



鉄の歴史

戦後復興・発展期における我が国鉄鋼製造技術史—技術編 鉄鋼機器分析の始まり

岩田英夫

日本鋼管テクノサービス(株) 技術顧問

Hideo Iwata

The Beginning of the Instrumental Analysis in Japanese Steel Industry



鉄鋼分析の現在（はじめに代えて）

鉄鋼一貫メーカーで最も進んでいる転炉溶鋼の分析方法は、次のようであろう。転炉オペレーターは、炉内より溶鋼をサンプリングし急冷固化する。その試料を、炉前に設置されたオンサイト発光分光分析室の試料投入口に投入する。投入された試料は直ちに切断・研磨され、ロボットにより分析装置の発光スタンドにセットされる。続いてスパーク放電が行われ、その光の強度がコンピュータ内で含有量に転換されて転炉コンピュータに伝送される。分析装置の校正は、前述のロボットが一定時間毎に、近くの標準試料テーブルより適切な標準試料を選んで発光スタンドに運び分析することによって実行される。この間の操作は無人で行われ、1分半位で完了する。

この分析システムは、製鋼側の要求（分析時間を限りなくゼロに）と分析側の使命（分析コストの極小化）に対して、行き着くところまで来たと言ってもよい。これ以上の進歩は、なかなか容易なことではないが、溶鋼成分を連続モニタリングすることであろう。

数年前に、(社)日本鉄鋼協会（以下、鉄鋼協会という）共同研究会鉄鋼分析部会が、日常分析作業の機器分析化率（機器分析と化学分析の利用率）を調査したことがあった。機器分析とは「速くて人手が掛からない」というイメージのもので、試料を固形のままで分析できるもの、すなわち発光分光分析、蛍光X線分析および乾式分析（燃焼して発生するガスを分析する）を意味する。この中でも発光分光分析が主力である。一方、化学分析は「人手によるもので時間が掛かり、職人的」というイメージで、試料を酸で溶解してから分析するもので、重量法、容量法、吸光光度法、原子吸光法およびICP発光分光法を指す。この溶解作業は、耐蝕性のよい材料を開発しようとする鋼材研究者と何とかしてこれを溶解しようとする分析者とのいたちごっこで、

分析担当がサンプルの溶解に四苦八苦している光景を見るにつけ、材料の進歩を実感したものである。話はそれだが、調査の結果は機器分析が約95%、化学分析が5%程度であった。これも、機器分析の原理上の弱点を考慮すれば限界であろう。

このように機器分析は絶大の自信を持って実施しており、鉄鋼生産における化学成分管理の武器として欠かせないものになっているが、日本におけるこれらの技術の導入は、LD転炉（純酸素上吹き転炉）の導入（昭和32年）¹⁾と大いに関係がある。もちろん、化学分析の時代であった戦後復興期（昭和20年代）においても、後述のように先達の努力で変革が行われていたことは言うまでもない。

私は昭和33年に鉄鋼メーカー（日本鋼管）に入社し、分析部門の現場に配属された。以降、一貫して分析業務に携わってきた。入社して最初に与えられた仕事は、炭素分析の迅速化であった。当時はストレーライン法（燃焼容量法）であったが、2年位で電気伝導度法による装置を国産で試作し実用化した。当時としては斬新な方法で、それなりの実績を残したと自負しているが、昭和40年代初頭に現在の赤外線吸収法の装置が出現し、これに取って代られる結末となった。この原因は明らかで、装置の保守管理のやり易さによるものであった。すなわち、電気伝導度法は分析装置の運転に溶液を使うのに対して、後者は使わないことである。日常業務として分析作業に従事する者にとって、溶液を扱うことは非常に煩雑で面倒なのである。人は、簡便で使い易いものを選ぶものである。この経験は、その後の分析作業システムを構築する際の設計要素の一つとなった。その次の仕事として、発光分光分析装置の導入、据え付け、試運転、実作業化の一連の実務に担当者として携わった。

上記のような背景より、本稿では、分析史上最大の変革を遂げた機器分析導入時（昭和30年代中頃）の状況、特に

発光分光分析を中心に振り返る。

2 昭和20年代の化学分析の発展

鉄鋼分析に関わる共同研究組織の歴史は古い。現在は、鉄鋼協会には「分析技術部会」と「評価・分析・解析部会」、(社)日本鉄鋼連盟(以下、鉄鋼連盟という)には「鋼材規格検討会」、日本学術振興会(以下、学振という)製鋼第19委員会には「製鋼計測化学研究会」があって活動している。このうち、学振の活動が最も古く、昭和10年に「第1分科会」の名称で発足している。その後、昭和20年代には分科会内に「分光分析協議会」(昭和26年)と「鉄鋼ガス分析協議会」(昭和28年)を設置した。この鉄鋼ガス分析協議会の活動状況について、当時、委員として活躍された井樋田睦氏(日本鋼管)が、(社)日本分析化学会の座談会で「鉄鋼ガス分析の思い出」²⁾として語っておられる。第1分科会の成果は、「鉄鋼迅速分析法(昭和18年初版)」および「鉄鋼化学分析全書(昭和26年初版)」として発行されていることはよく知られているとおりである。

何時の時代でも、分析側に要求されることは「迅速」、「高精度」、「高感度」であって、その具体的目標値がその時代の技術のレベルによって異なるだけである。戦後の分析は重量法と容量法であったが、復興するにつれて分析時間の短縮が要求され、その目標は「15分」であった³⁾。そのために、昭和20年代中頃より新技術として登場してきた吸光度法⁴⁾やポーラログラフ法⁴⁾が採用された。当時の迅速分析法を、当時の第1分科会の主査であった故宗宮尚行先生(東大教授)の報告⁵⁾より抜粋して表1に示す。

私が入社した当時(昭和33年)はまだ化学分析の時代であり、表1のような方法で作業が行われていた。その迅速分析作業の一つとして、Mnの比色分析法があった。これはサンプルを酸で溶解した時の色を標準溶液の色と目で比較して含有量を定めるものであった。一方この当時、鉄鋼業界では既に統計的手法を用いた品質管理活動が始められており、幾つかの会社ではデミング賞を受賞していた。当然ながら分析作業においても、分析精度の管理が実施された。この精度管理を前述の比色法に適用していたところ、管理図に異常が認められ、それもある特定の作業者に集中した。調査の結果、その作業者は色弱であることが判明した。以降、他の作業と交替したことは言うまでもない。精度管理の重要性和統計的手法の効果を思い知らされた経験であった。

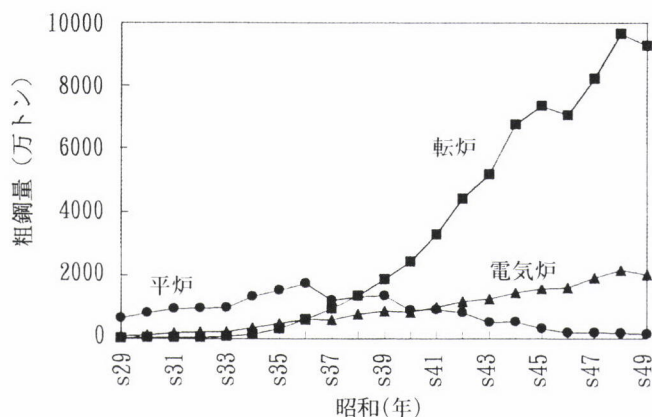


図1 L D 転炉導入前後の製鋼炉別粗鋼生産量

3 昭和30年代の機器分析の導入

3.1 L D 転炉の導入と分析時間短縮の要求

戦前戦後を通じて鉄鋼精錬は平炉法が主力であったが、昭和32年、日本で初めてL D 転炉がオーストリアから導入され稼働した⁷⁾。図1は、昭和30年代・40年代の製鋼炉別の粗鋼生産量を示している。導入後7年間で平炉を追い抜き、王者の座が交替した。

