

Volume 1
No.8 1996

(社)日本鉄鋼協会会報

ふえらむ

Bulletin of

The Iron and Steel

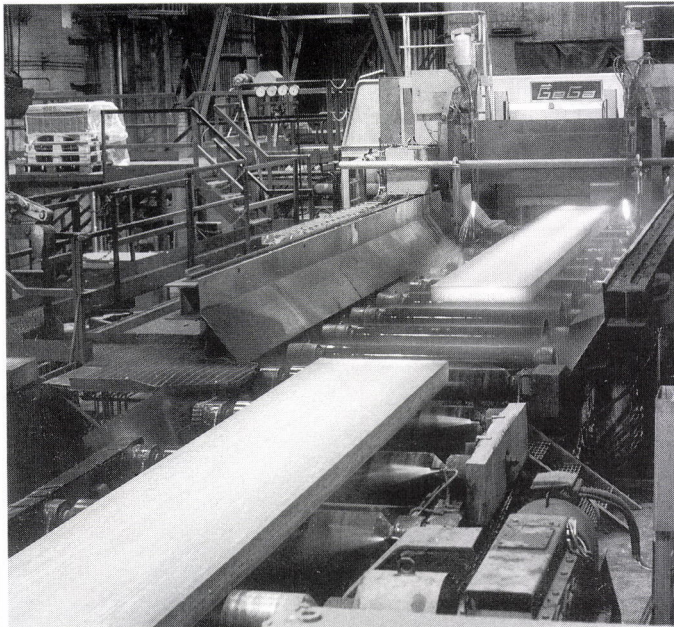
Institute of Japan



社団法人 日本鉄鋼協会
The Iron and Steel Institute of Japan

こんなアイディアで、先進技術の日本にも貢献を!

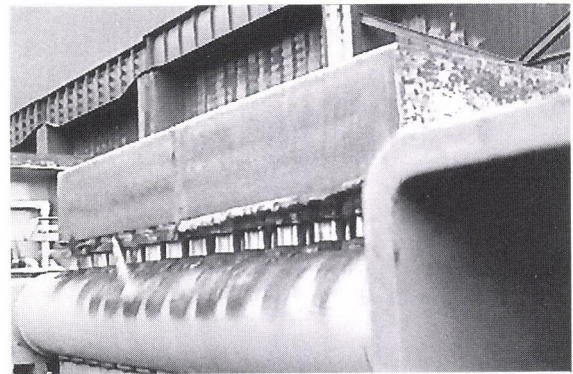
GeGa



最新型 GBM スラブ切断装置

連続鋳造用ガス切断装置として、ブルーム／ピレット用で910台、スラブ用で380台、幅分割用で140台などなどの納入実績を有するドイツのゲガロツ社は、常に最新の技術で世界の製鉄製鋼業界のご要望に対応しております。

さらに機械方式によるバリ除去装置も開発し、好評を得ております。このバリ除去装置は、多数の刃型ナイフにより、铸片端面に付着しているバリをきれいに除去します。しかもバリ除去の際、粉塵や騒音などは発生しません。これらの点でも、良好な作業環境の維持に寄与しております。



新たに開発した機械式ノロ除去装置

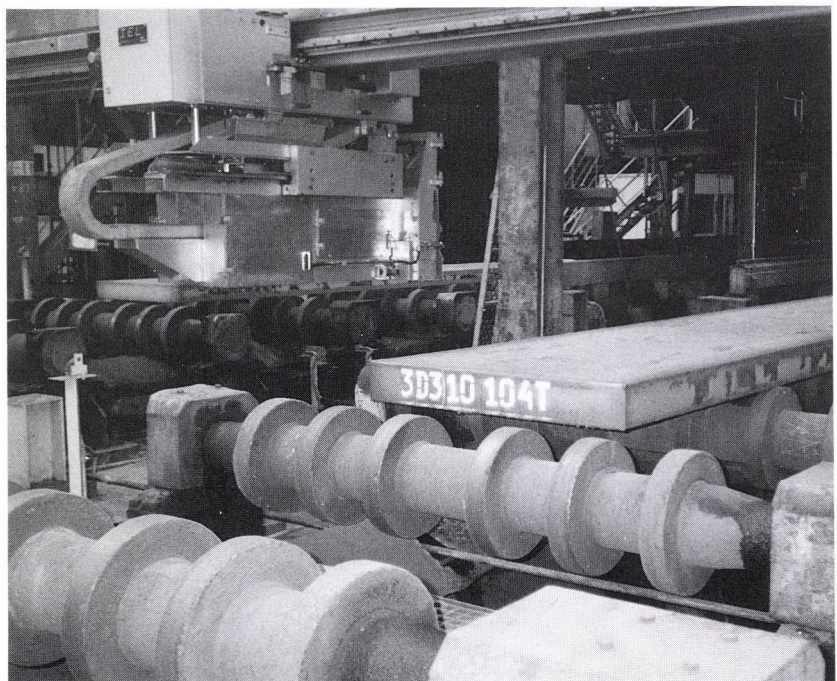
IEL

IDENTEQUIP LTD

スプレーマーキング装置

アルミワイヤもしくはアルミブロンズワイヤによるマーキング方式で、その主な用途は

1. スラブ材・ビームブランク材
2. ブルーム材・ピレット材
3. 各種型鋼
4. コイル材
5. 鋼板・チューブなど



GeGaおよびIEL Identequip製品についてのお問い合わせは：



株式会社 **トライメート**

〒194 東京都町田市旭町1-6-11 コスモ・ミツイ
PHONE: 0427-27-2813 TELEFAX: 0427-23-0803

本誌広告取扱

株式会社 **協会通信社**

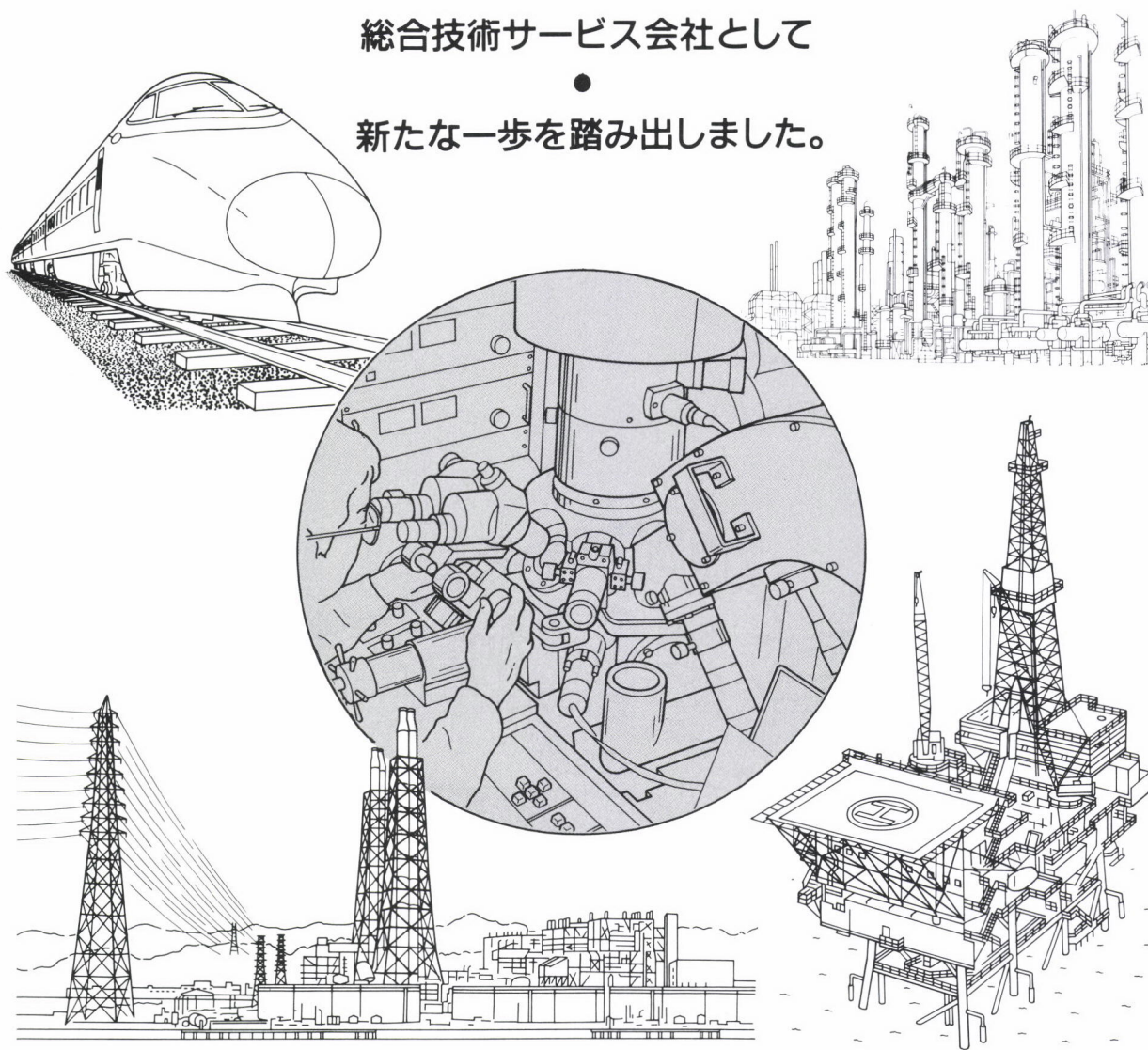
〒104 東京都中央区銀座7丁目3番13号
TEL 03(3571)8291・FAX 03(3574)1467

まだまだ広がる テクノロジーの未来

住友金属工業株の永年の技術と経験の蓄積をバックにした

●
総合技術サービス会社として

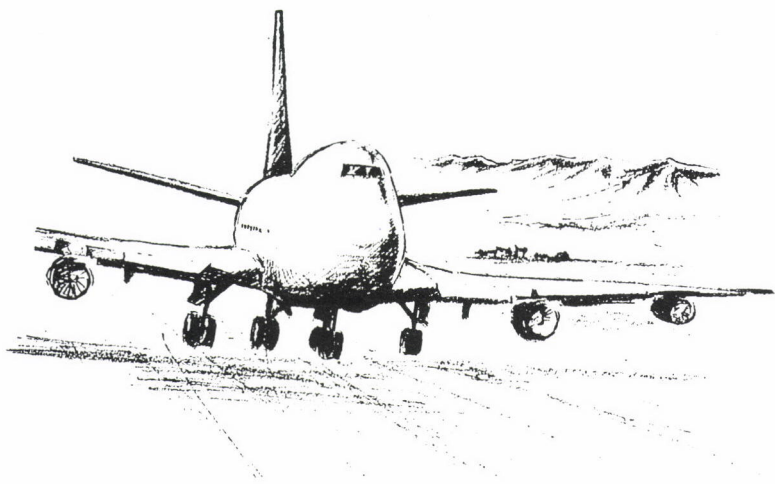
●
新たな一歩を踏み出しました。



住友金属テクノロジー株式会社

(受託研究事業部)
(評価試験事業部)
(分析技術部)
(鹿島事業部)
(鉄道産機事業部)
(OCTG事業部)

本 社 〒660 尼崎市扶桑町1番8号 TEL.06-489-5779
(尼崎) 〒660 尼崎市東向島西之町1番地 TEL.06-411-7663
(大阪) 〒554 大阪市此花区島屋5丁目1番109号 TEL.06-466-6153
〒314 茨城県鹿嶋市光3番地 TEL.0299-84-2557
〒554 大阪市此花区島屋5丁目1番109号 TEL.06-466-6176
〒660 尼崎市東海岸町21番地1号 TEL.06-409-1121

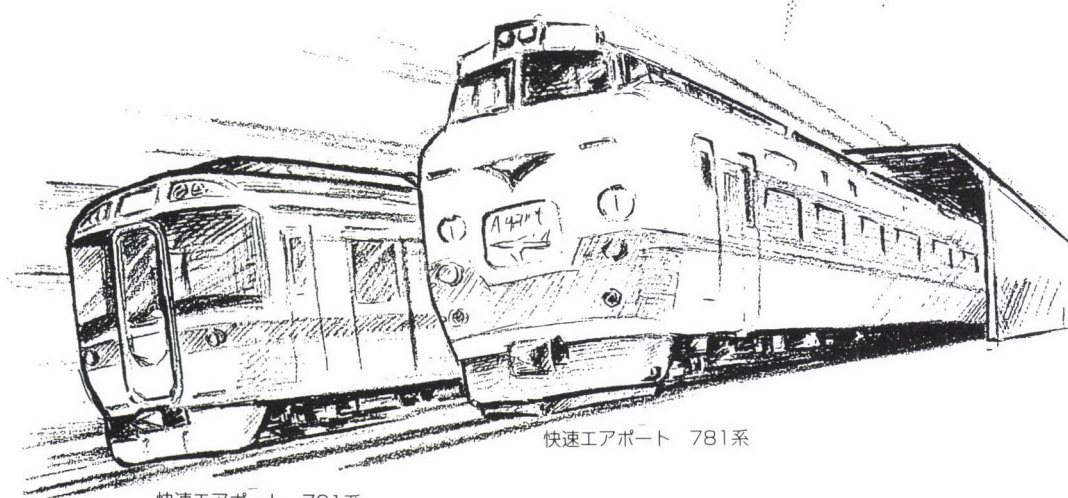


もっとも速く正確に新千歳
空港へアクセスしています。

道外や海外など北海道の玄関、新千歳空港利用者のうち、
空港ターミナル直結の好アクセス条件から、
もっとも多くのお客様にご利用いただいているのが、
快速「エアポート」です。
また空港駅で開花したデンマーク国鉄との姉妹関係は、
今後とも深めていきます。

結びます。

新技術で北の大地を



快速エアポート 721系

快速エアポート 781系

ツインクルプラザ（JR旅行センター）へ

ツインクルプラザはあなたの旅が充実したものになるよう、JR券・航空券・
ホテル・旅館の予約から国内・海外旅行までをお手伝いいたします。

道央地区	
札幌西口支店	☎(011)231-9733
札幌南支店	☎(011)272-4606
札幌南支店	☎(011)737-2881
札幌南支店	☎(011)822-2195
札幌南支店	☎(0134)22-6584
札幌南支店	☎(011)685-2918
札幌南支店	☎(011)895-1070
札幌南支店	☎(0123)27-1885
札幌南支店	☎(0126)23-3755
札幌南支店	☎(0143)43-8411
札幌南支店	☎(0144)34-8140
札幌南支店	☎(0125)24-7744

道東地区	
釧路支店	☎(0154)24-3177
釧路支店	☎(0155)25-4410
道北地区	
旭川支店	☎(0166)22-8180
旭川支店	☎(0157)23-8104
旭川支店	☎(0152)45-1513
旭川支店	☎(01654)3-0415
道南地区	
函館支店	☎(0138)23-4436
函館本町支店	☎(0138)56-2196

10年目に向かって「ありがとう」

JR
JR北海道

ふえらむ

Vol.1 (1996) No.8

C O N T E N T S

目 次

クリーンエネルギーに挑む	IRON & STEEL	
	太陽光発電は、人類究極のエネルギーになりうるか？	2
	植物の生命力が電気に変わる！光合成のエネルギーを取り出す微生物電池	8
話題のプロダクツ	マウンテンバイク	10
鉄の絶景	大地を駆ける鉄ー北海道編	14
展 望	戦後日本における鉄鋼業の発展とその制度的基礎 東京大学経済学部助教授 岡崎哲二	17
	家電製品とこれからの生産技術 (株)日立製作所生産技術部主管技師長 村上碩哉	24
入門講座	鉄鋼材料編ー7 次代を創造するステンレス鋼ーステンレス鋼の特殊な機能 日新製鋼(株)技術研究所研究企画課課長 植松美博	30
	鉄鋼プロセス編ー6 耐火物の科学 名古屋工業大学材料工学科教授 山口明良	35
解説	TQCからTQMへー管理部門スタッフおよび技術者の役割 名古屋商科大学経営情報学科教授 山田雄愛	40
	鉄鋼流通情報システム 住友金属工業(株)システムエンジニアリング事業部情報化推進部参事 徳永修一	46
現場技術報告	製鋼工場におけるスライドゲートプレート再生技術の開発 住友金属工業(株)鹿島製鉄所 布袋屋道則・三木隆・小木曾勇三 東芝セラミックス(株)セラミック事業部 川村俊夫・伏見哲郎・木島正彦	54
	コークス炉新制御技術の開発 NKK京浜製鉄所 杉岡真吾・宮原弘明・山本修一 松村進・石黒宏樹・福島康博	58
	溶融亜鉛めっきライン入側洗浄設備の改善 (株)神戸製鋼所加古川製鉄所 中村徹・入江広司・徳重啓司・清水正文	62
懸賞作文入選作品紹介 7	第1部(中学・高校生の部)3等 「ぼくの周りの鉄に思う」 天田輔	66
	「鉄の博覧会へようこそ」 渡辺歩	67
石原・浅田研究助成金交付に対する報告書	充填層中の粉体流動特性および蓄積挙動に関する研究 東北大学素材工学研究所 埜上洋	68
本会情報		70

IRON & STEEL

クリーンエネルギーに挑む

エネルギー問題の克服は、2000年代の課題といえるだろう。

21世紀、鉄鋼はもちろん、すべての産業が
「成長の限界」を超えて生き残っていくためには、
化石燃料の枯渇と環境破壊という

あまりにも重いテーマを
克服しなければならない。

今回はその答えのひとつに
なりうるかもしれない

クリーンエネルギーの技術に
目を向けてみよう。



写真：ガラスカーテンウォール方式太陽電池

太陽光発電は、 人類究極のエネルギーになりうるか？

―鍵は変換効率と生産効率のアップ―

地球に降り注ぐ太陽の光がもたらすエネルギーは、60分で全人類が消費する1年分のエネルギーに匹敵するという。考えてみれば、石油も石炭も、そして植物の光合成で支えられているあらゆる生物の生命活動のエネルギーも、すべてが太陽エネルギーに由来している。もし、太陽からのエネルギーをじかに使用可能な形に変換することができれば、現在私たちが直面しているエネルギー問題、さらには環境問題も、一気に解決へのめどがつくはずである。そんな究極のエネルギー・太陽光発電の現状を、レポートする。

コストダウンが進み、現実味が出てきた太陽光発電

約20年前、太陽光発電が華々しく脚光を浴びた時期があった。石油ショック直後の昭和49年頃である。だがその当時、太陽電池の製造コストは、1Wあたり約3万円。いうまでもなく、「火力とは比較にならない」ほど、高くつく電力だった。その後さまざまな技術革新によって、平成7年現在、太陽電池の製造コストは1Wあたり約580円程度にまで下がってきた。2ケタのコストダウンである。これにともなって耐用年数から算出した発電コストは、1kWhあたり約100円程度になった。あともう少し、太陽電池の製造コストが1Wあたり約200円にまで下がると、発電コストは電力会社の電気料金と競争可能になると考えられている。しかし20年で2ケタのコストダウンを果たしてきたスピードを考えれば太陽電池が火力や原子力と競争しうる、もうひとつの電力源となっていくこともあながち現実性のない話ではなくなってきたといえよう。平成8年度の太陽光発電をはじめとする新エネルギー関係の技術開発・導入促進の予算は、平成6年12月に策定された「新エネルギー導入大綱」を受けて、大幅増額となった。平成8年度版新エネルギー便覧（資源エネルギー庁編）によれば、太陽光発電システムの普及促進等にあてられる本年度の予算は、昨年の118.9億円から、131億円へと約12億円の引上げとなっている。またある太陽電池のメーカーでは、米国衛星メーカーか

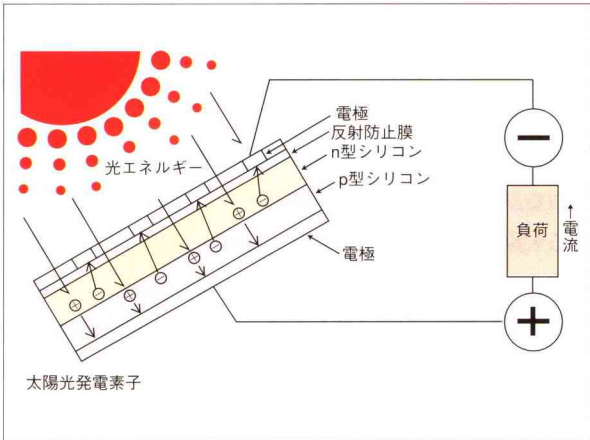
らの発注を受けて生産を倍増、量産化によるよりいっそうのコストダウンの可能性が見え始めるなど、太陽電池をとりまく状況が、少しずつ動き始めている。太陽電池は、今、衛星用など特殊な用途に限られていた時代から、より一般的な用途へと普及する過渡期にあるといえるのかもしれない。

半導体の光電効果―太陽電池の発電原理

光が当たるだけで電気が起こる原理とはいったいどんなものなのか、ここで簡単に触れておこう。太陽電池は半導体によってできている。半導体にはよく知られるようにp型とn型とがある。半導体にはさまざまなものがあるが、もっともポピュラーなところでシリコンを例にしてみよう。Ⅳ族元素であるシリコンに微量のⅢ族元素（ホウ素、アルミニウム、ガリウムなど）を添加したものがp型。この場合には、結晶中の電子を共有する際に電子が足りなくなるから、p型半導体ではプラスの性質を持った電子の孔（正孔）が一定数生じた状態になる。またⅤ族（リン、ヒ素、アンチモンなど）を添加したものがn型で、こちらは逆に電子があまり、一定数の自由電子が生じた状態になる。このp型・n型を接合し、その接合部に光を当てると、正孔と電子の対が新たに形成され、その正孔がp型に、電子がn型に集まってくる。この状態でpとnの両端に電線をつないで回路にすると電流が生じる



サントリーミュージアム／13 kW（大阪市）



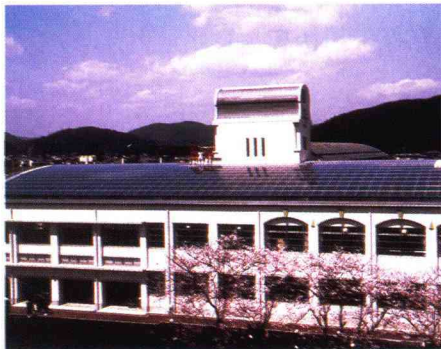
太陽発電の原理



丘の公園／95 kW（山梨県清里）



高知県のいち動物公園／70 kW（香美郡野市町）



八木町立八木中学校／50 kW（京都府船井郡）



東京駅東北・上越新幹線ホーム／30 kW



東京都水道局東村山浄水場／70 kW（東村山市）

のである。この他シリコン以外にも、太陽電池にできる半導体にはⅢ族とⅤ族の化合物（ガリウム、ヒ素）やⅡ族とⅣ族の化合物（硫化カドミウム）などで形成される化合物半導体などがある。

pn接合の半導体に光が当たることで電流が生じる現象を「半導体の光電効果」と呼ぶが、かのアインシュタインは、半導体の光電効果が「光が粒子としての性質を持つため」であることを証明し、ノーベル物理学賞を受賞している（有名な相対性理論で受賞したのではない）。その意味で太陽電池とは、光の粒子性という、きわめて現代物理学的なテーマと関連して生まれてきた技術と見ることもできるかもしれない。集積回路など今日の半導体技術も太陽電池同様、pn接合によって成立しているが、実は太陽電池の発明（1954年）は、トランジスタよりも古い。ただし当初は先述のように、あまりに高価な電力だったため、汎用性はほとんどなく、後に人工衛星用などの特殊な電力源として使用されるようになるにとどまった。現在も衛星用としては欠かせない電力源であることはいままでもない。

エネルギーの自給自足を可能にする太陽電池

ある試算によると、全人類の消費エネルギーをすべて現在ある太陽電池でまかなうには、約800km四方の大きさのものを作ればこと足りるという。800kmといえばほぼ東京―広島間の距離に相当する。むろんそんなに大きなものを作るはずはない。だが、この面積に匹敵する太陽電池を世界中のいたるところに分散設置するということになれば、可能性があるだろう。別の試算によれば、日本で住宅、ビルディング、

高速道路など、可能な限りの建設物に太陽電池を設置すれば、電力需要の約40%をカバーできるという説もある。たとえそこまで高比率にならずとも、さまざまなエネルギー源を「ベストミックス」で使っていこうという今日のエネルギー観からすれば、太陽光発電は大きな可能性を秘めているといえよう。

建築物に太陽電池を張り巡らす発想は、すでに研究として進展しており、新エネルギー産業技術総合開発機構（略称：NEDO）では、建設会社や建材メーカーなどと共同で、建材一体型の太陽電池の研究を進めている。ひとつには個人住宅用の屋根材に組み込まれているもの。またもうひとつはビル用カーテンウォールなどの形になったものなどがある。

家庭用のシステムでは、屋根に設置した太陽電池で必要電力の多くをまかなうこともできる。ただし問題はコスト面で、一般家庭で導入するには、まだ価格的な問題が大きいようである。

カーテンウォール型のものもいくつかのタイプが研究されている。「太陽電池というのは、意匠的な面白さというものがありますから、今の時点ではむしろそうしたデザイン面で施主の方に選んでいただくことを狙っています」（鹿島建設技術研究所 伊藤正氏）という。カーテンウォール方式多結晶シリコンタイプの太陽電池から得られるのは1m²で約100W弱。限られた電力ではあるが、うまく工夫して使えばより快適な室内環境づくりなどに役立てられる。価格的には通常の高級カーテンウォールより1m²あたり7万円高程度になるという。

やはり太陽電池のコストダウンを期待するとともに、導入初期には国の助成金による後押しが必要といえそうだ。現在、住宅用では新エネルギー財団が住宅用太陽光発電システムモ



モンゴルの遊牧民の協力を得て実証研究が行われている携帯発電システム。太陽電池ユニット、バッテリーユニット、コントロールユニットからなり、各ユニット30～40kg、全体で約110kgで、移動が可能

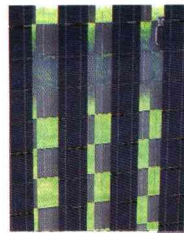


70kWの太陽電池に1kWの風力発電を組み合わせた山小屋用システム（白馬山荘）



断熱パネル方式の住宅用太陽電池。温度上昇によるアモルファス太陽電池の劣化改善もねらって、研究開発中

鹿島建設技術研究所
伊藤 正氏



ビル壁面への設置を可能にするガラスカーテンウォール方式。左は窓などに取り付けて透過光を利用できるタイプ。



モニター事業を実施しており、モニターになることで、システム設置費用の2分の1相当額（上限60万円/kW）の補助が受けられるようになっている。規模の大きな公共性の高い施設については、NEDOが設置者と共同で運転データの収集等を行う太陽光フィールドテスト事業を実施しており、設置費用の2分の1を負担してもらえ。いずれも通産省の補助のもとに実施されている事業だ。

現時点でコストをある程度度外視してでも太陽電池導入が効果的と考えられる用途というのもある。例えば「防災」である。阪神大震災以来、都市型地震に対する防災意識が高まっているが、もしもの地震で送電設備が破壊された時、その場で発電できて燃料も不用品な太陽電池は最低限の電力を確保するために、きわめて有効な手段である。NEDOの太陽光フィールド事業でも、防災型の設備には特に設置費用の3分の2が補助されるといった配慮もされている。

同様に、送電のためのインフラがない場所で電力を必要とする場合も、電線を敷設するコストまでを含めて考えれば、太陽電池を採用するほうが現実的という場所は、世界中にいくらかでもある。NEDOがモンゴルで実証研究中の携帯発電システムなどもこの例に当たるだろう。この携帯式太陽電池は、日中に充電した電力によって移動式テント（ゲル）で60Wほどの電球とテレビ、ラジオが使えるようになっているもので、利用者の遊牧民からは「まるでウランバートルにいるようだ」

テクノジャンプを可能にする太陽電池

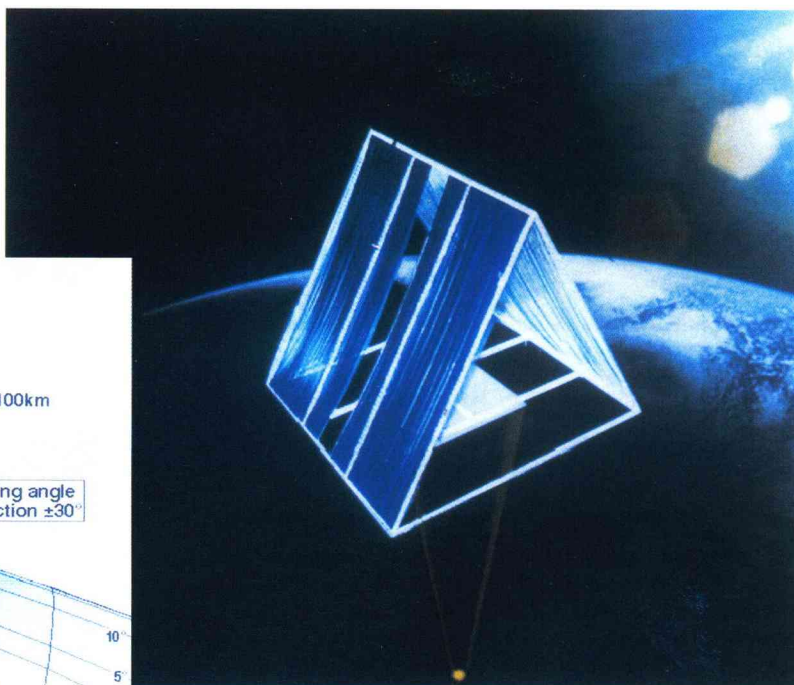
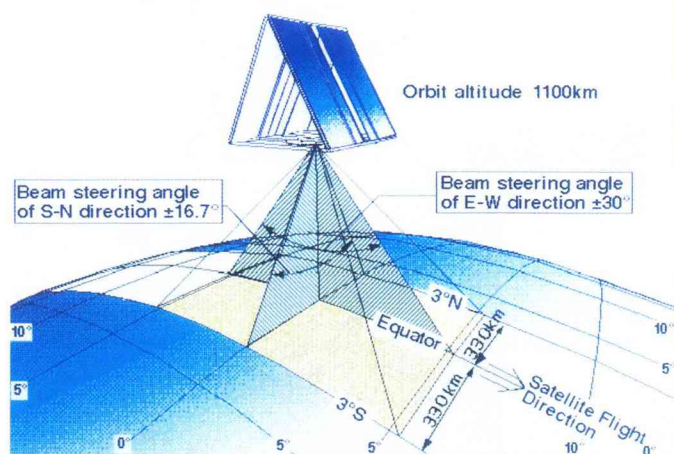
近年、パソコンによる情報通信が急速に普及している。情報通信には通信用の回線が不可欠だったが、それも無線や衛星通信などの技術が開発されるにつれ、かならずしも必須要因ではなくなりつつある。しかし、電力供給のためのインフラがないというのは、致命的である。いかなるハイテク機器も電気なしでは機能しないからだ。そうした電力供給のインフラが未整備あるいは困難な場所でも、太陽電池なら電力を得ることができる。太陽電池と無線通信の組み合わせによって、インフラがない土地でも自由自在に世界中の情報を得ることも不可能ではなくなるのである。ジャングルの真ん中にいても、先進国のデータベースに自由にアクセスしたり、最新のニュースを手に入れたりできるようになるわけだ。こうした現象を「テクノジャンプ」と呼ぶ。いわゆる「陸の孤島」にも、物理的な距離を飛び越えて、情報が届くというニュアンスなのだろう。「テクノジャンプ」を可能にするために、太陽電池はきわめて有効な電力供給手段といえるだろう。

と感嘆の声が上がっているという。

海に浮かぶメガフロート太陽光発電所

低開発国や僻地など、特殊な用途にも有効な太陽電池だが、主要な電力源のひとつとなるだけの大容量の電力を供給していくには、やはりある程度まとまった面積が必要である。大面積の太陽電池を建設するには、砂漠などの土地を利用すればいいという意見もある。先述した800km×800kmという面積は、世界の全砂漠面積の4%程度だというから地球上の陸地に太陽電池に必要な土地が空いていな

SPS2000のイメージ▶
 /さらに詳しい情報をSPS2000の
 ホームページで見ることできる
<http://spss.isas.ac.jp>



◀1号機は赤道上空の軌道を回りながら、
 その直下の国々に電波で送電する

いわけではない。しかし資材運搬やメンテナンス、電気の搬送などを考えると、まだまだ解決しきれない課題もある。日本のように広大な平地を得ることが難しい場所では、海上を使うアイディアも提示されている。例えば本誌2号で紹介したような鋼製の浮体構造物（メガフロート）を海上に浮かべて、太陽光発電所を作るなどといった発想も、そのひとつである。もし実現すれば、鋼製の巨大な浮き島が太陽の光を集めるエネルギー基地として活躍することになるだろう。それまでに、太陽電池そのもののコストダウンと、よりいっそうの変換効率のアップ、電力搬送問題の解決など、技術的な課題が残されているのも事実ではある。

宇宙へ持っていけば利用できる太陽エネルギーは10倍

太陽電池による発電量をアップさせるには、太陽電池そのものの機能を上げる以外にもうひとつ、宇宙空間に設置するという方法がある。宇宙では太陽エネルギーの密度が大きく、天候・季節に左右されることもない。そのためもし宇宙空間に太陽電池を置くことができれば、年間に利用可能な太陽エネルギーの量は地上の約10倍（送電によるロス分を差し引いた最終的なエネルギー量でも約5倍）にもなるという。現在、文部省宇宙科学研究所と大学研究者らのグループが宇宙での太陽光発電技術の研究開発に取り組んでおり、西暦2000年には軌道上での組み立てを開始することを目指している。

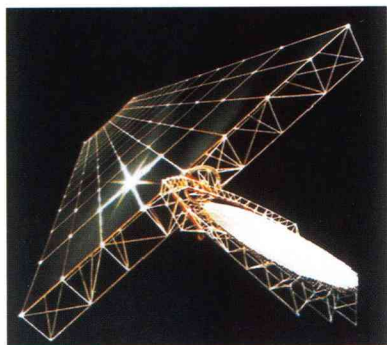
SPS2000と名付けられたこの発電衛星は、縦・横各3m、長さが300m強のトラスビームの組み合わせによって構成

され、外見は三角柱を横に寝かせたような形をしている。ここにアモルファス太陽電池の帯を張り巡らせて、発電を行う。断面を三角形にしてあるのは、底辺を重くすることで、常にアンテナを取り付けた底が地球に向いているようにするためである（重力傾斜による姿勢安定）。軌道は地上11,000km。ちょうどランドマークタワーよりも大きな構造物が軌道上にぽっかり浮かんでいると思ってもらえればよい。地上への送電は電磁波（2.45ギガHz）によって行う。

発電衛星のアイディアは、1968年にピーター・グレーザー（米）によって提案され、米国のエネルギー省（DOE）とNASAによって1977年から1980年まで研究が続けられていた。しかしそこで考案されたモデルは5km×10km（5ギガW）というあまりにも巨大なものであったため、かなり本格的な研究が行われはしたものの、さすがに非現実的として、中止の止むなきに至った。

その前例をふまえてSPS2000は「とにかく実現が可能なものを作ろうという発想でスタートしました。そのためは、地上の発電所の電力と価格的にも競争しうること、商業的に使える技術によって建設・運用が可能であることを必須条件としています」（文部省宇宙科学研究所・成尾芳博氏）という。こうして1987年から、日本でのSPS2000の研究はスタートした。

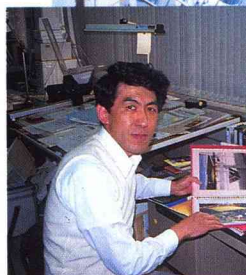
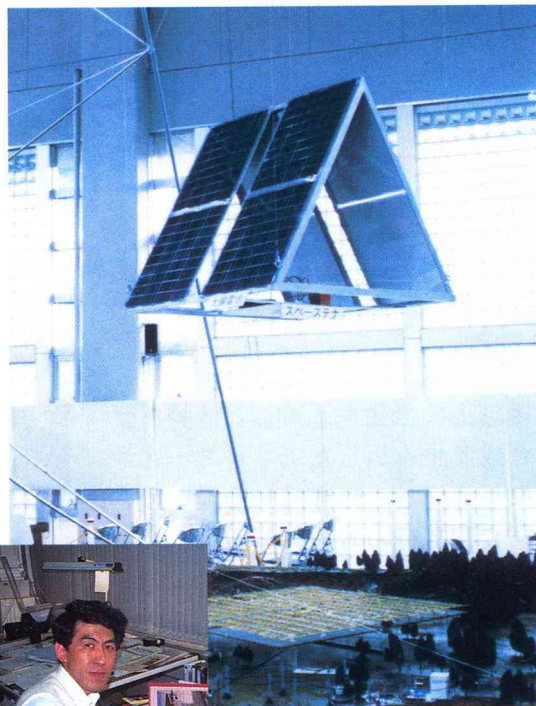
グレーザーのモデルに比べてかなり現実的であるというものの、SPS2000は、宇宙に作る構造物としてはかつてない大きさである。どのくらいのサイズにすればいいのか、コストと実用の両面から検討されたという。「日米欧露加共同開発で話題になっている国際宇宙ステーション



DOE/NASAが提案した最初の発電衛星。あまりにスケールが大きすぎて、プロジェクトが中止となった

アモルファス太陽電池が、いっそうのコストダウンを促進する？

太陽電池用の半導体としては、現在はシリコン系が大きな位置を占めているが、シリコン系の中にも、単結晶、多結晶、アモルファスの3種類がある。単結晶太陽電池は1個の大きなシリコン結晶をスライスしてウエハー状にしたものから作られる。エネルギー変換効率はもっとも高いが、結晶を大きく育てるのに時間と手間がかかり、コスト高となりやすい。変換効率は多少落ちるものの、その点、多結晶型太陽電池のほうが製造コスト的にはかなり有利になるため、最近ではこの多結晶型がよく用いられている。さらにこうした結晶タイプとはまったく異なる方法で作られるものにアモルファス太陽電池と呼ばれるものがある。これは真空の装置内にシリコンを含有するガスを入れ、放電することでガスを分解し、シリコンを基盤上に堆積させてシリコン膜を形成する。製造工程をよりシンプルにやすく大面積で製造できるなど、量産化した場合にもっとも低コスト化が期待できるとされている。



宇宙科学研究所・成尾芳博氏

SPS2000のシステム機能モデル。ミニチュアの発電衛星に照明が当たると、ジオラマのレクテナ（電波を受ける地上のアンテナ兼変換装置）に送電され、模型の設備に電気が供給されるようになっている

ジョンの電力源は太陽電池です。その出力が110 kW。つまり現状で宇宙に建設が決定している最大の太陽電池発電システムは110 kWだということです。しかしSPS2000は宇宙ステーションのような自給自足のための発電システムではなくて、発電そのものを目的とした発電設備ですから、地上で商業的に使用できるだけの電力を送れなくてはなりません。それでは地上の発電設備はどのくらいの規模かというと、原子力発電所では100万 kWくらいのものが多い。そこでSPS2000は発電設備であるかぎりには1万 kWはめざそう、ということで規模を決定しました」（前出・成尾氏）。

SPS2000の組み立ては、すべてロボットを使って無人で行われる。その実証実験として、宇宙ステーション・ミール（露）の補給船プログレスを使って、長さ約100mのトラスを軌道上に組み立てることも計画中だという。成尾氏らは現在そのためのロボット開発にも余念がない。

2100年、衛星発電なしに産業の活力維持は困難になる？

発電衛星が現実のものとなるには、打ち上げコストの低減や太陽電池そのもののコストダウンなど、いくつかの技術的なブレークスルーが前提条件として不可欠である。現時点では「2000年までの間に可能になるだろう」という、ある意味で不確定な技術的・経済的な見通しを前提としているSPS2000だが、その成功は、考え方次第では、人類の未来を左右するほどのものになるかもしれない。

静岡大の山極助教授らが行った「ワールド・ダイナミク

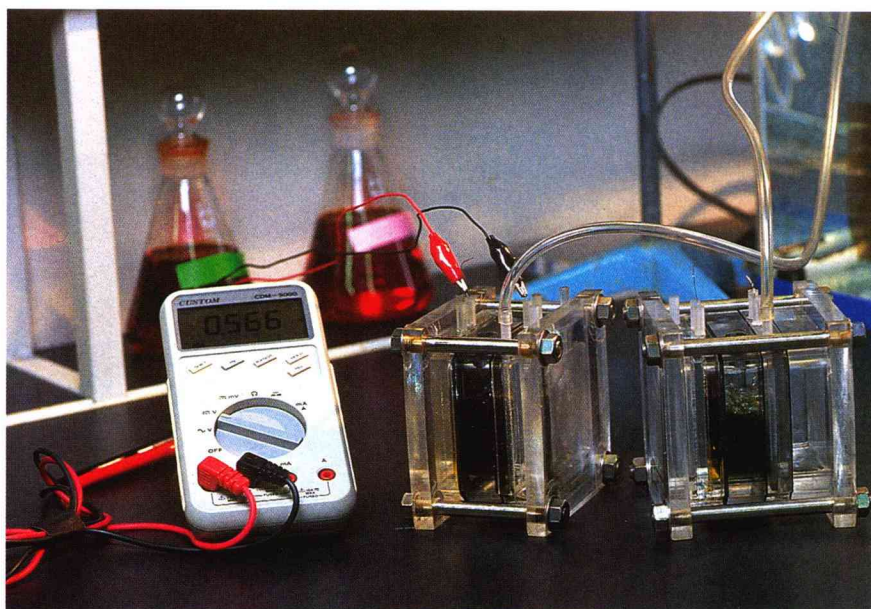
ス」（あらゆる要素をデータとして、人類の経済・社会活動の活力をシミュレートするもので、過去にはローマクラブのレポートなどが有名）のシミュレーション結果によれば、もし2000年代の後半までに衛星発電による電力開発が行われなかった場合、世界レベルの産業活力は著しい下降線をたどるという。むろん新エネルギー源は、衛星発電のみではないから一概に受けとることはできないにせよ、将来のエネルギー源として、衛星発電技術が希望の光のひとつであることは確かなのではないだろうか。米国での研究がストップして以来、この分野では日本の研究が世界でもっとも進んでいるという。1990年のヒューストンサミットで、日本はこの衛星発電と核融合による「地球再生計画」を提案し、各国から大きく評価された。しかし研究開発のための資金問題ひとつにしても、前途多岐というわけにはいかないのが現状だという。それでも近年では日本の研究成果に刺激を受けて、米国や欧州でも発電衛星の研究がスタートしており、国際的な関心はむしろ高まってきている。今後の展開に期待したい技術である。

日本は長い間「資源に恵まれない国」を自称してきた。しかし太陽の光は、地球上のあらゆる場所で平等に降り注いでいる。太陽エネルギーを活かした産業システムの実現は、日本のような資源の乏しい国にとっては、まさに夢の技術でもあるはずだ。

【取材・写真協力：新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）
文部省宇宙科学研究所 鹿島建設株式会社・技術研究所】

植物の生命力が電気に変わる！ 光合成のエネルギーを取り出す微生物電池 ーバイオマス研究の成果が生んだクリーンエネルギーー

地球上の全生命活動は、植物が光合成で生み出したエネルギーを源にしている。光合成は複雑な反応を介して行われるロスの多いエネルギー変換システムであり、効率はよくない。しかしもし光合成の初期過程で、そのエネルギーを取り出すことができれば、十分にこれを電力として活用することが可能になる。バイオマスの研究から生まれた微生物電池とはどんなものなのだろうか。



