

Volume 1
No.10 1996

(社)日本鉄鋼協会会報

ふえらむ

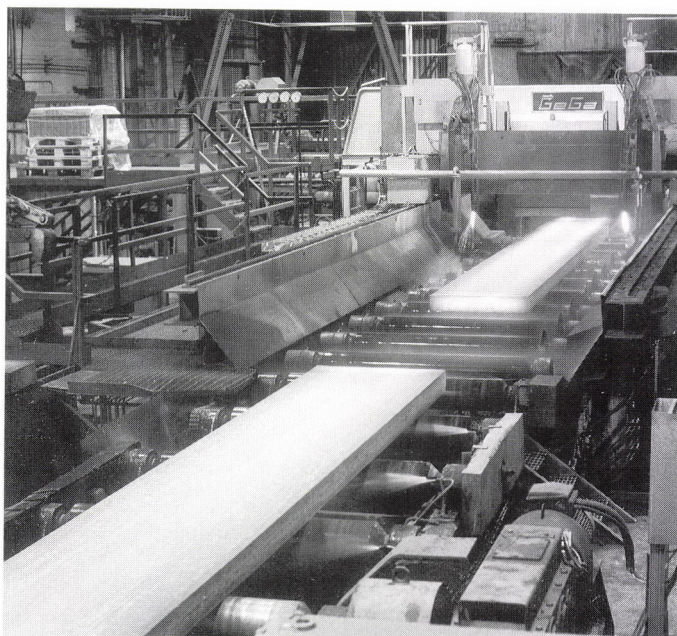
Bulletin of

The Iron and Steel

Institute of Japan

ドイツのアイディアで、先進技術の日本にも貢献を!

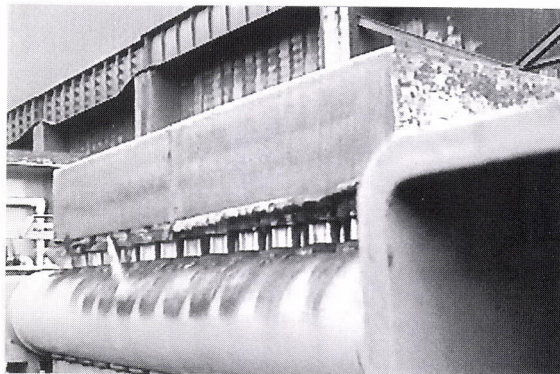
GeGa



最新型 GBM スラブ切断装置

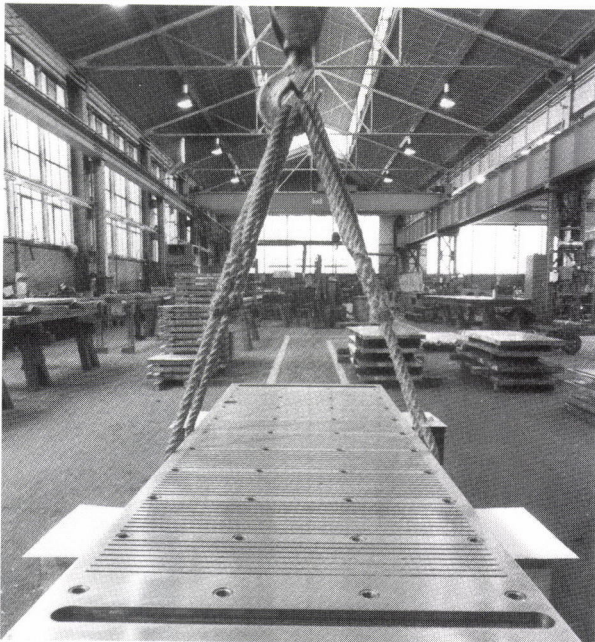
連続鋳造用ガス切断装置として、ブルーム／ピレット用で910台、スラブ用で380台、幅分割用で140台などの納入実績を有するドイツのゲガロツ社は、常に最新の技術で世界の製鉄製鋼業界のご要望に対応しております。

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 DHP-Cu	銀入り銅 DPS-Cu	特殊合金銅(ELBRODUR)			
諸 特 性	単 位			G(CuCrZr)	BN(Cu/Co/Ni/Be)		
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		
物理的 特性	電 導 性	m / Ω mm ²	48	55	47	35	
		% IACS	83	95	81	53	
	熱 伝 導 性	W / m · K	322	370	315	233	
	熱膨張係数 (20-300℃)	10 ⁻⁶ / 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 ³ N/mm ²	120	125	128	138	
機 械 的 特 性	温度(℃)	単 位					
	0.2 % 耐応力 (Rp0.2)	20 200 350 500	N/mm ²	265 235 (190) (30)	265 235 (190) (30)	300 280 240 165	570 560 540 430
	抗張力 (Rm)	20 200 350 500	N/mm ²	275 240 (195) (90)	275 240 (195) (90)	410 380 320 200	750 710 650 460
	伸縮率 (A5)	20 200 350 500	%	25 9 (10) (40)	15 9 (10) (40)	18 17 19 20	17 12 8 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

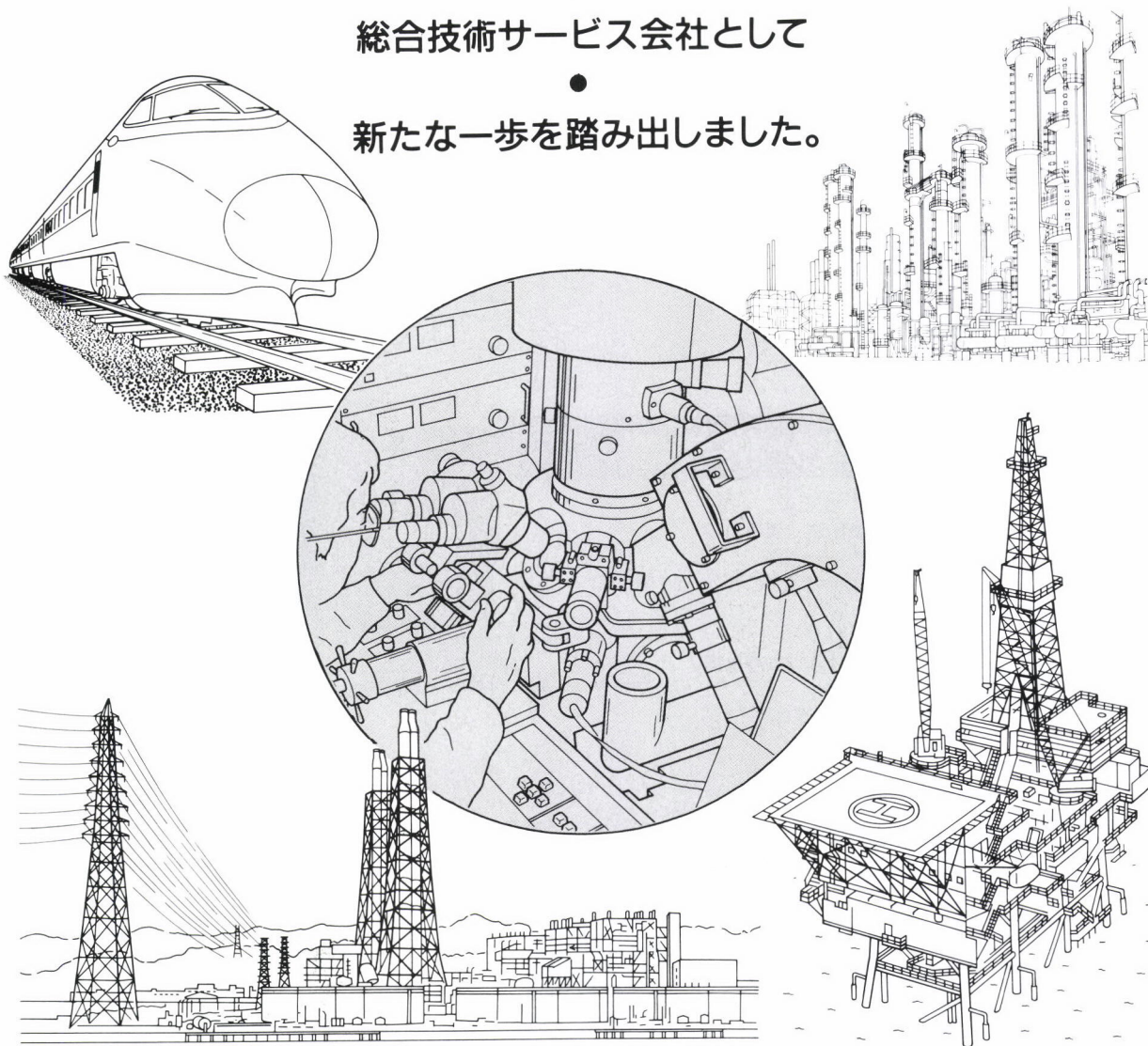
まだまだ広がる

テクノロジーの未来

住友金属工業株の永年の技術と経験の蓄積をバックにした

●
総合技術サービス会社として

●
新たな一步を踏み出しました。



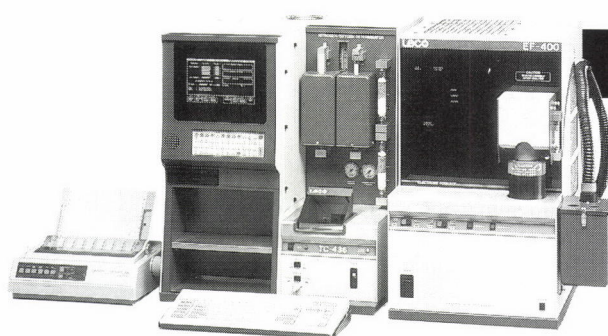
住友金属テクノロジー株式会社

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

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



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_3N_4 , AlN , BN , SiC , TiC)
 SiO_2 , BaZrO_3 , YCuO_3 , O_7-y 等

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

電子天秤: プリンター内蔵
オプション: 昇温抽出プログラム

姉妹機

TC-136 O-N分析 TN-414 N分析
RO-416 O分析 TN-114 N分析

CS-444

炭素硫黄同時分析装置

(鉄鋼, 非鉄金属, 特殊合金, 鉱石等)

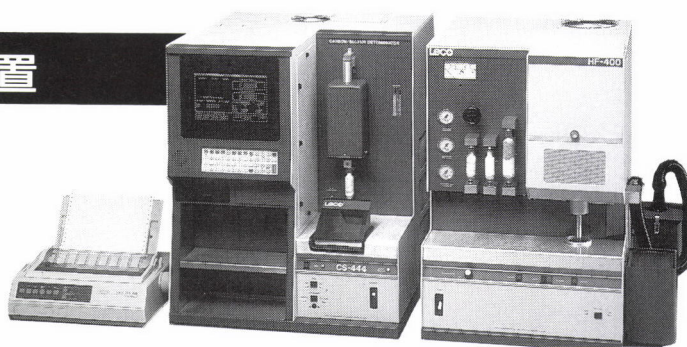
感 度: 0.1ppm 分析時間: 標準30秒
分析範囲: (1g試料) 炭素: 0~6.0%
硫黄: 0~0.35%

電子天秤, プリンター内蔵

オプション: オートクリーニング
オートローダー, ルツボ空焼器

姉妹機

CS-244 C・S分析 EC-12 C分析
IR-412 C・O分析 IR-432 S分析
WR-112 C分析 IR-232 S分析



RH-404

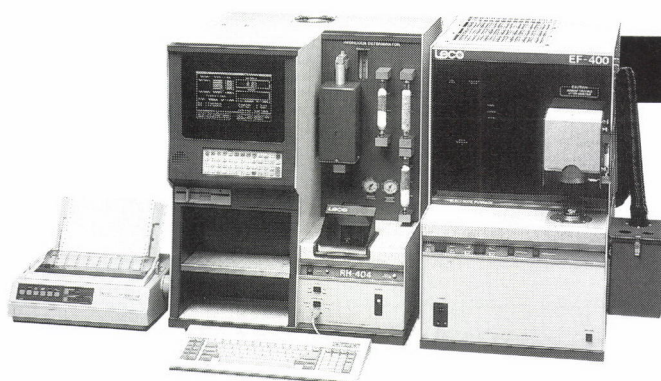
水素分析装置

(鉄鋼, 銅, チタン等)

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

姉妹機

RH-402 水素分析
DH-103 水素分析



常設展示中 分析方法その他
御相談承ります。



日本総代理店

LECO CORPORATION
U.S.A.

