

# ふえらむ

Vol.2 No.9 1997

(社)日本鉄鋼協会会報

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

ホームページ <http://www.isij.or.jp>

**あなたの事業に  
ぴったりの提案を、  
世界のどこへでも  
お届けできる  
パートナーを  
お望みですか？**

**ご相談ください、  
私たちに。**

**工業用ガスのイノベーター「エア・リキード」なら、  
あなたのご要望に添った生産性向上策を  
世界のどこへでもお届けします。**

エア・リキードは、工業用ガスではトップのシェアを誇る世界最大のイノベティブ・グループです。60数カ国に及ぶサービスネットワークを通じて、全世界100万社以上のお客様に、個々のご要望

に添った様々な解決策を提供してきました。

規模の大小や、業種・エリアにかかわらず「工業ガス」のことならどんなご相談にもお応えできる、エア・リキードならではのグローバルスケールの集積ノウハウをご活用いただいています。もちろん、あなたのケースにも、お近くのエア・リキードが、きっとお役に立ちます。日本ではテイサンがご相談にお応えします。 <http://www.jp.airliquide.com>



**提案します、明日が見える生産性。**

テイサン株式会社（日本エア・リキード）

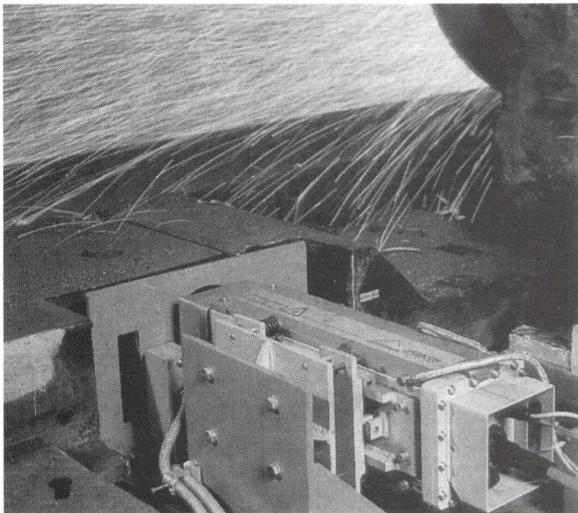


# ドイツ/メザコン社 高精度レーザー測定器



メザコン社のレーザー測定器は、優れた耐環境性能(水、ダスト、高温、振動等)を有しH型鋼、棒鋼、ワイヤの熱延ラインに於いて、非接触形状・寸法測定を行います。駆動部がなく回転式に比べメンテナンスフリーのレーザー計測器です。

## ☆レーザー長さ計、速度計 LV503型



### 主仕様例

- ・測定範囲：0～90m/sec又は  
-45～+45m/sec(オプション有り)
- ・焦点距離(許容距離変動)：  
1000(±50mm)又は2000(±100mm)  
(偏光システムにより近傍設置も可能)
- ・測定精度：±0.05%(1000±50mmタイプ)  
±0.10%(2000±100mmタイプ)
- ・被測定物温度：最高1200℃
- ・応答時間：1ms
- ・光源：He/Neレーザー  
5mW(クラス3B)

## ☆オンラインレーザー形状測定装置 Mesameter P型

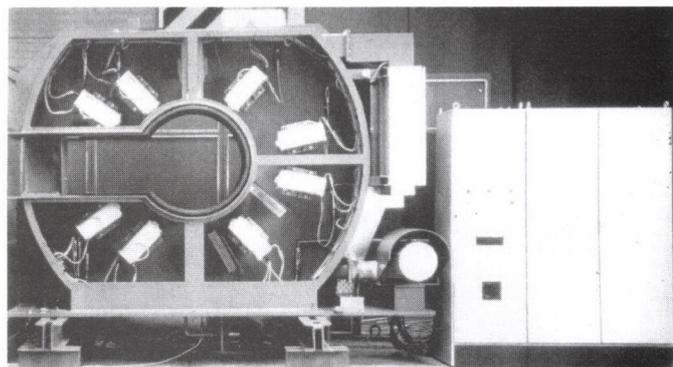
### 主仕様例 右図装置の場合

- ・ライン速度：最大10m/sec
- ・総合精度：±0.1mm
- ・演算速度：0.01sec以内
- ・レーザー測定器：DS2型

応用例：型鋼寸法測定

棒鋼寸法測定

スラブ寸法測定(オフライン)



MESAMETER P

(ドイツPreussag社納入のH鋼形状測定装置)

これからも世界の先進技術をご紹介します。

日本総代理店

株式会社 **マツボー** プラント2部

〒105 東京都港区虎ノ門3丁目8番21号  
TEL.03-5472-1746 FAX.03-5472-1740

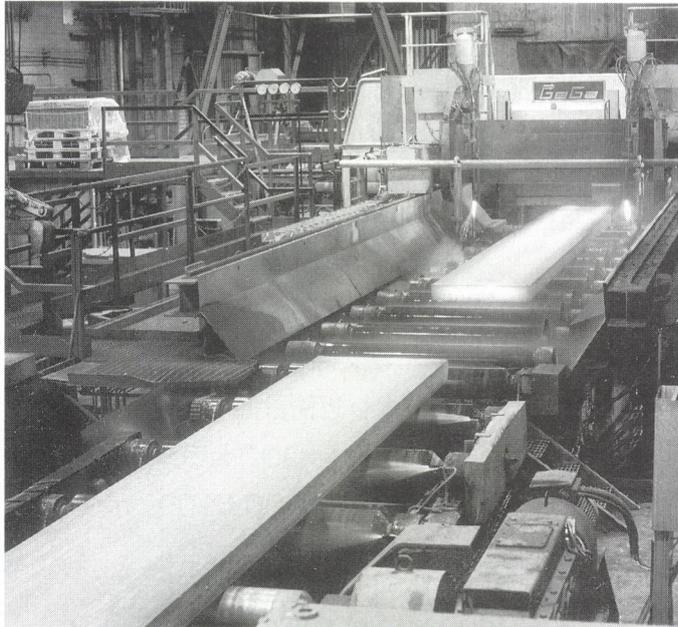
国内メンテサービス

株式会社 **タウ技研**

〒224 神奈川県横浜市都筑区佐江戸町181番地  
TEL.045-935-0721 FAX.045-935-0731

# ドイツのアイデアで、先進技術の日本にも貢献を!

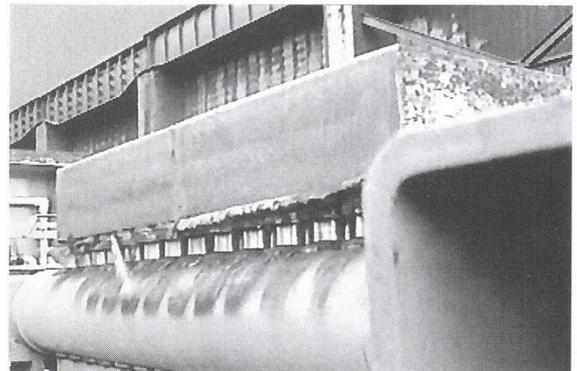
## GeGa



最新型 GBMスラブ切断装置

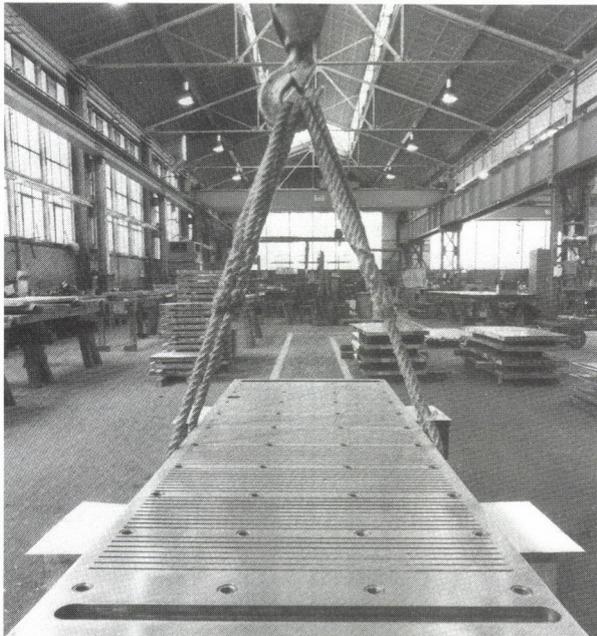
連続铸造用ガス切断装置として、ブルーム/ピレット用で910台、スラブ用で380台、幅分割用で140台などなどの納入実績を有するドイツのゲガロツ社は、常に最新の技術で世界の製鉄製鋼業界のご要望に対応しております。

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、鋳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

## KME



スラブ用モールドプレート

用途に応じて、KMヨーロッパメタルは最適な素材で製品を提供いたします。以下にそれぞれの素材の特性を示します。

素材の種類		脱酸銅	銀入り銅	特殊合金銅(ELBRODUR)		
諸特性	単位	DHP-Cu	DPS-Cu	G(CuCrZr)	BN(CuCoNiBe)	
化学組成	%	Cu 99.9 P 0.03	Ag 0.09 P 0.006 Cu 残	Cr 0.65 Zr 0.10 Cu 残	Co 3.0 Be 0.15 Zr 0.15 Cu 残	
電導性	m/Ωmm <sup>2</sup>	48	55	47	35	
物理的	% IACS	83	95	81	53	
特性	熱伝導性 W/m·K	322	370	315	233	
	熱膨張係数 (20-300℃) 10 <sup>-6</sup> /K	17.7	17.7	18	17	
	再結晶温度 ℃	350	370	700	(720)	
	半軟化温度 ℃			500	520	
	弾性率 10 <sup>9</sup> N/mm <sup>2</sup>	120	125	128	138	
機械的	温度(℃)	単位				
	0.2% 耐力力 (Rp0.2)	20 N/mm <sup>2</sup>	265	265	300	570
		200	235	235	280	560
		350	(190)	(190)	240	540
		500	(30)	(30)	165	430
特性	抗張力 (Rm)	20 N/mm <sup>2</sup>	275	275	410	750
		200	240	240	380	710
		350	(195)	(195)	320	650
		500	(90)	(90)	200	460
伸縮率 (A5)	20 %	25	15	18	17	
	200	9	9	17	12	
	350	(10)	(10)	19	8	
	500	(40)	(40)	20	5	
硬度 (HB2.5/62.5)	20	85	90	125	200	
用途		チューブ		チューブおよびプレート		



GeGaおよびKM Europa Metal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

# ふえらむ

Vol.2 (1997) No.9

C O N T E N T S

## 目次

Techno Scope	高齢化社会を支えるテクノロジー	2
話題のプロダクト	デジタルカメラ	10
鉄の絶景	夢を現実に変えた鉄 ～北海道・本州～	14
特別講演	メガコンペティション時代へ向けての日本鉄鋼業の在り方 住友金属工業(株) 代表取締役副会長 中村為昭	17
入門講座	計測技術編—4 非接触温度計測技術—放射測温計— 東洋大学工学部機械工学科教授 井内徹	23
鉄の歴史	戦後復興・発展期における我が国鉄鋼製造技術史—技術編 和魂洋才—戦後の特殊鋼製鋼技術の進歩(1945~1965)— 大同特殊鋼(株) 相談役 岸田壽夫	30
解説	薄鋼板への成形性付与技術の進歩 新日本製鐵(株) 技術開発本部鉄鋼研究所鋼材第一研究部 主幹研究員 岸田宏司	41
現場技術報告	冷延コイル無人搬送システムの概要 新日本製鐵(株) 君津製鉄所 吉原敦	46
97年ISIJ学生会員のための北欧研修に参加して	東京工業大学大学院材料科学専攻修士課程2年 中澤寛	49
本会情報		50

ホームページ <http://www.isij.or.jp>



# 高齢化社会を支える テクノロジー

「老い」を担っていくための技術



日本には、姥捨てにみられる「棄老」の精神と、  
儒教思想に発する「敬老」の精神とが、並存しているといわれる。  
「棄老」の精神は、物語にもよく描かれるように、  
共同体の物質的な限界を動機としている。  
これまで科学技術は人にとっての物質的な限界を  
克服するために活用されてきた。  
とすれば、比喩も含めたさまざまな「棄老」を克服するために、  
技術や工学といったテクノロジーは  
もっと活用されてしかるべきではないのだろうか。  
そんな視点から今回は「老い」によって本人や周囲に生じる  
困難を克服するための、先端での研究例に着目してみた。

# 高齢者と家族の負担軽減に期待がかかるメカトロ介助機器の技術

世界的にも、かつて例をみない高齢化の波が迫りつつある。社会的な対応策がさまざまな角度から検討される一方で、技術的・工学的な支援のノウハウも研究が進んでいる。人間の物理的限界を強力に補助してくれるものが科学技術だとすれば、この分野への技術導入は、必然であるとも考えられるだろう。そうした視点から福祉を技術面から支える福祉工学の研究成果に目を向けてみる。

## 工学技術によって福祉を支援

現在日本では、6.6人にひとりが65歳以上の高齢者であるといわれている。2010年には4.7人にひとりの割合となり、東京都では100m四方に平均で18人という高齢人口の集中化も起こってくるのが予想される。さらに2025年までには高齢者の比率は3.8人にひとりとなり、しかもそのうち約56%が75歳以上の後期高齢人口になるといわれる。

高齢者の比率が増加することによって危惧されるのは「寝たきり」や「痴呆」などの増加である。高齢者本人にとってもつらい時間を過ごすことになるのはもちろんだが、よくいわれるように介護する家族の負担もなみならぬものになる。2020年代には生産に直接かかわらないいわゆる従属人口は7割弱になると考えられるから、年金制度の原則にのっとれば、1.3人の働くおとなで高齢者ひとり分の生活を負担する計算になる。年金制度がどうなるかはさておいても、社会的にもほぼ1対1に近い負担を背負い、個人的にも介護負担を背負わねばならないという現実が社会全体にもたらす影響は、けっして小さなものとは考えられない。こうした危機意識から、介護システムの確立が叫ばれ、そのステップとして先頃、公的介護保険制度の導入が決定されたことも記憶に新しい。

高齢化社会へ向けての社会的な基盤づくりを進めていくことの重要性はもちろんのことだが、負担軽減の方法論として、たとえば家電製品が家事労働の負担を軽減してきたように、工学技術の導入によって介護者の負担を減らし、高齢者自身もより自由に生活ができるような工夫というものも考えられるはずである。

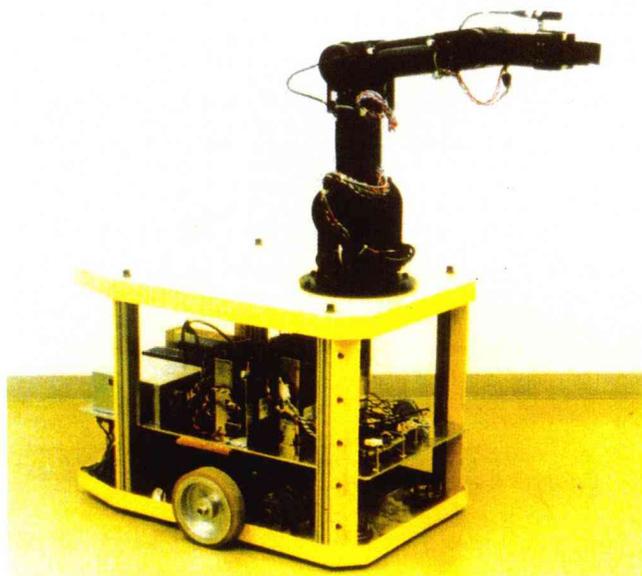
こうした問いに応えるものとして、現在、福祉工学といわれる技術分野に期待がかけられ始めている。障害者も含めて、身体的な自由で制限のある人たちを支えるための工学的な研究である。感覚、運動、内部機能などの障害や生活環境の整備にいたるまで、さまざまな角度からのアプローチがなされているが、身体的不自由を負いがちな高齢者のための技術もその中に見出すことができる。

## 介護を助けるロボットシステム

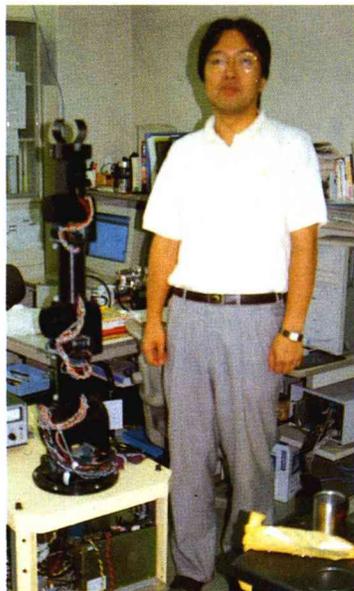
たとえば、いわゆる寝たきり障害者を支援するための技術研究の先駆者としては、1980年前後に芝浦工業大学システム工学部教授の舟久保熙康教授ら（当時東京大学工学部）によって行われた介助機器システムの研究例がある。これは電動の棚に収納した日常生活用品を2本の腕（マニピュレーター）と搬送車によって患者の手元、口元まで運ぶための自動倉庫的なシステムと、カーテンの開閉、電気製品のON/OFF機能を集合させたもので、使用者の身体的自由度に応じて、タッチ・スイッチ、呼気スイッチ、音声入力装置、ルックサイト・システム（視線と頭の動きで操作）などのインターフェースが組み合わせられるようになっていた。舟久保教授らの研究は、いわば介助ロボットというべき最初のものだったが、かなり大がかりで、実用化を考えるとコスト的にも問題があった。

舟久保教授の流れを継承し、やはり芝浦工業大学で教鞭をとる米田隆志教授は、介助システムの中のとくに物を運んでくる機能だけにしぼりこんで、実用性の高い介助ロボットの可能性を追究する道を選んだ。「現在、家電製品はリモコンが発達して、テレビ、エアコン、照明などは手元で操作できるものが増えましたから、それらの操作はとりあえず除外してもいいだろうと考えました。また食事の世話をしてくれるロボットも研究はされていますが、人の心理まで含めて考えると機能的にとっても微妙なものになり、実用化までの道程は長いものになりそうです。そこで、欲しいものをとってきてくれるという機能を主に考えようということで研究を進めています」（米田教授）。

米田教授のロボットは、物を運ぶ機能にしぼったところから介助用モビルロボットシステムと名づけられた。システムの概要としては、サイドテーブル大の台車に1本のマニピュレーターがついたロボット本体とコントロール用の画面とから構成され、マニピュレーターの先には、カメラが備えつけられている。使用者は画面を見ながら欲しい対象物を探し、指示をあたえる。ロボットはカメラ画像をもとに対象物を認識し、つかんで運んでくれる。対象物を下ろす際につぶしたり落下させたりし



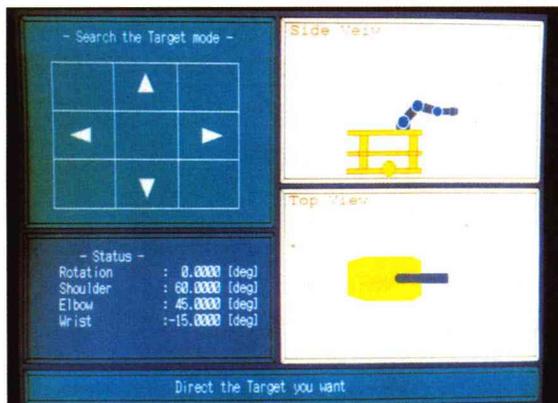
介助用モビルロボットシステムのロボット本体



開発者の米田隆志教授



開発中の新たなマニピュレーターの構造模型



介助用モビルロボットシステムの操作画面。高齢者の使用を想定し、分かりやすい画面表示を工夫してある。

ないために、力センサーを用いて、下ろす際の対象物の重量変化を感知し握りを放すようになっている。現段階では、円柱状の対象物を認識するのがせいっぱいのため、取手を円柱状にしたトレーに対象物をのせ、それを運ぶようになっているという。現状、平たい物、箱状のものをうまく認識してつかむことは難しい。この課題をクリアーするために、米田教授らは画像による形状認識の向上と、より精妙なハンドの開発に力を入れている。次の段階への改良点としては、カメラをズーム方式にすることと、3本指に掌をそなえたハンドを製作することだという。

この介助ロボットのコストは今のところソフトウェア抜きで500万円くらいかかっており、研究段階のプロトタイプとはいえ将来の実用化を考えると、よりいっそうのコストダウンが課題になるという。

### 階段をものもしない移動装置開発の夢

「寝たきり」から少し回復した人たちは、車椅子で街を移動することになるが、これがなかなかやっかいなものである。段差

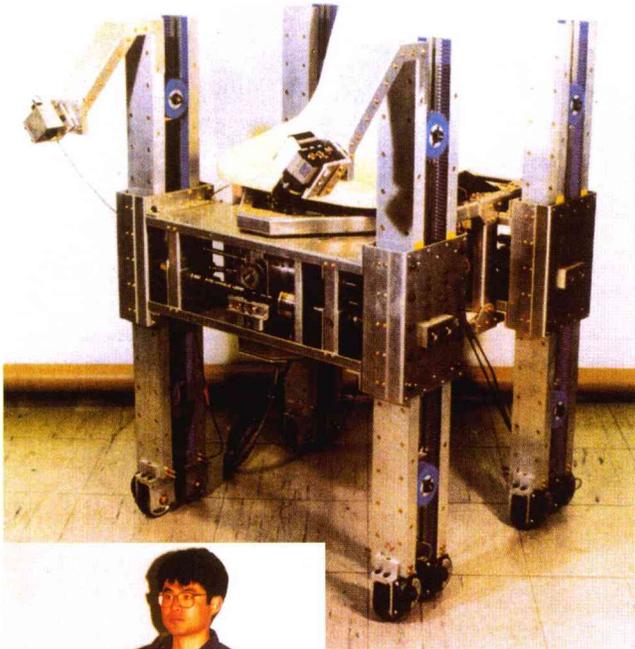
や階段が車椅子にとっては大きな障害になるからだ。高齢化社会の到来を目前に、街や建物のバリアフリー化が叫ばれているが、生活空間のすべてに適用するのは、そう容易なことではないだろう。

段差があってもそれが障害とならない車椅子ができれば、車椅子生活者をもっと気軽に外出できるようになるし、介護者の負担も小さくできる。

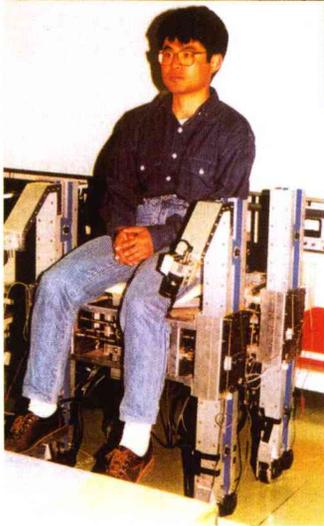
こうした発想から米田教授は同じ芝浦工業大学の宮城政雄助教授らと共同で、階段の昇降が可能な8本脚の車椅子を開発した。階段を昇降するメカニズムは、5ページ右上の図のとおり。4本の脚部がおのおの2本から構成され、合計で8本になっている。段差を探りながら脚の半分ずつが順に昇降し、階段を越えていく。脚部に取り付けられたカメラで階段の段差を測定し、上下の動きを制御する。より小さなバッテリーで運転するために、動作はすべてひとつのDCモーターの動力をクラッチを使って切り替える方法をとっている。座面の安定度が高いのが特徴である。

現状、バッテリーを除いた重量が60kgと比較的軽く、外寸も市販の車椅子にほぼ近い。問題の階段などの走行性能だが、今のところ昇りはかなり順調にいくものの、下りの時には使用者に多少の不安感をあたえることも予想され、信頼性向上や安全対策の強化が今後の改良にあたってめざされている。

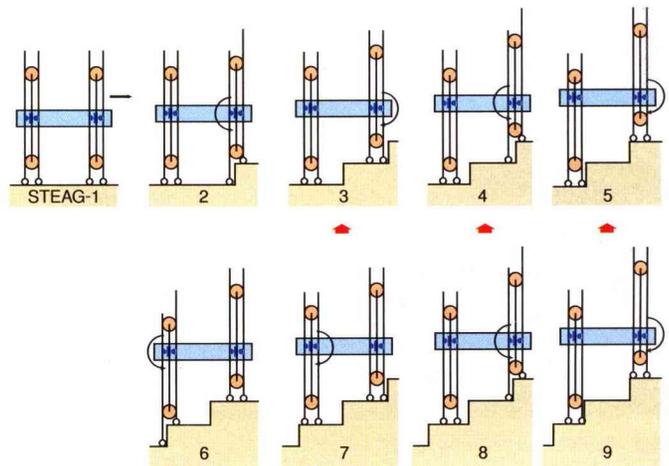
米国では平常時には車輪を使って走行し、階段ではキャタピラのような装置で階段を昇降するタイプの電動車椅子が商品化されている。駅の階段などで重量物の運搬に使われている電動の台車を見かけるが、それに近い移動装置を階段用に用い、傾斜に応じて座面の傾斜を調節する機構を組み込んだものである。信頼性の高いシステムだが、全重量230kgと日本の住



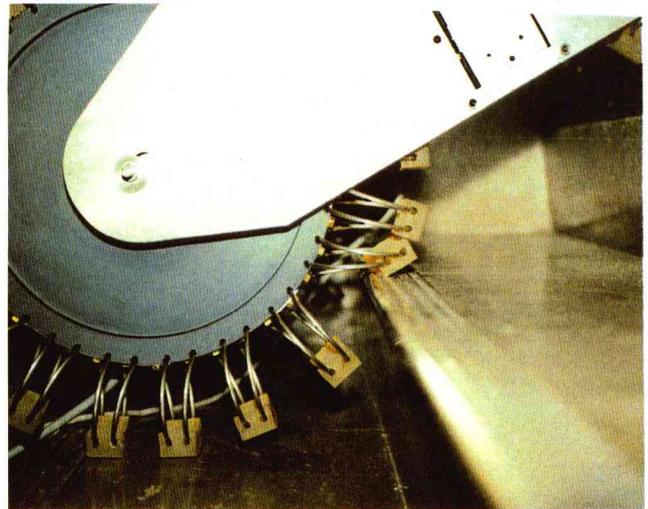
芝浦工業大学の階段昇降車椅子



階段昇降車椅子の昇降実験

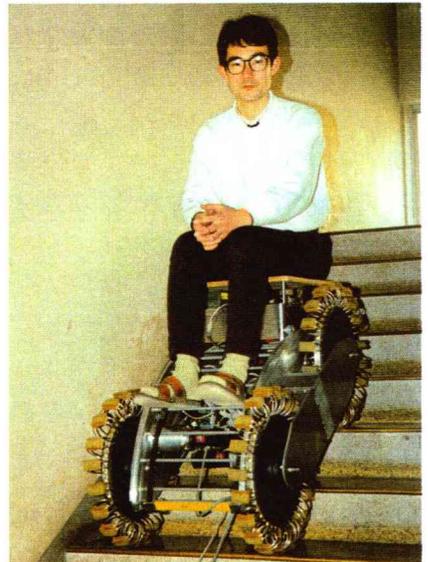


階段昇降車椅子の昇降メカニズム



階段をグリップするコイルスプリング式駆動輪

広瀬研究室の階段昇降車椅子



宅事情を考えるとかなり大きい。

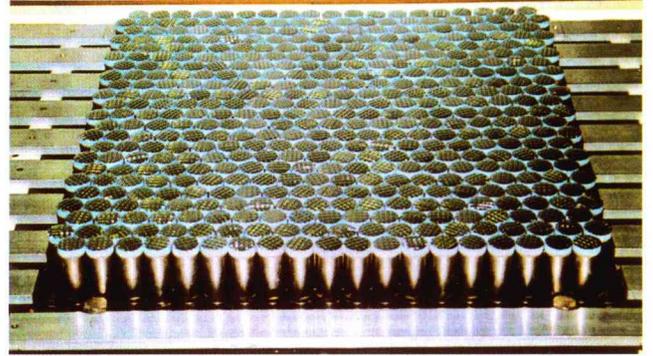
以前本誌の3Kロボット特集 (vol.2 No.5 Techno-scope) で紹介した東京工業大学の広瀬茂男教授の研究室では、ロボット技術を応用した階段昇降式の電動車椅子を開発している。駆動輪を独特なコイルスプリング式にしたもので、平地走行も階段昇降もともに車輪の外周に取り付けられた多数のコイルスプリングの弾力によって車体を支えるようになっている。コイルスプリングには2本にひとつの割合でウレタンゴム製のニップルが取り付けられており、平地ではそれがタイヤのような摩擦力を生む。階段などにさしかかると、コイルスプリングが段をグリップし、車体を支える。座面は円弧状のレールの上を移動することで、水平が保たれるようになっている。4輪で階段をしっかりとグリップするので、安定性がきわめて高いという。

段差を走行できる車椅子の必要性について、米田教授はこんなふうに語る——「最近街でも電動3輪をよく見かけるようになりました。あれが発売された当初は、はたして需要があるのかどうか疑問視されていましたね (重量がかなりあり、

スピードが遅く、バッテリー充電にも時間がかかる)。でも実際に市場に出してみると、予想以上に数が出たようです。脚が悪いために閉じ籠りがちだったお年寄りが、今までより遠出ができるようになるということで、購入に結び付いたんです」脚の



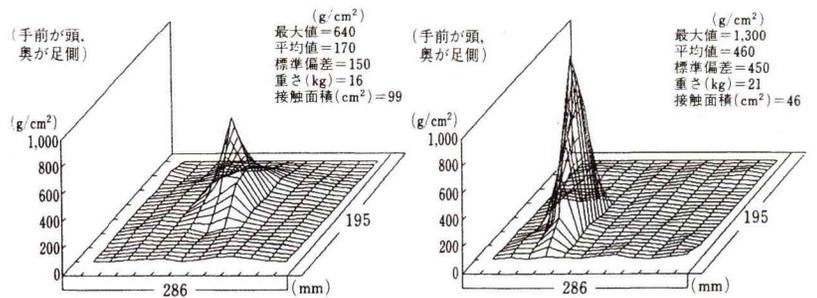
褥瘡予防実験ベッドシステムの外観



ピストンシリンダーがならぶ圧力制御ユニット部分



単体のピストンシリンダー



(a) 健康者の圧力分布測定結果例 (b) 脊損者の圧力分布測定結果例  
腰部の圧力分布

痛みや故障に苦しむ高齢者は圧倒的に多い。そして障害者も含め、こうした身体的なハンデが、積極的に外へ出ていくことの精神的なバリアになっていることも否定できないだろう。自分で外出できることの意味は、周囲が考えている以上に当事者にとっては大きい。電動3輪の普及はその証明でもあるというわけだ。そう考えると、階段を自由に乗り越えられる移動装置の意味は大きいものと考えられる。また段差をものともせずに進める脚の代用メカニズムは、寝たきり状態にさせないためにも効果があるといえるだろう。介護者に頼るのではなく、自分の意思で積極的に外出する機会をえることは、自立という観点から、重要な意味をもつはずだからだ。

### 褥瘡の悩みを解決するために

高齢者、障害者をただ保護するのではなく、自立を助けるという発想は、福祉工学を考える場合に重要なコンセプトになる。しかしやむなく寝たきり生活を強いられるようになってしまった場合、その苦しみや不快をなるべくやわらげてあげるための工夫も必要不可欠であると考えられるだろう。

米田教授が国立リハビリテーションセンターおよびフランスベッドと共同で行った褥瘡<sup>じょくそう</sup>予防実験ベッドシステムの開発は、寝たきりの人たちにとっての深刻な悩みである褥瘡(床ずれ)予防のノウハウを探る目的で行われた。