手前の枠組みの中の反応容器にらん藻が入れている。後ろのフラスコに入っている赤い液体が反応容器の溶液にも添加されている電子伝達剤（メディエーター）。

媒介物質でらん藻の細胞内から電気を取り出す

透明なセルの中に溶液とともに入れられたグリーンの藻の間で、攪拌のための窒素ガスがぶくぶくと泡立つ。やがてセルの電極にコードがつながれると、電圧計の数字がみるみるうちに上昇していく。まさにこの瞬間、光合成によって変換された太陽エネルギーが電気エネルギーに変換されているのである。この装置が環境対応型のエネルギー源として、その開発が期待されている微生物電池だ。

地球上のあらゆる生命活動の源をたどれば、植物によって変換された太陽エネルギーにいきつく。

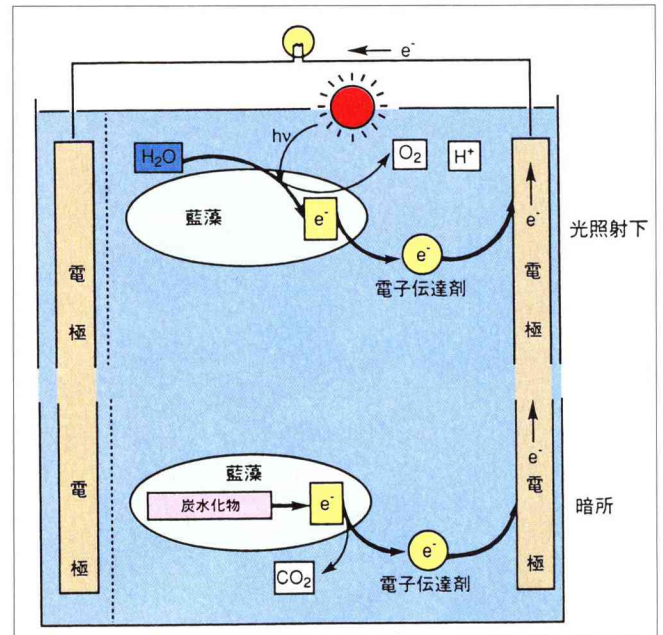
この生物のエネルギーを直接電気エネルギーとして取り出そうというのが微生物電池である。工業技術院・資源環境技術総合研究所のバイオマス研究室では、藻類の光合成エネルギーを電気に変換する「直接型」微生物電池の研究が進んでいる。微生物電池には、生物が出す水素などを燃料電池を通じて電気に変換する「間接型」もあるが、「直接型」は、植物の光合成の過程で生じる電気を直接取り出すものだ。

植物が光合成を行う場合、太陽光から炭水化物などへのエネルギー変換効率は4～5%と低い。数段階の物理的・化学

的過程によってかなりの損失があるためだ。しかし光合成のもっと初期の過程では、変換効率は20%以上に達している。「直接型」微生物電池では、この初期過程で電気を取り出そうというものである。

植物のエネルギー生産や合成には、呼吸反応によって作られるNADH（ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド）という物質が使われるが、このNADHを電極と反応させると、電気エネルギーが得られる。ただし微生物には細胞壁や細胞膜などがあって、そう簡単に電極と反応するようにはできていない。そのため、NADHから細胞内で電子を受けとり、電極に受け渡す物質が必要になる。この電子の橋渡しをする物質をメディエーターという。

「どんな物質がメディエーターとしてふさわしいのかを調べていくことも研究課題です。植物の細胞内で電子を受けとって還元体になり、電極で酸化して電子を放す物質ならいいわけですが、今のところ2-ヒドロキシー-1,4ナフトキノンという物質がもっとも有望なようです」（バイオマス研究室・柳下立夫氏）。



微生物電池の原理

浄化システムと組み合わせた発電設備の可能性

柳下氏らが試作した微生物電池の出力は0.5ミリワット前後、寿命は20～30時間程度だという。目下最大の課題は電池寿命の延長である。

「実用的なものとするには、せめて数ヵ月単位の寿命が必要だと考えています。植物にしてみれば、光合成によって作り出したエネルギーを持っていられるわけですから、生命活動を維持するのが難しくなって、やがて死んでしまう。ところが、らん藻の中には光合成でエネルギーを得るばかりではなく、外部から糖のようなエネルギーを補給して生命を維持できる特異なものがあるんです。このらん藻に光合成をさせるとともに糖も与え、生命維持に必要な糖を食べ続けるためのぎりぎりのエネルギーだけを残して、あとは電気に変えてしまう。それによって寿命が延ばせるのではないかと考えています」（前出・柳下氏）

糖などの炭水化物が電池出力の維持にどのように関わっているのかは、現状ではあまりよく分かっていない。その解明も今後の課題であるという。

現在は出力が小さいため、すぐには実用には結びつかないが、容量は規模を拡大することである程度までは解決できる。問題は用途や設置場所だが、ひとつとしては糖分を含んだ廃

水が大量に出る食品工場などの廃水処理過程に組み込むという使い方も考えられるという。工場が出す砂糖水はいわば汚水になるわけだが、その浄化過程に組み込めば、電力の一部を自給自足しながら水をきれいにしてくれる浄化システムができるというわけだ。

また微生物電池では光合成によって酸素と電力の両方が得られることから、将来宇宙基地などでの自給自足のための技術としても期待されているという。

微生物電池の寿命を延ばすキーポイントは、微生物を殺さないようにしながら、人間の役に立ってもらう点にあるという。微生物電池は環境との共存という今後のテクノロジーにとってのテーマをシンボライズする技術といえるのかもしれない。

【取材協力：工業技術院 資源環境技術総合研究所 バイオマス研究室】

話題の
PRODUCT
プロダクツ

マウンテンバイク



世界を駆け抜け、オリンピックのステージに たどりついたマウンテンバイク。

その凝縮されたメカニズムと材料技術はもはや自転車の域を超えた。

1996年はマウンテンバイクにとって記念すべき年である。マウンテンバイク・クロスカンントリーがアトランタ・オリンピック正式種目になることが公式に発表されたのだ。

カリフォルニアの山奥で数人の子供たちが始めた遊びが、世界的スポーツとして認められるまでになった。

誕生からわずか20年で本来のアウトドア・フィールドから飛び出し、シティまで縦横無尽に走り始めたマウンテンバイク。今回は最先端のレース用マウンテンバイクに焦点を当て、スチールを中心とした素材がどのように使われているのかを探ってみた。





軽さと強度を融合させる技術と素材

1974年、カリフォルニア州マリンド郡、タマルパス山。この標高わずか784mの小高い山を、自転車に乗ってだれが一番はやく駆け降りることができるか、という遊びに興じる数人の少年たちがいた。いまではマウンテンバイクのブランド・ネームとしても有名になったゲイリー・フィッシャーやジョー・ブリーズたちである。彼らは仲間たちに勝つために、1秒でもタイムを縮めるために、次々と自分の自転車に改造を施していった。そして1977年、現在のマウンテンバイクの原形といえる太いタイヤや頑丈なフレームを持った自転車をジョー・ブリーズが完成させた。

それから20年。頑丈でどこでも走破できるこの自転車は、文字通りあつというまに世界を駆け抜け、スポーツサイクルの新しい分野を拓いた。オートバイや自動車の競技には、サーキットで行われるオンロードレースと、未舗装路でのオフロードレースがある。ところが自転車だけにはなぜか、長いあいだツール・ド・フランスなどに代表されるロードレースと競輪のトラックレースしか行われていなかった。マウンテンバイクは、自転車競技にオフロードという新しい分野を開拓し、オンロード用自転車で培った経験とオフロード用オートバイの技術の両方を注ぎ込むことのできる分野をつくったのである。

マウンテンバイクの競技は大きく2種類に分けられる。急激な坂を時速7、80kmでくだり降りるダウンヒルレースと、アップ・ダウンを繰り返しながら長距離を走るクロスカンントリーレースである。ダウンヒルレースではときに時速100kmを越えることもあり、(世界記録・時速188.946km)、マシンは強度と衝撃吸収性能に重点を置いて開発されている。これに対し、クロスカンントリーでは乗り手の疲労を軽減するために軽さや操作性に重点が置かれている。いずれにしても、軽さと強度を高い次元で融合させることが要求され、これが世界中のパーツメーカーや自転車メーカーが実にさまざまな素材を使用して製品を送り出していることにつながっている。

例えば、軽さが求められる部材にはアルミニウム合金やマグネシウム合金が使われ、高靱性の必要なシャフト部、ボルト類はスチールやチタンが用いられる。高い引っ張り強度が求められるスポークにはステンレス、タイヤのビードには、鋼線やケブラー繊維など、適材適所にさまざまな材料が使い分けられている。

フレーム素材がマシンの性能を決める

メインパーツともいえるフレームに使われる素材は、最もスタンダードで歴史の古いスチールを筆頭に、アルミニウム、その複合素材であるメタルマトリクス、チタン、高強度繊維のカーボンなどがあげられる。とくにメタルマトリクス、チタン、カーボンは今後さらにマウンテンバイク

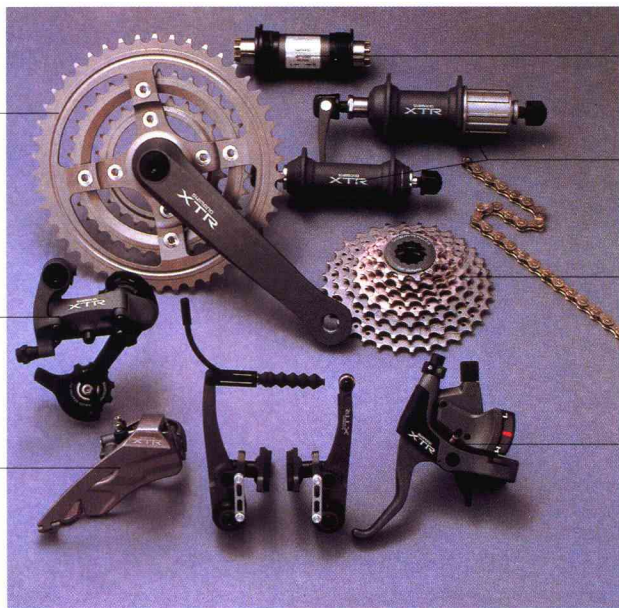


ジョー・ブリーズと仲間たち

■フロントチェーンホイール：
人間の脚力をまずマウンテンバイクに伝えるパーツ。超ジュラルミンが採用され、アーム部は中空構造で軽量化されている。

■リア・ディレラー：
後輪用変速機。チタン軸、アルミニウム軽合金ボディ。泥詰まりしにくいようにテフロン塗装が施されている。

■フロント・ディレラー：
本体はアルミニウム軽合金。フレーム取り付けバンドにカーボンが採用されているものもある。



■ボトムブラケット：
ペダルを漕ぐときの軸となる部分。パイプ軸により軽量化。

■前後輪ハブ：
上が後輪用。ケースと軸にチタンが使われている。

■カセットスプロケット：
いわゆる後輪ギア。内側3枚（大きい方）がチタン、外側5枚がスチール。大きい方のギアだけにチタンを採用することで、コストと軽量化と強度のバランスを取っている。

■ブレーキレバー・変速レバー：
2本の指で素早い変速や制動ができるよう、人間工学的デザインを中心に考えられている。

用素材としての完成度を高めていくことが期待されている。そういう意味では、すべての素材が開発の途上にあり、選手たちはこれらの中から目指す競技に最適だと思うものを選びだし、さらにカスタムパーツをアッセンブルしてマウンテンバイクの性格を明確化していく。レースなどのデータをフィードバックしながら、これらの素材はしだいに一般的なモデルにもごく普通に使われるようになり、価格帯も下がっていくだろう。

ここでは各素材がマウンテンバイクのフレームとしてどんな性格を持っているかを挙げてみた。

■クロモリ

フレーム素材の主流は何といってもスチールである。なかでもクロモリブデン鋼、通称「クロモリ」は、硬度と靱性のバランスが良く、加工性に優れるために、自転車のフレームでは圧倒的なシェアを誇り歴史も古い。最近では熱処理を施し、さらに強度を上げることが一般的になり、いっそうの軽量化が図れるようになった。このためフレーム用チューブが何種類も製造されている。つまり用途や好みに応えられる種類のフレームが用意されているということである。チューブの接合についても、溶接やロウ付けが容易で、量産に適しているというメリットもある。

後から登場した新素材がさらに性能向上の途中段階である現在では、それに比べるとクロモリの技術、応用の幅はほぼ成熟していて、完成されたフレーム素材と考えられている。

■ニバクロム

スチールにニッケル、バナジウム、そしてクロムを添加した「ニバクロム」は87年、イタリアのサイクルショーでデビュー

した。このとき高価な自転車に採用されたことから、この年以後高級フレームはニバクロム、汎用フレームはクロモリという図式ができあがった。空気抵抗を考えた偏平チューブなどが多くつくられているが、これは専用治具が必要なためにさらに高価格化に拍車を掛けている。マウンテンバイクよりロードレーサータイプの自転車に採用されることが多い。

■アルミニウム、メタルマトリクス

軽く、加工性に優れるアルミニウム。フレーム材料としては、マグネシウムや銅、クロムなどを添加したアルミニウム合金が使われる。パイプの径を太くしたり肉厚を増やすなどして、必要強度を確保する。スチールフレームと比べて衝撃吸収性が高く、荒れた路面でもしなやかな乗り心地を得られることと、太いパイプがマウンテンバイクのたくましいイメージと調和することなどから人気がある。

アルミニウムをベースにしてセラミックファイバーなどでハイブリッド化した複合素材が「メタルマトリクス」。一般のアルミニウム合金と比べて強度は各段にアップし、スチールに迫るチューブ剛性を持つ。

■チタン

90年代初頭にチタン製フレームが登場し、自転車業界はおおいに沸き返った。軽く強く腐食しないという性質を持つこの素材は、市場のニーズの高まりに呼応して大躍進を遂げた。自転車フレームにお



谷川可奈子（たにがわかなこ）
昭和45年5月24日生まれ
94年 全日本シリーズ総合優勝
95年 ワールドカップ総合34位
95年 世界選手権32位



チタンフレームをベースに、耐久性をメインに考えたパーツがアッセンブルされた三浦選手のマウンテンバイク。フレーム重量はわずか1.4kg。

ける現在の主流は3%のアルミニウムと2.5%のバナジウムを含んだ3Al/2.5Vチタン合金と、さらに強度的に優れた6Al/4Vチタン合金である。スチール以上の強度とアルミニウムなみのソフトな乗り心地を両立させ、いまもっとも注目を浴びている素材だといっても過言ではない。

■カーボン

チタンに追随して「カーボン」も注目されている。炭素繊維を積層し、エポキシなどの樹脂でかためて成形する。F1レースなどでも、その強度や軽さは実証済みだ。フレーム素材として理想的なのだが、弱点を挙げるとすれば「溶接できない」という点がある。このため、ラグと呼ばれるジョイント部品を使用して接着するか、1ピース構造の「モノコック」という成形法を用いなければならない。登場したばかりの頃はラグからチューブが抜けるということもあったが、近年では接着技術が向上し、カーボン本来の強度を発揮できるようになった。



三浦恭資（みうらきょうし）
昭和36年1月9日生まれ
94、95年 全日本シリーズ
クロスカンントリーチャンピオン、
ツール・ド・フランス VTT34位
95年 アジア選手権優勝

誕生から20年、新たなスタートが切られる

タウン用自転車と最新のマウンテンバイクでは、それこそ軽自動車とF1マシンほどの差がある。価格にしても軽く100万を上回るものもある。路面からのショックを吸収するサスペンション、フリクションを押さえつけるための幅広いハンドル、急制動に応え

■主に使われる材料と性質

材料		SCM415 クロモリ①	7075 アルミニウム 合金②	60種 チタン合金③
成分・性質	主な添加元素%	Cr 0.90～1.20	Zn 5.1～6.1	Al 5.50～6.75
		Mo 0.15～0.30	Mg 2.1～2.9	V 3.50～4.50
		Mn 0.60～0.85	Cu 1.2～2.0	—
		Si 0.15～0.35	—	—
機械的性質	引張強さ N/mm ²	≥834	≥540	≥920
	耐力 N/mm ²	—	≥470	≥865
	伸び %	≥16	≥8	≥8

①JISG 0303の4に規定するB類の標準供試材（φ25mm）を使用
②厚さ1.0～2.9の場合
③厚さ0.6～1.5の場合

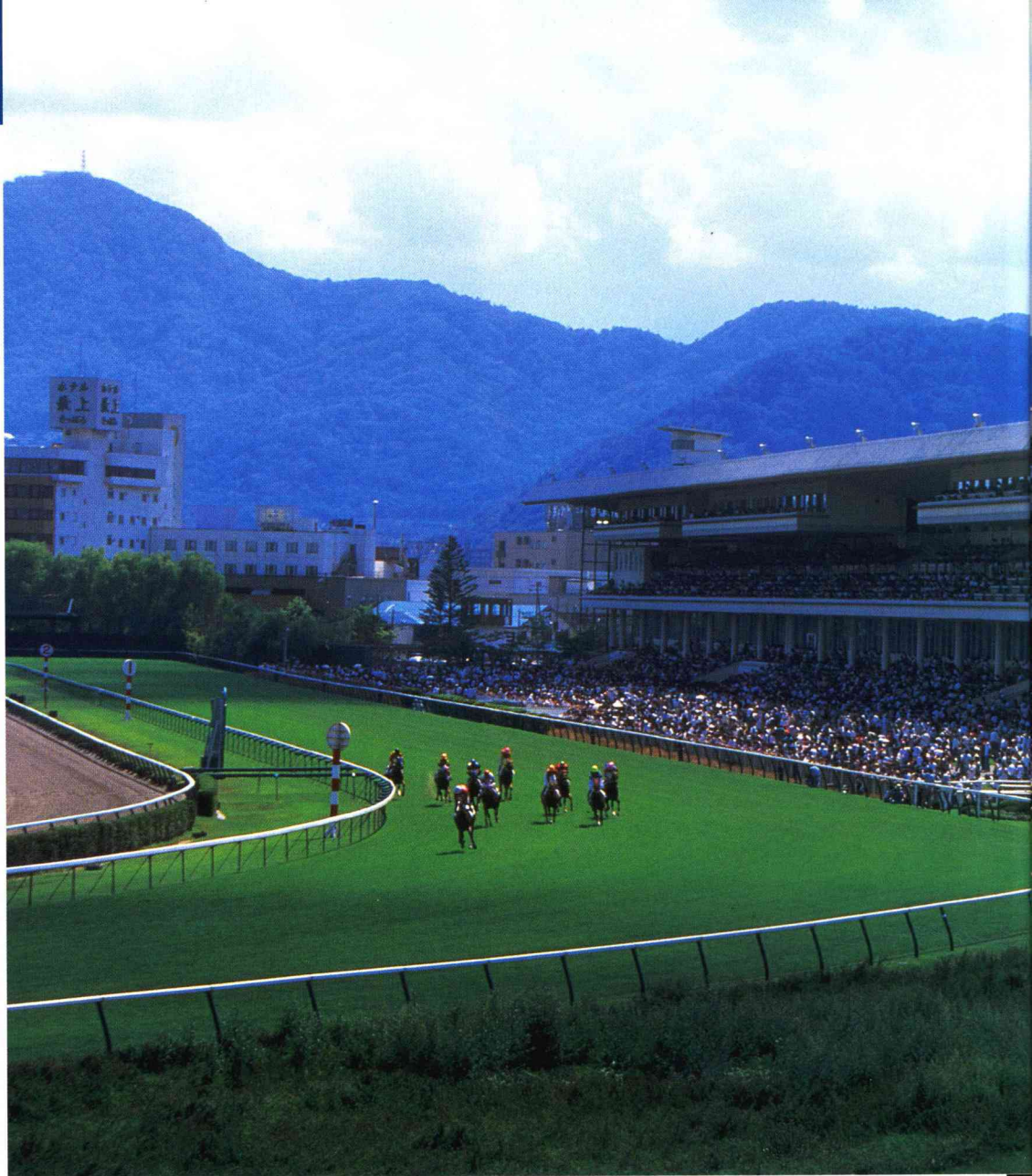
るディスクブレーキ、コンパウンドを徹底追求したタイヤなど、オートバイや自動車レースからのデータや技術もふんだんに盛り込まれ始めた。エンジンと比べればはるかに非力な人間の力を最大限に生かすため、素材や部品は極限まで軽さと性能向上を追求されてきた。この性能は人の感覚にダイレクトに返ってくるため、むしろバイクよりもシビアなセッティングが要求される。一流選手はチェーンリングのたわみ、フレームのしなりさえも感じ取るという。だからこそ次から次へとたくさんの素材やパーツが開発され続けているのだ。

20年前、アメリカで生まれたマウンテンバイクは世界を駆け抜けてまたアメリカに戻り、オリンピックというステージにたどりついた。今までのさまざまな開発の軌跡が試されるこの世界的ステージは、また新たな開発のスタートラインとなる。

今回のオリンピック正式種目として認定されたクロスカンントリー競技に、日本からは三浦恭資選手、谷川可奈子選手の2名が出場する。場所はアトランタでもコーン・ヤードという場所にある、もともとは馬を走らせるための荒野である。全長11.3kmのコースを、男子は4周、女子は3周してタイムが競われる。アトランタはアメリカの中でも湿気の多い地域といわれ、開催される7月は日本の梅雨のようなじっとりした暑さとなる。乾いた空気に慣れた外国人選手に、梅雨の暑さを知っている日本人の底力を見せつけるチャンスが巡ってくるか、日本人ライダーに寄せる期待とマシンに注がれるまなざしとが響き合い、夢は限りなく膨らんでゆく。

【取材協力：株式会社シマノ、ノートン自転車工業、株式会社エイアンドエフ
株式会社サイクルワールド、株式会社スタジオタッククリエイティブ】

大地を駆ける鉄
北海道



Steel Landscape.

国内における馬の産地といえば北海道。
今回は、長い歴史を通じて人間ともっとも親しい友であった馬と、
蹄鉄にスポットを当てる。



一般的な野芝の北限を越えるため、札幌競馬場では洋芝が敷かれている



競馬は「血のスポーツ」といわれるほど、馬の血統が重要視される

馬の故郷としての北海道

ある青年が美女に恋をした。それを成就するためには、青年は二輪戦車競走に勝たなければならない。そこで青年は、馬を守るとされていた海神ポセイドンに相談する。同情したポセイドンはこの青年に、金の二輪戦車と翼のある馬を贈った。青年は勝利を取めた……。ギリシャ神話の一節である。

この神話に因み、オリンピアに競馬場が造られる。初回オリンピック競技（前 776 年）から、競馬は祭典に欠かすことのできない競技となった。

競馬が人気だ。競馬場の雰囲気も大きく変わったといわれる。若い女性が増えたといわれ、テレビCMでは人気俳優が競馬の魅力を語ったりもする。神社に奉納する競馬は江戸時代以前の日本にもあったが、西洋式のものは江戸末期、居留していた英国人が横浜に競馬場を建設してからだ。そもそもサラブレッドをつくりあげたほど馬に熱心な英国人である、それまでに居留したさまざまな土地に競馬場を建設していた。コロombo市内、ヒマラヤ高原、香港、上海……。日本の競馬もまた、彼らに教えられてその黎明期を迎えたのである。

現在、日本の競馬は、中央競馬と地方競馬に分かれている。

中央競馬が開催されるのは、全国10か所。その中でもっとも北に位置するのが、札幌競馬場だ。1周約1マイルの右回りコース、レースが少ないせいもあって芝のコンディションのよい馬場として知られている。

中央競馬の主要なレースには、それぞれグレードが設けられている。ちょうどプロ野球が一軍、二軍というようにクラス分けされているのと同様に、それぞれ馬は、そのレベルに合ったグレードのレースにしか出場できない。もっともグレードの高いのがGⅠ（グレードワン）、以下Ⅱ、Ⅲとつづく。ここ札幌で行なわれるのは、GⅢのレースだ。札幌スプリングステークス、そして札幌3歳ステークス。競馬自体にはシーズンオフというものがないが、札幌は北の地の不利もあり、主要レースは夏期にこの2つを開催、のべ16日間行なわれるだけだ。しかし、すべての馬は北海道という土地と因縁が浅くない。馬は暑さが苦手な動物であり、だから繁殖は主に北海道で行なわれる。現役を引退した馬もまた、ここへ戻ってくる。ここで生まれ、ここに帰る。北海道は、闘いを終えた馬にとって、気候のよい、過ごしやすい故郷でもある。



豊潤な大地、北海道のじゃがいも畑

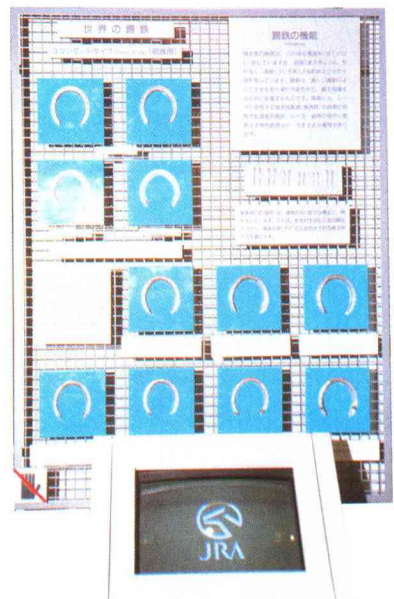
蹄鉄の、魔物を払い除ける力

犬とならんで、馬は人類のもっとも古い友であった。6千年ほど前にシベリアやモンゴルの騎馬民族の間ではじめて馬の飼育がはじまったとされ、以来馬たちは、多くのものを迅速に運び、遠い旅を可能にし、また農耕地を深く耕すことに貢献してきた。そんな馬に対して、蹄を保護し、より長く働いてもらうために「鉄の靴」が考案されたのは、紀元1世紀、ヨーロッパの北方民族によってだという。蹄鉄以前にも、馬の靴はあった。鹿皮をついたり、樹脂を塗布したり、古代エジプトでは編み物をかぶせて保護をした。日本でも明治時代までは馬にわらじを履かせていた。これはきわめて耐久性に乏しく、二里ほども行けばすり切れてしまった。それで、何度わらじを取り替えたか、その回数で距離を計るめどにしたりもしたそうだ。

明治に入り、まず軍隊が蹄鉄を正式に採用し、やがて同20年ごろには一般化してくる。現在の蹄鉄は鉄だけではなくアルミニウム合金も使用されており、これらは馬の特性や用途に応じて選択されている。

蹄鉄にはいろいろな言い伝えがある。アメリカの家で蹄鉄をドアに打ち付けるのは、Uの字の蹄鉄が、上から入ってくる幸福をこぼさない形をしているからだ。他国でも、蹄鉄はお守りとして扱われることが多い。真っ赤に熱した蹄鉄を馬の蹄に押し付けて小釘で打ち据える、この時、蹄が焼けてひどい音さえ立てるのに、馬は痛い顔ひとつしない。蹄は肥大した爪だから当然、痛みもないのだが、蹄の正体を知らなかった時代の人たちにとっては、痛みから人を遠ざけるおまじないのようにも見えたのだろう。また、蹄鉄は鉄でできているということも、迷信を深めた。鉄は魔物を寄せつけない魔法の物質だ、邪悪を払い除ける力がある……。

こうした迷信やエピソードの豊富さが、人と馬との深く長い付き合いの歴史を語っている。今、わたしたちは競馬場でしか馬と接することがないといっているほどだ。馬車をひき、耕地を耕し、つねに生活をともにしてきた馬。自動車が「鉄の馬」と呼ばれはじめて、ついに本物の馬は道路から姿を消していった。身のまわりからも消えていった。寂しいことだが、これは、友を失ったに等しいといえる。



日本人がその存在を知りながら、長い間蹄鉄を取り入れなかった理由はさまざまだ。日本の在来馬がもともと蹄の固い種類だった、国内の道路状態が良好だった、蹄鉄をつくる技術、装蹄の技術が難しかった、などが考えられる（写真提供：JRA競馬博物館）

展望

戦後日本における鉄鋼業の発展とその制度的基礎

岡崎哲二

東京大学経済学部 助教授

Tetsuji Okazaki

Institutional Analysis of Postwar Development of the Japanese Iron and Steel Industry

1 はじめに

発展途上国の急速な追い上げを受けながらも今日、日本は世界最大の鉄鋼輸出国、粗鋼生産国としての地位を保持している。しかし、よく知られているように、戦後日本の鉄鋼業はほとんど壊滅的な状況から再出発した。単に生産量が大幅に低下しただけでなく、日本が国際経済に復帰した当初の1940年代末には日本の鉄鋼業は国際競争力を持たず、さまざまな形で与えられた補助金に依存してかろうじて輸出を行う状態にあった。しかし、本文で詳しく述べるようにその後わずか10年のうちに、鉄鋼業は日本の基幹的な輸出産業に成長した。なぜこのような急速な発展が可能だったのだろうか。その仕組みを理解することは、重化学工業化を推進しつつある発展途上国や市場経済化を模索しつつある旧社会主義国にとって現実的な意味が大きいと考えられる。そこで本稿では、国際経済への復帰当初に日本の鉄鋼業が直面した問題、およびその解決を通じた鉄鋼業の発展の仕組みについて経済史の視点から要約的に説明することにした。

2 戦後日本鉄鋼業の国際競争力と設備投資

2.1 国際競争力の推移

戦後における日本の鉄鋼業の国際競争力の大きさを知るために、鉄鋼の国内消費に対する純輸出（輸出－輸入）の比率と製品の国際市場におけるシェアを見よう（表1のD、E欄）。鉄鋼の純輸出は1950年代初頭に40%近い水準にあり、1950年代前半にいったん低下したあと、再び1960年代にかけて上昇した。国際市場におけるシェアにも1950年代前半の低下とその後の上昇という動きが見られる。ただし、純輸出率と異なって、国際市場シェアは1960年代に50年代初頭よりはるかに高い水準に達した。一見すると日本の鉄鋼業は1950年代初めから高い国際競争力をもっていたかと思われる。しかし実際には1950年代初めの日本の鉄鋼輸出は、朝鮮戦争とこれにともなう世界的な軍備拡張がもたらした鉄鋼不足という国際環境と明示的ないし事実上の補助金の支給に依存していた。鉄鋼に対する財政からの補助金は第二次世界大戦期に始まり、1951年3月まで継続された。1949年度における鉄鋼の消費者価格に対する補助金の比率

表1 日本の鉄鋼コストと国際競争力

	A	B			C		D	E
	コスト	日米相対コスト			日米相対価格		世界市場シェア	純輸出率
	鋼材平均	普通鋼鋼材	熱間薄板	冷延鋼板	棒鋼	薄板	鋼材計	鋼材計
	円／トン						%	%
1952	53,170	n.a.	n.a.	n.a.	1.10	1.46	9.5	38.9
1954	42,960	n.a.	n.a.	n.a.	0.86	1.09	6.5	20.1
1956	48,200	1.08	1.24	1.17	1.85	1.70	5.4	13.1
1958	41,950	0.81	1.01	0.96	0.71	0.99	5.3	19.0
1960	40,100	0.71	0.86	0.82	0.79	1.05	5.7	13.8
1962	37,600	0.69	0.83	0.79	0.74	0.89	9.0	21.3
1964	36,100	0.65	0.79	0.76	0.72	0.86	12.6	28.8
1966	35,600	0.63	0.78	0.74	0.72	0.85	16.6	36.4
1968	36,380	0.57	0.74	0.71	0.68	0.80	17.4	34.3

注：Aは松崎義『日本鉄鋼産業分析』、日本評論社、1982年、p.106の一貫4社に関するデータ。

1952、1954、1968年については同じ方法で延長した。

Bは山脇秀樹「鉄鋼業」、小宮隆太郎他編『日本の産業政策』、東京大学出版会、1984年、p.263による。

Cの1952-56年は日本鉄鋼連盟『日本の鉄鋼統計』と通産省『鉄鋼統計年報』、1958-66年は通産省『鉄鋼統計年報』、1968年は日本鉄鋼連盟『内外価格調査』による。

Dの1952-56年は日本鉄鋼連盟[1959]と同『日本の鉄鋼統計』、1958-66年は日本鉄鋼連盟[1969]、1968年は同『鉄鋼統計要覧』による。

Fは日本鉄鋼連盟『日本の鉄鋼統計』、『鉄鋼統計要覧』による（粗鋼換算）。

は製鋼用銑鉄、鋳物用銑鉄、鋼材でそれぞれ73%、61%、46%に達した。このような文字通りの補助金が廃止された後も、輸出については1954年度まで鉄鋼輸出の見返りとして政府が綿花・砂糖・羊毛等の輸入外貨を輸出会社に割当て、輸入プレミアムを稼がせるという形で事実上の補助金が継続された¹⁾。

1950年代前半の鉄鋼輸出が国際競争力に基づいたものでなかったことは、価格およびコストに関するデータによって裏付けられる。表1のB、C欄に示されるようにアメリカに対する日本の鉄鋼相対価格は1950年代前半には概して割高であり、50年代末になって割安に転じた。日米鉄鋼相対価格のこうした動きは相対コストの動きとほぼ一致する。鋼材の各品種とも1950年代末を境に日本のコストはアメリカに対して割高から割安に転換した。要するに、日本の鉄鋼業は1950年代前半には国際競争力を持たなかったが、1950年代末にかけて国際競争力を確実なものとしたといえる。

2.2 設備投資による生産性向上

このような変化は日本の生産性の上昇に基づく鉄鋼コストの低下によるところが大きい(表1のA)。急速な生産性上昇の基本的な要因の一つが日本の鉄鋼企業による導入技術の消化と技術開発の努力にあることはいうまでもない。しかし経済史の視点から見た場合、新しい技術の媒体となった新鋭設備に対して活発な投資が行われたことがこれと並んで重要な意味を持つ。よく知られているように戦後の鉄鋼業の大きな技術進歩はストリップ・ミル、BOF (LD 転炉)、連続鋳造の導入であり、これらはいずれも新しい設備に体化されている。そのうち前者が1950年代に普及を開始した。さらに、新鋭設備の建設は規模の拡大をとともない、規模拡大はそれ自体で生産性上昇の原因となった。いいかえれば規模の経済性が存在したと考えられる。プラント・レベルの規模の経済性を測ることは難しいが、事業所レベルについては日本鉄鋼連盟の『製鉄業参考資料』から詳細なデータを得ることができる。1950年、1960年について、横軸に各事業所の工程別生産量、縦軸に各事業所の工程別労働生産性(生産量/従業員数)をとって散布図を描くといずれの工程についてもはっきりした正の相関が認められ、労働生産性で測った事業所規模の経済性の存在が確かめられる。

以上のように、戦後日本の鉄鋼業の発展過程にとって1950年代は輸出産業に飛躍する重要な10年間であり、この時期の設備投資が戦略的な役割を果たした。そこで、どのような仕組みによって1950年代にこのような活発な設備投資が実現したかが次の問題となる。

3 産業間のコーディネーション

3.1 産業連関とコーディネーションの失敗

鉄鋼業において大規模な設備投資が行われたことの前提には、増産された製品が十分な販路を見いだすことができるという各企業の期待があったと考えられる。具体的には、第一に国内需要の成長、第二に製品の輸出市場における競争力に関する期待である。このような期待はどのようにして形成されたのだろうか。次に述べるように、1940年代末から50年代初めの日本の鉄鋼業にとって、それは決して自明のものではなかった。

1949年、占領当局の指示によって、財政赤字の解消、単一為替レートの設定、補助金と経済統制の撤廃などを柱とする統制経済から市場経済への移行のための一連の政策(ドッジライン)が実施され、これによって日本の産業が近い将来国際市場で外国製品と対等の条件で競争しなければならないことが確実にになった。このことは日本の多くの産業に大きな試練であった。日本鉄鋼連盟は単一為替レートの設定をうけて、補助金が廃止された場合の鉄鋼輸出の可能性を検討し、補助金が全廃された場合にはほとんどの鋼材品種について日本の鉄鋼業はマニラ市場でアメリカ製品に対する競争力を失うという結果を得た。

国内市場についても見通しは明るくなかった。造船、電気機械、自動車などの後に日本の基幹的な輸出産業に成長することになる機械工業の諸分野も、この時期には十分な国際競争力を持たず、困難に直面していた。重要な点は鉄鋼価格の高さがこれら機械工業のコスト高の有力な原因となっていたことである。すなわち機械工業の停滞が販路の面から鉄鋼業における大規模な設備投資を制約する一方、逆に機械工業の停滞は高鉄価による部分が少なくなかった。さらに鉄鋼コスト高は石炭価格の高さにも起因していた。このように複数の産業の事情が相互に関連して鉄鋼業や機械工業の国際競争力の向上を制約していたため、問題の解決には関連する複数の産業の同時的な合理化努力が必要とされた。いいかえれば単一の産業、単一の企業にとって、自己の合理化努力が十分な成果を挙げるとは期待しにくい状況にあった。このような状況では、個々の企業には合理化にむけて努力するインセンティブがないため、結局、十分な合理化努力が払われず、経済が縮小均衡に陥る可能性が大きい。このような一種の悪循環をcoordination failure (コーディネーションの失敗)と呼ぶ。

3.2 鉄鋼業と石炭鉱業の合理化計画

1950年代初めにcoordination failure から日本経済が脱却することに寄与した仕組みとして政府が行った産業間のコーディネーションがある。1949年12月、通産省は産業合理

化審議会を設置して、この課題に取り組んだ。この問題について産業合理化審議会が果たした役割を一言でいえば、鉄鋼業と石炭鉱業の合理化計画をそれぞれの産業に関する部会で検討するとともに、その結果を総合部会で調整して、両産業で同時に合理化計画を実施した場合の効果についての共通の認識を政府と民間企業の間に形成したことであった。より具体的には、鉄鋼部会で、鉄鋼業における合理化を前提として鉄鋼業が国際競争力を獲得するために必要な石炭価格を算定する一方、石炭部会で石炭鉱業における合理化の結果、期待される石炭価格を算定し、後者が前者以下となるかどうか、そのためにはどのような政策が必要とされるかが検討された。検討の結果作成されたのが1950年6月の産業合理化審議会答申「鉄鋼業及び石炭鉱業の合理化について」である。その中で鉄鋼業で420億円、石炭鉱業で400億円の設備投資を同時に行えば、両産業の生産性上昇の相乗効果によって鉄鋼は輸出市場での競争力を確保できるという見通しが示された。しかも、答申が示した鉄鋼の目標価格は、並行して造船業の合理化について検討を進めていた造船用鋼材研究会で日本の造船業が国際競争力を持つために必要と考えられた鉄鋼価格とほぼ同等であった。これは産業合理化審議会の答申が造船業における国際競争力の確保についても見通しを与えたことを意味する²⁾。

戦後日本における設備投資の動向を振り返ると、1940年代後半の停滞と50年代前半の盛り上がりが目目される。よく知られているように、1950年代前半の投資拡大の有力な原因の一つは朝鮮戦争がもたらした好況であった。しかし、朝鮮戦争の勃発に先立って、日本の産業発展の長期的な経路について楽観的な見通しが政府・民間の間に共有されたことの意味は無視できない。

3.3 長期経済計画の役割

同様の事情は1956年に始まる第二次合理化計画についても認められる。この年、船舶・機械の輸出が急増し、その生産に必要な鋼材の不足が深刻な問題となった。前述した1950年代初めの状況と比較すれば、鉄鋼を含む関連産業全体の合理化によって造船・機械工業の国際競争力が向上し、産業合理化審議会でも期待された内需を基盤とした鉄鋼業の成長が現実のものとなったということになる。したがって第二次合理化計画の立案にあたっての産業との間の政策的コーディネーションの必要性は第一次の場合ほど大きくなかったと考えられる。

しかしその役割がまったく無くなったわけではない。1956年初めに経団連が主催した座談会の席上、経団連の通商対策委員長は鋼材供給の裏付けがあれば造船会社は2～3年先の輸出契約でも取ることができるが、そのためには銀行が鉄鋼設備投資資金を供給する必要があると問題を提起

した。これに対して銀行側の出席者は鉄鋼会社が過去の設備過剰の経験を考慮して投資を躊躇していることを指摘し、また鉄鋼メーカーの出席者からは設備投資には簡単なものでも1年半～2年の期間と40～50億円の資金が必要とされるから、せめて1年半～2年先の設備完成時にこれを稼働できるだけの需要があることを見通されなければならない旨の発言があった。これは、鉄鋼生産能力の不足が造船業の輸出拡大を制約し、一方で将来の鉄鋼需要に関する不確実性が鉄鋼業の設備投資を制約していたことを意味する。これも形を変えた coordination failure といえる。

経済企画庁が作成した長期経済計画やこれをふまえて作成された通産省の鉄鋼に関する長期計画がこの問題の解決に寄与したと考えられる。1955年12月に経済自立五カ年計画が長期経済計画としては戦後初めて閣議決定を受けた。同計画はマクロ的な諸目標とともに1960年度を最終年度とする鉄鋼生産計画を提示し、設備投資に関する長期的な指針を与えた。通産省重工業局は第二次合理化計画の内容と成果をまとめた文書の中で「経済自立五カ年計画は一中略一ようやく投資意欲が台頭してきた鉄鋼業にとっても一つの道しるべであった」と評価した。一方通産省重工業局は1956年5月には経済自立五カ年計画の考え方をベースに鉄鋼需給に関する20年間の長期計画を発表した。この計画の中で通産省は、内需の持続的な成長を想定し、それに基づいて鉄鋼業の長期的な視野に立った設備投資と鉄源対策の必要性を強調した。これら政府による長期計画が鉄鋼会社の設備投資計画に影響を与えたことについては八幡製鉄、川崎製鉄などいくつかの鉄鋼企業の社史の中で指摘されている。

4 インフラストラクチャーの整備

4.1 基礎資材およびエネルギーの供給不足

上に述べたような coordination failure は、複数の部門の投資が相互に他の有効性を高めあうという関係の存在を基本的な条件としている。このような関係を経済学では補完性 (complementarity) と呼ぶ。補完性は民間の産業部門相互だけでなく、民間セクターと公共セクターの間にも存在する。道路、港湾、工業用水などの社会的インフラストラクチャーが一般に民間設備の効率性を高めることは理解しやすいであろう。いうまでもなくその程度はさまざまであり得る。例えば道路の能力に余裕がある場合には、道路への公共投資が民間設備の効率性を高める程度は小さい。

戦後日本の鉄鋼業とインフラストラクチャーの関係について見ると、1950年代前半の第一次合理化計画の時期まではインフラの不足が民間の投資を制約するという問題はそれほど大きくなかった。しかし1950年代後半に高度経済成長が始まると、急速に拡大する経済規模とインフラストラ