日本アナリスト株式会社



ISO-9002

No. FM 24045

(BSI - British Standards Institute)

本 社 〒141 東京都品川区西五反田 3-9-23
大阪支店 〒560 大阪府豊中市岡上の町 2-6-7
九州営業所 〒804 北九州市戸畑区汐井町 1-1 (戸畑ステーションビル)

☎(03)3493-7281代 FAX(03)5496-7935
☎(06)849-7466 FAX(06)842-2260
☎(093)884-0309 FAX(093)873-1190

ふえらむ

Vol.1 (1996) No.10

C O N T E N T S

目 次

リサイクルを進める	IRON & STEEL	
	リサイクルの現状	2
	変わりゆく容器包装リサイクル	4
	自動車産業におけるリサイクルの取り組み	7
話題のプロジェクト	スチール缶のリサイクル	10
鉄の絶景	捕える鉄ー高知編	14
特別講演	化学計測技術の高度化に関する研究 金属材料技術研究所特別研究官 大河内春乃	17
展 望	最近の科学技術情報分野における情報検索の動向と今後 日本科学技術情報センター専門役 諏訪秀策	22
	21世紀はメンテナンスの時代 清水建設(株)技術開発センター主査 所長スタッフ 沢出稔	29
入門講座	鉄鋼プロセス編-7 鉄鉱石が鉄に変わるまでー溶銑製造は酸素を取り除くドラマー 新日本製鐵(株)技術開発本部フェロー 奥野嘉雄	34
解説	ラインパイプ用鋼管製造におけるプロセスメタラジー 新日本製鐵(株)鉄鋼研究所鋼材第2研究部主幹研究員 為広博 新日本製鐵(株)鉄鋼研究所鋼材第2研究部主任研究員 朝日均	41
	薄鋼板の新しいプレス成形技術 (株)豊田中央研究所材料1部部長 松居正夫	48
現場技術報告	千葉原料ヤード制御システムリフレッシュ 川崎製鐵(株)千葉製鐵所 富永太志・柴田知典・稲山晶弘・ 増田康男・山下昇・佐久間義朗	55
本会情報		58



リサイクルを進める



平安京に至るまでは、古代の日本ではしばしば遷都が行われた。持統帝から3代の都であった藤原京。先頃、過去の定説よりはよほど規模が大きかったのではないかと考えられる新しい証拠が出て話題になったが、都として続いたのが16年、この前後の都はどれも似たりよったりの短命だった。短期間で遷都が繰り返された理由としておもしろい説がある。ゴミや排出物処理対策がなかったためにやがて町がゴミや排出物であふれ、限界に達する度にこれを放棄して他に新しい都をつくらざるをえなかったというのである。

廃棄物の処理はかくも深刻な問題であったわけだが、その後の長い時代、なんとかこの問題と折り合いをつけてきたもの、さて今では、これが地球環境の保全にもつながる地球規模の大問題に発展しつつあることは周知の通りである。

本誌7月号 (Vol.1, 1996, No.7)の「地球環境特集」で、環境保全の問題の一環としてさまざまな角度からリサイクルにも触れているが、今号ではいわゆる廃棄物公害対策としてのリサイクルに焦点を絞ってその話題を取り上げてみた。

リサイクルの現状

今春、世界各国の代表者・関係者を集めて、地球環境技術会議がスイスで開かれた。環境問題、特に廃棄物対策が議論され、この問題への世界的な関心の深まりがうかがわれた。先進国の中でも特にヨーロッパの国々での廃棄物対策が際立って進んでおり、日本もこれから対策に本腰を入れていかなければならないのだが、さて現状はどうであろうか。

三つのR

日本では1994年に閣議決定された環境基本計画がオーソライズされた廃棄物対策の基本的考え方である。

この考え方は、以下の三つのRに要約される。Reduce, Reuse, Recycleである。

1.Reduce (減少)

廃棄物の発生そのものを抑制する。

2.Reuse (使用済みのものの再使用)

使用済み製品を回収し、洗浄、滅菌等の簡単な処理のみで再使用する。

3.Recycle (再生利用)

Recycleは、Material Recycle (材料リサイクル＝回収したものを原材料として再利用)とThermal Recycle (熱リサイクル＝エネルギー源として再利用)に分けられる。このほか、生ゴミ、糞尿などの生活廃棄・排出物、草木などの自然廃棄物については、これを堆肥として利用するという処理法もリサイクルに含まれる。

これらのいずれでも処理できなかったものが、最終廃棄物として埋め立て処分されることになる。

廃棄物のリサイクル度

廃棄物の中でも、材質や形が複雑で分別も難しいプラスチックはリサイクル上問題が多い。先の国際環境技術会議でもプラスチック廃棄に論議が集中した所以である。

プラスチック類は、排出量の半数以上(ほぼ52%)が、焼却処理されている。この焼却処理のうちの35%は単純焼却、17%は熱リサイクルされている。再使用および材料リサイクルは合わせて11%と余り多くはない。残る37%が埋め立て処理されているが、これらの多くは自然に土に還るということがないので、これが長期にわたって地球環境に及ぼす影響は大きい。

さらに細かくみていくと、プラスチックの容器包装の主流はペットボトル(PET BOTTLE: polyethylene terephthalate bottle)と発泡スチロールであるが、ペットボトルのリサイクル率はきわめて低く、使用そのものをなくすべきだという極論も一部にある。しかし、今のところ分別収集コストが高いというネックはあるが、これさえ解決すれば、再使用の資源としてきわめて有望と目される。ペットボトルの利用は、その便利さから増大の一途を辿っ

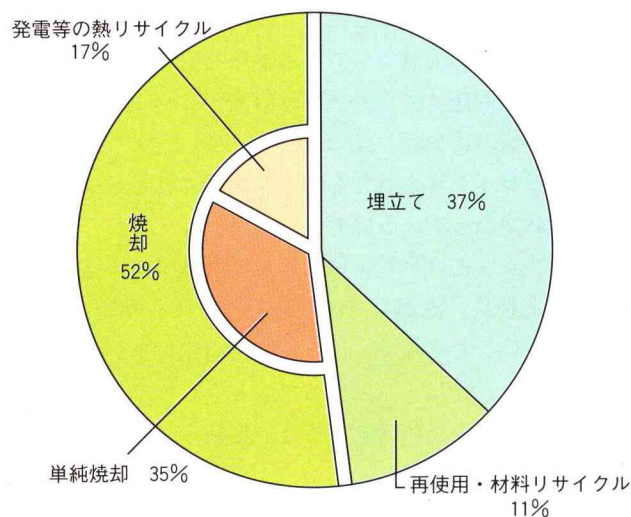
ているので、いずれビジネスとしての再使用化という方向でリサイクルが進展していく可能性は大いにある。

発泡スチロールはどうであろうか。発泡スチロールとは、EPS (Expanded Polystyrene)、PSP (Polystyrene Paper)、EPF (Extruded Polystyrene Foam)の総称であるが、このうち一番多く使われるEPSについてみてみよう。EPSのリサイクル率は、過去5年で12.6%から25.1% (1995年現在)へと倍増している。

EPSのリサイクルには、その体積の98%が空気、輸送効率がきわめて悪く、回収の際、体積を圧縮するといった余分な工程を要するなどのネックがある。組成が炭素と水素であり、燃えかすをほとんど出さない完全燃焼が可能なのでこれを熱リサイクルできれば理想的なのだが、現状では、回収したものを原材料として再使用するタイプのリサイクルが行われている。しかしながら、一部ではこれまで燃えないゴミとして扱っていたものを可燃ゴミに分類替えし、すでに熱リサイクル化が始まっており、今後はむしろ熱リサイクルに主流が移って、リサイクル全体をリードして行くことになろうと期待されている。

さて、鉄にかかわりの深いリサイクルでは、スチール缶、自動車、家電製品などがあるが、前二者は本号においてページを改めて詳説する。後者については本誌7月号を参照されたい。ここではプラスチックのリサイクルについて紹介するにとどめておこう。

■プラスチック製品のリサイクル



変わりゆく容器包装リサイクル

東京水産大学水産学部
食品生産学科助教授

石川 雅紀

Masanobu Ishikawa

年間約五千万トン発生する廃棄物全量のうち、一千万トンを越す割合を占める容器包装廃棄物。これら容器包装廃棄物は、いったいどこへ行ってしまうのか。平成7年12月には「容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律」(容器包装リサイクル法) ^{*1} が施行され、容器包装リサイクルは、すこしずつ変化しようとしている。リサイクル社会を考えた食品包装設計の研究家でもある、東京水産大学水産学部食品生産学科の石川雅紀助教授にお話をうかがった。

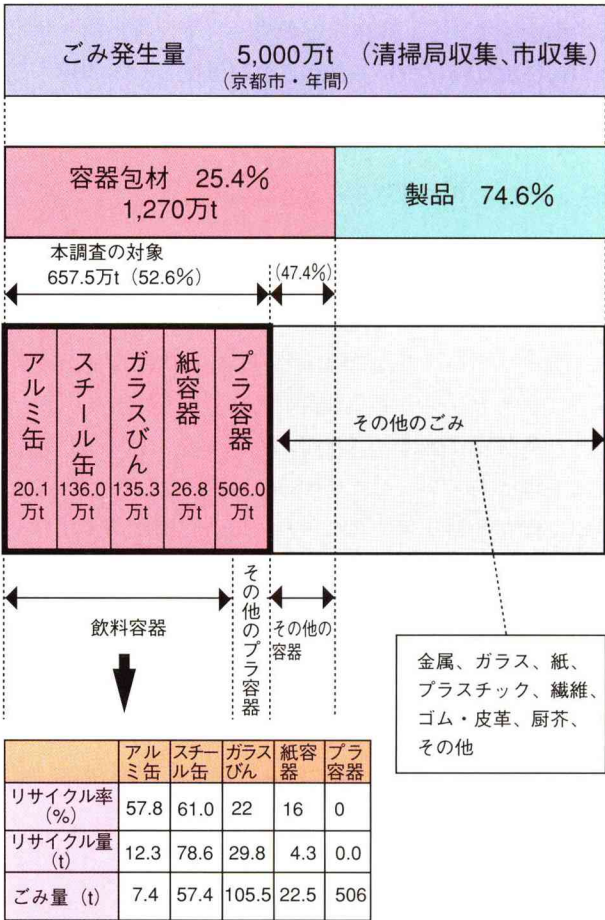
容器包装廃棄物の現状

—— 容器包装廃棄物にもさまざまな種類があると思いますが、現状ではどのようなものが、それぞれ年間何%ほどリサイクルされているのですか。

石川●例えばスチール缶ですと94年で生産量の69.8%、95年では73.8%の約 110万トンがリサイクルされています。アルミ缶も60~70%ぐらい。一度消費者の手に渡ったことを考えると、この7割というリサイクル率は驚異的といえます。ガラス瓶は現在50%くらいでしょうか。またスチール缶、アルミ缶、ガラス瓶などと違い、リサイクルシステムの下地がなかった紙カートンが、「全国牛乳パックの再利用を考える連絡会」の努力などから短期間に20%弱まで一気に伸びた。これは最近のちょっと目立ったリサイクル事情です。問題はプラスチック容器で、ペットボトルでも全体生産量の約1%程度にとどまっています。

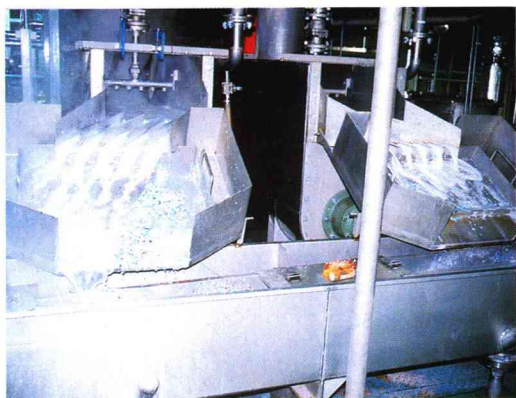
—— リサイクルされたものは、実際にはどういったものに生まれ変わっているのでしょうか。

石川●アルミ缶はアルミ缶に再生できるほか、溶かして窓枠、鋳造製品、鉄鋼業での脱酸材などにも利用できます。スチール缶はおそらく、ほとんどが電気炉メーカーで建築物の鉄筋や鉄骨にされているでしょう。ガラス瓶には容器を洗って中身を詰め替えてもう一度使うリターナブル・リフィラブルと、破碎して溶かし、ガラス瓶に再生するカレットという方法があります。このうちカレットリサイクル