L D法には平炉法に比較して多くの利点があったが、その中で「短時間に製鋼ができること」(平炉が5時間位に対して、転炉は40分程度)が分析側に対して大きな課題を与えることになった。転炉で待てる時間は、サンプリングから結果判明まで約6分、試料搬送などの時間を除いた分析だけでは約4分というところであった⁶⁾。時間が間に合わない時には、操業のベテランが火花試験や破面検査で判定して出鋼したが、規格外れが多発した。平炉時代(15分)に比べて約1/3に短縮する必要がある。

3.2 後藤先生の仕掛け

現在の機器分析隆盛の火付け役かつリード役は、故後藤秀弘先生(当時、東北大学研教授)であろう。後藤先生は昭和34年8月～12月に海外出張されたが、その際に、八幡製鉄渡辺記念資金事業が海外の鉄鋼分析の状況の調査を委託した。その調査報告「海外の鉄鋼分析事情」⁷⁾より一部を原文のまま次に示す。

「視察の結果得られた結論は、わが国の製鉄工場および研究所の分析装置と海外のそれとは隔世の感があり、最近の近代的ビルの事務所と木造二階建の事務所位の差が認められる。わが国にても学振その他において分析の迅速性と精度について各社および研究所が協力して日進月歩の歩みが続けているが、残念ながらはるかにおよびず唯驚くばかり

表1 化学分析時代（昭和20年代）の迅速法⁵⁾

成 分	分 析 法	式	分析所要 時間(分)	備 考
C	ガ ス 容 量 法	燃 焼 容 量 法	7~10	
Si	重 量 法	硝 硫 酸 分 解 法	18	
	遠 心 分 離 法	ケイ酸-遠心分離法	16~20	
	容 量 法	ケイフッ化カリウム-水酸化ナトリウム滴定法	23	
	吸光光度法第1法	塩化第一スズ還元-モリブデン青法	10~12	
	吸光光度法第2法	硫酸第一鉄還元-モリブデン青法	13~17	銅
	"	"	15~20	銑鉄
Mn	容 量 法 第1法	過硫酸アンモニウム酸化-亜ヒ酸ナトリウム滴定法	8~13	クロムを含まず
	"	"	15~24	クロムを含む
	容 量 法 第2法	過硫酸アンモニウム酸化-亜硝酸ナトリウム滴定法	12~17	
	容 量 法 第3法	二酸化マンガン分離-過硫酸アンモニウム酸化-亜ヒ酸ナトリウム滴定法	16~24	硫酸のみで分解する場合
	容 量 法 第4法	過硫酸アンモニウム酸化-修酸ナトリウム滴定法	21~34	混酸で分解する場合
	"	"	9~13	
P	遠 心 分 離 法	リンモリブデン酸アンモニウム-遠心分離法	8~9.5	
	容 量 法	リンモリブデン酸アンモニウム-中和滴定法	35~43	
	吸 光 光 度 法	リンバナドモリブデン酸アンモニウム法	14	
S	遠 心 分 離 法	硫酸バリウム-遠心分離法	10~12	
	容 量 法	燃焼-中和滴定法	14	
Cu	容 量 法 第1法	硫化水素分離-シアン化カリウム滴定法	21	シアン化カリウム滴定法
	"	"	18	オキシシ法
	容 量 法 第2法	フッ化アンモニウム添加-ヨウ素滴定法	12	銅
	"	"	14~18	銑鉄
	容 量 法 第3法	フェリシアン化カリウム-シアン化カリウム滴定法	13~15	
	ポーラログラフ法	塩酸ヒドロキシルアミン還元法	18~26	
Al	容 量 法	オキシシ沈デン-臭素定量法	32	
Ni	容 量 法 第1法	シアン化カリウム滴定法	11~19	
	容 量 法 第2法	亜硫酸ナトリウム添加-シアン化カリウム滴定法	10~14	
	吸 光 光 度 法	臭素-ジメチルグリオキシム法	9~11	
	ポーラログラフ法	ビリジン塩酸溶液法	20~30	
Cr	容 量 法 第1法	過硫酸アンモニウム酸化-過マンガン酸カリウム滴定法	11~14	
	容 量 法 第2法	過マンガン酸カリウム酸化-過マンガン酸カリウム滴定法	11~14	
	容 量 法 第3法	過塩素酸酸化-過マンガン酸カリウム滴定法	13~16	
	容 量 法 第4法	硝酸銀添加-過マンガン酸カリウム酸化-過マンガン酸カリウム滴定法	7.0~7.5	
	容 量 法 第5法	臭素酸カリウム酸化-過マンガン酸カリウム滴定法	20~25	
	吸光光度法第1法	ジフェニカルバジット法	12~13	
	吸光光度法第2法	過塩素酸酸化法	12~15	
	ポーラログラフ法	水酸化鉄分離-クロム酸法	21~32	
W	容 量 法 第1法	酸化タングステン分離-中和滴定法	19~25	
	容 量 法 第2法	ケイ素銅添加-中和滴定法	22~30	
Mo	吸光光度法第1法	硫シアン化カリウム-塩化第一スズ-エーテル抽出法	40~45	
	吸光光度法第2法	硫シアン化カリウム-塩化第一スズ法	10~14	
V	容 量 法 第1法	硫酸第一鉄アンモニウム還元-過マンガン酸カリウム滴定法	11~14	
	容 量 法 第2法	過マンガン酸カリウム酸化-硫酸第一鉄アンモニウム滴定法	11	
As	容 量 法	塩化第一スズ還元-ヨウ素滴定法	51~70	
	吸 光 光 度 法	硫酸ヒドラジン還元-モリブデン青法	10~14	
Ti	容 量 法 第1法	亜セレン酸分離-アマルガム還元法	84~94	
	容 量 法 第2法	リン酸塩分離-アマルガム還元法	49~64	銅
	"	"	74~94	Cr,Mo,Vなどの炭化物を含む銅
	"	"	79~96	塩酸および硫酸による試料分解困難な場合
Sn	容 量 法	アンチモン還元-ヨウ素滴定法	15~17	
	吸 光 光 度 法	カ コ テ リ ン 法	84~121	
Mg	容 量 法	シアン化カリウム-オキシシ分離-ヨウ素滴定法	161~166	
N	吸光光度法第1法	水酸化鉄分離-フェノールクロラミン法	20~31	
	吸光光度法第2法	水酸化鉄分離-ネスラー試薬法	27~39	
O	重 量 法	ハ ー テ ィ 法	14~22	
Si,Mn, Cu,Ni,Cr	分 光 分 析 法	火花発光・中型石英分光写真器を用うる方法	—	炭素鋼