クチュアおよび一部基礎資材・エネルギー供給の間の不均衡が一挙に顕在化し、輸送、工業用水、電力等の不足が深刻となった。一方、圧延を中心とした鉄鋼第一次合理化計画に対して、第二次合理化は製鋼工程におけるBOFの導入を軸として製鉄から圧延までを包括する一貫した計画であり、鉄鉱石消費規模の飛躍的な増大をともなった。それはまた輸入鉄鉱石への依存度の上昇と輸入相手先の遠隔地化の過程でもあった。このことは鉄鋼の第二次合理化計画が十分な効果を納めるためには、輸送を中心としたインフラの整備が同時に実施される必要があったことを意味する。日本経済全体が直面したインフラストラクチュアのボトルネックに対応するため、政府は従来の経済自立五カ年計画に代わる新長期経済計画を1957年に策定し、インフラの整備に政策の重点を置くという方針を明らかにした。鉄鋼業に関する中心的な問題は鉄鉱石輸入に必要な鉄鉱石専用船とそのための港湾の整備であった。

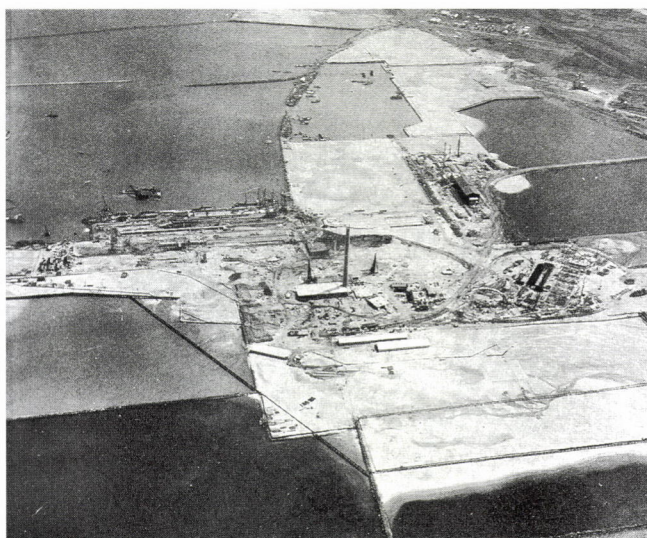


図1 建設中の近代的製鉄所—八幡製鉄(株)戸畑製造所
(戦後鉄鋼史, 日本鉄鋼連盟, 1959)

4.2 鉄鉱石専用船の建造

第二次合理化計画の立案が始まると、鉄鉱石供給体制に関する論議が活発化した。通産省重工業局は1956年に作成された「今後における鉄鋼設備投資の方向について」という文書の中で、長期的な鉄源対策として、海外鉄鉱石資源の開発と輸送積み込み施設の整備、鉄鉱石専用船の建造、専用船の活用と工場規模拡大に見合う港湾設備の整備等を挙げ、それら分野への投資を行うことの必要性を強調した。

鉄鉱石専用船と港湾整備に関する問題の性質については1957年に日本鉄鋼連盟が主催した座談会での通産省重工業局鉄鋼業務課長の発言に要約されている。すなわち、専用船が一般船よりも有利だという前提に立てば、残る問題は専用船の大きさであり、これについては鉄鋼会社の海運会社に対する長期の荷物保証、鉄鉱石の確保と積み地の港湾

整備、揚げ地の港湾整備といった諸条件によって決まることとされた。要するにこれらのさまざまな条件の決定が文字どおりコーディネートされる必要があったのである。この問題は業界団体・通産省・運輸省等が参加した次のようなプロセスによって解決された。

上記の重工業局の問題提起を受けてまず高炉メーカーの調査研究機関である海外製鉄原料委員会が1956年6月、運輸大臣に対して1万5000トン級鉄鉱石専用船15隻を5年間で建造するよう要請した。そこで運輸省では欧米事情の調査を計画し、これが1957年の日本生産性本部鉄鉱石輸送効率専門調査団として実現した。この調査によって専用船の重要性が確認されたが、上記の鉄鋼業務課長の発言にあるように専用船はそれが専用であるために固有の取引上の問題をともなった。すなわち単に海運会社が鉄鉱石専用船を建造した場合、鉄鋼会社は鉄鉱石専用船サービスに対する需要独占者の立場となり、これにつけこんでさまざまな機会主義的行動をとる可能性がある。専用船建造に関する交渉は両当事者に運輸・通産当局を加えて行われ、その結果鉄鋼業界と海運会社の共同所有という方式が決まった。高炉を持つ鉄鋼会社7社の共同出資によって日本鉄鉱石輸送株式会社を設立し、同社と個々の海運会社が専用船を共同所有する方式である。鉄鋼会社が出資という形でコミットすることにより上記の取引上の問題を解決したことになる。この方式に基づいて第14次計画造船に1.5万トン級の鉄鉱石専用船5隻が組み入れられ、1959-60年に就航した。第15次計画造船以降は、海運会社所有で鉄鋼会社が積荷保証を与えるという方式が用いられた。

4.3 鉄鋼関係港湾の緊急整備

一方、港湾については1957年ごろから日本鉄鋼連盟がその整備のための運動に積極的に取り組んだ。鉄連では1957年6月、1956年度に石油業界が公共事業費による港湾整備に成果を挙げたことを参考に、公共事業費の獲得に向けて運動することとした。鉄鋼連盟は港湾問題について運輸省・通産省と継続的に連絡をとる一方、57年8月に港湾整備専門委員会を内部に設置して意見を取りまとめることとした。港湾整備委員会は10月に「鉄鋼港湾整備に関する要望について」を決定し、同意見書は鉄連から政府当局、政党等に提出された。この意見書は、第二次合理化計画の達成のためには鉄鉱石専用船による原料輸送の合理化が必要であるとしたうえで、日本の港湾の現状の不備を指摘し、大型の鉄鉱石専用船を導入するために鉄鋼港湾を整備することが鉄鋼業にとって緊要であると訴えた。具体的な要望事項は、特定産業関連港湾緊急整備事業特別会計の設置と産業関連港湾整備に対する金融的助成であった。

特別会計の設置については運輸省が並行して検討を進め

ていた。運輸省港湾局は1957年、港湾が経済成長のボトルネックとなっており、また経済企画庁が長期経済計画の改定作業を行っているという状況をふまえて、鉄鋼・石油・石炭等の特定産業用港湾を緊急に整備するために特別会計を設置するという構想を固めた。運輸省港湾局の認識によれば、当時の日本の製鉄基地の大部分が1万トン以下の船舶しか接岸可能でなく、荷役能力も1日あたり3300トン程度にすぎないため、「鉄鋼生産の確保について港湾施設の整備増強がその決定的要件」であった。

こうした運輸省の構想は1958年6月に政府内でコンセンサスを得た。閣議了解「貿易の伸長に対応する主要港湾の整備について」（1958年6月）は1956～62年度の間に輸出と輸入がそれぞれ64%、80%増加し、輸入増のうち80%を原油と製鉄原料が占めるという新長期経済計画の数値と船舶の大型化・専用化が港湾施設の改善を要請しているという認識を前提に、主要貿易港、輸入港については特に鉄鋼・石油関係港湾を国が特別会計を設けて緊急に整備する方針を打ち出した。この方針にしたがって1959年度に特定港湾整備特別会計が設置され、洞海（八幡製鉄）、姫路（富士製鉄）、川崎（日本鋼管）、千葉（川崎製鉄）、神戸（神戸製鋼）、和歌山（住友金属）をはじめとしてほとんどの主要な鉄鋼港湾が同特別会計による整備の対象となった。

5 資金調達

5.1 合理化計画と資金調達

鉄鋼業の合理化計画を実行する際に制約となった重要な条件の一つに資金調達があった。通産省通商鉄鋼局は1951年に発表された第一次合理化計画に関する文書の中で「合理化促進のための最大の隘路は実に資金問題である。合理化の促進は鉄鋼業の死活問題であるとともに日本の産業全体の問題である。今後の鉄鋼業の課題は如何にして合理化資金の確保を可能ならしめるかという点に集約されるといっても過言ではない」と指摘した。そこでまず第一次合理化計画における資金調達の問題がどのように解決されたか

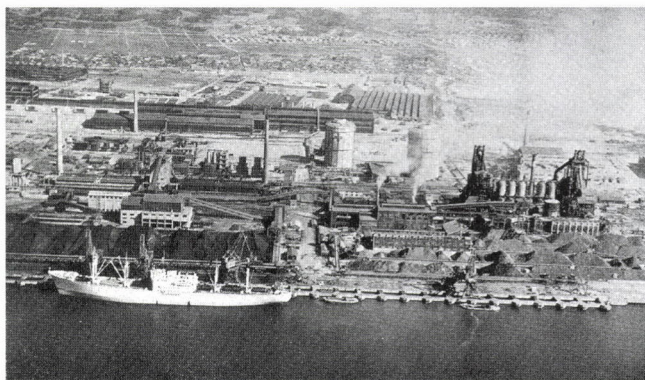


図2 製鉄所全景—川崎製鉄(株)千葉製鉄所(戦後鉄鋼史, 日本鉄鋼連盟, 1959)

を同計画の焦点となった川崎製鉄の千葉製鉄所建設プロジェクトを中心に述べることにしたい。

よく知られているように戦後復興期・高度成長期を通じて鉄鋼企業の資金調達における借入金への依存度は大きかった。第一次合理化計画期について各主要企業の借入れ金の金融機関別構成を調べると次の点が明らかになる。第一に各社とも長期資金における日本開発銀行を中心とする政府資金への依存度がかなり大きい。第二に、長期資金について1950年代後半以降も引き続き各社への主要な供給者となる長期信用銀行、信託銀行などのメンバーが第一次合理化計画の期間に出そろった。第三に短期資金については1950年代はじめから一貫して各社に対する主要な供給者となる金融機関が複数存在した。第四に長期資金・短期資金それぞれについて融資額第一位の金融機関は長期的に変わらない傾向がある。

これらの事実のうち、安定した融資額第1位銀行（メインバンク）を中心に複数の金融機関によって企業に対する融資が行われたという点は、経済学分野ではメインバンクを幹事とした暗黙の協調融資と解釈されている。メインバンクは顧客企業との長期の取引関係を通じてその企業の経営状態に精通しており、これを前提に他の融資銀行団を代表して投資プロジェクトの審査や企業経営を監視する機能を果たしているという見方である^{3),4)}。

第一次合理化計画における川崎製鉄と第一銀行の関係はこのような見方に支持をあたえるものである。川崎製鉄の社史によれば、1958年2月、同社は第一銀行に対して千葉計画に対する資金的支援を要請、これを受けて第一銀行は千葉計画の支援を決定し、2.5億円の融資と他行融資に関する側面援助を行った。その結果設備資金については第一銀行分を含め興長銀、生保、信託等から19.4億円が調達された。一方、千葉工場の稼働にともなって増加した運転資金需要については1958年6月に第一銀行を幹事として結成された市中銀行の協調融資団によって主として充足された。第一銀行は、顧客企業に関する審査能力を基礎に幹事銀行として協調融資を組織するという典型的なメインバンク機能を果たしたことになる。

同時にこの事例は、メインバンクの機能が他の仕組みによって支えられていたことをも示している。第一は公的金融機関としての日本開発銀行の役割である。第一銀行が融資を決めたのは開銀融資決定の後であった。第二に通産省の役割も大きかった。通産省は川崎製鉄の高炉建設計画の意義をよく理解し、開銀に対して融資を推薦する手続きをとった。また第2章で述べたように産業合理化審議会は日本の鉄鋼業の長期的な発展に関するコンセンサスの形成に寄与した。第三は日本銀行の役割である。この事例について、従来、一万田総裁の発言に関するエピソードなどを根

拠に、日銀はもっぱらその実現を制約した点のみが強調されてきた⁵⁾。しかしこのような見方は一面的である。まず開銀融資は日銀政策委員会の承認を得てはじめて実現した。さらにより重要なことは前述の第一銀行を幹事とした運転資金の協調融資が日銀の融資幹旋によって成立した点である。日銀の融資幹旋は、これまで戦後経済史に関する文献の中でほとんど無視されてきたが、経済復興に果たしたその役割はきわめて大きい。日銀の融資幹旋は1947年に始まり、1950年初めまでは大部分の協調融資が日銀幹旋を介して実現した⁶⁾。占領当局の方針によって1950年5月以降は縮小されたが、鉄鋼業の運転資金に関する幹旋は1954年まで実施され、川鉄千葉についてもこの制度が発動されたのである。これは第一銀行がメインバンクとして協調融資の組織能力を日銀が補完したことを意味する。

5.2 世銀借款とその影響

次に、第二次合理化計画について同様に主要企業について借入金の金融機関別構成を調べると、第一次合理化計画と比較して、第一に政府資金への依存度が低下したこと、第二に民間金融機関の主要メンバーは各社について基本的に変わらなかったこと、第三に民間金融機関の多様化ないし分散が進んだこと、第四に世界銀行（国際復興開発銀行）を中心とする外資への依存度が高まったことがわかる。要するに第二次合理化計画の実施にあたっては、メインバンクを中心とする協調融資の拡張と外資の導入によって政府資金への依存度を低めながら巨額の借入金が増達された。

政府資金への依存度の低下は資金調達における政府の役割が無くなったことを意味しない。まず世銀借款の実現にあたっての政府の役割が注目される。鉄鋼企業に対する世銀借款は世銀—日本政府、世銀—開銀、開銀—鉄鋼企業、世銀—鉄鋼企業の4種の契約に基づいて行われた。すなわち開銀からの転貸の形式をとっただけでなく、日本政府が保証契約を結んだ。また世銀借款に関するメインバンクの役割にも注目する必要がある。川崎製鉄の社史は、世銀—川鉄間の契約中に川鉄が第一銀行から融資の確約を得るという点が含まれており、また第一銀行は世銀—川鉄間契約の実行のために強い協力を与えたとしている。

一方、世銀借款は国内の民間金融機関からの融資を誘導する役割を果たした。日本開発銀行の社史は「世銀借款は、資金供給の支えとなり、また協調融資を誘導する点でも効果的であった」としており、住友金属の社史も「国際復興開発銀行（世界銀行）の借款成功こそ長期計画完遂の礎石ともいふべきものであった。これによって巨額の低利資金を長期間借り入れることができるようになったばかりでなく、当社の信用はさらに強力に裏付けられ、その後の国内外からの金融に途が開けた」と評価している。政府、開銀、

メインバンクは直接にその他金融機関の融資を誘導しただけでなく、世銀借款を介した間接的誘導機能をも果たしたことになる。

5.3 民間資金の重点配分政策

政府は開銀融資、世銀融資以外のルートからも民間金融機関の資金配分に関して影響を与えた。そのための制度的基礎となったのは大蔵省金融機関資金審議会、通産省産業合理化審議会産業資金部会、および全国銀行協会連合会の資金調整に関する委員会であった。1957年にマクロ的な貯蓄不足が国際収支危機の形で顕在化したことから、財政投融资の削減、「不要不急」事業投資の行政指導による抑制と、全銀協融資自主規制委員会等によるその金融面からのサポートなどを含む「国際収支改善緊急対策」が閣議決定された。この決定を受けて金融機関資金審議会が産業別の設備投資繰り延べ計画を作成する一方、全銀協は大蔵省との協議に基づいて不要不急融資を抑制し繰り延べ後計画の資金を確保するための仕組みとして資金調整委員会を設置した。さらに1957年度分については上記のように金融機関資金審議会が行った産業別設備投資計画の調整をより体系的に行うため1957年12月、産業合理化審議会に産業資金部会が設置された。

財政金融の引き締めが実施された1957-58年度には、資金配分政策の重点は電力・鉄鋼・海運に置かれた。鉄鋼が重点対象に選ばれたのは、鉄鋼の不足が日本経済の主要なボトルネックの一つであったことと、1957-58年度が第二次合理化計画が本格化する時期と一致したことによる。金融機関資金審議会は通産省・全銀協などと連絡をとりながら検討した結果、1958年3月に鉄鋼・海運資金の不足対策として興銀債・長銀債計100億円（うち鉄鋼分40億円）の資金運用部資金による引き受けが必要であるとの答申をまとめ、これにしたがって実際に引き受けが行われた。政府は財政金融全体の引き締めの中で金融機関資金審議会ほか上記3つの組織を活用して一部戦略産業へ民間金融機関の資金を重点的に配分する政策をとったといえる。

6 おわりに

戦後日本の鉄鋼業が戦争の打撃から立ち直り、基幹的な輸出産業に成長する過程は必ずしも平坦なものではなかった。この過程の基本的な推進力が個々の鉄鋼企業とそれを構成する人的資本にあったことはいうまでもない。しかし、戦後日本経済史において特筆すべき事実は、企業活動を補完するさまざまな仕組みが存在し、機能したことである。企業の経営者が投資を決断したとしても銀行（団）が同意しなければ実行されなかったであろう。また経営者の決

断・銀行（団）の同意のためには将来の国際競争力や市場規模に関する確信が形成されている必要があった。またマクロ的な資金不足基調の中で急速に大規模な投資を行うためには資金配分の政策的な重点化が必要とされた。さらに産業の生産規模の拡大に対応してインフラストラクチャを整備しなければならなかった。これら多くの困難な課題がすべて解決されてはじめて大規模な設備投資が実行され、成果を上げることができた。これは1経営者、1企業、1銀行、1官庁の能力をはるかに越えていた。戦後の日本では、鉄鋼業のケースについて明らかにしたように、市場経済を前提として、大蔵省・通産省・運輸省などの諸官庁、日銀、開銀などの公的金融機関、メインバンクを中心とした銀行団、業界団体、および企業が相互に補完的に構成するシステム全体によってこれらの課題が解決されたのである。

引用文献

- 1) 石井晋：「高度成長前夜の輸出振興政策－鉄鋼業を中心として」、『社会経済史学』，(1995)，第61巻第3号
- 2) 岡崎哲二：「戦後市場経済移行期の政府・企業間関係－

産業合理化政策と企業」，伊藤秀史編『日本企業システムの経済分析』東京大学出版会，(1996b)

- 3) Aoki Masahiko, Hugh Patrick and Paul Sheard： “The Japanese Main Bank System: An Introductory Overview”, in Masahiko Aoki and Hugh Patrick eds., *The Japanese Main Bank System and Its Relevance for Developing Market and Transforming Socialist Economies*, Oxford, Oxford University Press, (1995)
- 4) 岡崎哲二：「戦後日本の金融システム：銀行・企業・政府」，森川英正・米倉誠一郎編『高度成長を超えて』，岩波書店，(1995)
- 5) K. Calder： *Strategic Capitalism: Private Business and Public Purpose in Japanese Industrial Finance*, Princeton University Press, (1993)
- 6) 岡崎哲二：「戦後経済復興期の金融システムと日本銀行融資斡旋」，東京大学経済学部『経済学論集』，(1996)，第61巻第4号

(1996年4月19日受付)



家電製品とこれからの生産技術

村上碩哉 (株)日立製作所 生産技術部 主管技師長
Hiroya Murakami

Home Electric Appliances and Trends of Production Engineering

1 はじめに

現在、日本の製造業がかつて経験したことのない試練に立たされていることは等しく認識されるところと思われる。相変らずの円高、国内の人件費の高さ、調達できる材料、部品の割高感により、製造業は海外に拠点を求めて日本からの脱出を図っている。これは、国内に空洞化を生み、雇用問題を発生させている。

表1 家電品目別輸入金額推移

	1990	1991	1992	1993	1994
テレビ	240	402	496	704	1031
VTR	77	76	103	118	249
冷蔵庫	296	334	420	342	329
洗濯機	27	34	36	34	46
エアコン	97	299	268	279	206

単位：億円

大蔵省：日本貿易月報

家電は従来からコスト競争が熾烈で、しかもアセンブリの比率が高いために、特にこの傾向が強い業界である。表1に家電品五品目の過去数年間の輸入金額推移を示すが、94年のデータを90年と比較すると、冷蔵庫は微増に留まっているが、その他は大幅な増加を示している。これらはほとんどがアジア諸国からの輸入で、日本の進出企業からの逆輸入、あるいはOEM供給であり、海外生産へのシフトがすすんでいることを示している。こういった状況下で家電業界では、日本の高いコストのなかで如何に全世界に通用する製品をつくっていくかが最大の課題である。

さて、家電製品はリビング機器 (LV) 分野と情報家電分野に大別できる。ここでは、主としてLV分野におけるメーカーのニーズを紹介する。次いでそれに関連する生産技術の事例を紹介し、最後に今後の生産技術に関する課題を述べる。

私は研究所で10数年、家電工場で2.5年、本社技術スタッフとして4.5年間、主として塑性加工技術の研究・開発に携わってきた。この機会に私見を述べさせて頂くが、私の知識と経験から、また鉄鋼協会からの依頼であることから、具体例等の内容が塑性加工に偏ることをご了解頂きたい。

2 家電メーカーのニーズ

製造業の競争力は品質、コスト、スピードで決定される。家電メーカー（以下、電機メーカーの家電部門も含める）もそれは変わらない。表2に家電品に関してそれらを決定する要因をまとめて示し、また簡単に説明する。

表2 家電メーカーのニーズ

No.	項目	内訳
1	品質	高効率（省エネ、高速、ハイパワー） 小型、軽量（運搬性、据付性） 快適性（低騒音、低振動） 意匠性（高級感、清潔感、信頼感） 信頼性（耐久性、堅牢性） 操作性（簡単操作） 安全性（正常時、故障時、廃棄時） 環境との調和性（生産、使用、廃棄） 話題性（新規性、先端性、新機能）
2	コスト	材料費、購入品費 外注費 直接人件費
3	スピード	製品開発期間短縮 製造リードタイム短縮

2.1 品質

2.1.1 効率

効率は家電製品の性能の基本となるものであり、電気の使用量に直接リンクしその数値の大小は製品の売上にも強くかわるものである。

エアコン、冷蔵庫の効率は夏期の猛暑の際のピーク電力、ひいては電力会社の発電能力にも影響をあたえるものでその効率向上は重要な課題である。

帰宅時、来客時などにおけるエアコンの即効性、洗濯機、衣類乾燥機の処理時間短縮、掃除機の吸込力向上など時間に係わる性能とパワーも重要である。

2.1.2 小形、軽量

住宅の居住スペースに恵まれない日本では、機器の大容量、コンパクト化への要求が強い。

小形、軽量化は運搬性、工事性にも大きな影響を与える。

顧客が持ち帰るか輸送するかでコストが変わる。また、据え付け工事が必要な場合に、販売店員が一人で出来るか、二人を要するかもコストは大きく変わる。特にエアコンのように注文がある時期に集中するような製品の場合、工事の能力が売上を左右することもある。資源の節約以外にも小形、軽量化は幅広い影響力を持つ製品ニーズである。

2.1.3 快適性（低騒音、低振動）¹⁾

家電製品では約10年前に、低騒音形の洗濯機の発売を機に低騒音化競争がスタートした。騒音には定常運転時のものに加えて、スタートやストップ、あるいは何か動作の変化がある場合の非定常音があり、さらに、異音と呼ばれる特殊な変動繰り返し音やうなり音などがある。また、加えて製品が置かれる環境は、各家庭まちまちであり、特定の音や振動が異常に強調されたり、床や壁が振動したり騒音を発することもある。

それらの問題を認識しつつ、快適な環境を作るべく製品開発をすすめるなければならない。

2.1.4 意匠性

清潔感、高級感、居住空間との調和、メーカーの独自性、信頼感を表現する重要な因子である。

2.1.5 安全性

安全と後述の環境は水と空気と同様にあって当たり前で、問題さえ無ければあまり注目されない品質特性であった。安全については対価（コスト）の認識は依然低いものの、一旦事故になれば大きな損害賠償を要求される場合がある。また、企業全体のイメージにも大きなマイナスとなる。製造物責任（PL）に関しては「ふえらむ」Vol.1, No.2²⁾に詳しく述べられているが、家電品メーカーではこの製造物責任問題を起こさないように、製品に安全性を作り込む活動を製品安全（Product Safety；PS）と称し積極的に推進している。この安全性確保の条件と手段を以下に示す。

(1) 安全性を達成するための製品の設計条件

- ・製品は設計が意図した使用目的通りに使用されて安全であること
- ・製品は設計が意図した通りには使用されなくても安全であること
- ・製品は故障の有無にかかわらず安全であること
- ・製品は使用時のみでなく廃棄時も安全であること

(2) 安全性確保の優先順位

- ・設計的手段による危険防止
- ・安全装置との組み合わせによる危険防止
- ・警告表示による危険防止
- ・操作手段の改良による危険防止

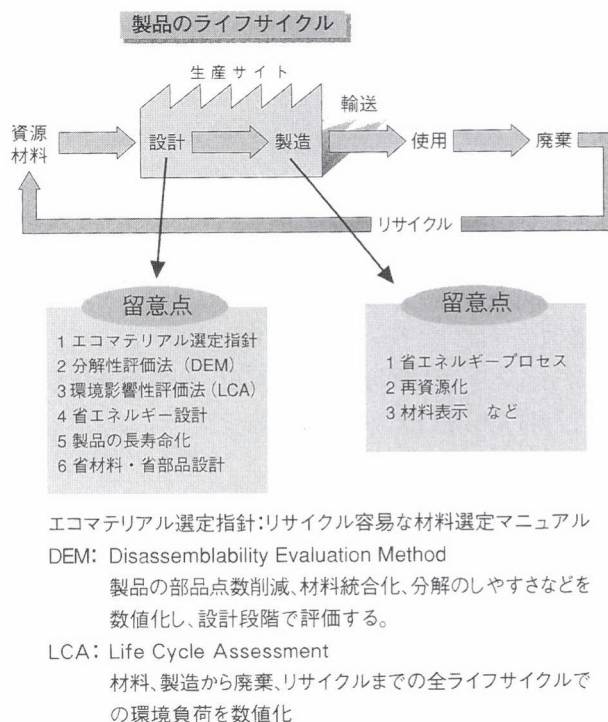


図1 製品の環境配慮

2.1.6 環境との調和

有限な資源を採掘し、材料製造、製品製造、輸送、使用、廃棄に至るまでの全ライフサイクル、言い換えれば製品の「揺りかごから墓場まで」の全段階において環境に与える負荷を低減するよう配慮する必要がある。この考えのもと、日立製作所では、製品廃棄時の環境に与える負荷を減らし、分解しやすくリサイクルしやすいものにするため、設計段階でエコマテリアル選定指針、分解性評価法（DEM）、環境影響性評価法（LCA）などを活用している（図1）³⁾。なお、平成3年10月に制定された「リサイクル法（通称）」に基づく第一種指定製品として家電製品の中では、冷蔵庫、洗濯機、テレビ、エアコンの4製品が指定されている。

また、家庭における電力消費量の内訳を見ると、冷蔵庫が全体の21%、ルームエアコンが19%を占めている⁴⁾。電気製品は、使用時の消費エネルギーが全ライフサイクルの消費エネルギーの大半を占めており、省エネルギー設計が大切である。さらに製品の軽量化、長寿命化を進め、資源の節約を図る必要がある。勿論、生産段階での環境配慮としてエネルギー消費や、産業廃棄物の少ないプロセス開発も要求されている。

2.1.7 話題性、新規性

以上の品質に係わる非常に多くの要因には、顧客が店頭で見分けることが難しいものがある。販売員が薦めやすく、またマスコミで記事やCMで訴え易い話題性も望まれる。

その他、「耐久性、堅牢性」、「操作性」、「保守性」、「補修性」等があるが、ここでは紙数の関係で項目を挙げるに留めておく。

2.2 コスト（直接コスト）

家電製品に限らず、日本では新製品を発売しても他社がすぐに追随するので結局はコストの勝負になる。そこで、より安く物をつくる技術すなわち生産技術力が重要になる。直接コストは主に材料費、購入品費、外注費、直接人件費からなる。家電メーカ等のアセンブリ主体のメーカでは、全製造原価に占める割合は前の3件で50%を越え、一方直接人件費は10%程度以下と推定される。従って、これからは省人化よりも材料費、購入品費、外注費を減らすための生産技術開発のほうが重要である。

2.3 スピード（間接コスト）

新製品の研究・開発から発売までの開発期間短縮と、必要とき必要なだけ供給することができるための製造リードタイム短縮の2つが不可欠である。

2.3.1 製品開発期間短縮

製品開発期間が短くなると当然間接コストは減る。そして競争相手に先駆けて発売できれば、他社が追い付くまでの間売上を独占でき、また価格競争も無い。一方、製品の原価の70%は設計段階で決まると言われている⁵⁾。生産技術と設計のコンカレントな開発によって生産性設計を充実させ、発売時点から十分なコスト力を付ける必要がある。

2.3.2 製造リードタイム短縮

製造リードタイムが長い場合、多くの仕掛在庫を持つことになるが、その経営効率への悪影響は想像以上である。さらに、家電品は見込み生産方式のため、リードタイムが長くて生産が需要に間に合わないと言った機会損失、あるいは作り過ぎの不良在庫を抱えることになる。製造リードタイムを短縮することにより、仕掛在庫量の減少によるコストダウン、および実需要に合った生産計画が可能となる。

以下では、生産技術がコスト低減のみでなく、スピードアップと品質向上を同時に行う事例を紹介する。

3 全自動洗濯機における事例⁶⁾

3.1 概要

ここでは、全自動洗濯機（一槽式で洗濯、すすぎ、脱水を自動で行う洗濯機）について、塑性加工技術の活用により商品力、コスト力、および供給力を向上させた例を紹介する。

すなわち、洗濯槽をプラスチックからステンレス鋼に転換してコンパクト大容量、かつ脱水性能に優れた洗濯機を開発した。さらに、外枠（ボディー）を塗装銅板化することによって生産性を向上させ、また製造リードタイムを大幅に短縮した。

3.2 ステンレス槽の開発

3.2.1 従来の問題点（開発のねらい）

外で働く主婦が増え、できるだけ手間をかけず夜間にまとめて洗濯するようになった。このため一度にまとめて洗える大容量洗濯機が要求された。住宅のスペースに恵まれない日本では、それを製品をかさばらせずに実現することが望まれていた。

従来の洗濯槽はプラスチック製であり、強度が低いため肉厚が10mmもあった。そこで、ステンレスに変えて薄肉化し内容積の増大を図った。

ステンレス槽構造としては、深絞り一体構造、組立溶接構造なども考えられるが、意匠性、生産性に優れたはず折り加締めを採用した。ステンレス材質は加工性、耐蝕性と材料コストを総合的に判断しSUS430系のものを採用した。特に、耐蝕性に関しては、全国の塩分の濃い井戸水や、漂白剤の過剰使用等に対する発錆の防止など厳しい検討を重ねた。

3.2.2 新構造の特徴

図2にステンレス槽の概要を示す。はず折り加締めした胴板にさらに底板と上リングをはず折り加締めした3ピース構造である。胴板には脱水用の多数のバーリング穴と、洗濯液や衣類を攪拌するための多数のディンプルが加工されている。

このステンレス槽の加工工程は、まず脱水用の多数の穴をあけた帯板をロール曲げた後に、両端をはず折り加締めして胴板を製作する。つぎに、その胴板の脱水穴をバーリング加工するとともに、俵形と球形のディンプルを内面に張出し成形し、同時に後工程で底板と上リングをはず折り加締めするために上下端を90°に曲げ加工する。最後に予めプレス加工した底板と上リングを胴板にはず折り加締めする。

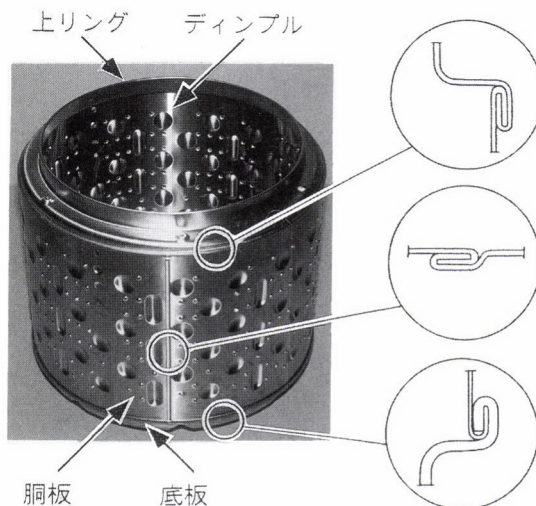


図2 全自動洗濯機のステンレス槽

3.2.3 効果

まず、平成2年11月に従来の容量6.5kg(一度に洗濯できる衣類の質量)の外枠を用いて容量7.0kgのコンパクト大容量ステンレス洗濯機を他社に先駆けて開発し発売した。その開発の過程で、ステンレス槽の回転強度が非常に優れていることが分かり、脱水回転数を従来の800rpmから1,100rpmに高速化した高脱水率の洗濯機を発売した。これは、乾きが早いのみでなく、すすぎの効率も向上し、ステンレスの高意匠も加わって商品力を格段に向上させることが出来た。

その後、ステンレス槽搭載の洗濯機は次第に機種をふやして、現在当社の全自動洗濯機の80%はステンレス槽、平成8年4月までの生産累計は約200万台である。発売後しばらくしてステンレス槽洗濯機はブームとなり、2~5年遅れて各社も発売し、平成7年には国内全メーカーがステンレス槽洗濯機に参入した。

3.3 洗濯機外枠の塗装鋼板化

3.3.1 従来の問題点（開発のねらい）

従来の洗濯機外枠は亜鉛メッキ銅板をプレス加工後、溶接、塗装し、プラスチックのベースをねじ止めしていた（ポストコート方式）。多くの人手を要し、また色替え等の段取り替えがあり、組立とのタクトが一致しない、作業環境が悪い、エネルギー使用量が大きいなどの問題があった。

そこで、塗装鋼板をプレス加工し組み立てる方式（プレコート方式）に転換し解決を図った。しかし、塗装鋼板化にあたっては、傷、溶接困難、切断面の耐蝕性の問題があった。このうち傷の問題は、プレス金型の面粗さとクリアランス、および塗膜の上面搬送で解決した。また、溶接のかわりには加締めを採用することにした。加締め方式としては、打ち込みリベット、張り出し加締め、押し出し加締めなど種々あるが、美観に優れており、また切断面を折り曲げるために防錆対策も同時に行える、はぜ折り加締めを採用することにした。

3.3.2 新構造の特徴

図3にはぜ折り加締め方式の新構造洗濯機外枠を示す。コーナーピースは洗濯槽と駆動機構をダッシュポット付きのワイヤで吊るもので、結合部には洗濯時の50~80kgの質量と脱水時の高速回転に伴う振動に耐える強度が要求される。コーナーピースと外枠本体とは2辺同時にはぜ折り加締めする。また、外枠とポリプロピレンベース(PPベース)との結合は従来は外枠のフランジ部のパージングした下穴に、PPベースの穴を合わせてタッピングねじで固定していた。この作業は、柔軟で安定しない部材双方の穴位置をあわせて固定する自動化がむづかしいものであった。そこ

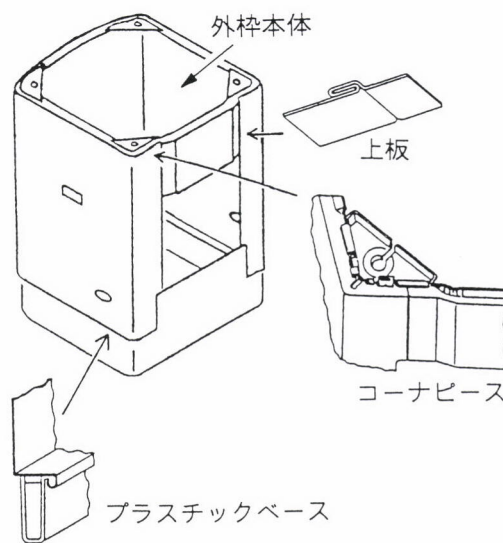


図3 塗装鋼板用の加締め構造全自動洗濯機外枠

で今回PPベースの内側にボス部を設け、外枠の端部を巻き付ける構造として自動化を図った。さらに本体下部フランジの曲げオーバーラップ部分をスポット加締めしている(図には見えない)。

図4に従来のポストコート方式とプレコート方式との工程の比較を示す。従来方式はプレス加工、曲げ加工、溶接を行う7台の製作ラインの後ろに塗装、プラスチックベース組立があり17工程を要していたが、塗装鋼板化により6工程に短縮され、しかも1台の装置に集約された。

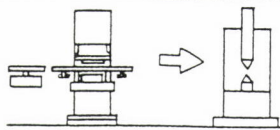
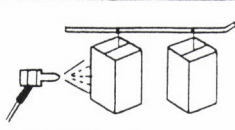
3.3.3 効果

従事人員が従来の昼勤9名、夜勤6名から昼勤3名のみとなり、一人当りの生産量が5倍に向上している。また、リードタイムが1/82に短縮（在庫不要で生産管理、品質管理が楽）、占有面積が1/14に削減（増設時の建屋が安価）、生産コストも20%以上削減されているなど、その効果は画期的なものである。なお、フープ材の塗装はプレス加工品の塗装よりもエネルギー効率が良く（約50%減）、地球温暖化防止にも貢献している。

本方式は平成3年7月より量産を開始。その後ラインを増設し、平成8年4月までの生産累計は約300万台に達する。

4 これからの生産技術

既に述べたように、家電メーカー（または、電機メーカーの家電部門）は従来はどちらかと言うと製品の設計開発と組立産業的な色彩が強かった。そのため、構成部品は購入あるいは外注しているものも多く、製造部門での付加価値が比較的少なかった。それでも、かつては人手不足でロボットなどによる組立の自動化が盛んに進められていた。しかし、多品種小量生産の時代になって、自動組立設備はフレ

従来方式	ショップ		製缶						塗装								部組			人員 (計)	
	作業工程		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
			抜き	絞り	曲げ	曲げ	成形	加締	溶接	掛け	前処理～塗装						卸し	取付	保管		
	加工																				
	配置		1						2	1	1						1	2	1		
	夜	0						2	0	1						3			6	15	

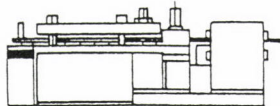
新方式	ショップ		加工						人員 (計)	
	作業工程		1	2	3	4	5	6		
			抜き	絞り	カール	曲げ	曲げ	加締		
	加工									
	配置		1							
	夜	0						0	3	

図4 全自動洗濯機外枠加工工程の新旧比較

図4 全自動洗濯機外枠加工工程の新旧比較

キシビリティで人間より劣り、一方スピードで人間と変わらないために割高になってきた。その結果、さらに安い労働力を求めて海外に出ていくことが多くなった。

これから家電メーカが生き残るためには、やはりコスト力が一番重要である。それには、直接コストの大半を占める材料費、購入費、外注費を減らすことであり、組立産業から、加工組立産業へのシフトが必要である。

その中で、これからの生産技術の役割（理想形態）を表2に沿って説明する。結論から言うと、高度な加工技術、材料利用技術、設備技術を活用して購入費、外注費を削減しコスト力をつけることである。コンカレントエンジニアリングによって他社に先駆けて製品を発売するなかに、この生産技術を生産性設計として取り入れることは当然必要である。購入材料は例えば、フープ材、丸棒など原料素材とし、以後を自社内で加工することで当然製造リードタイムは短くなる。このとき、新しい生産技術による、材料、生産方式から生じる製品の構造、特性などの変化をとらえ、製品の品質としてのメリットに生かすことができる。以下に具体例を紹介する。

4.1 材料の変更

3章に示したステンレス槽はコストはプラスチック槽よりも大幅に増加したが、品質としてのメリットが非常に大きく、コストアップを吸収して余りあったものである。また、外枠の塗装鋼板化は素材費はアップしたが、加工費削減とリードタイム短縮を果たしたものである。製品としての

メリットは塗装鋼板による意匠性向上と生産時のエネルギー削減による環境との調和性向上である。なお本件は、エネルギーのつけを塗装鋼板メーカに回したのでは無く、トータルエネルギーとして約50%削減になっている。

塗装鋼板はもっと活用を図るべきと思われる。そのための課題を示しておく。

- 1) 電磁波シールド性を考えた接合法
- 2) レーザ切断性向上
- 3) 剪断かえりの抑止（塗装でカバーされないため怪我の要因となる）
- 4) 深絞り等の加工性向上

4.2 複雑形状品の一体加工

コスト低減の第一の着眼点は部品数の削減である。部品数の削減は購入費、加工費、組立費の削減のみでなく、当然リードタイムの短縮になり、また品質面では一体化による剛性向上、小形化、軽量化、堅牢性向上につながるものとなる。一体化加工は従来との形状の違いが明確であり、特許として成立しやすい。したがって、開発による優位性が継続できるというメリットもある。

なお、複雑形状品の一体化が困難な場合に塑性加工を利用し型内で結合することも一案である。図5は洗濯機のプーリの例である⁷⁾。フープ状の板材を供給し、順送りプレス型で成形した皿形を、一つおきに同じ型内で反転し加締めて組立てて、一つの部材として型から出してくるものである。すなわち組立工程が省略されている。このようなアイデア

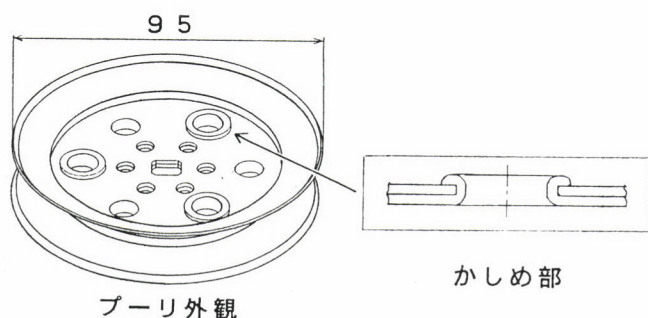


図5 型内加締めした全自動洗濯機ブリー

は決して新しいものではなく、山梨大学牧野洋先生の本でも興味深い話題とともに紹介されている⁸⁾。

4.3 自動車技術の活用

自動車の市場規模は個々の家電品の規模の数十倍である。そのため、車体の加工法、駆動部の加工法など自動車を対象とした生産技術に係わる研究・開発者の数は自動車メーカ、部品メーカのみでなく、鉄鋼など材料メーカ、大学、公設研究機関におよび、その人数は、個々の家電品の百倍をはるかに越えると推定される。その生産技術と材料技術を常にウォッチし、成果を家電分野に活用することもこれからの家電メーカの生産技術者の課題である。テーラードブランクのプレス成形が家電で活用された例を筆者は知らないが、ニーズは何処かにあると思われる。

新しい材料、加工技術があれば、是非ご一報頂くようお願いしたい。

5 おわりに

家電製品をはじめとして、製造業が国際的な競争を勝ち抜いてさらに発展を遂げるためには、品質、コスト、ともに他の追随を許さない革新的な製品を数多く世の中に送り出すことが必要である。そのために生産技術の果たすべき役割はますます重要になってくる。家電品のような量産品では、本文で再三述べたように、生産技術でコストのみでなく製品の性能、品質を変えていくことが重要である。すなわち、何を造るかよりも、むしろ如何に造るかのほうに創造性が強く要求される。材料技術と生産技術とのより緊密な関係による推進を期待する。

引用文献

- 1) 静粛工学, 東京工業大学精密工学研究所編, (1995), 335, 開発社
- 2) 唐津恵一: ふえらむ, 1, (1996) 2, 17
- 3) 日立製作所環境本部パンフレット: みずみずしい地球のために, (1996)
- 4) 水流忠人, 他: 日立評論, 75, (1993) 8, 63
- 5) 例えば加登豊: 原価企画-戦略的コストマネジメント, (1993), 24, 日本経済新聞社
- 6) 村上碩哉, 他: 塑性と加工, 34-391, (1993) 8, 905
- 7) 三瓶善正: プレス技術, 33, (1995) 7, 30
- 8) 牧野洋: 裏返しのメニュー (自動化こぼれ話), (1984) 176, 技術調査会