「資源環境対策」1995年8月号より

■ペットボトルリサイクルの流れ



ペットボトルをフレーク状にしたものを水槽に入れ、水面に浮かんだ不純物を取り除く



ペットボトルのフレーク数種



ペットボトルリサイクルから生まれた製品
カーペット・洋服・アウトドアシューズ

では瓶に色がついていると再生しづらかったり、実際には使いきれないほどの量が集められていて、ひとくちにリサイクル率50%といっても清涼飲料水を製造する工場内で発生するカレットのリサイクルを含むなど、その定義は難しいようです。また、紙カートンはトイレットペーパーやティッシュペーパーなどにされる。問題のプラスチック容器は、ペットボトル・ポリスチレンのトレイ・業務用発泡ポリスチレン（緩衝包装用詰め物）などを一部油化しているほか、ペットボトルには塩ビや他のプラスチックが混じって価値が下がらないよう分別したあと、碎片にするリサイクル方法もあります。これを他のプラスチック製品にしたり、繊維にしてカーペットや洋服を作ったりするのですが、このリサイクルルートはまだはじまったばかりといった状況ですね。

容器包装リサイクル法とライフサイクルアセスメント

—— 容器包装リサイクル法が平成7年12月に施行されましたが、今後、容器包装廃棄物はどのように変化していくと思われますか。

石川●法律は段階的に施行されるため、現在その対象となるのはペットボトルやトレイなど年間約20万トンほどの廃棄物です。これは年間約1,300万トンにのぼる容器包装廃棄物のごく一部にすぎませんから、すぐさま容器包装廃棄物に変化が起こることはないでしょう。また、いずれ対象となるプラスチック容器全般は、多種類の素材を複合化させてつくるケースが多く、一般の消費者には区別しづらい。リサイクルする以上、スチールにしる、アルミにしる、分別して集めるのが前提なのですが、プラスチックの場合はそもそもそれがきわめて難しいのです。しかし、いま使われているプラスチック容器に重さ、強さ、食品の保存性などの点で代わるものがあるかという点とそれもまた疑問です。

—— 容器包装の本来の目的である食品保存および、LCA（ライフサイクルアセスメント）*2を考えた上で、リサイクルしやすい素材とはどのようなものなのでしょうか。

石川●それは非常に難しい質問ですね。どの素材がいいかということを決めるうえで一番難しいのは、人によって価値観が違うということです。例えばある人が、紙容器をつくることによって森が破壊されていると信じるとする。そうすると容器素材にはもしかするとガラスが向いているとか、紙を一生懸命にリサイクルするべきだという話になるでしょう。でも、おそらく容器を製造する工程でのエネルギー消費量は、ガラスのほうが増えるのです。石油をたくさん使ってしまう。結局、地球温暖化をくい止めることへの寄与という点では、紙のほうがいいということになるのでしょうか。森を守りたいのか、地球温暖化をくい止めたのか、エネルギー問題を重要と思うのか、正解のない話になってしまう。要は価値観の問題なのです。

容器包装リサイクルのための社会システムとは

—— 今後、容器包装リサイクルを進めるうえで求められる社会システムとはどのようなものとお考えですか。

石川●産業界全体の協力をもとにした情報提供が重要になってくるでしょうね。例えば消費者が何らかの商品を購入する場合、商品選択のひとつの基準として、その容器が地球環境にどう関わっているかなどの情報があるといいでしょう。スチールやアルミの金属缶、ガラス瓶、ペットボトル……それぞれ製造工程で石油をどのくらい使っているのかとか、資源としてなくなりそうなものを多く使っているのはどれであるとか。もちろん環境基準など必要な法律は遵守されているはずですが、大気汚染、水質汚濁などへの影響は、消費者の側でも知りたがっていると思うのです。そういった情報を得たうえで、最終的には消費者が自分の価値観で商品を選択する。そのための正しい情報をできるだけ多く提供できる社会システムであることがポイントではないのでしょうか。情報をもとに、消費者は必要のない包装は省くという選択もできる。かりに紙パックをリサイクルする場合でも、省エネや環境のことを考えて水で洗うなり、食器を洗った残りの水で洗うなりの工夫がしやすくなるでしょう。洗うときにお湯を使うと、実のところ紙をつくるのに匹敵するほどのエネルギーを使ってしまうのです。また企業にしても、自社の行動が環境におよぼす影響を十分に理解しているわけではないはずです。ただ企業はもともときわめて合理的に行動しますから、それでも社会的に都合が悪いことがある場合には、社会のルールを変えざるをえないということになるわけです。現在のルールを変えない状態で企業に倫理を求めるのは、何か違うので



石川 雅紀
(いしかわ まさのぶ)

1977年 東京大学工学部化学工学科卒業
1984年 東京大学工学系研究科化学工学専攻課程
博士課程単位修得退学
1984年 財団法人工業開発研究所嘱託研究員
1985年 (株)和泉電気富山製作所企画技術部主任研究員
1985年 東京水産大学水産学部助手
1989年 工学博士(東京大学)第9254号取得
1990年 東京水産大学水産学部助教授
■著書・翻訳:「Advances in Food Engineering」共著、「LCA」共訳、「包装環境便覧」共著etc.その他、食品工学、環境システム工学に関する論文多数

はないのでしょうか。アルミ缶とスチール缶のリサイクル率が上がっているのも、それぞれの素材のメーカー、鉄鋼業界とアルミ業界がお互いに競争だと認識して一生懸命にやっているからでしょう。結構な話です。誰かが企業に倫理的に正しくなりなさいといったからやっているわけではない。企業の行動原理に則ってやっているうちに自然とそうになっているわけです。ですから情報提供のほかは、公正な競争ができる環境さえあればそれでいいのではないかと私は思います。

—— ありがとうございました。

*1 廃棄物の約半分を占める容器・包装類について、市町村等が分別収集したものを再生利用するための業務を、第三者機関（指定法人）が代行する制度を導入するためのもの

*2 商品の環境への負荷を、製造から廃棄までのライフサイクルにわたって積算することで、環境への優しさを評価する手法

[写真提供: PETボトルリサイクル推進協議会]

自動車産業におけるリサイクルの取り組み

環境問題が取り沙汰されて久しくなるが、依然私たちの目の前には多くの問題が山積みされている。なかでも自動車産業のかかえる問題は大きな位置を占め、自動車の性能や品質を高めていくことと同様にリサイクルに対する積極的な姿勢がメーカーに求められている。今日では金属だけでなくプラスチックや他の材料も含めた、さらに進んだリサイクルを各メーカーが実現しはじめている。

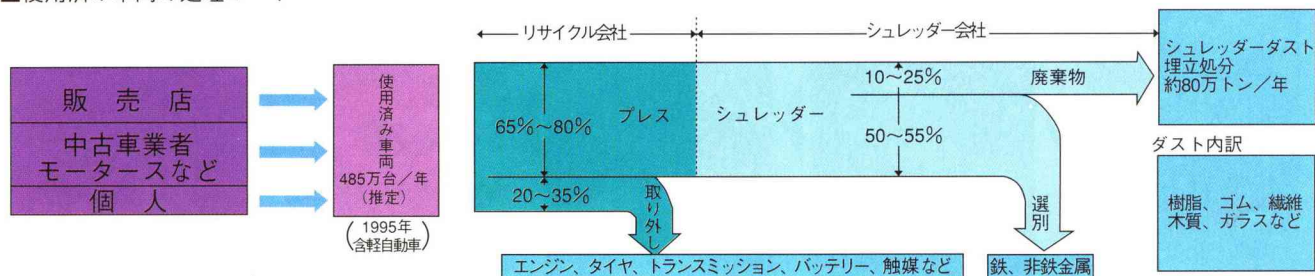
イメージから実践へ

高度成長期とともに発展した自動車産業において、各メーカーはこれまではいかに他社より優れた品質の製品を生産し、世に送り出すかということのみに重点を置いてきた。しかし1970年代後半の石油危機、80年代の地球環境保護問題などにより、この一方通行の流通経路を「リサイクル」という循環型に方向転換していくことがメーカーに求められるようになった。1992年の地球サミットを契機として、一般消費者が環境保全に注意を向けた頃は、企業もイメージアップの戦略の一つとして環境問題を捕らえていた。「地球にやさしい」、「自然を大切に」などのメッセージが企業名の肩にキャッチフレーズとして踊り始めたのがこの頃である。しかし、ここへ来て企業を取り巻くリサイクルの状況は大きく様変わりしはじめた。増加し続ける産業廃棄物に対しての処理施設は不足し、人手不足とも重なり合って、廃棄にかかるコストが跳ね上がったのである。バブルの崩壊とともに収益を圧迫された企業は、コストを削減するために廃棄物の減量化、さらには廃棄物を出さないシステムの構築、そしてリサイクルに真正面から取り組まざるを得なくなった。各メーカーが提唱していた「自然にやさしい」という姿勢はイメージから実践へと着実に根を下ろし始めたのである。こうして各メーカーが展開を始めたさまざまなリサイクルのシステムは大別すると段階的に次の4つがあげられる。



生産ラインに戻らない廃車は資源の浪費以外の何ものでもない。スクラップ置き場は見方によっては宝の山に見えてくる。

■使用済み車両の処理ルート

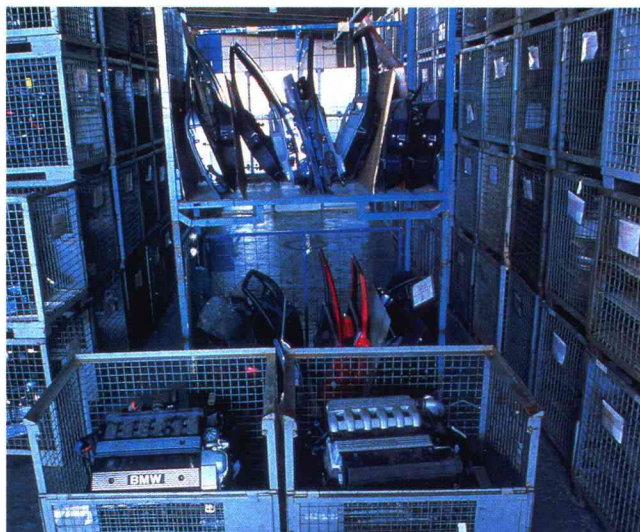


1. 高価な部品の再利用

部品の再利用はメーカーに認定された解体業者が、廃車からエンジン、トランスミッション、デフアレシヤルギア、オルタネーターなどの高価な構造部品を取り外し、厳格な品質規準に従ってリビルトし、新品同様の保証をつけて、交換用部品として販売するシステムである。価格的にも新品の3分の2程度になり、欧米では消費者にとっては経済的にメリットをもたらしてくれると歓迎されているが、日本では中古部品の意識がありリサイクル率はまだまだ低い。

2. 再資源化によるリサイクル

いま最も重要な課題となっているウレタンやガラス、プラスチック類のリサイクルである。使用可能な部品を取り除かれた自動車は、ここで再処理に適している非金属部品が素材ごとに分別収集されることになる。かつては金属だったバンパー類がいまではポリプロピレンやポリカーボネイト／ポリブチレンテレフタレート、グラスファイバー強化熱可塑プラスチックなどの素材に変化してきている。これら、プラスチック素材に塗装が施された部品を、そのままシュレッダーにかけてペレット状に加工すると、塗装の微小な粒子が混ざり合った状態となる。そのため、再生してプラスチック部品をつくった場合には、耐衝撃性など品質面での劣化を免れない。そこで、プラスチック素材そのものを損なうことなく、経済的に塗料を剥離する技術が重要となってくる。ガラスも本来はリサイクルしやすい材料として、そのシステムが確立されているが、自動車に使われるガラスは合わせガラスに使用されるPVBシートの除去など、プラスチックと同様に不純物をいかに取り除くかが課題となっている。



取り外された中古部品。再調整され、モデルごとに在庫管理される

3. シュレッダー処理

この処理でリサイクルされる主要素材が車両重量の70%強を占める金属材料である。再利用の歴史は長く、リサイクル・システムはほぼ完成の域に達しており、屑鉄の利用によって鉄鋼業界では資源やエネルギーを大幅に節約することが実現している。世界的規模で見ると、1990年には粗鋼生産に4億1千万トンの屑鉄が使用され、この結果、鉄鉱石にして約7億トン分が節約されている。自動車におけるスチールのリサイクルは欧米ではほぼ100%に達している。シュレッダー処理は磁選や浮沈によって材料を選別し、溶解、再利用するものだが、近年では各メーカーが一歩進んだシステムを開発し、特殊溶解炉などによってクリアなスチールの再生が可能になってきている。