Creusot 製鉄会社（フランス）訪問の際の記念写真

南条通訳 杉山団員 細田団員
下瀬団員
武井団員 成広団員 井樋団員 後藤団員 H.Vicaire 副社長

図2 昭和36年の鉄鋼機器分析欧米視察団メンバー

りであった。

これは海外の製鉄会社は分析のごとき下積みの方面にもその能率向上のためにはおしげなく多額の金をつぎこんで研究し、そして設備の改善を計った結果と思われる。この状態のままでは競争がはげしい製鉄業界ではわが国の製鉄の各設備は近代化されたが、分析その他の基礎部門がおくられて十分に海外に市場を拡張し行き得るか心配されるに至った。されば経営者の理解と分析者の奮起を切望する次第である。」

このようなことより、後藤先生は次のような対策を考えられた。回想録^{8,9)}より原文のままで引用する。

「日本の鉄鋼分析技術を欧米並みに進めなければならぬと考えました。その結果、少人数で活発に共同研究する組織を作ることと、欧米の現状を視察して新しい技術を導入することが必要と痛感しました。」

「私一人声を大にしても駄目と感じ機器分析視察団を組織して海外の状況を見て廻りその活用を知り、国内の工場分析の能率の向上を各社で計画するのが早道と考えた。」

「初めは、非鉄関係者を含めた鉄鋼及び非鉄地金分析法の視察団を派遣してもらうよう日本生産性本部に交渉し、……、1年間程運動を続けてもらったが見込みがなかったので結局、日本鉄鋼連盟主催の鉄鋼のみに限定した視察団が漸く昭和36年4月に出発することができました。」

「時あたかも製鋼法も平炉より上吹転炉に転換する折柄とて分析もそれに対応せねばならぬ切実な問題をかかえており全く時機を得たものと思われた。」

なお、共同研究組織については、後藤先生と関係者の努

表2 欧米視察日程

月 日	国 名	都 市 名	訪 問 先
1961年			
4月 21日(金)	Austria	Linz-Donau,	Voest, Linz 工場
24日(月)	W. Germany	Düsseldorf	八幡製鉄KK. 欧州事務所
“	“	Bochum	Bochumer Verein, Hoentrop 工場
25日(火)	“	Duisburg-Ruhrort	Phoenix-Rheinrohr, Ruhrorter 工場
26日(水)	“	Duisburg-Hamborn	August-Thyssen, August-Thyssen 工場
27日(木)	“	Duisburg-Huckingen	Mannesmann, Huckingen 工場
28日(金)	“	Oberhausen	Oberhausen, Oberhausen工場
5月 2日(火)	“	Düsseldorf	Max-Planck 研究所
“	“	Dortmund	Spektrochemie 研究所
4日(木)	France	Le Creusot	Société des Foyers et Atriers du creusot工場
5日(金)	“	Saint Germain	IRSID 研究所
8日(月)	England	London	Hilger & Watts (機器メーカー)
9日(火)	“	Sheffield	BISRA 研究所
“	“	Sheffield	Steel, Peech and Tozer
11日(木)	U.S.A	New York	富士製鉄KK. 米国事務所
“	“	New York	Baird, JACO (機器メーカー) との懇談
“	“	New York	Norelco (機器メーカー)
15日(月)	“	Washington	National Bureau of Standards 研究所
17日(水)	“	Pittsburgh	U.S. Steel, Homestead 工場
“	“	Pittsburgh	U.S. Steel, Duquesne 工場
18日(木)	“	Niagara Falls	Union Carbide Metals 研究所
19日(金)	Canada	Welland	Atlas, Steels, Welland 工場
22日(月)	U.S.A	Cleveland	American Steel & Wire 工場
23日(火)	“	Columbus	Battelle Memorial 研究所
25日(木)	“	Gary	U.S. Steel, Gary 工場
26日(金)	“	Middletown	Armco Steel, Middletown 工場
31日(水)	“	Milwaukee	Motor Castings 工場
6月 2日(金)	“	Los Angeles	ARL (機器メーカー)

力で今の鉄鋼協会「分析技術部会」の前身「鉄鋼分析部会」が昭和35年12月発足した。

3.3 当時の欧米の鉄鋼分析状況（海外視察団報告）

前述のように、後藤先生の努力で鉄鋼各社の分析技術者からなる鉄鋼機器分析視察団が結成された。その調査報告書¹⁰⁾を要約して、以下に示す。

団員は次のとおりであった。もちろん、団長は後藤先生である。

団長 後藤秀弘（東北大）

団員 武井格道（八幡製鉄） 下瀬高明（神戸製鋼）

成広清士（富士製鉄） 細田 薫（住友金属）

井樋田睦（日本鋼管） 杉山 昇（川崎製鉄）

図2に視察途中で撮影した記念写真を示すが、後藤先生、成広氏、細田氏、杉山氏は故人となられている。表2は訪問先と日程である。表3は訪問先の分析の現状をまとめたものである。

