドがある。分光器の下側内部には真空ポンプが入っている。左側は電源であるが、中央右寄りにある把手を出し入れすることによって、発光条件(静電容量、自己誘導、抵抗)を変えた。右側は記録部であり、中央上部が記録チャート、左右上部にあるつまみが元素別の感度調整つまみであって、これを回すことによって検量線の勾配を変えたり、ゼロ点を移動した。

表2 欧米鉄鋼分析技術調査団 (1961年) の報告要旨

調査結果 (欧米の鉄鋼分析状況)	提言 (日本の取るべき方向)
1) 常圧型直読式分光分析装置 (C、P、Sは分析できない) が10年以上前に開発され、殆どどの工場で使われている。 2) C、P、Sも分析可能な真空型が、特にドイツで普及しつつある。 3) 蛍光X線分析装置は、ヨーロッパでは検討あるいは整備の段階、アメリカでは高合金鋼、鋳鉄、焼結鉄、スラグに活用されつつある。 4) ヨーロッパでは上記機器に、電子計算機を組み合わせる含有量を直接タイプアウトさせる方向に変わりつつある。 5) 機器分析化の主な目的は、ヨーロッパでは分析の迅速化 (最も速いもので80秒)、アメリカでは分析要員の合理化にある。	1) 鉄、鋳鉄、普通鋼及び特殊鋼の分析には真空型分光分析装置を用い、合金鋼の高含有量成分、スラグ、フェロアロイ、耐火物及び鉱石の分析には蛍光X線分析装置を用いるのが望ましい方向である。このようにして、チェックの目的以外には化学分析を日常の作業分析として用いることを廃止する方向に進むべきである。 2) 分析機器の性能を工場において十分に発揮させるためには、経費を惜しまず、それに見合う性能の付帯設備を整備することが必要である。 3) 機器分析のJIS化と最新の海外情報の収集。

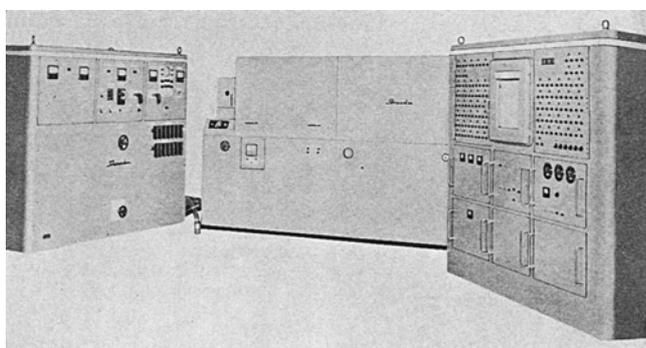


図1 QV第1号機 (1960年島津製)<sup>2)</sup>

分光器の長さは、心臓部である回折格子の性能で決まり、その性能は格子に刻み込まれた溝数で決まる。即ち、ある範囲の中に何本の溝を切れるかにかかってくる。当時の切れる溝本数 (1200本/mm) から計算すると2mの長さになったということであろう。

図1からも分かるが、導入当初のQVにはコンピュータは付いていない。従って、分析値の算出はレコーダーの読みを、前もって作ってある検量線によって換算した。この分析値換算を電子計算機にさせるようにしたのは、筆者の上司である。上司は、3.1の調査団に参加した折、表2にもあるように、ドイツで含有量算出に電子計算機を使っていることを目の当たりに見て、帰国後、QV購入予定先である島津と計算機製造の可能性について話し合いを行った。島津は「できるかできないかの問題ではなく、やるしかない」との覚悟で引き受けたという。この結果、国産第1号の含有量電子計算機 (カンタック501) が鋼管川崎 (表1) に納入された。その仕様及びQVとの接続図を図2に示す。

### 3.2.2 実用化検討

#### (1) 付帯設備

装置を入れる部屋の条件は、装置メーカーから温度は

項目	諸元
使用素子	ダイオード、トランジスタ
語長	10進6けた、24bit
計算方式	直列演算、固定小数点
命令種類	17アドレス方式、37種
計算速度	
加減算	1.6ms
乗算	6.8ms
除算	100ms
記憶装置	磁気ドラム (18000rpm)
記憶容量	640語 (固定)
アクセスタイム~サイクルタイム	平均 1.6ms