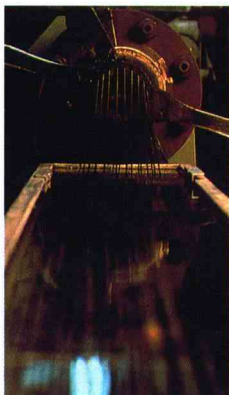
■バンパーリサイクル・システム



バンパー投入



粉碎



溶融押し出し



再生材料



再生材使用部品

4. エネルギー化

シュレッダー処理の際に、微小な、あるいは一体成型された部品を完全に取り除くことは技術的に難しいだけでなく、コスト的にも不合理である。この鉄以外の有機物質を溶解時に燃焼させ、溶解に要するエネルギーの一部に充てることも進められ、さらに溶解過程で生じる廃熱も回収されて発電や暖房システムに利用されるようになった。また、エネルギー化とは違うが、特殊溶解炉の中で生成されたガラスやセラミックなどの無機成分のスラグは、道路建設用材としても利用されている。

より完璧なりサイクルの環を

他の廃棄物を利用するリサイクルもある。あるメーカーではドアの内張に天然麻を採用、これは南アメリカからのコーヒー豆の運搬袋をリサイクルしたものだ。車体の軽量化に繋がり、衝突時にも割れて鋭利な破片となって乗員を傷つけることがない。地域農業の振興にも貢献できるというメリットもある。おおまかに4種類に分けたリサイクルの工程だが、各工程の技術はここ数年で著しく進歩したといえる。しかしながら技術は進化しても社会的通念や、道徳的見地からは必ずしもリサイクルの環は閉じているとはいえない。自動車産業の抱える環境およびリサイクル問題は、自動車産業に関わる業種の枠を越えて、すべてのドライバーが取り組まねばならない問題でもある。

[写真・資料提供：トヨタ自動車（株）、マツダ（株）、BMWジャパン（株）、メルセデスベンツジャパン（株）]

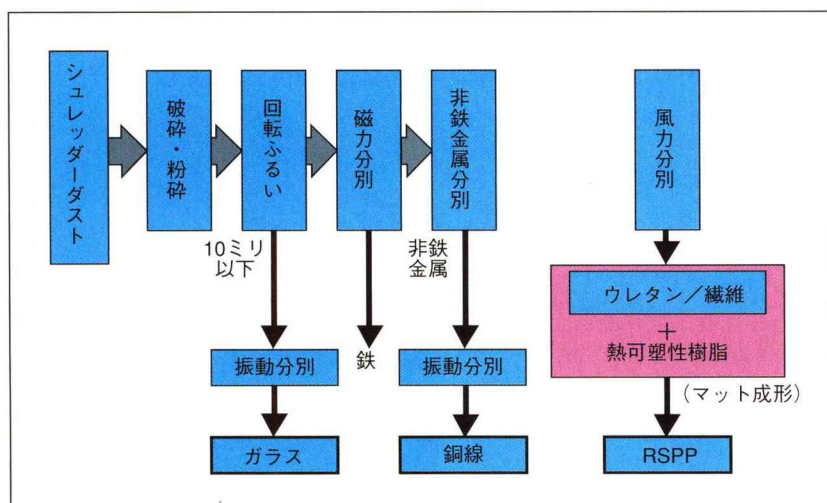


シュレッダー処理



天然繊維を使用した部品

■シュレッダーダストのリサイクル工程概要



話題の PROJECT

プロジェクト

スチール缶の リサイクル



スチール缶の再資源化率は73.8% 進むあき缶リサイクルのための環境整備

消費生活の高度化・多様化に伴って、さまざまな容器・包装技術が開発されている。特に缶入り飲料の消費は、自動販売機の普及というわが国独自のインフラ整備の効果もあって、拡大の一途をたどってきた。

一方でゴミ問題は、都市経営上の大きな問題となってきた。廃棄物2法の改正・成立などもあり、ゴミのリサイクル、再資源化に関心が集まっている。

そのような動きのなかで、スチール缶の再資源化率が73.8%に達したと発表された。高い再資源化率を実現した背景と、今後の課題などについてスポットをあててみた。



ベルトコンベア方式による
二次分別(北海道旭川市近文
リサイクルプラザ)

再資源化率は4年連続世界一

1996年7月10日、あき缶処理対策協会は、1995年1～12月間のスチール缶の再資源化率が73.8%に達したと発表した。前年の再資源化率69.8%から4.0%増加している。

スチール缶の再資源化率とは、鉄鋼メーカーが再利用したスチール缶スクラップ量をスチール缶生産総重量で除した割合。あき缶の製造と再利用の間には3カ月間のタイムラグが設けられており、1995年を例にとると、鉄鋼メーカーが再利用したスチール缶スクラップ量104万7960トン、1995年4月から1996年3月までの購入数量。スチール缶の生産総重量142万761トンは、1995年1月から12月までの数量である。

スチール缶の再資源化率については、通産省産業構造審議会のガイドラインで、「1995（平成7）年に60%以上」にすることが目標と定められていた。73.8%という値は、この目標値を大きく上回るとともに、4年連続世界一を達成した。また「2000（平成12）年に75%」という目標値にも迫るもので、スチール缶のリサイクルが順調に進んでいることを示している。

昨年度から4.0%も増加した要因として、①分別収集の進展とリサイクルセンターの本格稼働、②鉄鋼メーカーのスチール缶スクラップの購入・再利用が促進されたことなどがあげられる。

容器包装リサイクル法が与えたインパクト

ゴミの分別収集が進展した背景には、1995年6月「容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律（容器包装リサイクル法）」が成立したことが大きい。

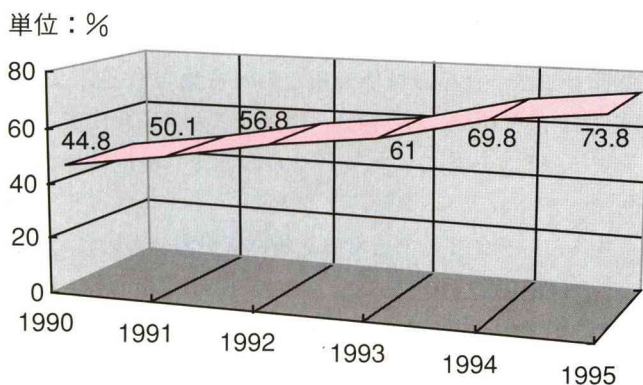
消費生活の高度化に伴い、家庭から排出されるゴミのなかで、容器包装材の占める割合の高さが問題となってきた。同法は、ゴミ処理問題が今後ますます社会的に大きな問題としてクローズアップされることをふまえて、容器包装材のゴミ処理に関して、消費者、製造企業、自治体などの役割分担を定めた法律だ。

金属缶は、容器包装リサイクル法による新たな適用は受けない。これは、製缶関係業界が従来から取り組んできた再資源化の努力や市民・自治体の協力により、高い再資源化率が達成されていることが評価されたからだ。

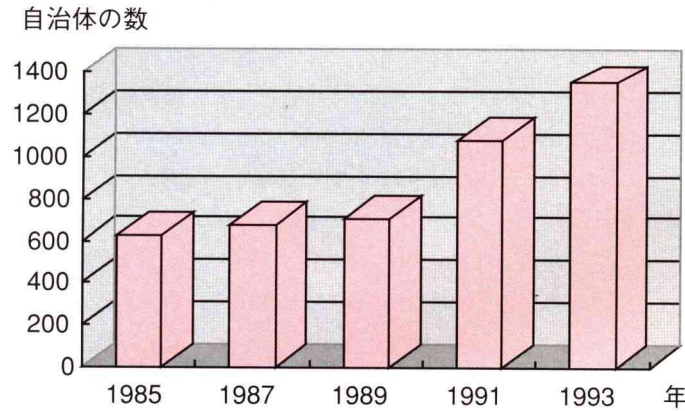
同法の施行は1997年度からだが、消費者のゴミのリサイクル、分別収集に対する意識を大きく変えるきっかけとなった。こうした動きを受けて、各自治体もゴミの再資源化に本格的に取り組み始めている。

あき缶処理対策協会は、資源ゴミの分別・後処理を行うためのリサイクルセンターの建設など、自治体の分別回収システムづくりについて、積極的に支援している。1993年から1994年にかけて、あき缶処理対策協会が資金援助したリサイクルセンターが次々に本格稼働したことも、再資源化率向上に大きく寄与している。

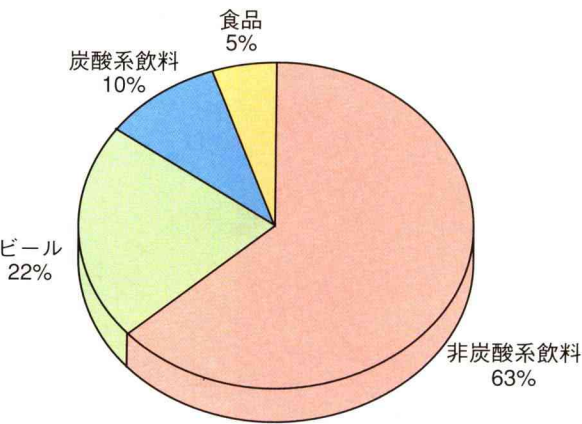
■スチール缶の再資源化率の推移
(出典：あき缶処理対策)



■資源ゴミ収集を行っている自治体数の推移
(出典：あき缶処理対策協会「スチール缶リサイクルマニュアル」)



■金属缶市場の用途別シェア
(出典：東洋製罐技術情報室)



進む環境対応型製缶技術の開発

缶の製造面から、リサイクルへの対応を見てみよう。
日本の缶詰市場は、欧米に比べ際だった特徴がある。缶詰全体に占める飲料缶の割合が非常に高いことだ。特に非炭酸系飲料の占める割合が大きい。欧米でも飲料缶の消費量は増加しているが、全体ではまだ食缶の割合が高い。

金属缶詰市場の動向を見てみよう。1995年の総缶詰生産数390億6000万缶を内容物別にみると、飲料缶94.9%に対して、食缶は5.1%しかない。また缶材別のシェアでは、スチール缶63.1%、アルミ缶36.9%となっている。

スチール缶のリサイクルを考える場合、缶の素材に注目する必要がある。昭和初期に、わが国の缶詰産業は近代化を完成し、第2次世界大戦をはさんで昭和20年代半ばには主要な輸出品に成長する。当時の缶材はスズをメッキしたブリキであり、胴の継ぎ目などははんだ付けされていた。

スズは軍需物資の側面をもっており、戦争の危険性などが高まると価格が高騰する特性がある。1957～58年ごろからスズを使わない缶材の開発競争が始まり、ティンフリースチール（TFS）が開発されたことはよく知られている。

TFSはスズを使わず、品質のばらつきが少ないなど、缶材として理想的な特性を持っていた。しかし、はんだによる製缶に向かず、新たな製缶技術の開発が必要となる。1970年にナイロンによるTFSの接着技術が完成し、1978年には、スズとニッケルの合金によるメッキが施されたスチール材を電気溶接で製缶する技術も実用化された。

一方、1971年にはアルミ材によるDI (drawn-and ironed)

缶が登場し、ビールなど炭酸系飲料を中心に、急速にシェアを伸ばしていく。1973年には、スチールのDI缶も登場した。

2ピースのDI缶は缶材を非常に薄くして使用するため、缶の製造コストを大幅に低減することができる。しかしTFSでは型を抜くとき、潤滑剤を塗布しなければならない。通常、各種の潤滑油類が使用されるが、型抜き後は印刷のため再度脱脂しなければならず、非常にコストがかかってしまう。

ブリキの場合、スズが潤滑剤の役割を果たすため、スチールの2ピース缶では、現在でもブリキが使われている。

最近、TULC (Toyo ultimate can) と呼ばれるTFSの2ピース缶が開発された。この製品は、TFSの両面にポリエステルフィルム（PET）を貼り、缶材を引っ張って成形するストレッチドロー方式を採用しているため、潤滑剤を必要としない。

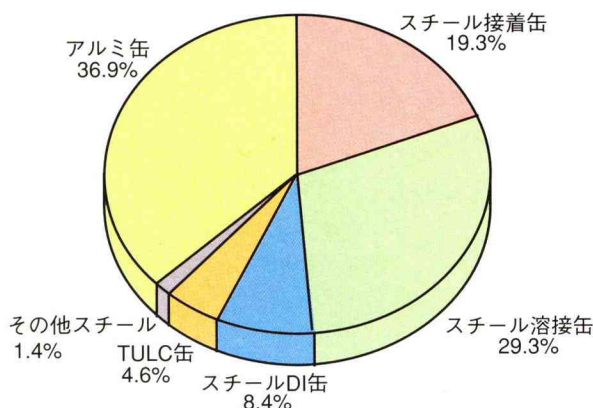
PETはレトルトパウチなどにも使用されており、食品分野では実績がある。特に緑茶などのように塗料の臭いを吸着すると、食品の特性が損なわれる場合などには、このTULCは有利だ。PET自体は燃焼すると二酸化炭素と水蒸気に分解するので、リサイクルの面でも優位性がある。