視察団の総括より、欧米の状況をまとめると以下のようである。

- 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

表3 昭和36年頃の欧米の機器分析状況

国 名	会 社 名 (研 究 所)	機 器 化 の 現 状 お よ び 分 析 対 象				化学分析の併存 状 況	備 考
		分 光 写 真 器	直読分光 分析装置 (空気式)	直読分光 分析装置 (真空式)	蛍光X線 分光分析 装 置		
オース トリア	VÖEST Linz			(計画1台) 炭素鋼	(計画1台) 鉄鋼、スラグ	現在は化学分析のみで近い 将来、カントバックおよび X線を設置する予定である	
ドイツ	Bochumer Verein	JACO 1台	ARL 1台 炉前取鍋試料 Baird 1台(スペ クトロメット を現在調整中)		計画中 Siemens または Philips	機器32:化学68で化学分析 でのチェックは実施してい ない	炭素をクーロメトリー (Richard Schoeps)および電 導度法(Wösthoff)でイオウを 燃焼容量法およびクーロメ トリ(Richard Schoeps)で 分析している
	Phoenix- Rheinrohr		Hilger & Watts ポリプリント30 1台 炉前取鍋試料	ポリバック-4 1台 ポリバック-12 1台 炉前取鍋試料	Siemens 1台 快削鋼中の鉛 (溶液法) (鉱石、スラグ、鉛)	鉄鋼試料のみでは機器95: 化学5,全体としては機器50: 化学50である	ポリバックはComputer Control で作業がやり易い。不銹鋼は 取鍋のみカントメーターでやっ ている、近い将来不銹鋼の炉 前分析をやる予定である
	August Thyssen	Bausch&Lomb 1台 研究用	ARL 1台 トーマス転炉鋼 の炉前試料	ARL 2台平炉鋼 の炉前、取鍋試 料 トーマス転炉 取鍋試料		化学分析はガス、原料、スラグ を対象とし、その他は機器分析 である。規格外および新鋼種 の溶製の場合化学分析でチェッ クする	カントバックによる鉄鉄の 分析には疑問を示している。 炭素をクーロメトリー(Rich ard Schoeps)および電導度法 (Wösthoff)で分析している
	Mannes- mann	Hilger 1台 定性分析用	ARL 1台 鉄鉄鋼の炉前、 取鍋試料	Hilger 1台 炉前、取鍋試料	Hilger 1台 スラグ、鉱石 (検討中)	鉄鋼試料については機器90: 化学10で化学分析によるチ ェックは40〜50試料より 1試料をとり、炭素、イオウ について行う	ポリバックに近くコンピュ ーター予定である。 炭素をクーロメトリー(Ric hard Schoeps)および電導度 法(Wösthoff)で分析している
ドイツ	Oberhau- sen		ARL 1台 鉄鉄鋼の炉前、 取鍋試料、 スクラップ	ARL 2台 (うち1台は建設中) 炉前取鍋試料、 製品、スクラップ		化学分析は原材料、スラグ 等を対象にし化学分析による チェックは1日の試料より2,3 個をとって行う	鉄鉄は試料作成がうまくい けば何も問題はない。蛍光 X線については、機器を開発 する会社ではないから、使 用出来るものが出来てから 購入する予定である。テー ブ法ではスラグ、鉄鉱石の 分析カントメーターで検討 中だが結果は芳しくない。
フランス	Creusot	Jobin Yvon 1台 鋼中鉛、マグネ シウム介在物検討 中	MBLE 1台(もう 1台設置中) 炭素鋼、低合金鋼、不 銹鋼、高マンガン鋼			機器57:化学43化学によるチ ェックは取鍋試料について、 中炭素鋼では任意に、特殊 鋼では組織的に行っている	炭素はクーロメトリー法が能率 的である。リンは空気式がよ い。カントメーターを不銹鋼 の管理分析に使用している
イギリス	Steel, Peech and Tozer	Hilger 1台スラグ (SiO ₂ , CaO, Al ₂ O ₃ , MnO, MgO)	ARL 1台 炉前取鍋試料	ARL 1台 炉前取鍋試料		取鍋試料は機器と化学と併 行して比較を行っている。 炉前は100%機器による	
カナダ	Atlas Steels		Baird 1台 低合金鋼の炉前 取鍋試料、製品 スクラップ		Norelco 1台 高合金鋼、 不銹鋼	機器50:化学50	炭素はクーロメトリー (Richard Schoeps)採用
アメリカ	U.S.Steel Homestead	Baird 1台 Bausch&Lomb 1台 ホウ素、ニオブ、 可溶性アルミニウム	ARL 1台 製品、スクラップ		(計画)	炉前試料の炭素、イオウは 化学分析する	炭素は燃焼重量法、イオウ は燃焼ヨード法により現場 分析室で行う 鉄鉄および原料関係は化学 分析で行う
	U.S.Steel Duquesne	ARL 1台 スラグおよび 各種試料の定 性分析	ARL 1台 鉄鉄、鋼の炉 前、取鍋試料		ARL 1台 高合金鋼、不 銹鋼の炉前、 取鍋試料	機器60:化学40で化学分析 によるチェックは蛍光X線 では1回/週カントメーター では1回/日および規格外れ のものについて行う。	蛍光X線による合金鋼の高 含有量元素に対し絶対的信 頼を持ち分析を行っている 炭素、イオウは燃焼法を採 用している。
	U.S.Steel Gary	Hilger 1台 非鉄金属地金各 種定性分析	Baird 2台 炉前、取鍋試料 鉄鉄、スクラップ		Norelco 1台 高炉、平炉スラグ 焼結鉱(研究中)	化学分析は炭素、リン、イオ ウの分析で50%程度である	炉前では炭素分析にカーボ メーターを使用している。 その他炭素、イオウは燃焼 法を採用している
	Americam Steel & Wire				Norelco 1台 鉄鉄	機器40:化学60	炭素は燃焼重量法を採用し ている5チャンネルのバルス ハイトアナライザーを附設 している。標準試料として 鋼を使用している
	Armco Steel Middle town	Baird 1台 アルミニウム、 亜鉛、オイル等 の分析	Baird 1台 炉前、取鍋試料 製品、スラグ	(計画)	(計画)	化学分析では、炭素イオウ および鉄鉄、鉱石、フェロ アロイ、高炉スラグを分析 している。化学分析による チェックは月に1回1日分の 全試料について中央研究所 で行う。	炭素は燃焼重量法、イオウは 燃焼ヨウ素法を採用している。 研究所に年1回2日間会社の分 析主任技術者を集めて検討会 があり、研究所のスペクトル 主任研究員が、年に1回各所を 巡回し検討する。
	Mortor Castings			ARL 1台 鋳鉄の取鍋試料 鋼鉄鉄の装入材		化学分析は全廃	

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、焼結鉍、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、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。

このような調査結果を基に、日本の取るべき方向として視察団は次のように提言した。

- 1) 鋳鉄、鋳鉄、普通鋼およ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、耐火物および鉍石の分析には蛍光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。

3.4 日本における機器分析の導入経過

前述のような欧米の機器分析化に対して、日本ではどのような経過をたどったのであろうか。導入経過をまとめて表4に示す。これは、故後藤先生の努力で発足した鉄鋼分析部会の第2回会議(昭和36年1月)での報告、鉄鋼各社の当時の社内誌、昭和38年に報告された鉄鋼分析部会の活動報告¹¹⁾を参考にまとめたものである。

昭和39年以降は、日本経済の高度成長の波に乗って新立地での鉄鋼一貫製鉄所の建設ラッシュとなったが、そこでは、分析システムとして真空型発光分光分析装置と蛍光X線分析装置を設置することは常識となった。また、装置故障による生産への影響の大きさを考えて、故障時の対応が素早くできるよう国産品が設置された。すなわち、真空型発光分光分析装置は島津一社しかなかったので独占、蛍光X線分析装置も発光と同一メーカーの方がなにかにつけてよく島津製が多かった。

3.4.1 直読式発光分光分析装置

表4のごとく、日本鉄鋼業界で初めて直読式発光分光分析装置(常圧型・島津製)を設置したのは日本特殊鋼で、昭和32年であった。そして、鉄鋼協会講演大会(昭和33年)

表4 日本鉄鋼業における機器分析導入初期の経過

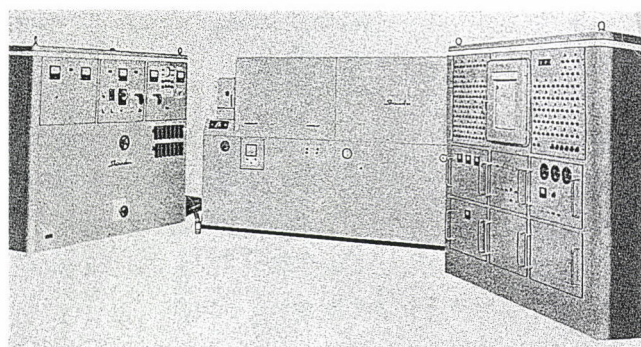
昭和年	直読式発光分光分析装置		蛍光X線分析装置
	常圧型	真空型	
32	日本特殊鋼(島津)		
33	大同(ARL)		
34	住金鋼管(島津)		大同(理学)
35	富士広畑(Baird) 川鉄千葉(Baird) 日立安来(島津)	(ARL)住金と歌山、 愛知知多、山特、 富士広畑、尼鉄、 神鋼高砂 (島津)住金鋼管、 八幡技研	富士広畑(ノレルコ)
36	特殊製鋼(Baird) 三菱鋼材(Baird) 神鋼長府(島津)	(ARL)神鋼脇浜、 富士室蘭 (島津)八幡戸畑、 八幡光、神鋼神戸	愛知知多(理学)
()は装置メーカー		37 ～ 38 (ARL)富士釜石、 北日特 (島津)住金と歌山、 鋼管川崎、日新、 鋼管水江、川鉄千葉、 住金製鋼、住金小倉、 三菱製鋼	(ノレルコ)川鉄千葉、 富士室蘭(理学)富士広畑、 日特、川鉄千葉、 日本冶金、東北金属 (ARL)大同