褥瘡は寝たきりなどにより長時間圧迫された組織が内部から壊死していくもので、皮膚にできた傷が感染症の原因となるのはもちろん、ひどい場合には大きく開いた孔が骨にまで達してしまい、重傷の傷となることがある。身障者の場合、脊髄損傷者では100%褥瘡経験があるといわれる。寝たきりから車椅子に復帰した後も、座りっぱなしによって褥瘡ができ、またベッドにもどらざるをえないというケースは少なくないという。車椅子の使用者には2時間に1回、プッシュアップによって体を椅子から持ち上げるように指導されているが、脊髄損傷では身体感覚の一部が麻痺しているため、うっかり忘れてしまい、気づかぬうちに内部から組織が破壊されていることがある。同様に寝たきり高齢者の場合も、感覚が極度に鈍くなっているために褥瘡に悩まされることが多い。

なぜ褥瘡が発生するのは現在のところ、よく分かっていない。そこで米田教授らは、褥瘡予防実験ベッドシステムによって、まずは褥瘡発生メカニズムを知るために必要なデータ収集をめざした。このシステムは、ベッド面の中央部60cm四方を空洞にし、圧力センサーを内蔵した直径29mmのピストンシリンダーを448本ならべたもので、人がベッドに寝たときの腰部の圧力分布を測定することができ、高い圧力が加わっている部分をコンピュータ制御によって上下動させ減圧することもできるようになっている。

米田教授らはこのシステムを用い、まず寝たときに体（主に腰部）にかかる圧力分布を測定した。その結果、脊髄損傷者では健常者に比べ、仙骨部（尾底骨の少し上の腰の突端部分で、とくに褥瘡が悪化しやすい部位）に体圧が極端に集中していることが分かった（6ページ図参照）。ただし、ただ強い圧力が加わることだけが褥瘡の原因とは考えがたい。動物実験では肉体の一部を圧迫しているだけでは褥瘡ができることはないことが分かっている。

そこでさらに教授らは身体にさまざまに圧力が加かった場合を想定し、身体サーモグラフィ（温度分布測定）によって圧迫される部分の体温（健常者）を測定した。それによると圧迫された身体部位は、はじめ温度が下降し、圧迫が除かれた後は上昇して圧迫前より高くなる。つまり温—冷—過温というパターンを描くことが分かったのである。むしろこの温度変化は血流量に比例したものだと考えられる。米田教授は電気回路に抵抗を付加した場合の電流量にもこれに似たキックバックのパターンが現れることから、体温回復時の測定データを電気回路パターンのモデルにあてはめ、血流量の変化をシミュレート、寝ているときの血流の阻害状態を推測値として割り出した。これによって血流の阻害状態を知るとともに、圧迫によって減少して深い谷を描いた血流量（推定値）が、負荷が除かれた後に急激に上昇してくるパターンもつかめた。

「押しているだけでは褥瘡はできませんから、血流が戻って来るときに、それがどんな悪さをしているのかをつきとめる必要があります」（米田教授）。阪神大震災の時には建物の下敷きになって助け出された被災者が、圧迫部にもどってきた血流により「再還流障害」をおこしてショック死した例が多かった。褥瘡発生メカニズムにも、それに類するなんらかの生体メカニズムが関わっていることも予想されるという。

現状、褥瘡防止には体圧のかかり方をコントロールする方法のほか、血行をよくするには、振動を与えるなどの方法（バイブレーション式のマッサージ機など）も考えられる。いずれにしても工学的な根拠にもとづいてノウハウを開発していく必要があり、褥瘡メカニズムの解明とデータの収集をふまえ、今後の研究成果に期待がかかる。

### テクノロジーにできること

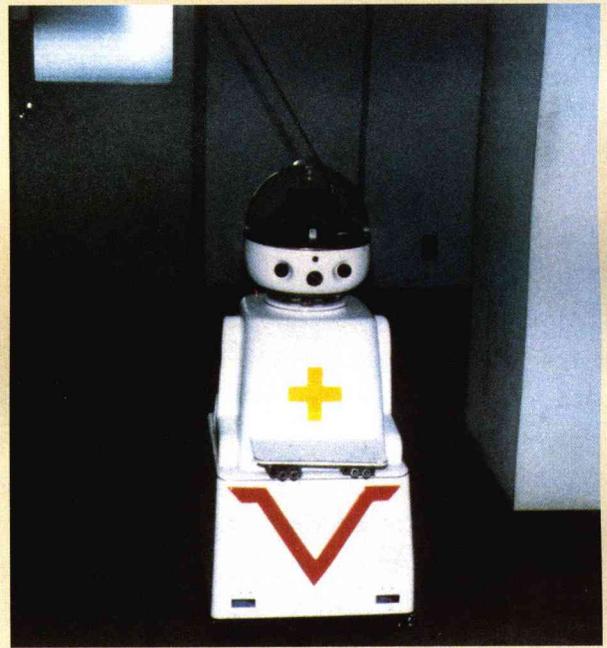
戦争や疫病のない安定した社会を望むなら、「老い」は誰もが避けて通れない道である。そして加齢から死へと向かうことも、生物の運命としては避けられない。老いず、死なず、ということがもし可能になったとしたら、それほど生物種として不健康なことはないであろうし、また進化の流れから取り残されることも、必然となるだろう。「老い」や「死」は、人という生物種にとっても、やはり避けて通れないものである。

科学技術はこれまで人間にとって快適で文化的な暮らしを実

## C O L U M N

写真のかわいらしいロボットは、佐賀大学理工学部の木村一路教授が製作したもので、病院でナースステーションと患者とのコミュニケーションのために使われている。コールがあると、その部屋にロボット君が走っていく。額にはモニターがあり、看護婦さんの顔が映し出されるようになっていて、患者さんからの訴えを聞くことができる。通常のナースコールは声だけで最初のやりとりをする。すばやく駆けつけてくれるこのロボット君はフェース・トゥ・フェースのコミュニケーションを容易にしてくれるというわけだ。導入された病院内では子どもたちに、とりわけ人気が高い。

2000年以降は、家庭にもロボットが入っていくと予想する向きがあるが、こんな愛嬌者のロボット君が仕事を助けてくれれば、家の中の雰囲気も明るくなるかも？



現する道具となってきた。だとすれば「老い」や「死」という人にとって必然の通過点を、快適に、文化的にするために、これを用いることはできないものであろうか。これまで現代医学は確かに救命や延命という側面で絶大な成果を上げてきた。だが、白い部屋に閉じ込められる「老い」や、直前まで裸に剥かれてパイプにつながる現代的な死は、なかなか「人間的」と受けとめにくいことも事実なのではないだろうか。これはむしろ医学上のテクニカルな問題だけではなく、倫理や思想の領域とも関わってくるのかもしれないが、さまざま物的限界（技術によって改善しうるものという意味で）も、かなりウエイトを占めているのではないだろうか。高齢化社会の到来が科学技術に投げかける試金石として、「老い」や「死」をケアする技術の開発が問われているのかもしれない。

〔取材協力・写真提供：芝浦工大・米田研究室、東工大・広瀬研究室〕

# 徘徊老人の居場所をGPSでキャッチ 高齢者保護に応用される デジタル通信技術

痴呆症にかかった老人の場合、もっとも心配なのが、徘徊といわれる行動である。どこという目的地はないのだが、やむにやまれぬ気持ちのうちに外へと足を運び、迷子になってしまう。養護老人ホームなどでは徘徊による行方不明・搜索騒ぎは、年に10件前後にもおよぶという。今、こうした迷子の老人探しにカーナビゲーションでおなじみのGPS技術を適用することが発案され、その開発に期待がかかっている。

## GPSと携帯情報通信で位置を特定

「私は今、人生の黄昏を迎えている……」レーガン元アメリカ合衆国大統領は、アルツハイマー型老人性痴呆症に浸潤されていく自らの姿を、こんな言葉で表現した。

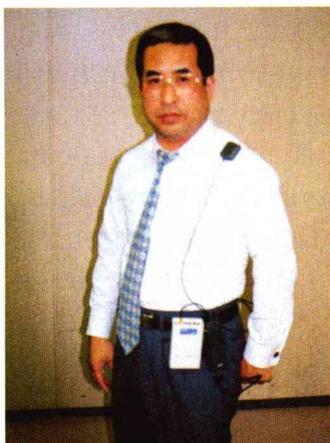
1995年度の東京都の調査によると、老人性痴呆症の発症率は、65歳以上で4.1%、85歳以上で19.3%となっている。老人性痴呆には、レーガン氏のようなアルツハイマー型のほかに脳血管性のものがあるといわれるが、85歳を過ぎると5人に1人の確立で、そのいずれかを発症する可能性があるということになる。根本的な解決には、医療現場での原因究明と治療法の発達に期待したいが、現状では介護という立場から最善の対応策を考えていくよりほかには方法がない。

痴呆老人には、しばしば徘徊という行動が見られる。家人が目を放したすきに一人で外出し、行方不明になってしまうというものだ。悲惨なケースでは迷子のまま夜を過ごし、凍死し

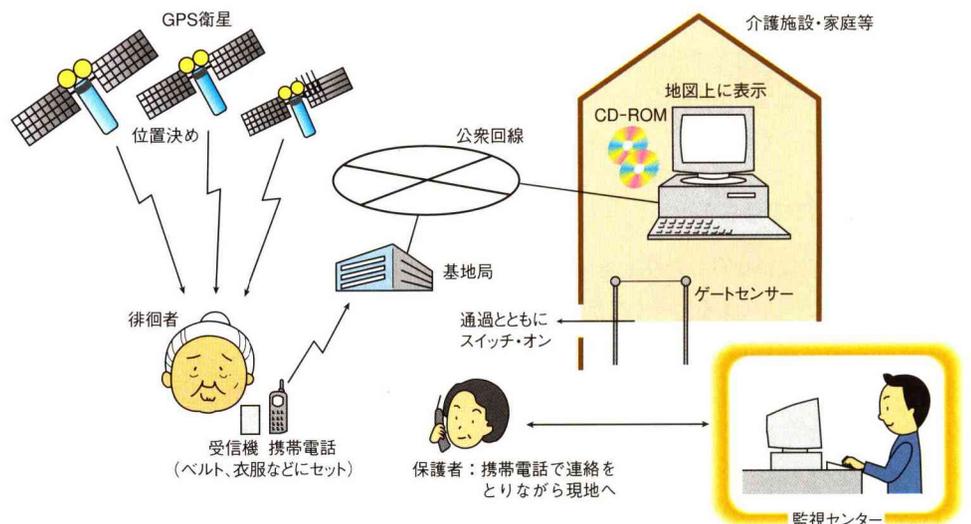
てしまうことなどもある。徘徊にはとくに目的地があるわけではないが、行方不明になると、警察や消防などへの搜索依頼など、おおがかりな事態になってしまうため、介護者である家族の心理的負担も大きい。その結果、本人に外出を禁じたり家の中に閉じ込めたりということにもなりやすい。

NTTデータ通信はこうした徘徊老人の居場所を、カーナビゲーションのシステムを応用してキャッチするシルバー・ナビ探索システム（仮称）を開発している。衛星からのGPS（グローバル・ポジショニング・システム）データをもとに、行方不明になった徘徊者の位置を割り出そうというものである。現状、文庫本大の受信機と携帯電話を本人に持たせる形式をとっている。GPSからの電波を受信機がとらえ、携帯電話を通じてデータ通信を行う、いわゆるモバイル・コンピューティング（移動情報通信）を応用した技術である。

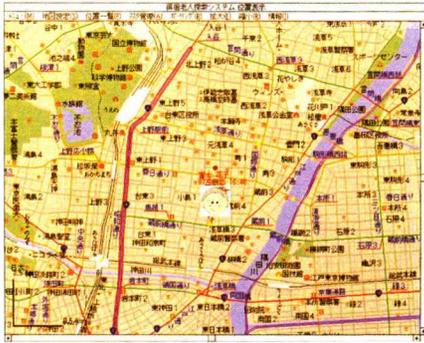
まず携帯装置が出入口に設置されたゲートセンサーを通過すると、パソコンに自動通報され、画面の地図上で現在位置が



システムを装着したところ。ベルトに受信機と携帯電話が下げられ、肩にアンテナが乗せられている。実用にあたっては小型化・一体化がめざされる。モデルはNTTデータ通信の工藤氏（本誌登場）



シルバー・ナビ検索システムのイメージ



徘徊位置表示画面 (1/12500). 赤い点が現在位置



徘徊位置表示画面 (1/6500). 赤い点が現在位置



徘徊軌跡表示画面. 緑の点を結ぶ白線で表示. 日付と時刻が表示される

表示される。老人が家を出た瞬間からコンピュータが足跡を追ってくれるわけだ。保護者はその情報をもとに、徘徊者を見つけ出すのだが、その間の活動を、データを共有する監視センターがサポートしてくれるようになっている。徘徊者が電波の届かない場所（地下やトンネルなど）に入り込んでしまうと、居場所の特定ができなくなる可能性があるが、そんな場合には過去の徘徊時の履歴データと最後の消息から、現在位置の推定をするノウハウもシステムには組み込まれている。

### 実用化・商品化へ向けて試験適用開始

シルバー・ナビ探索システムは、今年の10月から郵政省が群馬県・館林市で試験実施する「ケア・タウン構想」の中のひとつの柱として導入される。同構想はICカードやパソコンネットワークなどのいわゆるハイテクを積極的に高齢化社会に適用するとともに、介護知識・技術を広範に普及させていくための実験的な試みに取り組んでいこうというもの。その一環としてシルバー・ナビ探索システムの実用性の検証が行われる。地元の市養護老人ホームで家族の承認を得て、実際に徘徊の可能性のある老人に着用してもらう予定である。同老人ホームでは年に10件ほど入所者が行方不明になり、職員が捜索に奔走する事件があるという。ここで実用性が検証されるとともに、量産によってコスト問題が解決されれば、一般家庭でも利用できるものが製造可能になる可能性が高くなる。

「実のところ、少なくともあと1～2年の間は商品化が難しいだろうと見ています」（NTTデータ通信(株)第三公共システム事業部医療企画担当部長・下總孝司氏）。現状での第一の課題は携帯システムの小型化にあるという。受信機と携帯電話の両方を常に老人の身体にくくりつけておくのは、たしかに困難が予想される。「将来商品化するとすれば、携帯電話と受信機を一体化してより小型にする必要があるでしょう。またバッテリーもより小型で長時間使えるものにしていかなくてはなりません」（同医療企画担当課長代理・工藤明彦氏）電源には現状単3乾電池が使用されているが、将来はニッケル水素電池など小型でしかも容量が大きいバッテリーを採用する必要があ

ると考えられている。

小型化とともに考慮しなくてはならないのが装着性である。機器が何であるかを理解することができなくなっている老人に、いついかなる時にも外さずにいるように説得することは難しいだろう。「お年寄りひとりひとりの体の動きをよく考慮した装着性をもたせることをこれからは考えていかななくてはならないと思います」（前出・工藤氏）ベルトの一部として気にならないような大きさに近づけたり、外見をお守り袋にしまうなど、人間工学的な配慮を取り入れていくことも考えられるという。こうした細部にわたる課題や可能性も館林での試験導入で洗い出されることになる。

痴呆老人にとっては、徘徊とされる行為も実は重要な生活上の営みとなっているとの見方が最近では有力になってきている。老人にとって外出を禁じられることは、いわば軟禁状態におかれることを意味している。自立を助ける意味でも、症状を悪化させないためにも、過度のしぼりつけは避けるほうがよい。徘徊に出かけたら、その後をついていってあげるのが、本当はいちばんよい対処法なのだともいわれるが、日常生活でずっと目を放さずにいることは難しいし、気をつけていても、ふといなくなってしまうからこそ大騒ぎになる。また痴呆症とまでいかななくても、二世帯同居などで住居を移った場合や、親類に引き取られた場合など、慣れない環境に老人が迷子になるケースは案外多い。価格さえ下がれば（試作段階では受信機のみで100万円以上）、こうしたケースにも適用が考えられる。シルバー・ナビの成功が徘徊者本人の安全と介護者の負担軽減につながることを期待したい。

さらにこのシステムは、将来的には徘徊者の保護のみにとどまらず、さまざまな利用方法が考えられるという。たとえばイベント会場などで多数のスタッフや器材の現在位置をつかんだり、小型化・低価格化が進めば子供の迷子対策にも使えるだろう。衛星携帯電話（本誌VOL.1 NO.5「話題のプロダクト」で紹介したイリジウム計画など）が実現すれば、登山者の遭難防止用にも使えるようになるという。

[取材協力：NTTデータ通信 ]

話題の  
**PRODUCT**

プロダクト

**デジタルカメラ**



## パソコン周辺機器として 急速に普及したデジタルカメラ 用途別に銀塩フィルムカメラとの共存時代が続く

秋葉原などのパソコン売場で、急速に売り場面積を拡大しているデジタルカメラ。売れ行き好調とは聞くのだが、だれがどんな使い方をしているのか意外に知られていない。「銀塩フィルムカメラはなくなってしまうのだろうか」と気をもんでいるカメラファンも多いことだろう。従来のカメラといったいどこが違うのか、またなぜ急速に普及したのかについて報告する。

## 10年に満たないデジタルカメラの歴史

デジタルカメラは、いつごろ登場したのだろうか。解説書などを読むと、1981年ソニーが開発した「マビカ」が最初といわれている。しかしこれは正確ではない。マビカは感光材料を使用しない初めてのカメラとして登場したが、データはアナログのまま記録され、デジタル化されていなかった。そのため、電子スチールカメラ（electronic still video camera）と呼ばれている。

撮影した画像データをデジタル化して記録するカメラが登場したのは、1988年。東芝と富士写真フィルムが試作したICカードカメラ「DS-1P」が世界初だった。翌1989年に、これをベースに「DS-X」というデジタルカメラが大阪で開催された花博で使用された。また1991年には、メモリーカードカメラ「DS-100」と、メモリーカードに記録された画像データをパソコンなどに取り込むデジタルイメージプロセッサ、画像をテレビなどに出力するメモリーカードプレーヤーなどのシステムが発売されている。

DS-100は、39万画素の1/2インチCCDを搭載し、3倍ズームレンズ付きの全自動一眼レフタイプで、現在のデジタルカメラが備えている機能のほとんどを実現していた。しかし、本体価格が約68万円、1MB（メガバイト）のメモリーカードが15万円など、周辺機器を含めると約150万円になり、およそ個人が購入できる価格ではなかった。実際に、新聞社など速報性を要求される業務用途以外には、ほとんど普及しなかった。

一般ユーザーを対象としたデジタルカメラが本格的に普及するのは、1995年にカシオ計算機が発売した「QV-10」の登場を待つことになる。小型軽量で、撮ったその場で画像を確認できるQV-10は、低価格だったこともあり1995年におけるデジタルカメラの販売台数を20万台に押し上げる、普及の牽引役を果たした。

その後、カメラメーカーだけでなく、家電メーカーや玩具メーカーといった異業種の参入も相次ぎ、現在およそ30社が製造販売している。販売台数も、1996年には日本国内で約50万台（推計）に達している。1996年末からは、デジタルカメラも第2世代が投入されるようになり、1997年には販売台数は100万台に達すると推計されている。

## 画素数だけでは決まらないデジタルカメラの画質

デジタルカメラでは、銀塩を塗布した写真用フィルムの代わりにCCD（charge coupled device：電荷結合素子）で光を受ける。そこまでの仕組みは従来のカメラとまったく同じだ。CCDで画像を記録する仕組みを概念的に説明してみよう。

CCDは、シリコン基盤の表面に薄い絶縁膜を張り、多数の電極が基盤の目のように並べられている。各電極にはパルス電圧が印加されており、電極部に光信号が当たることによって生



左：富士写真フィルムの普及モデル「CLIP-IT DS-20」（35万画素1/3インチCCD・スマートメディア・希望小売価格6万3,000円）。右：ソニーの普及モデル「Cyber-shot DSC-F2」（35万画素1/3インチCCD・内蔵メモリー・標準価格7万5,000円）

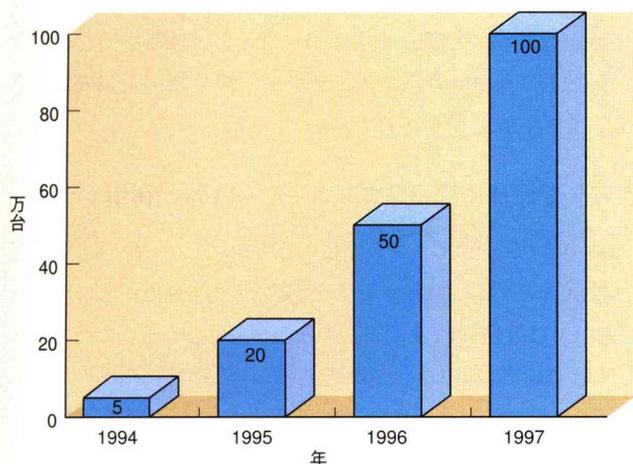
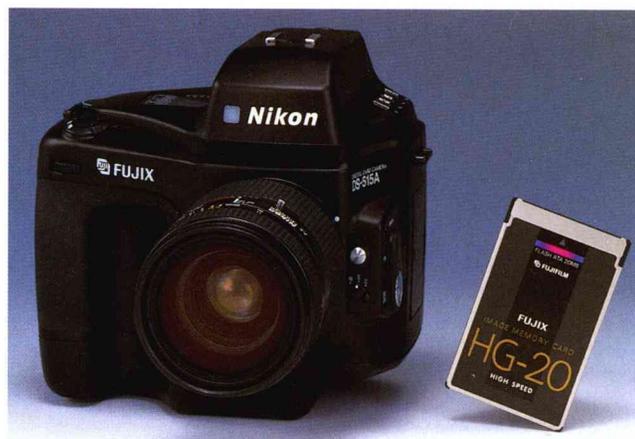


図1 デジタルカメラの販売台数の推移（メーカー推計値の合計）



東芝と富士写真フィルムが開発した世界初のデジタルカメラ「DP-1P」。試作機のため一般販売は行われなかった。



富士写真フィルムとニコンが共同開発したプロフェッショナル用デジタルカメラ「DS-515A」(130万画素2/3インチCCD・PCカード・希望小売価格130万円)とPCカードメモリー(20MB・希望小売価格12万円)

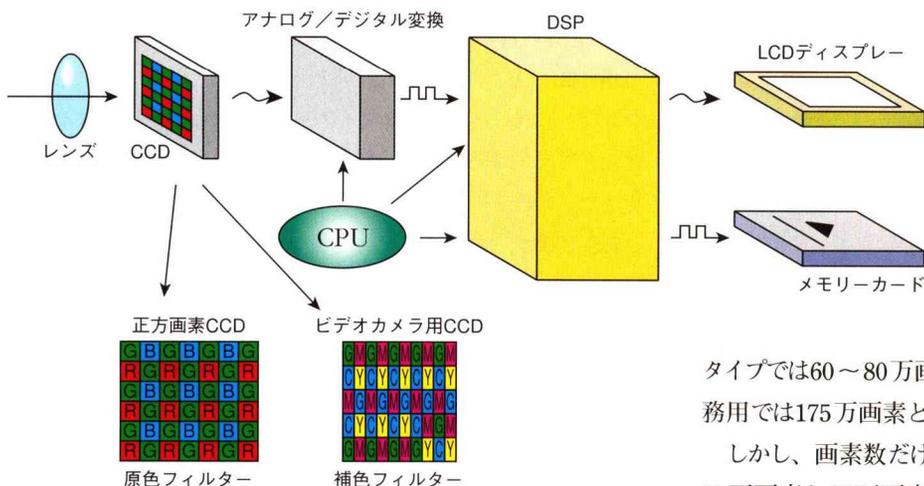


図2 デジタルカメラの仕組み

じた電荷の変化を一定方向の電気信号として読みとる構造になっている。CCD自体は光信号の有無しかで読みとれないが、CCDに3原色のカラーフィルターをかけたり、色別にCCDを3個用意することでカラー画像を処理できる。

CCDで読みとられた電気信号はA/Dコンバータでアナログ信号からデジタル信号に変換され、DSP (digital signal processor) に送られる。DSPはデータを輝度信号と色信号に分離するプロセッサー、画像圧縮プロセッサー、メモリーにデータを保管するプロセッサーなどから構成されている。

DSPで処理された画像データは、さらに内部・外部の記録媒体に送られたり、デジタルカメラに搭載された液晶ディスプレイや外部の表示装置に送られる。

デジタルカメラの画質を大きく左右する要素として、CCDの解像度と色調などの画質補正がある。

解像度というのは、撮影された画像をどの程度細かく表現することができるかということで、CCDでは画素数で表現される。当然、画素数が多くなればCCDの価格も上昇する。低価格のデジタルカメラでは25万画素程度のCCDが使われており、最近主流となりつつある標準クラスで35～40万画素、高画質

タイプでは60～80万画素、プロのカメラマンなどが使用する業務用では175万画素といったものも使われている。

しかし、画素数だけではデジタルカメラの画質は決まらない。25万画素と60万画素では歴然とした差が出るが、25万画素と30万画素では、見た目の画質が逆転することもあり得る。

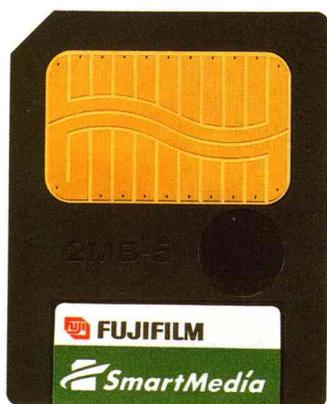
たとえば記録された画像の色合いをできるだけ自然に見えるよう調整することで、解像度に差があっても見た目の画質を向上させることが可能になる。そのためには、画像の明るい部分が白く飛んでしまったり、暗い部分が黒くつぶれてしまわないように、階調変化をきちんと補正する(ガンマ補正)技術や、画像の周辺をシャープに見せるエッジ強調のかけ方など、ソフトウェア技術の蓄積が重要になる。

ただ、今後製造技術の革新や量産効果によって、高性能のCCDが低価格で供給されるようになることは間違いなく、今年中には80～100万画素のモデルが、普及価格帯に入ってくるのではないかと予想されている。

**さらなる普及にはパソコンユーザー以外の利用がカギ**

QV-10がデジタルカメラ普及のきっかけとなったのは、25万画素CCD、内蔵2MBメモリー搭載で6万5,000円という、当時としては破格的な低価格だったことがあげられる。ただ、それだけが理由ではない。

デジタルカメラ購入者の約9割が、パソコンの所有者だといわれている。つまりデジタルカメラは、パソコンの周辺機器としての性格が非常に強い。



切手大サイズの小型外部記憶メディア「スマートメディア」

ちょうどQV-10が発売された1995年ごろから、パソコン用カラープリンターの低価格・高性能化が進んだ。インクジェット方式と呼ばれる個人向けカラープリンターで、360dpi×360dpi (dot per inch: 1インチ当たり何個点を打てるか) の性能のものが発売され、その後720×720dpiも登場している。個人がデジタルカメラで撮影した画像を、自宅で加工・印刷する環境が整ってきたのだ。

製造メーカーのほうも、デジタルカメラの使われ方を強く意識したマーケティング戦略を打ち出してきている。現在、デジタルカメラの利用方法には、①パソコン周辺機器に特化する方向、②デジタルビデオカメラもふくめたAV入力機器としての位置づけ、③簡単に撮影してその場で見れるフィルムカメラの代替機器、④携帯情報端末 (personal digital assistant: PDA) と連携したコミュニケーションツール、⑤趣味やアミューズメントへの利用の5つの方向が考えられている。

もちろん実際の商品では、こうした性格づけはかなりの部分重なり合うが、周辺機器もふくめて独自性を打ち出している部分も多い。たとえばカメラメーカーや家電メーカーが発売したデジタルカメラのなかには、外部メモリーを利用しないで、直接カメラ本体をノートパソコンのPCカードスロットに差し込んでデータ転送を行えるものも発売されている。またパソコンを介さず、デジタルカメラから直接印刷できるプリンターや、データを記録できる記録装置なども発売されている。

さらに富士写真フィルムでは、1997年秋から従来のDPEサービス (現像・焼き付けサービス) と同じように、デジタルカメラの外部記録メディアなどから写真プリントを受け付けるサービス (F-DIサービス) を開始する。

### 記憶メディアの覇権はまだ混沌としている

このように、周辺環境の充実とともに普及してきたデジタルカメラだが、今後の普及に大きく影響すると思われる課題として、記憶メディアの問題がある。

デジタルカメラでは、撮影した画像を記憶するために、さま



記憶メディアに3.5インチフロッピーディスクを採用したソニー「Digital Mavica MVC-FD7」(41万画素1/4インチCCD・3.5型フロッピーディスク・標準価格8万8,000円)

ざまな記憶メディアが使われている。2～4MBのメモリーを内蔵しているものや、ノートパソコンで一般的なPCカードメモリーを使用するもの、スマートメディアやミニチュアカードと呼ばれる小型の取り外し可能なメディアを採用しているものなど、まったく互換性がない。

内蔵メモリーを採用したものでは、撮影枚数が容量いっぱいになると、データをパソコンなどに移し替えた後、メモリーを空にしないとそれ以上撮影することはできない。撮影枚数が多くなると予想されるときには、ノートパソコンなどを携帯する必要が出てくる。

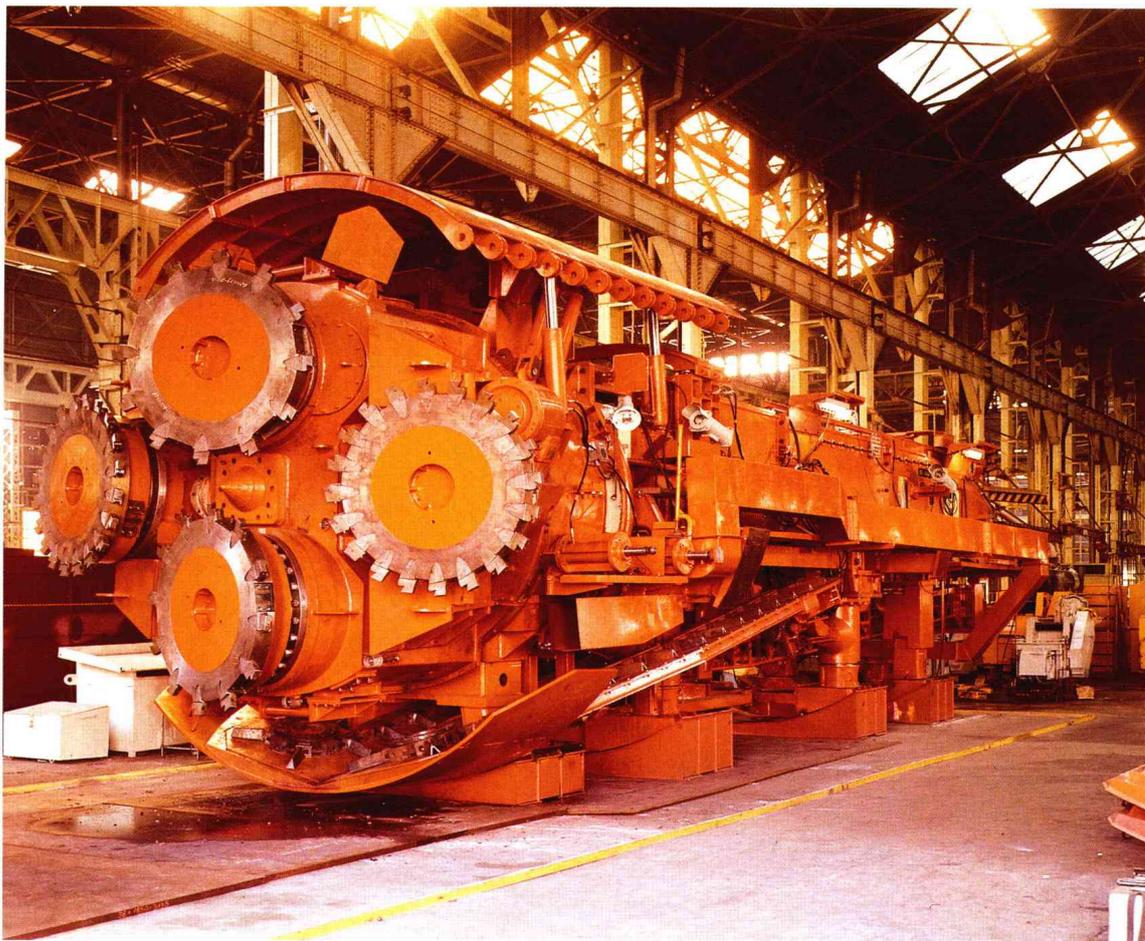
PCカードメモリータイプの場合は、メディアが比較的高価なこと、どこでも手に入るものではないこと、ノートパソコンでは一般的だがデスクトップタイプでは周辺機器を追加する必要があるといったデメリットがある。