(1996年4月25日受付)



入門講座

鉄鋼材料編-7

次代を創造するステンレス鋼 —ステンレス鋼の特殊な機能—

植松 美博

Yoshihiro Uematsu

日新製鋼(株) 技術研究所 研究企画課 課長

Stainless Steels Create the Next Age.—Special Properties of Stainless Steels—

1 錆びない鉄の夢

錆びない鉄は人々の長い間の夢であったに違いない。その夢の実現はファラデーらの鉄合金の研究に始まるといわれている。彼らは鉄と貴金属(ニッケルや白金)の合金が錆びにくいことを1820年に報告した。その後、1911年にモンナルツは鉄に12%以上のクロムを合金化すると硝酸や水に対する耐食性が飛躍的に向上することを発見した。同じ頃、現在のステンレス鋼の原形となった13%Cr、18%Crおよび18%Cr-8%Ni鋼が次々に発明された¹⁾。ステンレス鋼の誕生である。

ステンレス鋼は錆びにくい性質ゆえに今では欠かすことのできない材料の一つになっている。身近なところでは流し台や浴槽などの水関連機器、自動車の排気ガス浄化装置、鉄道車両から遠くは原子力関連の部材までステンレス鋼が使われている。このように、ステンレス鋼はかなり一般的な材料になってきたが、ステンレス鋼の性質については「錆びにくい性質」を除くとあまり知られていないのではないだろうか。

ここでは、ステンレス鋼の様々な性質の中から基本的な機械的性質、物理的性質、耐食性、耐熱性および強度特性を取り上げ、その簡単な基礎と応用・用途について紹介したい。また、ステンレス鋼に「特殊な機能」を付与することによって次代の種々の技術的課題に備える取り組みが始まっていることについても触れてみたい。

2 ステンレス鋼の三つの顔

本題に入る前に簡単にステンレス鋼の代表的な顔と機械的性質の関係を眺めてみよう。ステンレス鋼とは鉄と12%以上のクロムを合金化したFe-Cr系とそれにニッケルを添加

表1 ステンレス鋼の代表的鋼種系と機械的性質(冷延鋼板)

鋼種系	代表成分	金属組織	機械的性質	
			引張り強さ	伸び
マルテンサイト系	13%Cr	Mr	1300	15
フェライト系	18%Cr	α	500	30
オーステナイト系	18%Cr-8%Ni	γ	600	60

Mr: マルテンサイト、 α : フェライト、 γ : オーステナイト

σ_b : 引張強さ(N/mm²)、 δ : 伸び(%)

(注) 13%Cr鋼は焼入れ焼戻し状態、18%Cr鋼と18%Cr-8%Ni鋼は固溶化熱処理状態

したFe-Cr-Ni系の総称で、基本的な鋼種系の分類としては金属組織の違いからマルテンサイト系の13%Cr系鋼(SUS410系)、フェライト系の18%Cr系鋼(SUS430系)およびオーステナイト系の18%Cr-8%Ni系鋼(SUS304系)とオーステナイト・フェライト2相系の25%Cr-5%Ni-Mo-N系鋼(SUS329系)および析出硬化型鋼(SUS630系)の5種類がある^{*1,2)}。ここでは、ステンレス鋼の基本的金属組織としてマルテンサイト、フェライトおよびオーステナイトの3種類を取り上げ、表1に、それらの代表鋼である13%Cr鋼、18%Cr鋼、18%Cr-8%Ni鋼の機械的性質の一例を示す。

マルテンサイト系ステンレス鋼は、高温のオーステナイト域から急冷するとオーステナイトからマルテンサイトに組織が変化し硬化する(焼きが入る)。マルテンサイトの硬さは固溶炭素量が多いほど高く、そのため硬さや耐磨耗性の必要な用途には高炭素のマルテンサイト系ステンレス鋼が使われる。

フェライト系ステンレス鋼は高温で焼鈍しフェライト組織としたもので、機械的性質は普通の鉄と本質的に似ている。軟質で延性に富んでいるが、加工硬化が小さく均一伸び^{*2)}は小さい。しかし、絞り加工性^{*3)}は優れているので厨房機器や各種器物に、また、最近では洗濯機の槽にも使用されている。

オーステナイト系ステンレス鋼は高温で焼鈍しオーステナイト組織としたもので、軟質であるが加工硬化が大きいので

*1: 鉄鋼のJIS規格ではステンレス鋼は鋼材(記号はSUS)、铸鋼品(SCS)、耐熱鋼(SUH)などの製品別に分類されている。そのうち、冷間圧延鋼板及び鋼帯(SUS)を例にステンレス鋼の金属組織からの分類を見ると、オーステナイト系(35鋼種)、オーステナイト・フェライト系(3鋼種)、フェライト系(12鋼種)、マルテンサイト系(7鋼種)および析出硬化系(2鋼種)の5種類に分類され、合計59鋼種が規格化されている。他に、AISI(アメリカ)やDIN(ドイツ)などの規格がある。詳細は文献1)~3)参照。

*2: 引張試験の応力-ひずみ曲線で、降伏後、ひずみの増加とともに応力が上昇する挙動を加工硬化、最大荷重点での応力を引張強さ、最大荷重点までの伸びを均一伸び、最大荷重点の後くびれを生じ破断までの伸びを局部伸びとそれぞれ呼んでいる。均一伸びと局部伸びの合計を全伸び(単に伸び)と称す。SUS304系鋼の均一伸びはおおよそ40%、SUS430系鋼の均一伸びは18~20%程度である。

*3: 絞り加工性については文献5)を参照。TiやNbを添加したフェライト系ステンレス鋼では集合組織を制御して(111)面の集積度を高めて、ランクフォード値を1.8程度まで向上させた深絞り用鋼が開発されている。

表2 結晶構造と物理的性質（ステンレス鋼、軟鋼、アルミとの比較）

種類	結晶構造	熱伝導率	熱膨張率	磁性
SUS430	BCC	24	11	有り
SUS304	FCC	16	17	無し
軟鋼	BCC	80	11	有り
アルミ	FCC	210	24	無し

BCC：体心立方晶（マルテンサイトは体心正方晶）

FCC：面心立方晶

熱伝導率：W/m・K（100℃）

熱膨張率： $\times 10^{-6}/K$ （0～100℃）

で均一伸びが大きく張り出し加工性に優れている。この優れた加工性を生かして流し台や浴槽などに汎用されている。

本稿では詳細は述べないが、上記の三鋼種を基本として、さらに種々の合金元素の添加により、耐食性や耐熱性のみならず、その他の多様な機能がステンレス鋼に付与されている^{6),7)}。また、加工熱処理で強度⁸⁾や加工性の向上が図られたり、各種の表面調整によって意匠性や機能性向上が行われている⁹⁾。

3 ステンレス鋼の二つの体

ステンレス鋼を構成する相の基本的な結晶構造は体心立方晶と面心立方晶であるが、この結晶構造の違いによって物理的性質が大きく異なっている。SUS430(18%Cr鋼)で代表されるFe-Cr系のステンレス鋼は体心立方構造で普通鋼に似た物理的性質を有し、磁性がある、熱伝導率が高い、熱膨張率が小さいなどの特徴がある。これに対し、SUS304(18%Cr-8%Ni鋼)で代表されるFe-Cr-Ni系のステンレス鋼は面心立方構造で、非磁性である⁴⁾、熱伝導率が小さい、熱膨張率が高い、などの特徴がある。SUS430とSUS304の物理的性質を軟鋼およびアルミニウムと比較して表2に示す。

物理的性質を利用した例としてフェライト系ステンレス鋼・アルミニウムの複合鋼板を電気炊飯器の内釜に使用している例が挙げられる⁹⁾。フェライト系ステンレス鋼の磁性による電磁誘導発熱とアルミニウムの熱伝導性を利用して加熱調理すると言うものである。また、超高速輸送として実験・開発中のリニアモーターカーの分野では強力な磁場を乱さない高強度非磁性鋼が求められている。ここでは磁性のないオーステナイト系の高強度ステンレス鋼が注目されている¹⁰⁾。

4 自然の肌が錆びに強い

モンナルツの見いだしたFe-Cr合金の優れた耐食性は大気中、水あるいは硝酸など酸化性の環境下で発現する。

酸化性環境下ではステンレス鋼の表面にナノメータオーダのクロムの酸化皮膜が形成され、この皮膜が安定なため優れた耐食性を示す。この現象は**不動態化**¹¹⁾と呼ばれステンレス鋼の耐食性の基礎になっている。何らかの理由で不動態皮膜に傷が

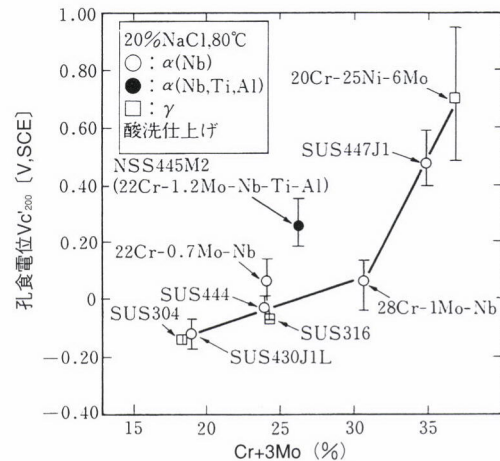


図1 ステンレス鋼冷延鋼板（酸洗仕上げ）の孔食電位^{*)}に及ぼす合金元素の影響¹²⁾（NSSは日新製鋼規格、(Nb)および(Nb,Ti,Al)は微量の合金添加元素を示す）
α：フェライト系、γ：オーステナイト系

ついてもその部分にはまた新しい酸化皮膜が形成され（再不動態化）耐食性が持続する。これに対し、塩酸や硫酸などの還元性環境下では安定した酸化皮膜が出来ず耐食性が得られない。

酸化性環境下で形成された不動態皮膜でも、塩素イオンが存在すると皮膜が局所的に破壊されピット状の腐食（孔食）を生じる傾向がある。ステンレス製品なのに錆びたと苦情がでるのは塩分の付着に起因することが多く、家庭の厨房でこぼれた醤油を放置して錆を生じるのはこの例である。

塩の付着による錆の典型的な事例は海塩粒子の多く飛来する海浜地区の建築物にも見られる。そこで、最近注目されているウォーターフロント開発を例に、ステンレス鋼の耐候性についてもう少し詳しく見てみよう。

各種のステンレス鋼の**耐候性**を評価するために、市街地、工業地帯、山間部、海浜地区など腐食環境の異なる場所を選んで長期間の暴露試験が行われている。その結果、海浜地区を除く環境下ではSUS304やSUS430は充分な耐候性を持つことが示されている。しかし、海浜地区ではSUS304やSUS430でも発錆が見られる。海塩粒子を含む水分がステンレス鋼に付着するとその乾燥過程で高濃度の塩素イオンを含む水滴を形成し、さらに水滴中の酸素濃度の差によって局所的な酸素濃度電池ができる。高濃度の塩素イオンと局部電池の作用でステンレス鋼の不動態皮膜が局所的に破壊され¹³⁾、そこに孔食を生じ赤錆が発生する。ステンレス鋼を使用しているのに赤錆を生じたのではせっかくの意匠が台無しである。そこで、どうにかして不動態皮膜を強化しピットの発生を抑えようと多くの研究がなされている。一例として図1¹²⁾に80℃・20%NaCl水溶液中での**孔食発生電位**と（Cr+3Mo）量の関係を示す。この結果より、塩環境での孔食の防止にはCr量を増し、さらにMoの添加が有効であることが分かる^{4),5)}。

これらの研究成果として最近、各種の高Cr-Moフェライ

*4：オーステナイト系ステンレス鋼でもNi量の少ない鋼種は加工すると一部マルテンサイトに変態し磁性を生じる（図5参照）。

*5：孔食電位とは電気化学的に測定された孔食の発生電位で、孔食電位が高いほど不動態皮膜の耐孔食性が優れることを示している。暴露試験での耐候性の傾向とも良く一致するので、ステンレス鋼の耐候性の指標としても使われる。



図2 22Cr-1.2Mo高耐熱性フェライト系ステンレス鋼の屋根施工例
(沖縄総合運動公園屋内運動場)¹²⁾

ト系ステンレス鋼が開発されウォーターフロントで屋根材として使用されている(図2¹²⁾)。フェライト系ステンレス鋼はオーステナイト系ステンレス鋼に比べ熱膨張が小さく長尺屋根に適している。また、Niを含まないので省資源型の鋼であり、今後の展開が期待されている。

5 耐熱服を着たステンレス鋼

ステンレス鋼の特徴を二つあげるとすれば耐食性と耐熱性であるが、耐熱性は耐食性に比べてなじみが薄いのではないだろうか。耐熱性とは一般に、高温強度特性(高温強度、クリープ強度、疲労強度)、耐高温酸化特性、耐高温腐食特性などの特性の総称である。しかし、実際にステンレス鋼はその優れた高温強度特性や耐高温腐食特性を生かして、発電やゴミ焼却プラントで耐熱鋼として広く使われている。また、耐高温酸化性を生かして、石油ストーブのチムニーや電熱器具、各種バーナーなど身近にも多くの使用例を見つけることができる。ここではステンレス鋼の耐高温酸化性について見てみよう。

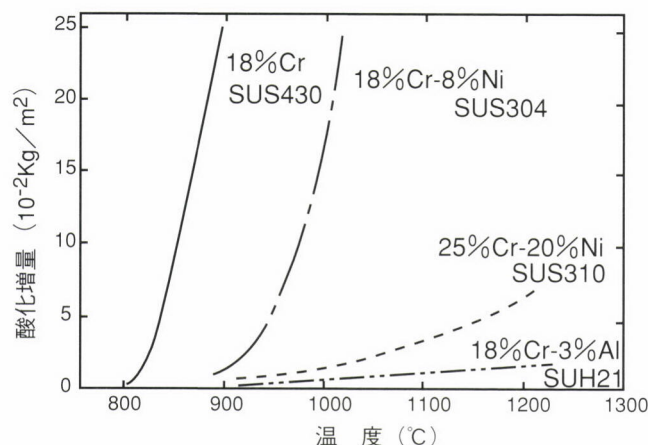


図3 各種ステンレス鋼の大気中高温連続酸化特性の比較(各温度100Hr試験)

ステンレス鋼を大気中で連続的に加熱して酸化による重量増加を連続測定すると、酸化増量は時間に対して放物線的に増加する傾向を示し、酸化速度は酸化の進行とともに低下することが分かる。このような酸化挙動は放物線酸化則と呼ばれ、それは酸化によってできたクロム系の酸化物皮膜が緻密で皮膜中の金属イオンの拡散が遅く酸化の進行が抑制されるためと考えられている。その結果、普通の鉄では大気中の単純な加熱でも簡単に酸化されてしまうが、ステンレス鋼であれば少なくとも800°C程度の赤熱温度域でも充分な酸化抵抗を持っている(図3参照)。ステンレス鋼の耐熱服は、高温酸化によって形成されるこのクロム酸化物皮膜と考えることができる。

もっと高温になるとクロム酸化物は不安定になりクロム量の低いステンレス鋼では鉄系の酸化物が急速に成長し、酸化抵抗は著しく落ちる。クロム量を増加していくとクロム酸化物は安定化し再び酸化抵抗が増すが、クロム酸化物と鉄系の酸化物はお互いに固溶体を作りスピネル型酸化物となる傾向があるので¹³⁾、1000°C以上の超高温域になるとクロム系酸化物の耐熱服のみではやはり限界がでてくる。この限界を破ったのはアルミナ系の酸化物皮膜である。

ステンレス鋼にアルミニウムを添加した鋼(図3では一例としてSUH21系鋼の18%Cr-3%Al鋼を示す)はきわめて優れた耐酸化性を示し、この系列の鋼の中には1300°Cまで放物線酸化則にしたがった酸化挙動を示すものがある。現在、ステンレス鋼の中で最も優れた耐酸化性を示す鋼はこのFe-Cr-Al鋼と言える。

Fe-Cr-Al鋼の酸化皮膜は α -アルミナであるが、このアルミナ皮膜の優れた耐高温酸化性と酸化物としての特性を生かしてセラミックスの代替にしようとする試みがなされている。それは自動車の排気ガス浄化装置に使われる触媒コンバーターの基材(担持体と呼ばれる)である。触媒コンバーターは射出成型で作ったハニカム状のセラミックス担持体に多孔質の γ -アルミナをコーティングし、それに貴金属の触媒を含浸

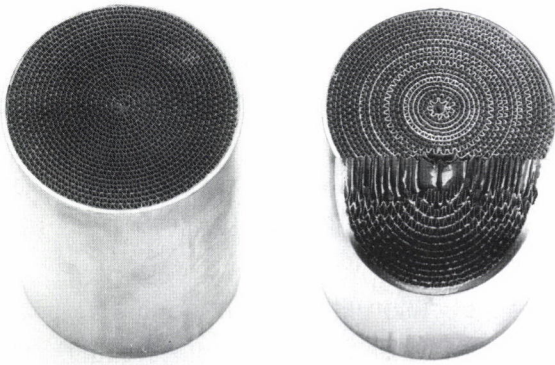


図4 自動車排気ガス浄化装置の触媒コンバーター用メタル担持体¹⁴⁾
(内筒は図のように平板と波板を積層し巻き上げてハニカム構造にする。)

させたものであるが、セラミックス担持体に代えて20%Cr-5%Alの箔帯で成形した担持体(図4¹⁴⁾)を使おうという試みである。セラミックスに比べメタルは加工の自由度がある、熱伝導がよい、薄くできる、熱衝撃に強い、コンパクトにできるなど多くのメリットがある。

自動車排気ガスの浄化効率を向上させることは、水素炭化物などによるオゾン層の破壊や窒素酸化物による酸性雨など地球環境保全対策として重要な課題になっている。メタル担持体による触媒コンバーターの開発もその取り組みの一端を担っている。

6 強さの秘密は体質改善

錆びにくくいつまでも美しいステンレス鋼の中に強さや硬さを備えた種類がある⁸⁾。良く知られているのは刃物などに使われるSUS420系(13%Cr-0.2~0.4%C)の高炭素マルテンサイト

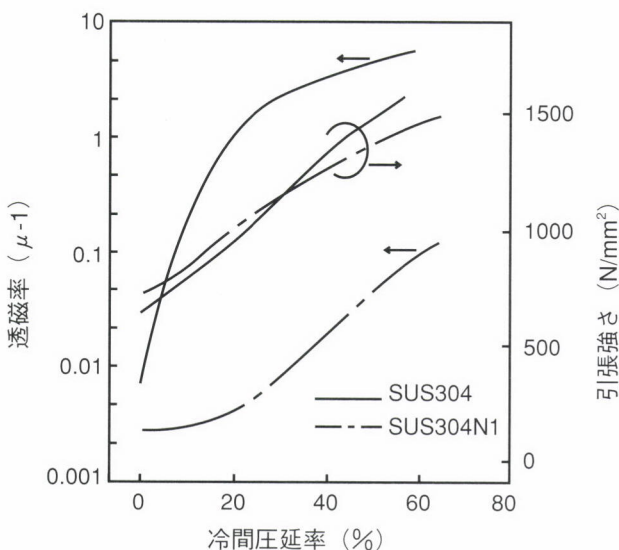


図5 オーステナイト系ステンレス鋼の強度と磁性に及ぼす冷間圧延率の影響
SUS304 (18.3%Cr-8.2%Ni)：準安定オーステナイト系ステンレス鋼^{*6}
SUS304N1 (18.3%Cr-10%Ni-0.15%N)：安定オーステナイト系ステンレス鋼

ト系ステンレス鋼や鉄道車両でおなじみのSUS301L系(17%Cr-7%Ni-0.15%N-0.01%C)の加工硬化型オーステナイト系ステンレス鋼である。また、各種の薄板ばね用にはSUS630系(16%Cr-4%Ni-4%Cu-Nb)の低炭素マルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼も使われている。これらは呼び方がそれぞれ異なっているが、それは強さを出す機構が異なるためである。

高炭素マルテンサイト系ステンレス鋼は普通の高炭素鋼と同様に、焼入れにより強度の高いマルテンサイトとした後、中間温度で焼戻して、きわめて硬い炭化物が分散した金属組織としたものである。

これに対し、加工硬化型オーステナイト系ステンレス鋼は冷間圧延によって強度を出している。この加工によってオーステナイトの組織は一部マルテンサイトに変化し^{*6}、硬さの源はこの加工によって誘起されたマルテンサイトと加工によって導入されたひずみである。鉄道車両用のSUS301L高強度ステンレス鋼はこのようにして強化されている。マルテンサイトは磁性があるので加工後に磁気を測定すると加工誘起マルテンサイトの量を測定することができる。一方、リニアモーターカー部材やオーディオ機器部材では用途上、非磁性が要求される場合がある。このような場合、加工誘起マルテンサイトによる強化が使えないので、鋼種としては安定オーステナイト系ステンレス鋼^{*6}を用い、冷間加工によるオーステナイトの加工硬化とN添加によるオーステナイトの固溶強化(基質の強化)によって強化している。図5に強度と磁性に及ぼす窒素添加と冷間圧延率の影響をSUS304およびSUS304N1を例に示す。他に、MnやNを添加した各種の高強度非磁性鋼が開発されている¹⁰⁾。

低炭素マルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼は焼入れマルテンサイトの基質に電子顕微鏡オーダーの微細な析出物を分散させたものである。この析出物の結晶格子の大きさは

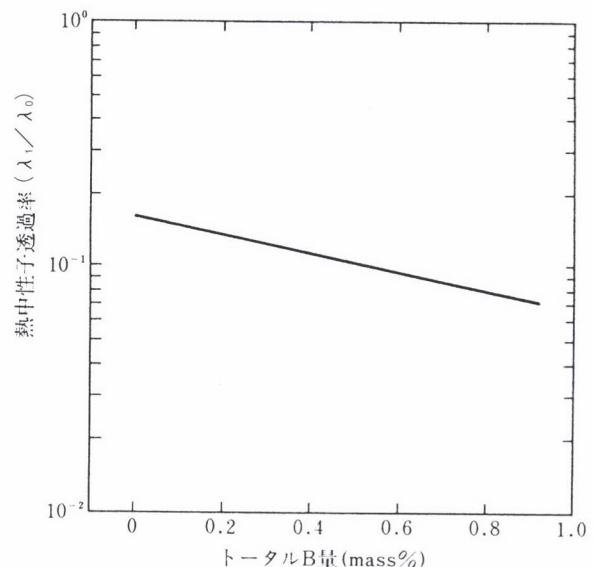


図6 SUS304系鋼の熱中性子吸収能とボロン量の関係(天然ボロン中に約20%含有される¹⁰Bは熱中性子吸収能が大きい)¹⁵⁾
(λ_0 ：入射中性子線量, λ_1 ：透過中性子線量)

^{*6}：加工によってマルテンサイトを誘発する系を準安定オーステナイト系と呼び、マルテンサイトを誘発しない(しにくい)安定オーステナイト系と区別する場合がある。準安定オーステナイト系鋼の加工時のマルテンサイト変態の指標としてMd30(°C)が用いられる。Md30(°C)については文献⁴⁾、p.361を参照。

マルテンサイトの結晶格子の大きさに近く、析出物の寸法が小さいときは周囲のマルテンサイトの結晶を弾性的に歪ませて強度を高める働きをしている。この鋼の特徴は、低炭素なので焼入れ時のマルテンサイトが比較的軟質で軽度の加工ができ、その後の析出処理で強度が飛躍的に向上する点にある。この特徴を生かし、各種の機械部品に使用されている。

7 熱中性子を吸収するステンレス鋼

原子力発電での使用済み燃料の保管用ラックに特殊なステンレス鋼が使われている。使用済み核燃料は熱中性子を放射するので、従来のSUS304では熱中性子を減衰させるために板厚を厚くする必要があり、そのため保管スペースが狭くなるといった構造上の問題があった。図6^{*)}に示すように、SUS304系鋼にボロン(B)元素を添加すると熱中性子の吸収率が向上し、ボロンを多量に添加したSUS304系ステンレス鋼を製造できれば熱中性子を効率良く減衰させ、保管ラックの板厚を薄く出来ると期待されてきた。ボロンを多量に添加するとステンレス鋼の熱間での加工性が著しく低下し製造が困難であったが、最近のボロン鋼の製造性に関する研究結果から、成分と熱間加工温度を厳密に管理すれば製造が可能であることが明らかになり、現在では高い熱中性子吸収能と耐食性、強度を兼ね備えたボロン添加型304系鋼が開発され、保管ラック材として実用化されている。

8 次代を創造するステンレス鋼

最近、ステンレス鋼はその基本的機能である耐食性や耐熱性に加え強度特性、加工性、物理的性質との組み合わせで種々の新しい用途が創出されてきた。すなわち、ステンレス鋼の多機能性を生かした新しい利用の仕方が始まっているといえる。

21世紀を直前に控え社会資本の充実、生活環境の向上、資源問題・環境保全など多くの社会的課題を抱えているが、限られた資源を有効に活用し環境をいかに守っていくかが技術的にも社会的にも問われている。これに答えるためには、材料的に見れば、より厳しい使用条件に耐えるために極限環境下での特性を向上させたり、新しい機能の組み合わせ^{*)}を工夫して技術的壁を壊すことが必要になってくると予想される。そのような次代の要請にステンレス鋼が果たす役割は大きいと考えている。

参考文献

- 1) JISの分類に従ったステンレス鋼の実用的な解説書としては、例えば、ステンレス鋼の選び方・使い方、田中良平編、JIS使い方シリーズ、(1994)、日本規格協会、がある。ステンレスの

歴史は、p.15を参照。

- 2) JISハンドブック鉄鋼、日本規格協会編、(1995)
- 3) ステンレス鋼の金属組織、結晶構造、物理的性質などの基礎的事項は
ステンレス鋼便覧—第3版—、ステンレス協会編、(1995)、日刊工業新聞、第Ⅱ編材料の基礎(I) 1. 金属組織を参照。
- 4) ステンレス鋼の金属組織の基礎については、例えば、W.C.レスリー：鉄鋼材料学、丸善株式会社、(1985)、p.351,を参照。
- 5) 矢田浩：ふえらむ、1(1996)3, p.185
- 6) 例えば、建材、自動車、耐熱性、耐食性などの用途分野や特性ごとの最近の進歩は
第151・152回西山記念技術講座「ステンレス鋼の製造・利用技術の進歩」、日本鉄鋼協会、(1994)、に集約されている。
- 7) 最新のステンレス鋼の鋼種開発の状況は下記の国際学会のProceedingが参考になる。
Pro.I.N.C.on Stainless Steels'91,(1991),Japan
Pro. Application of Stainless Steel'92,(1992),Sweden
Pro.Innovation of Stainless Steel'93,(1993),Italy
- 8) 村田康、大橋誠一、植松美博：高強度ステンレス鋼の最近の進歩、鉄と鋼、78(1992)、p.346
- 9) 土居大治、鶴田忠、難波晴海、八尋昭人、平原一雄：住友金属、45(1993)、p.145
- 10) 日本鉄鋼協会基礎研究会 非磁性鋼調査研究部会：非磁性鋼における最近の進歩（高Mn鋼、ステンレス鋼、鉄基超合金）、(1990)、p.55
- 11) ステンレス鋼の不動態についての解説は、
H.H.ユーリック、R.W.レヴィー：腐食反応とその制御（第3版）、(1989)、産業図書株式会社、p.62,を参照。
ステンレス鋼の耐候性研究については、
ステンレス鋼の耐候性研究会報告書、日本鉄鋼協会、ステンレス協会編、(1995)、を参照。
ステンレス鋼の孔食発生機構については、
松島 巖：ふえらむ、1(1996)4, p.250
- 12) 宇都宮武志、杉本育弘、足立俊郎、植松美博：日新製鋼技報、70(1994)、p.45
- 13) N.Birks and G.H.Meier:金属の高温酸化入門、(1988)、p.116, 丸善株式会社
- 14) 平松直人、宮楠克久、植松美博：日新製鋼技報、63(1990)、p.145
- 15) 山崎和信、武本敏彦：日新製鋼技報、70(1994)、p.109

(1996年5月23日受付)

^{*)}：合金設計や加工熱処理に加えて、各種の表面処理（めっき、塗装、スパッタリングなど）や複合化（積層鋼板）による多機能化の検討もされている。一例として、建材分野での開発例は文献6),p.223を参照。



入門講座

鉄鋼プロセス編 -6

耐火物の科学

山口明良 名古屋工業大学材料工学科 教授
Akira Yamaguchi

Science of Refractories

1 まえがき

耐火物は、鉄鋼業など高温反応工業にとって必要不可欠な役割を担っており、鉄鋼業に携わる技術者にとって、種々の窯炉を安全に効率良く操業するために、耐火物について十分に理解しておくことは重要なことである。本稿では、鉄鋼関係の技術者であるが、耐火物についてほとんど学んだ経験の無い方を念頭において、耐火物の本質をより良く理解して戴くことを目的として稿を進める。

2 耐火物を構成する物質はどのようなものか

一般的に、耐火物が1500℃以上の高温で使用されることを考えると、耐火物を構成する物質として、1700℃程度以上の融点あるいは分解点を有することが必要である。さらに、窯炉構造物として多量に使用されることから、資源的に十分に供給が可能な物質であることも重要である。このような観点から、耐火物成分として利用される主な物質は、表1に示されるように、単一酸化物としては、シリカ(SiO_2)、アルミナ(Al_2O_3)、マグネシア(MgO)、カルシア(CaO)、ジルコニア(ZrO_2)、クロミア(Cr_2O_3)の6種程度であり、これらが単独で、あるいはそれら酸化物から

なる化合物のムライト($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$)、スピネル(MgAl_2O_4)、クロム鉄鉱($(\text{Mg},\text{Fe})(\text{Al},\text{Cr},\text{Fe})_2\text{O}_4$)、フォーステライト(Mg_2SiO_4)、ジルコン(ZrSiO_4)などである。更に、非酸化物として主たるものは、黒鉛(C)と炭化珪素(SiC)である。

これらは、表1で示されるような呼び方をされるが、鉱物名で呼ばれる場合が多い。これらが単独で、あるいは種々の組み合わせと種々の量比をもって、耐火物は構成されている。従来の耐火物は、酸化物のみ、黒鉛のみといった構成であったが、最近では炭素含有耐火物で代表される、炭素-酸化物-非酸化物(金属あるいは炭化物)系複合耐火物が急速な発展を見せている。

3 定形耐火物と不定形耐火物の基本的な差異は

窯炉を耐火物で構築するにあたり、並形煉瓦(230×114×65mmの大きさの煉瓦をさす)のように任意の形に成形した耐火物を積んで窯炉を構築していく方法と、コンクリートで建物を作っていくように、耐火物粉末に結合剤を混合し、それを打ち付けて窯炉を構築していく方法がある。前者に使用する耐火物を耐火煉瓦、後者のそれを不定形耐火物と呼んでいる。

なお、「耐火物」とは定形と不定形を問わず、窯炉で使用する材料の総称として使用されている。これに対して「耐火煉瓦」は一定の形に成形された耐火物を指すのに使われ、「定形耐火物」と同じである。

以前は、窯炉を構成する耐火物と言えば、ほとんど耐火煉瓦であり、定形煉瓦の継ぎ目用として不定形耐火物を使用する程度であった。しかし最近では、不定形耐火物の使用量が耐火物の半分以上となり、今後益々増加する傾向にある。

単純に考えると、粉粒の集合体から構成される不定形耐火物は、加熱すると粉粒間の反応や焼結により収縮あるいは膨張が生じ、高温まで安定に形を保てないと想像される。しかしそうならず、加熱されても安定に形を保ち、あらかじめ安定に焼結させた耐火煉瓦に置き換わろうとしている。なぜこ

表1 耐火物を構成する成分及び化合物

	一般名	鉱物名	化学組成と融点(℃)
単一酸化物	シリカ	クォーツなど	SiO_2 (1723)
	アルミナ	コランダム	Al_2O_3 (2050)
	マグネシア	ペリクレス	MgO (2800)
	カルシア	ライム	CaO (2600)
	ジルコニア	バッドライト	ZrO_2 (2650)
	クロミア	エスコライト	Cr_2O_3 (2265)
酸化物間化合物		ムライト	$\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$ (1850)
		スピネル	MgAl_2O_4 (2135)
			CaZrO_3 (2380)
		ジルコン	ZrSiO_4 (1700分解)
		クロム鉄鉱	$(\text{Mg},\text{Fe})(\text{Al},\text{Cr},\text{Fe})_2\text{O}_4$
非酸化物		フォーステライト	Mg_2SiO_4 (1900)
	炭素	黒鉛	C
	炭化珪素		SiC (2800分解)

のようになったか、定形耐火物の発展から考えてみよう。

3.1 定形耐火物

一般的に、酸化物粉末をプレス成形し、その成形体を加熱すると、粒間の反応や焼結が生じ、それに伴って収縮あるいは膨張が生じる。

ところでファインセラミックスは、粒子を数千Å以下に微細にすることによって各粒の表面自由エネルギー（粒表面は結合が切れている部分であり、その分だけ内部よりエネルギーが高くなっている。この高くなったエネルギー分を意味する）を増加させ、そのエネルギーを活かして低温で緻密化焼結を可能にしたものである。

例えばアルミナは、その融点が2050℃と相当高いのにもかかわらず、粒径が0.1μm程度の純粋なアルミナ微粒子を成形し、1000～1400℃程度の焼成で、ほとんど気孔が無くなるまでに緻密に焼結させられるようになっている。この場合、緻密化焼結は、空隙の減少すなわち気孔の排出を意味し、それによって収縮が生じることになる。小さな成形体の場合には、加熱昇温速度などを制御することによって均一に収縮させ、亀裂を生じさせることなく均一に緻密に焼結することに成功している。

しかしながら、耐火物のような大きな成形体では、酸化物が一般的に熱伝導が低い故に、成形体内部と外部付近とに温度差が生じないように加熱することは困難である。焼結過程で温度差が生じると、成形体の内部と表面付近とで焼結度合すなわち収縮度合に差異が生じ、それに伴って亀裂が発生し崩壊する場合もある。この問題を解決してくれたのが、クリンカーの使用である。

歴史的にみればクリンカーの発展は、耐火物の発展にとって最も重要な技術の一つである。まずはじめにクリンカーについて説明しよう。

3.2 シャモットおよびクリンカー

クリンカー発展の原点は、粘土を焼いて作った塊、すなわち【シャモット】の発展にある。粘土 $\{Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O\}$ を加熱すると、脱水、分解、化合物の生成などの変化を受け、最終的に高温で安定なムライト $(Al_6Si_2O_{13})$ とクリストバライト (SiO_2) の集合体になる。これらの変化のため、仮に粘土から大きい成形体を作成して焼成すると、多数の亀裂が入り、時には崩壊し形をなさなくなる。しかし、その中からよく均一に焼き固まった塊を取り出そうとすれば、仮に5mm以内に限定するならば、容易に得ることができる。

この塊を原料とし成形体とするならば、構成相が高温まで安定なムライトとクリストバライト結晶となっているので、加熱に際しては、それら結晶固有の熱膨張が生じるの

みであり、大きな成形体も亀裂を発生させることなく焼成できるようになる。このようなことから、粘土を焼き固めたシャモット粒が活用されるようになってきた。そして、種々の粒径のシャモット粒の配合を調整することにより緻密に成形できるようになり、焼成の目的は焼結による粒間結合の強化とされるようになった。

この考え方が、他の耐火物を製造する場合にも採用されるようになった。粘土以外の焼結塊は、シャモットでなく【クリンカー】と呼ばれている。

現在製造されている主なクリンカーは、ムライトクリンカー、マグネシア (MgO) クリンカー、アルミナ (Al_2O_3) クリンカー、スピネル $(MgAl_2O_4)$ クリンカーである。どの焼結塊も、気孔がほとんどなくなるまでに高温で緻密に焼結されており、安定な結晶相となっているので、再加熱に際して鉱物相変化を起こすことなく、構成結晶相固有の熱膨張以外の体積変化はほとんどない。

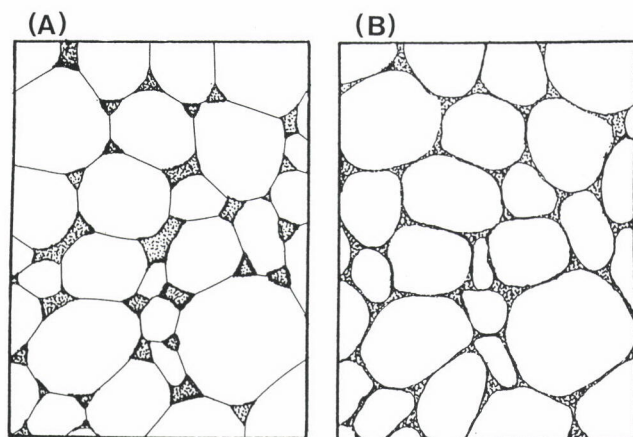
焼結塊に相当するものとして、電気溶融して作られるものもある。電融マグネシア、電融アルミナ、電融ムライト、電融スピネルの各クリンカーがそれである。電融する目的は、焼結する場合とほぼ同じである。

しかし、焼結塊と電融塊とで使用特性に差異が生じる場合もある。例えば、焼結マグネシアクリンカーは、電融マグネシアクリンカーに比較して粒径が小さく粒界が多いため、電融マグネシアから作られた耐火物とくらべ、粒界を通してのスラグの拡散が多くなり、その結果として損傷を受けやすくなるという欠点がある。換言すれば、電融マグネシアクリンカーでは、単結晶粒径が著しく成長し、マグネシア粒結合の弱さによってもたらされるスラグ侵入が抑制されるという特徴がある。

耐火物の製造に際して、種々の粒径に分級されたクリンカーを成形体が十分緻密になるように配合調整し、結合剤が添加されて加圧成形され、気孔率を10%程度にまで低下させることが可能となっている。このようにしてできた緻密成形体は、そのまま使用される場合と、一旦高温焼成された後に使用される場合とがある。前者を「不焼成煉瓦」、後者を「焼成煉瓦」と呼ぶ。しかしながら焼成煉瓦についてみると、使用時に加熱されることを考えれば、予め焼成しておく必要もなさそうに思える。しかしそうでなく、「焼成煉瓦」の焼成には意義がある。どのような意義があるのか、考えてみよう。

3.3 定形耐火物の焼成の意味

耐火物の焼結が、上述のファインセラミックスの焼結と比較して本質的に異なる点は、焼結によって緻密化を促すことでなく、収縮を起こさせずに粒間結合を強化するというところにある。



点線部分は融液あるいは気孔を示す

図1 酸化物耐火物の微構造の概念図

図1で示されるように、微構造的にみると、不純物や焼結助剤に由来する融液の生成あるいは気孔が存在する場合、粒間の結合が強固である場合は、(A)のように、融液や気孔は粒群中に孤立して散在するようになり、耐火物の特性に大きな悪影響を及ぼさない。これに対して結合が弱いと、(B)のように、融液や気孔は粒界に連続して存在する場合が多くなり、熱間強度の低下などの悪影響が生じる。

更に、結合が弱いと、スラグ融液などの外来成分が耐火物内へ侵入し易くなる。粒界や気孔を通して侵入したスラグは、耐火物内部で反応を起こし、耐火物の損傷を加速することになる。鉄鋼炉で多く使用されるマグネシア煉瓦における最大の欠点の一つは、マグネシア粒間の結合が弱くスラグが侵入し易いところにある。耐火物の損傷を押さえるために基本的に重要なことは、外来成分を耐火物内部に侵入させず表面に限定させることである。その方法の一つとして重要なのが、上述したように粒間結合の強化である。耐火物の焼成の意義は、まさにこの粒間強化のために焼結を行わせることである。

一般的には、加熱するにしても使用時に加熱するのであるから、その加熱を利用して焼結させるという考えのもとで、予め焼成しない不焼成煉瓦が発達した。しかし単純に使用時の加熱で達成できない焼結、例えば、図1 (A) のような微構造にするため、トリジマイト (SiO_2 の変態の一種で、 $870\sim 1470^\circ\text{C}$ で安定) の発達を促すため、焼成温度を 1400°C 前後に十分に管理された条件下で長時間の焼成を必要とする[珪石煉瓦]や、 $1800\sim 1900^\circ\text{C}$ 程度的高温焼成を必要とする[ダイレクトボンドマグクロ煉瓦]は、単純に使用時の加熱で達せられないので、あらかじめ焼成しておく[焼成煉瓦]として製造されている。

上述の加熱方法で耐火物の結合が強化され、図1 (A) のような微構造を呈するようになるのは、「溶解-析出反応」によるもので、興味ある機構であるが、詳細は他書に譲る。

3.4 不定形耐火物

上述のごとく、定形耐火物の製造における、焼結あるいは電融した緻密なクリンカーの粒度配合による緻密化の確立、そして加熱時における、化合物変化や収縮を伴う焼結を無くしたことは、常温での施工状態を高温においても維持できることを可能にし、不焼成煉瓦の発展を促した。さらにこのクリンカーの配合による緻密化と加熱時における安定性は、現場で炉形に合わせて施工することを可能にし、不定形耐火物の発達をもたらした。またこの技術があったからこそ、熱間での不定形耐火物による補修も可能になった。

4 耐火物における気孔の長所と短所

スラグ融液など外来成分と接触する箇所で使用される耐火物における大きな問題点の一つは、侵食されることである。この侵食を抑制する有効な方法は、耐火物内への外来成分の侵入を可能な限り阻止することであり、そのための一つの有効な方法は、耐火物を緻密にし粒間結合を強化することである。

この観点から成功している例は、ガラス溶解炉用の(アルミナ-ジルコニア-シリカ系)電鍍煉瓦である。この煉瓦は、電気熔融され鑄造されたもので、数%以下の気孔率に下げられている。 1650°C 程度の溶融ガラスに接する箇所に用いられながら、10年以上の使用に耐えている。

このように長期間使用の耐火物の出現を可能にしたのは、炉を一旦操業温度まで上げると、その後はほとんど温度変動を生じない環境で使用されるという条件が幸いしている。この条件で使用される耐火物に要求される特性は、溶融ガラスに対する耐食性に優れるという一点である。そのため、緻密にし、ガラスとの反応生成物が高粘性になるような組成を選び、耐火物表面に高粘性融液の保護層が形成されるようにして達成されたことである。

しかし残念ながら、このことを鉄鋼炉に適用できない。その理由は、鉄鋼炉が温度変動を伴う箇所に使用されるため、耐食性と同時に熱変動に対しての安定性も要求されるからである。

耐食性に優れるためには、出来る限り緻密にし、スラグ侵入を防ぐことである。しかし、2章で述べた耐火物になり得る高温酸化物およびそれらの化合物は、熱膨張率が高く、熱伝導率が低いため、耐火物を緻密にすればするほど熱変動に対して脆くなるという欠点がある。すなわち、耐火物の緻密化に伴って、耐食性は向上するものの、逆に熱変動に対しては劣化するということが起こる。他方、気孔率を上げると、耐食性は劣化するが、逆に熱変動に対する安定性は向上することになり、いわゆる“二律背反性”に直面することになる。

このように、緻密度は相反する効果をもたらすので、気孔率の在り方は、種々要求される特性をすべて勘案して、全体として最も耐用性に優れる条件が選ばれることになる。この点から、酸化物耐火物においては、10～20%程度の気孔率を有する耐火物が多く使用されている。