で「カントレコーダーによる日常作業分析について」¹²⁾と題し、石原善雄、安藤公平、森脇和男、渋谷正吾の各氏が「Si、Ni、Mo、Cuは無条件で使用可能。Mn、CrはCが影響するので補正する必要がある。Pは精度が悪い。」と発表した。また同年、武井格道氏および松尾輝夫氏(八幡技研)は「直読分光分析計について」と題して、常圧型の非常に詳細にわたった調査報告を社内誌¹³⁾に発表した。機器分析視察団報告¹⁰⁾によれば、欧米では昭和20年代初頭に直読式を導入しているので、10年遅れていたことになる。国内初は昭和28年で、東京工業試験所だそうである¹⁴⁾。発光分光分析の歴史は古いのであるが、写真式のため現像・定着などの操作が必要で迅速性がなく、主流となり得なかった。しかし戦後(昭和20年前後)、光電子増倍管(光を電流に変換する)が出現し、これにより発光と同時にスペクトル線の強度を即座に知ることができる直読式が出てきたのである。

しかしながら、常圧型ではC、S、Pが分析できなかった。これは、分光器内が大気圧であるため、C、S特有のスペクトル線が存在する2000Å以下のスペクトルは空気中の酸素に吸収されてしまうからである。したがって、2000Åに近いPも精度が悪いということになる。

C、P、Sが分析できないということは、普通炭素鋼メーカーにとっては魅力的ではなかった。しかし、合金元素が重要である特殊鋼メーカーは注目した。

C、P、Sも分析可能な真空型は、機器分析視察団報告¹⁰⁾

図3 国産（島津）初の真空型発光分光分析装置¹⁵⁾

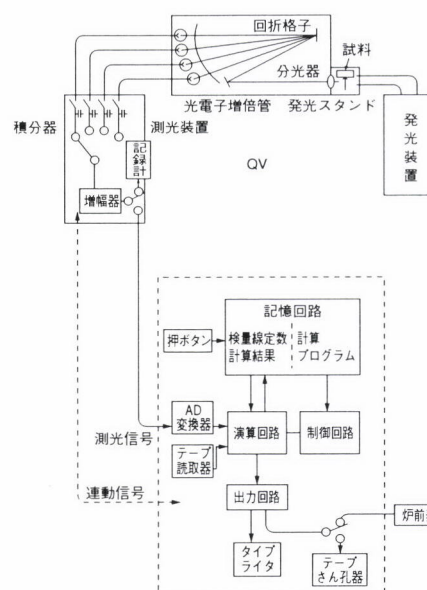
によれば、昭和36年当時ドイツで普及しつつありアメリカではまだの状況であったという（表3参照）。これは多分、常圧型が普及してしまっている状況では、これを真空型に買い替えたり増設したりすることには二の足を踏んでいたのであろう。装置の価格は、当時の金額で2000万円程度であった。これに対して、機器が普及していない日本では、常圧型を横目で見ている普通炭素鋼メーカーが真空型ならばOKとばかり導入を始めた。したがって、真空型だけというならば、その導入は欧米と同等、見方によっては、先行したとも言えるかも知れない。

それにしても、LD転炉の導入（昭和32年）に合わせたかのようにこの真空型が出てきたことは、日本にとっては幸運であり、正に「渡りに船」であった。もし真空型がなかったら、その後の大量生産時代にどう対応しただろうかと思うと身震いする思いである。

表4のように、真空型は昭和35年より爆発的に採用された。当然ながら、最初は外国品（アメリカのARL社製）の輸入であった。国産としては島津製作所が製造したが、第1号機が住金鋼管と八幡技研に設置された（文献は表6参照）。両社とも国産1号と報告しているが、分光器の長さ（焦点距離）が住金は1m、八幡は2mであったので、どちらも1号でよいのかも知れない。図3に、国産（島津）初の真空型発光分光分析装置の全体写真を示す¹⁵⁾。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。この装置配列は、その後に普及したものでは左右が逆になっている。発光スタンドも分光器の右側に置かれた。この理由は、当時、設計に携わった方の話を

表5 日本初の機器分析用電子計算機（カンタック501）の諸元と接続図¹⁶⁾

項 目	諸 元
使用素子	ダイオード、トランジスタ
語 長	10進 6桁、24bit
計算方式	直列演算、固定小数点
命令種類	1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	平均1.6ms
～サイクルタイム	



要約すると次のようである。当時販売していた写真式分光器の発光スタンドは、電極交換や試料取り付けなどの作業のやり易さから、左側に設置されていた。したがって、真空型でも最初は左側にした。しかし、真空型のスタンドは、その構造をArの使用などにより変えていた。そのため、真空型では左側よりも右側に設置する方が作業がやり易かった。多分、1号機は使いにくかったことと思う。

この真空型装置の呼び名は「カントバック」で通っているが、これはARLの商品名がそのまま一般的になったものである。

私の会社（鋼管川崎）は、日本の中では導入が遅かった（昭和37年）。そのお陰でよかったことがある。当時の装置では、分析値の算出はレコーダーの針の触れの大きさを読み取り、これを、前以て作ってある検量線に当てはめて含有量（%）に換算した。検量線は標準試料を発光して、レコーダーの読みと標準値（含有量%）との関係線をグラフ用紙に描く。この検量線を引く時、直線の時はよいが、元素によっては曲線になるものがある。この時は、鉛の棒で

できている自在定規を使ってうまく線上に乗るように引いたものである。時には検量線をいちいちなぞるのが面倒なので、早見表にしたり、レコーダー目盛りの上に含有量目盛りを張り付けたりして分析値換算の手間を省いた。この分析値換算について、昭和36年に派遣された機器分析視察団がドイツを訪問した時、フェニックスラインロールではこの作業を計算機にさせていた¹⁰⁾。鋼管から参加した団員・井樋田氏はこれを見て「これだ」と直感したという。帰国後直ちに、島津と装置購入条件として計算機製造の可能性について幾度か話し合いを行った。結論は「できるかできないかの問題ではなく、生き残るにはやるしかない」との覚悟で島津が引き受けたという。その結果、本体据え付けより1年遅れの昭和38年、国産第1号の含有量計算機（カンタック501）が鋼管川崎に納入された。その仕様およびカントバックとの接続図を表5に示す¹⁶⁾。このカンタックについては、島津の喜利元貞、福田克雄、鈴木十五郎、和辻秀信の各氏が、「電子計算機の発光分光分析への応用」¹⁷⁾と題して発表した。