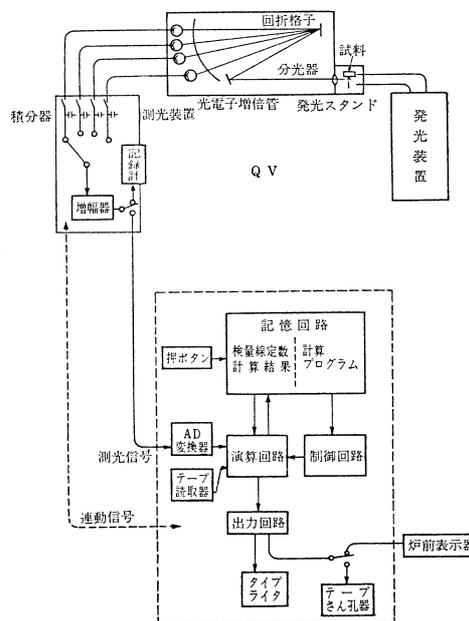


図2 QV用電子計算機第1号機 (1963年島津製) の諸元と接続図<sup>2)</sup>

±1℃、湿度は±5%と指定された。また、電源変動も±1%以内を要求された。振動も嫌われた。これらは、当時としては非常に厳しいものであった。要求条件に対応するために、機器室は無窓とし、内側に断熱材を張り、冷凍機とヒーター及び加湿器の組み合わせによる温湿度調節を行った。振動については、周辺から独立した基礎を掘り、その上に分光器を置いた。電源は工場電源では保証できないので電動発電

機を設置した。試料輸送は気送管を使い、試料調製は、試料切断機、ベルトサンダー、グラインダーで行った。もちろん、手動である。

## (2) 分析の立ち上げ

「発光スペクトルの強度は、含有量に比例する」が発光分光分析法の原理である。しかし、実際には、強度を変化させる要因は他にも沢山ある。これを一定にコントロールしなければ分析方法になり得ない。

同じ含有量の試料でも、市販されているもの、工場で採取したものでも、ゆっくり冷却したもの、急冷したもの、それぞれ得られるスペクトル強度が異なった。即ち、その試料の受けた熱履歴（金属組織）が影響した。特に、ゆっくり冷えた試料（徐冷）はうまくなかった。溶けた鋼を鋳型に入れて、少し固まったところで水中に入れて冷やした試料（急冷）が安定した分析結果（特にC）を得るために必要であった。従って、工場でのサンプリング手順については、試料の冷却条件を一定にするために、鋳型から抜くタイミングや水の中に入れる手順などを標準化して守ってもらった。試料は、径が30mm高さが50mmの円柱状であったが、試料内の成分偏析状況を調べた結果、下から20mmの切断面が最も分析に適していた。

分析したい元素に対する他元素の影響もあった。いわゆるスペクトル線の重なり、金属組織（マトリックス）の影響である。溶鋼をサンプリングする際に、脱酸するためにAl線を添加するが、試料中に残ったAlがCに対して影響した。それまでは目分量で添加していたが、あらかじめ一定量に秤り採ったものを使用してもらった。

Sが検量線にならず、散布図のようにばらばらであった。しかし、良く眺めているとMnの量によって層別ができそうだと分かった。Mnの高い場合、低い場合に分けたところ、検量線となった。このように、一つの元素を定量するにも、影響する元素の種類や量の多い少ないによって何本もの検量線を使い分けた。

Pの精度が良くなく、発光スタンドの位置（プラズマの集光位置）を変えたり波長を変えたりした。更に、分析時の試料の温度が影響するのではと思い、電熱器の上に銅板を置き、その上に試料を置いたりもした。

放電雰囲気を使うArガスについても問題があり、含まれる微量の酸素の影響（放電状態が異常になる）を受けた。もちろん、高純度グレードを使うのであるが、ボンベ入りは、ガスメーカーでのボンベ封入時にどうしても微量の空気が入るらしかった。従って、魔法瓶型の液体Arを使った。分析装置までの配管は、汚染防止のために銅管とした。配管に小さな穴が空いても、そこから空気の巻き込みが生じ、てき面に放電不良が起こった。

装置にも癖があった。筆者の会社では、同時に2台設置した。同じ機種でありながら、色々な要因の影響の受け方が異なった。内1台は他の1台に比べて色々な点で敏感で使いにくかった。例えば、出口スリットの位置が頻りに動いた。装置間で、検量線の直線性にも違いがあったような気がする。

分光器内は真空ポンプで真空にしているが、ポンプオイルのペーパーが集光レンズの内側に付着し、検量線の勾配が変化した。定期的な分光器内の真空を破ってのレンズ清掃が欠かせなかった。検量線の勾配変化のチェックは頻繁（1～2時間毎）に行った。