スマートメディアやミニチュアカードは、切手ほどの大きさと非常に小型で、デジタルカメラに適した媒体だが、まだ歴史が浅く仕様が統一されていないため、複数の規格が存在するという不安定要因が懸念されている。

1997年7月には、フロッピーディスクを記憶メディアに採用したデジタルカメラも登場している。フロッピーディスクは最大1.44MBしか容量がないため、あまり高解像度の画像データは記録できないが、コンビニエンスストアでも購入できるというメリットがある。また、ほとんどのパソコンにはフロッピードライブが搭載されていることから、パソコンの初心者にも気軽に利用できるというメリットもある。このほか、MD (mini disc) データディスクを採用したデジタルカメラもある。

個人が画像データを簡単に加工したり、ワープロ文書に貼り込むといった使い方では、デジタルカメラは銀塩カメラに比べて圧倒的に有利だ。しかし、画質を追求する使い方や、使い捨てカメラが持つ簡便性という側面では、まだまだかなりの隔りがある。デジタルカメラと銀塩カメラが用途別に使い分けられる期間は、まだ当分の間続くのではないだろうか。

[取材協力・写真提供: 富士写真フィルム(株)、(株)ソニー]



Sto

## 夢を現実に変えた鉄 ～北海道・本州～

青函トンネル掘削工事で活躍した  
ウォールマイヤー式  
トンネルボーリングマシン



「列車で海を渡りたい…」。日本の人々が抱いた壮大な夢は、今から遠く時を遡る大正12年、阿部覚治が「大函館論」中に記した「函館・大潤間海底鉄道の完成」構想に始まった。

それからさらに二十数年の時を隔てた昭和21年4月、本州および北海道側の地質調査が開始され、夢は現実に向かって進み出す。その後さまざまな危険や悪条件を乗り越え、昭和62年10月、青函トンネルが完成。翌63年3月13日、津軽海峡線が開業し、本州・北海道間を列車で渡るといふ人々の永年の夢はここに実を結んだ。「大函館論」以来約50年、実に半世紀もの年月が経っていた。

今回は人々の夢を現実に変えた、青函トンネルを支える鉄にせまった。

# el Landscape.

## 鉄の絶景



サイロット工法により、  
2本の側壁導坑を先進させて  
側壁コンクリートを打設した後、  
上半断面を掘削して  
鋼アーチ支保工が設置された

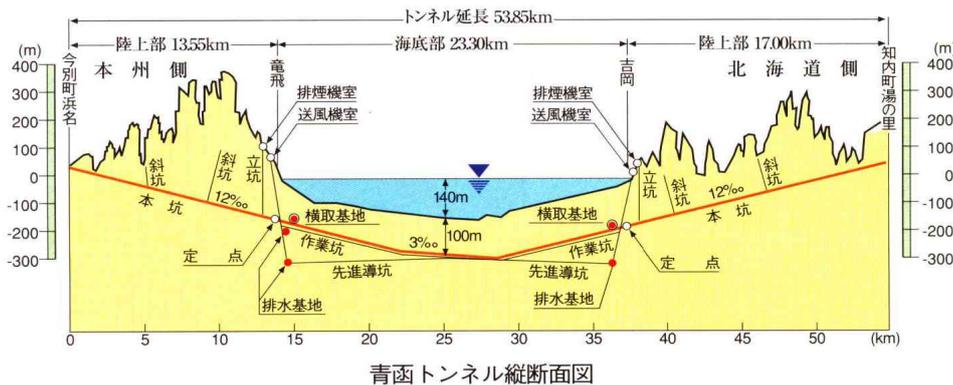
船舶以外の交通手段が一般の人々のあいだでも望まれはじめたのである。

青函トンネルを実現させるための地質調査は、一度は昭和14年6月、鉄道大臣官房研究所によって津軽海峡東口で開始されたが、太平洋戦争で中断され、昭和21年になって再開した。昭和29年に起こった台風15号による洞爺丸事件などの大惨事は、気象条件に左右されない安全な交通・輸送手段としての青函トンネル建設の気運をますます高まらせ、これが契機となって本格的な地質調査がはじまったのである。昭和33年～37年のあいだには津軽海峡のすみずみにわたる岩石を採取。この資料をもとにトンネル掘削のための詳細な海底地図が作成された。

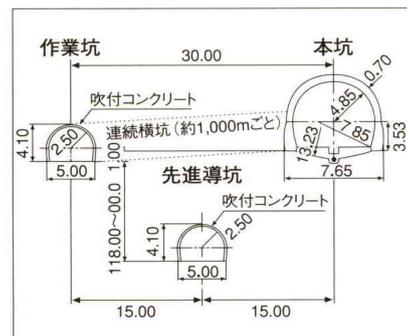
トンネルの掘削は北海道側（吉岡工区）は昭和39年5月、本州側（竜飛工区）は昭和41年3月にそれぞれ開始。

### 人々の夢をかなえた世紀の海底トンネル工事

津軽海峡は長きにわたり、さまざまな面で北海道と本州を厳然と区別する境界線のように人々の眼前に存在していた。しかし戦後になって国土開発が叫ばれるようになったのをきっかけに、この自然条件を克服して産業・商業の繁栄および北海道・本州の密な交流を計ろうと、



青函トンネル縦断面図



標準断面図 (単位: m)

先進導坑、作業坑、本坑の順で施工され、先進導坑および作業坑は本坑の掘削に先立ち、それぞれトンネルの両側から交互に先進ボーリングを行い、地質調査ならびに本坑の施工方針を綿密に検討するなどの資料的役割を果たした。なお、先進導坑・作業坑の掘削は、止水・治山のためのセメントミルク・水ガラスを地盤注入するという作業を一定区間ごとに繰り返しながら行った。また本坑掘削は、本坑ルートから30m間隔を置いて平行して設けた作業坑と本坑とを、600～1,000mの間隔に設けた連絡横坑で結び、本坑の作業切羽数を増やすことによって工期の短縮を図った。本坑の地盤注入法についてはそのトンネル断面が大きく、「水道(みずみち)」の判別が困難なことなどからさらに入念に行った。こうして固めた岩盤をトンネルボーリングマシンや小回りの利くロードヘッダー、また軟弱地盤においては発破工法などを用い、鋼アーチ支保工によって崩壊を防ぎながら掘削を進めた。

途中、昭和51年5月にはトンネルマンたちが一時は水没を覚悟したほどの、毎分85トンにも達する大異常出水に遭遇。しかし、これをはじめとする数々の危機を乗り越え、昭和60年3月、本坑が貫通。この3年後の昭和62年10月には、青森県東津軽郡今別町浜名から北海道上磯郡知内町湯の里までの延長53.85km(うち海底部23.3km)におよぶ、海峡を渡るトンネル、「青函トンネル」が完成したのである。山手線の約1周半もの距離にあたるこのトンネルの建設には、なんと東京タワー42基分に匹敵する168,000tにも達する鋼材を要した。さらに5ヶ月後の昭和63年3月、津軽海峡線が開業。人々はとうとう、実際に列車で海を渡ったのである。

人々の夢を現実に変えた青函トンネルを、鉄は現在も力強く支えている。

資料/写真提供：株式会社間組  
石川島播磨重工業株式会社  
社団法人土木学会

### ～博物館探訪～(第3回) 金属博物館

宮城県仙台市にある金属博物館は、より多くの人々に広く金属に関する知識を提供する目的で、金属学および金属工業についての資料を収集し、昭和50年に開館された金属の総合博物館である。

鉄・銅・アルミニウム・金と銀・亜鉛と錫・鉛・チタンとジルコニウム・ニッケル、クロム、モリブデン・未来金属など、さまざまな金属をそれぞれの金属を材料として製作した製品を交えてわかりやすく展示する。なかでも未来金属の展示では、ウイスキーと呼ばれる、形状がネコのひげに似た金属やリニアモーターカー用の電磁石、電気材料や耐蝕材料に利用するための研究が進められている非晶質合金、形状記憶合金など珍しい金属が数多く扱われている。

また、江戸時代のたたら製鉄の復元模型のほか民俗資料としての鑄鉄製のおはぐろ壺など、時代に則した珍しい資料も並ぶ。その他、古文書や収蔵品としての映画フィルムなども多い。

宮城を訪れた折は、一度立ち寄ってみたい。

[仙台市青葉区荒巻字青葉 TEL 022-223-3685 仙台駅より青葉台行きバス「金属博物館前」下車]

# 特別講演

## メガコンペティション時代へ向けての日本鉄鋼業の在り方

中村爲昭 住友金属工業(株) 代表取締役副会長  
Tameaki Nakamura

One Resolution to the Management of Japanese Steel Industry Facing the World Wide Competition

このたび栄えある渡辺義介賞を戴き、まことに身に余る光栄と存じ厚くお礼申し上げます。これもひとえに関係の方々のご指導ご支援の賜と深く感謝申し上げます。次第です。

住友金属工業は、本年4月に創業100周年の節目を迎えました。明治30年(1897年)の住友伸銅場を創業に、大正、昭和、そして昭和28年に小倉製鋼と合併し銑鋼一貫体制を確立し、現在の住友金属工業があります。

その住友金属工業に昭和30年に入社し、爾来40年の永きに亘って様々な変化を目の当たりにしました。中でも小倉製鉄所長時代の抜本的な改革、リエンジニアリングへの取り組み、そして社長時代に社業の命運を掛けた新シームレスミル建設の決断は極めて印象深いものでありました。今回はその一端をご紹介させて頂くと共に、今後の課題についても少し述べさせて頂き、私に与えられた責を果たしたいと思えます。

### 1 高炉一転炉プロセスによる 条鋼特殊鋼一貫製造体制の確立

先ほど申し上げましたように私が住友金属に入社したのは昭和30年であり、最初は和歌山製鉄所の技術部でした。その後昭和33年には小倉製鉄所の技術課に移り、主に生産工程、企画の仕事に従事してまいりました。転勤当時の小倉は、当社における唯一の高炉を持つ製鉄所として条鋼を生産していましたが、まだ製鋼工程は平炉の時代で日本全体の粗鋼生産量も約1000万ト強と今から考えれば極めて少量の時代でした。その後昭和30年代後半からの高度成長期には転炉を据え今で言う銑鋼一貫体制を整え、更に線材工場、棒鋼工場を一新して普通鋼の条鋼製造所として高品質、大量生産に打って出ようとしていました。ちょうどその時期に第1次円高、第2次オイルショックにぶつかりました。この二つの出来事が普通鋼条鋼高炉メーカーに大きな打撃を与えるとともに逆に国内の一般電炉メーカーと

発展途上国の普通鋼条鋼分野への進出を加速しました。

これにより、小倉製鉄所の生産量は私が副所長に就任して2年目の昭和57年には全盛期に比し半減するまでに至り、大幅な収益悪化を余儀なくされ、製鉄所の閉鎖も！という窮地に追い込まれました。どうも、高炉を保有する臨海製鉄所が誇ってきた大量生産方式の優位性が普通鋼条鋼の分野ではもはや、失われつつあるのではないかという感じがしました。その後の展開を考えればニューカマーの最も参入しやすい線材や棒鋼を生産していた条鋼分野が最も早くその洗礼を受けたということのようでもあります。

そこで製鉄所の生き残りをかけて所内で連日遅くまで討議した結果、規模の経済性に変わる新たなビジネススキームの組み替えが必要だという結論に到り、経営理念の再構築と改革を断行することを決断いたしました。

#### 1.1 生産体制のダウンサイジングと効率アップ

高度成長期に膨れ上がった各種設備の能力を、将来を見通した適正水準に縮小し、かつ大幅な生産性の向上を図りました。圧延工場の統廃合、要員の多能化による機動的配置、更には聖域視されていた高炉といえども例外とはせず、多くの技術開発の成果を踏まえて、従来の常識を破る1基操業に踏み切り、以降今日まで安定して操業を続けています。また、昭和45年に建設された全連続線材圧延ミルを新

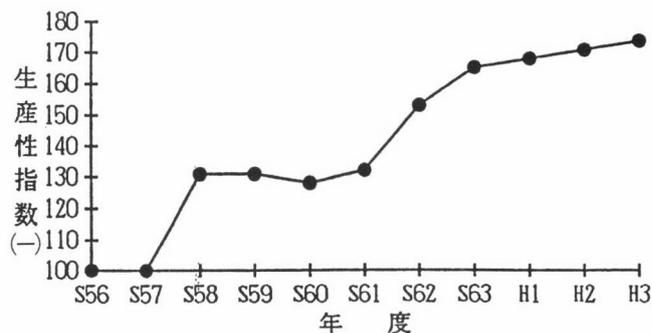


図1 小倉製鉄所の生産性推移

鋭化すべく、平成2年には、操業を続けながらの大工事を敢行し順調に立上げることに成功いたしました。

一方では大幅な生産性の向上を図るべく、徹底した自動化を目指した設備開発により50%強の要員削減を果たし、またホワイトカラーの生産性向上を狙った業務の効率化を実施し、更には、昭和60年から、物流システムの構築、線材コイルのパレット輸送などの物流の自動化を実施しました。これらの諸施策の結果、生産性は170%と著しく向上いたしました(図1)。

### 1.2 商品群の組替えとカスタマーオリエンテッドの経営理念の再構築

顧客のニーズの多様化、社会環境の変化に応じて、高機能・高品質の製品要求、国際的価格競争力、顧客の海外進出に伴うマルチナショナル化等、の変化に対応すべく、

(1) 普通鋼から特殊鋼へ商品構成を組み替えるに際しては、急速な脱炭反応で吹錬する高炉-転炉プロセスの長所をフルに活用した商品開発を基本としました。即ちP、Sは勿論、N、O、H、Ti、C、Sn、Zn等を著しく低減し、また炉外精錬技術と組み合わせる介在物の大幅な減少、更にはそれらの有害性を消失させる介在物の形態制御による超清浄鋼の製造技術の確立のために膨大な試験・開発を繰り返しました。これらの成果と連続鑄造技術による偏析、表面疵の低減、および炉外精錬による成分の狭幅コントロール技術によって特殊鋼の新商品開発は著しく促進され、ユーザーニーズを満足する商品群の視野を拓げ、普通鋼から特殊鋼への脱皮を可能としました。

(2) 非価格競争力の強化を図るべく、国内ではトップを切って、棒鋼とコイルを1ミルで生産可能とするコンバインドミル、又線材のマイクロ組織制御をインライン

図2 プロセス開発と高機能化製品

	分類	技術内容	
プロセス開発	1. 高炉・転炉工程	1. 高炉1基体制の確立(昭和53年) 2. 連続鑄造による特殊鋼製造技術の確立(昭和55年) 3. 高炉微粉炭吹込み設備の導入(昭和61年)	
	2. 圧延工程	1. 棒鋼工場MAX. 50.8φバーインコイル設備導入(昭和66年) 2. 棒鋼の全数自動検査システム設備開発(昭和59年) 3. 棒鋼工場に3方ロール式圧延機導入(昭和61年) 4. 線材工場リフレッシュによる新鋭化(昭和元)	
	3. ダウンストリーム	1. 線材コイル連続熱処理炉設置(昭和55年) 2. 油井用サッカーロッド、ドリルカラー製造(昭和57年) 3. PC鋼棒製造(昭和59年)	
高機能製品	分類	名称	備考
	1. 高清浄性	1. 高耐久パネ用鋼 2. スチールコード用線材 3. 高強度歯車鋼 4. 耐遅れ破壊性鋼 5. 軸受鋼	安定してpurityを維持できる高炉の溶銑と転炉の溶製技術を生かし非金属介在物、O <sub>2</sub> 、N <sub>2</sub> 有害微量元素を低減。疲労強度、耐久寿命を向上。
	2. 高機能	1. 非磁性鋼 2. 耐粗粒化鋼 3. 軟窒化鋼	低コストで従来の材料以上の機能を有し、軽量化、高寿命化を達成できる特殊鋼。
	3. 省エネルギー・省資源生産効率化	1. 各種非調質鋼 2. 省Mo合金鋼 3. 耐歪時硬鋼 4. 冷鍛用快削鋼	焼入れ焼戻し等の熱処理を省略した省エネルギー材料および省Mo、或いは大幅な生産性向上を図った材料等、社会のニーズに対応して開発された特殊鋼。
4. その他	1. 耐食性サッカーロッド 2. オイルリグ用高強度フェン 3. PC鋼棒 4. チタン合金線材	製品のダウンストリーム、および新分野への進出を図った製品の一例。	

昭和57年度

平成2年度

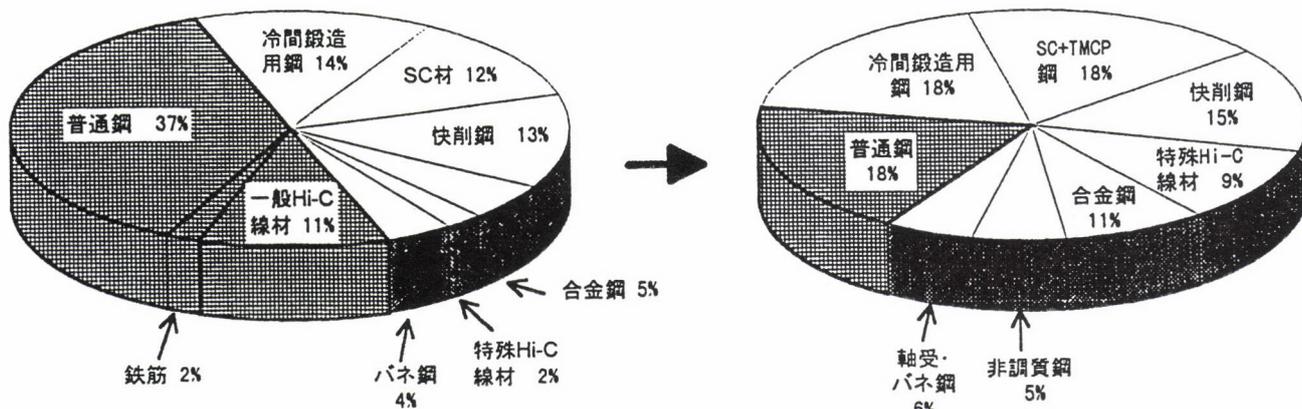


図2 小倉製鉄所の製品構成

で行うステルモア式制御冷却、棒鋼の全数検査システム等の新技術・新設備の導入を実施し、更には顧客のニーズへの迅速な対応を目指した開発体制・技術サービス体制の見直しを図りました。

- (3) 製品のダウストリームの拡大による顧客側でのトータルコストを削減しました。
- (4) 普通鋼から特殊鋼への脱皮を図るため、自動車産業は勿論、石油、原子力発電等のエネルギー産業から海洋土木、交通産業まで販路を拡大しました。その結果とくに自動車関連向けは全販売量の60%強にまで達しました。

これら諸施策の結果、製品の裾野を拡大し当初の目標であった特殊鋼化比率80%を達成しました(図2)。一方高級鋼化を実現するために高度品質保証体制をいち早く確立し、収益の改善とともに非価格競争力の強化を図ることができました。

### 1.3 鉄鋼の国際競争に勝抜く技術の開発と維持向上

これまで日本鉄鋼各社は互いに切磋琢磨しながら、技術開発と新技術の積極的導入を図ることによって、技術的には世界のトップの座を占めてきました。小倉製鉄所は住友金属工業の高炉発祥の地であり進取の気に富む技術風土を有し、新技術の導入についても国内で先駆者的役割を果たした事例が多く存在いたします。

普通鋼メーカーから特殊鋼メーカーへと転身するに当たっても、この風土を生かし技術開発と新技術の大胆な導入を強気に押し進め幾つかの大きな成果を上げ、また、その技術をベースにして製品の川下化、或いは新分野への拡販をはかることが出来ました。表1にその一例を示します。こうして平成元年にはようやく再生の目処が得られたわけですが、今考えればそのキーワードは、高品質・高生産性を可能にする技術開発力ということに尽きるのではないかと思います。

### 1.4 地域との融和を目指した都市型製鉄所づくり

大量生産の製鉄所からの生産面での脱皮と平行して、私が所長として心を砕いたのが地域との協調・共存する製鉄所づくりであります。特に古くからの市街地、新幹線の駅前に立地する小倉製鉄所にあっては公害対策が十分であればよいというだけでは社会の多様なニーズに応えられません。積極的に地域との融和を諮り、地域への貢献を果たすべく、以下の3つの方針を掲げて都市型製鉄所づくりを推進してまいりました。

#### (1) 社会との融和を目指した基盤整備

工場敷地内に、多目的ホール、ゴルフ練習場、レスト

ラン、モデルハウス展示場等を建設し、一般市民が気軽に製鉄所に入入りし、身近に接する機会を持てるようにしています。

#### (2) 景観整備

製鉄所という薄汚れたイメージを払拭するため、また街の景観を阻害せず、むしろ街全体の景観に調和することを目的として、工場色彩を画期的にイメージチェンジし、加えて従業員のボランティアによるクリーンアップ活動を展開しています。

#### (3) 環境整備

環境保全にも腐心し、世界に先駆けて転炉スラグの蒸気エージングによる路盤材化に成功し、早くから高炉スラグともども100%のリサイクルを達成しました。

## 2 鹿島製鉄所の最新鋭薄板プラントの建設

小倉製鉄所がようやく収益的にも安定した後、平成元年に鹿島製鉄所長を拝命しました。薄板の主力生産基地である鹿島製鉄所は当社内では最後に建設された製鉄所であり、昭和44年に熱延ミルが稼働して以来、段階的な増強計画の実施により最も新しい設備で操業されてきました。

しかしながらこれらの設備増強でも対応できなかったのが自動車向けの表面処理鋼板の需要でした。ユーザーの厳しい品質要求とコストダウンを可能にする生産性の向上に対応するためには新しい技術を織り込んだ設備投資が必要だと判断したわけであります。そこで、広幅6尺の高品質表面処理鋼板製造設備の新設決定と並行してその母材を製

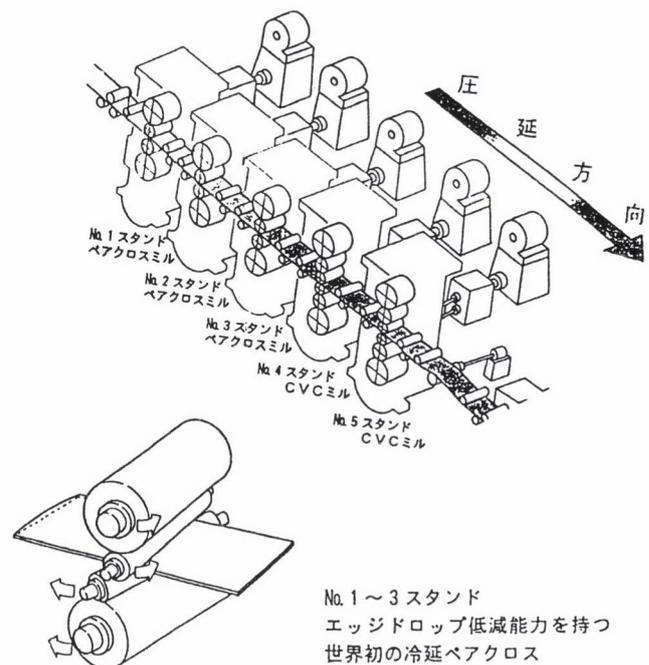


図3 鹿島第二冷間圧延設備

造する冷延設備についても、製品の全長・全幅にわたり均一な板厚精度を実現する画期的な第二冷間圧延設備の建設を決定いたしました。

そしてこの圧延設備は、以下にご紹介するペアクロス圧延機に関する新技術開発が評価されて、平成9年3月に新日本製鐵株式会社・三菱重工業株式会社とともに大河内記念生産賞の栄に浴しました。

**第二冷間圧延設備の建設(図3)**

(1) 矩形断面に近い板厚分布の実現

「均一な板厚」は薄板ユーザーからの基本要件であります。その実現は冷延関係者にとって積年の課題でありました。特に「エッジドロップ」、すなわち、板幅端部近傍の厚みがほかの部分よりも薄くなる現象への対応技術には決め手を欠き、厳格な厚み精度要求に対しては、鋼板の出荷前に、あるいはユーザーでの使用時に、この部分を切除して対処せざるを得ずにおりました。

第二冷間圧延設備においてこの課題を解決するブレイクスルーに成功した源泉は、研究陣が続けてきた、「圧延における板の変形挙動を高精度に算定する力学モデル」の開発にあります。

「板幅方向各位置での板厚変動の少ない薄板を圧延するには、どのような圧延条件を選定したらよいか」、その適正解を追求するために開発してきた力学モデルの精度検証のために実施した圧延実験で、「冷間多パス圧延の初期パス段階で、ロール間隙形状に放物線状の大きなクラウンを付与することによって圧延板のエッジドロップ抑制が可能」という新制御手段が発見されておりました。

放物線状のロールクラウン付与は、皆さんご承知のように圧延現場で古くから行われてきた手法であります。その目的はロール撓みの補償であり、板幅中央から広い範囲にわたる厚み分布(板クラウン)や圧延形状(平坦度)の改善が狙いでありましたから、「さらに大きな放物線ロールクラウンの付与によるエッジドロップ抑制」は全く新たな

効用の発見でありました。

この研究成果を実用化する手段として、ペアクロス圧延機の基本機能、すなわち、微小なロールクロス角度でロール間隙に放物線状の大きなクラウン変化を実現できることが最適のものと判断しましたので、圧延走行中においてもロールクロス角度を変更制御可能にする新機能を三菱重工業(株)と共同開発しました。そして、これを装備した第二冷間圧延設備により、板幅端部近傍まで厚み偏差のほとんどない、ほぼ矩形断面に近い薄板の製造が実現しました。

(2) パーフェクトクリーンミル

汚れやきずのない薄板製造の基本として、圧延設備や作業環境の美化整備を特に重視しました。この圧延機全体を覆うカバーのデザインは、平成7年度通産省グッドデザイン賞の選定を受けております。

**3 世界最強の競争力を持つ  
新シームレス工場の建設と近代化**

平成4年に社長に就任いたしました。バブル景気崩壊のさなか素材産業である鉄鋼業は更にそのしわ寄せを受けておりました。当社の中ではシームレスを主力製品とする和歌山製鉄所をどうするのが最も大きな問題でありました。

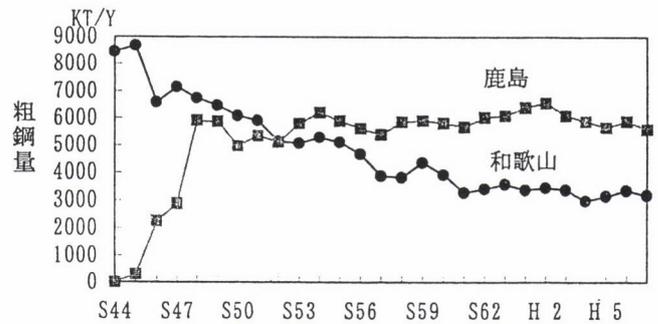


図4 粗鋼生産量推移

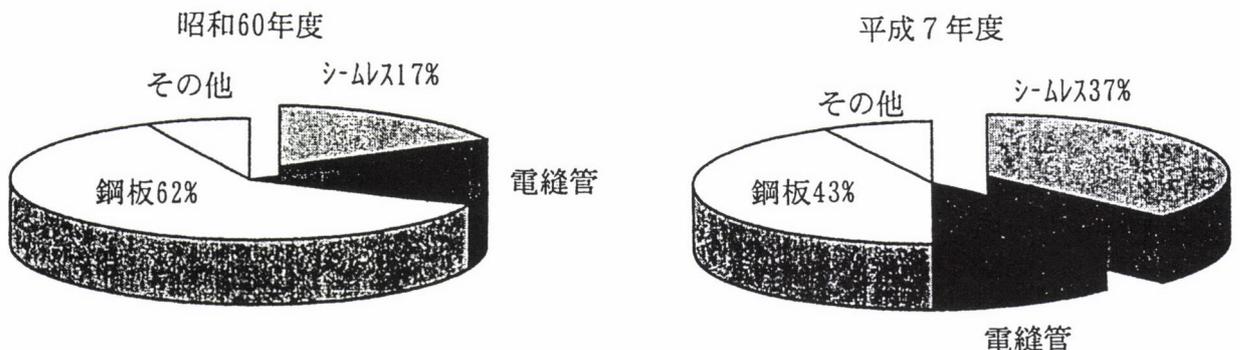


図5 和歌山製鉄所の製品構成

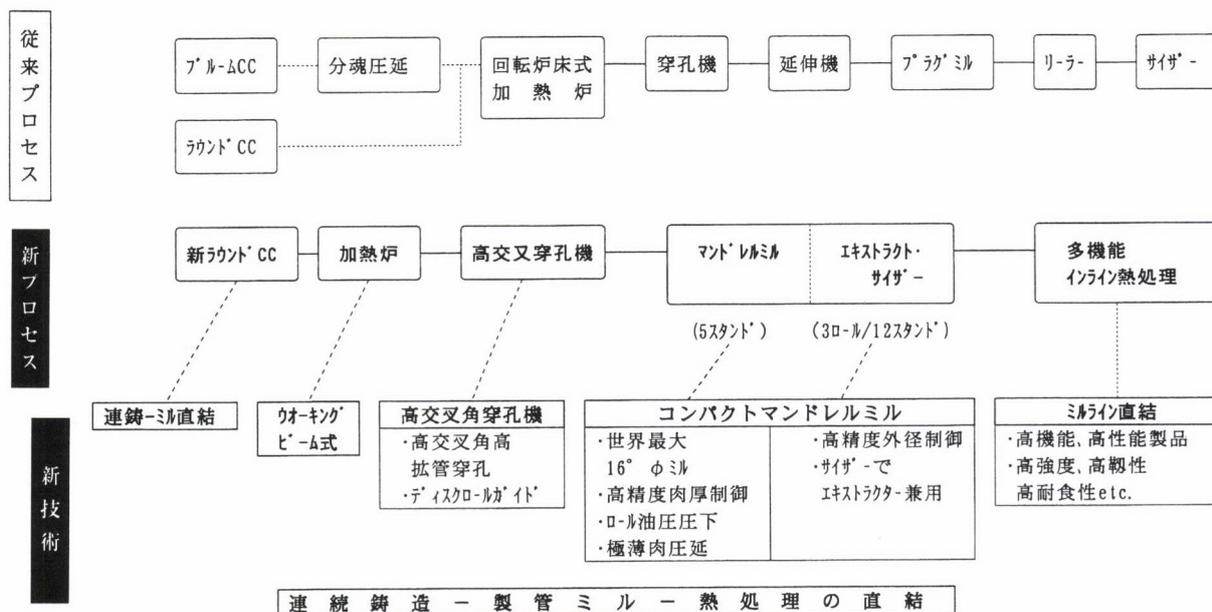


図6 新ミルプロセスフローと新技術

昭和45年に900万トンを越え、当時世界最高の生産量を誇った製鉄所も鹿島製鉄所への傾斜生産とその後の不況に伴い、厚板工場、大径管工場の鹿島製鉄所への移管、海南製造所の統合、尼崎鋼管製造所からのマンネスマンミルの集約により、シームレスを主力とする300万トン規模の老朽設備の中型製鉄所に変貌していました(図4、図5)。