3.4.2 蛍光X線分析装置

蛍光X線分析装置は、昭和34年に大同（理学製）が初めて設置したが、その使用目的はPb快削鋼中のPbの分析であった¹⁸⁾。昭和35年に導入した富士広畑（ノレルコ製）は、焼結鉍、スラグなど鉄鋼以外の分析のためであった¹⁹⁾。このように合金鋼メーカーと普通鋼メーカーでは適用分析対象が全く異なった。この蛍光X線分析装置は、その普及がカントバックに比べて数年遅れた。これは、普通鋼メーカーではその購入理由が、カントバックのように操業管理（炉前分析の迅速化）のためではなく、分析作業の効率化（分析要員の削減）になるので、投資順序から先ずはカントバック、その次に蛍光X線ということであった。また、当初の装置は測定方式が逐次方式であったため、多数の元素を定量する場合時間が掛かったが、島津が同時測定方式（マルチチャンネル型）を出してから、これが普及した。

合金鋼への蛍光X線分析の導入については、杉本正勝氏（日金工）が「鉄鋼の蛍光X線分析事始め」²⁰⁾として回想されているのでお読みいただきたい。

4 カントバック立ち上げの苦労

それまでは、せいぜい高い買物でも光電光度計、ポーラログラフ、写真分光器であったものが、1台2000万円位のカントバック、それに付帯設備として恒温恒湿室、発電機、気送管などを含めると相当な投資額となる。一方では、カントバックの稼働計画に合わせて、何十人にも及ぶ化学分

析作業者の合理化スケジュールが決まっている。このような状況下で当時の上層部は、設備が計画どおり稼働するかどうか、凄いプレッシャーを感じていたに違いない。私の上司も、技術検討が思うように進まず、整員計画に支障が出そうになり悩んでいた時、逆に、労働組合から激励を受けたと苦笑していたのを思い出す。大体、装置を搬入してから日常作業開始まで半年位であったろうか。分析関係者にとっては、一世一代の大事業であった。

4.1 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±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。しかし、これを守らないと、何か問題が起きた時にそのせいにされてはいけないので、しっかり対応した。お陰で、機器室は無窓の部屋とならざるを得なかった。試料調製室との間に小さな二重蓋の穴を作り、そこから試料の受け渡しをした。晴れているのか雨なのか、外の情景が全く分からない部屋で1日中過ごすことは、精神的にも非常に不健全である。毎日その中で作業をする人のことを考えると何とかしてやりたいと思ったものである。余談であるが、当時は分析室の空調はなく扇風機の時代であり、夏は大変であった。カントバック室ができてからは、用事を作って涼みにくる人が多かった。逆に、カントバック要員には夏風邪を引く人が出た。その後、空調を付ける理由として人のためでは通らないので、分析計のためであることを強力に主張したものである。また、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。震動に対しても分光器は除震基礎の上に置いた。

これは少し後になってからのことであるが、蛍光X線が普及し始め新鋭製鉄所が建設されるようになった時、機器分析室を設計する際に、蛍光X線とカントバックを同居させるかどうか問題になった。使う側は作業要員の面から考えて、同じ部屋に置きたかった。鋼管福山（昭和41年稼働）では装置間の干渉が起こるかも知れないとの危惧から、装置メーカーのOKがもらえなかった。メーカーも確証が持てなかったのであろう。仕方なく部屋を別々にした。しかし、同じ頃に稼働した他製鉄所では同居させている所もあった（例えば昭和39年に稼働した東海製鉄²¹⁾）。当時、自分としても自信がなかったので仕方なかった。

試料調製設備は試料切断機、ベルトサンダー、グラインダーなどで、もちろん、手動であって、作業者がサンプルを持って機械から機械へそして試料受け渡し口へと走り回った。試料調製作業は危険が一杯であった。手動切断機は、万力によるサンプルの固定がしっかりしていなかった

り、切断中、回転刃を上下させる握り棒に掛ける力が不適切な場合、刃が割れて飛び散った。また、ベルトサンダーでは指先を擦ったり、高速で回っているベルトに試料を持って行かれてしまうこともあった。それぞれに防護策を講じたが、今思うとよくやったものだと思う。

気送管は気送子を使い、配管は送りと返しを専用にした復管式と1本で往復させるものがあった。搬送法には圧送式と吸引式があった。当初は、配管途中に詰まっても、送る側と受ける側の確認が不十分で、次から次へと送ってしまい大事になることがあった。その時は配管経路をハンマー叩きながらたどり、音で詰まった場所を確認し切断して、何個も数珠つなぎになっている気送子を取り出した。大体、詰まっている場所は曲がっている部分であった。

4.2 カントバック

発光分光分析は、元素の含有量に応じてスペクトル強度が定量的に変わることを利用するもので、その関係線（検量線）を作るために、含有量の分かった標準試料が必ず必要である。しかし困ったことに、このスペクトル強度は、同じ含有量であっても、そのサンプルの受けてきた熱履歴（すなわち金属組織）によっても変化するのである。各社各工場は、独自の精錬条件やサンプリング鑄型を用いて操業している。すなわち、複数の工場が同じ含有量の鋼を作っても、そのサンプルのスペクトル強度は同じになるとは限らない。それ故、もちろん全ての成分ではないが、市販のような標準試料を皆で共通に使えないのである。そこで、この熱履歴の影響を消去するために、標準試料は自工場の溶鋼を用いて作る必要があった。

また、装置にもくせがあって、色々な要因の影響の受け方が異なる。影響に敏感なものもあれば鈍感なものもある。したがって他装置の条件は、参考にはなっても、そのまま適用できない。例えば発光条件（高圧放電がよいという所と低圧放電がよいという所）、試料の研磨すじやAg電極の先端角度（影響があるという所とないという所）などである。結局、装置毎に実験を行って、自分の所に最も適している条件を選ぶことになる。私の所では2台同時に設置したが、うち1台は他の1台に比べて敏感で出口スリットの位置がよく動いた。回折格子の再固定などで収まることは収まったが、全体的に悪くメーカーに交換を申し入れたほどであった。

表6は、各社がカントバック導入後の初期に公表した技術検討報告である。あるいは調査不足で抜けているものがあるかもしれないが、お許しを願いたい。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