もちろん、デメリットもある。新たな設備建設のため、かなりの設備投資を要すること、製缶の際に銅板の異方性が大きく影響することなどだ。これらのデメリットは、製造数量が増加するにしたがい、また技術開発によって徐々に解消してくる。

今後、新しい製缶技術、素材開発は、こうしたリサイ

■缶種別シェア

(出典：東洋製罐技術情報室)



プレス機によって圧縮成形されたスチール缶
(北海道旭川市近文リサイクルプラザ)

クルの側面が重要になってくるだろう。同時に缶材の厚みを80ミクロン程度まで薄くすることで、コストの大幅な低減も可能になる。

消費者・自治体・メーカーの協力がカギ

今後、スチール缶のリサイクルをより一層進めるためには、資源として回収する仕組みの確立と、鉄くずとしての品質の向上が課題となる。

現在、ゴミの回収にあたっては、一般家庭から出るゴミと、事業系ゴミで取り扱いが異なっている。近年、事業系ゴミは事業者が責任を持って処理することが義務づけられ、東京都内では有料化された。あき缶の処理についても、事業者によって再資源化されている。

問題は、一般家庭から出されるあき缶ゴミの再資源化である。分別収集に対する消費者の理解・協力は進んでいるが、自治体のリサイクル施設の整備は、まだ緒に付いたばかりだ。

施設の建設にはかなりの資金を要するため、財政事情の悪化が指摘されている地方自治体にとっては、頭の痛い問題だ。東京都23区内を例にとると、可燃・不燃・資源・粗大ゴミなどに分けて集める分別収集を行っているのは、足立区、品川区の2区のみ。日本の人口の1割を占める東京でほとんど分別収集が行われていないことになる。昼間人口を考慮すると、東京都内であき缶回収が実施されるだけでも、スチール缶の再資源化率は、大幅に上昇すると予測できる。

観光地などを抱える地方自治体の問題も深刻だ。観光シーズンに合わせてリサイクル施設を建設すると、オフ

シーズンに施設が遊んでしまう。効率面から、リサイクル施設の広域対応が進んでいるが、観光地を抱える自治体と、観光の恩恵を受けない自治体との広域対応は非常に難しいのが実態だろう。

分別方法の確立も課題となっている。コンテナなどに缶など金属類とビン類を分けて回収している場合には、二次分別を必要としないため、不純物の少ない鉄くずになる。金属とビンと一緒に回収した場合には、リサイクルセンターで人手を使って二次分別をする必要が生じる。また、ポリ袋に入れて回収するケースでは、ポリ袋だけを効率的に除去する方法がないため、鉄くずに不純物が混ざりやすい。

自治体と電炉メーカーとの意思の疎通も、重要なポイントとなっている。自治体は一般にコスト意識が薄く、電炉メーカーがどのような品質の鉄くずを望んでいるかといったマーケティング思考も希薄だ。再資源化を一層進めるためには、両者が直接話し合う場の確保も重要になってくるだろう。

鉄は本来、地球上で最もリサイクルしやすい資源である。製缶メーカー、飲料メーカー、鉄鋼メーカー、一般消費者、地方自治体が一体となって、社会的コストの低減をはかりながら、効率のよいリサイクルシステムの確立に向けて今後も協力していく必要がある。

[取材協力：東洋製罐株式会社、あき缶処理対策協会]
[写真提供：あき缶処理対策協会]

Steel Land scape.

〈捕える鉄～高知〉

商業捕鯨における最大のテーマは、いかに鯨に苦痛を与えないか、であった。そのための工夫が、モリには秘められている。モリの生産地であり、捕鯨の拠点でもあった高知県にスポットをあてる。



室津港を出港した捕鯨船は、この室戸岬を通過して大海を目指した

戦後日本の窮乏した食卓を賄った鯨

すぐれた随筆を数多く残したことで知られる物理学者の故・寺田寅彦氏は、昭和9年に執筆した「初旅」という作品の中で、こう記している。「父は維新前所謂御鯨方方の支配の下に行はれた捕鯨の壮観と、大漁後のバックスの饗宴と

を度々目撃し経験していた……」。その勇壮な光景を幼いときから聞かされて育った寺田氏が、生まれてはじめての旅に出、鯨漁を見ようと、大きな期待とともに高知県室津の港を訪れる。しかし、そのとき残念ながら漁は行なわれておらず、そのためにかえって父親から聞かされてきた鯨

漁の勇壮な光景が、鮮明な残像となって記憶の中に保存されることとなった……。彼の父親の郷里は高知。そして、彼自身も高知で育った。彼が訪れた室津港は室戸岬にほど近く、鯨漁の拠点として栄えていた。

今となっては昔、すでに商業捕鯨が行なわれなくなってから久しい。捕鯨の是非が世界中で熱く論議され、食文化、動物愛護、食料資源の保護など、さまざまな見地から討論が交わされた。いずれにしても鯨と日本人との関わりは深く長いものであった。「古事記」には、神武天皇作のイサナ（鯨）捕りの歌もある。古来、鯨は私たちの暮らしの中でさまざまな形で貢献しつづけてきた。口紅や香水、衣料品の材料、楽器、釣竿……。食用としても貴重だった。とくに戦後日本の強烈な食料難を救ったのは鯨だといって過言ではない。それまでは特定の地域でしか消費されていなかった鯨肉が全国に出回りはじめたのは戦後のこと。肉全体に占める鯨肉の割合は、一時は40%にまで上昇した。「嫁にやるなら捕鯨船乗りに」といわれた時代。捕鯨業は花形産業だった。そして、この室津の港もまた、日本の窮乏した食卓を支える捕鯨の拠点として、繁栄を見せていたのだ。



高知市の名物、日曜市の様子

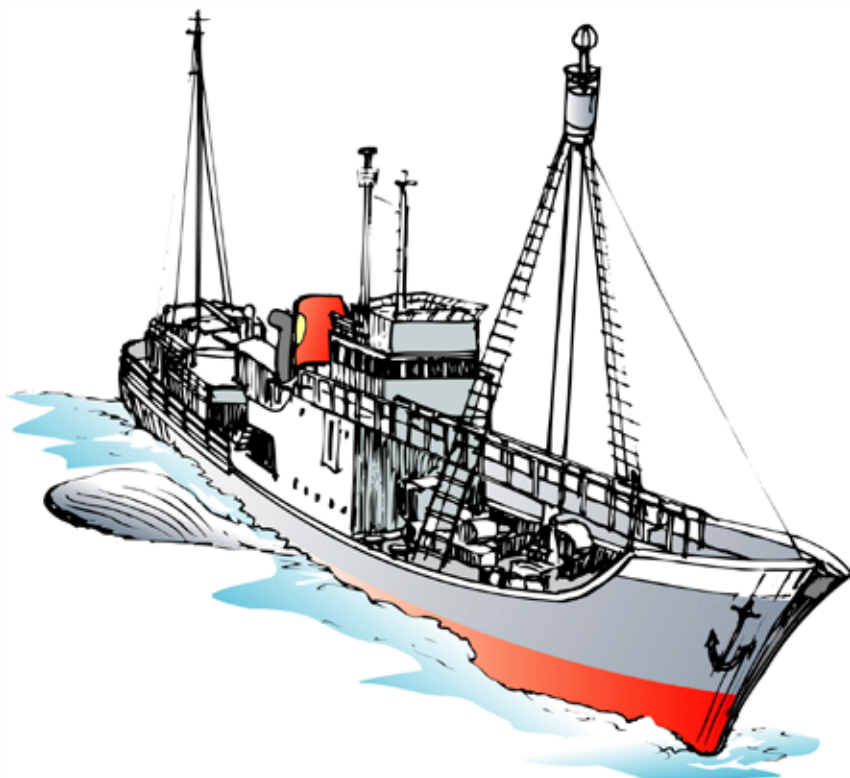
モリに見られる近代捕鯨の姿

高知県にはもともと刀鍛冶や鎌、包丁などで知られる土佐打刃物があるが、捕鯨に使用される捕鯨砲の砲身やモリも、ここで生産されていた。さしたるものとも思えない道具が巨大なものを打ち負かす例えに「鯨に鉋」という諺がある。しかし、近代的な捕鯨におけるモリは、それ自体強力なものだ。

モリも時代とともに姿形を変えてきたが、もっとも近代的なものは、船首に取り付けられた捕鯨砲から発射されるもの。鯨体に打ち込まれるとモリの先端が破裂し、鯨を殺傷する。モリの先端部分は鋳鉄で9kgほどの重さ、内部に空洞があって、そこに火薬が仕込まれる。円錐の先を切断したような平頭形をしており、この形がもっとも実績が良かったのだという。また、この先端部分以外の部分は鋁

銅鍛造で、185cmほどの長さであった。一度使用したものは、取り出して形を整え、何度でもリサイクルした。

内部に火薬を仕込む方法を探る以前にも、さまざまな試みがなされていた。電気や薬品を使用するもの、高速弾、炭酸ガス弾……。これらはすべて「鯨に苦痛を与えない捕鯨」という大きなテーマに向けて研究されたものだった。



モリ一本で仕留め、余計な苦痛を鯨に与えない。その成否は、捕鯨砲手たちの腕にかかっていた。彼らは「てっぽうさん」と呼ばれ、捕鯨船の上でもっとも重要な役割を担っていた。彼らは吹き荒ぶ冷たい風雨の中、船首に立って捕鯨砲を構える。砲の射程距離はおおむね70m前後、しかし命中率を高めるためにできる限り近くに寄らなければならない。てっぽうさんは、このとき全船を指揮する。研ぎ澄まされた反射神経と集中力が不可欠だ。自らの腕に、多くの人々の生活がかかっているのだから。

ハーマン・メルヴィルの原作をもとにしたジョン・ヒューストン監督の映画「白鯨」は1956年の作だ。ここには19世紀、捕鯨最盛期の様子が生き生きと模写されている。船上でモリを鍛造する様子、鯨を解体して油を採取する様子。「鯨一頭で何千という家庭の明りが点る」というセリフがある。また、「もし神がこの世に現れるとしたら、それは鯨の姿をしているだろう」という有名なセリフもある。鯨とい



かつての鯨取りを描いた絵図
(提供：室戸市役所商工観光課)



いまでは主に包丁の生産で知られる土佐打刃物

う巨大な生き物に対する畏敬の念と、捕鯨が人々の暮らしを助けるものだという自負は、東西を問わず、捕鯨に関わる人々に共通の気持ちだったのかも知れない。

寺田寅彦氏は、ついに父親の時代の旧き良き捕鯨を目の当たりにすることなく、この世を去った。私たちも、もう捕鯨の光景を目撃することはないだろう。商業捕鯨の是非は別として、寺田氏の記したように「自分が父から聞いたような美しい勇ましい夢物語は矢張永久の夢物語になってしまった」のだ。

特別講演

化学計測技術の高度化に関する研究

大河内春乃
Haruno Ohkochi

金属材料技術研究所 特別研究官

Development of Chemical Analysis of Metals

1 はじめに

時代の“demand-pull”と“technology-push”により材料及びプロセス技術の発展は目覚ましい。プロセス技術の発展は清浄鋼をもたらした。材料の進歩及び高純度化は、分析技術の高度化を必要とし、高精度化・高感度化に対する要望は止まるところを知らない。Boumans¹⁾が過去40年間にわたる分光分析の歴史の論文を発表しているが、各種原子スペクトル分析の発展のめざましさは近年の大きな特徴である。

真値を追求する化学分析では、対象試料・定量元素・分析目的に適合した分析設計が重要となる。著者は永年にわたり、鉄鋼業の基盤技術として重要な化学分析技術の研究を遂行してきた。研究分野は黒鉛炉原子吸光分析 (GF-AAS)、ICP発光分析 (ICP-AES)、蛍光X線分析 (XRF)、発光分光分析、グロー放電質量分析 (GD-MS)、ICP質量分析 (ICP-MS)、ガス分析及び分離分析等の多岐にわたる。それらの中からいくつかを紹介させて頂く。

2 化学計測技術の高度化

L'vovプラットフォーム (PF) の適用による高感度・無干渉GF-AASに関する著者らの成果²⁾は、日本鉄鋼協会分析部会化学分析分科会において評価され研究費が与えられた。その結果、小林ら³⁾がGF-AASの鉄鋼分析系統化を確立した。