設備集約はしたものの旧態依然たる設備を何とか優れた熟練作業者の技能で支えていたシームレスの生産体制も、その優位性が失われておりました。それはバブル景気末期の安価な労働力と新鋭設備を武器とし、加えて狂乱ともいえる円高の進行を背景としたニューカマーとの国際市場での競争がますます激化してきたからです。

その状況は主たる競合メーカーが国内電炉と新興工業国という違いはあるものの、10年前の小倉製鉄所のそれとよく似たものでした。

### 3.1 「パイプ」の住友の復権にむけて

世界一の技術力と生産実績、高い信頼と評価を受けている当社にとって、「パイプの住友」の復権は至上命題でありました。

シームレスを取り巻く環境は、輸出向けであり当初から国際価格での競争に曝され、油井用鋼管が主体であることから原油価格との連動が極めて強く、また設備能力と需要のギャップが大きく設備余力が大きい等、非常に困難な状況であったわけです。反面、世界のエネルギー需給は大幅な需要増大が見込まれ、一方では新エネルギーとの代替はなかなか進まず化石燃料への依存体質は変わらないいう

に、油田の掘削環境は大深度、腐食性ガス油田の掘削と高級シームレスパイプへの要請が非常に強いというフォローの環境でもありました。

円高の進行で輸出競争力を失った日本のシームレス鋼管各社でありましたが、当社はその保有する技術力を背景に開発した革新技術を主体に巨額の投資も辞さずに新しいミル建設を決断したわけでした。この決断にはやはり小倉製鉄所の厳しい環境での経験が大きく役立っていると信じています。

### 3.2 新シームレス工場の建設

その新シームレス工場は、図6に示すように当社独自開発の新技術を豊富に織り込んだ最新鋭の設備であり、(1)高交叉角穿孔機、(2)コンパクトマンドレルミル、(3)連続鋳造-製管ミル-熱処理直結、の3大特徴を持ち、世界最強の品質・コスト競争力を有しております。その中で大きな決断を支えたのが、革新技術「高交叉角穿孔技術」の開発であります。

図7に示すように高交叉角穿孔技術は、出側に向けて径が増大するコーン型のロールを使用することを特徴とするもので、高拡管が可能なことから、同一ピレットから広い範囲の外径のパイプが得られます。また、ロール周速が出側に向かって増大することから、被加工材とロール間のすべりも少ないため、難加工性材料の穿孔に適しているわけで、疵がなく均一な肉厚の高品質のパイプを造ることができます。

この新技術は、研究部隊の卓越した技術開発力とシーム

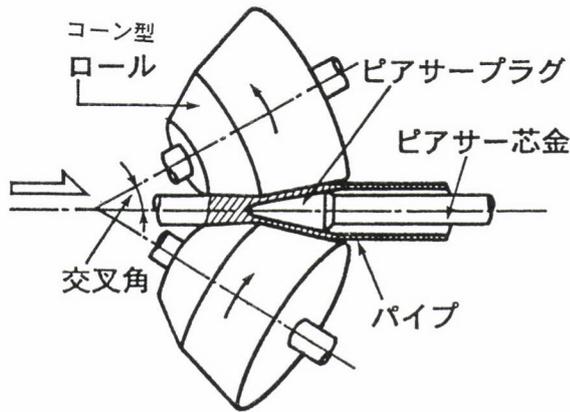


図7 高交叉角穿孔技術

レスの世界のリーダーとしての永年のノウハウの蓄積があつて初めて実現できたものであります。

新ミルでは、広い外径範囲(139.8-426mm)を3サイズのピレットで生産すると共に、普通鋼からステンレス等の難加工材までのパイプを造り込むことができます。

そしてその効果は、疵のない高品質・高品位のシームレスパイプを短納期で造り込むと共に、ピレットサイズの統合による高速鋳造とミルの高能率化を実現しました。さらに投資額を圧縮し、生産性についても上記以外に徹底した自動化技術を織り込み130%以上の向上が図られました。この設備は、当社技術陣の粋を結集した最強の設備であります。

### 3.3 特徴ある中規模の製鉄所への転身

今回の決断は、21世紀の鉄鋼事業のために和歌山製鉄所の近代化には必須の事項でありましたが、竣工式式典および披露パーティの風景を見ますと、従業員ならびに株主の皆様にも勇気と喜びを与えたものとあらためて感慨深いものがあります。

20世紀最後の平成11年(99年)7月には、当社最新の製鋼技術を織り込んだ新製鋼工場が稼働予定であり、高級シームレス鋼管と高級鋼板(電磁、高炭素鋼等)の生産拠点としての国際競争力のある和歌山製鉄所を復権し、21世紀を見据えたハイマテリアルセンターを完成させる予定です。

## 4 おわりに

日本の鉄鋼業は、日本の製造業ひいては日本国の基盤を支えてきたと自負しています。

当社は本年の4月に創業100周年の節目を迎えましたが、その中で私は、40年近くを住友金属工業の変化と共に歩んでまいりました。高度成長の時を経て、円高進行による国

際競争の激化、産業空洞化の時代とそれぞれの時代で条鋼事業を、そしてシームレス事業を戦略的決断でその後の復権と新生を果たしてまいりました。いち早く、設備集約とリストラに手がけて競争力をつけた国内電炉との競合が条鋼分野の話であり、競合が更に円高という因子を加えて国際競争の時代に入ってきたのが和歌山のシームレスの状況だと考えています。

これらのことはいわゆるメガコンペティション時代についての我々の解であり、そのキー・ワードは古くて新しい「技術力を背景にした高生産性と高品質の実現」であろうと思います。

一方「技術力を背景にした高生産性と高品質の実現」を築くにあたって特に感じたことを述べておきたいと思います。

最初の課題としては、生産の学習効果の問題です。シームレスミルの建設という決断は、「技術立社」としての新技术の開発が背景にあったことも事実ですが、しかしさらに国内に生産の場を持つことにより、「生産の学習」効果が得られ、それによって技術のシーズが生まれること、そして高い技術と信頼によって培ってきたネットワークと情報化によって新たな商品が生まれることを事実として感じます。メガコンペティションの中での一つの選択として、技術が再生産されるものは国内に生産の場をキープすることだと思います。

次は技能の問題です。小倉製鉄所では、熟練の技を次世代に伝えようと毎年「技術・技能伝承フェスタ」を開催いたしております。また和歌山製鉄所の以前のシームレスミルは、優れた技能に支えられた設備であると認識しております。

永年培われてきた技能の伝承は大変重要な問題であるとの認識から、今回の高生産性の実現にあたって技能の最大限の転化を行いました。しかし全てが完全に機械に置き換わるものでもなく、人間の部分、そして伝承する部分があつてモノづくりの基盤が形成されていくものだと思います。従って従業員の高齢化と少子化の中で、熟練作業者の優れた技能についていかに技能伝承するかが重要なテーマとなります。

以上、自分が辿ってきた住友金属の中での技術革新、技術開発を基に、鉄鋼業の高度成長期から成熟期にかけてのあくなき技術の挑戦の一つの展開例を述べさせていただきました。

最後になりましたが、日本の鉄鋼業界に於いて、日本鉄鋼協会の役割は非常に大きいものであり、日本鉄鋼業の発展のために今後益々の指導的役割を果たしていくことを希望いたします。

(1997年5月23日受付)



# 入門講座

計測技術編 - 4

## 非接触温度計測技術—放射測温法—

井内 徹 東洋大学工学部機械工学科 教授  
Tohru Iuchi

Noncontact Temperature Measurement Engineering - Radiation Thermometry -

### 1 はじめに

周知のとおり、高炉から圧延・製品工程に至るまで鉄鋼プロセスは熱の出し入れ、すなわち加熱・冷却の繰り返しです。そのため、鉄鋼プロセスでは温度計測とその制御が大変重要です。

温度計測技術は測定対象に接触させて計測する方法と、測定対象に非接触で計測する方法に大別できます。転炉で溶鋼温度を測定する浸漬熱電対は前者の典型的な例で、確立された技術です。一方、光や電磁気のように空間の場を通して物理的作用を生起せしめる現象は基本的に非接触計測の可能性を秘めています。その中で絶対零度以上の物体から放射される電磁波（熱放射と呼ばれる）を検出して温度を計測する放射測温技術は後者の代表的な方法です。

放射測温法は高速で移動する対象が多い鉄鋼プロセスと相性のよい、重要な温度計測技術として長く、継続的に研究・開発・実用化がなされてきました。これからも鉄鋼プロセスに必須の計測技術として生き残っていくでしょう。そこで、本講では放射測温法に焦点を絞り、その測定原理と基本的な問題点を抽出し、現在までにどのような研究・開発がなされてきたか概観することによって、読者の理解を深めることを目的とします。本講を読了した後は、放射温度計をプロセスに導入すれば直ちに、メーカーのカタログに記載されている精度で温度測定ができるはずだという幻想を持たずにすむようになるでしょう。つまり、測定対象の環境・条件のもとで、どのような問題点があるか把握でき、問題解決のための方針をたてることができるようになるでしょう。

放射測温法は、ちょうど1世紀前の1800年代後半のドイツ鉄鋼業で溶解、鍛錬、焼き入れなどの高温測定のために組織的にかつ精力的に研究が開始されたことで発展しました。熱放射の理論は実用だけでなく、マックス・プラン

クの量子仮説を生み、物理学の歴史のなかでも最も華麗なハイライトである量子力学を誕生させました。20世紀から間もなく21世紀に移行する現代にあって100年前の同時期を振り返るのも意義あるものと思われます<sup>1)</sup>。

### 2 放射測温法

先に放射測温とは絶対温度0 K以上の物体は電磁波を放射することから、その電磁波を検出することによって温度を計測する方法であることを述べました。電磁波とは我々人間に見える可視光線と見えない光の仲間の総称です。光より波長の短い領域では紫外線、エックス線、ガンマ線、長い波長領域では赤外線、マイクロ波、電波と名付けられています。図1に電磁波のスペクトルを示しています。常温(300 K)から2,000 K(ケルビン;熱力学絶対温度目盛)くらいが鉄鋼プロセスで対象となる温度域です。この温度域では可視光線(短い波長で0.6 $\mu$ m程度)から赤外線(長い波長で10 $\mu$ m程度)が物体から放射される主要な電磁波になります。したがって、電磁波の検出もこの領域で感度をもつ光センサや赤外線センサを用いて行われます。電磁波は波動ですから、波長 $\lambda$  [m]と振動数 $\nu$  [1/s]で表現できます。電磁波の伝播速度 $c$  [m/s]は

$$\lambda \cdot \nu = c \dots\dots\dots(1)$$

となります。 $c$ は真空中で299,792,458 [m/s]ですが、空気中ではほんのわずかに減少します。図1に参考のため、いろいろな波長域(スペクトル)での電磁波の応用技術の幾つかを記載しました。いわゆる光技術の拡がりを概観できるのではないかと思います。

放射測温法の原理はごく少数の基本的な法則を知ることによって理解することができます。また、測温誤差に関する基本的な公式もこれら少数の法則から導くことができます。したがって、少し数学的な表現を理解するだけで放射

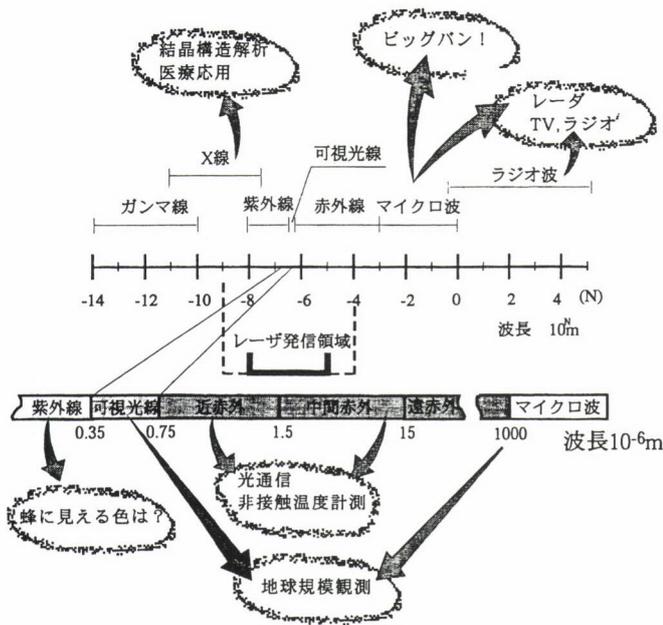


図1 電磁波スペクトル

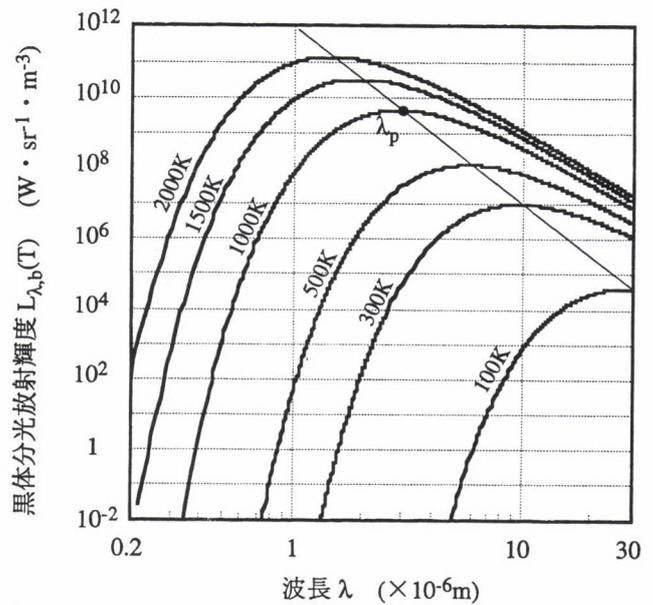


図2 黒体分光放射輝度

測温法の全体像を把握できますので、ぜひ基本法則に馴染んでください。

2.1 基本法則と放射率

放射測温法で、黒体(blackbody)は完全放射体(full radiator)とも呼ばれていますがもっとも重要な放射量の基準です。黒体は入射する電磁波を完全に吸収する理想的な熱放射体で、同時に熱平衡状態において与えられた温度のもとで電磁波の最大の放射体になります。(ちなみにレーザは熱非平衡状態での電磁波放射ですので、ここでの議論には対応しません)。このことを定量的に表現するために分光放射輝度という物理量で示するのが便利です。この量を  $L_{\lambda,b}(T)$  という記号で表します。つまり、 $L_{\lambda,b}(T)$  は温度  $T$  の黒体の特定の波長  $\lambda$  において単位時間あたり、単位波長間隔あたり、単位面積あたり、単位立体角あたりの放射エネルギーで、式 (2) で厳密に表すことができます。この式 (2) をプランクの黒体放射則と呼びます。

$$L_{\lambda,b}(T) = \frac{2c_1}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{\exp(c_2/\lambda \cdot T) - 1} \quad (\text{W} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}) \quad \dots(2)$$

ここで、 $c_1$ 、 $c_2$  はそれぞれプランクの第1定数、第2定数と呼ばれている定数です。特に定数  $c_2$  は測温精度に深く関係することがあとで分かります。図2は、式(2)の  $L_{\lambda,b}(T)$  を温度  $T$  をパラメータとし、波長  $\lambda$  の関数としてグラフ化したものです。このグラフをながめると、温度が高くなるにしたがって  $L_{\lambda,b}(T)$  の極大値をとる波長  $\lambda_p$  が短波長側にシフトするのがわかります。

プランクの黒体放射則 (2) は  $\lambda \cdot T \leq 2898 \times 10^{-6} \text{m} \cdot \text{K}$  の場合、誤差0.8%以内の精度でウイーン近似則と呼ばれる次式で表すことができます。

$$L_{\lambda,b}(T) = \frac{2c_1}{\lambda^5} \cdot e^{-c_2/\lambda \cdot T} \quad \dots(3)$$

鉄鋼プロセスでの温度領域はほとんどウイーン近似則が適用できる範囲ですので、これからの議論は特に指摘しないときは、黒体放射は式(3)を前提として進めていきます。

さて、温度  $T$  の一般の物体からの電磁波の放射を分光放射輝度  $L_{\lambda}(T)$  で表しますと、 $L_{\lambda}(T)$  は同じ温度  $T$  の黒体が放射する  $L_{\lambda,b}(T)$  より決して大きくはなりません。このことを次式のように表します。

$$L_{\lambda}(T) = \epsilon_{\lambda} \cdot L_{\lambda,b}(T) \quad \dots(4)$$

ここで、 $\epsilon_{\lambda}$  は分光放射率と呼ばれ、 $0 \leq \epsilon_{\lambda} \leq 1$  の係数です。

図3は黒体と一般の物体の分光放射輝度を温度の関数として模式的にプロットしたものです。同じ温度  $T$  での一般物体と黒体の分光放射輝度の比が分光放射率  $\epsilon_{\lambda}$  になります。また、

$$L_{\lambda}(T) = \epsilon_{\lambda} \cdot L_{\lambda,b}(T) = L_{\lambda,b}(S) \quad \dots(5)$$

となる黒体分光放射輝度を  $L_{\lambda,b}(S)$  とし、対応する温度  $S$  を輝度温度とよびます。輝度温度  $S$  は真温度  $T$  より高くない、すなわち

$$S \leq T \quad \dots(6)$$

の関係にあります(等号は  $\epsilon_{\lambda} = 1$  のとき成立)。真温度  $T$  を測定するのは放射率の関連で難しいので、輝度温度  $S$  を測定

し、これを管理温度と称してプロセスの操業に用いている状況が依然続いているようです。

図4に放射温度計の基本的な構成を示しました。測定対象からの放射は空間を伝播し、レンズないしミラーで集光され、通常チョッピング(変調)して光信号が交流化され、光センサに入射します。センサ出力は交流増幅され、放射率補正回路で測定対象の想定された放射率値 $\epsilon_\lambda$ で補正されたのち、温度換算されて温度表示で出力されます。センサは、主として測定温度域に対応して選択されます。比較的中高温域では、シリコン(Si)、インジウム・ガリウム・ヒ素(InGaAs)などの量子効果型半導体センサが多く使われます。低温領域ではサーモパイル、焦電素子などの熱効果型光センサもよく使用されています。光学的、電氣的雑音を抑えるためのさまざまな工夫、センサの温度ドリフト(センサの感度が温度変化によって変動すること)防止、特定の波長域だけを検出するためのフィルタ挿入など、実用の放射温度計には種々の対策が施されています。具体的には放

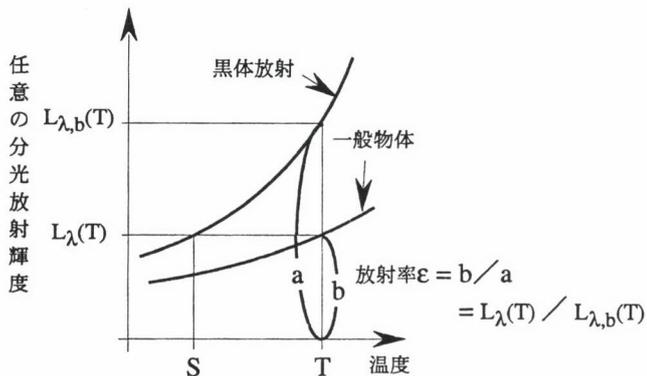


図3 放射率の定義

射温度計メーカーのカタログを参照されるとよいでしょう。

測定対象の放射率値 $\epsilon_\lambda$ があらかじめ分かっているならば、式(4)の測定値 $L_\lambda(T)$ を既知の $\epsilon_\lambda$ で割り算する操作で、黒体放射の式 $L_{\lambda,b}(T)$ を得ることができます。

$$L_{\lambda,b}(T) = L_\lambda(T) / \epsilon_\lambda \dots\dots\dots(7)$$

さらに、式(7)を逆算して真温度Tを求めることができます。この手順が上記放射温度計の基本的な方式です。

ところで、補正すべき放射率 $\epsilon_\lambda$ が実際には $\pm\Delta\epsilon$ だけ変化しているとしますと、式(5)において、 $\epsilon_\lambda$ の代わりに $\epsilon_\lambda \pm \Delta\epsilon$ を代入し、式(7)と同様に $L_\lambda(T)$ を $\epsilon_\lambda$ で割った値を $L_{\lambda,b}(T_a)$ としますと、 $L_{\lambda,b}(T_a) = (\epsilon_\lambda \pm \Delta\epsilon) L_{\lambda,b}(T) / \epsilon_\lambda$ が成り立ちます。 $T_a$ が放射率変動 $\pm\Delta\epsilon$ による見かけの温度となります。真温度Tからの温度変動分 $\Delta T = T_a - T$ を式(3)を利用して求めると、近似的に次式のように得られます。

$$\Delta T \equiv \pm \frac{T}{n} \cdot \frac{\Delta\epsilon}{\epsilon_\lambda} \dots\dots\dots(8)$$

式(8)が放射率変動による温度誤差を見積もる重要な公式です。ここで、n値は

$$n = \frac{c_2}{\lambda \cdot T} \dots\dots\dots(9)$$

で表されます。ただし、 $c_2 = 14388 \times 10^{-6} m \cdot K$ です。

式(8)から分かるように、测温誤差はn値が大きいくほど小さくなることを示しています。n値は式(9)から波長 $\lambda$ が短くなるほど大きくなります。したがって、式(8)、

(9)は放射测温における放射率変動による测温誤差を少なくするためには可能な範囲で放射温度計の使用波長を短波長側で測定すべきことを示唆しています。たとえば、放射率の相対変動 $\Delta\epsilon/\epsilon_\lambda$ が同じであれば、 $\lambda = 1 \times 10^{-6} m$  ( $= 1 \mu m$ ) 付近を検出波長とするシリコンセンサは $4 \times 10^{-6} m$

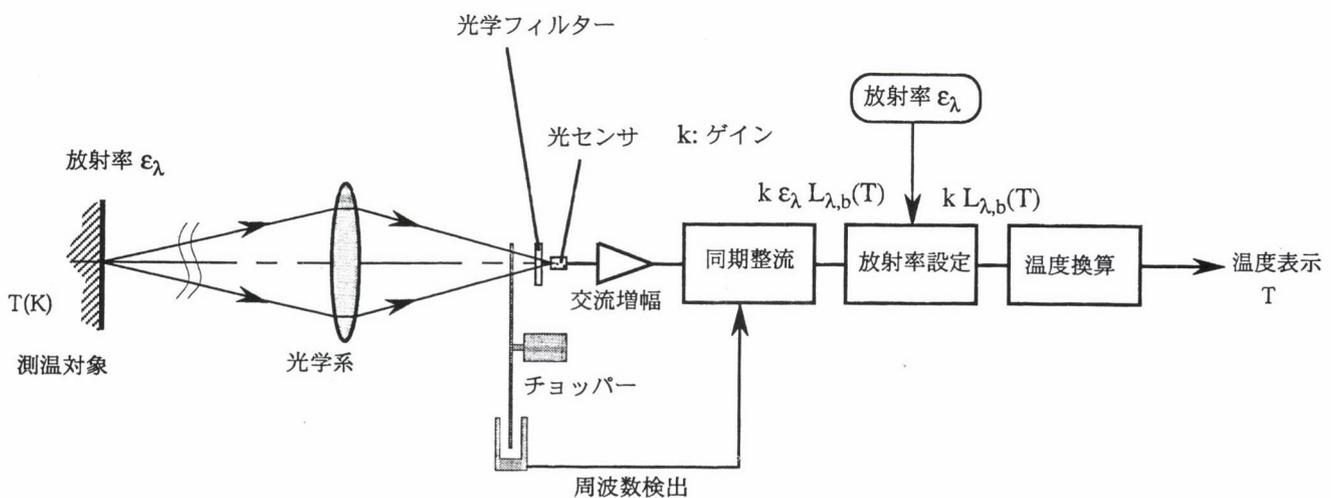


図4 放射温度計の基本構成

(4  $\mu\text{m}$ )付近を検出波長とする硫化セレンセンサ (PbSe) の4倍の測温精度を確保できます。

以上が放射測温法の基本的な法則と放射率に関わる測温誤差の表式です。これだけの前知識だけで、放射測温技術の大半を理解することができます。

## 2.2 計測上の問題点

放射測温法の特長を列記してみましょう。

- (1) 非接触で遠方から温度計測でき、測定対象に擾乱を与えないこと
- (2) 低温から高温まで計測できること
- (3) 高応答であること
- (4) 1点測定から線測定ないし面測定が可能なこと

などです。上記項目はいずれも鉄鋼プロセスに適した特長です。項目(4)の線測定、面測定はパターン測定とも呼ばれ、シリコンダイオードや白金ドーパシリコン (SiPt) などのアレイ状センサを用いることによって現在では非常に容易になりました。

これに対して鉄鋼プロセスに応用する際の計測上の問題点に言及してみましょう。

- (i) 測定対象の放射率がわからないと真温度を求めることができないこと
- (ii) 測定対象の放射率はさまざまな要因によって変化すること
- (iii) 測定対象以外の熱源からの外乱 (反射光) の影響を受けやすいこと
- (iv) 水、油、水蒸気、ガス、ダストなど光路中に存在する物質による吸収、散乱を受けること
- (v) 放射温度計は定期的に性能チェックを受ける必要があること (トレーサビリティ)

などです。以上のように問題点は放射測温法の原理的な問題点と使用環境によって生じる技術的な問題点に分けられます。

問題点の(i)、(ii)は、放射測温の原理的、宿命的な問題点です。最近の研究・開発の多くがこの点に集中しています<sup>2)</sup>。(iii)に関してセンサの検出波長帯と測定温度域によっては、太陽光や蛍光灯なども外乱雑音となることもあり、注意が必要です。鉄鋼プロセスでは各種炉内での放射測温が最大の問題です<sup>3)</sup>。(iv)も鉄鋼プロセスで深刻な問題点の1つです。光伝播経路にパイプを設けエアパージをするなど、力づくの処理をしてできるだけ清浄な空間にすることや、吸収・散乱を受けにくい波長域を検出波長に選ぶこと、あるいはそれらの組み合わせと信号処理技術による問題点回避の措置が不可欠です。最近では光ファイバの利用により、この問題をかなり克服することもできるようになりました

た<sup>4)</sup>。(v)計測機器はすべて定期的な点検をする必要がありますので、(v)の問題は放射測温だけの問題点ではありませんが、とりわけ放射温度計は再現性校正を主とした定期検査を要します。校正技術が国家機関の標準器から企業の日常使用機器まで一貫した性能保証システムにあることをトレーサビリティ・システム (traceability system) といいます。トレーサビリティ・システムの完成度の高い産業は質の高い産業であり、このシステムが根付いている企業の技術レベルは高いといわれます。現在の日本の鉄鋼業はどうでしょうか。

## 3 応用例

環境の厳しい鉄鋼プロセスでの放射測温法の具体例を幾つか紹介して、この技術の全般的な理解の手助けにするとともに、今後の発展のヒントになればと思っています。

### 3.1 反射光の影響を防ぐ手法 (炉内測温)

図5は、連続焼鈍炉内における冷延鋼板温度測定システムです<sup>3)</sup>。この測温システムは日本に連続焼鈍炉が初めて開発・導入されたころ、プロセスの制御のために不可避とされた炉内鋼板の温度をオンライン計測する目的で開発されました。2.2 (iii) の項目で言及した放射測温法の問題点の1つで、炉内の加熱源からの外乱光をまともに受ける炉内測温の典型的な例です。この問題を解決するために、本システムでは走行する鋼板に対向させて水冷遮蔽フランジ (板) を設置しています。この装置によって、周囲熱源からの雑音光を吸収し、鋼板からの放射だけを放射計センサに導いています。当時の連続焼鈍炉の各ゾーンは酸化による鋼板の放射率変化を考慮しないでよい還元ガス雰囲気でしたので、鋼種ごとに放射率の設定をすることで正確な測

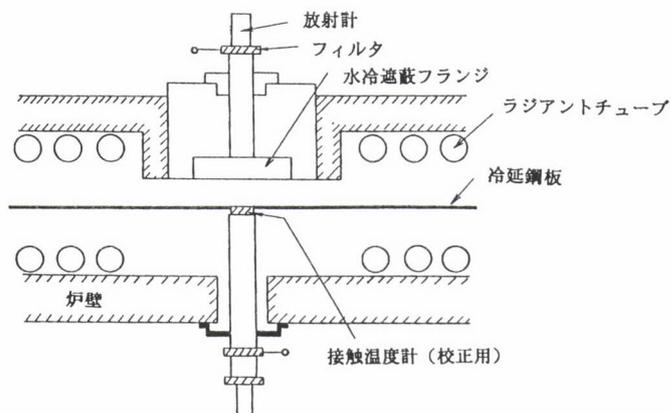
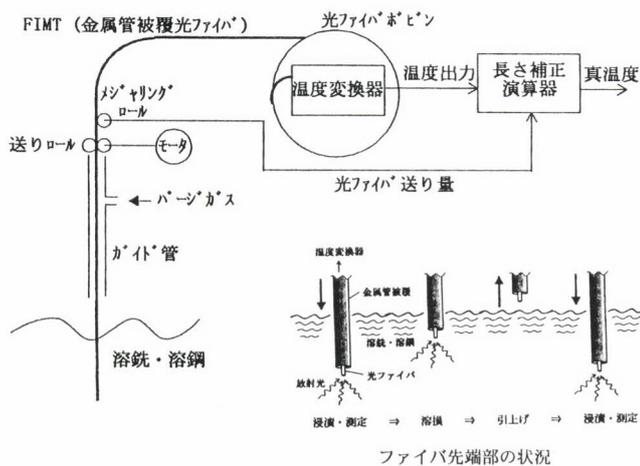


図5 連続焼鈍炉内冷延鋼板真温度測定システム<sup>3)</sup>

図6 消耗型光ファイバ放射温度計<sup>4)</sup>

温が可能でした。現在は多鋼種に加え、加熱方式が効率を高めるために鋼板の酸化を伴うようになってきていますので、放射率をオンライン測定する新たな技術が必要です<sup>9)</sup>。炉内に水冷装置を導入することは、水漏れによる事故のおそれがありましたが、水冷装置の材質改良や設計基準の変更で克服しました。このため、その後多くの連続焼鈍プロセスに設置することができました。もう一つの特徴はオンライン温度計測が正確かどうか校正するために、間欠使用の接触温度計システムを開発・導入したことです。

### 3.2 光路中の散乱・吸収を防ぐ方法（光ファイバ伝播）

図6は、最近実用化された消耗型光ファイバ放射温度計です<sup>4)</sup>。この温度計は2.2(iii)、(iv)の項目の問題点を克服した典型的な例です。周知のように、製銑・製鋼工程は水蒸気、ダストの充満した厳しい環境にあり、溶銑・溶鋼温度を放射測温で計測するのは容易ではありません。この測温システムは光ファイバを溶融金属内に直接挿入させることによって、上述の問題点を解決したものです。さらに、溶融金属内に挿入されたファイバ先端部（ファイバ径をD、ファイバ長をLとしたとき、 $L/D \gg 1$ ）は、瞬時に溶融金属