オペレーター教育も大変であった。化学分析者から選抜したが、それまでの経験や知識（溶液化学反応中心で経験が物をいう）とは全く違うこと（発光・分光現象などの物理中心で理論先行）を取得してもらう必要があった。当事者達は、天秤、試薬、ガラス器具を使いこなすとはわけが違ったことであろう。しかし、機器が故障し化学分析に切り替えた時は、お手の物であった。

国産1号機のQV用電子計算機（カンタック501）の立ち上がりもすんなりでなかった。まず故障が多いこと。リレーの動作不良などで、月に1回強故障した。2台のQVと接続しているので、これが故障すると、QVは生きていても分析作業が止まってしまう。また、2台分を並行して計算処理ができないこと、割り込みができないことなどによって、分析計が待たされることになり工場への分析報告が遅れた。

このように、導入各社が、それぞれ、色々な問題にぶつかり対処した。悩まされた元素は、真空域の波長を使うC、P、Sであったとあって良い。時には相反するような結論が出た。例えば、発光条件は高圧放電が良いという所と低圧放電が良いという所があったし、また、試料の研磨すじやAg電極の先端角度が影響するという所としないという所もあった。各社が公表した技術検討報告を見ると、先に導入した所は、基本的な条件（発光条件、Arの純度や流量、試料の研磨方法、Ag電極の先端角度や使用回数、溶鋼試料沈静用のAl量など）について、後からの所は共存元素や熱履歴（金属組織）の影響を中心に詳細な実験結果を報告した<sup>2)</sup>。

## 3.3 XRFの導入

1961年当時、表2にもあるように、XRFはアメリカでは高合金鋼、鋳鉄、焼結鈹、スラグなどに活用されていた。ヨーロッパにおいては整備中であった。欧米の機器分析化の主な目的は、ヨーロッパでは分析のスピード化、アメリカは分析要員の合理化にあった。上記のXRFの普及状況は、そのことを物語っている。

日本においては、LDは分析のスピードアップが絶対であったが、その他のプロセス（原料処理、焼結、高炉など）は

それ程でもなかった。しかし、それらの化学分析は、鉄鋼の化学分析より時間が掛かり人手を要していた。従って、高合金鋼も含めて、分析能率向上(要員合理化)を狙ってXRFを導入したと良い。工場側は、フイードバック時間より、分析能率が上がれば、生産プロセス解析用データを増やすために、今まで以上に多くの分析を依頼できることに期待した。このような背景より、先ずQV、次にXRFとなり、数年遅れて導入された。

装置は輸入(ノレルコ)とX線の専門メーカーである理学であった(表1)。これらは、測定が逐次方式であった。ARLが同時測定方式(マルチチャンネル)を出し、更に、島津と技術提携(1962年)することにより、QVが島津であることもあいまって、島津製が多くなった。X線管球はWであった。

炭素鋼メーカーでの分析対象は、鉍石類、焼結鉍、スラグ類などであり、合金鋼メーカーでは高合金鋼である。筆者は前者に関わったが、時期は導入初期より少し後(1966年)である。従って、立ち上がりはQVほど色々な問題はなかったような気がする。発光分光は理論通りにことが運ばず何が起るのか分からないが、X線は理論通りに動いてくれるので、優等生の感がある。装置の据付には、QVの経験が生きた。試料を粉碎後、更に、バインダーを加えて微粉碎して、これを、プレス機で円盤状に圧縮して測定した。粉碎粒度、プレス圧力、バインダー混合比、照射面積・時間などを検討して最適条件を決めた。化学分析が決めた標準試料の標準値によくクレームをつけていた。商取引の決済(分析値に応じて支払う金額が決まる)に使われる鉄鉍石のFeは化学分析(容量法)に勝てなかった。半世紀過ぎた今でもそうである。

筆者の情報不足である炭素鋼メーカーにおける導入初期及び高合金について、これらに関わった方の文献を引用させていただく。

富士製鉄の報告<sup>5)</sup>によれば、検討事項はほぼ前述と同様であるが、試料調製方法として、硼砂を加えて融解後、再粉碎してブリケットにする方法も使った。そして、課題として、化学分析との差の縮小、軽元素(Si、Al、S、P、Mg)の精度向上を挙げた。

高合金鋼については、大同の報告<sup>6)</sup>によれば、X線管球の電源変動、検出器ガス流速、照射時間、試料表面の清浄度、鋼種別検量線の作成方法、共存元素の補正方法を検討した。

また、杉本正勝氏(日金工)はその回想<sup>7)</sup>の中で「1962年春、日本分析化学会10周年講演大会及び秋の水戸講演会で、杉本がステンレス鋼の蛍光X線分析で生ずる共存元素の影響に対して、有効な補正方法を発表した。これによって高合金鋼の分析に対して本法がきわめて精度の高い分析法であることが認知された。」とし、その補正值の推定には統計的手法