5 炭素含有耐火物の発展

5.1 炭素の混合は何をもたらしたか

熱変動を伴う箇所で使用されるため、気孔率をある程度含有させなければならない場合、耐食性を高める一つの方法は、[ダイレクトボンドマグクロ煉瓦]でみられるように粒間の結合強化である。この煉瓦はマグネシア煉瓦と比較してかなり改良をもたらした。しかしなおスラグの侵入がみられ十分なものではない。

そこでスラグ侵入阻止のための他の方法として考え出されたのが、酸化物融液に濡れ難い炭素を混合することであった。濡れ難いことは、同じ大きさの気孔径であってもスラグが侵入し難いことを意味する。

炭素を使用する最初の試みは、マグネシア煉瓦へのピッチの含滲であった。ピッチ含滲は、炭素の濡れ難い特性により、煉瓦内部へのスラグ侵入を抑制するのに極めて有効であることが知見された。同時に炭素は、熱伝導率が高く熱膨張係数が小さいため耐熱衝撃抵抗性を高めることも分かってきた。

このような炭素の特性から、煉瓦にピッチを含滲させるのではなく、あらかじめマグネシアと炭素（黒鉛）とを混合し、それを成形する方法がとられるようになってきた。結合剤として3～4%程度のフェノール樹脂あるいはピッチが混合され、真空フリクションプレスによって3%以下の気孔率にまでに緻密に成形できるようになっている。この場合、気孔率は低ければ低いほうが良いが、加熱を通しての結合剤の分解ガスのため、10～15%程度の気孔率が形成されることになる。気孔率を増加させないためには、ガス発生量の少ない、換言すれば、残炭率（遊離炭素として残存する割合）が多い結合剤を使用することである。この点から、50～60%の残炭率を有する結合剤として、日本では主にフェノール樹脂が、ドイツでは、主にピッチが利用されている。両者には一長一短があり、どちらを使用するか、あるいは両者の混合物を使用するか、今後の技術の確立が望まれる。

また分解によって同量のガスが発生するにしても、温度が低いほどガスの体積量は少ないので、できるだけ低温で分解する結合剤を使用することである。こうした結合剤の開発は、この種の耐火物の主要な課題の一つとなっている。

しかしながら、ある程度の気孔の形成は避け得ないが、

後述する金属など非酸化物の添加によって気孔率を減少させることが可能となってきた。

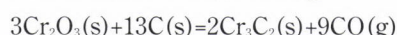
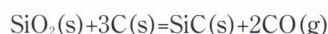
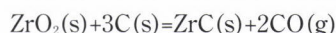
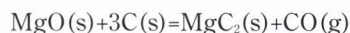
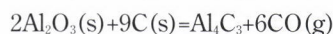
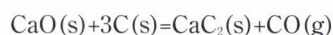
5.2 炭素と酸化物との混合比はどれほどが最適か

酸化物の割合の多いほど、熱変動に対して脆くなりまたスラグが侵入し損傷され易くなる。一方、炭素が多くなると、酸化損傷を受け易くなる。ここにもまた二律背反が生じ、両者の量比を決めにくく、使用条件に応じて、実炉あるいは実験より損傷量の最も少ない条件が模索されている。一般的には、日本では、20%前後、ドイツでは10%前後の炭素が混合される場合が多い。最適量比の確立は、今後の重要な課題の一つである。

5.3 炭素と共存して耐火物になり得る酸化物は何か

鉄鋼炉が、一般に1600℃程度以上まで使用され、ほぼ大気圧下で使用されると仮定し、炭素と共存しても、少なくとも1600℃まで安定な酸化物はどのようなものがあるかを考えてみよう。

熱力学的にみて、次の反応が生じるか否かを、反応に伴う生成自由エネルギー変化から求めると（炭素が酸化されて発生するガス種は、主にCO (g) とCO₂ (g) であるが、炭素存在下で約1000℃以上では、ほとんどCO (g) であるので、P_{CO}=0.1MPaと仮定して求めた）；



SiO₂ (s) とCr₂O₃ (s) は、右側へ反応が進む。右側へ進まない酸化物は、表2で示すように、CaO、Al₂O₃、MgO、ZrO₂とそれらの化合物である。この中でCaOは水和し易く、まだ安定に使用できるようになっていない。

表2 1600℃で炭素と安定に共存できる酸化物及び化合物

酸化物	CaO, MgO, Al ₂ O ₃ , ZrO ₂
化合物	MgAl ₂ O ₄ , CaZrO ₃

現在最も多く利用されているのはMgOであるが、約1500℃以上で使用される場合は、MgOとCとの反応： $\text{MgO(s)} + \text{C(s)} = \text{Mg(g)} + \text{CO(g)}$ が無視できず、損傷の原因となっている。

5.4 なぜ金属、合金、炭化物が炭素含有耐火物に添加されるのか

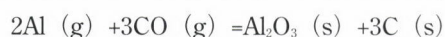
炭素が、酸素の存在しない箇所で使用されるのであれば問題ないが、しかし一般に高温で酸素に晒されることは避けて通れない。炭素の酸化損傷の始まる温度は、炭素の結晶

化の度合いによって相違し、例えば空気雰囲気では、黒鉛は700～800℃から、非晶質炭素では300～400℃からである。

炭素含有耐火物における炭素の酸化を防止するために、アルミニウム (Al)、マグネシウム (Mg)、シリコン (Si) のような金属、Al-SiやAl-Mgのような合金、あるいは炭化珪素 (SiC) や炭化硼素 (B₄C) のような炭化物の (数ミクロンから数百ミクロン) の大きさの粒が2～5重量パーセント添加されている。これらが酸化防止剤として作用する機能をAl金属を例として説明しよう。

炭素が酸化されると、約1000℃以上では主にCO (g) が発生し、耐火物の開口気孔中に存在する気相はほとんどCO (g) となっている。

Al金属粒は、高温で主にAl (g) として蒸発し周囲に拡散し、次の反応によって炭素とアルミナを生成する。



上式の反応から、アルミニウム金属は、炭素が酸化されて生成したCO (g) を再び炭素に戻す働きをして炭素の酸化損傷を抑制しているのが判る。

更に、同時に生成するAl₂O₃ (s) は、体積が増加することから組織の緻密化をもたらす、同時に気孔率も減少させる。また、耐火物表面にあっては、保護層の形成に寄与し、結果として耐火物内への酸素の拡散を抑制することになる。

他の酸化防止剤の挙動も、基本的には同じと考えてよい。

その他種々の非酸化物添加は色々な効果をもたらすことが明らかにされてきているが、主な点をまとめると以下のようである。

- ◎CO (g) を炭素へ還元し、炭素の酸化損耗を軽減する。
- ◎気孔率を減少させ緻密化を促進させる。
- ◎熱間強度の増大を促す。
- ◎表面保護層を形成させ、耐酸化性と耐侵食性を向上させる。

◎結合剤に由来する炭素の結晶化を促進し耐酸化性を向上させる。

6 今後の耐火物発展の方向は

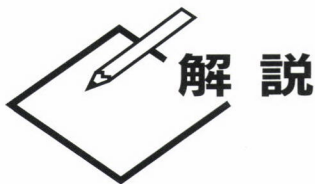
スラグなど高温で接触しても反応しない成分が存在するならば、その成分によって耐火物を製造できれば理想的である。相平衡状態図あるいは熱力学観点から、このような成分は無いようである。スラグなどとの反応が避けられないものとすれば、どのようにすれば損傷を最少限に抑制できるかを考えてみよう。

基本的には、スラグなどを耐火物内へ侵入させず、その接触を表面に限定させスラグをも耐火物の保護層にしてしまうことである。すなわち、耐火物表面でスラグ中に耐火物が少量溶け込むだけで飽和となり、しかもその反応生成物の粘性が高く、その外側にあるスラグ中に拡散し難いならば、侵食速度を相当減じることができるはずである。

また、炭素含有耐火物において、金属や炭化物を添加することによって、それらから蒸発してきた成分を耐火物表面の保護層形成に役立てようとする試みがある。例えば、マグネシア-黒鉛系耐火物において、MgあるいはAl-Mg合金を添加することにより、耐火物表面にマグネシアの緻密層を作らせて侵食速度を減じようとする試みもある。

5.4節でみた炭素含有耐火物に添加された非酸化物の挙動をみると、使用を通して損傷した部分を修復する作用、あるいは耐火物を強化する作用も認められる。今後は、このような自己修復機能をより多岐にわたり備えた耐火物の進展が待たれるところである。

(1996年5月16日受付)



TQCからTQMへ

～管理部門スタッフおよび技術者の役割

山田雄愛 名古屋商科大学経営情報学科 教授
Katsuyoshi Yamada

Total Quality Self Management -A New Emerging Paradigm beyond TQC

1 品質管理 (Quality Control) の 本質と時代への適合

1.1 品質管理の理解

1.1.1 品質管理とは

船舶、自動車、工作機械、家庭電化製品など、今日の日本製品の競争力を押し上げたのは品質であり、その下支えをしたのが素材の品質である。そのように日本製品の品質が向上したのは、鉄鋼業を始めとする各産業の「品質管理」への取り組みであった。品質管理はもともと米国から伝えられた手法であり、英語では「Quality Control」と呼ばれる。略して「QC」ともいう。

我が国に紹介されてから既に半世紀が経つが、その間品質管理の概念も、内容も大きく進化してきた。最も基本となる部分は「品質管理用語 JIS Z 8101-1981」に定義されている次の言葉で表されている。つまり品質管理とは「買い手の要求に合った品質の品物又はサービスを経済的に作り出すための手段の体系」である。

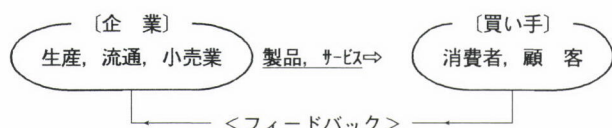


図1 品質管理における企業と顧客の関係

そもそも品質管理は統計的な手法を採用することによって、その概念が打ち立てられ、図1に示すような体系的な整備が進んだので、特に統計的品質管理 (Statistical Quality Control 略して SQC) と呼ばれる。品質管理が統計的手法を導入することによって生まれ、それを柱として発展して来たということは、品質管理と言う管理手法の1つの特徴である。当初統計的手法を使って品質を改善し、品質を向上させるという、品質管理を進めるのは技術者の仕事とされていた。品質管理が拡大した現時点でも技術者が中心的役割を果たさなければならないという状況は変わっていない。

1.1.2 品質管理の目的は

品質管理を理解する上で、非常に大切なことは、目的と手段を取り違えないようにすることである。品質管理の定義で大切なことは、目的である「買い手の要求に合った品質の品物を経済的に作り出す」ことであって、手法を使うことではない。また後段にある「手段の体系」は特定されたものではなく、目的を達成するために有効であると考えられる手段は、どのようなものであれ積極的に採用する、というのが品質管理の基本的姿勢である。最も基本となる「品質」を把握し、解析するには統計的手法が有効であったため、統計的手法は品質管理と切っても切れない関係にある。ただその範囲に留まったり、統計的手法のみを追求し続けることは、木をみて森を見ないに等しい誤りを犯すことになる。

品質管理が目指すものは何か。それはズバリ「あらゆる組織を継続的に維持、発展させることである」。ここでいう組織は一般的には企業活動を行う組織である。そしてその企業の最大の使命は「継続的に存続し、顧客に製品やサービスを提供していくこと」である。10数年前になるが日経ビジネスが「会社の寿命は30年」説を打ち出して、非常な反響を呼んだことがある¹⁾。有効な手立てを講じないと、どのように繁栄している企業でも30年経つと優良企業ランクから消えてしまうと言う。消費者にとって購入した製品、サービスの提供が途絶え、アフターサービスも受けられなかったら、安心してその企業と取引をすることは出来ない。万一ある企業が倒産するという噂が流れたとしたら、その会社の製品は瞬間に価格が下落し、恐らく二束三文でなければ引き取る人は居なくなるであろう。逆に顧客に製品、サービスを継続して買って頂き、増販を計っていくには、品質管理でいう「買い手の要求に合った品質の品物を経済的に作り出す」ことしかない。常に品質管理の理念と自分たちの業務を照らし合わせ、不都合な部分には修正を施して行かねばならない。

ところで“活き活きとした組織”というのは、絶え間なく外部環境の変化を敏感にキャッチし、組織を構成する末端まで挙げて新陳代謝を実行して成長を続ける。新陳代謝というのは、品質管理でいう全組織挙げての「改善」の継続である

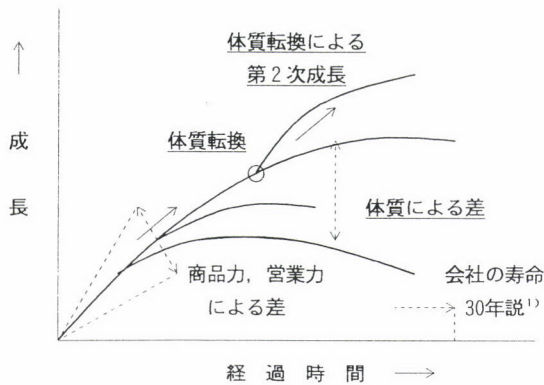


図2 企業の成長に与える体質の影響

う。品質管理には永い歴史的な改善への取り組みの結果、そのような企業の体質転換を効率的に実行するノウハウが蓄積されている。これを模式化して示したのが図2である。

ここで品質管理について総括しておきたい。品質管理には先ず理念があり、それを具体化するための考え方、実行に移すための手法、方策、そしてフィードバックと改善の機能で構成されているといえる。例えばこれを関数の形でみると、次のように表される。

QC (品質管理) = f (理念、考え方、手法、方策、フィードバック、改善)
品質管理の最大の目的は企業の健康維持である。病気になってからではなく「健康維持のために品質管理のノウハウを活用する」という基本姿勢を理解しなければいけない。

勿論、病気に罹った時の処方にも必要である。その場合も品質管理は、企業の自己治癒能力を修復することに主眼を置く。「再発させない」ような対策、これが品質管理のもう1つの特徴であり、数多くの他の経営管理手法と異なる重要ポイントである。

「組織の継続的な維持、発展」これを第1のキーワードとすれば、もう1つのキーワードが「品質」である。顧客に真の意味で満足感を与え、引き続き顧客としてその企業と取引してもらうことが出来るのは、品質であって価格を値引きすることではない。

1.2 品質管理の今日的展開

1.2.1 TQCが果たした役割

品質管理活動がいろいろな企業に導入され、より一層「買い手の要求に合った品質」の追求が行われるようになると、当初は製品を対象としたSQC主体の活動取り組みであったものが、設計や開発等の企業内の前段階の業務実施部署も体系に組み込む必要性が理解され、活動にも参加するようになった。さらには直接的には生産に関係しない人事、経理、購買等の、通常管理部門と呼ばれる部署も重要な関連を持つことが認識され、働きかけが活発に行われるようになった。年代的に言うとう1965年 (S40) 前後になるが、わが国ではこの段階で品質管理は全社的品質管理 (Total

Quality Control 略してTQC) と呼ばれるようになった。TQCは部署の拡がりと同時に職位の面でも技術者、中間管理職から上下に範囲を拡大し、上はトップ経営者 (社長、役員) から下は一般社員まで、全員の意識改革と具体的活動の展開に貢献した。特に製造現場で働く一般社員までもこの品質管理活動に取り組むという展開は、それまでの常識の範囲を超えるものであり、事実大きな効果を上げた。その活動形態の1つが「QCサークル」である。このQCサークルは活動の状況、結果が分かりやすく、初めて聞く者にとって衝撃的であったため、TQCを特徴付ける活動として注目された。

1.2.2 TQCからTQMへ

最近品質管理に関係する各分野で、TQCからTQM (Total Quality Management) への転換が活発に行われるようになった。そのような動きのきっかけとなった第一の理由は、日本で発展したTQCが米国を初めとする諸外国へ拡大した「TQCの国際化」がある。しかし米国ではTQCではなく「TQM」の呼び方が採用されたため、各国もそれに倣って世界的にTQMの呼称が一般化した。現時点でTQCと言うタイトルを使っているのは日本だけであるということが分かり、それに合わせ改称をすることになった²⁾。

もっと積極的な理由は、我々自身が「TQC」という言葉に抱く固定的なイメージからの脱却である。品質管理が日本に紹介されて既に50年が経ったことは前にも述べた。TQCと言う呼称が使われるようになってからも30年が経過している。この30年の間にTQCの持つ概念の幅、品質の定義、支える手法の種類など、その内容は様変わりしたと言ってよい。同じTQCと言う呼び方をされていても、活動の広さや奥行きは何倍にも広がったと言ってよいであろう。(表1参照) しかし看板としてのタイトルが掛け替えられなかったため、内容の変化に気付かず古い理解のままでいたり、TQCというものはこういうものと言う固定的な解釈が罷り通ってしまった。現在そのような事態からの転換が計られつつある。

1.2.3 TQMの理解

それでは「TQMとは何か」。先ず品質管理の対象が、製品やサービスの直接的な「買い手」から、図3に示すように、

表1 TQCからTQMへの転換

TQC	⇒	TQM
品質		総ての質
問題解決		課題挑戦
受動的		能動的
改善		改革
[一般社員 中心]		[経営層 中心]

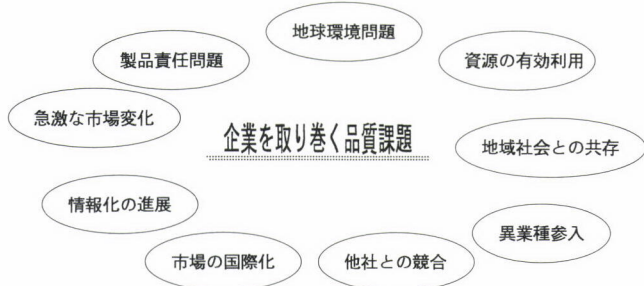


図3 企業を取り巻く各種の品質課題

使用者の周辺に居る人、地域社会、広くは地球規模にまで広がったことである。これには環境汚染の問題、資源の有効利用など人類の将来の問題が絡んでいる。「品質」も製造工程における不良の多少という段階は過去のものとし、積極的に顧客の満足を得るための方策を展開することがテーマとなっている。またいわゆる“バブル景気”の痛い経験を通して、過剰品質が問題として浮上し、「経済性」とのトレードオフ（trade-off：競合する要因間の折り合いをとり、最適解を決めること）、整合性も勘案すべきテーマである。さらには“コスト”的アプローチのみでなく、顧客に製品やサービスが実際に渡されるときの価格“プライス”の問題も避けて通れなくなっている。

但し最も重要な変更は「C：Control」から「M：Management」への変換が示している。企業の体質改善を計る上で、より重要な役割を果たさなければならないのは“マネジメント”と呼ばれる職位にある人々である。この人達が経営の要所を握っており、日々将来を左右する判断をしている。私としてはTQMを次のように定義したいと考えている。

TQMとは「顧客や社会の要求に合った質の高い商品やサービスを経済的に生産し、顧客の満足する価格で、最適なタイミングに提供する活動」である。品質を“質”としたのは、サービスがより重要な役割を果たすようになった今日、品物という意味合いの強い品質と言う表現は避けた方が良くないと判断するからである。

また巻頭にあげた品質管理の定義にある“製品又はサービスを経済的に作り出す”ための原価低減の活動を継続することは当然である。例えば鉄鋼製品でも海外からの輸入品との競争が避けられないことは読者各位も承知のことであり、製品価格決定の主導権がメーカーサイドから流通サイドに移行しつつある状況を踏まえて、利益が確保出来る原価の達成に企業自身の努力は今まで以上に必要である。

前述のように、日本のTQCは世界各国の注目するところとなっているが、その特徴は下記のような活動項目に整理されている³⁾。

- 1 経営者主導による全部門、全員参加のQC活動。
- 2 経営における品質優先の徹底。
- 3 (経営)方針の展開とその管理。

- 4 QCの診断とその活用。
- 5 企画、開発から販売、サービスに至る品質保証活動。
- 6 QCサークル活動。
- 7 QCの教育、訓練。
- 8 QC手法の開発、活用。
- 9 製造業から他業種への拡大。
- 10 QCの全国的推進活動。

このようなTQCの経験を活かして、TQMに向けての展開が計られつつある。

2 TQMにおける管理部門スタッフ、技術者の役割

2.1 品質問題の解決と統計的手法

品質管理が始められた当初は工程の品質不良の低減が最大テーマであり、この時最も活躍したのは製造ラインに密着した技術者であった。品質問題に取り組む時、手法として専ら活躍するのは管理図であり、合わせて簡単な検定、推定が行われ、後に実験計画法の使用が主流となった。製品の品質問題に対する取り組みの中心が、次第に製品開発プロセスの上流に移行するに伴い、生産技術、製品開発部門の担当する業務でのQC的取り組みが重要性を増したが、SQCの手法としては実験計画法が主役となっていた。

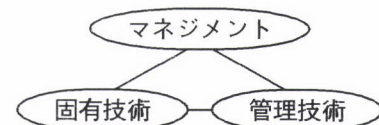


図4 TQMの3要素

その後、TQCとして広がりを持つにしたがい、手法に対するニーズは技術部門よりも管理部門など事務職からのものが強くなった。そしてこのような分野向けに、数値になりにくいデータ（言語情報などと呼ばれる）を解析するための各種の手法、例えば問題を解明する時に有効な連関図法（原因・結果の絡みを図示し、解決の糸口を解明する手法）、問題事象の相互関連を整理する親和図法、PDPC（Process Decision Program Chart：トラブル防止のための計画図）法などが導入された。これらはQCサークルのメンバーが良く使うパレート図、特性要因図、ヒストグラムなどの「QC7つ道具」（略してQ7）に対し、「新QC7つ道具」（略してN7）⁴⁾と呼ばれる。QC7つ道具も新QC7つ道具も、現段階では品質管理を実施しようとする者の常識的手法になっている。

TQMは図4のような3つの要素で構成されている。そして今、品質管理がTQCからTQMへと転換が計られると共に、管理部門スタッフ、技術者全体に対して改めて大きな期待が持たれるようになった。

2.2 今管理部門スタッフ、技術者に期待されること

鉄鋼業のリストラクチャリングは既に80年代から始まっていたが、90年代に入ってから日本の製造業全体が厳しい経営環境に置かれている。国際化に伴う海外メーカーとの競争の上に、急激な為替の円高によって価格競争力が一気に逆転してしまった。

従来のように“良くて、安い”物であれば“大量に”売れる、と言う単純な図式では製造業は成り立たなくなった。合わせて品質に対する課題は前述したように複雑多様である。このような状況を考えると、管理部門スタッフ、技術者が果たさなければならない責務は大きい。

(1) 独自性、独創性の発揮 — 今までの日本企業は横並び経営で、市場に提供される商品も似たり寄ったりであった。その結果は価格競争に巻き込まれ、結果は低い収益レベルで満足せざるを得ない状況に追い込まれていた。また最近では生産プロセスが簡単な製品は、東南アジアなどの発展途上国の追い上げが激しく、価格ではほとんど太刀打ち出来ない。このような状況を乗り切る最も強力な武器は、知的所有権に守られた他の何処にもない製品を開発することである。そのためには管理部門スタッフ及び技術者が旧来の仕事の仕方を脱却し、独自性、独創性を発揮した仕事を行わなければならない。永い間只々押し寄せる仕事の山に追われ、量をこなすのが精一杯であった者にとってこの課題のクリアーは容易ではない。

(2) “品質”概念の変革 — 品質に対する考え方も大きく変革している。工程での不良が少ないのは当然、品質管理が行き届いた生産分野では、“PPMレベル”つまり欠陥が百万個または百万単位に1つとか2つのレベルに達している。従って不良が少ないことでは競合メーカーに差異をつけることはできないし、ここまで来ると品質管理のもう1つの効果である、品質を向上することによって生産コストを低下させることも出来ない。

現段階で大事なものは、顧客のニーズに合った製品、顧客の積極的な満足が得られるサービスを提供することである。但し80年代後半の所謂“バブル”の反省を受けて、コストとのトレードオフは厳しく評価されることになる。考え方を変えれば、価格で評価されるような品質の作り込みがされなければならないということである。我々は顧客が何を欲しているか、真剣に把握することを考える必要がある。

(3) 業務効率の改革 — (1)を読んだ読者の中には、従来も自分達は独創的な製品を生み出すべく努力してきた、と思っている人も多いのではない。問題はそれを聖域にして、自分達の業務を効率化するというのを怠って来たのではないかとということである。今企業の競争力として「スピード」が注目されている。どのように優秀な製品を開発しても、コンペティターの後塵を拝したのでは何も

ならない。またスピードが遅い、仕事の仕方が鈍いということは、コストが嵩んでいることと同義語である。管理部門スタッフ、技術者にとって自分の仕事の効率を上げるというのは、もしかして今までは無関心だったことかも知れない。最近米国からは製品開発を効率よく、短時間に遂行するための手法としてのコンカレント・エンジニアリング(CE：同時進行型製品開発技術)、さらにはコンピュータネットワークを活用したCALS(生産・調達・運用支援統合情報システム)など、気になる情報が伝えられる。どうもその方面での戦ではまともに戦っても勝ち目は無さそうである。日本人はそのような道具競争ではなく、これまでの日本の技術を強くしてきた源泉である智恵の発揮で対抗するべきだと考える。

2.3 仕事に品質管理の考え方を活かす

特に技術者が当然のように強く関心を引き込まれるのは新技術とか、新鋭設備である。それ自身は不自然でも、困ったことでもない。しかし、企業としての立場を考えると単に“技術”の分野に埋没しては良い仕事をしたことにはならない。仕事の成果は品質管理で言う「質、量、コスト、タイミング」の総合的な評価に耐えられるものでなければならない。これは管理部門スタッフも一緒である。

結果としてのこのような特性に寄与する要因として、品質管理では「4つのM(Man, Machine, Material, Method)」を取上げ、仕事をする各々のプロセスで、1つ1つ確実な作業を組み上げることを勧めている。しかし上記の4Mは製品の生産工程を対象にした場合を前提としており、マネジメントを対象とした場合は航空機の事故を解析した結果得られた〔Man, Machine, Media, Management〕(図5参照)とするのが相応しいと思う⁹⁾。

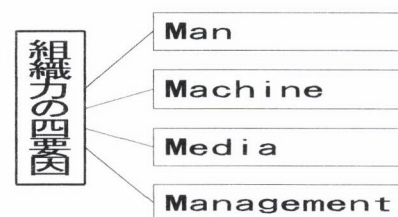


図5 組織の競争力を左右する4M

最初の「Man」は我々自身のこと。つまり私達が持っている技術、知識、経験のレベル、仕事をするための能力そのものである。「Machine」は仕事をする上で使いうる設備、装置である。現在のオフィスにはハードウェアとしてのコンピューターは必須であろうが、そこにどんなソフトウェアが準備されているかが問題である。「Media」は直訳すれば媒体のことである。管理部門スタッフ、技術者にとっての媒体は“情報”という言葉で表現し直すことが

出来よう。我々が業務を行うに当たって与えられる指示、仕様を示す情報、市場の使用環境に関する情報など、良質な情報が無くては良い製品（アウトプット）は出来るはずがない。以上の3Mを考えただけでも、我々を中心とする品質管理の体系がどれだけ整備されているかが、企業の組織競争力の強弱を左右するものであることが分かる。しかし、先に上げた「4M」の中でも最も重視したいのが「Management」である。これは“仕事の仕組み、仕事の仕方、させ方”とも読み替えられる。通常前掲の3つのMがあれば生産でも、技術でも仕事は始められる。特に従来日本の企業は、製造分野ではMachineとMaterialの要因を強化することによって品質を確保し、強い商品力を達成して来た。しかし基本的に労働集約型生産に頼らざるを得ない管理、技術の分野では、仕事の成果（アウトプット）がどのレベルに納まるかは、この4番目のMによって大きく左右される。

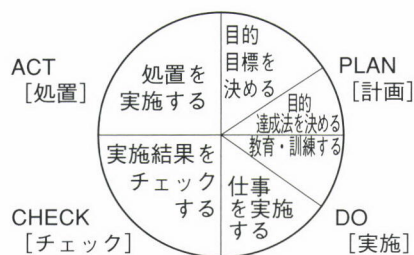


図6 デミング・サークル

“仕事の仕方”について品質管理が教えてくれるものは数多いが、ここで1つだけ上げるとすると、通常「デミング・サークル」(図6参照)と呼ばれる仕事への取り組みの考え方である。簡単に解説すれば、私達が行う総ての業務は先ず「計画立案」に始まり、それに基づく「作業の実施」、作業が完了したら「結果をチェック」する。そしてチェックした結果は必ず次の業務に反映させるべく「アクション(処置)」をとる。以上がこのデミング・サークルの意味するところである。極く単純なことしか言っていないが、TQMで重要な“フィードバック”“改善”も、勿論この中に包括され、「管理」「マネジメント」の本質を示す概念と言える³⁾。読者も多分、既に耳にしていることではないかと思う。

考えてみると今私達が使っている技術は、どのような分野であれ蓄積によって築き上げられたものである。例えば人類が鉄を手に入れてから2000年は経過しているし、近代的な製鉄技術が始まってからも200年近くが経ち、その間夥しい数の改善、改良が加えられて今日に至っている。このことはつまり、その時々技術者が色々な問題の対策に取り組み、得られた成果を1つ1つ積み上げてきたといえる。言い換えると上記のデミング・サークルをスパイラル状に回して技術を押し上げてきた、と言うことである。私達は

管理と技術（ここで言う仕事の仕方）は別物のように考えがちであるが、そのような偏見は捨てなければいけない。事務系の仕事をしている人でも、このような思考法を好まない人がいる。しかし、その仕事に“経験”というものが存在するのであれば、そこには必ずこのサークルが回っていることは間違いない。先に述べたように、仕事にスピードが求められる時代には、デミング・サークルを如何に早く回すか、マネジメントの改革に智恵を絞らなければ、競争に負けてしまう。品質管理（TQM）はそのような努力をサポートする、頼りがいのある手法体系を提供する。

2.4 統計的手法を見直す

先の2.1節で統計的手法としては、実験計画法が中心的役割を果たしているところまで述べた。一時期、この段階で品質管理の統計的な活用分野の発展が足踏みをしたのは、品質管理全体の関心が他に移ったこともあるが、統計的に解析すること自身、技術者であってもかなりの負担であったことが理由に挙げられる。

しかし、世の中の情報化の流れを受け品質管理の世界にもパーソナルコンピューターが普及したことにより、この約10年前から事態は全くと言って良い程変化してきている。現在非常に数多くの、広範囲に亘る統計データ解析用ソフトが市販されている。例えば「多変量解析」「重回帰分析」といった類のものである。その結果、以前は手計算で難渋していた時代にはとても取り扱うことが出来なかった、複雑に特性が絡み合ったデータを、大量に処理することが可能となった。しかも比較的簡単な操作で、早く、正確にである。その結果、従来と比較し、我々が取り組むことが出来る品質管理の分野が拡大した。

(1) 大量のデータを処理することができる。

実験計画法を行った後、手計算で結果を出そうとしたらデータ数は精々100個が限界であった。現在ではインプットの手間さえ惜しまなければ、何千のデータの処理も可能である。このお陰でその中に潜む、微妙な情報が引き出せるようになった。工程解析の場面では1次元、2次元止まりだったものが、もっと高次元の要因解析まで解明出来、今まで解決不可能だった品質問題が解決されている。販売企画の観点からみれば、市場における需要変動の把握、潜在需要の把握にも有効性の発揮が期待される。

(2) 過去に取られたデータを再処理することができる。

鉄鋼業など伝統ある産業では、過去先輩諸氏が採られたデータが無尽蔵といっても良い位蓄積されていると思う。そのようなデータをもう1度取り出して、そこから埋もれていた情報を取り出す、そんなことも可能である。例えば利用価値が無いと思っていた、石炭殻の山から金の採取技術が開発されたというようなことに匹敵する。実験計画法

の時代には、何か情報を得ようとするとは必ず新たに実験という行為を起こさなければならなかった。しかも実験に伴う負担に比べ、得られる情報は必ずしも満足の行くものでなかったことがSQCが停滞した理由でもあった。技術的に条件が揃ったデータが入手できるような場において、このような可能性が開けたのは大変な福音である。鉄鋼各社が誇る技術の伝統が光る、又とないチャンスと思う。

(3) 実験をシミュレーションすることができる。

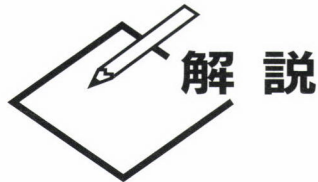
例えば強度解析の手法としてFEMが普及しているが、これを実験計画法で指定された実験に対応させることで、実際には実験をせずに、要因効果の判定ができる。同様な事例は鉄鋼の世界でも有ると思う。最終的な評価も現物無しで済ます程の段階にあるとは思はないが、当たりを付けたり、中間段階を効率よく進める知恵として活用できる。

以上極く要点のみの紹介であったが、品質管理が今日TQMと呼ばれ、我々は何を期待されているか、また我々が仕事をする上でどのようなサポートが準備されているか分かって頂けたと思う。本稿では個々の内容を紹介するまでには至らなかった。これを機会に品質管理に関する参考文献をひもといて頂けることを期待する。

参考文献

- 1) 会社の寿命,日経ビジネス編 (1984), 日本経済新聞社
- 2) ENGINEERS, No.569, (1996), p.30, 日本科学技技術連盟
- 3) 石川馨: 品質管理入門 A, (1989), 日科技連出版社
- 4) 三浦新,他編: TQC用語辞典, (1985), p.224, 日本規格協会
- 5) 柳田邦男: 事故の視点, (1978), 文芸春秋社

(1996年3月28日受付)



鉄鋼流通情報システム

徳永修一

Shuichi Tokunaga

住友金属工業(株) システムエンジニアリング事業部 情報化推進部 参事

Logistic Information System of Steel Industry

1 はじめに

1963年に本社に物流部(運輸部)が創設されて以来30余年が経過したが、物流部の役割の原点は変わることなく良質の物流力を廉価かつ安定的に調達することにある。鉄鋼製品の販売、生産形態に起因する物流には次のような特徴がある。(1)販売形態は商社を媒介としているが、製品納入は需要家指定場所までの納入責任が鉄鋼メーカー側にある。(2)製造プロセスは「アセンブル型」ではなく、多段階の工程を通過し作りわけていく「ブレイクダウン型」であるため、必然的に製造リードタイムが長期間となり、在庫対応能力が求められる。(3)製鉄所が生産立地であるが故に重量物の大量長距離輸送を余儀なくされている。

したがって、鉄鋼業における販売物流を円滑に遂行するために、内航船舶や流通基地等のハードとしての流通基盤の整理を進める必要がある。また単なる製品納入サービスに代えて、製品に付随する情報提供サービスを含めたサービスの総体を「物流」と定義し、情報システム基盤の充実を促進してきた流通システムを当社の事例を通して概観してみる。

表1にあるように1975年ごろまでは販売数量拡大の時期で中継基地や内航輸送の充実が図られた。しかし流通システムはまだ黎明期でバッチ処理を主体に費用検収業務システムや基地の受払管理システムが稼働しはじめた時期であった。

1975年以降1987年ごろまでは非価格競争力強化の時期で一貫納入体制の確立に向けて、国内物流体制の再編や流通センター、配船センターが設置された。これにともない現

表1 流通システムの変遷

	物流体制	流通システム
1963年 販売数量拡大の時期	・運輸部設立 ・中継基地の充実 ・内航輸送の充実	1974年 検収業務システム
1975年 非価格競争力強化の時期	一貫納入体制の確立 ・国内物流体制の再編 業務拠点検→効率的 基地運用・二次輸送 ・流通センター設置 ・配船センター設置	1978年 内航船舶システム 1981年 標準輸送管理システム 1987年 納入一貫管理システム
1993年 リストラの時期	・物流構造改革 組織・業務のBPR	1991年 需給管理システム

在の流通システムの骨格となる納入一貫管理システムや標準輸送管理、物流実績管理、在庫一元管理、内航配船等多くのシステムが稼働しはじめたが、同時に総合的経営管理のための経営情報システムの総合化が要求され始めた時代でもあった。

1987年から現在まではバブルの時代を経てリストラの時期といわれているが、社内では販・製・流・技一貫化に向けて販売系生産系の各種システムが稼働し始めた。一方物流部門ではその一環として需要と供給のバランスを予測して適正在庫を保持する需給管理システムが稼働を開始した。

本文ではこれらの中より納入一貫管理システムと鉄鋼流通システムにおけるEDI(Electronic Data Interchange: コンピューターネットワークを介して電子的に受発注、輸送、決済などのビジネス文書をやりとりすること)を中心に紹介する。

2 納入一貫管理システム

1985年より全社的な経営革新が推進される中、物流部門は表2に示すように非価格競争力強化とコスト合理化という課題を掲げて、倉入れ以降需要家納入までの一貫管理体制の確立とシステム構築を行った。具体的には図1のように、納入管理強化の為に製鉄所の倉入れ以降を本社管理範

表2 物流改革のポイント

販製流改革	販売面	守れる 納期設定	事務処理 の迅速化	品質仕様 管理強化	販売政策 強化	需要家 サービス
	生産面	生産管理 システム刷新	総合製造物流 システム構築	技術面の 向上	設備面の 改善	
販 売 物 流	管理範囲拡大 によるトータル コスト削減	①製鉄所の倉入れ以降を本社へ(従来出荷以降が本社) ②流通基地のプール管理 ③最適組織化/物流関連会社再編 ④受注～需要家着までの一貫管理システム構築				
	需要家応対窓口一元化	①流通基地管理センターに情報の集中化 ②入荷案内のコンピューターによるファクシミリ送信自動化				
	基地の 効率化	①基地運用の見直し ②置場管理の効率化(バーコードによる3次元管理) ③作業効率を狙った作業計画立案 ④基地作業体制に合わせた柔軟なシステム環境整備				
	管理指標の設定	①特に需要家サービス率向上の指数設定により管理レベル低下の歯止め(EUCを背景に)				

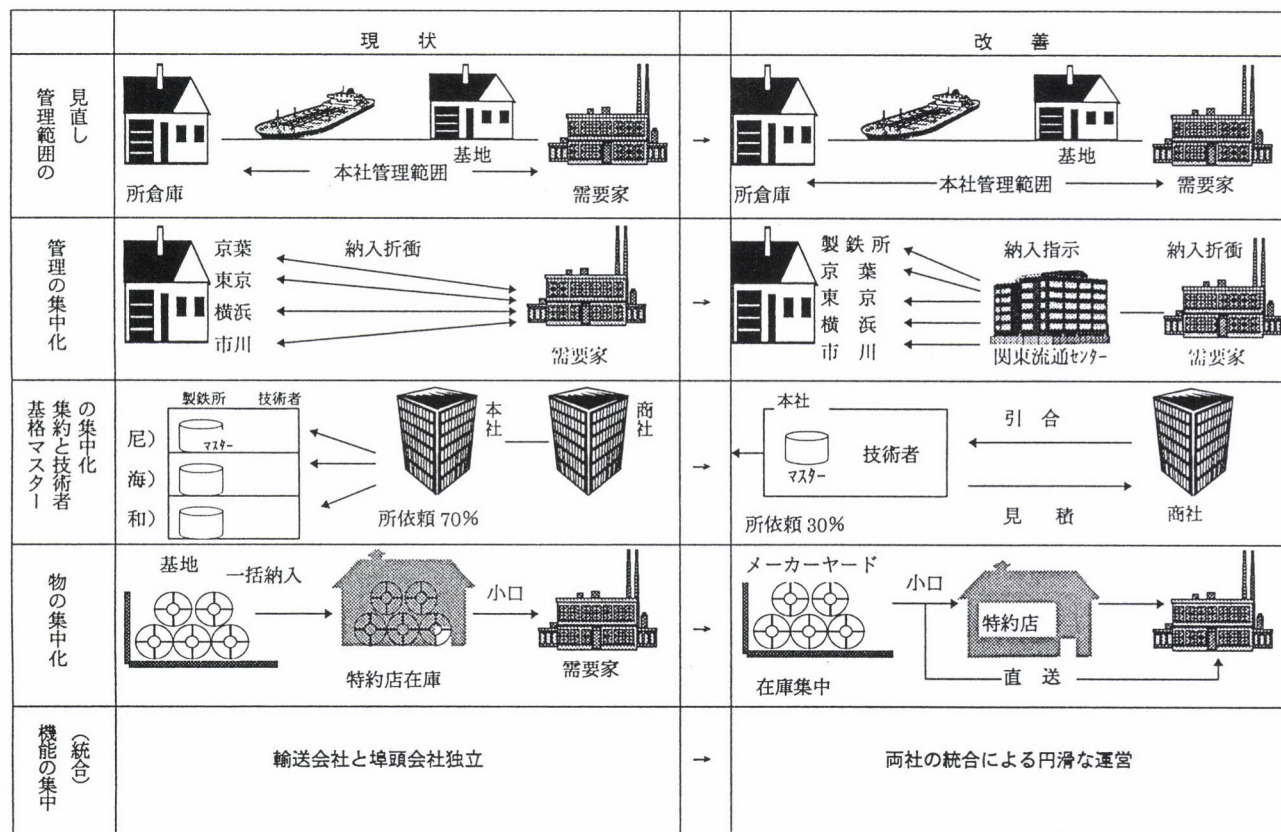


図1 具体的改革事例

囲に変更するとともに、納入折衝の窓口を流通センターに一元化するなど、業務の再編成を行うと同時にこれを支える流通システム構築に着手した。

図2に示すように、納入一貫管理システムは納入折衝、配船計画、基地現品管理システムより成っているが、これに特約店在庫をメーカーヤードに集中して需要家直送を図ったEC（Electronic Commerce：商取引に伴う書類の作成や受け渡しなどを包括的に電子化すること）の先行版とでもいうべき鋼管販売支援システムを加えて解説をする。

流通システムの環境は本社コンピューターセンターを中心に、8箇所の流通センターと42箇所の流通基地をネットワークで結んでおり、24時間オンライン体制を確立している。60万ステップのプログラムと45ギガバイトのD/B（互いに関連をもったデータを一定の規則に従って統合化した多目的のファイル）がこのホストコンピューターの中で稼働し、150台の全国の基地等にある端末から、17000件/日の指示や実績が入力されている。

したがって、倉入れ以降の現品情報についてもその物流進捗情報がリアルタイムに把握できるのみならず、流通基地における受払月報や月末残高の確定が翌月1日の早朝には行われている。

2.1 納入折衝

需要家から発注いただいた製品納入時期を、需要家からの

指示や需要家との折衝により決定する業務である。当社ではこの業務を拠点の流通センターが行い納入指示を拠点内の製鉄所および各流通基地に対して行っている。需要家からの納入予定や状況の問い合わせには、倉入れ以降需要家へ納入されるまでのすべての物流進捗情報を収集したD/Bにより契約No.や現品No.はもちろんのこと、需要家別・品種別にその進捗や在庫状況がわかるようになっている。