ICP-AESでは基礎的研究から実用分析法まで広範囲の研究を進めた。重要な課題である試料導入法の実施すると共に高感度測光法の追求を行った。

固体試料直接導入法としてスパークアブレーションの研究^{4),5)}にいち早く着手した。スパーク発光分光分析に比較し、ダイナミックレンジが5桁の直線性に優れた検量線を得ると共に、特に、高速度鋼等に見られる析出物等による異常値の発生が起らないことを見出した。励起にかかわるプラズマ容積の違いに起因していると考えられる。

試料導入の高効率化の観点からフローインジェクション (FI) / ICP-AESによる鉄鋼中sub ppmのSの研究を行った⁶⁾。本FI法はマトリックス (Mx) 元素からの分離・濃縮系 (酸性アルミナマイクロカラム) が組込まれているため濃縮係数が高く、かつマイクロインジェクションにより導入効率が向上する。還元蒸留メチレン青吸光光度法と原理のことなる超微量Sの基準定量法が要望されている。その観点より意義あるものである。

その他、水素化物導入法⁷⁾、耐フッ化水素酸導入システム⁸⁾等による研究を行った。

ICP-AESにおける高感度測光法と技術の高度化を目指し、技術的に現在実行し得るあらゆる観点から徹底的に追求することを目的として研究を実施した。スペクトル干渉の解決に高分解能エッセル型分光器を導入し、プラズマの観測方向をコンピュータコントロールで縦軸方向 (End-on) と横軸方向 (Side-on) から観測出来るように改良した。End-onにより顕著な高感度化を達成した⁹⁾。1991年国際会議で発表後間もなく縦軸方向観測装置が数社から市販されるに至っている。本法に時間分解／加熱気化導入 (ETV) 法の適用の研究¹⁰⁾を実施した結果、更に著しい高感度化に成功した。ETV/ICP-AESに時間分解を適用した例はいまだ見られないが、後述のように興味深い効果が得られ、今後の発展が期待される。その後、中村ら¹¹⁾はロングトーチの適用によりEnd-on測光の一層の高感度化を達成している。

XRFにおいては「理論 α 係数法」及び「ファンダメンタルパラメーター (FP) 法」のMx効果補正法が、当時未だ実用分析に適用されていなかった。その有用性にいち早く着目し、精度・正確さに優れた各種分析法を確立した。

発光分光分析における試料調製法の研究として、高周波溶解遠心鑄造法により興味深い成果が得られた¹²⁾。その研究は発光分光分析における検量線の一元化へと発展した¹³⁾。例えば、強靱鋼・工具鋼・高速度鋼中N、S、C、Mo、Si、Ni、Mn、Cuの検量線を一元化することを可能とした¹⁴⁾。本研究において、鉄鋼中Nが発光分光分析で良好な結果を

与えることを、当時既に見出している。検量線の一元化の研究はほとんど行われていないが、一つの研究方向を示唆するものと考ええる。

鉄鋼中超微量Bの定量法として、ICP-AESの研究¹⁵⁾、及びGD-MS・スパーク質量分析・吸光光度法の比較研究¹⁶⁾等がある。また、希土類元素中微量希土類元素分析は化学分析の中でも非常に困難な課題であるが、GD-MS¹⁷⁾及び高分解能エッセル型分光器ICP-AES¹⁸⁾により有用な成果を上げた。

ガス成分分析の研究としては、燃焼—赤外線吸収法によるS定量^{19),20)}の他、不活性ガス融解赤外線吸収法によりO定量^{21),22)}の研究を行った。高純度鉄中低ppmレベルのO定量に重要なブランク値の低減化に成功した²²⁾。本成果は特許の取得につながった²³⁾。

3 黒鉛炉原子吸光分析

1978年L'vovは熱的に理想的な原子化を目的とするPFを提案した。近年のエレクトロニクスを駆使し、高速昇温($\text{ca.}2000^\circ\text{C s}^{-1}$)により、PFの機能を十分生かす無干渉原子化(Stabilized Temperature Platform Furnace)法を1981年Slavinが開発した。金属分析分野では本法が活用されていなかった。超微量分析に際しては、出来るだけ前処理をせずに試料分解後直接定量することが望ましい。STPF法の適用に着目し一連の研究を遂行した。

Ni基超耐熱合金(Ni基合金)中の低融点金属不純物合金はクリープ破断寿命等を低下させるため、米国航空宇宙局では厳しい規格を定めている。当研究所では既に、Ag、Al、Bi、Pb、Sn、Sb、Te、Ga、As、Bi、In、Zn、Seの各超微量定量法を報告した²⁾。Sb~SeはSTPF法を適用したが、一連の研究を通してその目覚ましい効果が実証された。従来は検量線に標準試料を必要とした。しかし、本法はMxのNi溶液に定量元素の標準溶液を添加する検量線で、多種類のNi基合金分析に対応可能である汎用性のあるものである。これらの成果は小林²⁾が解説しているが、鉄鋼分析においてもSTPF法により優れた定量法が確立された。

3.1. 微量分析

近年の超微粒子、蒸着膜等特殊材料の研究の進展と共に微量試料分析が要求されるようになった。そこで、1mg程度の微量鉄試料をテフロン密閉容器(23cm³)内で一定量の希酸溶液で分解し直接定量することを検討した²⁴⁾。高精度微量電子天秤(読み取り限度1 μg 、標準偏差 $\leq 1\mu\text{g}$)による正確な質量測定、少量溶液での定容化、試料分解時の溶液揮散の抑制等が重要となる。揮散の有無の評価は試料分解前後の質量測定と、モニター元素Auの添加

で行った。粒界偏析を起こしやすいAs、Sn、Sbと固溶性の良いNi、Cr、Coを検討し、1mg鉄試料でppmオーダーの10元素程度の定量を可能とした。本研究で使用したJSS CRMsの高純度鉄認証標準物質等は1mgの使用量でも認証値と良い一致を安定して与えることが判明した。NIST CRMsでは、通常、最小使用量を20mgとしている。本法は①認証標準物質の最小使用量の確認、②異同分析、③高付加価値の新材料分析、④マクロ偏析の有無、等に有用である。

3.2 高濃度マトリックスからの高効率原子化法

検出限界(LD)を改良するには固体試料直接分析が望ましい。しかし、試料の不均一性及び検量法等の問題がある。一方、測定時に高濃度試料溶液を用いることによりLDの向上が期待され、発展的には固体試料直接分析における検量法の解決の可能性も考えられる。以上の観点より、Mx元素としてFe(m.p.1535 $^\circ\text{C}$ /b.p.2750 $^\circ\text{C}$)を用い、定量元素として蒸気圧の異なるCd(321/765 $^\circ\text{C}$)、Tl(302/1457 $^\circ\text{C}$)、Ni(1455/2732 $^\circ\text{C}$)、Pd(1554/3167 $^\circ\text{C}$)、Pb(327.5/1744 $^\circ\text{C}$)、Mn(1244/2097 $^\circ\text{C}$)、及びCo(1494/3100 $^\circ\text{C}$)を選定して高濃度Mxからの高効率原子化を系統的に検討した²⁵⁾。Mx濃度と定量元素のLDの関係は、蒸気圧の高いCdではFe濃度が増加しても感度及びLDはFe濃度に比例して向上し、かつ精度に影響がなかった。蒸気圧がほとんどFeと同じNiでは、Fe濃度が5g/l¹に対し40g/l¹ではLDは4倍程度の向上で、正の相関が見られた。Mxが高融点のZr(1857/3578 $^\circ\text{C}$)及びMo(2610/5560 $^\circ\text{C}$)の場合も同様な結果が得られた。これらの結果から原子化機構を考察した。

4 ICP発光分析

ICP-AESは主成分分析にも有用である等多くの優れた利点を持つ。高分解能エッセル型分光器の適用、CCD(Charge Coupled Device)及びCID(Charge Injection Device)の2次元固体検出器の搭載等が加速されているが、分析線選択、スペクトル干渉等の点でも有利である。多分析線分析(multiple line analysis)も可能となり、古いアーク発光分析の方法論が再び脚光を浴びようとしている¹⁾。新しい発展と共に、ICP-AESの多機能性、信頼性、比較的安価等の利点は原子スペクトル分析に新展開をもたらす可能性がある。

4.1 縦軸方向観測ICP発光分析

測光条件の最適化は第一の検討課題であり、重要パラメーターは観測高さ、プラズマ出力及びキャリアーガス流量等で、これらが相互に影響しあう。End-onにより光量の増

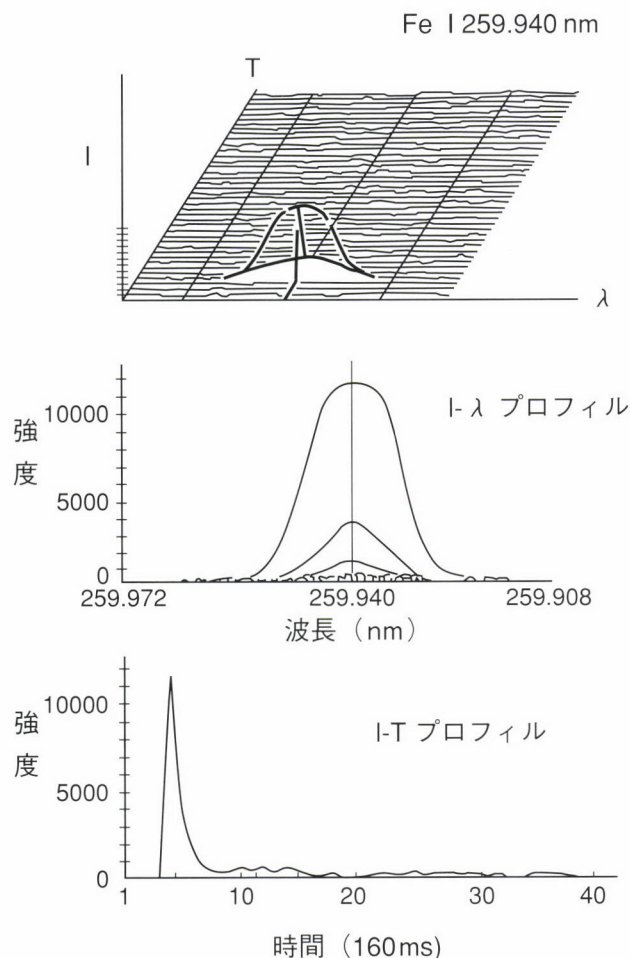


図1 I (強度) - T (時間) - λ (波長) 測光法

加と共にプラズマ周辺の発光 (Ar再結合、分子発光等) の観測系への導入が低減され、SN比の向上が期待される。更に、プラズマ条件の最適化が容易になることも考えられる。波長210 nm~770 nmの範囲の24元素を選んで双方同一の実験的条件で比較検討した。End-onでは感度の著しい増加と共にBG強度も増加した。BEC及びBGノイズは全元素が改善された。LD (3σ) は5~25倍向上し、0.10 mg l⁻¹におけるRSDsは3%以下と良好であった⁹⁾。

4.2 時間分解/加熱気化導入/ICP発光分析

ネブライザー方式は試料溶液の導入効率が低い。そこでm.p.及びb.p.が高く昇温速度が大で耐久性のあるWポートを使用しETV法を検討した¹⁰⁾。測光法は図1に示すI (強度) - T (時間) - λ (波長) 法の時間分解法を研究した。対象元素は、m.p.とb.p.の差の大きい元素 (Fe、Al)、及び、小さい元素 (Mn、Cr) を選び、気化特性を検討した。その結果、LDはICP-MSのオーダーに接近した。蒸発物質の化学種をX線マイクロアナライザーで同定した。

(1) Wポート中不純物鉄と試料溶液中鉄の時間分解：添加したFeとポート中に含まれる不純物のFeのピークの出現時間が明瞭に分離された。これは後者が蒸発エネ

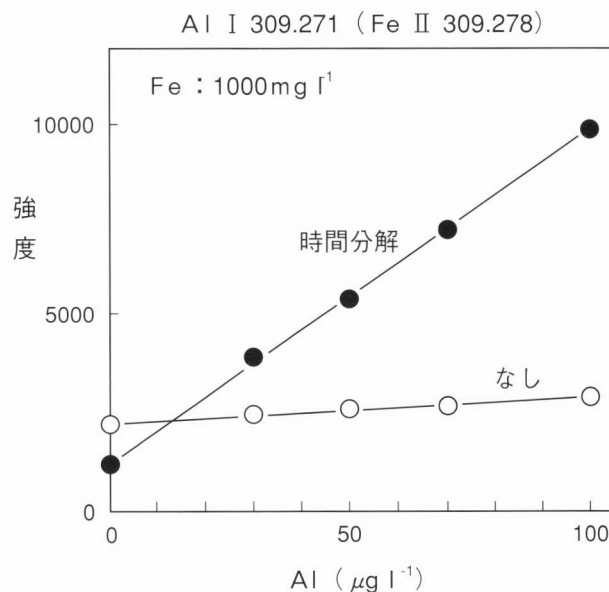


図2 鉄溶液中アルミニウムの検量線

ルギーの他に拡散エネルギーを必要とし、それが時間差となって現れることに起因すると考えられる。ポート中の不純物の除去には空焼きを多数回行う必要があり、炉材の寿命に影響する。時間分解法を用いれば、影響がなくなる利点がある。