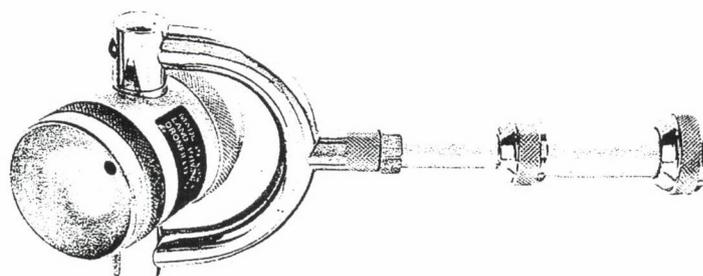
温度に等しくなり、 $L/D \gg 1$ の条件下では、ちょうど溶融金属温度の黒体空洞を形成することになります。したがって、2.2(i)(ii)の放射率問題をも解決しています。この温度計は侵漬熱電対に取って代ることができるほど完成度が高いようです。同様な考えの方法にサファイア単結晶ファイバを使用し、その先端部を特殊なコーティングを施して黒体条件( $L/D \gg 1$ )を作り、そこからの放射を途中で通常の通信用光ファイバで伝播させて、2000K以上の高温ガス体の測温を可能にした放射温度計も開発されています<sup>5)</sup>。

### 3.3 放射率補正法

放射測温法において放射率変化は測温誤差を生じさせる最大の問題です。そのために、放射率問題を低減する方法に関する研究・開発が数多くなされてきました。放射率補正法と言われるこの手法の流れの全体像を一度把握しておくのも役に立つものと思われます。放射率補正法は大きく分けて3つの手法に分類できます。

その1つは、放射率を出来るだけ黒体に近い値に高めて、実質的に測温精度を真温度測定に近づける手法です。上述の消耗型光ファイバ放射温度計<sup>4)</sup>やサファイアファイバ放射温度計<sup>5)</sup>がこの手法の好例ですが、この考え方の先がけは図7に示すようなランド社の半球状キャビティを利用した放射温度計です<sup>6)</sup>。この方法は、内面を金メッキした半球状のキャビティをわずかな隙間をあけて測定対象面にかぶせ（短時間であれば接触させて）、キャビティ内面と測定面の間での放射の多重反射によって、その空間を実効的に黒体空洞にしてキャビティ面の小さな孔からの放射をシリコンセンサで検出するものです。この方法は、測定対象の放射率がもともと0.8以上でないと近似黒体とはなりません。短波長で感度をもつシリコンセンサを使用しているため、式(8)の効果で、比較的高温域の鋼材温度計測に有効です。具体的には熱延工程を中心にずいぶん利用されてきた貴重な方法です。

2つ目の手法は、試料が不透明体の場合、放射率と反射

図7 ランドの半球状キャビティ<sup>6)</sup>放射温度計（写真はLand（株）の厚意による）

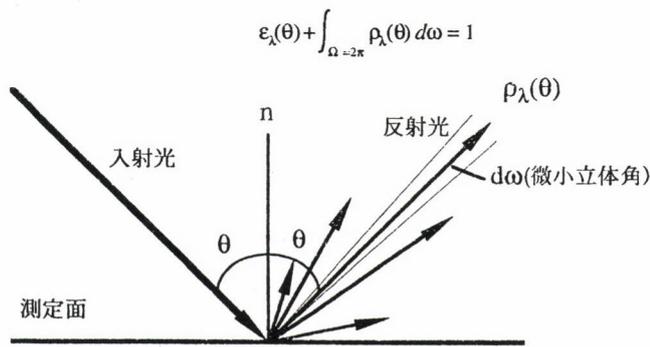


図8 放射率と反射率の関係

率が相補的な関係にあることを利用して放射率を求める方法です。すなわち、図8に示すように、試料面法線から $\theta$ 方向の分光放射率を $\epsilon_\lambda(\theta)$ とし、鏡面对称方向から入射した放射の $\theta$ 方向への分光反射率を $\rho_\lambda(\theta)$ としますと、両者の間には次式の関係式が成り立ちます。

$$\epsilon_\lambda(\theta) + \int_{\Omega=2\pi} \rho_\lambda(\theta) d\omega = 1 \dots\dots\dots(10)$$

ここで、 $d\omega$ は微小立体角、積分の意味は半球面内( $2\pi$  sr)に散乱する反射成分の和をとることを意味します。この手法はミラーなどの反射体あるいは黒体光源などの放射体を測定対象に対して何らかの幾何学的配置に設置して、式(10)の関係をうまく取り扱うことによって、測定対象の放射率と温度を同時に測定する方法で、ハイブリッド法とも呼ばれます。図9はこの考え方で最初に実用化された温度と放射率の同時測定法です<sup>7)</sup>。この方法は円筒キャビティを測定対象に対向させて設置し、キャビティ内と測定面の間での放射の多重反射がある場合とない場合に依じた2種類の放射信号を取り出し、両者の演算によって放射率を求め、さらに温度を式(7)に基づいて得るものです。この種の手法は、放射率と反射率の物理法則に基づいているため、もっとも合理的な計測法なのですが、キャビティのような反射体と測定面の間隔を一定に保つこと、あるいは十分離して設置する(リフトオフ)ことが困難であることなど、現実的な問題点を抱えています。このリフトオフの問題を緩和する実用化がこの方面での研究・開発の焦点になっています<sup>8)</sup>。リフトオフの問題が解決すれば最も汎用性のある手法になるでしょう。

最後の3つ目の手法は2波長以上の放射輝度スペクトルの測定だけを用い、その間の何らかの関係を別途実験的に求めておいて、放射率を推定し、温度を計算する方法です。よく知られている2色温度計もこの範疇の手法として分類できますが、一般に多波長温度計と呼ばれています。この方法はかなり以前より旧ソ連、欧米を中心にいろいろな研

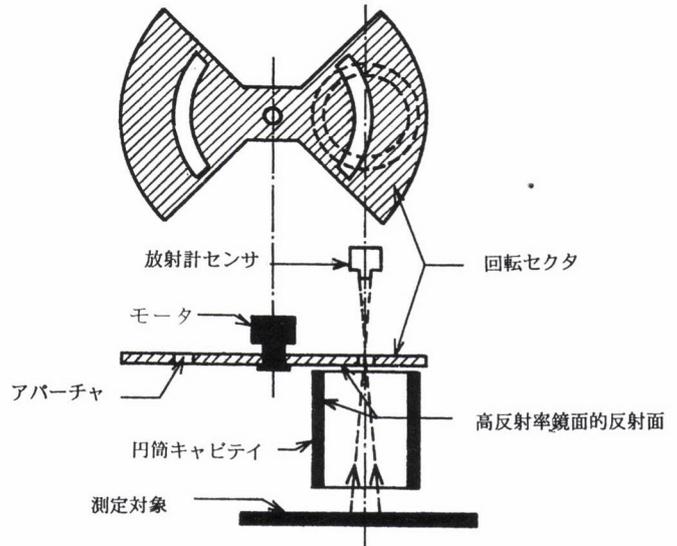


図9 円筒キャビティを利用した温度と放射率の同時測定法<sup>7)</sup>

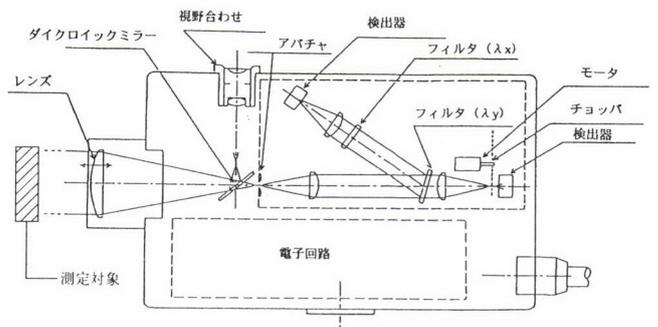


図10 TRACE法の構成<sup>9)</sup>

究・開発がおこなわれています。図10は最近実用化されたTRACE法と名付けられている放射温度計です<sup>9)</sup>。この方法は、測定対象の2つの分光放射率 $\epsilon_1, \epsilon_2$ の間の関係式

$$\epsilon_1 = f(\epsilon_2) \dots\dots\dots(11)$$

を実験的に求めておき、式(11)と真の分光放射率と見かけの分光放射率の間で独自に成り立つ関係式との交差する点を求めるアルゴリズムにより、放射率を求めるものです。この種の手法は2つ目の手法とは異なり、分光放射輝度だけの情報から温度を求めるので、リフトオフの問題はなく、測定系を簡単な構成で実現できるところに実用的に大きな利点があります。

## 4 おわりに

鉄鋼プロセスと放射測温法は歴史的不いさつから技術的な相性のよさといった面まで含め、深く長い関わりがあります。多岐に渡る鉄鋼プロセスに汎用的に使用できる放射測温法というもの、いままでの記述からも非常に困難であることが伺えるでしょう。測定対象と測定環境に適合

した個々の放射測温法を考え出していくという手順が不可避です。しかし、今年度（平成9年）日本鉄鋼協会計測・制御・システム工学部会では「鋼板表面の光学的特性のモデリング」研究会を発足させ、例えば表面傷からの光反射特性や放射率特性変化を表現できるシミュレーションモデルを構築することに取り組み始めました<sup>10)</sup>。このような研究会の成果から、いままでより効率的に計測原理や方法を行う手段を提供することができるようになるかも知れません。成否は今後の課題として残されています。本稿がいささかでも鉄鋼プロセスにおける放射測温法の全体像の把握理解と今後の発展のヒントになれば幸いです。

#### 参考文献

- 1) 天野清：量子力学史，（1949） [日本科学社]， p.1-41
- 2) 井内徹：鉄鋼業における計測技術の応用と進歩，第47回湯川正夫記念講演，日本鉄鋼協会九州支部主催，5月（1993）， p.1-13
- 3) 井内徹，大野二郎，草鹿履一郎：連続焼鈍炉内鋼板真温度測定システムの開発，鉄と鋼，61（1975）8，p.2076-2087
- 4) 山田善郎：消耗型光ファイバ放射温度計による溶融金属測温，第96回SICE温度計測部会資料（2月2日），（1996）， p.17-21
- 5) Dils, R.R.: High-temperature optical fiber thermometer, J. Applied Physics, 54（1983）3， p.1198-1201
- 6) Land Product Data Sheet 57: Surface pyrometers and thermometer
- 7) 井内徹：温度と放射率の同時測定法とその鉄鋼プロセスへの応用，鉄と鋼，65（1979）1， p.97-106
- 8) 山田善郎，湯浅大二郎，上杉満昭，山田健夫，真鍋俊樹，井上紀夫，山内賢志：棒状光源反射像による放射率補正温度計測，第35回SICE学術講演会予稿集，111A-6，（1996）， p.321-322
- 9) 田中富三男：熱放射に基づく真温度推定，計測と制御，31（1992）9， p.930-936
- 10) ICS NEWSLETTER：研究会報告，日本鉄鋼協会計測・制御・システム工学部会，No.2，6月1日発行（1997）， p.5

（1997年5月29日受付）



# 鉄の歴史

## 戦後復興・発展期における我が国鉄鋼製造技術史—技術編 和魂洋才—戦後の特殊鋼製鋼技術の進歩 (1945~1965)—

岸田 壽夫 大同特殊鋼 (株) 相談役  
Toshio Kishida

Crossroads of Western Technologies and Japanese Expertise  
—The Developments of Speciality Steelmaking in Japan 1945-1965—

### 1 はじめに

私の大学時代はまさに戦時中であり、学習の場というのは学徒実習による製造現場でした。

実習先は恩師金森九郎教授の勧めにより、日本製鐵・輪西 (現; 新日鐵・室蘭) で高炉を、日本鋼管・川崎では大学の先輩である深堀佐市氏の指導で平炉操業法を勉強し、日本製鐵・川崎 (現; 日鐵建材) では軸受鋼の熱処理技術を学びました。最後は同じく大学の先輩である松下幸雄氏 (元鉄鋼協会会長) が技術指導をされていた追浜海軍工廠の金沢支廠で、電気炉操業法を学び始めてまもなく終戦を迎えることとなりました。

終戦後の混乱期に卒業し、昭和21年12月に電気炉における特殊鋼製造技術を学ぼうと思い大同製鋼 (現; 大同特殊鋼) に入社しました。

以来、「特殊鋼とともに50年」さまざまな先端技術に触れ、海外の先進技術の導入および開発にも携わってまいりました。

本文では、私が技術者として工場勤務をしていた戦後20年間の製鋼技術の変遷を思いつくままに述べてみたいと思います。

### 2 戦後20年間の特殊鋼業界

戦時中余りにも軍需依存の強かった特殊鋼業界は、平和産業ではないという見地から、終戦後に国の保護助成策である復興金融金庫の融資を受けることができませんでした。

さらに、昭和21年1月に軍工廠、民間工場に在庫として残されていた30~50万トンの特殊鋼が特殊物件として一挙に市価の半値以下で放出されたこともあり、特殊鋼の新規生産は極度に圧迫されました。終戦当時、特殊鋼を生産していたメーカーは63社82工場に及んでいましたが、昭和24年末には37社44工場に減少するという極めて厳しい状況下にありました<sup>1)</sup>。

大同製鋼 (以下、当社という) では100~150kgのピレットサイズの鋼塊で針金用線材を、また、幅広鋼塊で鉄板用素材を生産したりで、私の「特殊鋼製造技術を学び以て日本産業の復活を」という思いとは程遠いものでありました。

入社4年間、私は製鋼現場で3交替の勤務につき、主に溶解作業を担当しておりました。当時の現場リーダーには、溶鋼成分、温度を推定する勘と経験を頼りに高温になった溶鋼を、炉況や発生する煙の色などから今誰がどの様に処理し、次は誰が何を準備するのかなどの「モーメント・ジャッジ」を下すことが必要な条件でした。このような先輩の技・知恵に直に接し、鋼造りの実践を体験できたことは私にとって誠に幸いであつたと思っています。

昭和25年6月朝鮮動乱が勃発し、あらゆる産業に直接、間接の特需が流れ込み、これを契機に特殊鋼も再建の第一歩を踏み出す機会が与えられました。市場を圧迫していた特殊物件も一掃され、昭和26年の特殊鋼鋼材の生産高は前年比倍増という急激な上昇を示し、さらに、自動車、造船、機械、化学などの生産拡大を反映し特殊鋼需要は増大し続けました。朝鮮動乱休戦後は、急速に発展した自動車業界からの需要が特殊鋼生産に大きな刺激となりました。昭和29~30年は輸出ブームの出現により、また、昭和34年以降は岩戸景気により急激な上昇を示し、昭和35年には国内の特殊鋼鋼材生産高117万トンと初めて100万トンを突破、昭和30年の水準に対し3.7倍の伸びとなりました<sup>1)</sup>。昭和35年12月には政府が経済の近代化と国際競争力の強化を図るため10年間で実質国民総生産 (GNP) を2倍とし、国民1人当たりの所得も倍増するという「国民所得倍増計画」を発表しました。これを契機に各産業は一段と投資意欲を高めていき、鉄鋼業界でも臨海工場の建設が相次ぎ、特殊鋼の生産高の伸び率は計画をはるかに上回るものとなりました。(図1、図2参照)

こうした特殊鋼の発展は、各産業部門における技術水準の高度化が、素材としての特殊鋼に対し強い品質向上要求

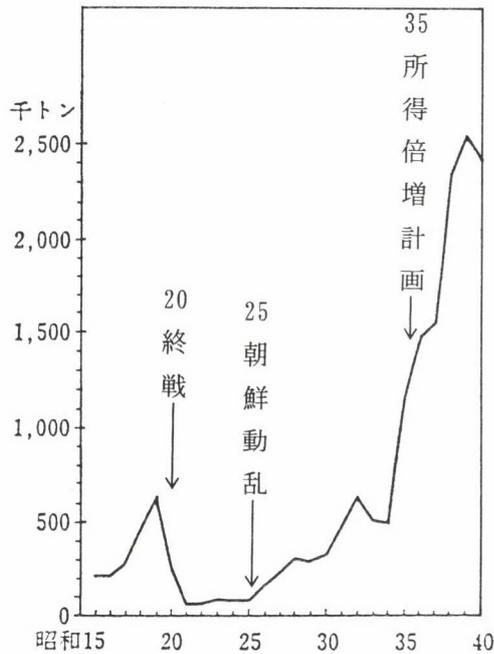


図1 昭和15～40年の特殊鋼  
圧延鋼材生産高<sup>1)</sup>

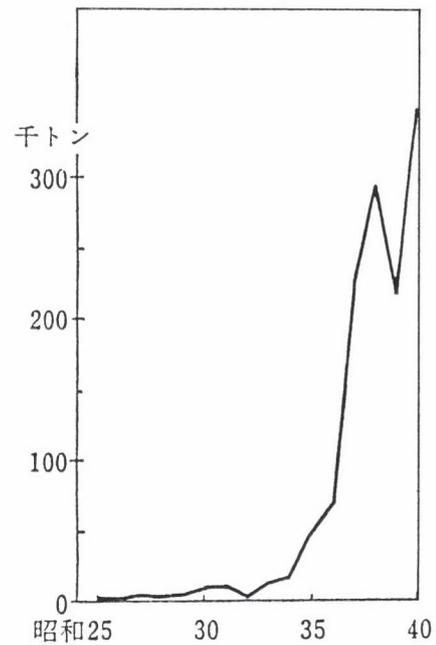


図2 昭和25～40年の  
特殊鋼鋼材輸出高<sup>1)</sup>

となって現れ、特殊鋼業界自身の技術の向上、設備の近代化を急速に促したことによるものであると考えています。また、この様な要求に対応出来たのは、アメリカを始めとする先進諸外国の最新技術およびQC、PMなどの管理手法を学ぼうとする極めて旺盛な向上心に裏付けられたものであると確信しています。

そして、戦後20年の節目として、昭和39年10月の東海道新幹線開通と東京オリンピック開催は、国際競争力を持った近代日本の復活を象徴する出来事であったと思います。

### 3 電気炉技術の進歩

電気炉は1899年フランスのエルー (Paul Eeroult)が銑鉄から鋼を製造する研究に着手して以来、約100年近い歴史があります。戦後の20年間に限り電気炉技術の進歩について回顧すれば、操業面では酸素製鋼法の導入、設備面ではアメリカのピッツバーグ・レクトロメルト電気炉会社からの技術導入が最大の変革だったと思います。

また、この時代のエネルギー、および、原料事情を物語るエピソードとして以下の様な事例がありました。

戦後の約10年間電力は水力発電が主の水主火従の時代であり、冬になると水枯れにより電力不足がしばしば問題となりました。現在の夏季のピークカットとは異なり想像ができないかもしれませんが、冬季には操業を止め工場従業員を炭坑に応援に出したことを記憶しております。原料事情に関しては、電気炉にスクラップを挿入直後、混入して

いたスクラップ中の砲弾が爆発し九死に一生を得たこと、また、Ni源に使用した軍艦の解体屑であるアーマープレートの重量物による電極折損、および、Cuの高い低級スクラップに悩まされたことを思い出します。

#### 3.1 酸素製鋼法

昭和21年、カーネギー・イリノイス (Carnegie Illinois) のホームステッド(Homestead)工場は、ガス会社であるリンデと共同で225トン平炉における吹込酸素の純度が脱炭速度および酸素効率に及ぼす影響について研究し、幾多の貴重な実験結果を報告しています<sup>2)</sup>。

日本では昭和23年、帝国酸素の外国人技師の指導のもと、鉄鋼連盟加盟8社の幹部、技術者を集めて酸素吹き込み実験が尼崎製鋼株式会社 (現：神戸製鋼所) の40トン平炉で行われました<sup>3)</sup>。

酸素は160本ものボンベから減圧し5～10kg/cm<sup>2</sup>の圧力で、3/4インチのランスパイプを経て吹き込まれました。その結果、製鋼時間、燃料用重油の大幅な改善が図られたと報告しています<sup>2)</sup>。

電気炉における酸素の吹き込み実験は八幡製鐵所の20トン塩基性電気炉で行われ、その結果は昭和25年の第39回鉄鋼協会春期講演大会で発表されました。内容は酸化期に鉄鉱石を酸素源として使用していた従来法に比較し、酸素をトン当たり3.5m<sup>3</sup>使用することにより、製鋼時間は10%(30分)、電力使用量は9%(60kWh)節約出来たという報告でした<sup>2)</sup>。この実験結果は電気炉操業を担当する技術者に

とって誠に心躍るものでした。

当社、星崎工場も昭和26年2月に早速酸素ポンベ集合装置を購入しテストを開始しました。担当係長が自らランスパイプを持ち、酸素圧力を指示したり溶鋼中へのパイプ突っ込み角度や深さを調整しながらデータ採取を行いました。データ解析の結果、酸素製鋼法は明らかに効果のある技術とわかり、作業標準の作成を急ぎました。また、この間にランスパイプはその消費量を少なくするため、吹精中に絶えずスラグをパイプに付着させる様に操作するなどの知恵も身につきました。

酸素吹き込み法のテストと比較し、空気吹き込み法も併せてテストを行いました。酸素法では鋼浴の攪拌が強烈にもかかわらずスプラッシュの発生は少ないが、空気法は吹き込み中のスプラッシュの発生が激しく、炉壁への地金付着が操業上大きな問題となることがわかりました<sup>4)</sup>。酸素製鋼法を拡大するに当たりポンベ入り酸素では経済的に採算が採れず、安価な酸素の入手が不可欠であることがわかり、同年12月にクロードPCA式酸素発生設備を導入しました<sup>5)</sup>。この後、鉄鋼各社で酸素製鋼法が採用されていく過程で、非常に溶損しやすい生パイプの内外面にアルミを拡散浸透（カロライジング）処理したランスパイプが開発され<sup>6)</sup>、現場作業の負荷低減に寄与したことも記しておきたいと思います。

「製鋼における精錬は酸素で始まり酸素で終わる」と言っても過言ではなく、現在でも立派に通用する言葉であると確信しています。

### 3.2 ステンレス溶製法

一般鋼における酸素製鋼法確立の次のステップは、電気炉でのステンレス鋼への挑戦でした。ステンレス鋼の精錬には通常の倍以上の大量の酸素吹き込み、即ち高圧酸素吹錬が必須です。酸素製鋼法の導入は「前もって配合計算さ

れた低炭素合金などの原料を単純に溶解する」従来の誘導炉法にとって変わる新しいプロセスを生み出しました。もちろん、昭和40年代に技術導入されたVOD法やAOD法などの炉外精錬法には及びませんが、低価格の高炭素合金を配合し、大容量の電気炉内で脱炭-Cr還元を行うことにより、低コストのステンレス鋼を生産することが可能になりました。

昭和27年より当社でも酸素製鋼法によるステンレス鋼生産を開始しましたが、安定生産に至るまでには数多くのハードルがありました。しかし、以下に示す様な周辺技術の進歩のおかげで量産化が可能となり、その後の急激な生産量増大に結びつきました。（図3参照）

#### (1) 耐火物の改善

終戦当時の炉ライニングは炉床が天然マグネシア、炉壁・天井は珪石レンガ、炉床補修材はドロマイトでした。

鉍石脱炭法の頃はこれで良かったかもしれませんが、酸素製鋼法の普及とともに、炉壁にも塩基性ライニングの必要が生じました。しかし、膨張率の大きいマグネシアレンガを焼成状態で使用するとスポーリングが起り、そのコスト、耐火度に見合うパフォーマンスが得られませんでした。これを解決したのが昭和25年頃に日本に導入されたアメリカのゼネラル・リフラクトリー社開発の商品名「Ritex」という鉄板被覆不焼成レンガ（Steel encased brick）です。後のマグクロ、クロマグレンガの開発とともに酸素製鋼の発展の功労者となりました。また、炉床材に使用されていた不純物の多い天然マグネシアでは、とてもステンレス鋼の酸素吹精末1850℃以上の高温に耐えられるものでなく、チャージ毎の補修も信頼性が低く、5～6チャージ毎にスタンプ補修を実施するのが常でした。

しかし、この問題も昭和20年代後半に耐火物用として海水マグネシアが国産化される様になり<sup>7)</sup>大幅に改善されました。

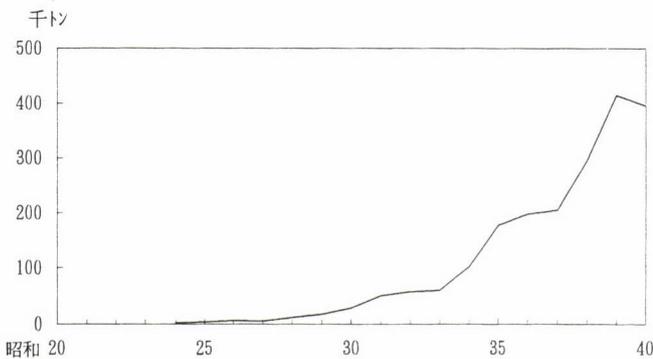


図3 日本ステンレス鋼圧延鋼材生産量推移  
(通産省「鉄鋼統計月報」)

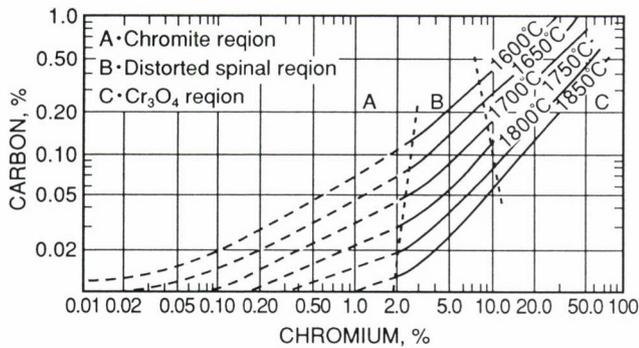
表1 昭和25年頃の製鋼分析における標準法の例

元素	定量方法	所要時間 (分)
C	ガス容量法	5～10
Si	重量法	40～50
Mn	過硫酸アンモニウム 酸化亜ひ酸ナトリウム滴定法	20～30
Ni	シアン化カリウム滴定法	15～20
Cr	過硫酸アンモニウム 酸化過マンガン酸カリウム滴定法	20～30

表2 炉容別電気炉基数<sup>11)</sup>

(昭和21年)

炉容(t)	<1	1~3	3.5~6	6~8	10~12	15	20	30	計
基数	22	344	104	72	53	12	7	1	615

図4 Cr-C-温度平衡図<sup>10)</sup>

## (2) 溶鋼攪拌法について

酸素吹精後の超高温となった炉内へ還元剤や冷却材を投入し、溶鋼とスラグを攪拌してCr還元反応を促進し、成分偏析も解消することは重要な溶製上のポイントです。初めは鉄製のヘラにスラグをコーティングさせ、2~3人がかりで炉内攪拌をしたり、松材の丸太を突っ込んでスラグ攪拌を行うなど色々工夫をしましたが、いずれも完全なものではありませんでした。そこで、還元剤投入後の溶鋼を半分出鋼し、その取鍋を炉頂より反転して再度電気炉内へ投入し攪拌する「リレードル法」を実施したり、後に、電気炉炉底に電磁スターラーを導入するようになりました。

## (3) 分析技術、测温技術の進歩

昭和33年に機器分析が導入されるまでは、炉中成分を知る手段は化学分析法しかなく、例えば、表1に示す様にC分析では約10分、Crは約30分の分析時間が必要でした<sup>9)</sup>。現場では酸化期の煙の出方、炉内スラグの流動性、ランス吹き込み時ランス先端のガスの出方、スプーンで採取した溶鋼サンプルの表面状況を見てC量を推定し、いち早く現状を判断した上で次の作業の準備をするなどの技能を競っていました。とにかく、高温になった溶鋼を早く出鋼することが炉況の安定化につながるため、最終分析値が出たら直ちに計算尺で複雑な計算を行い、不足物の合金などを添加しヘラで攪拌するなど、大変な苦勞をしたことがなつかしく思い出されます。溶鋼の温度測定も、昭和30年代後半に現在使用されている様な消耗型熱電対が国産化<sup>9)</sup>されるまでは、スプーンサンプルで溶鋼表面に皮が張るまでの時間を測定して温度を推定したり、表面を光高温計で測定したりしていました。しかし、この方法もSiやCrが高いと判定を誤りやすく、技能を要する作業でした。

昭和30年よりスタートした特殊鋼部会で、各社情報交換

表3 大型電気炉建設状況(日本)<sup>12)</sup>

年	炉容(t)	場所
1927	10	大同製鋼
1932	30	呉海軍工廠
1941	20	日本製鐵八幡
1944	20	日本鋼管

表4 大型電気炉建設状況(アメリカ)<sup>13)</sup>

年	炉容(t)	場所
1916	25	Illinois Steel Co.
1918	40	Charleston Navy Yard
1932	80	Timken Roller
1936	100	Bearing Co.