契約納期にしたがって最終納入時期を決定する折衝業務は従来は入荷案内票を出力しこれにFAXリストをセットして送信するという作業を納入単位毎に行っていたが、1987年に図3に示すような自動FAXシステムを開発した。これは、入荷案内情報と折衝相手やその電話番号等の情報を流通センターにあるPC（パーソナルコンピューター）に転送し、このPCのFAX機能により人手を介することなく自動的にFAXできる仕組みである。現在であれば、PC上で動く汎用的なPCFAXソフトや電子メール等がありめづらしくない機能であるが、当時としてはメインフレームコンピューターとPCをMML（Micro Main-Frame Link：メインフレームコンピューターとパソコン等のマイクロコンピューターを接続させてそれぞれの特徴を生かした形で利用出来るようにする技術）で結んだ先進的システムであった。

2.2 配船計画

当社グループの約100隻の内航船団をシステムで一元管

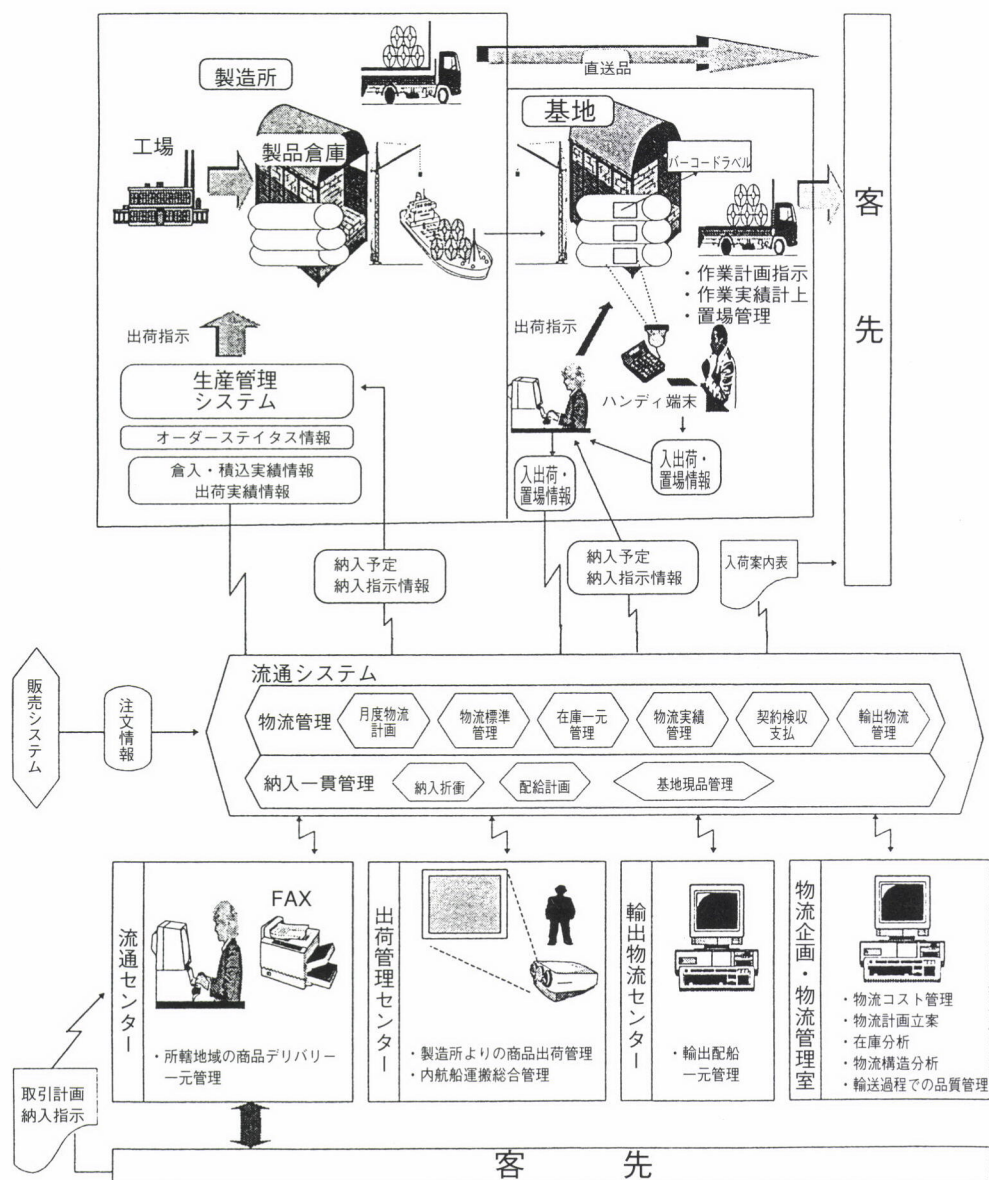


図2 流通システム概念図

理しているのが配船センターである。ここでは配船船積計画シミュレーションにより、船舶の動静、製鉄所や中継基地の岸壁の使用情況、荷役の進捗、貨物動向予測等のデータより、最適配船スケジュールを作り船舶回転率の向上を図っている。

効率的な配船スケジュールの具体例として、納入地域や納入量規模等の特性に応じて、指定配船方式（航海ルート単位に船名を固定する配船の方法）、ピストン配船方式（定点を往復運行する配船の方法）、ローリング配船方式（複数の積港・揚港を巡回する配船の方法）を組み合わせることにより、当社貨物に加え外部貨物の輸送を含め年間5億円もの物流コストの削減が可能といわれている。

2.3 流通基地現品管理

2.1で納入日が決まった製品は、製鉄所に対して出荷指

示が出されて、地域によりトラックによって需要家に直送されるか、需要家の近隣にある流通基地へ海送される。

流通基地現品管理システムはこの流通基地における製品現品の受け払いと在庫管理機能を有している。

流通基地における入出荷計上は図4の内容で1987年に稼働を開始した。入荷計上のプロセスは、まず製鉄所において船積が確定した段階で積荷明細情報を流通基地の入荷情報として受け取る。この情報に基づき現品ラベルを作成し、バーコードH/T (Handy Terminal) にもこの情報を転送する。船が流通基地に到着し、船内から倉庫へ移す水切り作業を行うときに、現品ラベルを現品に添付する。その後倉庫では入庫製品に置き場情報を付与する。つまり、置き場ブロックの通路側にある倉庫、棟、ブロックを規定したバーコードを読み取り、更に3次元置き場情報としての段積み位置を入力する。そして最後に現品に貼られたラベルの製

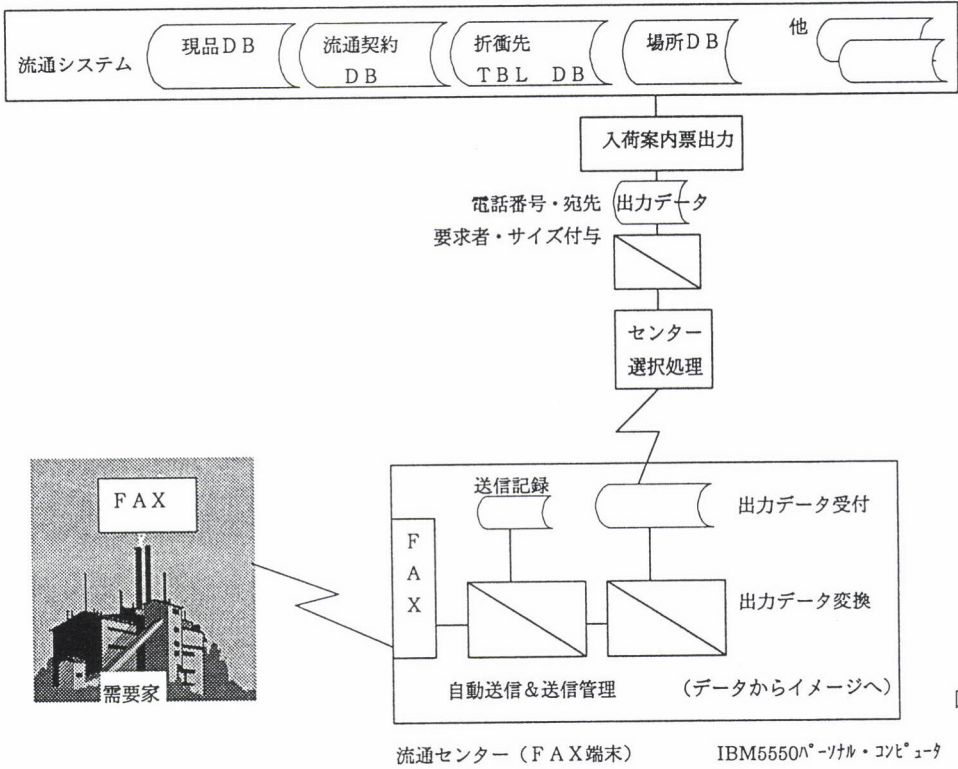


図3 自動FAXシステム

処理機能		内 容
入 荷 計 上	①入荷情報の取込	<各所> <本社> <基地>
	②現品ラベル作成 (バーコードラベル)	<基地> ・ラベル作成対象選択可
	③入荷情報のH/T取込	<基地> ・ラベル作成済データのH/T転送
	④現品ラベル添付	<基地>
	⑤水切・配付作業	<基地> 船==>倉庫・水切時、入荷を表す “赤リボン”を現品に取付
	⑥H/T入荷登録	<基地> 置場コードラベル 赤リボン 現品ラベル 手順 1. リボン付現品の把握 2. 置場コードラベル読取 3. 段数インプット 4. 現品ラベル読取 5. “赤リボン”外し 注：データの取込は現品静止時実施
	⑦入荷計上	<基地> <本社> ・入荷計上処理
置 場 変 更 出 荷 計 上		(上記H/T入荷登録、入荷計上に準ずる)

図4 入出荷計上処理



作番号と現品No.を読み取り、流通基地現品管理システムにこの情報を転送することにより入荷計上が完了する。

なお、1988年よりは製鉄所で倉入れされる段階で添付される製品ラベルにバーコード標記を開始したので、基地でのラベル発行と添付作業は不要となった。

この流通基地現品に関する電子情報とバーコードにより現品トラッキングを実施したのは鉄鋼業ではこの試みが初めてであり、後述する鉄鋼EDI標準へと発展していく。

バーコードH/Tシステム

(1) ハードウェア

H/T、キャノンHT-7000

バーコードリーダー、100mmワンタッチ

バーコードリーダー

プリンター、IBM5557

(2) バーコード仕様

コード39

(3) 現品ラベル

稼働当初現品ラベル、図5

現在の製品ラベル、図6

2.4 鋼管販売支援システム

本システムは1987年に鋼管の販売・流通体制の革新を目的として稼働を開始した。当時は既にカンバン方式が浸透して需要は小口化、即納化を求められていた。これにこたえるためには流通基地、特約店等流通の各段階で多量の在庫を抱えるしかない。しかし、輸送費、保管料が増加することにより流通段階に多量の在庫を持つことも困難な状況であった。

この課題に対して当社では「ヤード体制の強化」と「特約店のネットワーク化」を実施した。ヤード体制とは、メーカーが中心となって全国の拠点に在庫を集約し、これを統一して管理し効率化を図るとともに、そこから製品を直接エンドユーザまで納品する体制である。

システムの全体概要図を図7に示す。特約店は在庫を確認し、必要な品種、サイズ、本数を入力することによりVANセンター（回線提供者から回線をかり、高度な通信処理機能など付加価値をつけてサービスを行うセンタ）の在庫マスターに引き当てられ発注処理が行われる。商社は端末の

コイルNo.	W・No.	注文先	ライン/改修
973573011	EOTW0720		E1A0
国内ラベル		貼付指示	側面1/1
		庫場	E12A06110

品名	スミジング	199601
注文先	KK	段
W・No.	EOTW0720	専設
規格	SECC-T1	1
寸法	1.200×914.0×C	目付量
厚		8.400
市		20/20
長		
員数	1	
質量		
外径		
手配コード		
コイルNo.	973573011	
S3+	無	
納期	02.28	
1362	322	

住友金属工業(株) 鹿島製鉄所



図6 現在の製品ラベル

ない特約店について上記業務を代行したり、与信、価格マスターの更新を行う。メーカーは在庫マスター等の更新を行うとともに出荷処理を行う。図8にネットワークの構成を示す。商用VANセンター上に3社の共用データベースを構築し、それぞれパケット、専用回線、公衆回線などでVANセンターの最寄りのアクセスポイントに接続している。

現在でも近畿、東海、関東、東北地方を中心に70台以上の端末が稼働しており、過剰在庫の防止や輸送の効率化による物流コストの削減に効果を発揮している。当システムはネットワーク上に商品D/B等を公開し、これに対して問い合わせや注文を行う。一方、製品は一元管理されており、ここから注文に従って配送される。商流、物流とも多段階を解消したBPR（Business Process Reengineering：業務の内容やビジネスプロセスを最適になるように再設計し、業務内容や組織を変更したり事業分野のリストラを行うこと）であり、今にして思えばオープン化度合いの差はあるがまさにECの目指すところと一致していたのである。

3 EDI、バーコードの発展

前述のようにバーコードは流通基地における入出荷管理や現品管理の効率化に大きく貢献した。しかし、この試みは企業内の製鉄所や流通基地での成果であり、より下流の流通機構や需要家迄を巻き込んだ試みではなかった。

一方、鉄鋼業界ではEDIの業界標準化の必要性が次第に高まるとともに1990年10月に高炉メーカー6社（新日鐵、NKK、川鉄、住金、神鋼、日新）と総合商社7社（三井、三菱、丸紅、伊藤忠、住商、日商、トーマン）による鉄鋼ネットワーク研究会が発足した。この研究会は1990年から1992年にかけて諸活動を行い、その結果「鉄鋼EDI標準」が制定された。この標準の内容は標準メッセージ、標準項目、標準コード、バーコード標準で構成されている。特にバーコード標準についての様式を図9と表3に示す。この薄板製品を対象にした、標準バーコードラベルは1995年より新日鐵、NKK、川鉄が採用を開始し、当社も1997年より

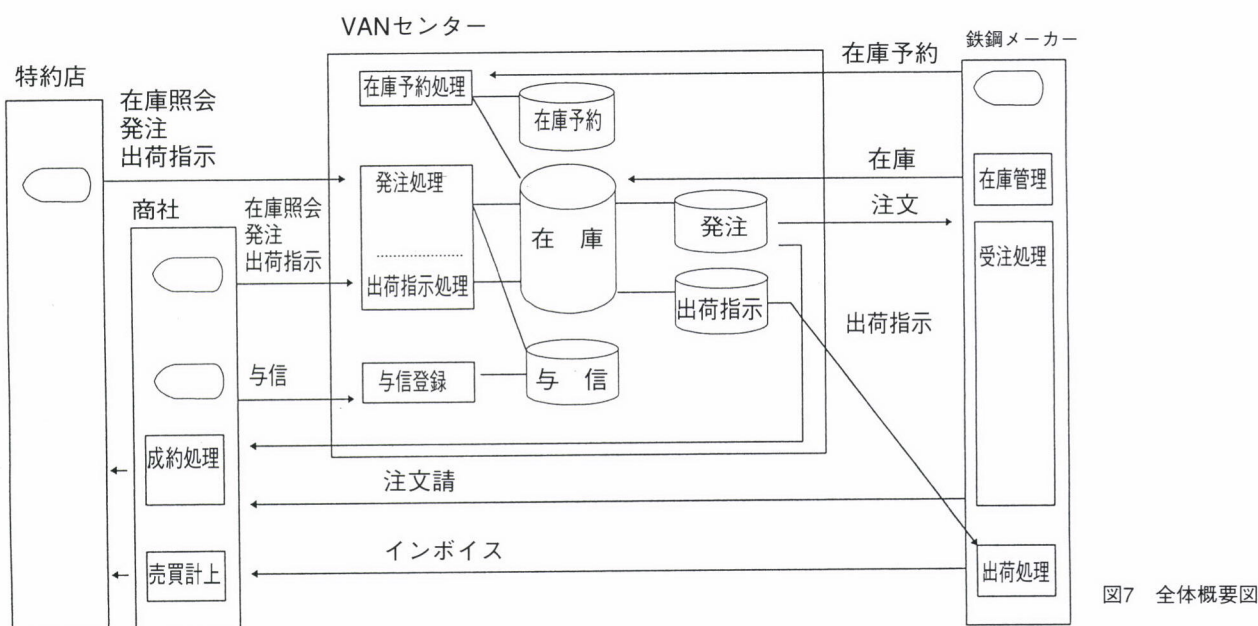


図7 全体概要図

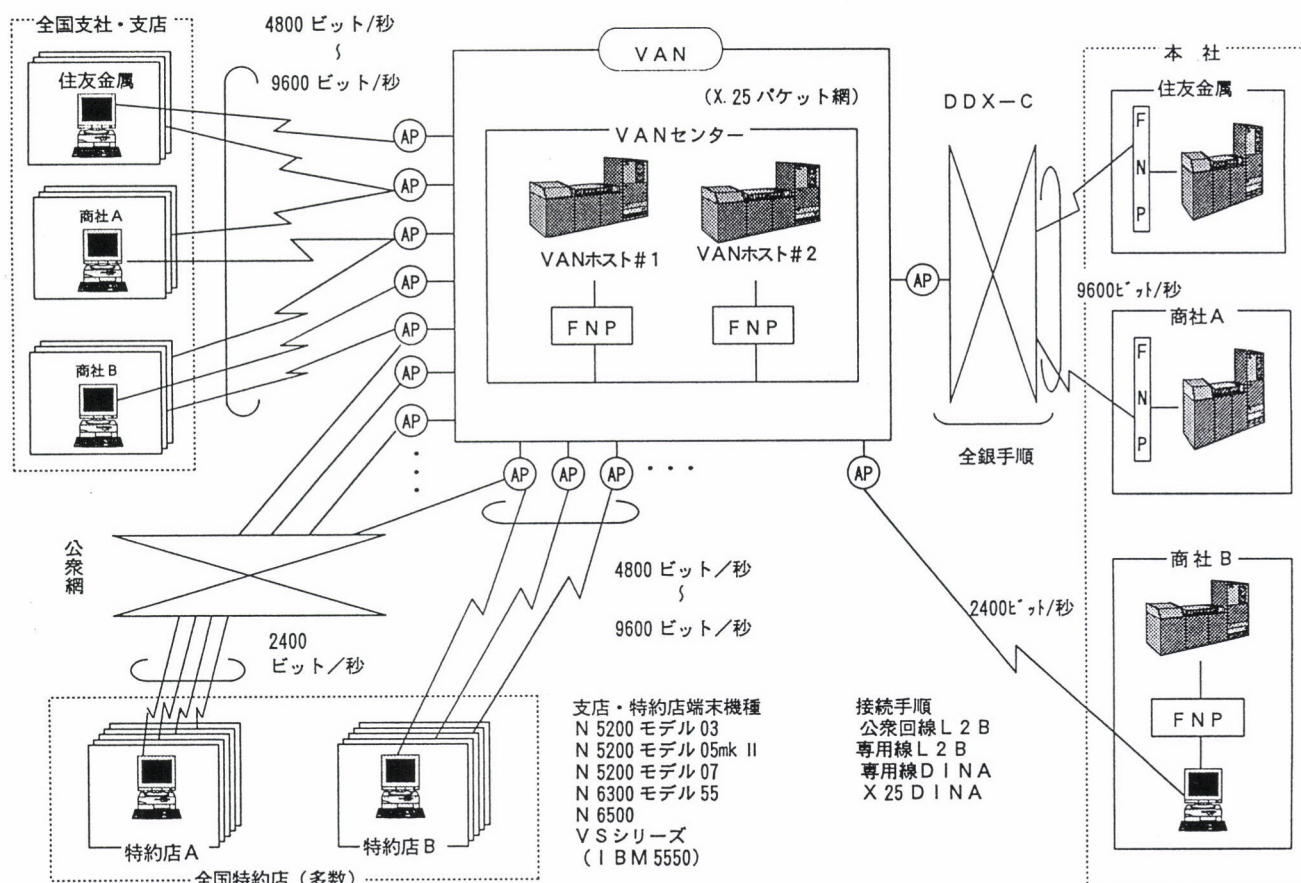


図8 ネットワーク構成図

図10に示す内容で実施する予定である。更に、バーコードに標記するデータ項目の定義について表4にまとめる。

また、このEDI標準はCIIシンタックスルール（産業情報化推進センターが作成したEDIにおける電文のメッセージを組み立てるルール）を採用しており、その特徴は従来の固定長の情報フォーマットに対してTFD形式（Transfer

Form Data）をとっていることや、漢字をサポートしている等である。TFD形式とは図11のように1つのデータエレメントに対しその識別子と長さのタグが付いている。その集合体がメッセージとなるため、結果として可変長のフォーマットになる。

現在の鉄鋼業のEDI活動は業界標準の制定から啓蒙普及

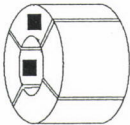
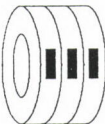
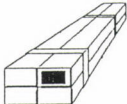
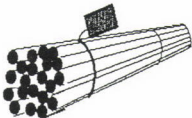
バーコード ラベル			
品種及び 梱包状態	梱包段階添付例示	添付形態	使用様式
薄板コイル／シート (熱延・冷延・表面 処理・ブリキ・電 磁鋼板・ステンレ ス)	  	原則的には 貼付ラベル	原則的には 様式A-1 様式B-1
棒線コイル及び 結束材	 	原則的には フープシール 原則的には タグ (荷札)	原則的には 様式C-1

図9 バーコードの様式

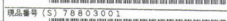
形式 A-1 JIS マーク タフジンクアロイ		 住友金属工業㈱ 鹿島製鉄所 問合せ先 TEL 0299-84-2535(直通)	
お客様 自動車株式会社		工場 様	
品 種 SCG4340BH-0-30L/60L		材料規格コード (P) 1234567890123456 	
製品寸法 10.65×1250.0×1260.0		鋼材企業コード (V) 1234567890123456 	
パイロ板 9999999999999		製品番号 (S) 789012301 	
質 量 12,320 kg		知工番号 (K) 1234567890123456 	
数 量 10,000		等 級 1	保 証 上面
製造年月日 1995.11.23		チャージコード 5A50716	W/No. E0TW5608
塗 装 有り		Sコード 無し	目 付 130/160
		質税/商税 (Q) 14380/31 	
J I S T 0 0 4 2		9 6 8 3 3 0 5	
			

図10 製品ラベル

期に入っている。1996年の4月に行った業界アンケートでは鉄鋼EDI標準を採用している企業は30社を越えており、その中でも一番多く用いられている標準メッセージは「出荷現品情報」であった。これは、商取引きのみならず、流通情報が業際間では利用効果が高いことを示しており、バーコードと対でEDI情報が利用される事を暗示している。

以上の様に鉄鋼における流通情報システムは、企業内の物流コスト合理化と非価格競争力強化を背景に、リアルタイム化、詳細化、ネットワーク化を進めてきた。そして、業界内標準化、業際標準化を推し進めてより効果のあるものにしつつあるのが現在である。さらに、これを加速するCALS (Continuous Acquisition Life-cycle Support 又はCommerce At Light Speed) 調達から設計、開発、生産、運用管理、保守に至る製品のライフサイクルに関する情報を

表3 バーコードの様式

				様式A	様式B	様式C
				A-1	B-1	C-1
大きさ		横		100	200	100
(単位：mm)		縦		90	46.5	25～32
主対象品種				薄板	薄板	棒線材
主添付形態				貼付ラベル	貼付ラベル	フープシールまたはタグ
記載事項		識別子	最大桁数			
	材料識別コード	P	15	○	○	—
	供給者企業コード	1V	12	○	○	○
	現品番号または	S	15	○	○	○
	梱包番号	3S	15	○	○	—
	発注番号または	K	15	○	○	—
	メーカー契約番号・行番	1K	15	○	○	—
	質量／員数	Q	11	○	○	—
様式名（文字情報）*				JISI A-1	JISI B-1	JISI C-1
供給者名（文字情報）				○	○	○

* 注) JISI:「鉄鋼EDI標準」のBPID (Business Protocol IDentification)
Japan Iron & Steel Industry

表4 バーコード項目の定義

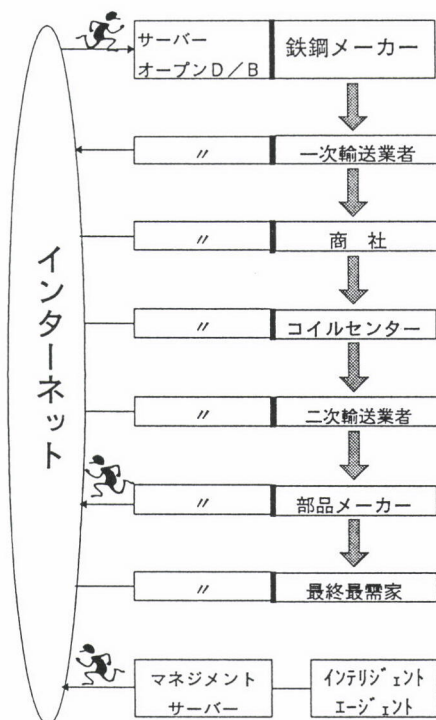
データ項目 *1	内容指定者 *2	識別子	最大桁数 *3	記 載 内 容
材料識別コード	顧客 *4	P	15	注文段階で判明している顧客が明細毎に指定する管理No.1
供給者企業コード	メーカー	1V	12	CII標準企業コード 12桁
現品番号 *5	メーカー	S	15	現品を識別するユニークなキーであり1年間は重複しない事。
梱包番号 *6	メーカー	3S	15	梱包単位に現品を識別するユニークなキーであり1年間は重複しない事。
発注番号	顧客 *4	K	15	注文段階で判明している顧客が発注単位に指定する管理No.2。但し、データがスペースの場合はメーカー契約番号行番を表示してもよい。その場合は識別子は“1K”とする。
質量／員数	メーカー	Q	11	契約に基づく質量／員数を、左詰めで有効数字のみを表示する。但し、最大桁数は下記とする。 (内訳) 質量 5桁 スペース 1桁 員数 5桁

- *1 英語表示の必要な時は、AIAGの名称を使用のこと。
- *2 顧客指定方法は、メーカーへの注文書による運用を基本とする。
- *3 データは、原則左詰めで有効桁数を表示する。
- *4 顧客指定項目は、顧客の要請なき場合は打ち出さなくても良い。
- *5 “切板”等内容の複数鋼材が、個々の現品識別番号を保有しない場合の、いわゆる“梱包番号”は「現品表示の最小単位」であり、この「現品番号(S)」に相当する。
- *6 “スリットコイル”等内容の複数鋼材が、個々に「現品番号(S)」を保有する場合の、いわゆる“梱包番号”“結束番号”は、この「梱包番号(3S)」に相当する。

統合データベースで一元管理し各工程をサポートするビジョン)やECのコンセプトが導入され、鉄鋼流通システムは官民学一体となった実証研究を経てグローバルでオープンなシステムの一つへと変わっていくことが期待される。

4 おわりに

1996年4月10日、通産省は「企業間高度電子商取引推進事業」の対象プロジェクトとして、CALSプロジェクト、EDI高度化プロジェクト等26件を決定した。この中のプロジェクトの1つとして「鉄鋼EC」が入っており、図12に示すように鉄鋼メーカーから一次輸送業者、商社、コイルセンター、二次輸送業者、部品メーカー、最終需要家、まで



＜研究内容＞

1. オープンインタラクティブ EDI
 - ・インテリジェントエージェントの開発
 - 分散D/Bによる商流内一貫データ把握
 - ・EDI標準
2. C/C, 部品メーカー向業務標準パッケージシステム

図12 鉄鋼ECの構成

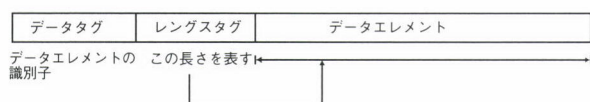


図11 TFDの構造

のサプライチェーン全般にわたる鋼材取引を対象に、インターネットを活用した分散型D/B、オープンインタラクティブEDI（オープンなネットワークとデータベースの環境を用いて電子的なビジネス情報のやりとりをオンライン会話的に行うこと）、インテリジェントエージェント（知的代理人。コンピューターのユーザーである人間の代わりに、情報の検索や要求している処理を理解して実行するソフトウェア）等の実証研究を実施することになった。

ECは単に電子による商取引ではなく、鉄鋼業においては物の配送も含めたECが主流にならないといけない。そのためには、上記に示した各流通段階の物流進捗や在庫状態を把握できることのみならず、船舶の動静を衛星で把握してきたように、陸送では道路状況を把握しつつどのルートを選択するのが最適か、顧客からの納入時刻に対する質問に即座に答えられることが必要になってくる。これを

可能にする技術がGPS（Global Positioning System）とカーナビゲータであり、ECと組み合わせることにより更に新しいシステムへと発展することが期待される。

このように、鉄鋼流通システムは多くの業界や、最先端の社会インフラを利用する高度な情報化技術をベースに、物を運ぶ事とその物にサービスとしての情報を同期化させることが今後とも求められる。

参考文献

- 1) 西村弘：システム／制御／情報, Vol.37, (1993), No6, p.336～337
- 2) 堀内好浩：鉄鋼のIE, 第34巻第1号, (1996), p.24～35
- 3) 第17回(1986年度)石川賞受賞記念講演予稿集, p.10～22
- 4) 木村浩造：C&C SYSTEM, REVIEW, No.11 (1988), p.43～47
- 5) (社)鋼材倶楽部鉄鋼EDIセンター, 鉄鋼EDI標準, (1994)
- 6) 末松千尋：CALSの世界, ダイヤモンド社
- 7) 日刊工業新聞社編, 日本のCALS

(1996年5月8日受付)

現場技術報告

製鋼工場におけるスライドゲートプレート再生技術の開発

Development of Recycling Technology for Slide Gate Plate at Steel Making Plant

住友金属工業（株）鹿島製鉄所

布袋屋道則・三木 隆・小木曾勇三*

東芝セラミックス（株）セラミック事業部

川村 俊夫・伏見 哲郎・木島 正彦

1. 緒言

鹿島製鉄所製鋼工場では、耐火物コストおよび産業廃棄物排出量の低減を目的に、連続铸造機タンディッシュ（以降CCタンディッシュと称す）用および取鍋用スライドゲートプレート耐火物の再生使用技術の開発に取り組んできた。

従来、スライドゲートプレート（以降SGプレートと称す）耐火物は、製鋼耐火物コストに占めるウェイトが大きいにも拘わらず、異常な損傷による溶鋼流量制御機能の欠如、あるいは漏鋼トラブル防止への過敏な配慮から孔径部を除いた大部分が健全な状態でも廃却を余儀なくされていた。そこで、健全な耐火物を有効活用するべく再生技術を開発し、実機適用したところ、新品と同等の耐用と製鋼耐火物コストの低減が図れたので、その再生技法と効果について報告する。

2. SGプレート再生技術の開発

2.1 開発経緯

Fig.1に示すCCタンディッシュ用および取鍋用SGプレートは、鋼種、铸造速度、あるいはSGプレートの開閉頻度によって多少異なるが、概ね以下のような損傷をうける。

- ①溶鋼による急速加熱から発生する熱応力による亀裂
- ②溶鋼通過による孔径拡大
- ③流量調整のためのノズル径絞り操作時に発生する孔径エッジ部の欠けおよび溶損
- ④摺動面の溶損および摩耗による面荒れ
- ⑤亀裂から侵入する空気による酸化と酸化部位の摩耗

これらの損傷は、孔径部と孔径周辺部の摺動面に主として集中しており、その他の部分は健全な状態のため、従来より再生方法が検討されてきた^{1, 2)}。

2.2 再生方法検討事前調査

SGプレートの再生を行うのに先立ち、使用後品の受鋼による劣化状況を調査し、最適な再生方法を検討するため、耐火物の一般物理特性の測定を実施した。

Fig.2に使用後SGプレート的一般物理特性測定を行うためのサンプル採取位置を付番①～④にて示す。

Fig.3にFig.2に示した測定位置①～④について冷間圧縮強度（C.C.S.）および見掛け気孔率（A.P.）を測定した結果を示す。

プレート外周部（①および②）については、一般物性の劣化は見られない。しかし、ダボ部（③および④）では孔径部に近いため、受熱の影響および酸化等によ

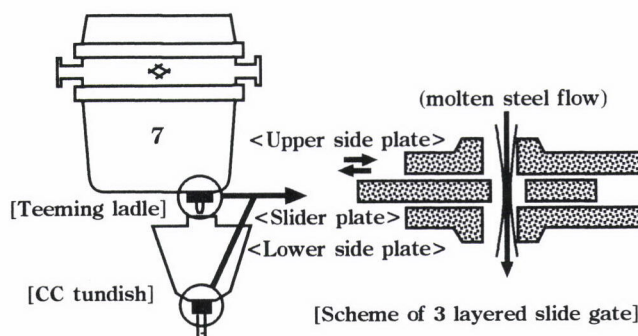


Fig.1. Schematic draw of slide gate plate used at CC tundish and ladle.

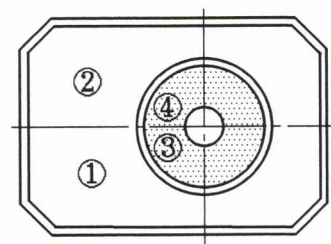


Fig.2. Sampling position on used SG plate for inspection of properties.

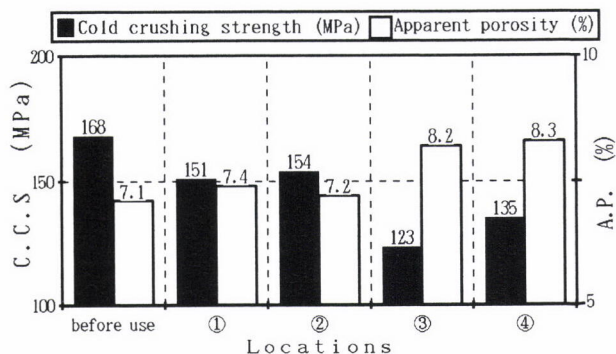


Fig.3. Results of inspected properties of used SG plate.

1996年3月27日受付 (Received on Mar.27,1996)

* Yuzo Ogiso (Kashima Steel Works, Sumitomo Metal Industries,Ltd., 3 Hikari Kashima City 314)

り強度劣化が見られる。このため、強度劣化のないプレート外周部を有効に再生使用し、孔径部周辺（ダボ部）の強度劣化を補う補修または再生方法を検討した。

2.3 連続鋳造機タンディッシュ用SGプレートの再生方法

開発コンセプトとしては、事前調査において一般物性の劣化が概ね見られなかったプレート外周部を有効に活用し、実機適用に際しては、新品プレートと同等の耐用を得るプレート再生方法の開発であった。

CCタンディッシュ用SGプレートについて、新品SGプレートと同等の耐用を得る再生方法をFig.4に示す。

2.3.1 上プレートの再生方法

上プレートは初期開孔の改善を図るため、貫通孔タイプ的气体吹き込みリング（ガスチャンネルリング以下GCリングと称する）を装着しており、再生に当たっては、このGCリングを丸ごと交換する方法を採用した。この場合のGCリングは単純なストレートタイプではなく、上部をフランジ形状にすることでプレート母材ダボ部の欠けを防止する構造とした。

回収した上プレートはGCリングを取り外し、摺動面の酸化あるいは摩耗による損傷部を取り除くため、GCリング下端外径をボーリング加工によって貫通させ、摺動面まで届く再生用GCリングを装着し、摺動面を平滑に仕上げた³⁾。さらにダボ部は鉄皮で拘束し、ガスリーク防止と再生率向上を図った。

2.3.2 下プレートの再生方法

タンディッシュ用SGプレートは開閉のストローク長さが取鍋用と比べて短く、プレート形状も小さい。このため、下プレートの再生は損傷した孔径部のみをボーリング加工によって除去し、その加工孔に単純な円筒形再生用リングをモルタルにより接着し、摺動面を研磨加工して平滑面を出した。

再生した下プレートは、新品のスライダプレートおよび再生品の上プレートと組み合わせて使用し、新品と同等の耐用が得られた。また、ダボ部の稼働中および再生のボーリング加工中の欠けを防止し、母材回収率を向上させるため、新品製造時からダボ部に鉄皮を付与し拘束した。

2.3.3 スライダプレートの再生方法

スライダプレートも下プレートと同様な方法で、単純な円筒状再生リングを装着して再生を試みた。しかし、下プレートに比べて摺動面の損傷範囲が閉ストローク方向に広いため、リング装着後もストローク部に補修材を埋め込まなければならない場合が多く、稼働中にもこの部分への地金侵入が問題となった。このため、閉ストローク部の損傷部位を除去するボーリング方法を採用し、その加工孔に孔径部を偏芯させた再生用ブロックを装着することでこの問題点を解決した。

Fig.5にタンディッシュ用再生品の使用前後の状況を、上プレートについて例示する。再生品の耐用および使用後の性

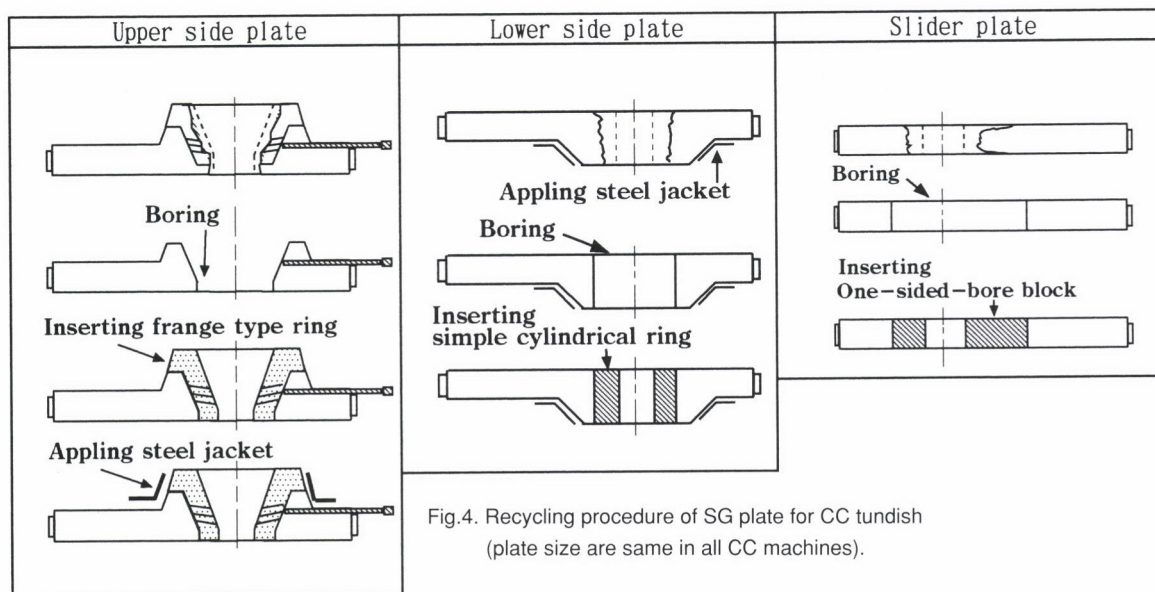


Fig.4. Recycling procedure of SG plate for CC tundish
(plate size are same in all CC machines).

状は、新品の場合と同等であり、実機使用に適合することを確認した。

2.4 タンディッシュ用再生SGプレートの操業法

現在、鹿島製鉄所製鋼工場ではSGプレートを、Table1に示す流れに沿って、回収・選別し、再生可能なものを再生加工し、各タンディッシュにおいて実機使用している。

鹿島製鉄所に設置している3基のCCマシンのSGプレートは、形状がすべて同じである。

従って、第2製鋼工場のNo.3CCタンディッシュ用スライダプレートは、第1製鋼工場のNo.1およびNo.2CCタンディッシュの使用後再生品から多数供給され、新品の使用はほとんど無い。

また、第1製鋼工場のNo.1CCおよびNo.2CCタンディッシュ用下プレートは、自機および一部をNo.3CCの使用後再生品より供給するため、新品の使用は大幅に削減できている。

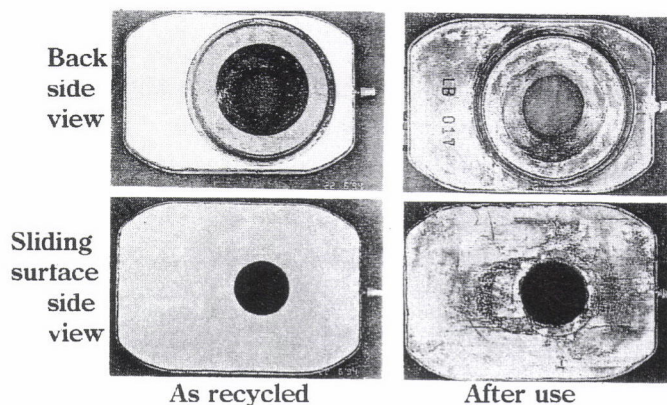


Fig.5. Photograph of recycled upper plate for CC tundish.

Table 1. Recycling flow of SG plate for CC tundish.

	No.1 steel making plant		No.2 steel making plant	
	No.1 & No.2CC		No.3CC	
Upper side plate	Collection & selection → Recycling & use			
Slider plate	Collection & selection		→ Recycling & use	
Lower side plate	Collection & selection → Recycling & use		← Collection & selection	

2.5 取鍋用SGプレートの再生方法

取鍋用SGプレートの摺動面での損傷は、CCタンディッシュ用と比較して大きい。

従って、単純に円筒形の再生リングを装着するだけでは、健全な摺動面を得るためにかなりの損傷部を研磨除去する必要がある。

このことは、再生品のプレート厚みを確保出来ないのみでなく、摺動面の面精度悪化につながることになる。

このため、考案したのが、再生前の背面を再生後の摺動面として利用すると共に、再生リングの形状をダボ付とする方法である。Fig.6にその再生技法の概要を示す。

本方法を用いれば、損傷の殆ど無い背面を新摺動面として有効に活用できるため、取鍋用大型形状のSGプレートであっても新品と同等の耐用回数が得られる。

Fig.7に250ton取鍋で新品として9heats使用後、上記方法によって再生し、その後9heats使用したSGプレートの摺動面性状を示すが、新品との差は無く実機使用に適合することを確認した。

また、このリング式再生法は、コンピューターシミュレーションの計算結果より、適切な接合モルタルと接合厚みを設定することで熱応力緩和効果を与える⁴⁾。

2.6 再生工場の設置

鹿島製鉄所では再生SGプレートの合理化効果をより高めるために、再生工場を製鉄所内に置き、輸送費の低

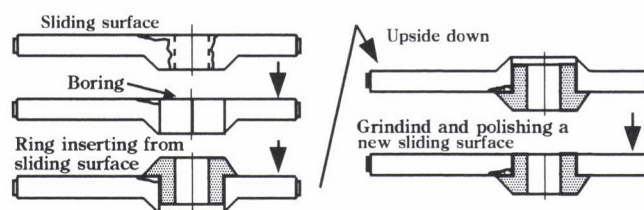


Fig.6. Recycling procedure of SG plate for teeming ladle.

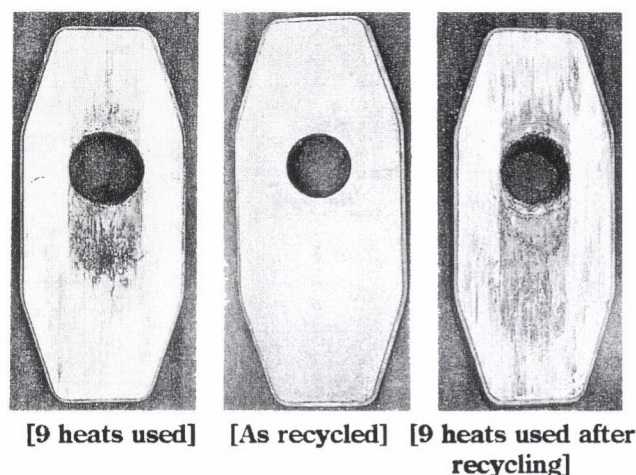


Fig.7. Photograph of recycled SG plate for ladle (appearance of sliding surfaces).