- (2) Fe中Alの時間分解：Al I 309.271 nm (AlCl₃; b.p.182°C) とFe309.278 nm (FeCl₃·6H₂O; b.p.280°C) の波長差は0.007 nmである。図2に時間分解法と従来法の検量線を示す。LD (n=10, 3σ) は2.4 μg l⁻³、またAl70 μg l⁻³のRSDは10.1%であった。Side-onではこのような微量域の分離は非常に困難で、End-onの効果が良く現れている。
- (3) Mo中のMnの時間分解：Mn II 259.373 nm (MnCl₂; b.p.1190°C) とMo II 259.371 nm (MoCl₅; b.p.268°C) の波長差は0.002 nmである。I-T曲線は図3に示すようにMoとMnの分離が極めて明瞭であった。

5 蛍光X線分析

Mx効果の補正にde Jonghの「理論α係数法」及び「FP法」の適用による研究を行った。理論α係数補正法を金属直接分析としては、Ni基合金²⁶⁾、及びチタン合金²⁷⁾、ガラスビード/XRFとしては含Nbスラグ²⁸⁾、Ni基合金²⁹⁾、チタン合金²⁷⁾、及び酸化物超電導体³⁰⁾に適用し良好な結果を得た。

FP法は最小限1個の多元素認証標準物質で分析可能という利点がある。自家製多元素基準試料を作製し、Ni基合金²⁶⁾及びチタン合金²⁷⁾分析に適用し良好な結果を得た。また、ガラスビード法によるチタン合金³¹⁾分析においても1個の検量線用ガラスビード試料により良好な結果を得た。

ガラスビード法は試料形状が一定の必要がなく、検量線の作成が標準溶液で調製出来る。本研究では、試料を酸で

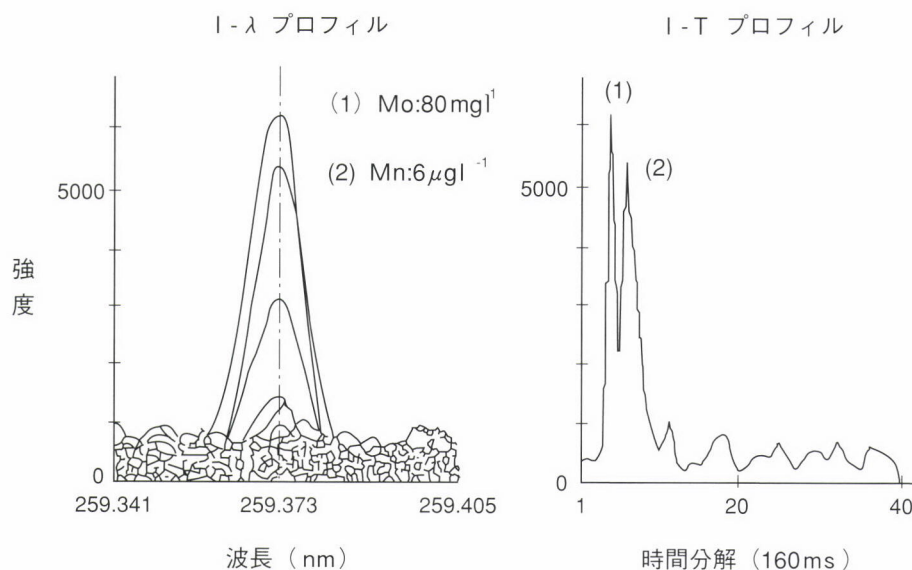


図3 モリブデン溶液中マンガンプロフィール

分解し、蒸発乾固後加熱し一部分酸化した塩の状態で良好なビード試料を作製可能とした。更に、希釈率の低下による感度低下を防ぐことを試みた。例えば深海底質土分析³²⁾では、試料2gに融剤0.4gで良好なガラスビードの作製を可能とした。従来、ガラスビード法は10倍希釈等が行われ、一方、希釈率を高くすることによりMx効果がなくなるという考えで補正せずに定量がされていた。著者らの研究では補正を行うことで、湿式化学分析の精度及び正確さに匹敵する各種分析法を確立した。

酸化物超電導体の研究では少量試料でガラスビード (φ 12mm) の調製を可能とするPt-5%Au融解鋳込み兼用型をつぼを新たに考案した。La系、Y系、Bi系、Tl系及びNd系酸化物超電導体の13元素の定量法を確立した。毒性が強く、b.p.の低いTl₂O₃を含むTl系超電導体では400℃という低温でガラスビード試料を調製可能とした。

6 おわりに

栄えある日本鉄鋼協会浅田賞という大きな意義深い賞を授与下さいましたことに対し、関係各位の皆様に深甚なる感謝の意を表する次第である。

今、世界的に分析値の信頼性の確保が、単に科学の分野のみならず産業、医療、環境保全等の分野で非常にクローズアップしている。例えば、環境基準が制定され、モニタリングにより分析値が出されても、信頼性のないデータでは無意味である。ある国では隣国の分析所に依頼をすれば安価であるという理由で隣国への依頼が増加しているという。このような背景のもと、分析所間あるいは国家間で相互に分析結果を容認する必要性が生じている。分析方法の国際標準化と共に分析の品質管理が国際的動きとなってい

る。試験所の認定、国際品質保証規格 (ISO9000)、優良試験所基準 (GLP) 等が関係している³³⁾。

鉄鋼及び金属の化学分析に対する認識がこれほど高まってきたことは近年にないことである。一方、化学分析の空洞化が危惧されていた。上記の国際的動向はこれらに歯止めをかけるかもしれない。

引用文献

- 1) P.Boumans : J.Anal.At.Spectrom., 8 (1993) , p.767
- 2) 小林剛 : まてりあ, 33 (1994) , p.313
- 3) 小林剛, 長谷川信一, 吉岡孝之, 長谷川良佑 : 日本金属学会誌, 58 (1994) , p.789
- 4) 高橋且征, 吉岡孝之, 中村佳右, 大河内春乃 : 日本金属学会誌, 48 (1984) , p.418, 49 (1985) , p.463
- 5) 高橋且征, 中村佳右, 鈴木俊一, 大河内春乃 : 分析化学, 35 (1986) , p.662
- 6) K. Yamada, C. W. McLeod, O. Kujirai, H. Okochi : J. Anal. At. Spectry., 7 (1992) , p.661
- 7) O. Kujirai, M. Kohri, K. Yamada, H. Okochi : Anal. Sciences., 6 (1990) , p.379
- 8) O. Kujirai, K. Yamada, M. Kohri, H. Okochi : Appl. Spectry., 40 (1986) , p.962
- 9) Y. Nakamura, K. Takahashi, O. Kujirai, H. Okochi : J. Anal. At. Spectry., 9 (1994) , p.751
- 10) Y. Nakamura, K. Takahashi, O. Kujirai, H. Okochi : Anal. Sciences. 投稿中
- 11) 中村佳右, 高橋且征, 長谷川良佑 : 分析化学, No.11 (1996) 印刷中
- 12) 大河内春乃, 高橋且征, 鈴木俊一, 佐藤幸一, 須藤恵美子 : 日本金属学会誌, 43 (1979) , p.146, その他3報

- 13) 鈴木俊一, 佐藤幸一, 中村佳右, 大河内春乃: 日本金属学会誌, 47 (1983), p.211, その他4報
- 14) 大河内春乃, 高橋且征, 鈴木俊一, 須藤恵美子: 日本金属学会誌, 45 (1981), p.100
- 15) K. Yamada, H. Yamaguchi, O. Kujirai, H. Okochi: Materials Transactions, JIM., 32 (1991), p.480
- 16) M. Saito, F. Hirose, H. Okochi: Anal. Sciences., 11 (1995), p.695
- 17) 広瀬文雄, 伊藤真二, 大河内春乃: 鉄と鋼, 77 (1991), p.598
- 18) Y. Nakamura, K. Takahashi, O. Kujirai, H. Okochi: J. Anal. At. Spectry., 5 (1990), p.501
- 19) 伊藤真二, 大河内春乃: 分析化学, 31 (1982), p.153
- 20) 郡宗幸, 伊藤真二, 佐藤幸一, 大河内春乃: 分析化学, 32 (1983), p.57
- 21) 吉岡孝之, 山口仁志, 大河内春乃: 日本金属学会誌, 49 (1985), p.450, 49 (1985), p.469
- 22) 吉岡孝之, 大河内春乃: 日本金属学会誌, 56 (1992), p.81
- 23) 大河内春乃, 吉岡孝之, 森本行俊: 特願平2・111264, 2. 4. 25 (1990)
- 24) 小林剛, 井出邦和, 大河内春乃: 日本金属学会誌, 50 (1986), p.921
- 25) T. Kobayashi, K. Ide, S. Hasegawa, H. Okochi: Progress of Analytical Chemistry in the Iron and Steel Industry (Luxenburg), (1992), p.234
- 26) 伊藤真二, 佐藤幸一, 井出邦和, 大河内春乃: 分析化学, 35 (1986), p.T33
- 27) 伊藤真二, 佐藤幸一, 高橋順二, 大河内春乃: 日本金属学会誌, 52 (1988), p.797
- 28) 佐藤幸一, 伊藤真二, 井出邦和, 大河内春乃: 分析化学, 34 (1985), p.T57
- 29) 佐藤幸一, 伊藤真二, 中村佳右, 大河内春乃: 分析化学, 36 (1987), p.T46
- 30) 佐藤幸一, 伊藤真二, 大河内春乃: 鉄と鋼, 79 (1993), p.948
- 31) 佐藤幸一, 伊藤真二, 大河内春乃: 鉄と鋼, 77 (1991), p.179
- 32) 佐藤幸一, 郡宗幸, 井出邦和, 堀田宏, 大河内春乃: 分析化学, 44 (1995), p.143
- 33) 柿田和俊: 第8回分析科学フォーラム「分析業務におけるQC&QA」, 日本分析化学会, (1996), p.7
久保田正明: 第7回分析化学フォーラム「分析値の信頼性の向上」, 日本分析化学会, (1995), p.27
(1996年5月31日受付)



最近の科学技術情報分野における情報検索の動向と今後

諏訪秀策

Shusaku Suwa

日本科学技術情報センター 専門役

Recent Trend of Information Retrieval for Science and Technology

1 あらまし

最近の「情報」をめぐる話題は豊富で多様性に富んでいる。インターネットの出現で、数年前には考えられなかったような事態が起こり、先の予測がつけ難い状況にある。

本文では「情報」と言うものの特質を述べた後、最近の「情報を取り巻く環境」のいくつかをトピック的に概観し、将来の情報検索の動向を述べる。そして最後にJICSTの将来計画の一端を紹介する。本文で扱う情報とは、科学技術情報（狭義には文献情報）を対象とするが、時に一般論として枠をはみ出すこともある。

2 情報とは

よく言われるようにヒト、モノ、カネ、情報は、4点セットで社会を動かす基盤を成している。また、世界は物質、エネルギー、情報から成り立っているとする人もいる。いずれにしても、情報は重要な構成要素の一角を占めている。

情報を制する者は「××」を制するといえる。情報には、社会的側面、経済的側面、技術的側面等色々あるが、以下のような切り口もある。

- ・情報の価値・有用性（使う人によって全然異なる。）
- ・情報の資源性（たまと価値が出てくる。）
- ・情報の保存性（使っても減らない。）
- ・情報の秘匿性（秘匿が原則。公開の方がまれ。）
- ・情報の信頼性・信憑性
- ・情報の鮮度（速報性、賞味期間）
- ・情報の寿命（有効期間）
- ・情報の価格（市場性・商品性）
- ・情報の権利保護（著作権・特許）
- ・情報の多様性（マルチメディア）
- ……情報の表現能力（メディア）
- ・情報の供給（安定性、量、質）
- ・情報の即時入手性（オフライン、オンライン、リアルタイム、オンデマンド）

・情報の保持コスト

・情報格差（地域的、経済的、政治的、文化的……）

以下にこれらの切り口の幾つかを取り上げて考えて見る。

1) 情報の価値・有用性

情報の価値は、それを使う人の価値観と使うタイミングによる。猫に小判の例えもある。“Time is money.”は投資であるが、“Timing is money.”は投機であり、情報を使うタイミングが最も重要なこととなる。