表6 カントバック立ち上げに関する技術検討報告

発表年	会 社	題名・報告者	発表誌
3 6	住金鋼管	真空型分光分析装置の鉄鋼への応用 細田薫 小野益男 藤沼光 酒井寿彦 杉本万寿治	住友金属, 13 (1961), p.54
	住金和歌山	カントバックによる鉄鋼分析 真鍋浩 金原方	(炭素鋼) 鉄と鋼, 47(1961), p.296 (銑鉄) 鉄と鋼, 47(1961), p.1503
3 7	八幡技研	カントバックによる鉄鋼分析 瀬川清 二村英治 松尾輝夫	製鉄研究, 239 (1962), p.3779
	神鋼高砂	カントバックによる鋼の分析 川口武彦 長谷場泰造 三好敏 上垣外一朗	鉄と鋼, 48(1962), p.1515
3 8	神鋼高砂	高砂工場のカントバックによる鋼の分析 川口武彦 長谷場泰造 三好敏 上垣外一朗	神戸製鋼技報, 13 (1963), p.133
	鋼管川崎	QV分析における二・三の問題 添田茂樹 高橋鳩輝 佐藤利光	日本鋼管技報, 27 (1963), p.333
3 9	鋼管川崎	炭素鋼、低合金鋼のカントバック分析における共存元素および試料履歴の影響 添田茂樹 高橋鳩輝 佐藤利光	鉄と鋼, 50(1964), p.576
4 0	日新呉	炭素鋼のカントバック分析における熱処理の影響 萩原卓 檜木兼俊 山本裕川 田中清之	鉄と鋼, 51(1965), p.842
4 1	日新呉	鋼試料の組織と発光 萩原卓 檜木兼俊 田中清之	鉄と鋼, 52(1966), p.767
	神鋼尼崎	鋼のカントバック分析におけるアルゴン中の炭化水素の影響について 田辺寛 石居芳文 朝井博一	分光研究, 14 (1966), p.142
4 2	富士製鉄	当社の発光分光分析法による鋼中炭素分析の現状 小野寺政昭 渡辺俊雄	富士製鉄技報, 16 (1967), p.199
4 3	神鋼尼崎 島津	カントバックにおける回折格子の汚染劣化防止について 田辺寛 石居芳文 朝井博一 小野準一	分光研究, 16 (1968), p.64

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。公表していない所でも、非公開である鉄鋼分析部会や学振に同様な報告を行った。これらの結果が、その後のJIS化や技術改良に役立っていることは言うまでもない。

八幡技研の報告(表6)にもあるが、導入後、発光スタンドの再設計、光電子増倍管の変更、メカニカルブースターの取り付け、測光装置のプログラム変更を行ったという。実用化のための苦労が伝わってくる。

私の所でもPだったと思うが、なかなか精度が出ないので発光スタンドの位置(プラズマの集光位置)を変えたり、分析時の試料の温度を一定にするために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。また、Sが検量線に乗らず、おかしいおかしいと装置の前に立ったまま、気が付くと夜が明けていたりして悲愴な気持ちになっていた時、バラバラになっているデータを眺めていると、Mnの量によって層別ができそうだと分かった時は本当に飛び上がって喜んだ。正に、初めてぶつかる色々な分からないことを手探りで解決して行った。

製鋼工場側にも協力を依頼した。Cに対して共存するAlの影響が予想以上に大きかったので、溶鋼キル用のAlを一定にするため、それまでは目分量で添加していたものを、予め一定量に秤り採ったものを使用してもらった。また、試料の冷却条件を一定にするためには、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。

実作業化後もすんなりとは行かなかった。当時は平炉も稼働しており、精錬中に数個の炉中試料の分析を行っていた。まず、第1回目の試料を分析して報告する。次に、ある時間過ぎてから2回目、3回目と分析する。ところが、前に報告した値と比べて明らかに理屈に合わない結果が出る。特にCである。当然下がるべきものが同じであったり、逆に上がることもしばしば。また、精錬中にフェロマンガンを投入すると、Cが上がる筈なのに上がらない。しょうがないので、防衛策として自分で脱炭カーブを描き、これと比較しながら測定値の妥当性をチェックした。もたもたしていると、炉前からインターホーンでまだ出ないのかと叱られ、焦ったものである。ある時、やはり前回と同じ結果が出たのだが、これについては自信があった。後で分かったことであるが、工場側が分析精度をチェックするために、前回の時に2個のサンプルを採取し、わざとこれを送ったらしかった。

故障対策としては大方の所は2台設置したので、普通は鋼用と鋁鉄用に使い分け、どちらか故障した時は残りの1台でまかなった。それでも最悪状態を考え、化学分析がで

きるような対策はとった。当時の機器分析要員は化学分析経験者であったので、切り替えには問題なかった。空調機が異常になって、化学分析に切り替えた記憶がある。

日本初の含有量計算機(カンタック501)にも問題があった¹⁶⁾。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。大体、複数の機器と接続しているので、これが故障すると、分析計は生きていても分析作業が止まってしまう。また、複数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報告が遅れた。

そんなこんなで、製鋼側からカントバックではなく「トンドバック」(とんでもない装置という意味)と冷やかされたり、化学分析でやれと注文を付けられたり、辛い思いをした。

それでも、サンプリングをする工場側もカントバックを動かす分析側も、色々な経験とノウハウを積むことによって、分析データは安定しカントバックは頼りにされるようになった。

5 機器分析導入の成果

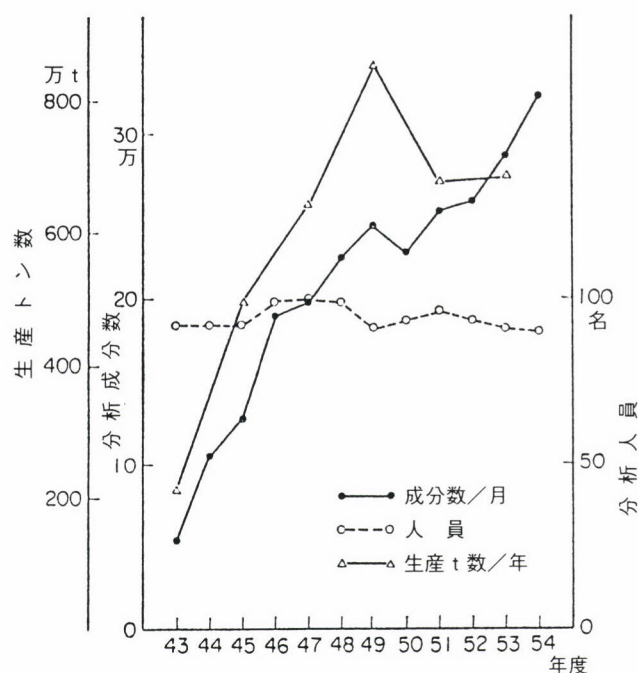
昭和35年より導入を始めたカントバック(鉄鋼の分析に使用)、少し遅れてスタートした蛍光X線(鉱石やスラグの分析に使用)は大きな効果をもたらした。機器分析導入の直接のきっかけは、LD転炉導入に伴う分析時間の短縮であった。しかし付随効果として、これらの機器の持つ特性(短時間に多元素を同時に分析できる)により、分析コスト(すなわち化学分析作業者の削減)の合理化も多大であった。

すなわち、製鋼など工場側は分析結果のフィードバックが速くなることにより、生産性や品質が向上する。他方、コストに目を光らせる管理側にとっては分析費の削減ができる。正に、機器分析化は一挙両得であった。

機器分析が軌道に乗った頃の分析所要時間や分析要員の合理化効果に関する公表資料の例を表7に示す。

表7 機器分析化による合理化効果に関する発表資料

発表年	題名・報告者	発表誌
4 3	鉄鋼分析の諸問題 神森大彦(八幡東研)	日本金属学会会報, 7(1968), p.191
4 4	製鉄所における工業分析 井樋田睦(鋼管技研)	分析機器, 7(1969), p.571
4 7	製鉄所における分析の合理化 遠藤芳秀(川鉄水島)	第16回西山記念技術講座, 日本鉄鋼協会編, (1972), p.73