減および納期対応の迅速化を図っている。

Fig.8に鹿島製鉄所の製鋼ミルと再生工場配置を示す。再生工場は製鋼工場より約300mから1500mの位置に置かれ、SGプレートを効率よく輸送できる。再生工場には、再生作業に必要な耐火物切削工具、乾燥装置などを完備しており、再生プレートの供給バランスに応じて生産の調整が可能である。

このように、再生工場を製鉄所内に設けることによりJust in timeに必要な数の再生SGプレートを現場に供給できるようになった。

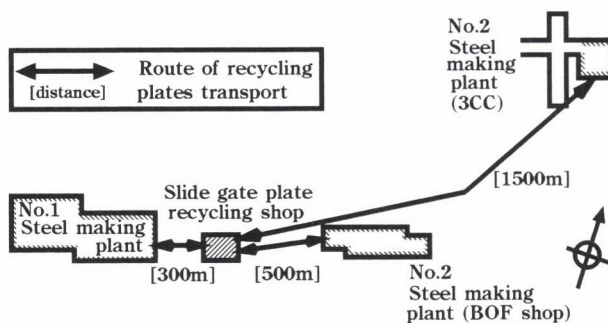


Fig.8. Location of SG plate recycling shop in Kashima Steel Works.

3. 再生SGプレート適用状況

以上説明した再生技術に基づき、鹿島製鉄所では再生SGプレートの実機適用を平成5年より本格的にオンライン化している。

Fig.9に最近の再生SGプレートの実機適用状況を示す。No.3CCタンディッシュのスライダープレートは、再生品の適用比率が概ね72%に達している。これはTable1に示したようにNo.1およびNo.2CCタンディッシュの使用後再生品の供給を受けるため、No.1およびNo.2CCタンディッシュの上プレートおよび取鍋下プレートについては自機の使用後品を再生使用するため、最大でもその再生比率は50%までとなる。

Fig.10には最近の再生SGプレート使用によるコスト低減効果を再生品の使用が無い場合と比較して示す。CCタンディッシュ用については13%の低減、また取鍋用についても10%の低減効果が図れた。

今後の課題は更に再生品の適用比率を向上するため母材の材質改善を推進することである。

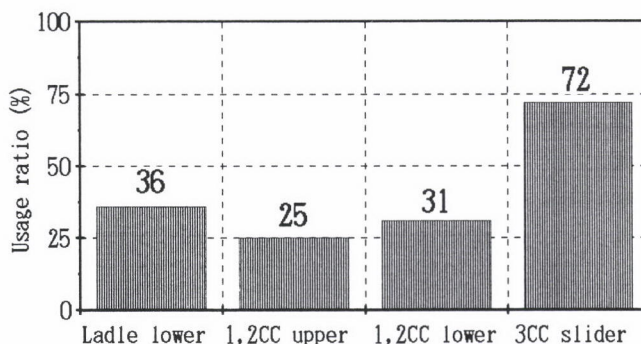


Fig.9. Results of recycled SG plate usage in Kashima Steel Works.

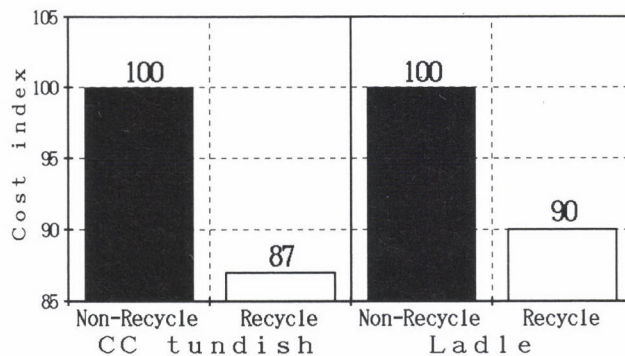


Fig.10. Results of cost reduction effect by the application of recycled SG plates.

4. 結言

鹿島製鉄所製鋼工場では、耐火物コストの中で大きなウェイトを占めるSGプレートを再生使用する技術を開発し、実機オンライン化した。これにより、従来1サイクルの使用後で廃棄していたSGプレートを再生利用することが可能となり、耐火物コストの改善はもとより、産業廃棄物排出量の低減が可能となり、最近注目される耐火物資源の再利用化が可能となった。

文献

- 1) 住友金属工業, 東芝セラミックス: 特許登録番号; 1844319
- 2) 倉田浩輔, 磯村福義, 松井泰次郎, 今村晃, 友永勝春, 榊澄生: 耐火物, 41(1989), p.649
- 3) 住友金属工業, 東芝セラミックス: 特許登録番号; 1661418
- 4) A.Kuwabara, M.Hoteiya, T.Miki, Y.Ogiso, T.kawamura, T.Fushimi and T.Shimoda: Proceedings of Unified International Technical Conference on Refractories'95, Vol.2(1995), p.56-63

現場技術報告

コークス炉新制御技術の開発

Development of New Control System at Coke Oven Plant

NKK京浜製鉄所 杉岡 真吾*・宮原弘明・山本修一
松村進・石黒宏樹・福島康博

1. 緒言

製鉄所においてコークス工場は多量の原料とエネルギーを消費するプロセスとなっており、コスト削減の観点から原料費及びエネルギーコスト削減が大きな課題となっている。

まず、原料費削減の観点からみると、近年の高炉操業技術の進歩によりコークス強度の低下が可能となり、それに伴って、非微粘炭などの安価原料の使用比率が増加してきている。しかし、こうしたコークス強度低減においては、より高精度の品質予測が求められているにもかかわらず、従来法では十分な予測精度が得られないのが現状である。

また、エネルギーコスト削減の観点からみると、大きく分けて乾留する際の供給熱量削減と回収エネルギー増加が課題としてあげられる。乾留熱量低減については、すでにコークス炉自動燃焼制御システム (Computerized Combustion Control System) が導入されており、多大な効果をあげているが、回収エネルギー増加の面では若干遅れているのが現状である。

これらの諸問題を解決すべく、京浜製鉄所ではコークスプロセス計算機のリプレースを機に、高精度なコークス品質予測システムと熱物質収支モデルに基づく最適運転を可能とするCDQ (Coke Dry Quenching) 制御システムを開発したので以下に報告する。

2. コークス品質予測システム

2.1 開発の背景

コークス品質の制御は、配合・乾留情報からドラム強度を予測し、その予測値に基づく配合調整により行われる。従来は、このドラム強度予測には、重回帰式が使用されていた。しかし、重回帰式によるドラム強度推定方法では、現在の原料コスト低減に対するニーズを満足できる精度は確保できていない。その原因は以下のように考えられる。

(1) 重回帰式パラメータの変動

近年銘柄集約により短期的な銘柄構成変動が大きくなってきており、標準操業範囲を外れることによる、重回帰式の係数パラメータが大きく変動するようになった。

(2) 線形特性の検証

Fig.1にコークス品質に影響を与える因子である、最大流動度 (Max. Fluidity) とドラム強度 (Drum Index) の関係を示す。コークス強度と因果性がある操業因子は、MF以外も長いレンジでは非線形特性を有することがわかっており、これらの特性を線形回帰式で表現することには限界がある。

上記(1)(2)ような問題を解決するため、ニューラルネットワーク (Neural Network, 以下NNで表記) の線形分離及びデータ間非線形補完といった機能に着目し、推定精度を向上させるための対策を行った。

(1) 配合銘柄構成および操炉条件の変動に対応できるようにパラメータ決定データを類似操業ごとに分類し、個々にモデルを有する構成とした。操業分類にはNNの線形分離機能を用いる。

(2) コークス強度と因果性がある操業管理項目とコークス強度間の非線形関係をNNの非線形補完機能により決定する。

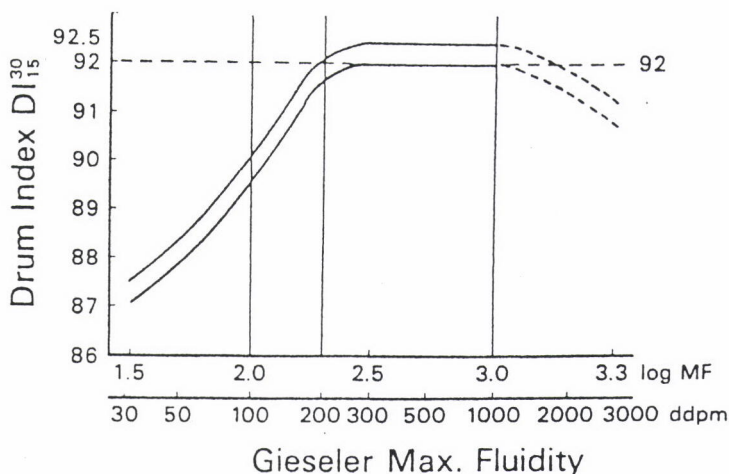


Fig.1. Relationship between coal property and Drum Index.

1996年4月25日受付 (Received on Apr.25,1996)

* Shingo Sugioka (Keihin Works, NKK Corporation, 1-1 Minamiwatarida-cho Kawasaki-ku Kawasaki 210)

2.2 機能と構成

コークス品質に影響を与える因子を、品質制御の観点から整理すると、稼働率・入船計画など工場操業の外的要因に起因する操作不可能な操業条件項目と、品質制御の操作量として品質安定化のために変更アクションをとる操作項目とに分けられる。本システムでは操業条件変数を用いて類似操業状態に分類し、類似操業条件内で操作項目のデータを変化させることにより推定ドラム強度の調整が行えるようになっている。

2.2.1 構成

Fig.2にコークス品質予測システムの構成を示す。本システムは、操業分類用と品質推定用の2種類のNNで構成される。操業分類NNは、操業条件項目の最新データを入力して、類似した操業に分類し、分類クラスを出力する。品質推定NNは、操業分類NNで選択されたクラスのNNに操業条件項目と操作量各項目の最新データを入力し、ドラム強度を推定する。操業技術者は本システムを用いて、推定値が目標に合うように、操作量項目の入力データを変更し配合調整を行う。

2.2.2 学習

Fig.2に示すNNの学習データは、過去の操業データを類似操業に分類して求められる。この学習データは、ドラム強度が測定されるごとに修正される。Fig.2に示すようにドラム強度予測値は測定強度と比較され、予測に失敗した場合、品質予測NNの中から実績に的中するクラスを探す。的中するNNが存在する場合、そのクラスと操業条件データをセットで分類用NNの教師データに追加し学習する。ここで、品質予測NNの中に的中するものがない場合は、原因追求のためのオフライン解析用データとして保存される。

2.3 適用結果

Fig.3に本システムと従来方法（重回帰式）の推定精度の機能比較を示す。分類用NNの入力層に操業条件項目の中から3項目選定し、学習用データが十分集まった12クラスに分けて学習した。操業データ（学習データを除く）を用いて従来方式と比較した結果、従来と比べてバラツキが半分以下となり、当初目標としていた推定精度（ $\sigma=0.2$ 以下）が得られた。

本システムでは、実操業で使用するごとに学習され、推定精度はさらに、自動的に向上していくと考えられる。

3. CDQ最適運転システム

3.1 設備概要

Fig.4にCDQ設備の概要を示す。CDQ冷却塔上部から装入されたコークスは循環ガスにより消火・冷却され、下部か

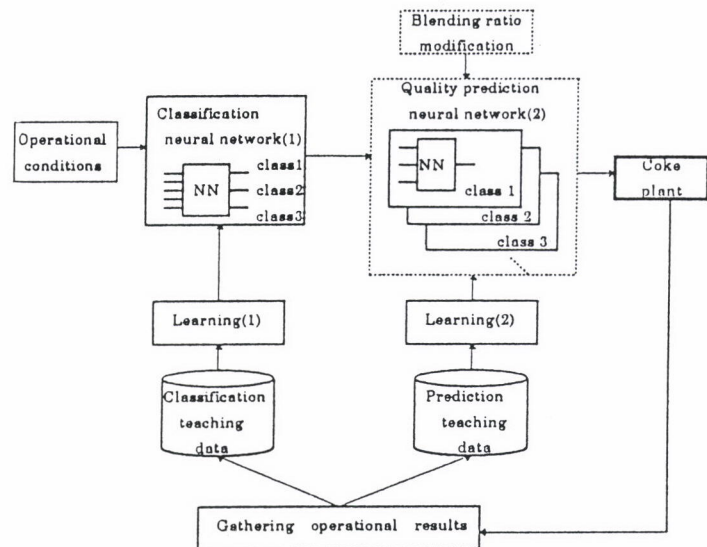


Fig.2. Schematic diagram of coke quality prediction process.

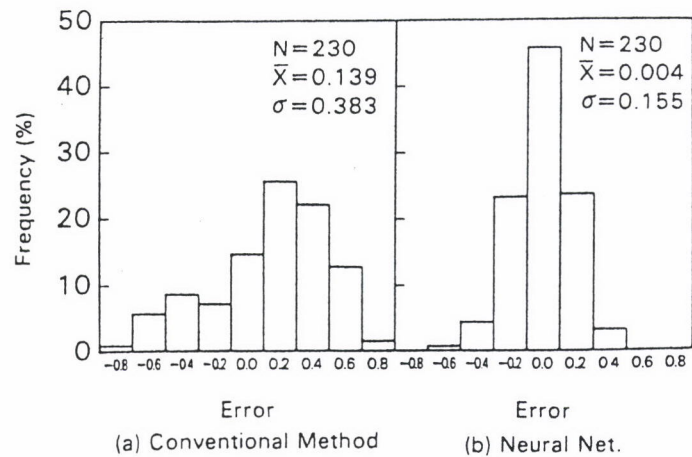


Fig.3. Coke quality prediction result.

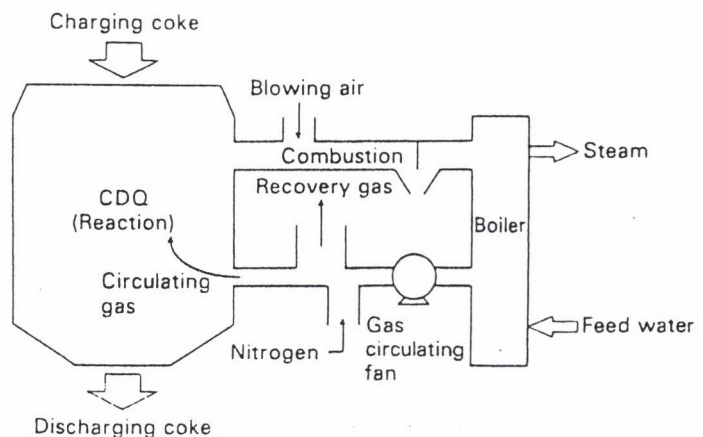


Fig.4. Schematic diagram of coke dry quenching facility.

ら切出される。CDQ冷却塔内ではソリューションロス反応や水性ガス化反応が起きていると考えられ、長期的にはこれら反応の平衡点で循環ガス組成をバランスは保っている。

CDQから出てくる循環ガスには、装入コークスが持ち込む残留ガスが混合しており、CDQ出側で空気を吹き込むことにより燃焼し、循環ガスは昇温される。ボイラで熱交換された循環ガスは窒素により稀釈され、さらに、一部がガス回収後、再びCDQ冷却塔下部から炉内へ吹き込まれる。

3.2 CDQの高効率運転

Fig.5にコークス切出量一定の条件下で循環ガス量を変化させた実操業試験の結果を示す。図中のプロットはCDQ出側ガス顕熱、ボイラ効率および蒸気側への移行顕熱の実績値を示している。図から蒸気発生量最大となる循環ガス量が存在することがわかる。最適点が存在する理由は、循環ガス量を増加させると、CDQ冷却塔内の熱交換量が増加しCDQ出側の循環ガス顕熱が上昇するが、循環ガス流量が多すぎると逆にCDQ冷却塔内の熱交換量は頭打ちとなり、また、ボイラ入側循環ガス温度の低下により、ボイラ熱交換効率が低下するためと考えられる。この最適点は主にコークス切出量・装入コークス温度により変化するため、コークス炉体側の操業条件（窯出しスケジュール）に応じて、循環ガス量の最適運転ポイントを常に定量的に決定する必要がある。

3.3 制御モデル

CDQ操業を定量的かつ的確にとらえるため、物質収支と熱収支をベースとした制御モデルを開発した。Fig.6に制御モデルの処理フローを示す。本モデルははじめに、空気吹き込み位置前後のガス組成（CH₄、H₂、CO、CO₂、H₂O、N₂）を推定し、各組成変化を基に燃焼による発熱量を計算する。このガス組成は、(1)式で表わされる循環ガスのC、O、H、Nに関する物質収支、およびCDQ冷却塔内におけるソリューションロス反応（CO+H₂O→CO₂+H₂）のそれぞれの平衡条件を表わす(2)、(3)式から求めている。

$$dH/dt = M_i - M_o \quad \dots\dots\dots(1)$$

H：蓄積量、M_i：流入量、M_o：流出量

$$Kp = p_{CO_2} / a \cdot p_{CO} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$Kp^2 = p_{CO_2} \cdot p_{H_2} / p_{H_2O} \cdot p_{CO} \quad \dots\dots\dots(3)$$

K：分圧平衡定数、P：分圧、a：活量

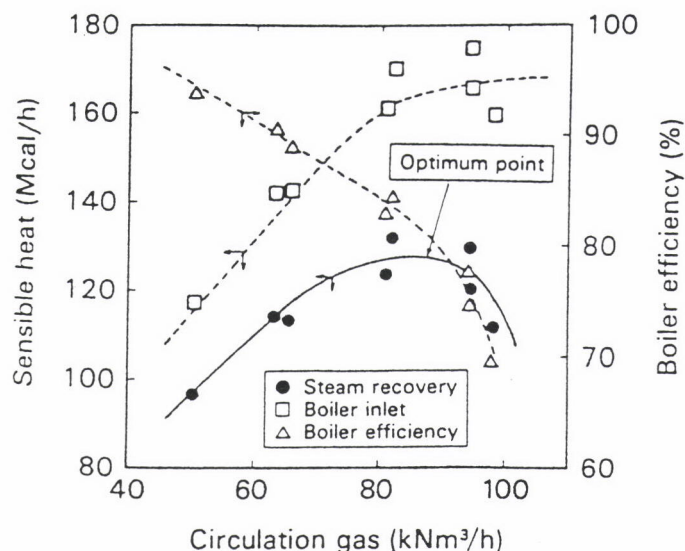


Fig.5. Results of sensible heat and efficiency measurement test.

Table 1. CDQ heat balance input and output item.

	Cooling chamber	Boiler
Input	Charging coke Circulating gas (intake) Dust (intake) Residual gas Blowing air Blowing nitrogen	Circulating gas (intake) Dust (intake) Feed water
Output	Discharging coke Circulating gas (outlet) Dust (outlet) Heat removal from the surface Recovery gas	Circulating gas (outlet) Dust (outlet) Steam Heat removal from the surface
Evolution	Heat of reaction Combustion	

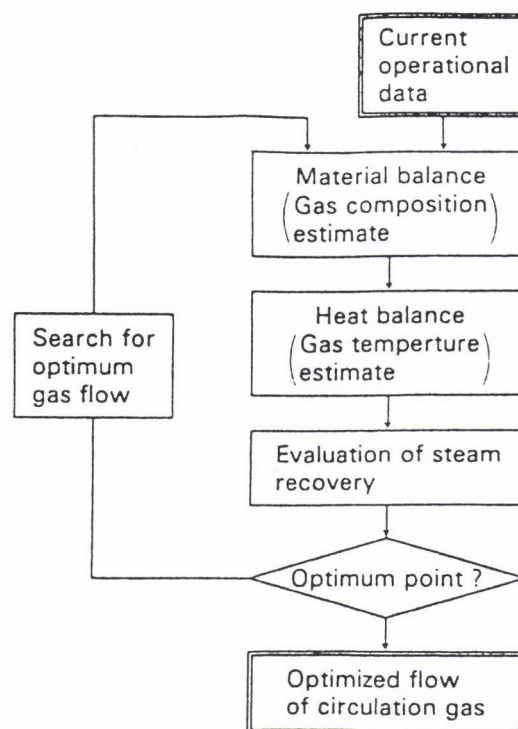


Fig.6. Flow of optimum gas flow calculation.

次に、ボイラ入側・出側の循環ガス温度および切出コークス温度を未知変数として、Table 1に示すCDQ冷却塔とボイラにおける入出熱に関して、(4)式に示す熱収支を考える。「ボイラから蒸気側への出熱量」は、(5)式に示す熱交換効率により算出される。

$$C \cdot dT_h / dt = C_i \cdot T_i \cdot C_o \cdot T_o + Q_g \cdots \cdots (4)$$

C ：熱容量、 T_h ：内部温度、 T_i ：流入物質温度

Q_g ：発熱量、 T_o ：流出物質温度（比熱×流量）

$$\varepsilon = Q_s / Q_m \cdots \cdots (5)$$

Q_s ：蒸気発生移行顕熱、 Q_m ：ボイラ入側熱

ボイラにおける熱交換は(6)式に示すように「熱貫流率」と「循環ガスと蒸気間の温度差」により決まるため、ボイラ効率はこれらの影響を受けると考えられる。

$$Q = K \times A \times \Delta T \cdots \cdots (6)$$

Q ：交換熱量 [kcal/h]、

K ：熱貫流率 [kcal/(m²・h・°C)]、

A ：伝熱面積 [m²]、

ΔT ：温度差 [°C]

熱貫流率はガスの動粘度・流速で定まるが、温度差は主にボイラ入側温度で変化することが判明したため、ボイラ効率を循環ガス流量とボイラ入側循環ガス温度の関数として定義した。

以上の計算の結果、循環ガス量を変更した場合のボイラ入側・出側の循環ガス温度の変化および蒸気回収量を推定することができる。本モデルを用いて、循環ガス流量を放物線近似法により探索することにより、最大蒸気発生量となる最適点が決定される。

3.4 適用結果

本モデルにしたがって循環ガス流量を操作したときの、回収蒸気流量の推移をFig.7に示す。試験では、6号CDQと7号CDQのコークス切出量を同一にして、6号CDQをモデル制御、7号CDQを通常運転で両号炉の比較を行った。図中の↓印の時刻で、両CDQともコークス切出量を35t/hから31t/hへ変更し、このタイミングでモデルガイダンスにしたがい6号CDQの循環ガス流量を65,000Nm³/hから75,000Nm³/hへ変更した。このときの蒸気回収量は0.5t/hであった。

4. 結言

京浜製鉄所コークス工場ではコークスプロセス計算機のリプレースを機に、高精度コークス品質予測システムとCDQ最適運転システムの開発を進めてきた。現在、コークス品質予測システムは、実操業に適用できる目処を得たのでオンライン自動学習機能の開発等のシステムのレベルアップをはかりつつ、実操業で使用中である。また、CDQ最適操業システムは順調に稼働し、省エネルギーに大きな効果をあげており、コークス工場の製造コスト低減に大いに貢献している。

参考文献

宮原弘明、山本修一、杉岡真吾、松村進、利光亮一、石黒宏樹；NKK技報, No.152, (1995)

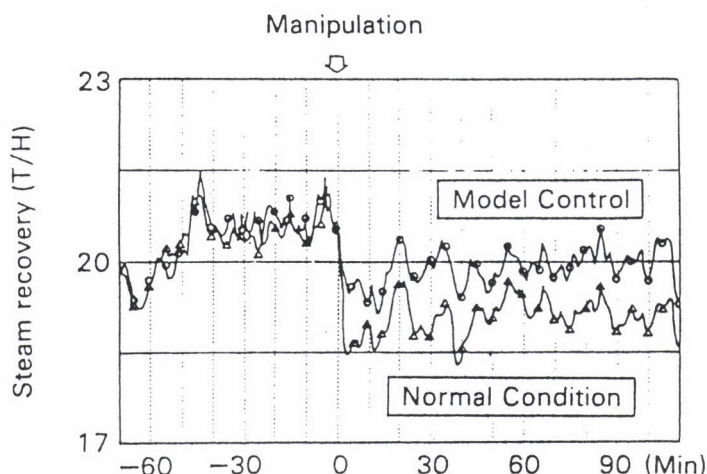


Fig.7. Effect of optimum gas flow control.

現場技術報告

溶融亜鉛めっきライン入側洗浄設備の改善

Improvement of Entry Cleaning Section in CGL

(株) 神戸製鋼所加古川製鉄所

中村徹*・入江広司・徳重啓司

清水正文

1. 緒言

加古川製鉄所No.2CGLは1991年に稼働を開始し、その後、順調に生産を続けている。本ラインの焼鈍炉はオールラジアントチューブによる間接加熱タイプであり、入側に洗浄設備を有する。入側洗浄は製品を安定して製造する上で非常に重要であり、今回、歩留向上、コストダウンを目的に設備改善を行ったので、以下に報告する。

2. 入側洗浄設備の概要

2.1 入側洗浄の役割

入側洗浄では、銅板に付着したタンデム圧延油、鉄粉をアルカリで洗浄、除去する。現行、タンデム圧延油は合成エステル系であり、アルカリ洗浄液には水酸化ナトリウムを主成分とする原液と界面活性材、消泡剤を主成分とする添加剤の2液を混合して使用している。

2.2 入側洗浄設備の構成と特長

No.2CGL入側セクションの構造をFig.1に示す。洗浄設備はアルカリディップ―アルカリスクラバー―電解脱脂―湯洗スクラバー―ホットリンスからなる。本設備は入側ルーパー前に配置しているため、ルーパー内へ圧延油や汚れを持ち込まず、蛇行、押し疵等に対して有利である。

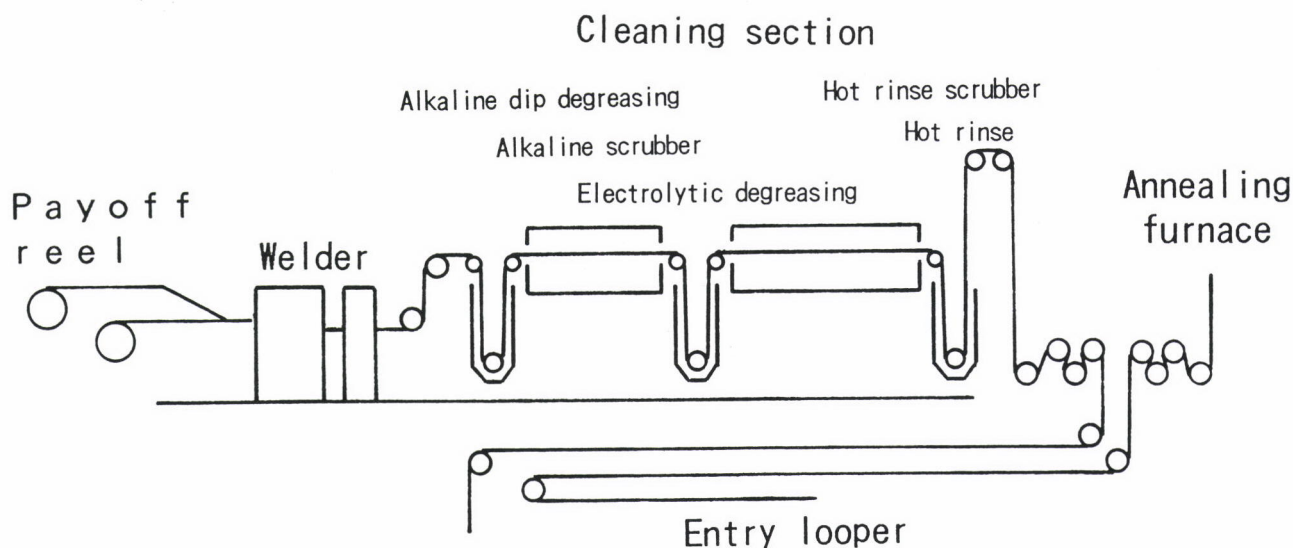


Fig.1. Layout of entry section in No.2CGL.

2.3 従来の問題点

一方、本設備は入側ルーパー前にあるため、入側溶接でのコイル接続時に銅板は洗浄設備内に停止する。このため、湯洗スクラバー内で停止した位置にストップマークと称している“横一模様”(Fig.2)が発生し、表面品質が著しく劣化する場合がある。

合金化溶融亜鉛めっき銅板のストップマーク部と正常部について、グロー発光分光分析(GDS)によりめっき層深さ方向の元素の分布を調査した結果をFig.3に、EPMAでめっき層表面の鉄濃度を調査した結果をFig.4に示す。Fig.3より、ストップマーク部はめっき層/素地銅板界面のC量が多いことが、また、Fig.4より、めっき層表面の鉄濃度が低いこと

1996年5月9日受付 (Received on May 9, 1996)

* Toru Nakamura (Kakogawa Works, Kobe Steel, Ltd., 1 Kanazawa-cho Kakogawa 675-01)

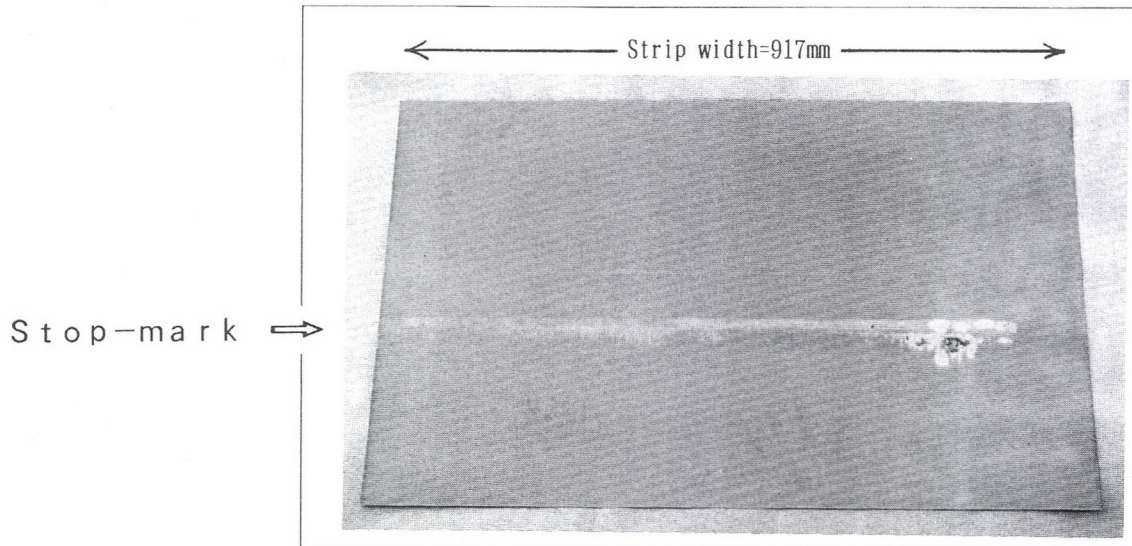


Fig.2. Appearance of stop-mark at galvanized steel sheet.

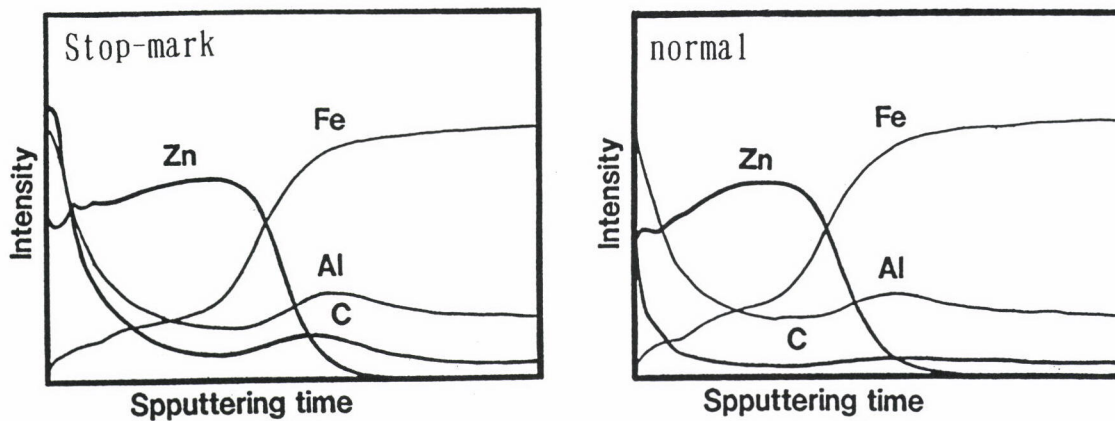


Fig.3. GDS profile of galvanized steel sheet.

が分かる。湯洗スクラバー内のロールに汚れが観察されることから、ロールの汚れが停止した鋼板に転写し、めっき後の合金化を遅延させてストップマークが発生すると考えられる。

アルカリ洗浄液中の油分が増加するとストップマークは顕著となることから、これまでは洗浄液の入れ替えで対応してきたが、安定生産、アルカリ原単位低減のため、今回、洗浄設備の改善を行った。

3. 入側洗浄設備の改善

3.1 洗浄液性能のラボ調査

まず、ラボにて洗浄液の油分散能力と洗浄能力を調査した。油分散能力は、洗浄液中に圧延油を添加し、攪拌、静置後の分散状態を目視で観察した。その結果、圧延油を10000ppm以上添加した場合には、油分は液中に均一に分散されず、上層にも浮上分離するようになることが分かった。

洗浄能力は、圧延油を添加して経時劣化させた洗浄液を使

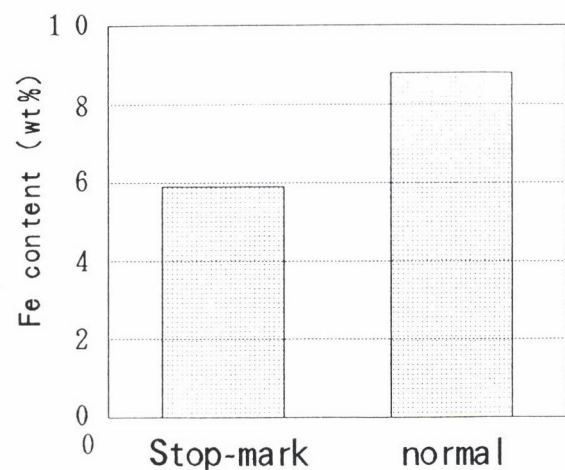


Fig.4. Fe content at the surface of galvanized layer analyzed by EPMA.

用してタンデム冷間圧延まの鋼板を浸漬脱脂し、脱脂前後の鋼板付着油分を四塩化炭素で抽出、赤外分光法で定量化して油分除去率を求めた。結果をFig.5に示す。洗浄液中の油分濃度が増加するに従って油分除去率は低下した。

3.2 ストップマークの原因推定

以上の結果から、ストップマークを発生させる湯洗スクラバー内のロールの汚れは、電解脱脂洗浄液の浮上分離油分が原因と推定した。すなわち、洗浄液中への油分混入量が増加するに従い、電解脱脂ラインタンクの上層に油分が浮上分離するようになる。浮上分離した油分は液面で洗浄後の鋼板に再付着し、これが後段の湯洗スクラバーに持ち込まれてロールを汚すのである。

3.3 改善策の実施

これを防止するためには、まず、電解脱脂における洗浄液中油分濃度を低水準に維持し、ラインタンクの上層に油分が浮上分離しないようにする必要がある。そのためには、前段のアルカリスクラバーで鋼板付着油分を効率的に除去し、電解脱脂への油分持ち込み量を少なくするのが有効である。そこで、Fig.6に示す様に、アルカリスクラバー循環タンクを1基増設して2タンク化し、1方のタンクを使用している間、他方のタンクを常温で静置し、洗浄液中の油分を浮上分離、オーバーフローで除去できるようにした。そして、2基のタンクを交互使用し、洗浄液中の油分濃度を低水準に維持することによって、アルカリスクラバーにおける油分除去効率の向上を図った。

さらに、電解脱脂ラインタンク内に油分が浮上分離しても、これが後段に持ち出されないようにすることも重要である。そこで、Fig.7に示すように、電解脱脂ラインタンク内で、脱脂後の鋼板に循環タンク底部からポンプアップした洗浄液をスプレーし、液面で再付着した油分を洗浄できるようにした。

4. 操業状況

4.1 洗浄液中油分濃度の推移

改善後の洗浄液中油分濃度の推移をFig.8に示す。アルカリスクラバーでは、2基のタンクを交互使用することにより、洗浄液中の油分濃度を低く維持できるようになった。また、これに伴い、電解脱脂での油分濃度も従来よりも低下した。

4.2 不良率の推移

ストップマークによる不良率の推移をFig.9に示

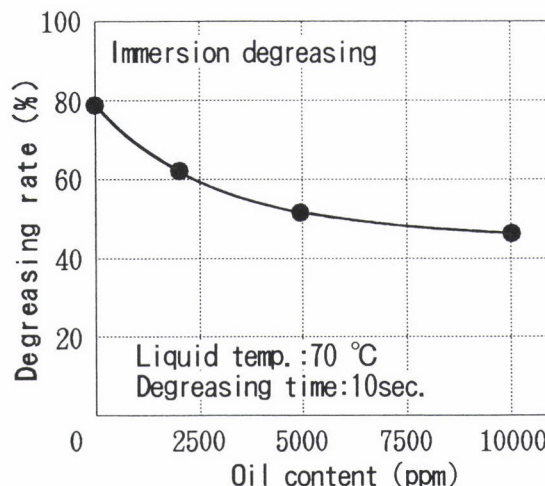


Fig.5. Relation between degreasing rate and oil content added to alkaline cleaning liquid.

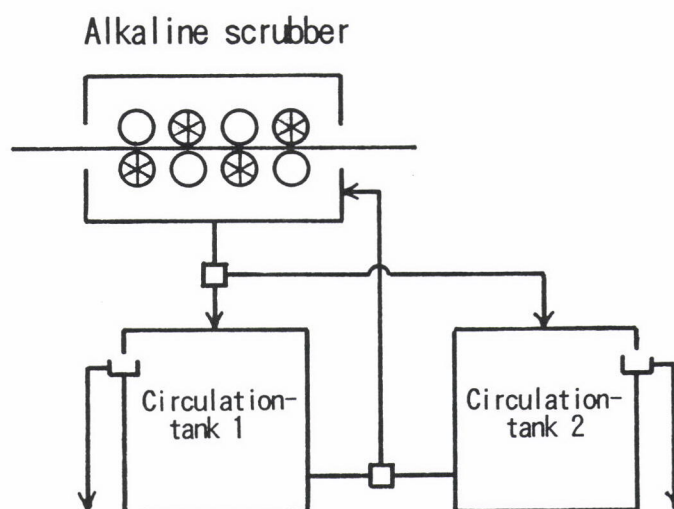


Fig.6. Schematic illustration of alkaline scrubber section after 2 circulation-tank system.

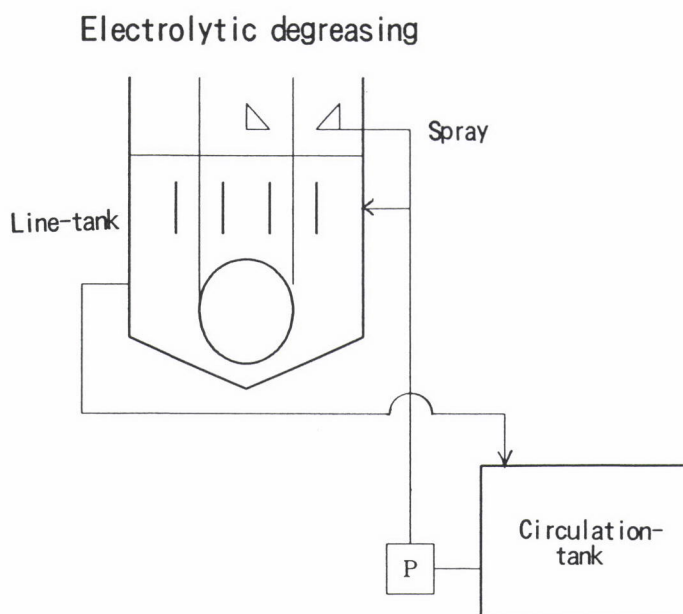


Fig.7. Schematic illustration of electrolytic degreasing section after installing the spray.

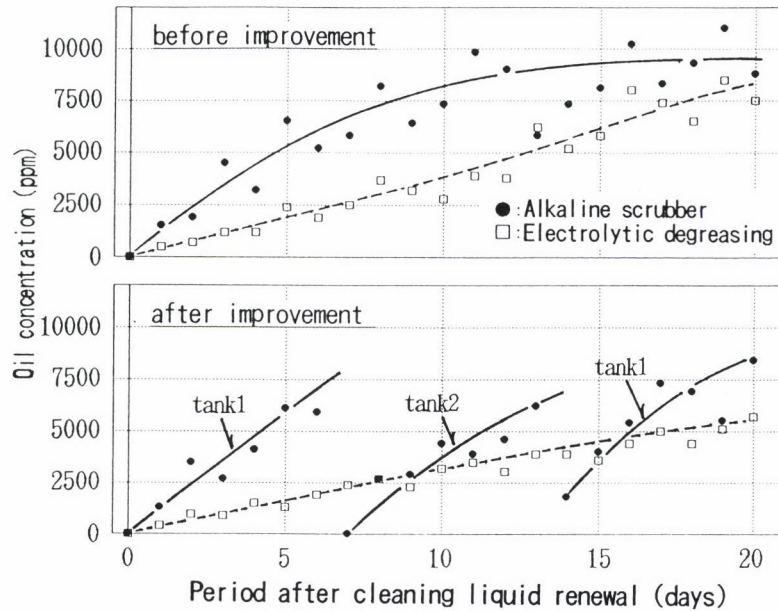


Fig.8. Variation in oil concentration of alkaline cleaning liquids.

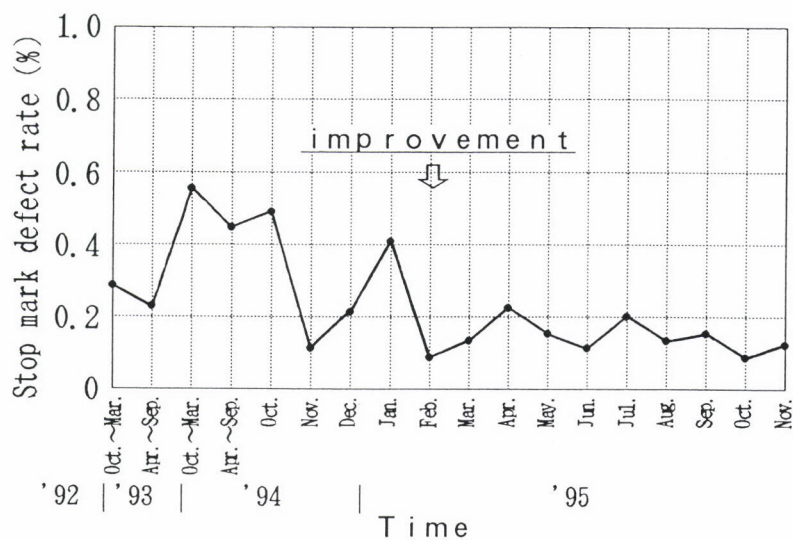


Fig.9. Variation in stop-mark defect rate.