が盛んに行われるようになったこと、および、この時期に発表されたD.C.Hiltyのステンレス溶解に関する論文は<sup>10)</sup>従来の技能の域を脱するにふさわしい指針となりました。

(図4参照) また、多くの外国人専門家(例えば、アメリカArmco社のPaul Bjurberg氏など)が彼らの深い経験と理論を持って、現場で直接私達に指導していただいたのとなつかしい思い出です。

## 3.3 電気炉設備の進歩

我が国に設置された電気炉の基数は大正末期で約20基、昭和12年の支那事変開始当時で約200基、その後、増設は急ピッチで進み昭和21年には表2に示す様に615基に達していました。

当時、国産の電気炉は大同式、牛尾式、三菱式などがあり、容量的には6トン以下の小型炉が全体の76%を占めるという状況でした。電気炉設計技術力を炉容量という観点で比較しますと、国内では昭和7年に呉海軍工廠に設置された30トン炉が最大でしたが、アメリカでは昭和11年に既に100トン炉が建設されておりその違いがわかります<sup>12)</sup>。

(表3、表4参照)

昭和25年、朝鮮動乱の勃発により重工業が復興し電気炉の需要が再び芽生えて来ました。この頃のアメリカの鉄鋼関係の雑誌などに発表されている電気炉操業成績は、我が国のそれと比較してあまりにも差のあるものでした。例えば、トン当たりの電力消費量は500kWh程度(国内では650~800kWh)で、電極消耗量も5kg程度(同じく7~10kg)というものです<sup>14)</sup>。

電極消耗に関しては、昭和21~23年頃国内におけるピッチコークスの生産が戦時中の15%程度に減少し、その上品質が悪化したため、電極原単位が戦前の1.4倍以上となり大問題になったことがあります。

昭和23年に電極対策委員会が設立され、種々調査の結果、日本製の品質がアメリカ製に比較し著しく劣っている原因は、使用原料コークスの相違による電気伝導度の差であることが判明しました。

昭和24年よりアメリカGreat Lakes Carbon Corp.の石油コークスが輸入され、国産ピッチコークスはこの輸入品に全面的に切り替えられました<sup>12)</sup>。

それにしても、永年電気炉を設計製作し操業してきた者にとって、この差は大きな疑問でした。考えられる条件の違い、例えば、スクラップの品質や電力供給事情などを念頭に現地へ調査に出かけました。その結果、この差は電気炉そのものの差であり、高性能電気炉による迅速溶解にあるということを確認しました。当社の経営陣は「この大きな隔たりは一朝一夕でとても追いつけるものではなく、また、当時の電力事情、鉄鋼価格差などの差し迫った状況では放任できない」と判断しました。そして、「海外より技術を導入し我が国の電気炉技術を急速に先進国レベルまで高めるべきだ」との決定を下しました。

提携の相手はピッツバーグ・レクトロメルト電気炉会社 (Pittsburgh LECTROMELT FURNACE CORP.) です。当時、我が国の関係者にもかなり知られているこの会社は、アメリカではもちろん、世界でも最大最良の電気炉設計製作会社の一つでした。昭和27年にこの会社との提携で、当社はダイドー・レクトロメルト電気炉として、設計製作図の一部または全部を使用して製作した電気炉を、国内およびアジア地域に供給することになりました。

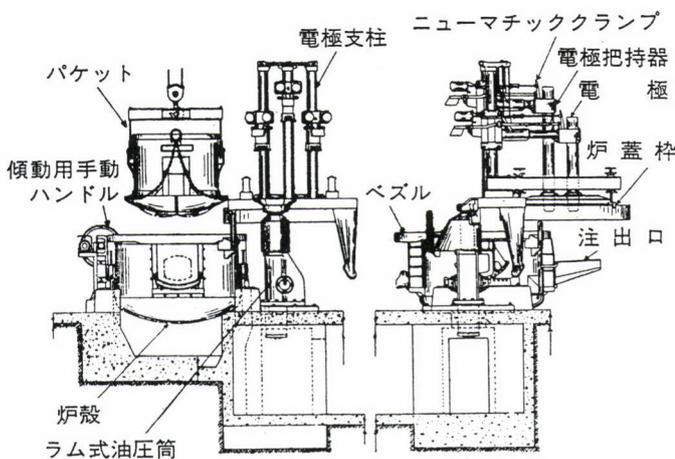


図5 ダイドー・レクトロメタル電気炉炉体<sup>14)</sup>

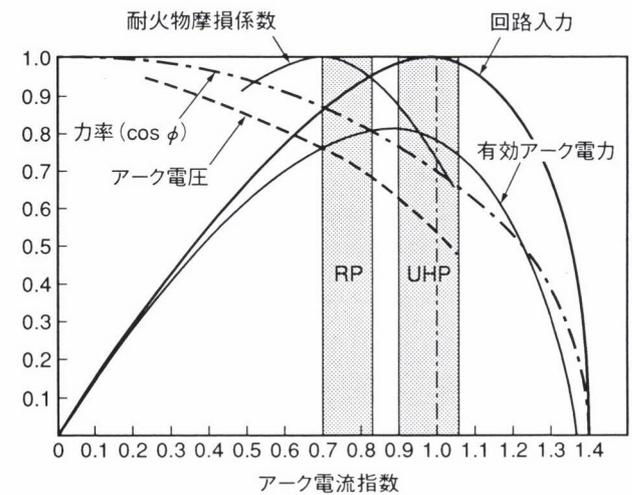
(1) ダイドー・レクトロメルト電気炉の特徴

炉体寸法について比較すると、戦前の電気製鋼研究会の標準炉殻径は6トン炉で3.3m、40トン炉で6.0m程度ですが、ダイドー・レクトロメルト電気炉はそれぞれ2.8m、4.9mと小さく<sup>14)</sup>、球形に近い形状で深い鋼浴を持つこと、また、スクラップ装入を炉頂装入方式としていることが大きな相違点でありました。当時、我が国では炉蓋をガーターに載せて移動する炉蓋移動方式と、炉体を引き出す炉体移動方式がありましたが、ほとんどの炉は炉蓋を移動させることなく原料スクラップを炉側部より装入する方式でした。私が実習をした5トン、10トン炉でも1個ずつ原料スクラップをヘラに乗せ、それを炉内へ装入するという極めて非能率的で大変な作業を行っていました。

しかし、ダイドー・レクトロメルト電気炉の炉頂装入方式は、図5に示す様に、炉体とは別に設置したラムによって炉蓋を持ち上げ、その場で注出口の方に旋回するSwing roof式でした。この方式は原料スクラップをバケットを介してまとめて炉内へ装入できることから、生産性が30%も向上しました<sup>15)</sup>。

当時、炉頂装入方式で炉蓋を移動する方式は、「移動であれ旋回であれ、傷みやすい炉蓋耐火物を高温のまま動かすことは、炉蓋耐火物の寿命を短くする」というのが共通の認識であり、この点に関する限り炉体移動の方が良いとの意見がありました。

しかし、ダイドー・レクトロメルト電気炉の様に液圧で円滑に駆動する方式は、静止とほとんど同じ状態で、かつ操作が迅速、装入時間も極めて短いことから、実際に冷た



項目	種別	RP	UHP
力率 (cos φ)	(%)	82~87	72~66
短絡比		2.5	1.3
アーク形状		ロングアーク	太いショートアーク

図6 アーク特性と耐火物摩損係数<sup>16)</sup>

い大気に露出する時間が短くなり、炉蓋耐火物寿命が炉体移動をも含めた他の方式よりも長くなりました。

変圧器容量については、同一容量の電気炉に対し変圧器容量が大きく、二次電圧も高めのものを使用するのがガイドロー・レクトロメルト電気炉の特徴でした。例えば、前記電気製鋼研究会の標準では、公称容量6トンで2,400kVA、最高二次電圧170Vであるが、ガイドロー・レクトロメルト電気炉は公称容量5トンで3,125~5,000kVA、最高二次電圧235~245Vとかなりの差がありました<sup>14)</sup>。当時、大電力を高電圧で投入する思想はすでにアメリカで採用されつつありました。その後、大容量の電気炉と変圧器の採用によりさらに生産性を高める操業が試みられ、昭和38年10月 W. E. SchwabeによりUHP (Ultra High Power) 理論がAIME Electric Furnace Conferenceにて発表されました。

基本的なUHP操業思想は大電力を投入して溶解速度を高めることにあり、低力率大電流ショートアーク操業をして高電力の太くて短いアークを溶鋼中に閉じ込め、アークの伝熱効率を上げてライニングの摩損を軽減するというものであります。(図6参照)

しかし、最近の電気炉操業法ではアークによる熱負荷対策として、アークをフォーミングスラグで包み込みFeOの還元も同時に行うカーボンインジェクション操業法の採用や、耐火物材質の改善、水冷ボックスの開発も進み、むしろロングアークによる原料スクラップの溶解促進、消費電力低減を目的とした高力率・高電圧によるUHP操業法が一般的となっています。

話をもとに戻すとして、もう一つガイドロー・レクトロメルト電気炉の特筆すべき技術は各相の自動電流調整装置です。自動電流調整装置はUHP迅速溶解において特にその比重は大きく、炉の性能の心臓部品ともいべき装置です。この性能の良否によって電力原単位は10~20%程度すぐに変ってしまいます<sup>14)</sup>。

当時、我が国では電流計を見ながら操作者が把手、開閉器などで調整する手動式がかなり多く、自動式といってもバランス・リレー方式が大部分でした。この方式も性能上および保守面からかなり不満が多く、せつかく設置してあるにもかかわらず肝心の溶解初期は手動操作でやるのが普通でした。ガイドロー・レクトロメルト電気炉では、ほとんどの場合Amplidyne方式を採用しており、高感度で遅れが少なくハンチングを起さず信頼性も高いこと、また、保守が楽で故障が起りにくいと言った利点が多く、UHP迅速溶解操業を行うには不可欠な技術であったことを記憶しています。

また、電極駆動は、Amplidyne方式と昇降用電動機の組み合わせの他に、ロープを無くしたServo Motorによる液圧

昇降式も確立されました。

ガイドロー・レクトロメルト電気炉以外にも、昭和35年に石川島播磨重工がアメリカのU. S. Steel社American Bridge Divisionと技術提携を行いました。

American Bridgeはどちらかと言えば重厚で、機能的で軽快なレクトロメルトとは好対照でした。

ガイドロー・レクトロメルト電気炉の1号機が昭和28年に完成して以来、昭和37年には記念すべき100基目として当時世界最大の250トン炉が中部鋼鉄に設置されました。

このような戦後の電気炉業界の復興ぶりを思う時、最新技術をいち早く導入し国際競争力をつけようとする若い日本のエネルギーを強く感じました。

## 4 造塊技術の進歩

戦後20年間における造塊技術の進歩は、以下の3項目に集約されると思います。

- (1) 鋼塊肌改善による手入れ工数削減
- (2) 鋼塊押湯技術の改善による歩留向上
- (3) 連続鑄造技術の試行

この中で、昭和30年代の後半は連続鑄造技術の搖籃期に当たります。連続鑄造法は単に造塊作業の改善に留まらず、鉄鋼界全体が根本的に物の考え方を変える画期的な技術であったことを特に記しておきます。

### 4.1 鋼塊肌改善技術

昭和20年代は、特殊鋼は上注法により造塊することが常道とされてきました。当時の思想は、「上注法は鋼塊底部より漸次凝固が始まり、凝固に伴う収縮は新たな溶鋼によって補われ、緻密にして内部欠陥の少ない鋼塊が得られるが、下注法では鋼塊肌はきれいでも湯道耐火物により溶鋼が汚染され、かつ鋼塊内部の収縮孔が発生しやすく高級特殊鋼の造塊法としては不適當である」というものでした。事実、250kg程度の鋼塊であれば、鑄型表面にタールあるいはホウ弗化物系などの塗料<sup>17)</sup>を塗布しておけば、上注とはいえずまずまずの鋼塊肌を得ることができました。しかし、圧延設備の進歩で鋼塊サイズが大きくなると、スプラッシュや二次生成酸化物の巻き込み、鋼塊と鑄型の焼き付きなどのトラブルも増加するようになり、従来なに気なく行われていた鋼塊皮削りが、歩留ロスや作業性の点で問題視されるようになってきました。

当社は、業界でいち早く上広鑄型による下注法を採用しましたが、二重肌などの表面欠陥防止のため高温鑄込を行っていました。

特殊鋼で現在のように酸化膜防止剤が使用される様に

なったのは昭和40年前半からです。

私がGußstahlwerkeのWitten工場を訪問した際、下注の鑄型内にひもで吊るされた灰黒色の粉末が入った袋を見て「何かな」と思いました。「湯上り時の溶鋼表面酸化防止剤としてフライアッシュを使用することなど誠に常識破りの技術だ」と感心したのは私ばかりではありませんでした。早速松坂貿易の仲介により鉄鋼メーカー数社共同でCarl-speater社から「Thermofin」を輸入し<sup>18)</sup>試用しました。

当時、輸出向けに溶製していたTi含有肌焼鋼では湯じわやスカム巻き込みによる欠陥で苦勞しておりましたが、「Thermofin」の使用により不良が激減したのには全く驚かされました。

次に、国内で考案された鋼塊肌改善技術を紹介したいと思います。それは昭和18年、日本鉄鋼協会の講演会で日本製鋼所・室蘭が発表した衣造塊法の試験結果です。酸性平炉の溶解精錬中に採取する溶鋼試料が、サンプル手杓の中で鋼滓に包まれて凝固した場合、表面が滑らかで極めてきれいな試料が得られることから着想し、先ず鑄型内に予め酸性平炉溶滓を注入しておき、その直後に溶鋼を上注するというものです<sup>19)</sup>。これをヒントに各社で珪化石灰、ホタル石やスラグを衣剤粉末とし、下注用の注入管内へ溶鋼とともに添加したり、鑄型表面に塗布したりいろいろと工夫を凝らしましたがテストの域を出ませんでした。当社、渋川工場では昭和47年まで、ガラス、ホタル石を原料としてスラグ溶解専用電気炉にて衣剤を溶製し、別炉で溶製した溶鋼と同時に注出し、注入管にまず衣剤を注入し、その直後に溶鋼を注入するという「2炉-2鍋操業」による造塊法を実施していました。私は今だかつて衣造塊法で溶製されたTi含有ステンレス鋼の鋼塊肌に勝るものを目にしたことがない程、それは光り輝いていました。

しかし、この技術は造塊費用の増加が致命的となり、また、Ti含有ステンレス鋼用の酸化膜防止剤が開発されたこともあり消滅しました。

以上述べた様に、国内における酸化膜防止剤の開発は、下注法の定着とその後の連続鑄造技術の発展に大いに貢献することとなりました。

#### 4.2 鋼塊押湯保温技術の開発

昭和25年以降、生産量の増大とともに1トンでも多く良品を生産したいというニーズのもと、鋼塊頭部切り捨て量減少が歩留向上の早道であるため、押湯保温技術の研究が盛んに行なわれました。

当時の押湯方法は、押湯棒は耐火レンガ内張りとし、保温材はワラやモミガラを使用し、パールにて「ズンベ」と称して押湯部を揺動攪拌させ凝固収縮によって生ずる引け

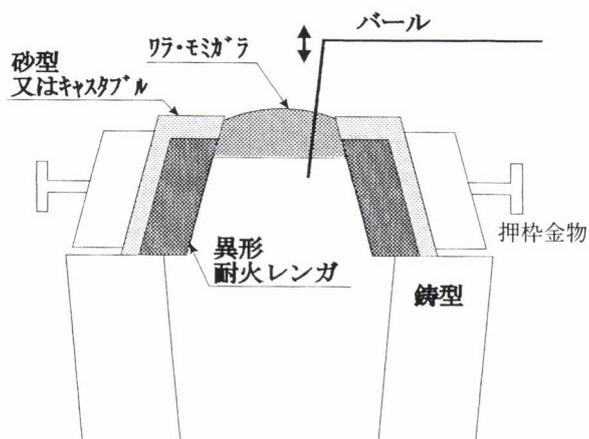


図7 押湯保温方法

表5 押湯保温材の配合例 (%)

例	CaSi	Al	MnO <sub>2</sub>	KNO <sub>3</sub>	スケール
A	13.0	17.5	1.5	—	68.0
B	13.0	8.5	17.4	4.4	56.7
C	25.0	25.0	20.0	6.0	24.0

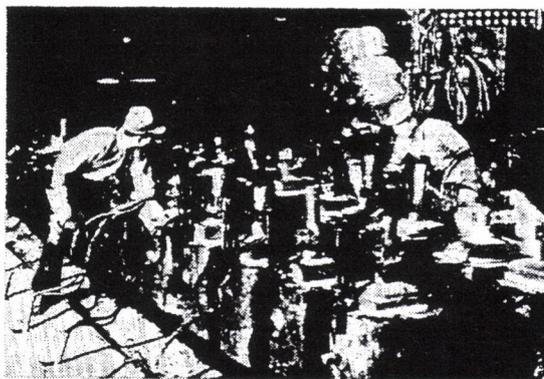


図8 500kg鋼塊の頭部加熱状況<sup>21)</sup>

を減少させようとするものでした。(図7参照)しかし、1次パイプが鋼塊本体にまで入り込み、頭部切り捨て量は依然多く、改善が必要でした。

昭和25年、J.W.Muellerらは押湯部の温度低下および熱の放散に関する研究を行ない

- (1) 押湯上面からの輻射および対流による熱ロスは25%
  - (2) 押湯レンガが平衡温度になるために要する熱ロスは60%
  - (3) 押湯レンガ壁からの伝導による熱ロスは15%
- であることを調査しました<sup>20)</sup>。

まず、押湯上面からの熱ロスを少なくする対策として、保温の強化とあわせて積極的に鋼塊頭部を加熱する方法が

表6 各種押湯保温法と押湯比<sup>21)</sup>

方 法	押湯比 (%)
普通耐火レンガ法	12~15
発熱性押湯保温剤	10~12
断熱レンガ法 (55%気孔率)	10~12
Kellog式アーク加熱法	7
発熱・断熱レンガ法 (Feedex)	5~7

試行されました。表5に示す様に、CaSiあるいはAlの燃焼熱やKNO<sub>3</sub>による火薬性の発熱を利用した保温剤が開発され、歩留向上に有効であるとの報告がなされました<sup>21)</sup>。

昭和27年、アメリカのM.W.Kellog社で鋼塊頭部をアークで加熱する方法の工業化に成功し、これをAllegheny Ludlum社の230mm角鋼塊に適用し、従来の保温剤では75~90%であった歩留を90~95%に向上することが出来たと報告されています<sup>22)</sup>。

この方法は、押湯部を保温性、介在物吸着性あるいは電導性を考慮した特殊なスラグで覆いその中に電極を漬して通電するもので、直流電源で電極は水冷式とし、その先端にはアークが出やすいように黒鉛リングが取り付けられました。同じ年に住友金属工業がKellog社よりこの設備10基を輸入し、大阪工場に設置して好成績を得たとの報告がなされました。同時期に特殊製鋼（現；大同特殊鋼）では黒鉛電極を使用し、操業電圧をランプの明るさで判定する簡易アーク加熱装置を完成させ、大きな成果を得たとの報告をしています<sup>23)</sup>。同年末、当社でもアーク加熱方式を取り入れ、電極調整を容易にする改善を行ないました。図8に当社の500kg鋼塊の頭部加熱状況を示します。

また、小型鋼塊用には小容量の溶接用トランスを利用した方法も採用されていました。しかし、作業性の問題や、スポーリングした黒鉛電極の破片により発生する頭部の浸炭問題などにより定着した技術には至りませんでした。

押湯レンガの熱ロス対策としては、耐火性、断熱性がありしかも熱容量の少ない内張り材の開発が行なわれ、アメリカPennsylvania大学では気孔率55%の押湯レンガを製造し、押湯歩留を改善したとの研究もありました<sup>24)</sup>。しかし、工業規模で広く世界に使用されたのは、昭和26年にイギリスのFoseco社で「Feedex」という商品名で鑄鋼用に開発された発熱性押湯レンガです<sup>25)</sup>。当社も昭和31年より鋼塊用として共同で基礎試験を行っていました。これは、前述の保温剤と同様にAlの燃焼熱を利用する方法で、点火すれば遊離酸素を発生する配合物とAl粉を適度な粘結剤を加えて混合し、所定の内張り押湯レンガ型につき固めて使用するものであります。溶鋼に接すると発熱し1900℃以上にもなります。発熱反応を起したこの高温耐火物は断熱性も良く、溶鋼はむしろ加熱されしばらく熔融状態を保つこ

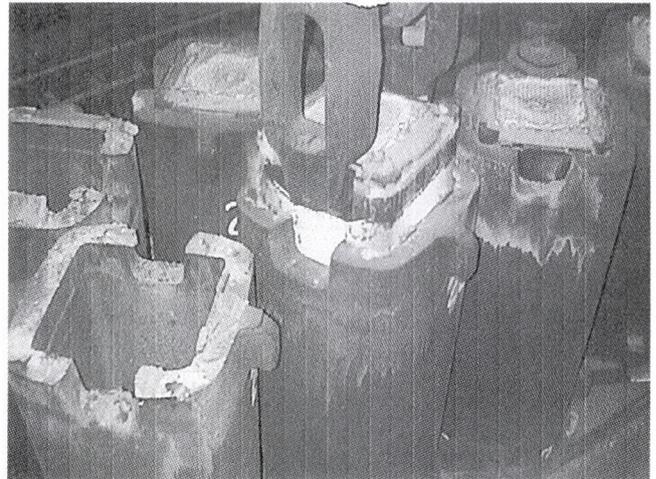


図9 スロテッド・モールド抽塊状況

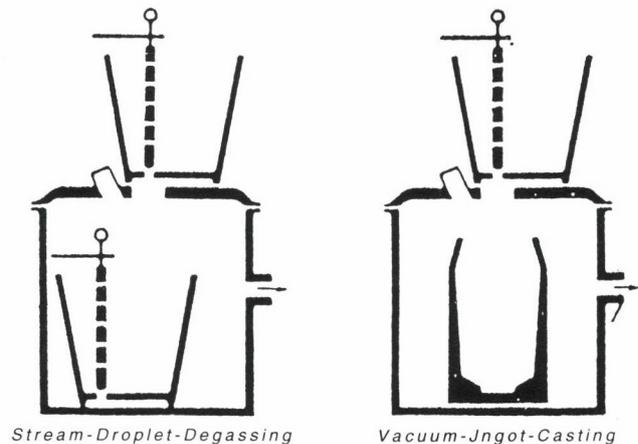


図10 各種の真空脱ガス

とにより、収縮孔へ溶鋼が補充され引けの少ない鋼塊を得ることができました。また、凝固完了後の発熱性押湯レンガの残渣は、作業員の工夫により簡単にバールにてリング状の状態を取り除くことが可能であり、後始末も楽であったことを記憶しています。

表6に昭和32年当時の各種押湯保温方法と押湯比を示しますが、新技術の開発による歩留改善効果は著しいものがあります。この後、さらに研究が進み、内張り発熱材と外枠が一体になった軽量押湯枠や、大型鋼塊用に安価な軽量断熱押湯枠が開発されました。当社、知多工場が世界で初めて量産実用化したスロテッド・モールドと、4本のコーナーピースで4辺の軽量押湯枠を固定する「Profax」<sup>26)</sup>システムの組合せは、大型鋼塊を合理的に量産する画期的な技術であったと思います。「Profax」はスウェーデンのサンドビック社の開発によるもので、これをFoseco社が導入しました。スロテッド・モールドとは図9に示す様に鑄型頭部に切り込みを設けたモールドで、ストリッパー・クレーンにて直接この切り込み部を把み抽塊できるようFoseco社

により考案されました。

私はこのアイデアを同社のYoung社長より頂き、直ちに全面採用に踏み切りました。押棒金物を使った従来法では、押棒金物除去のため熱塊台車を鑄型ヤード内に一旦搬入し、モールド・クレーンにて除去した後分塊ヤードに運搬し、抽塊を行っていました。しかし、押棒金物を廃止したスロテッド・モールドの採用は、直接分塊ヤードに運搬し、ストリッパー・クレーンで抽塊が可能のため大幅に作業性が改善されたばかりでなく、砂型の後始末も省略されました。

この貴重な成果を、昭和45年アムステルダムで開かれた国際シンポジウム<sup>26)</sup>にて講演したところ、我が国を始め鉄鋼先進各国の人々から熱心な質問攻めにあったことが懐かしく思い出されます。

現在、造塊方法はほとんど連続鑄造法に移行しましたが、大型鋼塊や一方向凝固を指向した特殊な鋼塊において、この時代に開発された技術がさらに改善され、今なお活用されているのを見るのはうれしいことでもあります。

#### 4.3 連続鑄造技術の試行

国内における連続鑄造技術の導入は、昭和28年住友金属工業とIrving Rossi (後のConcast) とのライセンス契約に始まります。住友金属工業は昭和30年に半工業的設備を稼働させ、次いで昭和35年に2ストランド化し実生産に入りました<sup>27)</sup>。

私が連続鑄造に接したのは、昭和32年欧米視察をされた上司からBritish Iron&Steel Reserch Associationの4インチ角ピレットより圧延された棒鋼、平板サンプルを見させていただいたのが始まりです。サンプルは外観疵が多く、横断マクロ検査でも周辺疵や中心部多孔質があり、当社の判定規準では合格とは言えない品質でした。

しかし、昭和35年にBöhler社より購入したマンネスマン方式による連続鑄造ピレットを当社にて圧延しましたが、圧延比6.6以上であれば中心偏析は残るもののパイプは圧着し、表面疵も浅く、用途によっては合格判定が下せそうな所まで品質レベルは急速に進歩していました。

昭和36年、特殊鋼メーカーである大同製鋼、三菱製鋼、山陽特殊製鋼、日本特殊鋼、北日本特殊鋼はJSSG(日本連続鑄造共同体)を結成し、SSG/OSIG(マンネスマン主体のドイツ連続鑄造共同体/Böhler主体のオーストリー連続鑄造利益共同体)と連続鑄造技術に関するライセンス契約を締結しました。以来、8回にわたり「鋼の連続鑄造における諸経験」というノウハウ集を受領し、関係者集まって翻訳、内容チェックを行いました。昭和39年には、JSSGが実施権を得た第1号機が北日本特殊鋼・八戸工場(現；

大太平洋金属)に設置され、低合金鋼、硬鋼線などの連続鑄造化が始まりました。

この後の連続鑄造技術の発達は目をみはるものがあります。特殊鋼分野では、昭和50年代に品質、操業面で安定した大断面ブルーム連鑄機の採用により一気に花が開きました。造塊作業のイメージを一変させたこの技術は、産業構造面では従来の鑄型、押棒業界の衰退と産業機械業界の製鋼分野への進出を促し、人事面では機械、圧延分野の人達に金属、冶金学科出身者の聖域であった製鋼の扉を開放するなど革新的なものとなりました。

## 5 真空脱ガス技術の導入

昭和25年、ドイツのBochumer Verein社が図10に示す様な真空鑄造法を開発しました<sup>28)</sup>。本法は溶鋼が流動状態で真空処理されるため脱ガス効率が高く、現在も大型鍛鋼品に発生しやすい鋼中水素起因の白点欠陥防止策として適用されています。この成功を契機に真空技術はさらに発展し、昭和35年には取鍋脱ガス法、RH法、DH法が工業的規模で量産鋼に適用され始めていました。これらの方法は脱ガス処理ばかりでなく、ステンレス鋼の脱炭、および、溶鋼を攪拌することにより合金添加時の成分コントロール精度向上や溶鋼中介在物の低減が可能となりました。

昭和38年、アメリカG.M.のNew DepartureとRepublic Steelとで共同開発されたベアリングに関する情報は衝撃的でした。それは、真空処理された清浄な軸受鋼で作られたベアリングは、従来材と比較して3~6倍の転動寿命(B<sub>10</sub> Life)が得られたというものでした<sup>29)30)</sup>。特殊鋼メーカー各社はこぞって真空脱ガス装置導入の検討を始めました。昭和39年8月15日、私が初めて海外へ出張したのも、どの真空脱ガスプロセスを導入するかという命題を持つてのものでした。取鍋脱ガス法はGußthalwerkeのWitten工場、RH法はRuhrsthal、DH法はアメリカのCopperweld Steelなどで十分に勉強させて頂きました。取鍋脱ガス法は電気炉スラグを取鍋内へ持ち込まないことが脱ガス効率を確保する上で重要であるが、当時の技術ではそれが不十分なこと、また、DH法は溶鋼の吸い上げ-吐き出しをくりかえす際に取鍋上部耐火物が大気にさらされ、これにより溶鋼が再汚染される心配があるため不採用としました。一方、RH法は真空槽内で環流用のArガスにより溶鋼が流動となって飛散しているのを目の当たりにして「これは良い」と直感しました。取鍋脱ガス法とは異なり、電気炉スラグを取鍋内に持ち込めるため、出鋼時のペラン効果を十分に活かした脱硫も可能です。また、耐火物の観点からもRH法は他の2法に比較し、取鍋ストッパーがスラ

グや溶鋼の揺動により溶損される心配がなく、安定した操作が可能であると信じました。しかし、当時Ar吹き込み用のポーラスプラグは開発途上であり、RHガス吹き込み部の寿命は5チャージ程度でしたが、これは耐火物メーカーの技術力でクリア出来ると判断しRH法を採用することにしました。RH法のオペレーター実習は、昭和38年に国内第1号機として稼働していた富士製鐵（現；新日鐵・広畑）にお願いしました。そして、昭和40年8月に第2号機としてホットランさせました。

今、真空脱ガス技術の変遷を振り返ってみますと、「あの時の選択に大きな間違いはなかった」と確信しております。

## 6 特殊溶解技術の進歩

特殊溶解法は、大別すると1次溶解法と再溶解法に区分されます。1次溶解法は真空誘導炉(VIF)に代表されるプロセスで、本法は実験手段としてはかなり古くから用いられてきましたが、戦後大型真空ポンプの実現などにより工業的規模での実用化が可能となりました。

昭和25～26年頃、アメリカにおいてジェットエンジン用耐熱鋼の要求が通常の大気溶解材の材質限界を超えたため、真空誘導溶解法が脚光を浴び、その後急速に発達しました。

再溶解法に区分されるプロセスはVAR (Vacuum Arc Remelting) とESR (Electro Slag Remelting) があります。VARが工業的に利用されたのは、昭和28年にW.J.KrollらによるTiの溶解が最初であり、我が国においてもアメリカからKroll氏らを招いて知識の吸収につとめ、研究開発が行われてきました。昭和33年に神戸製鋼所が本法を特殊鋼の溶解に応用し、コンセル・アーク法と称して溶解量100kgの鉄鋼生産用第1号機を設置しました。その後、本法の高級鋼の生産手段としての優秀性が認められて急速に普及し、昭和40年までに国内に20基<sup>31)</sup>が設置されました。

例えば、関東製鋼（現：大同特殊鋼・渋川工場）では昭和34年に500kgのVARを、また、日本特殊鋼（現：大同特殊鋼）大森工場は昭和38年に3トンVARを導入し、造船国日本を象徴する大型タンカーの蒸気タービンブレード材、戦後初の国産旅客機であるYS-11のフラッパーレール素材、世界一級の鉄道技術を支えた新幹線の軸受素材など生産してきました。再溶解するのだからとは言え、母材の品質はとても重要でした。精錬や表面品質が不十分な母材からはスカムを巻き込んだり、ブローホールの多い鋼塊しか得られず、後工程で皮削りやグラインダーなどの手入れが必要でした。「生まれ良ければ」の言葉は製鋼作業における真実であると今でも思います。

一方、ESRは昭和12年頃すでにアメリカにおいて工業化され、Hopkins法あるいはKellogg法として知られていました。しかし、戦後における真空技術の進歩により脱ガス効果のあるVARが特殊鋼の製造法として大きな発展を遂げたため、あまり注目されませんでした。ところが、昭和29年頃からソ連のPaton電気溶接研究所において、エレクトロスラグ溶接法の原理に基づいて鋼をとかす研究が進められ、Dnepropetsstal電気冶金工場で工業化されて現在のESRの基礎が確立されました。我が国では、ESRは日立金属工業（現：日立金属）安来工場に昭和35年に1トンESRが導入され、その後急速に発展しました。VARは真空精錬効果を主とした低水素低酸素鋼の積層凝固、ESRは高温の強塩基性スラグ反応による脱硫、介在物の微細分散効果、並びに良好な表面肌と積層凝固にその特徴があり、今では高品質でかつ高い信頼性を有する材料、いわゆる超高級鋼の製造には不可欠なプロセスとして定着し、用途に応じてはESR+VARの複合溶解も行なわれています。

## 7 おわりに

戦後20年間の特殊鋼の技術史という普遍的、かつ大変大きなテーマをいただきながら、私個人の体験および見聞を中心とした内容となり、記述に偏りがあることをご容赦いただきたいと思います。

私自身の記憶が風化しつつある現在、30～50年前の出来事を正確に記述することが困難なため、多くの方々に当時の資料を提供していただきましたことを深く感謝致します。

今もう一度当時を振り返ってみますと、国内、国外を問わず各分野の諸先輩の努力により、特殊鋼生産技術は凄まじい勢いで進歩してきた事がよくわかりました。

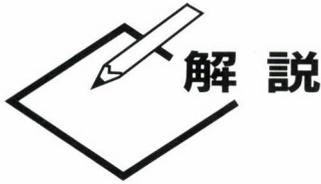
一方、この技術革新の中にあって、忘れてならないのは人の情のありがたさでありました。戦後の復興期とはいえ、特殊鋼業界の足腰は弱く、不況による事業所の合併、閉鎖の例は数多く、また、天災による事業存続の危機もありました。私の場合は昭和34年9月26日の伊勢湾台風が思い出されます。この台風は東海地方に甚大な水害をもたらし、私の勤務する星崎工場は完全に水没してしまいました。もちろん前年にA.R.L.社より導入した我が国初の機器分析装置であるカントメーターも水没しました。工場の復旧には数多くの人々より援助を受けましたが、この報を受けたアメリカ人技師が急遽来日して下さり、10月18日の復旧後1チャージ目の分析に間に合わせていただいたこと、同年10月21日の特殊鋼部会に出席した折、同業の皆さんから「大丈夫ですか」と励ましの言葉をいただき感激したことなど

が走馬灯のように思い出されます。

今、特殊鋼業界は次の改革に向けての充電期間にあると思います。現状に至った歴史を知ることが、新たな方向性を見出す鍵だと考えます。今後を担う若いエンジニアの皆さんに期待することは、歴史を知り、現実を知り、現状を否定するチャレンジ精神を忘れないで欲しいということです。