図4 分析作業量の増加と分析要員の推移²²⁾

5.1 分析所要時間

分析の手順は、気送管で到着した試料を切断研磨し、これをカントバックの発光スタンドに乗せて分析開始のボタンを押す。以降は自動的に測定が進み、強度値が記録計に表示される。これを読み取って、検量線により含有量に換算して報告する。これに掛かる時間は、どこも同じような機器を使うので、総所要時間にはそれほど差異はない。表6および7の文献にもあるが、おおよそ3分前後というところであろう。この時間は、LD転炉の要求（4分以内、3.1参照）に十分応えられるものであった。分析工程のうち試料調製と含有量換算は、人が関わる工程であったので、敏捷にやる人と少し動作の鈍い人の間に幾らかの差が生じた。

なおその後になって、試料調製作業を自動化した設備が出現した。その時、工場側から分析値のフィードバックが少し遅くなったと言われた。確かに自動化すると従来の平均（1分位）で安定的に作業が終わるが、手動の時代には、作業者が意識して急ぐと30～40秒で終わらせることができた。すなわち、自動化によってこの手加減ができなくなったのである。したがって、自動化とかロボット化というのは一般的に要員の効率化に役立つが、スピードという点ではマイナス面もあるものである。

5.2 分析要員

分析要員の削減も大きかった。大体、2台のカントバック

クで、当時の配置要員は3～4人であったろうか。これに対して、化学分析の場合は十数人が従事していたと思われる。これを3交代で行っていたから、効果は大きい。

表7の資料にもあるが、化学分析の1人当たりの月間処理可能成分数は約400成分。これに対して、機器分析は約2000成分で、5倍の能率向上である。表6の八幡技研と神鋼高砂は「カントバックの能率は化学分析の3倍」としているし、さらに神鋼高砂は「2000万円/年の効果」と報告した。また、鋼管川崎では「56人を削減した」¹⁶⁾。合理化効果のすごさが分かるというものである。

さらに特記したいことは、昭和40年代は、政府の鉄鋼生産の長期見通しを約半分の期間で達成してしまうほど経済が高度成長した。鉄鋼生産は、天井知らずを思わせる伸びを示した(図1参照)。当然、分析作業量もうなぎ登りになった。この増加する作業に対して、従来の化学分析では対応不能であったに違いない。大量処理できる能力を持つカントバックと蛍光X線があったからこそ、この高度成長を支えることができたのである。図4に、この状況を示すグラフを、遠藤芳秀氏（川鉄水島）の報告²²⁾より抜粋して示す。

6 機器分析導入後の発展 (おわりに代えて)

先達の努力と苦勞により導入された機器分析は、高度成長時代そして成熟化の現在へと約40年間引き継がれ、今尚、王者の座を占めている。これに替わる新機器は現れそうもなく、当分、発光分光と蛍光X線の時代が続くことであろう。

機器導入後も当然ながら、一層の迅速化と能率化を目指して機器本体や分析作業システムの改良改善が進められた。この40年間で、カントバックの分析時間も導入当初に比べて約半分（3分が1.5分）に短縮されているし、分析要員も監視者がいる程度で、オペレーターはゼロという段階にきている。当時では分析できなかったAIの形態別（PDA法）やNの分析も可能になった。蛍光X線においてもCの定量ができるようになった。

カントバックは、発光装置の改良（高速発光、コンパインド放電など）や分光器の小型化（1m）が行われた。蛍光X線では、管球の高出力化（3kw）、補正法の開発（ d_i 法）、粉体分析精度の向上（ガラスビード法）などが実現した。計算機（カンタック）も数回のモデルチェンジを経ることにより故障はなくなり計算プログラムも豊富になったが、その後、一般の大型汎用機が採用された。

試料調製も連続自動化され、さらにロボットの採用により、試料受け取りから分析値報告まで無人分析システムを

作り上げた。機器室も有窓となり作業環境もよくなったし、カントバックと蛍光X線の同居も当然となった。

これらの成果は、装置メーカーと分析技術者の努力の賜である。

一方、化学分析も素晴らしい進歩を遂げた。原子吸光法とICP発光分光法が実用化され、昔の重量法、容量法、吸光光度法に取って代った。これらの導入より作業能率も2倍以上に向上したであろう。

溶銅をサンプリングしない直接分析の試みも、一部の元素については既に可能となってきたが、今も、レーザー利用などを含めて懸命の努力が続けられている。

上述のような進歩発展の中で、日本は先頭を切っているという意識が生じ、外から学ぶものは最早少ないという思いを持ったことは否定できない。しかし最近、海外出張者の報告を聞くにつけ、欧米の底力というか何かやりそうだなと感ずる時がある。また、鉄鋼業の成熟期に始まった分析部門の分社化も、そろそろその功罪を総括すべき時ではないだろうか。さらに、機器分析化によって生じている問題は、機器分析のトレーサビリティを確保するために絶対に必要な熟練化学分析技能者が老齢化してきていることと彼等に代わる後継者が育っているのだろうかということである。

故後藤先生が40年前に言った「されば経営者の理解と分析者の奮起を切望する」という言葉を、もう一度かみしめなければいけないと思う今日この頃である。

文献

- 1) わが国における酸素製鋼法の歴史, 日本鉄鋼協会編, (1982), 63.
- 2) 井樋田睦: ふんせき, 1986(1986), 577.
- 3) 宗宮尚行: 鉄と鋼, 60(1974), 1734.
- 4) 日本分析化学史, 日本分析化学会編, (1981), 158, 172.
- 5) 宗宮尚行: 鉄と鋼, 41(1955), 823.
- 6) 井樋田睦, 藤本一郎, 岩田英夫: 鉄と鋼, 47(1961), 293.
- 7) 後藤秀弘: 鉄と鋼, 46(1960), 598.
- 8) 後藤秀弘: 鉄と鋼, 60(1974), 1737.
- 9) 日本鉄鋼業における分析技術, 日本鉄鋼協会編, (1982), 1.
- 10) 欧米における機器分析の現況 (鉄鋼機器分析視察団報告), 日本鉄鋼連盟発行, (1962)
- 11) 池上卓穂: 鉄と鋼, 49(1963), 1931.
- 12) 石原善雄, 安藤公平, 森脇和男, 渋谷正吾: 鉄と鋼, 44(1958), 250.
- 13) 武井格道, 松尾輝夫: 製鉄研究, 221(1957), 1859.
- 14) 浜口隆信: 分析機器, 3(1965), 1.
- 15) 島津評論, 17(1960), 37.
- 16) 佐藤利光, 井樋田睦: 分析化学, 19(1970), 1132.
- 17) 喜利元貞, 福田克雄, 鈴木十五郎, 和辻秀信: 分光研究, 16(1968), 197.
- 18) 足立敏夫, 中山東一郎: X線工業分析, 1(1982), 154.
- 19) 安田和夫, 渡辺俊雄, 宿谷巖: X線工業分析, 1(1982), 168.
- 20) 杉本正勝: 鉄と鋼, 67(1981), 822.
- 21) 中尾武夫, 宿谷巖, 平本克房, 佐久間常雄: 富士製鉄技報, 14(1965), 501.
- 22) 遠藤芳秀: 鉄と鋼, 66(1980), 271.

(1997年9月2日受付)