す。'95年2月に入側洗浄設備を改善することにより、平均0.4%程度発生していたストップマークによる不良率を0.2%以下に改善できた。

5. 結言

No.2CGLの入側洗浄設備に、タンクの増設、スプレーノズルの設置を行い、品質改善を達成することができた。今後、洗浄液の品質の見直しも含めた製品品質向上とコストダウンを進めていく。

鉄-21世紀への夢

創立80周年記念懸賞作文入賞作品紹介 ⑦

日本鉄鋼協会では、創立80周年を記念して平成7年度に懸賞論文を募集しました。全国から寄せられた第1部（中学・高校生の部）195編、第2部（大学生・一般の部）187編のうち、選ばれた入賞作品について順次掲載してまいりましたが、今回で最終回とします。

第1部 3等賞

ぼくの周りの鉄に思う。

新潟県見附市立西中学校2年 天田 輔

—ぼくの周りをながめてみる。—

よく考えると、鉄は、「えんの下の力もち的存在」なのかもしれない。

ぼくの部屋をじっくりながめてみて、鉄の存在はいくつかあった。ストーブ、小物入れなど、自分の本来の銀色をアピールせず、影にかくれて活躍しているところは、「オトコ前」というのがピッタリだろう。

そんな「オトコ前な鉄」の中でも、ぼくが一番オトコ前だと思ったのは、ネジやクギである。あんな小さな体であんなに大きな荷物を支えている。これは、鉄の力強さの象徴であり、「男の中の男」まさに、「紳士」である。

このように鉄の良い点は、力強さというののもあげられると思う。

今、物の材質は、プラスチックが多くなっている中で、いまだ鉄が自分の地位を守っているわけは、その強度と、手ざわりと、気品のある重みと、鋭さだと思う。

同じ力でなぐったなら、プラスチックや木よりも、鉄の方が絶対痛い。これが強度。

手ざわりというのは、あのすべすべ感、時にはざらざら感、プラスチックにはだせない味だと思うし、夏、鉄にさわった時のひんやり感は忘れられない。

気品のある重みとは、ただ重いのではなく、手にしっくりきて、持っただけで充実感のある、あの程度な重みである。

そして鋭さ。これが鉄の最大の利点だと思う。そしてプラスチックや木には絶対マネできないことだと思う。

たまにテレビなどでみかけるが、鍛冶屋さんなどが、真っ赤になった鉄を何度も何度も心をこめてたたいている。それだけでドラマである。しかしプラスチックや木は、その時点ですでに溶けたり燃えたりしてしまっているだろう。ドラマどころではないのだ。

しかし鉄は、うたれてもうたれても、苦しみを自分の中にぐっところえ、その分だけ強くなっていく。まさに努力する

べき人間の理想をえがいているのだ。そして鉄は、さらにさらに自らを鍛え、あのズッシリとした重量感を得、より鋭い鋼へと変わっていくのだろう。

ぼくが最近知った鉄の意外な利点というのがある。それは地球にやさしいということだ。あの重く硬い鉄からは想像もつかないことだった。

今地球には、環境問題という大きな課題がある。日本でもいろいろな対策がとられていたり、ちまたでリサイクルブームがおこっていることなんかをよく耳にする。

どうやら鉄もリサイクルが簡単にできるらしい。たしかに鉄は、溶かして形を変えることができ、リサイクルにはもってこいのものであり、鉄のリサイクルがもっと身近になれば、鉄は主婦たちの人気者になることは間違いないだろう。

またリサイクルだけでなく、どうやら鉄が自然に戻る時も地球にやさしく、二度おいしいらしい。その理由は鉄は酸素と結びつくと、自然にかえっても環境に害を与えないからだ。これは、理科でならった酸化鉄である。

理科でならったことといえば、磁石の勉強があった。そこにも鉄のすごさがあったのである。それは、磁石を鉄にくっつけると、磁力がつたわったりそれ自身が磁石になったりすることだ。うまくいけば、一つの磁石でたくさんの鉄をすいつかせることができる。つまり、磁力とかエネルギーを無限大にふやすということにもつながっていくのではないだろうか。いつか、こんな鉄と磁石の合体技を応用した強力なモーターとか発電機とかが作られればいいなあと思う。

とにかくぼくはこの作文を書いていて、いろんなことを学んだ。鉄の機能性、力強さ、そして時代のニーズにあっていること。

ぼくがこれを書いていて思ったことを、全部ひっくるめて一言で言おう。

「鉄はエライ！！」

第1部 3等賞

鉄の博覧会へようこそ

新潟県長岡市立栖吉中学校1年 渡辺 歩

「21世紀鉄の博覧会へようこそ」

ここは21世紀。今日は鉄の博覧会だ。私は、ちょっと悩みがあって気晴しにここへ来た。ぐると辺りを見回すと、鉄ばかりだ。いきなり足をひばられた。小さなロボットだ。ドラえもんとはではないけど、なかなかのロボットだ。

「こちらへ」

私はロボットに案内されて会場内を歩き始めた。かなり大きなホールで、みんなロボットに案内されている。私が、まず立ち止まったのは“カラフル鉄”。ロボットが、説明を始める。

「これは、今までの鉄のイメージを変えようと、上から色を塗ったわけではなく、元から色がついたものです。色のはげる心配もないし、かなり鮮かな色づかいとなっております。もちろん今まで通りの銀色の鉄もありますし、好みでいろんな色にすることもできます。ここ一帯はカラフル鉄を使用しております。」と、床を指さす。その先には、色とりどりの床があった。ほかの展示場所は銀色なのに、このカラフル鉄の展示場所だけ、カラフル鉄になっていた。そう、この建物は、すべて鉄でできている。それもただの鉄ではなく、“形状記憶鉄”でできている。それをロボットに聞くと、

「形状記憶鉄とは、形状記憶合金のように、一度形を決めると、曲がったり、割れたりしても元に戻るという優れたもので、この建物も私も、形状記憶鉄でできています。」

と、ナイフが何かを取り出して、自分の腕をぐにゃりと曲げて見せた。そしてお湯を取り出すと、そこにかけた。すると、その腕はみるみる元に戻った。

「このように、お湯をかけるだけで、元通りです。ですから、この建物も地震などがきた場合でも、お湯をかければ元通りです。これは、地震が多いこの日本にはぴったりだと思います。現に地震がきても大丈夫だった、という話も聞いています。もちろんお湯をかけたからといってさびたりはしませんし。」

ちょっと自慢気にロボットは説明してくれた。

次に目に入ったのは、“家庭用鉄工具”。

「これによって、各家庭で、簡単に鉄で工作をすることができるようになりました。今までは工場などでないとできなかった鉄の工作、つまり、鉄でいろんなものを作ることができるようになりました。この工具も、なるべく使い方を簡単にして、誰でも好きなものを作れるようにしてあります。」

ロボットはスラスラと説明していく。

その横で、私はなぜこんなに鉄が進歩したのかを考えた。こんなに鉄が進歩して便利になったのはいいことだと思うけど、このままいくと鉄もなくなってしまうのではないだろうか。木

も、あんなに少なくなってしまったのだし、鉄もなくなる可能性は大きいんじゃないだろうか。そもそも、家庭用鉄工具は木が少なくなったから、今まで木で作っていたような家庭用のものまで鉄で作るようになったのではないだろうか。木は植えれば何十年後には増えるだろう。だけど鉄はどうだろう。たぶん増やせないだろうし、今こんなに活躍している鉄がなくなったら、人間はどうするのか。また鉄に代わる物質を使うのだろうか。私はその事をロボットに聞いてみた。ロボットは笑って、

「その点なら大丈夫です。まだ鉄はたくさんありますし。」でも何十年後にはなくなったらどうするのだ、という私の問いに対して

「きっと少なくなった時点で数を制限されると思います。あ、でもすぐに鉄がなくなったら僕ら貴重品ですね。大丈夫、そういうことがないように、ほら、あれ。」

と言って指さした先にあったのは、やたら大きな機械のような物だった。

「これはですね、鉄のリサイクル機で、いらなくなった鉄もこの中に入れば、元の何もしていない鉄の塊になるというもので、どんな鉄でもいくつ入れてもいいという。家庭用鉄工具といっしょに一家に一台あれば便利です。」

まるでセールスマンのようだ。

私は最後のところは無視して、さっさと先に進んだ。出口も近づいたところで、一枚の大きな鉄板が置いてあった。ちょっと急いでやってきたロボットに聞いてみると、

「これは、“心の鉄板”です。迷っている時や悩んでいる時、これに触れると、自分の一番やりたい事が映しだされます。夢や進路に迷っている人などがよく来ますよ。そのほか、今一番見たいものが見れます。触ってみたらどうですか？」

ロボットは、私に悩みがあるのを見透したように言った。一瞬、触ってみようかと思ったけど、

「別にいいよ。悩みなんてないし、もう帰るから。」

と言って出口の方を向いた。ロボットは、

「そうですか。お気をつけて。」

と、にっこり笑っていった。私が歩き出すと、ロボットは、

「よかったですね。」

と言った。私は何の事だかわからず、

「じゃあ」

と一言言って走り出した。振り返ると、ロボットはまたにこにこ笑いながら手を振っていた。なぜか、ホールを出た瞬間に、私の迷いは晴れていた。

充填層中の粉体流動特性および蓄積挙動に関する研究

(平成6年度石原・浅田研究助成金交付に対する報告書)

埜上 洋 (東北大学素材工学研究所)

1. 緒言

近年、高炉羽口への微粉炭の吹き込み量が、年々増加していることは周知の通りである。微粉炭の多量吹き込み時には、未燃の微粉炭粒子あるいは微粉コークスが生成し、気流に同伴されて炉内を流通する。これらの粉体を同伴する充填層中の混相流動は、炉内の流動ばかりでなく伝熱、反応と深く関わるため、微粉炭吹き込み限界あるいは多量吹き込み時の安定操業条件の探索を行う上で、その特性を把握しておく必要がある。そこで本研究では、充填層中における固気混相流動特性の定量的な推算法を確立することを目的として、コールドモデル実験による流動パラメータの測定および充填層中の固気二相流動特性を表現可能な数学モデルの開発を行った。

2. 実験

実験では、内径100mm、長さ1120mmの円筒形の充填層（ガラス球：2.48mm）に、側壁の底面から高さ40mmまでの部分から粉体（ガラス粉：98,175 μm ）を伴った気流を導入し、充填層中の圧力損失と粉体の滞留量の定常値および粉体吹き込み開始時から定常に達するまでの経時変化の測定を行った。

定常状態における充填層中の圧力損失は、気体のみの流通時と比較して気体—粉体二相流動時に増加する傾向を示した。充填層中の粉体滞留量は、供給ガス流量が低下すると増加する傾向があり、その傾向は低ガス流量域ほど顕著であった。また充填層中の圧力損失は、ガス流量の低下に伴って低下するが、低流量域では充填層中の粉体滞留量の増加によって増大する傾向があった。

装置底面から40mmまでの高さにおける、粉体の蓄積挙動をFig.1に示す。吹き込み開始直後には、ガスおよび粉体の供給口付近、即ち層周辺付近の粉体滞留量が最も多いが、時間の経過に従って粉体滞留量のピーク位置は周辺部から中心部へと移行している。これは、粉体供給開始直後には供給口直前部への蓄積によって中心部への粉体の流通量が少なく、この後、周辺部への粉体滞留量が飽和量に近づくと、中心付近への供給量が増加して、粉体の蓄積領域が層周辺部から中心部へと移行するためであると考えられる。

3. 数値解析

充填層中の固気混相流動を表現するためには、層中を流通する気体および粉体に対して、それぞれ連続の式および運動方程式 (Eq.1) を解く必要がある。また各方程式には、粉体の正味の蓄積速度 (R_f)、気体—充填粒子 (F_{g-s})、気体—粉体 (F_{g-f}) および充填粒子—

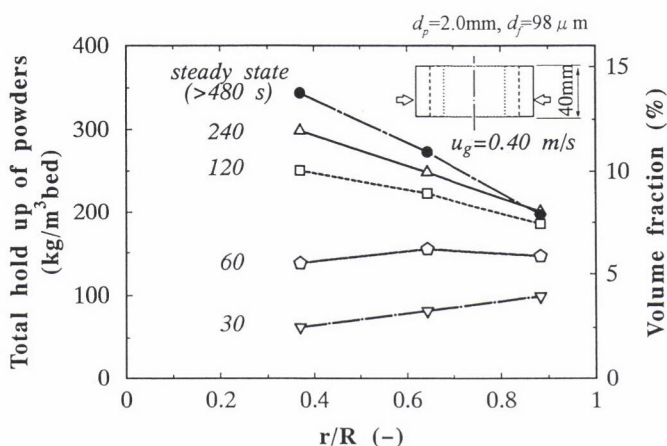


Fig.1. Transient variation of radial distribution of powder hold up in the inlet part of the packed bed.

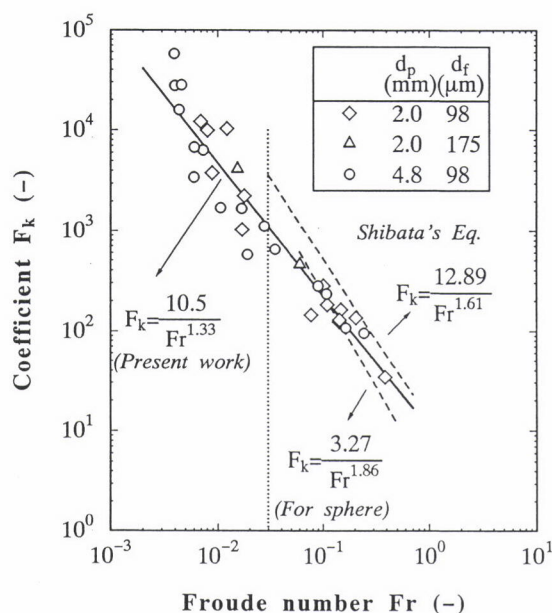


Fig.2. Relationship between coefficient F_k and Froude number Fr .

粉体 (F_{s-f}) 間の相互作用を考慮する必要がある。 F_{g-s} および F_{g-f} については、従来の手法^{1,2)}を用いることが可能である。粉体—充填粒子間の相互作用力 F_{s-f} については、 $F_{s-f} = (F_k/2D^*) \varepsilon_f \rho_f (V_f/\varepsilon_f)^2$ と表し、測定結果を用いて整理すると、係数 F_k はFroude数に対して、Fig.2に示す関係が得られる。粉体の正味の蓄積速度は、粉体の充填層中への捕捉速度 (r_s) と静的hold upの脱離速度 (r_d) の差としてEq.5の様に表される。粉体の捕捉速度に関しては、気流からの粉体の分離機構として重力沈降および慣性力を考慮した。Table1に、解析に用いた方程式群をまとめて示す。結果の一例としてFig.3に、充填層への粉体吹き込み開始からの層内圧力の経時変化を示す。解析結果は、傾向、値ともに測定結果を良好に再現している。層下部における粉体の蓄積挙動に関しても良好な一致が得られており、本解析法は充填層中の粉体の非定常挙動の推算法として有効であることがわかる。また装置内における粉体の捕捉機構については、半径方向（水平に）に吹き込まれた粉体が軸方向（垂直方向）に運動の方向を変化させる装置下部では、慣性力による捕捉が支配的であることが解析によって示された。

文献

- 1) S. Ergun : Chem. Eng. Prog., 48 (1952), 89
- 2) C. Y. Wen and Y. H. Yu : Chem. Eng. Prog. Symp. Ser. 62 (1966), 100
- 3) J. F. Richardson and W. N. Zaki : Trans. Inst. Chem. Eng., 32 (1954), 35

(1996年6月4日受付)

Table 1. Fundamental equations.

$\frac{\partial(\varepsilon_i \rho_i \phi_i)}{\partial t} + \text{div}(\varepsilon_i \rho_i V_i \phi_i - \varepsilon_i \Gamma_{\phi_i} \text{grad} \phi_i) = S_{\phi_i}$					(1)
$i: g \text{ (gas) or } f \text{ (powder)}$					
$\varepsilon_g + \varepsilon_f + \varepsilon_{fs} + \varepsilon_s = 1$					(2)
$\frac{\partial(\varepsilon_{fs} \rho_f)}{\partial t} = R_f$					(3)
Source terms					
Conservation of	i	ϕ	Γ	S	
Continuity	g	1	0	0	
Momentum	g	V	0	$-F_{g-s} - F_{g-f} - \varepsilon_g \text{grad} P$	
Continuity	f	1	0	$-R_f$	
Momentum	f	V	0	$F_{g-f} - F_{s-f}$	
Interaction forces					
F_{g-s} : Based on Ergun's equation ¹⁾					
F_{g-f} : Particle drag modified by Richardson and Zaki ³⁾					
$F_{s-f} = (F_k/2D^*) \varepsilon_f \rho_f \frac{ V_f }{\varepsilon_f} \frac{V_f}{\varepsilon_f}$					(4)
Deposition rate					
$R_f = r_s - r_d = k_s \varepsilon_f \rho_f V_f A_v - k_d \rho_f \varepsilon_{fs}^2 \frac{ V_s }{u_t}$					(5)

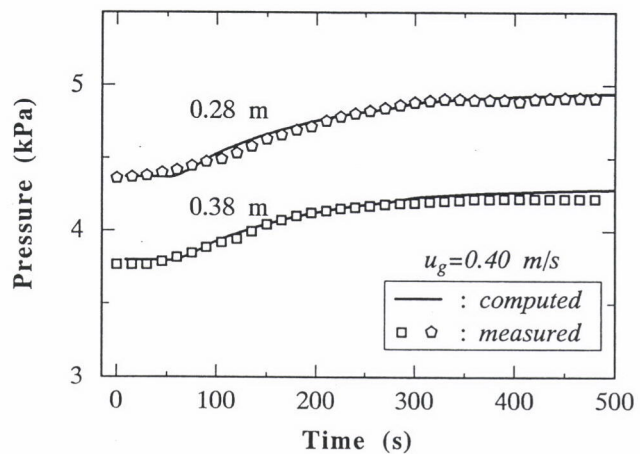


Fig.3. Pressure variations at two different heights in gas-powder two phase flow within a packed bed.

次号目次案内

ふえらむ Vol.1 (1996) No.9掲載記事

地震に耐える IRON & STEEL

話題のプロダクツ

大型壁掛けテレビ

鉄の絶景—富山編

特別講演

これからの日本の鉄鋼技術者に期待するもの—40年の歩みをふりかえって—

中川一 (新日本製鐵 (株))

展望

科学技術系人材の確保について

—平成6年12月内閣総理大臣決定「科学技術系人材の確保に関する基本指針」を中心に
大型航空機用の高圧タービン翼とその修理のこれから

小橋秀俊 (科学技術庁)

山口紘 (日本タービンテクノロジー (株))

鉄の歴史

幕末の高炉技術の展開

岡田廣吉

解説

厚鋼板 (厚板) はどのようにつくられるか—厚板と厚板圧延の操業プロセスの紹介

平部謙二 (NKK)

現場技術報告

コークス炉作業機械の無人化

製鐵所における溶射技術の応用

小柳寛太郎,他 (関西熱化学 (株))

佐藤信治,他 (新日本製鐵 (株))

会員アンケート

1996年第132回秋季講演大会プログラム (別冊)

* 掲載記事及び題目は変更になる場合があります。

本会情報一覧

記事内容	掲載号
日向方斉メモリアル国際会議助成の募集案内	本号 642頁
第132回秋季講演大会 懇親会のお知らせ	本号 642頁
第132回秋季講演大会 工場見学会のお知らせ	本号 643頁
学会部門からの評議員候補者推薦募集案内	本号 644頁
合同シンポジウム「新鉄源の最近の動向」開催案内	本号 645頁
シンポジウム「鉄鋼製精錬プロセスにおける界面物理化学の基礎と応用—平衡論の基礎と応用—」開催案内	本号 645頁
シンポジウム「人間・社会との新しい調和を求めて—Ⅳ—材料開発・創製とエコバランス、CO ₂ 排出抑制を中心として—」開催案内	本号 646頁
シンポジウム「耐震性向上のための構造・材料・加工技術」開催案内	本号 646頁
シンポジウム「鉄鋼の粉末冶金における新しい展開」開催案内	本号 647頁
シンポジウム「表面・界面解析の最近の進歩」開催案内	本号 647頁
シンポジウム「パフォーマンスから見た建材用ステンレス鋼板」開催案内	本号 648頁
シンポジウム「熱プラズマの環境技術への応用」開催案内	本号 648頁
セミナー「熱プラズマ材料プロセスの基礎と応用」開催案内	本号 649頁
セミナー「技術者のための鉄鋼材料入門」開催案内	本号 650頁
材料の組織と特性部会「自主フォーラム」発足のご案内	本号 650頁
7th International Symposium on Physical Simulation 開催日変更のお知らせ	本号 651頁
第163・164回西山記念技術講座「地震と鋼材—阪神・淡路大震災をふまえて—」開催案内	本号 652頁
平成8年度理事、監事、並びに評議員の選挙結果報告	7号 559頁
創形創質工学部会 切削・切断フォーラム 討論会と見学会のお知らせ	7号 563頁
第4回鉄鋼工学アドバンスセミナー受講者募集案内	7号 564頁
ノーベルプロセッシングフォーラムWWWホームページ公開のお知らせ	6号 439頁
「鉄と鋼」[ISIJ International] 投稿規程・執筆要領	6号 442頁
平成7年度事業報告・収支決算及び平成8年度事業計画・収支予算のお知らせ	6号 453頁
新名誉会員・一般表彰受賞者のお知らせ	6号 459頁
第4回日本鉄鋼協会・日本金属学会奨学賞受賞者のお知らせ	6号 486頁
入会案内	1号 73頁

編集後記

リストラ80の評価を会員個人が判断する際に、会報「ふえらむ」と講演大会運営の2つがポイントになると多くの人々から言われてきた。筆者はその両方に関与させていただいているが、ほとんどお役に立てず申し訳なく思う。しかし、本会報では編集委員長を中心とした企画のがんばりで、かなり好ましいご意見・ご感想を頂戴している。幅広い読者を強く意識したグラフ記事、学生や若手技術者・研究者に好評な入門講座など、従来の「鉄と鋼」誌の印象から大きく変貌した。本協会と縁が薄い方々への執筆依頼は容易ではないが、

異分野のリーダーによる展望は、鉄をとりまく今日の状況を幅広い視野で認識するのに役立つことと思う。このような編集委員の思いこみが間違っているか否かは、まもなく実施される見込みの「リストラ80に対するアンケート調査」で会員の方々の総合評価によって判明する。近い将来、一般投稿をはじめとして会員間の交流に役立つような会報へとさらに発展していくことを願っている。

(Y.T.)

会報編集委員会 (五十音順)

委員長 阿部 光延 (新日本製鐵 (株))

副委員長 雀部 実 (千葉工業大学)

委員 石井 邦宜 (北海道大学)	石井 満男 (新日本製鐵 (株))	梅本 実 (豊橋技術科学大学)
川田 豊 ((株) 神戸製鋼所)	北村 高士 ((株) ニューマーケット)	小林 正人 ((社) 日本鉄鋼連盟)
近藤 隆明 (NKK)	佐藤 駿 (住友金属工業 (株))	手塚 誠 ((社) 日本鉄鋼協会)
友田 陽 (茨城大学)	中村小夜子 ((社) 日本鉄鋼協会)	久松 定興 (いすゞ自動車 (株))
古田 修 (愛知製鋼 (株))	三宅 苞 (川崎製鉄 (株))	柳 謙一 (三菱重工業 (株))
山口 周 (名古屋工業大学)		

連絡先

本部事務局 〒100 東京都千代田区大手町1-9-4 経団連会館3階

TEL: 総合企画事務局: 03-3279-6021 (代)

学会部門事務局: 03-3279-6022 (代)

生産技術部門事務局: 03-3279-6023 (代)

FAX: 03-3245-1355 (共通)

ふえらむ (日本鉄鋼協会会報) 定価 2,000円 (消費税本会負担)

Bulletin of The Iron and Steel Institute of Japan Price: ¥2,000 (Free of seamail charge)

1996年5月10日 第3種郵便物認可 1996年8月1日印刷納本・発行 (毎月1回1日発行)

編集兼発行人 東京都千代田区大手町1-9-4 経団連会館内 島田 仁

印刷人/印刷所 東京都新宿区三栄町20-3(新光オフィソーム) (株) ニューマーケット

発行所 社団法人日本鉄鋼協会 〒100 東京都千代田区大手町1-9-4 経団連会館3階

TEL: 総合企画事務局: 03-3279-6021 (代)

学会部門事務局: 03-3279-6022 (代)

生産技術部門事務局: 03-3279-6023 (代)

FAX: 03-3245-1355 (共通)

郵便振替 口座東京00170-4-193番 (会員の購読料は会費に含む)

© COPYRIGHT 1996 社団法人日本鉄鋼協会

複写される方に

本誌に掲載された著作物を複写する場合は、本会が複写権を委託している次の団体に許諾を受けて下さい。

学協会著作権協議会

〒107 東京都港区赤坂9-6-41 社団法人日本工学会内 TEL 03-3475-4621 FAX 03-3403-1738

また、本会は上記団体を通じて米国Copyright Clearance Center, Inc.と、また本会独自に米国Institute for Scientific Informationと複写権に関する協定を結び、双方に本誌を登録しています。従って、米国において本誌を複写される場合は、次のいずれかの機関の指示に従って下さい。

Copyright Clearance Center, Inc.

222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA TEL 001-1-508-750-8400 FAX 001-1-508-750-4744

Institute for Scientific Information

3501 Market Street Philadelphia, PA 19104 USA TEL 001-1-215-386-0100 FAX 001-1-215-386-6362

行事等予定

太字は本会主催の行事

開催期日	行事(開催地)	締切	掲載号及び頁
1996年			
8月 19日	東海支部 若手冶金エンジニア研究会 (岐阜)		本号 659頁
21~24日	第36回真空夏季大学 (静岡)	1996/7/10	7号 570頁
22,23日	金属学会セミナー「金属組織観察の基礎と最近の進歩」(東京)		本号 659頁
23日	研究発表・討論会「無加熱・無加圧による超精密接合の大面积化」(東京)		本号 659頁
27日	第163回西山記念技術講座「地震と鋼材—阪神・淡路大震災をふまえて」(東京)		本号 652頁
9月 5,6日	第10回セラミック・サマー・スクール (初心者のための勉強会) (東京)		本号 659頁
6日	関西支部 湯川記念講演会 (大阪)	1996/8/28	本号 659頁
6日	第12回技術セミナー「材料の腐食寿命予測の基礎」(東京)		本号 659頁
10,11日	講習会「化学工学基礎講座—大気汚染物質発生と制御の理論—」(東京)		本号 659頁
12,13日	先端制御理論とその応用 (大阪)		本号 659頁
18日	創形創質工学部会 切削・切断フォーラム 討論会・見学会 (埼玉)	1996/9/4	7号 563頁
18~20日	'96国際真空産業展 (東京)		7号 570頁
19,20日	第40回日本学会会議材料研究連合講演会 (京都)	1996/6/20	6号 450頁
19,20日	SICEセミナー「古典制御入門—なぜ古典論は使えるのか? その本質を考える」(東京)		本号 659頁
24日	日本混相流学会混相流レクチャーシリーズ「基礎から最新線まで」(大阪)	1996/9/17	本号 660頁
27日	シンポジウム「熱プラズマの環境技術への応用」(札幌)	1996/9/10	本号 648頁
27日	第164回西山記念技術講座「地震と鋼材—阪神・淡路大震災をふまえて」(神戸)		本号 652頁
28~30日	第132回秋季講演大会 (札幌)	1996/7/11	5号 382頁
28日	第132回秋季講演大会懇親会 (札幌)	1996/9/18	本号 642頁
28日	シンポジウム「人間・社会との新しい調和を求めてIV」(札幌)		本号 646頁
28日	シンポジウム「鉄鋼の粉末冶金における新しい展開」(札幌)		本号 647頁
28日	シンポジウム「表面・界面解析の最近の進歩」(札幌)		本号 647頁
29日	シンポジウム「新鉄源の最近の動向」(札幌)		本号 645頁
29日	シンポジウム「耐震性向上のための構造・材料・加工技術」(札幌)		本号 646頁
29日	シンポジウム「パフォーマンスから見た建材用ステンレス鋼板」(札幌)		本号 648頁
30日	シンポジウム「鉄鋼製精錬プロセスにおける界面物理化学の基礎と応用」(札幌)		本号 645頁
10月 1日	第132回秋季講演大会工場見学会 (苫小牧・室蘭)	1996/9/10	本号 643頁
8,9日	第9回日本・ドイツセミナー (デュッセルドルフ)		
16~18日	第39回自動制御連合講演会 (奈良)	1996/7/5	6号 450頁
16~18日	第43回腐食防食討論会「腐食モニタリングとその高度化,他」(大阪)		7号 570頁
16~18日	第39回標準化全国大会 (東京)		本号 660頁
17,18日	HPI技術セミナー「圧力設備の材料、設計、施工、維持管理」(大阪)		7号 570頁
18日	セミナー「熱プラズマ材料プロセスの基礎と応用」(東京)		本号 649頁
18日	セミナー「技術者のための鉄鋼材料入門」(大阪)	1996/10/4	本号 650頁
21,22日	SICEセミナー「現代制御理論入門」(東京)		本号 660頁
21~24日	第9回国際超電導シンポジウム (札幌)	1996/9/30	7号 570頁
25日	関西支部「材料セミナー: 表面分析—表面・界面・微小部分析」(京都)	1996/9/27	本号 659頁
29日	関西支部「材料セミナー: 組織観察—走査電子顕微鏡による破面観察とその解析」(神戸)	1996/9/27	本号 659頁
29,30日	第6回日中溶融塩化学・技術シンポジウム (甲府)		7号 570頁
30,31日	センシングフォーラム「センシング技術の新たな展開と融合」(東京)		7号 570頁
31,11月1日	第28回溶融塩化学討論会 (甲府)	1996/7/26	7号 570頁
31,11月1日	第21回複合材料シンポジウム (富山)	1996/8/2	7号 570頁
11月 2~4日	第47回塑性加工連合講演会 (石川)	1996/7/19	6号 450頁
8日	関西支部「材料セミナー: X線回折—薄膜材料・粉末材料のキャラクタリゼーション」(高槻)	1996/9/27	本号 659頁
13~15日	第4回鉄鋼工学アドバンストセミナー (神戸)	1996/9/2	7号 564頁
18~20日	第37回高压討論会 (仙台)		7号 570頁
19,20日	関西支部「材料セミナー: 化学評価—金属材料の耐環境性評価—講義と実習」(大阪)	1996/9/27	本号 659頁
25,26日	第23回疲労シンポジウム (京都)	1996/7/5	6号 450頁
12月 5,6日	第2回流動層シンポジウム (東京)	1996/8/31	本号 660頁
13日	第2回分子動力学シンポジウム (大阪)	1996/8/19	本号 660頁
1997年			
1月 20~24日	7th International Symposium on Physical Simulation (つくば)	1996/4/1	本号 651頁
3月 27~29日	第133回春季講演大会 (東京)		

ふらむ Vol.1 No.8 広告目次

表2 (株)トライメート マーキング装置他
前1 住友金属テクノロジー(株) 試験分析サービス
2 北海道旅客鉄道(株) 旅行案内

後1 本誌広告目次
近畿日本ツーリスト(株)

団体旅行案内

後2 (株)テクノヨコハマ 炉外精錬装置

表3 (株)トライメート 高圧酸素切断方式

表4 日本アナリスト(株) 各種分析装置

本誌広告取扱 株式会社 協会通信社 〒104 東京都中央区銀座7丁目3番13号
TEL 03(3571)8291・FAX 03(3574)1467

信頼される旅づくり



おおらかに雄大な自然。ゆるぎない歴史、継承される文化。そして、そこに息づく人々の力強い暮らし。触れてみてこそわかる“旅”の醍醐味。

わたしたちの人生で、いったいどれだけの素晴らしい旅を体験することができるのでしょうか。

“旅”は人生の愉しみ。

近畿日本ツーリストがお届けする、日本の旅くメイト、世界の旅くホリディ。

永年の実績を生かし、自由多彩なコース、内容の濃いプランで、多くの方の人生に、さまざまな喜びや忘れ得ぬ思い出を提供しています。

人生航路でどれだけの素晴らしい旅を体験できるのだろう。

自然の心にふれる日本の旅……………メイト

気ままに自由に世界の旅……………ホリディ

人が好き。地球が好き。旅が好き。

団体旅行のご用命は



近畿日本ツーリスト

日比谷支店 ☎03-3595-1177

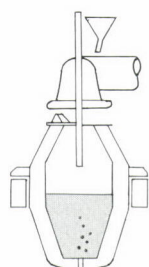
運輸大臣登録一般旅行業第20号

炉外精錬装置

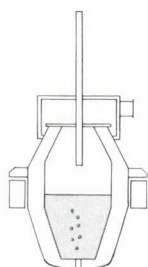
小容量装置(DETEM)から大容量熔鋼処理まで 品質改善と精錬費合理化に役立ちます

テクノメタル社は、我が国鉄鋼界に数々の実績を残したドイツ人技師 Mr. Luven, Mr. Holtermannらが中心になって経営している各種炉外精錬装置のエンジニアリング会社です。VODの開発で著名なDr. Bauerも冶金顧問の一員として活躍しており、皆様のご計画をお手伝い致します。

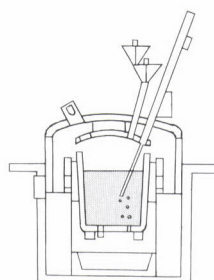
貴社の状況、ご希望等に応じて各種の炉外精錬装置を、お見積もり致します。お気軽にご相談ください。



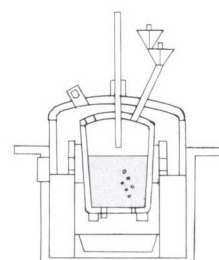
Inertgas Oxygen Converter



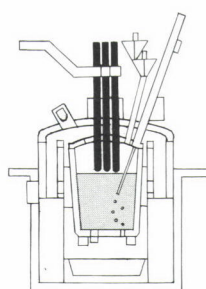
Vacuum Oxygen Decarburization Converter



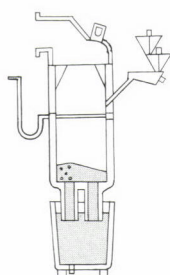
Vacuum Degassing



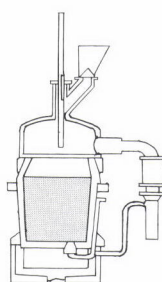
Vacuum Oxygen Decarburization



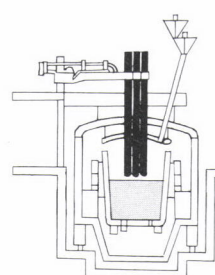
Vacuum Arc Degassing



Vacuum Circulation Process



Detem



Ladle Furnace

総代理店



株式会社 テクノヨコハマ

代表取締役社長 中村道生

本社 〒225 横浜市青葉区市ヶ尾町1161番地14
アーバンプラザA-2号室
TEL:045-972-1066 FAX:045-972-1065
東京事務所 〒101 東京都千代田区岩本町2-1-16 千代田技研工業株内
TEL:03-3861-3623 FAX:03-3863-3075



TECHNOMETAL

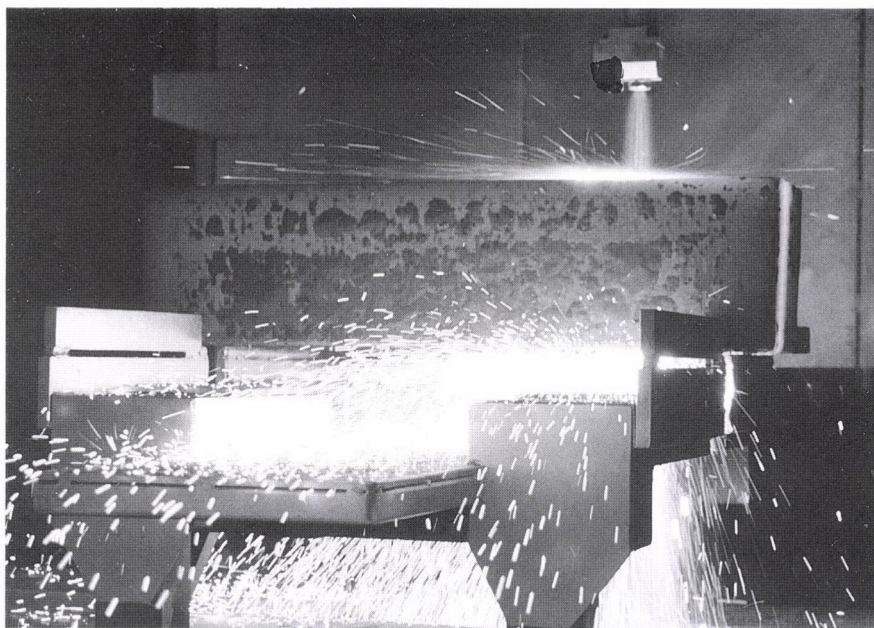
Gesellschaft für Metalltechnologie mbH

Königstrasse 53 Postfach 101319
D-47051 Duisburg 1
Telephone (0203) 30503-0
Telefax (0203) 3050380
Telex 8551369

ゲガ社が開発した、 画期的で実用性に優れた酸素切断技術!!

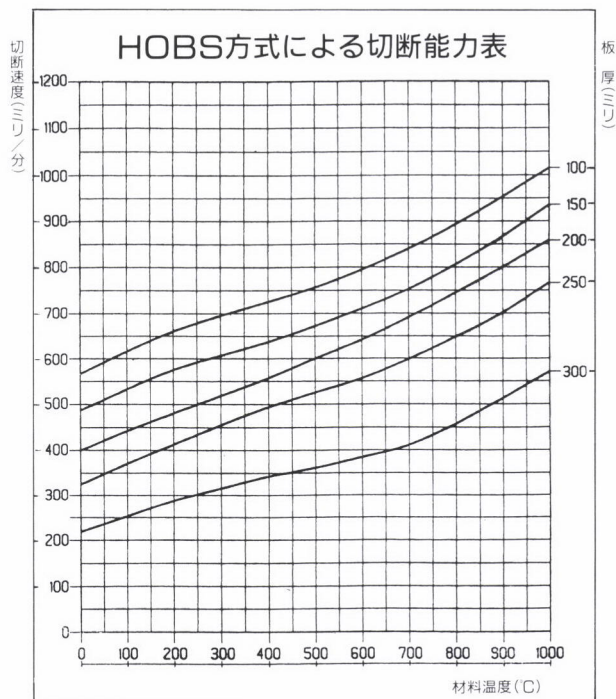
長年の経験と技術により開発されたこの〈高速〉高圧酸素切断方式(HOBS)は、従来の切断速度に比べ、約40~60%以上の高速化を実現することができました。

GeGa



〈適正な設定条件例〉

- 切断酸素圧力(KG/CM²) : 28.5
- 切断酸素消費量(NM³/時) : 95~115
- 加熱酸素圧力(KG/CM²) : 3.2
- 加熱酸素消費量(NM³/時) : 26
- 燃料ガス圧力(KG/CM²) : 0.7~1.5
- 燃料ガス消費量(NM³/時) : 26~28
- 平均切断幅(MM) : 約5.5~6.5



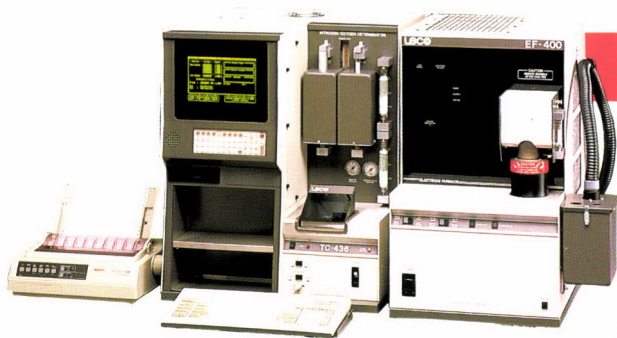
GeGa製品についてのお問い合わせは：

株式会社 トライメート

〒194 東京都町田市旭町1-6-11 コスモ・ミツイ
PHONE:0427-27-2813 TELEFAX:0427-23-0803



金属・鉱石・無機物・セラミック中 C・S・O・N・H 分析装置各種



TC-436

酸素窒素同時分析装置

(鉄鋼, 非鉄金属, 電子材料, 炭素繊維等
各種セラミックス (Si₃N₄, AlN, BN, SiC, TiC)
(SiO₂, Ba₂ YCu₃ O_{7-y}等))

感 度: 0.1ppm 分析時間: 標準40秒
分析範囲: (1g試料) (50mg試料)
酸素: 0~0.1% 酸素: 0~20%
窒素: 0~0.5% 窒素: 0~45%

電子天秤: プリンター内蔵
オプション: 昇温抽出プログラム

姉妹機

TC-136 O-N分析

TN-414 N分析

RO-416 O分析

TN-114 N分析

CS-444

炭素硫黄同時分析装置

(鉄鋼, 非鉄金属, 特殊合金, 鉱石等)

感 度: 0.1ppm 分析時間: 標準30秒
分析範囲: (1g試料) 炭素: 0~6.0%
硫黄: 0~0.35%

電子天秤, プリンター内蔵
オプション: オートクリーニング
オートローダー, ルツボ空焼器

姉妹機

CS-244 C・S分析 EC-12 C分析

IR-412 C・O分析 IR-432 S分析

WR-112 C分析 IR-232 S分析



RH-404

水素分析装置

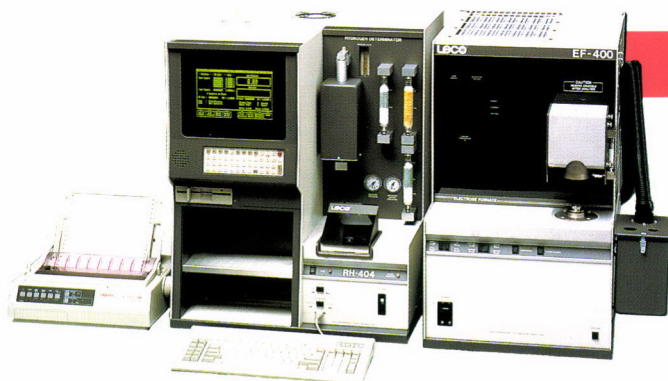
(鉄鋼, 銅, チタン等)

感 度: 0.01ppm 分析時間: 通常80秒
分析範囲: 0.3~250ppm (試料1gの場合)

姉妹機

RH-402 水素分析

DH-103 水素分析



常設展示中 分析方法その他
御相談承ります。



日本総代理店

LECO CORPORATION
U.S.A.

日本アナリスト株式会社



ISO-9002

No. FM 24045

(BSI - British Standards Institute)

本 社 〒141 東京都品川区西五反田 3 - 9 - 23

大阪支店 〒560 大阪府豊中市岡上の町 2 - 6 - 7

九州営業所 〒804 北九州市戸畑区汐井町1-1(戸畑駅西口ビル)

☎(03)3493-7281代 FAX(03)5496-7935

☎(06)849-7466 FAX(06)842-2260

☎(093)884-0309 FAX(093)873-1190