(多重回帰分析法)を使ったと述べている。更に、補正問題については、日本がアメリカを一歩リードした感があったとしている。

### 3.4 QV及びXRF導入の成果

QV及びXRFは、各社の分析技術者の献身的な努力により実用化されたわけであるが、その成果はどうであったろうか。

先ずQVであるが、分析スピードは、試料受け取りより結果報告まで3分前後であった<sup>2)</sup>。これは、LDの要求(4分)を満足するものであった。同時に、分析能率向上(要員合理化)にも寄与した。当時の各社の報告によると次のようである<sup>2)</sup>。

- 1) QVの能率は化学分析の3倍
- 2) 2000万円/年の効果
- 3) 56人を削減

XRFについては、富士製鉄の報告<sup>5)</sup>によれば次の通りである。

- 1) 処理能力は化学分析の3.3倍
- 2) 1台につき10名を削減

大同<sup>6)</sup>も、分析能率は期待通り著しく向上したと報告した。

また、鉄鋼各社の実績を基に、JIS化(QVが1963年、XRFが1966年)したのも大きな成果である。

## 4 化学分析の機器化

QV及びXRFの実用化により、それまでの湿式化学分析の多くが機器化されたが、全てではなかった。理由は、試料形状が合わないもの、試料の性状不明(冶金組織、熱履歴、マトリックス組成など)のもの、機器分析用標準試料の標準値決定、機器分析の精度チェックなどには、従来通り化学分析を使わなければならなかった。QV及びXRF化が一段落した段階でのNKK福山(1968年)で10%位(30%位という所もあった)は化学分析に残った。そのために、20人位の分析要員が必要であった。時あたかも、日本経済発展に伴い鉄鋼生産はうなぎ登りの様相を示していた。このような状況に鑑み、残った化学分析を何とかしなければというのが次のターゲットであったといえよう。これに対する当時の基本的考え方は、QV及びXRFの技術改善によって、残っている化学分析を極力取り込むことであった。そして、移行には技術的限界があり、昔の化学分析技術をなくすことはできないという認識も当然あった。

この化学分析を能率化しようという努力を怠っていたわけではない。溶液を、電極に付着させて発光分光分析で行う方

法などが、QV及びXRFが導入される以前も以後も検討されたり、実用されたりしていた。また、1970年代中頃には化学分析の手順を、そのまま、自動化した分析計も出現した。しかし、何れも抜本的解決策までには至らなかった。やはり、海外のシーズ(AA及びICP)を待つことになったといえよう。

鉄鋼への導入は、AAが1965年頃、ICPが、その約10年後であるが、分析計としての特徴は大きく異なる。AAは、分析成分毎に分析条件の変更をしなければならない。これに対して、ICPは、同時に全成分を分析することができる。1成分だけを多数やる場合は、そうでもないが、色々な成分をやろうとするとICPに軍配が上がる。

#### 4.1 AAの導入

日本分析化学史<sup>8)</sup>によれば、AAが市販品として出たのは、1959年(アメリカ)、1960年(オーストラリア)である。日本では、1961年に日立が出し、1964年頃には窯業、非鉄金属の分野で日常分析に使われ始めた。レベルとしては、アメリカの2年遅れであったとしている。

鉄鋼業では、最初に使ったのは川鉄水島であろう。筆者は、NKK福山(1966年稼動)の分析室を建設して操業を行った。川鉄水島の操業は福山の1年後である。その頃、川鉄水島の分析室を訪問する機会があった。その時、AAが設置されているのを見て愕然とした。福山の分析設備計画を立案したのは、1964年頃であるが、全く、AAに関する知識も情報も持ち合わせていなかった。従って、福山には、AAは設置されなかった。自分の勉強不足をいやというほど痛感した。

最初(1966年)に鋼中のAlへの適用<sup>9)</sup>、1967年には鉄鉱石への応用<sup>10)</sup>を報告した。その年には、八幡東研も鋼中のMg、Zn、Pbについて報じた<sup>11)</sup>。バーナーガスは、亜酸化窒素-アセチレン、空気-アセチレン及び空気-プロパンであった。検討項目は、ガス流量、Fe及び共存元素の影響、溶解酸などであり、有効な方法であるとしている。

NKKは、AAを導入する際に、各メーカーの実試料による比較検討を行った。最も重要なターゲットはAlであった。要求精度を厳しくしたが、満足したのは、ジャーレルアッシュのAA-1型(複光路パス)のみであった。作業化後も、オペレーターの評判は良かったし、増設や更新でも、同じ機種を要望された。