#### 参考文献

- 1) 鉄鋼新聞社：特殊鋼の知識、1980
- 2) 吉田恵：電気製鋼 21 (1950) 4
- 3) テイサン株式会社：私信
- 4) 高橋俊夫、瀧波勝文：電気製鋼 22 (1951) 5
- 5) 高橋俊夫：電気製鋼 24 (1953) 1
- 6) 滲透工業株式会社：私信
- 7) 宇部化学工業株式会社：私信
- 8) 日本鉄鋼協会共同研究会、鉄鋼分析部会編：特別報告書No.34
- 9) 大阪酸素工業株式会社：私信
- 10) D.C.Hilty,H.P.Rassbach,Walter Crafts : Journal of the Iron and Steel Institute,June 1955
- 11) 日本鉄鋼会調査部：1948,5.1発行資料
- 12) 林達夫：電気製鋼 26 (1955) 3
- 13) D.L.Clark,J.A.Clark : Iron and Steel Engineer,Dec. 1950
- 14) 野田浩：電気製鋼 24 (1953) 2
- 15) C.F.Ramseyer : Iron and Steel Engineer, June 1951
- 16) 安川昭造、青鹿雅行：石川島播磨技報、9 (1969) 4
- 17) 坂井化学工業株式会社：私信
- 18) 株式会社エヌ・テー・シー：私信
- 19) 近藤ら：鉄と鋼 30 (1944)、217
- 20) J.W.Mueller,G.A.Bole : Steel.Jan.23.1950
- 21) 吉田恵：電気製鋼 28 (1957) 1
- 22) Kopecki : Iron Age 151.25th.March.1948
- 23) 石原正美：新日本経済 (1952) 4月号
- 24) Bruch M.Shield : Proc.of Open Hearth Conf.1955
- 25) H.D.Shephard : Iron Age Vol.176 No.21,24.1955
- 26) T.Kishida : Iron and Steel, April 1971, Foseco Symposium 1970.
- 27) 大中都四郎、牛島清人：鉄と鋼、47 (1961),1175
- 28) Arther : St.u.Ei 76 (1956)、61
- 29) Machine Design 35 (1963) Aug.1
- 30) Metal Progress 84 (1963) 8
- 31) 日本鉄鋼協会、共同研究会、特殊鋼部会：特別報告 No.8、鋼の真空溶解および真空脱ガス法の進歩、1969 (1997年4月2日受付)



# 薄鋼板への成形性付与技術の進歩

岸田宏司  
Koji Kishida

新日鐵(株) 技術開発本部  
鉄鋼研究所 鋼材第一研究部 主幹研究員

## Recent Approaches to Improve Press Formabilities of Sheet Steels

### 1 はじめに

日本の自動車産業における4輪車の総生産台数は1960年には年間100万台足らずであったが、1960年代に急増し、1970年に年間約500万台となり、1990年には1350万台を越えた。その後国内生産台数は減少しているが海外生産台数は着実に増え続け、国内と海外での生産台数の合計は1995年には1550万台を越えており<sup>1)</sup>、世界のトップレベルを保持している。

この材料を原材料面からみると、図1<sup>2)</sup>に見るように小型普通乗用車の平均材料構成比率は1992年はおよそ鉄鋼70% (うち普通鋼55%、特殊鋼15%)、アルミニウム6%、プラスチック7%となっており、鉄鋼材料が圧倒的な数量を占めている。自動車を構成する主要鋼材は普通鋼鋼材である薄鋼板であり、1995年には表面処理鋼板を含めた冷延鋼板と熱延鋼板を合わせて1000万トンを超える量が自動車産業で消費されている<sup>2)</sup>。このように自動車と薄鋼板は需給の強い絆で結ばれている。したがって日本の薄鋼板は量はもとより質の面でも大きな成長を遂げたが、これは自動車業界の要求に応えるべく努力した結果であるといっても過言ではない。以下に、自動車業界からの要求の変遷と、それに沿って進められた薄鋼板開発の歴史を材質の観点から振り返ってみる。

1955年頃には自動車の大量生産方式と寸法成形化が始まり、薄鋼板の量の増加とともに質の向上が要求された。プレス成形では深絞り成形におけるしわと割れが重大視され、Alキルド鋼の深絞り性改善が必須課題となった。当時、成形の難しい部品には輸入のAlキルド鋼が使われていたが、日本でも適正な製造条件が確立され、1960年代の日本における自動車産業の発展を支えた。1960年代に入り自動車生産が急増したが、自動車パネルの形状品質向上の点から形状凍結性が重視されはじめ、低降伏点鋼が要求された。

これに対して、米国から導入されたオープンコイル焼鈍技術は、脱炭・脱窒による結晶粒成長と、固溶炭素と固溶窒素の低減による遅時効化と低降伏点化を可能とした。1960年代後半に自動車需要が一層高まるとともに、成形の連続化、高速化が進み、車種やモデルチェンジも急増した。そのために、成形安定性の高い鋼板やトラブル時の緊急避難材が強く求められた。こうした時期に鉄鋼メーカーでは製鋼工程での真空脱ガス処理による高純度鋼製造技術や連続焼鈍技術が大きく進歩し、深絞り性の極めて優れたTi添加極低碳素鋼板が開発された。

一方、1970年代に入ると自動車の社会性が意識され、米国運輸省による実験安全車の提唱を口火として、衝突に対する自動車安全基準が各国で制定された。この社会的要請は自動車用鋼板に対して、それまでの軟らかい鋼板から一変してより硬い鋼板を要求することとなった。ただし、この段階ではバンパーや各種補強部品などの低加工度の強度部品の高強度化が中心であったため、鉄鋼メーカーでは造船用やラインパイプ用に使用されていた高強度鋼の技術トランスファーで対処する事ができた。

しかし第一次石油危機が勃発した1973年以降には、自動

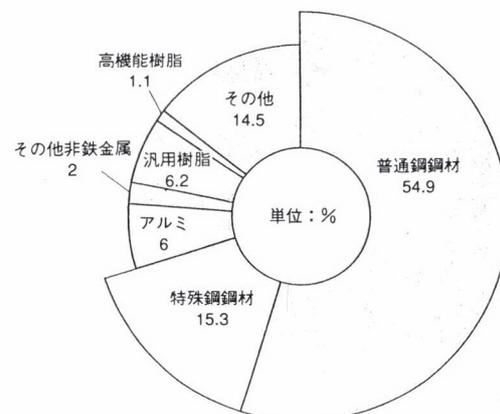


図1 普通・小型乗用車における原材料構成比率 (1992年)<sup>2)</sup>

車の燃費改善といった省エネ問題や排ガス・CO<sub>2</sub>低減が社会的ニーズとして顕在化し、その一手段として車体の軽量化が検討されてきた。自動車の車体軽量化は、主として従来より高強度の薄鋼板を使用し、構造体としての車体の機能を維持したまま、部材の肉厚を下げる方法が取られた。この段階での狙いは高強度鋼板化により自動車車体の重量軽減をはかることであるため、車体重量中の占有率の高い内・外板パネルや足廻り部品のような高加工度の部品が対象となり、成形性に優れた高強度鋼板が必要となった。このような用途に用いられる薄鋼板は、単に高強度であれば良いというわけではなく、既存のプレス加工技術が対応できるような成形性を有していなければならない。薄鋼板の場合、引張強さが340MPa以上のものを高強度鋼板と呼ぶが、プレス技術者からみれば340MPa級鋼板はまさしく高強度薄鋼板なのである。こうした背景のもと、高強度と高成形性を両立させるべく開発された薄鋼板がP添加鋼板、焼き付け硬化型鋼板（BH鋼板）、複合組織鋼板（DP鋼板）、熱処理強化型鋼板、高残留オーステナイト鋼板（TRIP鋼板）などである。現在ではホワイトボディ重量に占める高強度薄鋼板の重量比率はおよそ30%<sup>3)</sup>に達しており、高強度薄鋼板が車体の軽量化に大きく貢献している。今後も、廃車・リサイクル問題の解決および衝突安全性の向上という点で、いままでにない特性をもった高強度薄鋼板が求められていくと思われる。

このように薄鋼板に成形性を付与する技術は種々開発されてきたが、この解説では軟質鋼板および高強度鋼板に共通してその成形性向上の重要な鍵である深絞り性向上に着

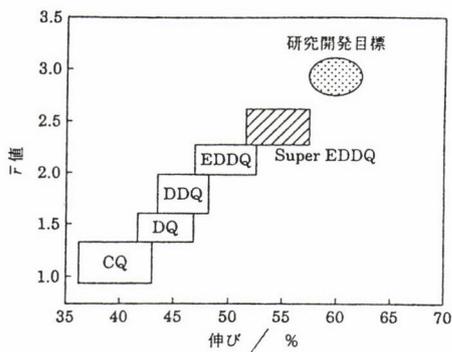


図2 軟質冷延鋼板のグレードと機械的性質<sup>4)</sup>

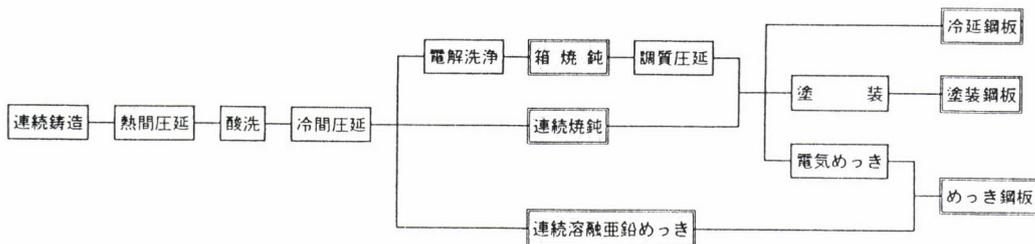


図3 薄鋼板の製造プロセス<sup>9)</sup>

目し、深絞り性を付与する技術の変遷について述べることにする。

## 2 軟質鋼板への成形性付与技術の進歩

### 2.1 深絞り用AIキルド鋼板

軟質冷延鋼板の加工グレードを、深絞り性の指標であるr値と伸びとの関係で示したのが図2<sup>4)</sup>である。r値とはランクフォード値とも呼ばれ、引張ひずみを与えた引張試験片の板厚真ひずみに対する板幅真ひずみの比として求められる。特にその面内平均値  $\bar{r} = (r_0 + 2r_{45} + r_{90}) / 4$  が重要とされる。ただし、 $r_0$ 、 $r_{45}$ 、 $r_{90}$ は試験片の引張方向が圧延方向に対してそれぞれ平行、45度、直角方向のr値である。この $\bar{r}$ 値は深絞り加工性と極めてよく対応し、また、再結晶集合組織に強く依存することから膨大な研究が進められ向上してきた<sup>5)-8)</sup>。

CQ (commercial quality) は一般加工用鋼板、DQ (drawing quality) は絞り加工用鋼板である。さらに深絞り加工性の良いのがDDQ (deep drawing quality) と呼ばれる深絞り用鋼板である。

深絞り用AIキルド鋼板は1960年代の日本における自動車産業の発展とともに大量に製造されるようになった。この鋼板は箱焼鈍法によって製造される。図3<sup>9)</sup>に薄鋼板の製造プロセスを示す。箱焼鈍では冷延コイルを2～3個積み上げ、筒型のカバーをかけ、カバーの中を窒素+水素雰囲気にし、カバーの外から加熱して焼鈍する。深絞り用AIキルド鋼板ではAlが添加されるが、Alは脱酸剤としての役目以外に鋼中のNをAINとして固定する役目を持っている。箱焼鈍中に析出するAINが再結晶集合組織を制御し、深絞り性にとって好ましい板面に平行な{111}面を発達させるため、優れた深絞り性が得られる<sup>10)</sup>。この深絞り用AIキルド鋼板はまる1日以上もかかる長時間の箱焼鈍法によって製造されるので炭素量が約0.045mass%と高めであっても十分に軟質で高い延性が得られる。さらに、焼鈍の均熱温度からは徐冷されるので固溶炭素はほとんどなくなり非時効性の鋼板となる。

しかし、箱焼鈍では焼鈍中にコイル内に大きな温度分布が生じてコイル内で材質が不均一になるほか、雰囲気ガスに長時間さらされるために生じる表面不良・形状不良などの問題があった。こうした問題点を解決するのに連続焼鈍が必要になった。ところが、当時連続焼鈍はブリキや亜鉛めっき鋼板には用いられていたが、焼鈍後に固溶炭素や固溶窒素が残るため、硬質で時効劣化も大きく、自動車用途には適用できなかった。1960年代後半になって連続焼鈍で自動車用鋼板を製造するための研究が進み、最近では低炭素Alキルド鋼で深絞り用鋼板を製造する<sup>11)</sup>ことが可能になるまで技術が進歩した。

箱焼鈍法ではその熱処理に数日要するのに対して、連続焼鈍法では数分で処理される。後者では冷延コイルは巻き戻され、板の状態加熱された炉内を通るために昇温速度は箱焼鈍に比べて非常に大きい。このためにAINの析出を利用して再結晶集合組織を制御することはできない。したがって、炭素量を約0.02mass%まで低くして再結晶粒の粒成長を十分に行わせることが必要となる。また、セメンタイトを粗大化させフェライト中の微細炭化物と固溶炭素量を少なくさせるために、熱延工程で鋼板は高温で巻き取られる。微細炭化物と固溶炭素量が少ないと連続焼鈍時の再結晶粒成長が容易になることに加え、{111}再結晶粒の発生を促すことにもなるからである<sup>12)13)</sup>。連続焼鈍法では均熱温度から冷却する過程で400℃近傍で保持する。これを過時効処理と呼ぶ。これは連続焼鈍では短時間に冷却するため、加熱・均熱過程で鋼板中に固溶した炭素が箱焼鈍のように析出せず鋼板中に残存するため、セメンタイトの析出ノーズの近傍で一旦保持し、セメンタイトの析出を促進して非時効性の鋼板とするためである。

## 2.2 深絞り用IF鋼板

DDQグレードよりもさらに深絞り性の高いEDDQ (extra deep drawing quality) グレード用鋼板として開発されたのが、Ti添加IF (Interstitial Free) 鋼板である。当初は箱焼鈍での製造方法が検討され、製鋼段階での脱ガス処理によって炭素量を0.01mass%以下に低下させた鋼にTiを炭素量の約10倍添加するものであった<sup>14)</sup>。炭素や窒素などの侵入型固溶元素 (interstitial atom) はこのTiによって析出物として固定され、フェライト中には固溶した炭素や窒素は存在しない (free) 状態となる。このようにして得られるIF鋼板の $\bar{r}$ 値は1.8から2.0程度であり、当時としては非常に高いものであった。

連続焼鈍設備の稼働とともにこのTi添加IF鋼板の製造を連続焼鈍で製造することが検討され始めた<sup>15)</sup>。たしかに連続焼鈍での製造は可能であることは確認されたが、当時

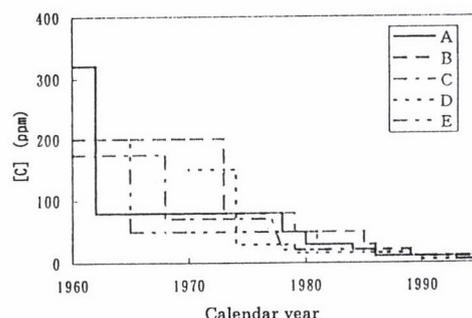


図4 鉄鋼各社別の鋼中炭素の精錬限界能の推移<sup>16)</sup>

の炭素量は約0.005mass%と高く、それに見合うTi量も0.10mass%近く必要であったので、連続焼鈍としては高温で長時間の焼鈍が必要であった。しかし、その後の製鋼段階での真空脱ガス技術の進歩にともない、鋼中炭素量を0.003mass%以下に下げることが可能となり、Tiの添加量も少なくてすむようになり、極低炭素IF鋼板が大量に製造されるようになってきている。図4<sup>16)</sup>に鉄鋼各社別の鋼中炭素の精錬限界能の推移を示す。極低炭素領域での脱炭促進技術と、大量かつ迅速処理可能なプロセス技術の開発が積極的に行われたことを示している。

深絞り性のさらに高い鋼板に対する開発要求と、真空脱ガス処理技術の更なる進歩が相まって、Super EDDQ (super extra deep drawing quality) といわれるグレードが開発され始めた。それは加工性を高めるために炭素量を約0.002mass%以下に低減し、炭素や窒素を固定する元素として微量のTiのみでなく微量のNbも使用する新しい方法である<sup>17)</sup>。Tiは主として窒素の固定に使用される。微量のNb添加は炭素の固定のためだけでなく、熱延板の結晶粒を細粒にして冷延焼鈍後の $\bar{r}$ 値を高めるのに有効であり、それを活用したものである。例えば、炭素量が0.0015mass%、Ti量が0.010mass%でNb量が0.005mass%の時に $\bar{r}$ 値で2.5で伸びが52%の極めて高い深絞り性を持った鋼板が得られている。

深絞り性に好ましい集合組織は、板面に平行な{111}面が揃った場合である。高純度鋼の集合組織形成に関しては、冷延前の結晶粒径が重要であることが指摘されている<sup>18)</sup>。すなわち冷延前結晶粒径 (熱延板の結晶粒径) が大きい場合には、冷延焼鈍後の集合組織は $r_{45}$ を劣化させるGoss方位 ({110} <001>) が生じ、熱延板粒径が小さくなるとGoss方位が消失し、 $\bar{r}$ 値にとって理想的な{111} <110>と{111} <211>方位の集積が強くなる。これは細粒鋼ではそもそも{111}方位の核発生サイトである冷延後の結晶粒界が多く、その上、結晶粒内では粒界による拘束により多重すべりが多くの領域で生ずるため不均一な高ひずみ域 (変形帯) が生じにくく、結晶粒内での再結晶核が発生しにく

い。一方、粗粒鋼では粒界の拘束がなくシンプルなすべりが生じ、その結果粒内に変形帯が数多く形成され、そこからGoss方位が発生するためと考えられている。

IF鋼の純度が高まるにつれ、この熱延板結晶粒に起因する問題が大きくなった。熱延板結晶粒を小さくするために前述の微量のNbを添加する方法や、新たな熱延法<sup>19)20)</sup>が開発された。新熱延法では適正温度かつ大圧下の熱延を行い、これを速やかにかつ急激に冷却することで細粒のフェライト粒を得ることができるようになったのである。このように熱延板の結晶粒を制御したTi添加極低炭素IF鋼板では、 $\bar{r}$ 値が2.58、伸びは56%のものが得られるようになってきた。

### 3 高強度鋼板への成形性付与技術の進歩

前述したようにプレス成形性に優れた種々の高強度薄鋼板が開発されたが、ここではその中でも深絞り性に優れたいくつかの鋼板について紹介する。

#### 3.1 P添加鋼板

自動車外板パネルに使用される高強度鋼板の必要条件は、高い $\bar{r}$ 値と低い降伏点である。低降伏点が必要な理由は、プレス時の面ひずみを防止するためには降伏点は240MPa以下でなければならないことが経験的に知られているからである<sup>21)</sup>。C, Si, Mn, Pなどを添加してフェライト地を硬くすることが鋼を強化する基本であるが、深絞り用鋼板に主として用いられるのはPである。この理由はP以外の元素は固溶Cが共存すると $\bar{r}$ 値を低下させるためである<sup>22)</sup>。P添加低炭素Alキルド鋼板は1.6程度の高い $\bar{r}$ 値をもち広く使用されているが、外板パネルに使用される場合には、降伏点を240MPa以下にするために、その強度グレード（日本では引張強さで表す）は340MPa級以下に現在は制限されている。

P添加低炭素Alキルド鋼板よりもさらに深絞り加工性の優れた鋼板が、IF鋼にP, Mn, Siなどの固溶体強化元素を添加して製造される<sup>23)24)</sup>。この鋼板には固溶炭素や固溶窒素が存在しないので基本的には非時効性鋼板である。固溶炭素が存在しないと二次加工脆化が起りやすくなるが、これを防止するのにBを微量添加<sup>25)</sup>することもある。

#### 3.2 熱処理強化型鋼板

焼き付け硬化型鋼板はプレス成形時は軟質で、塗装焼き付け時に硬化する。この鋼板は当初、低炭素Alキルド鋼の箱焼鈍法で開発されたが、現在は主として成形性の優れた極低炭素鋼板をベースに製造されている。焼き付け硬化現

象は固溶炭素のひずみ時効を利用した現象であり、室温での降伏点伸びの回復を抑制するために、焼き付け硬化量は約30~50MPaの範囲に制限される。

これに対し、プレス成形後に500~700°Cで数分間の熱処理を行うことにより引張強さが約150~250MPa上昇する鋼板が開発されている<sup>26)</sup>。この鋼板は極低炭素IF鋼に1mass%を越えるCuが添加されており、熱処理前には390MPa級IF鋼と同等の成形性があり、熱処理後に590MPa級の強度になる。この鋼板は熱延工程においてCuを固溶状態に保つために低温で巻き取り、冷延後、連続焼鈍すると深絞り性に好ましい再結晶集合組織が形成される。この鋼板は図5<sup>26)</sup>に示すように再結晶後に短時間熱処理をして、微細なCu粒子を析出させることにより強度を上げることができる。そのため、引張強さが590MPa級で $\bar{r}$ 値が約1.9と高い鋼板として利用されるほかに、プレス成形したあとに熱処理を行う熱処理強化型鋼板として利用される。

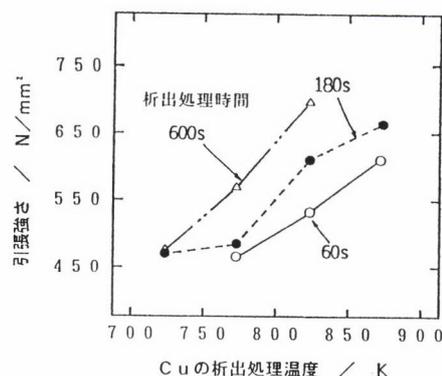


図5 1.68mass%Cu添加IF鋼の引張強さにおよぼす再結晶後のCu粒子の析出処理条件の影響<sup>26)</sup>

#### 3.3 高残留オーステナイト鋼板

この鋼板はもともとは張り出し成形性に優れた鋼板として開発された。この鋼はTRIP効果（変態誘起超塑性：Transformation Induced Plasticity）を利用した超延性鋼板であり、TRIP鋼板とも呼ばれる。ベイナイト、あるいはフェライト+ベイナイトの基地中に、変形によりマルテンサイトに変態しうる準安定オーステナイトが数%から30%程度残留した鋼板である<sup>27)</sup>。この鋼板は $n$ 値が高く張り出し性に優れているが、 $\bar{r}$ 値が1.0以下と低いにもかかわらず深絞り性にも優れていることは驚きである。上に述べたように、冷延鋼板の深絞り性は従来 $\bar{r}$ 値によりほぼ支配されるというのが一般的理解であった。ところがTRIP鋼は集合組織がランダムなために $\bar{r}$ 値は低い。にもかかわらずTRIP鋼が深絞り性に優れる理由は、オーステナイトが変形に誘起されてマルテンサイトに変態する仕方が、変形様式によって変わるためである。図6<sup>28)</sup>に示すように縮みフ

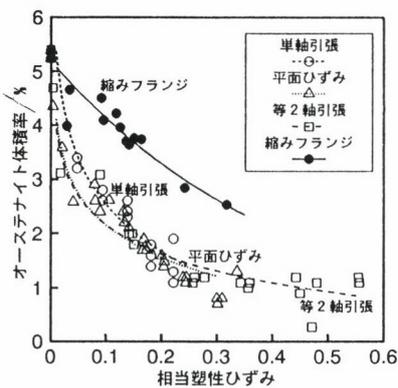


図6 変形様式と残留オーステナイト量の変化<sup>28)</sup>

ランジ変形部では残留オーステナイトがマルテンサイト変態しにくく、変形抵抗が低く保たれる。これに対し、引張変形部ではマルテンサイトに変態して硬化するので破断耐力は高くなる。すなわち、縮みフランジ抵抗は低く、破断耐力は高いという深絞り変形に適した応力状態になるのがその理由である。集合組織改善以外に深絞り性を改善させるシーズとして興味深い。

## 4 おわりに

深絞り成形性に優れた鋼板の開発例に触れつつ軟質鋼板および高強度薄鋼板への成形性付与技術の進歩について解説した。成形性の向上に対して、製鋼工程における高純度化技術の進歩と連続焼鈍技術の進歩が大きく貢献してきたことは間違いない。さらに自動車産業をはじめとする産業界が常に成形性に優れた鋼板を求め続けてきたことが、成形性の優れた鋼板を発展させるための大きな推進力となってきた。

今後も成形性のより一層の向上とともに、廃車・リサイクル問題の解決および衝突安全性の向上などの社会的要請に応える鋼板の開発が進められていくであろう。

### 参考文献

- 1) 鉄鋼界報, 1670 (1996)
- 2) 自動車産業と共に歩む鉄鋼業, 日本鉄鋼協会自動車材料検討部会編, (1997)
- 3) 氏原新: 塑性と加工, 35 (1994) 404, p.1023
- 4) 秋末治: まてりあ, 33 (1994) 1, p.24
- 5) G. Kurdjumov and W. G. Sachs: Z. Metallkd., 62 (1930), p.592
- 6) W. T. Lankford, S. C. Snyder and J. A. Bausher: Trans. ASM, 42 (1950), p.1195
- 7) 長嶋晋一, 武智弘, 加藤弘: 日本金属学会誌, 29(1965),

p.393

- 8) 金属塑性加工の進歩, 五弓勇雄編, (コロナ社) (1978), p.342
- 9) 水井直光: 第22回鉄鋼工学セミナーテキスト<材料・圧延コース> (日本鉄鋼協会), (1996), p.161
- 10) 花井諭, 竹本長靖, 水山弥一郎, 佐直康則: 鉄と鋼, 57 (1971), p.386
- 11) K. Ushioda, O. Akisue, K. Koyama and T. Hayashida: Developments in the Annealing of Sheet Steels, MMMS, (1992), p.261
- 12) 久保寺治朗, 中岡一秀, 荒木健治, 渡部馨, 西本昭彦, 岩瀬耕二: 鉄と鋼, 62 (1976), p.624
- 13) 大沢絃一, 鈴木輝男, 松藤和雄, 栗原極: 鉄と鋼, 72 (1986), p.1728
- 14) 福田宣雄, 清水峯男: 塑性と加工, 13 (1972), p.841
- 15) 福田宣雄, 清水峯男: 鉄と鋼, 61 (1975), p.43
- 16) 野呂克彦: 1997材料フォーラム 自動車材料50年の発展と今後の展望, 自動車技術会材料部門委員会編, (1997), p.7
- 17) O. Akisue, T. Yamada and H. Takechi: Int. J. of Vehicle Design, (1986), B79
- 18) 阿部光延, 小甲康二, 林征夫, 速水哲博: 日本金属学会誌, 44 (1980), p.84
- 19) 木野信幸, 松村義一, 土屋裕嗣, 古川洋一, 赤木宏充, 佐柳志郎: 材料とプロセス, 3 (1990), p.785
- 20) 小山一夫, 松村義一, 佐柳志郎, 松津伸彦, 木野信幸: 日本金属学会会報, 31 (1992) 6, p.535
- 21) O. Akisue and M. Usuda: Nippon Steel Technical Report, 57 (1993), p.11
- 22) 松藤和雄, 下村隆良, 大沢絃一, 奥山健, 木下正行, 逢坂忍: 日本鋼管技報, 84 (1980), p.14
- 23) 高橋延幸, 柴田政明, 古野嘉邦: 鉄と鋼, 66 (1980), S1127
- 24) C. Brun, P. Patou and P. Parniere: Metallurgy of Continuous Annealed Sheet Steel, Proc., ed. by B. L. Bramfitt and P. L. Mangonon, Jr., (1982), p.173
- 25) 高橋延幸, 柴田政明, 早川浩, 古野嘉邦, 白田松男, 山本広一: 鉄と鋼, 69 (1983), A297
- 26) 岸田宏司, 秋末治, 池永則夫, 黒澤文夫, 長村光造: 日本金属学会会報, 31 (1992) 6, p.538
- 27) O. Matsumura, Y. Sakuma and H. Takechi: Trans. Iron Steel Inst. Jpn, 27 (1987), p.570
- 28) 樋渡俊二, 高橋学, 佐久間康治, 白田松男, 秋末治, 伊丹淳, 池永則夫: 材料とプロセス, 5(1992), p.1847 (1997年6月19日受付)

# 現場技術報告

## 冷延コイル無人搬送システムの概要

Outline of Unmanned Coil Transportation System

新日本製鐵(株) 君津製鐵所 吉原 敦\*・藤原 圭三  
 設備技術センター 橋本寿一郎・芝尾 健  
 脇坂 毅

### 1. 緒言

君津製鐵所冷延工場における冷間圧延済コイルの物流は、2CAPL (No.2連続焼鈍ライン)、4CGL (No.4溶融亜鉛メッキライン) の稼働により、バッチ焼鈍系への物流から、連続ラインへの物流へと大きく変化した。これに伴い、従来トレーラーの有人運転によって行っていたコイル搬送の省力化を目的として、大型の無軌道無人コイル搬送台車 (AGV) を導入したので、その概要について報告する。

### 2. 従来のコイル搬送ルート

冷間圧延以降のコイル搬送手段として、BAF (箱型焼鈍炉)、SPM (調質圧延機) 等のバッチ処理ラインはコイルコンベア又は往復台車を中心であるのに対し、CAPL (連続焼鈍ライン)、CGL (溶融亜鉛メッキライン) 等の連続ラインへのコイル搬送はトレーラーにより行っていた。このため2CAPL、4CGLの稼働 (1991年) に伴い、トレーラーによる有人搬送比率が高まり、輸送コストの増加を招いていた。

Fig.1 に冷延工場のレイアウト及びコイル搬送ルートを示す。

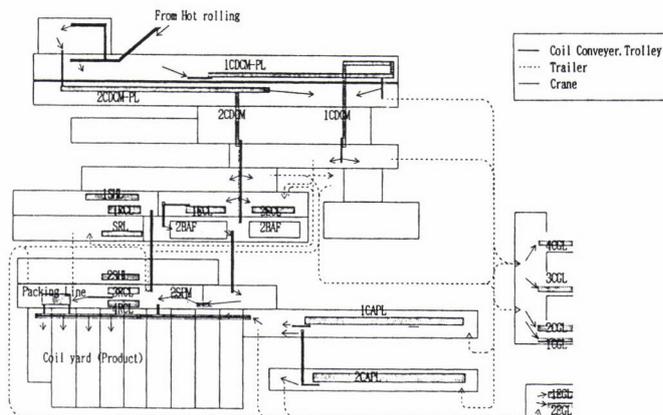


Fig.1 Layout and coil transport route of Cold rolling dept. (Before construction of AGV system)

### 3. コイル無人搬送システム (AGV) の概要

#### 3.1 設備構成

Fig.2 に今回導入したコイル無人搬送台車 (Automatic Guided Vehicle; 以下AGVと略す) の設備レイアウトを示す。本設備は3台のAGVと9基のコイル移載台、及びAGVの運行を制御するFAコンピュータより構成されている。冷間圧延後のコイルは、置場に一旦仮置きされた後、後工程の通板スケジュールに従って搬送指示が出される。搬送指示の出されたコイルはクレーンにより移載台に積み込まれ、AGVによって後工程の前面置場まで搬送される。3台のAGVの運行は効率的な搬送が図れる様、FAコンピュータによって管理されている。

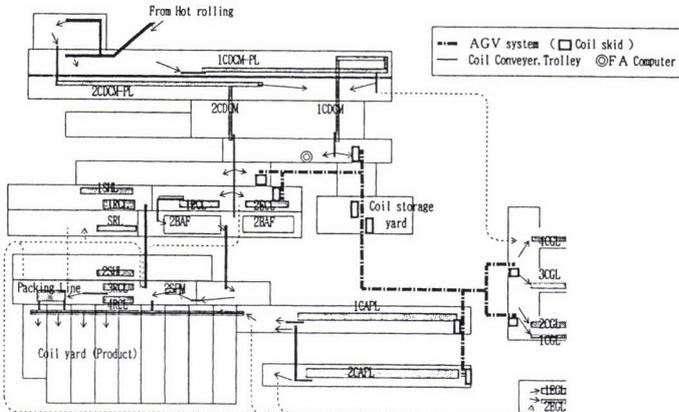


Fig.2 Layout of Automatic Guided Vehicle

#### 3.2 設備の特徴

今回導入したAGVは、バッテリーによる自走式であり、主な特徴として下記の項目が上げられる。

(1) 最大積載重量75トン (3コイル積載)、最高速

1997年5月16日受付 (Received on May 16, 1997)