AAは1971年に鉄鋼分析関係者によってJIS化(鉄鉱石)された。

前述したように、AAは、化学分析システムを大変貌(化学分析の能率化)させたが、10年後に、分析能率面で上回る競合機(ICP)が出現するに至り、エース交代となった感がある。

#### 4.2 ICPの導入

化学分析改革の最後の切り札は、ICPであった。ICPは溶液の発光分光分析法であるが、最大の特徴は、Arのドーナツ状の高周波プラズマを作り、その中に、試料溶液を噴霧させるのである。これで一気に作業性の抜群な同時多元分析が可能となった。考案者であるFassel(アメリカ)は、これにより、ノーベル賞候補になっていたという。

ICPの実用化については、QV及びAAの知識や経験が役立ち、ポイント(分析線、化学干渉、物理干渉など)を押さえ易かったように思う。適用の報告は1975年に新日鉄基礎研(鋼中のY)<sup>12)</sup>及び1976年に川鉄水島(鋼中のAl、Ce、La)<sup>13)</sup>が最初である<sup>1)</sup>。

ICPの実用化により、AAより更に分析能率が上がるようになった。試料の溶液化作業に手間が掛かるが、QV及びXRFに近い分析能率(3.4参照)になったことは間違いない。

ICPの導入により、技術スタッフの業務分担で考えさせられることがあった。導入前は、機器分析(QV及びXRF)担当者と化学分析(AAを含む)担当者の配置で、日常の技術管理及び技術伝承に問題がなかった。AAの導入時も、その基礎原理(原子吸収)が、吸光光度法(分子吸収)と類似性があり、化学担当に技術蓄積することで良かった。ICPの実用化及び日常管理には、両者の要素技術が必要であった。即ち、溶液化するには化学分析の知識が、発光現象やスペクトル解析には機器分析技術が必要であった。色々な考え方はあるが、筆者としては、化学分析担当を主とし、機器分析担当者に支援してもらうことにした。理由は、使用目的がAAと同じであること。化学分析は、実務の経験が必要であるが、発光理論は、勉強することで技術蓄積が可能と思われたからである。後に、(社)日本鉄鋼協会鉄鋼分析部会が、JISの原案作成を担当したが、QVは発光分光分析分科会、AAは化学分析分科会であった。しかし、ICPは、どちらの分科会でも、単独では無理と判断して、両分科会の関係者による臨時のWGを作った。お互いの専門分野で、色々な議論(特に溶解方法)がぶつかり合っていたことを外野ながらに記憶している。ICPは、技術伝承のあり方に一石を投じたといえよう。

## 5 おわりに

現在の鉄鋼業における主力分析機器(QV、XRF、AA及びICP)の導入時期の前後について振り返って見た。導入したものは、確かに、海外シーズであったが、導入後は、日本経済大発展という追い風もあり、すばらしい技術改善・改良があった。分析時間、分析能率、適用範囲拡大などどれを取っても、導入時に比べはるかに良くなった。本稿ではそこには触れていないが、世界のトップに立ったといっても良い。

これからを担う技術者には、一層の新しい技術の創造を期待すると同時に、現技術の基礎を築き上げた先輩達の努力のあったことも忘れないで欲しい。

#### 参考文献

- 1) 佐伯正夫：鉄鋼の迅速分析，日本鉄鋼協会監修，地人書館，(1998)
- 2) 岩田英夫：ふえらむ，3 (1998)，283.
- 3) 岩田英夫：ぶんせき，1999 (1999)，854.
- 4) 欧米における機器分析の現況(鉄鋼機器分析視察団報告)，日本鉄鋼連盟，(1962)
- 5) 安田和夫，渡辺俊雄，宿谷巖：X線工業分析，1 (1982)，168.
- 6) 足立敏夫，中山東一郎：X線工業分析，1 (1982)，154.
- 7) 杉本正勝：鉄と鋼，67 (1981)，822.
- 8) 日本分析化学史，日本分析化学会編，東京化学同人，(1981)，188.
- 9) 遠藤芳秀，大島英男，中原悠紀：分析化学，16 (1966)，364.
- 10) 遠藤芳秀，畑俊彦，中原悠紀：分析化学，17 (1967)，679.
- 11) 神森大彦，田口勇，吉川建二：鉄と鋼，53 (1967)，S119.
- 12) 松本竜太郎，田口勇，香山武夫：鉄と鋼，61 (1975)，S341.
- 13) 遠藤芳秀，中原悠紀，相原亘，大森良久：鉄と鋼，62 (1976)，S732.

(2002年5月21日受付)