\* Atsushi Yoshihara (Kimitsu Works, Nippon Steel Corp., 1 Kimitsu Kimitsu 299-11)

度80mpmの仕様により、大容量かつ高速のコイル搬送を行ことができ、また無軌道方式であるため、各AGVはすべてのルートについて走行可能である。

- (2) AGV~FAコンピュータ間のデータ伝送には光通信装置を用いることにより、走間でのデータ伝送が可能であり、AGVの走行状態はFAコンピュータにて把握し、干渉制御等を行っている。
- (3) AGVには接触式のバンパースイッチによる非常停止に加え、非接触の赤外線障害物センサーを設置、走行路内障害物を常時検出可能とすることにより走行安全性を確保している。

Fig.3 にAGVの概要、Table.1 に設備仕様を示す。

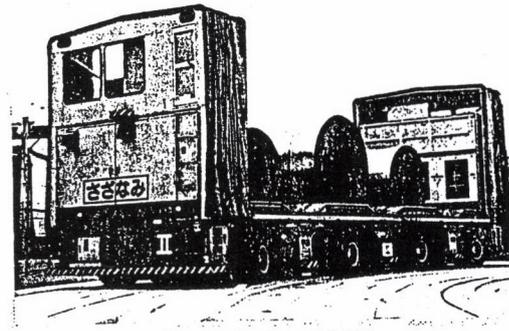


Fig.3 Outline of AGV

Table.1 Specification of AGV

Load weight	75 t ( total )
	50 t ( /coil)
Speed of transportation	85 mpm (straight line)
	33 mpm (curved line)
	17 mpm (traversing)

## 4. システム構成

### 4.1 システムの特徴

本システムには、複数の異なった搬送ルートから、ラインの稼働状態、置場状況に合わせて常に最適なルートを抽出し、タイミングよく搬送を指示出すことが要求される。さらに、搬送の効率を高めるためルートに対するAGVの固定配置は行わず、3台のAGVをプールで運用することとした。このため、搬送指示に対するAGVの割り付け作業が必要となる。これらの要求特性を満たすためのシステムとして、主に搬送スケジュールの管理及び搬送指示を行う操業オンラインコンピュータ、搬送指示に対するAGVの割り付け及び運行状態の管理を行うFAコンピュータ、FAコンピュータからAGVへの指示 AGVの進行状況、建屋シャッター等周辺機器の動作状態を監視、上位への伝送を行うリモートI/Oにて構成している。Fig.4 にシステムの構成を示す。

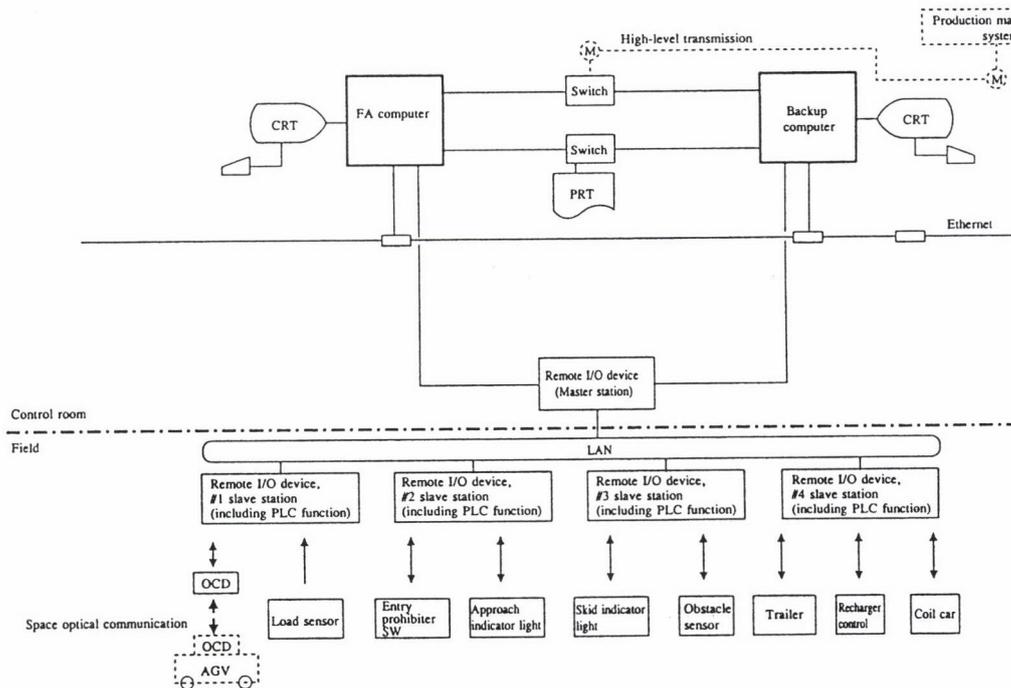


Fig.4 Hardware configuration of AGV operation management and control system

## 4.2 搬送スケジュール作成

AGVの搬送は次工程のスケジュール進度及び置場状況によりスケジュールされる。このため基本情報となる各ラインの作業情報、置場情報を有している操業オンラインコンピュータ、にてスケジュール作成を行う。また今回のAGVは1台当たり3コイルまで搬送可能であり、最大3コイルの積み合せによるロット単位に搬送指示が作成され、搬送指示作成は以下の手順で行われる。

- (1) 各ルートについて、終点置場（スキッド）の作業状態により搬送可能か否かの判定を行う。
- (2) 搬送可能ルートのうち、通板スケジュールの最も早いコイルを含むルートを最優先とし、そのコイルをキーとしたロット編成を行う。
- (3) 作成されたロットに対し、搬送先の置場の有無をチェックする。置場の無い場合は次に優先度の高いルートを抽出し、同様のロット編成を行う。

各ルートについて搬送可能となる作業状態は、ラインの作業進度に応じて可変であり、これにより作業進度の早いルートに傾斜した搬送が可能となる。すなわち、生産能率の高いラインに対しては早いタイミングで搬送指示を出すことにより、搬送量をコントロールすることが可能となる。

## 4.3 FAコンピュータ

FAコンピュータは搬送指示に対するAGVの運行及び周辺機器の制御を行うものであり、主な機能として以下の項目が上げられる。

- (1) AGV配車割付機能：操業オンラインコンピュータより指示された搬送指示に対し、最適な台車を選択し、割り付ける。
- (2) AGV搬送制御機能：各ルートの搬送状態、周辺機器の動作状態に応じて搬送、停止等AGV走行に関する制御を行う。
- (3) AGV充電制御機能：AGVのバッテリー容量に応じて、各充電器への充電開始、充電終了の指示を実施する。
- (4) 周辺機器制御機能：AGVの運行状態に応じてシャッター、遮断機、各種警報装置等の制御を所定のタイミングで実施する。
- (5) AGV状態監視機能：AGVのトラッキングを行い、AGVの状態監視及び表示を行う。
- (6) 実績収集機能：各ルート、各AGVの搬送時間、搬送回数、充電回数等の情報収集を行う。

## 5. 稼働状況

### 5.1 搬送実績

本設備は平成7年11月より稼働を開始した。立ち上げ後の搬送量は、ほぼ計画通り順調に増加しており、平成8年9月には計画時の能力を上回る、月間25万トンの搬送量を達成している。

### 5.2 効果

本設備の稼働により、トレーラー運転手、クレーン運転手、工程間の搬送業務調整要員など、合計29名の省力化が達成された。本設備の稼働に伴い、冷延工場～亜鉛メッキ工場間の物流が円滑化しさらに大幅な省力化が図られたことにより、物流コストの削減に大きく貢献している。

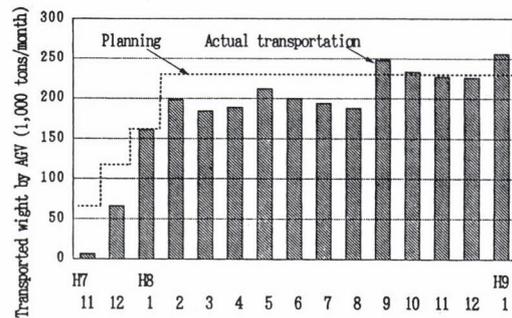


Fig.5 Achievement of transportation

## ▶ 97年ISIJ学生会員のための北欧研修に参加して ◀

東京工業大学大学院材料科学専攻修士課程2年 中澤 寛

この研修に参加した理由の一つは、今どこの機関で何をどのようにして研究が進められているのかを把握することでしたので、北欧の大学の訪問はたいへん興味深いものでした。本研修では、NTNU、KTH、HTHと3つの大学を見学させていただいたのですが、日本の大学と北欧の大学とでは研究環境が大きく異なることには驚かされました。川上先生のレポート（ふえらむ8号掲載）にもありましたように、日本の大学では基礎研究がほとんどであるのに対し、北欧では、大学が企業の研究的な役割をも果たしており、産業に直接に結びつくような研究内容も多数見られました。企業の奨学制度に関しても、現時点で必要とされるテーマの研究スタッフとして雇用するという形式で行なわれ、将来的な人材確保としての役割はないようです。自分の研究を通じて、現場でいま何が研究されているのか、今後どのようなことが必要とされているのかがはっきりしていることは、当然、学生の就職観にも影響しており、鉄鋼業への関心はすこぶる高く、日本の学生のように他業種への就職を考えている者はほとんどみかけませんでした。研究設備・機材などに関しては日本の大学と大きな違いはないと感じましたが、KTHでは短期的な研究テーマにも対処できるように実験設備が移設しやすいように実験室があらかじめデザインされているなど機能的な工夫がされていました。また、万が一の際に備えて、各実験室には出入口付近など分かりやすい場所に、かなり本格的な救急セットが用意されており、安全性についても深い配慮がなされているのが印象的でした。

この研修では、大学だけでなく企業も何社か訪問することができました。MalmbergetにあるLKABの地下鉱山もその一つであり、かなりの広範囲に点在する鉱床の一つを見学したのですが、日本にはもう現役の鉄鉱山は一つもないだけに貴重な経験でした。採掘された鉱石はあらかじめ砕いてから地上のペレット工場に送られるのですが、鉱石を粉碎するすりこぎの大きさには圧倒されました。また、Sandvik Steelでは、19世紀に作られたベッセマー転炉のモニュメントの他にも、ガスの代わりに電磁石を用いて溶銑を攪拌する特有の転炉も見ることが出来、これなどは電力を安価に供給できる北欧ならではの設備といえます。

今回の研修は私にとって初めての海外旅行でもありましたので、出発前ははたしてうまくコミュニケーションをとれるのかどうか不安でしたが、現地の方々の心温まる対応のおかげで杞憂に終わりました。研究のプレゼンテーションの内容が私の研究分野と直接に噛み合わないものもあり、いま思えばかなり初歩的な質問もしてしまいましたが、懇切丁寧に説明していただき感激いたしました。それぞれの訪問先では食事をご馳走していただき、ごく簡単な英単語の羅列と身振り手振りで悪戦苦闘しながらも、楽しいひとときを過ごすことができました。とくに、HTHではサウナの後に戴いたビールの勢いもあって、現地の学生と自分の研究内容から音楽やスポーツなどまで、幅広い話題で盛り上りました。metallurgyを勉強しているとはいえ、日本刀やたたら製法にもかなりの知識を有している学生もいることには、正直に言って驚きました。北欧の人間である彼らの中にはまだ兵役を終えておらず、途中で研究を中断せざるを得ない者もいるようですが、彼らに比べるとわれわれ日本人は幸福であると思います。

最後になりましたが、誌面を借りて引率していただいた豊橋技術科学大学の川上先生をはじめ、本研修でお世話になりました日本鉄鋼協会関係者に深く御礼申し上げます。



HTHでのパーティーにて（筆者中央）

## 第134回秋季講演大会 懇親会のお知らせ (日本金属学会と合同)

期 日：平成9年9月24日(水) 18:00~20:00

会 場：仙台東急ホテル3階 宮城の間 (仙台市青葉区一番町2-9-25 TEL.022-262-2411)

交 通：仙台駅西口より徒歩15分。なお、当日は講演大会会場より無料バス(片道)を運行します。

会 費：9,000円(同伴夫人6,000円)当日料金

申込方法：事前申込は9月5日に締切りましたので、それ以降の申込は当日懇親会場受付にてお願いします。

問合せ先 (社)日本鉄鋼協会 総合企画事務局 総務グループ 二瓶(ニヘイ)  
TEL.03-3279-6021 FAX.03-3245-1355 E-mail:nihei@isij.or.jp

## 本会情報一覧

記事内容	掲載号
第165・166回西山記念技術講座「鉄源の多様化とその展望-21世紀の溶鋼製造技術の方向-」開催案内	本号 688 頁
シンポジウム「いま東北は燃えている-みちのくの鉄の歴史-」開催案内	本号 690 頁
シンポジウム「管製造プロセスの数値シミュレーションの現状と課題」開催案内	本号 690 頁
シンポジウム「複合材料創製への鋳鍛造法の適用」開催案内	本号 691 頁
シンポジウム「粒子強化型金属基複合材料の破壊特性」開催案内	本号 691 頁
シンポジウム「電気めっき、溶融めっきの皮膜構造解析と制御技術の最近の進歩」開催案内	本号 692 頁
セミナー「技術者のための鉄鋼材料入門」開催案内	本号 692 頁
GALVATECH'98 国際会議アブストラクト募集の案内	本号 693 頁
シンポジウム「自動車の衝突安全性と高張力鋼板の高速変形特性」開催案内	本号 694 頁
最終報告会「コークスプロセスにおける石炭加熱下現象とモデル化」開催案内	本号 695 頁
シンポジウム「日本压力容器研究会議(JPVRC) 設立20周年記念」開催案内	本号 695 頁
日向方斉メモリアル国際会議助成の募集案内	8号 619 頁
第134回秋季講演大会 懇親会のお知らせ	8号 619 頁
第134回秋季講演大会 工場見学会のお知らせ	8号 620 頁
日本鉄鋼協会助成金受給者決定のお知らせ	8号 621 頁
ISS主催行事予定	8号 622 頁
科学技術振興調整費における「総合研究」への新規課題提案について	8号 623 頁
シンポジウム「人間・社会・環境との新しい調和を求めて-VI~日本鉄鋼業の環境変化対応能力~」開催案内	8号 623 頁
切削・切断フォーラム講演討論会と見学会のお知らせ	8号 624 頁
数理モデリングフォーラム「計算工学と材料加工のための新しいモデリング」開催案内	8号 624 頁
材料の組織と特性部会「自主フォーラム」発足のご案内	8号 625 頁
第7回鉄鋼圧延国際会議アブストラクト募集のご案内	7号 545 頁
出版案内	7号 555 頁
ISIJ International 特集号「Recrystallization and Related Phenomena」原稿募集案内	5号 371 頁

## 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
9月 11～13日	国際先端技術メッセ（神戸）		本号 698 頁
17日	講習会「接着接合の実用化技術」（東京）		8号 630 頁
18日	第25回熱測定ワークショップ「新素材開発への熱測定・熱分析の応用」（厚木）		8号 630 頁
18,19日	SICEセミナー「実践古典制御—なぜ古典制御は使えるのか？」（東京）		本号 698 頁
18,19日	第41回日本学会材料研究連合講演会（京都）		本号 698 頁
19日	第76回塑性加工講習会「回転（逐次）加工の現状を探る」（名古屋）		本号 698 頁
24～26日	<b>第134回秋季講演大会（仙台）</b>	1997/7/9	5号 362 頁
24日	<b>第134回秋季講演大会懇親会（仙台）</b>	1997/9/5	8号 619 頁
24日	シンポジウム「管製造プロセスの数値シミュレーションの現状と課題」（仙台）		本号 690 頁
24日	シンポジウム「複合材料創製への鑄造法の適用」（仙台）		本号 691 頁
24日	シンポジウム「粒子強化型金属基複合材料の破壊特性」（仙台）		本号 691 頁
25日	シンポジウム「人間・社会・環境との新しい調和を求めて—VI」（仙台）		8号 623 頁
25日	切削・切断フォーラム講演討論会・見学会（京浜）	1997/9/10	8号 624 頁
25日	シンポジウム「自動車の衝突安全性と高張力鋼板の高速変形特性」（仙台）		8号 626 頁
25日	シンポジウム「いま東北は燃えている—みちのくの鉄の歴史—」（仙台）		本号 690 頁
25日	シンポジウム「電気めっき、溶融めっきの皮膜構造解析と制御技術の最近の進歩」（仙台）		本号 692 頁
27日	<b>第134回秋季講演大会工場見学会（多賀城・名取・角田）</b>		8号 620 頁
29,30日	日本結晶学会講習会「粉末回折法を用いた結晶構造解析の全て」（東京）		本号 698 頁
30日	<b>第165回西山記念技術講座「鉄源の多様化とその展望—21世紀の溶鋼製造技術の方向—」（東京）</b>		本号 688 頁
10月 1,2日	SICEセミナー「計装エンジニア初級講座」（神奈川）		本号 698 頁
3日	東北支部 見学会	1997/9/19	本号 696 頁
5～8日	1997 TMS Fall Extraction and Processing Conference “The Julian Szekely Memorial Symposium on Materials Processing (Cambridge, Massachusetts)”		8号 631 頁
8日	第115回腐食防食シンポジウム（東京）		本号 698 頁
9日	<b>第166回西山記念技術講座「鉄源の多様化とその展望—21世紀の溶鋼製造技術の方向—」（神戸）</b>		本号 688 頁
9日	東海支部 見学会		本号 696 頁
16日	<b>最終報告会「コークスプロセスにおける石炭加熱下現象とモデル化」（東京）</b>		8号 627 頁
13,14日	SICEセミナー—現代制御理論入門—（大阪）		本号 698 頁
16,17日	Sensing Forum—センシング技術の新たな展開と融合—		本号 698 頁
24日	<b>数理モデリングフォーラム「計算工学と材料加工のための新しいモデリング」（東京）</b>	1997/10/20	8号 624 頁
24日	<b>セミナー「技術者のための鉄鋼材料入門」（東京）</b>	1997/10/17	本号 692 頁
11月 4日	関西支部 材料セミナー「組織観察：走査型電子顕微鏡による破面観察とその解析」（神戸）	1997/10/17	本号 696 頁
5～7日	第11回アコースティック・エミッション総合コンファレンス（岐阜）	1997/10/20	本号 698 頁
6日	関西支部 材料セミナー「X線回折：集合組織の測定・解析と材料への応用」（高槻）	1997/10/17	本号 697 頁
7日	関西支部 材料セミナー「界面・微小部分分析：透過型電子顕微鏡の測定原理と評価解析技術」（大阪）	1997/10/17	本号 696 頁
7,8日	1997年度材料技術研究協会討論会（東京）	1997/9/1	8号 630 頁
12日	<b>シンポジウム「日本圧力容器研究会議（JPVRC）設立20周年記念」（東京）</b>	1997/10/17	本号 695 頁
12日	International Seminar on Molecular Dynamics Simulations（大阪）		7号 549 頁
14日	<b>セミナー「技術者のための鉄鋼材料入門」（大阪）</b>	1997/10/17	本号 692 頁
17,18日	第23回腐食防食入門講習会（東京）		本号 698 頁
18,19日	セミナー「画像処理・コンピュータビジョンの新しい潮流」（東京、大阪）		本号 698 頁
19～21日	<b>第5回鉄鋼工学アドバンスセミナー（千葉）</b>	1997/9/1	7号 542 頁
26,27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）	1997/10/17	本号 697 頁
29日	北陸支部 平成9年度総会・連合講演会（福井）	1997/9/29	本号 697 頁
12月 4,5日	第35回高温強度シンポジウム（長崎）	1997/9/4	8号 630 頁
1998年 3月31～4月2日	Environmental Innovation in the Metals Industry for the 21st Century (Pittsburgh, Pennsylvania)	1997/10/1	8号 630 頁

## 編集後記

「ふえらむ」の製作にお金がかかりすぎて、いろいろと圧力がかかっているらしい。

広告だらけにしてお金を沢山集めたら？ 会費をアップして赤字を補填したら？

いっその事、隔月刊にしたら？

いろんなケースが考えられるが、それぞれ、どういう事になるのだろうか？

また、計画外原稿が持ち込まれることも多い。

「ワシにもしゃべらせろ」の圧力。善意と熱意は、ありがたい

が、取り扱いには神経過敏にならざるを得ない。会報の活性化もやらんといかんし。

投稿料をとったら失礼かも知れんし…。こんな、いささか悩ましい問題も多いが、すべては「ふえらむ」とは何ぞや」に帰結しよう。

ひとつでも多くの知識が自然に得られ、また、共通の心の拠り所になれる「ふえらむ作り」が第一かな？ と思っている。特に若い読者にとって…。

(K. Y.)

### 会報編集委員会 (五十音順)

**委員長** 雀部 実 (千葉工業大学)

**副委員長** 近藤 隆明 (NKK)

<b>委員</b> 石井 邦宜 (北海道大学)	梅本 実 (豊橋技術科学大学)	大河内春乃 (東京理科大学)
上村 正 (いすゞ自動車株)	川田 豊 (株神戸製鋼所)	北村 高士 (株ニューマーケット)
久保田 猛 (新日本製鐵株)	小林 正人 (社日本鉄鋼連盟)	今野 美博 (住友金属工業株)
下川 成海 (社日本鉄鋼協会)	手塚 誠 (社日本鉄鋼協会)	成島 尚之 (東北大学)
古田 修 (愛知製鋼株)	丸山 俊夫 (東京工業大学)	柳 謙一 (三菱重工業株)
山下 孝子 (川崎製鉄株)		

ふえらむ (日本鉄鋼協会会報) 定価 2,000円 (消費税込・送料本会負担)

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

1996年5月10日第三種郵便物認可 1997年9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 1997 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 乃木坂ビル3階 TEL&FAX 03-3475-5618

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 001-215-386-6362

表紙デザイン 出澤 由野

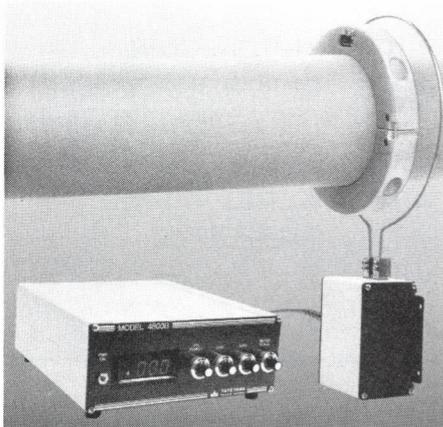
## 小くらむ Vol.2 No.9 広告目次

表2 テイサン(株) エア・リキード	前2 (株)トライメート スラブ切断装置他	後2 大野ロール(株) 各種圧延装置
前1 (株)マツボー 高精度レーザー測定器	後1 本誌広告目次 (株)立山電子 トルク測定装置	表3 日本ミンコ(株) サンプル・サンブラ 表4 日本アナリスト(株) 各種分析装置

本誌広告取扱 (株)協会通信社 TEL.03-3571-8291 / FAX.03-3574-1467 (株)共栄通信社 TEL.03-3572-3381 / FAX.03-3572-3590 (株)スノウ TEL.03-3257-9565 / FAX.03-3257-9568

# 非接触方式 トルク・振動・温度測定装置

タテヤマテレメーターシステムは、優れた耐環境性能 (高温、水蒸気、油ミスト等)を有し、可動部分を持たない電波を使った非接触方式の高精度な測定装置です。



### アプリケーション

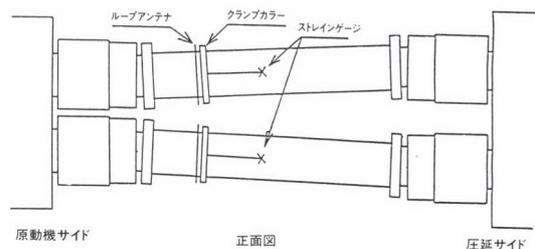
各種回転機：トルク、ひずみ、応力、温度、振動他  
各種移動体：温度、応力、振動計測他

**鉄鋼：圧延ミル、ロール、炉、モーター、キルン、設備診断等**

その他 アプリケーションお気軽にご相談ください。

28年間の実績多数あります。

例) 圧延ミルのトルク測定  
[Model 4800B システム] の場合



- 既存のシャフトに簡単に取付・調整可能
- シャフトが上下動もしくは前後動する場合でも高精度の安定したデータ測定が可能
- 計測現場での電源不用
- 誘導電源使用により連続運転可能  
メンテナンスフリー
- 近接場所において3ch同時測定可能、別タイプでは最大30スタンド(ch)のトルク同時測定が可能

製造、販売元

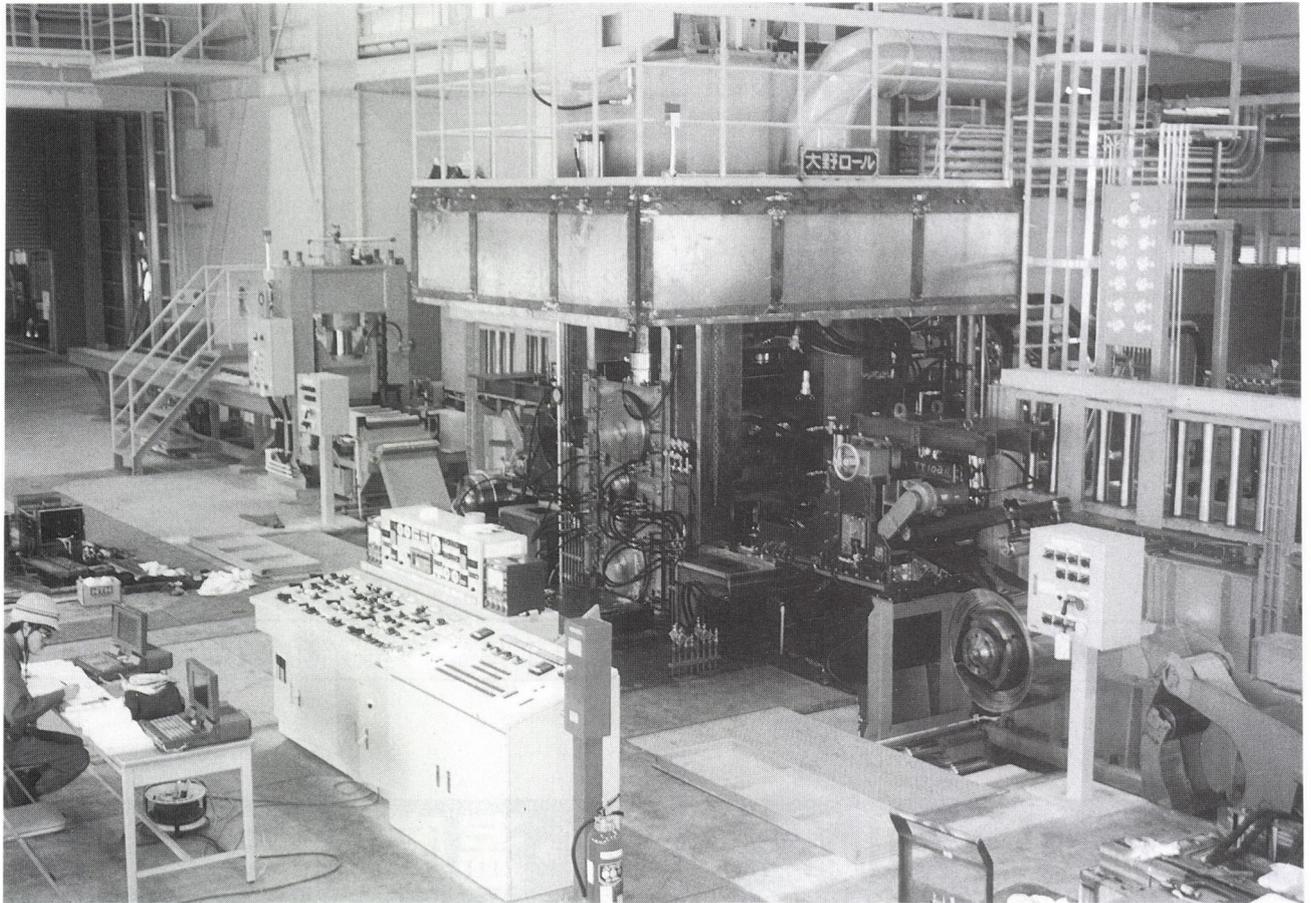


株式  
会社

# 立山電子

〒150 東京都渋谷区渋谷 3-2-1 電話 03(3400)8834 (代表)  
FAX.03(3400)8545

# 生産用に、研究用に。 技術と経験が役立ちます。



## 24型 2/4段 圧延機

W ロール	φ300
B ロール	φ600
板 巾	500
最大スピード	500m/min
2 段 時	250t×500Wより
4 段 仕 上 り	30μ×500Wまで

スラブの熱間圧延から50μのコイルまで一台の機械でロールを組替えて圧延出来ます。

機械の選定・探索テスト  
に御利用下さい。

φ190	2Hiロール機
φ350	電池用プレス機 (ヒーター付)
φ63	2Hiロール機
φ63	粉末ロール機
φ200	直接圧延機
φ80	スリッター
3S2	セージングマシン

## 大野ロール株式会社



本 社 東京都練馬区豊玉中2丁目27番14号 O&Yビル  
(〒176) TEL.03-3994-1655(代)・FAX.03-3994-5828  
水戸北工場 茨城県那珂郡大宮町工業団地5-9  
(〒319-21) TEL.02955-3-5141(代)・FAX.02955-3-5050

# Minco ミンコ・熱電対とサンプラー

## 品質向上のパイオニア

### ■ ミンコサンプラー (製鋼 製鉄 試料採取用)



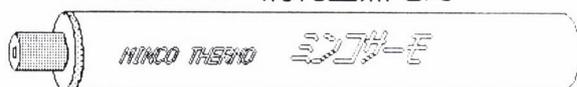
ミンコサンプラーの3つの大きな特徴 信頼性、作業性、安全性。

炉外精錬装置 脱ガス装置 電気炉 レードル タンディッシュ CCモールド  
高炉出鉄樋 トピードカー 溶銑予備処理などあらゆる場所から採取できます

### ■ ミンコサーモ 消耗型熱電対

for IRONS, STEELS, FERROUS ALLOY

PT301型 消耗型熱電対



TYPE R(13%) IPTS 1968  
白金・白金ロジウム

### ■ 標準試料

世界各国各社の製品を取り扱っております。  
化学分析用、発光分光分析用、蛍光X線分析用、英国BAS、米国NBS、  
BRAMMER、ALPHA、MINCO、カナダALCAN、ドイツBAM、  
フランスIRSID、スウェーデンSKF、他 ご用命下さい。

### 日本ミンコ株式会社

本社 東京都新宿区西新宿6丁目6番3号  
新宿国際ビル新館4階  
TEL03(3342)8728 〒160

お問い合わせは

営業本部 埼玉県三郷市谷中388番地1  
三郷工場 TEL. 0489(52)8701~4 〒341  
FAX. 0489(52)8705

MINCO U.S.A. (WISCONSIN)  
MINCO GERMANY (DÜSSELDORF)  
MINCO AUSTRALIA (WOLLONGONG)



# 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 (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, AlN, BN, SiC, TiC)  
SiO<sub>2</sub>, Ba<sub>2</sub> YCu<sub>3</sub> O<sub>7-y</sub>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 ☎(03)3493-7281代 FAX(03)5496-7935  
大阪支店 〒560 大阪府豊中市岡上の町 2 - 6 - 7 ☎(06) 849-7 4 6 6 FAX(06) 842-2260  
九州営業所 〒804 北九州市戸畑区汐井町1-1(戸畑ステーションビル) ☎(093)884-0 3 0 9 FAX(093)873-1190