2) 情報の資源性

情報を集積し、加工し、利用可能にすることを情報の組織化と言い、さらには資源化ということが言われる。「たまと価値が出てくる。」ということもその一端である。

3) 情報の保存性

情報には使っても減らないという性質がある。理科の実験に電気盆というのがある。摩擦電気を起こし盆に帯電させる。この摩擦電気を取り出すのに何回取り出しても又出てくる。情報は、物理的なコピー、電子的なコピー等複製という手段で、使っても使っても、元（オリジナル）は残っているという性質がある。

4) 情報の秘匿性

情報の価値とも関係が有るが、他の人が知らないことを知っていることに価値がある。例えば、株のインサイダー取引情報、入札予定価格、各種ノウハウなどがある。軍の場合、相手側の動きを知る事はもちろんであるが、近代の情報戦では、相手側がこちらの事をどれだけ知っているかを探るのも重要な任務となる。情報は、本来秘匿されるもので公開される方がまれである。情報公開・開示と世間で騒がれている所以でもある。

5) 情報の信頼性・信憑性

インターネットでは、情報発信が誰にでも出来るようになるのでこれが問題となってくる。デマ、虚報、情報攪乱（disinformation）、情報操作などに気を配る必要が出てくる。

6) 情報の鮮度・速報性

オリンピック等のテレビ衛星中継で世界中が同一の鮮度で情報に触れることが出来る環境ができた。科学技術情報

の世界でもインターネットという風穴があけられ世界中が同一鮮度で情報の取得・交信がただ同然で可能と成ってきた。従って世界的レベルでの新鮮さが情報に求められる事になった。日本の情報発信・情報受信にタイムリーさが求められ、機械翻訳の必要性も増すであろう。

文献の場合でも、論文のプレプリントが出版物の発行前に出回るといった形態が一部あるが、電子投稿による電子ジャーナルの発行へと移行する方向にある。文献の2次情報も情報の鮮度を上げることが望まれている。

7) 情報の寿命・有効期間

科学技術でいえば数年から数十年のスパンが一般的と思われるが、材料、技術の革新があるとがらりと変わる。プラスチック、半導体等の出現がその一例である。地学の分野では対象が対象だけに情報の寿命はかなり長いという。

しかし、技術思想的には温故知新で、かつて実現できなかったものが、技術・材料の進歩で後に実現していくものもある。

8) 情報の価格・市場性・商品性

大雑把にいった欧州では、文献情報は図書館の流れで、情報は無料、米国では文献情報は経済情報の流れで情報は有料といえる。日本はその中間に位置する。インターネットはアカデミックな世界から出てきたので情報は無料の流れに属する。従ってインターネットの世界でお金を取ったりすると色々問題が発生する。

9) 情報検索

情報検索 (IR: Information Storage & Retrieval) とは、情報の蓄積と検索の側面があり、先にあげた切り口からそれぞれの吟味を必要とする。

10) その他

古代中国の荘子の言「ものをものたらしむるものは、ものにあらず。」を借りれば、「情報を情報たらしむるものは、情報にあらず。」となり、まさに使う人によることになる。

3 最近の情報を取り巻く環境

3.1 デジタル文化への指向

あらゆる情報はデジタル化され、蓄積されて、流通するというものである。文字、画像 (静止画、動画)、音声 (Voice, Sound) などについて、デジタル化はマルチメディアの基礎を提供している。写真、映像、音楽など芸術の領域も包み込んで行き、旧来文化を乗り越えて、見たこともない新しい文化が創造されていく。

デジタル化情報の、記憶媒体が経済的で、高速な情報読み出しが出来ること、ネットワーク上の高速転送が出来ること、パソコンサイドの高速画像処理 (大きな主記憶容量が必要) などが相まってマルチメディアを容易にした。

また、情報を欲しいときに欲しいだけ得られるオンデマンド (on demand) の実現にインパクトを与えた。音楽CD、CD-ROMが実用化され、デジタルビデオディスクDVDの発売も間近い。また、情報のデジタル化は、情報のペーパーレス化、電子出版、電子図書館 (digital library)、電子商取引 (electronic commerce) を促進させる。

3.2 GUIによるパソコンの操作性の飛躍的向上

クライアント/サーバー (C/S) システムによる情報の分散処理が広まってきた。これは分担処理といった方が分かり易い。それに伴い、情報を取り扱うのに、視覚的な操作手段、GUI (Graphical User Interface) が導入され、コンピュータや端末の操作性が飛躍的に向上した。パソコンのウインドウ画面のアイコン (絵記号) やボタンを選択するのに「マウス」を使って操作するもので、「ポイント・アンド・クリック」といわれる。従来のキーボード入力のみの世界とは異なり、カラフルになり操作性が抜群に向上した。GUIソフトとしては、Windows版、Mac版、UNIX版などがスタンダードとして定着した。CD-ROMの検索でもパソコンを使うので同様なことが起きている。

今までのオンライン情報検索ではキャラクター入力のコマンド形式で、行情報 (line by line) の送受信でやりとりを行っていたが、今後はウインドウ型の検索手段に順次移行していくに違いない。何かを「選ぶ」という思想が強く、固定的なメニュー方式ではなく、必要な時にメニューを出すプルダウンメニューも取り入れたナビゲーション型となっている。また、標準的な操作に優れ、デフォルト (省略時解釈) に優れたものとなっている。とにかく覚えることが少なく、直感的に扱えるようになってきている。私は、simple equal betterということを目頃いつているが、まさにそれを地で行くものである。

3.3 インターネットによる情報通信革命

インターネットのインパクトは、1) 情報流通に飛躍的進歩、大衆化をもたらしたこと、2) マルチメディア普及へ展望が開けたことである。インターネットは従来の通信とは異なった発想から出ている。すなわち、無政府状態、責任者不明、自衛型、生物的発想 (非集中、分散) 等々お上の威光の及ばない無法地帯ともいえる。

その原点は核攻撃でも全滅しないネットワーク作りを目指した米国国防省のARPANETにあり、その後学術的な研究情報ネットワークとして規制、法律等とは遠い所で発展してきた。

インターネットを流れるデータはかつて駄目だといわれたこともある「データグラム」と呼ばれるパケットである。データグラムは投げ込み式普通郵便のようなもので、まれ

には途中で消えてしまう。電子メールも届いたかどうか別途確かめねばならない場合もある。不安定さはあるが、一旦、接続のための投資がなされれば、ただあるいは非常に安く米国、欧州、東南アジアと世界中どこでも通信が可能となる。高速化のおかげで、画像、音もやりとりでき、マルチメディアの実現、普及に貢献している。

インターネットの運用の世界は、街道筋の親分の世界と同じで、使いたい人はどこかの親分の庇護の元に入る。親分は、子分を抱え面倒をみる。面倒とは接続のことで、そのため国内接続線一本と国際接続線一本を持ち組を仕切り親分をはる。親分衆が集まって国内の接続を可能とし、親分はまた外国の親分と話をつけ、国際接続を可能とする。米国の親分と話をつければ、欧州その他の分も引き受けてもらえる仕組みである。現在、日本国内はアカデミックと商用の世界とに二分され、インターネットを利用したい人はいずれかに属さなければならない。ただ、今だにアカデミックと商用の間の接続は研究（実験）という位置付けで行われている。

インターネットで利用出来る主な機能は、

1) WWW (World Wide Web)

情報の発信及び情報の受信のツール。世界的規模のくもの巣状情報ネットワークを構成するもので、ワールド・ワイド・ウェブあるいは単にウェブ (Web) と呼ぶ。

2) 電子メール (E-mail)

世界中の人々とメッセージのやりとりができる。「メーリングリスト」というものに登録しておく特定の情報を流してもらえる。電子メールは情報サービスのヘルプデスクでも多く使われるようになってきている。JICSTで最近開始した機械翻訳サービスでは原稿と訳文のやりとりを電子メールで行っている。

3) テルネット (telnet)

リモートログインともいわれ、遠隔地のサーバー (ホストコンピュータ) に端末を接続し、データベースの利用や計算機を利用する。従来からある伝統的な利用方法である。
(例) URL telnet://jois.jicst.go.jp

URLは、Uniform Resource Locaterの略で接続先ホスト名を指す。

4) FTP (File Transfer Protocol)

よそのコンピュータのファイル (データ、プログラム) を取り寄せる。最近ではドキュメント、例えばニュースレター、マニュアル等はFTPで入手する (郵送して貰えない)。

5) ネットニュース

ネットワーク上のニュースを見たり、自分も書き込める電子掲示板 (BBS: Bulletin Board System) がある。

今やインターネット最大の特長と成ったWWWは、情報受発信のツールとして世の中に強烈なインパクトを与えつ

つある。世の中に発信したい情報 (コンテンツ) をWWWサーバーに搭載し、世界中からのアクセスを可能にする。WWWサーバーには、入口にある案内の「ホームページ」から次のページあるいは他のデータや他のサーバーへ次々に「リンク」を張っている (飛んで行ける)。

情報源側のWWWサーバーのデータは、HTML (Hyper Text Markup Language) 言語で記述され、処理、転送ができる。HTMLは、文字、画像、音などをハイパーテキスト (階層化、ブロック化) として扱う事ができる。端末側 (クライアント) には、WWWブラウザ (Browser) という閲覧ソフトを用意する。これにモザイク (Mosaic) と名付けられたソフトが1993年に開発され、世の中に無償で配布されるようになって爆発的に普及した。その後、Netscape Navigatorの名で商品化され普及を続けている。端末側では、画面のアンダーラインの引かれたキーワード部分をマウスでポイント・アンド・クリックするという簡単な操作で、ホームページからリンクされた情報をいもずる式にたぐっていきける。

WWWサーバーには、イメージスキャナーを使って画像の取り込みが容易なため情報発信のツールとして急激に脚光を浴びてきた。また最近、28.8kbpsの高速電話モデムによるWWWホームページ受信がパソコンでも実現し大衆化に拍車がかかってきた。1993年には、世界中で50位しか無かったWWWサーバーが現在数万を越え、毎年非常な勢いで増えている。そこで世界中のWWWサーバーのホームページ情報を自動的に集め索引を作りデータベース化するソフト「WWWロボット」 (サーチ・エンジン) が開発され、それで作られたデータベースがサービスに供されるようになった¹⁾。「インターネットの情報検索」と言った場合は、このWWWホームページを探す検索を指している。

インターネットの与えるインパクトを列挙すると、

- 1) 通信料がただあるいは非常に安いので世界中の距離感をなくし、地域格差、情報格差をなくす。どこに住んでいても条件に不利はない。この時点で国境の壁も突破。
- 2) 高速での通信が可能なので文字、画像 (静止画、動画)、音などマルチメディア型の普及に貢献する。
- 3) パケット通信だがリアルタイム性もあるので……
- 4) オープンで規制がなく、情報の発信・受信は自由 (卑わいなものには社会的規制がかかりそう)。一般の人が世の中に向けて情報発信が可能となった。また国家間で会議を開いて決めることもないから採用技術の進歩が早い。
- 5) 極端には、いいものは世界に一つで良い。データ、データベース、ソフト等々良いものが世界中に広まる。改良の余地があると他の人がやってもっと良いものが出てくる。
- 6) 既存通信・放送への影響

インターネット電話、インターネットFAX、インターネ

ット放送等々の出現。

7) ペーパーレス化へ

電子新聞、電子出版、電子投稿、電子図書館、電子商取引 (CALS) 等に影響を与え促進する。

8) 新しい文化、新しい社会の創造。

インターネットの問題点として、責任者は誰だといっても誰だか分からないこと、使える時に使っておくこと (うまく接続出来ないこともある)、データのセキュリティが心配 (通信伝送中に他人に見られる恐れがある)、マルチメディアの著作権等、を承知しておく必要がある。

3.4 全文検索と全文データベース

ここで全文検索 (フルテキストサーチ) と全文データベース (フルテキストデータベース) の違いを見ておく。まず全文検索であるが、検索の対象とする項目の文字列を全部サーチ (スキャン) するものをいい、原文 (オリジナル) 全体があってもなくてもよい。従って、抄録のテキストをサーチするものでも全文検索という。一方、全文データベースは、原論文・記事の全体をデータベースに取り込んだものである。但し、サーチ可能なキャラクタベースのものを一般にいう。全文データベースには出版のためにデジタル化された原文が使われるのが普通であるが、データベースに取り込まれるだけで出版されないケースもある。全文データベースといった場合に、原文をイメージ形式で入力し蓄積しているケースもあるので注意する必要がある。この場合、直接サーチできないので、別に検索用のキーを付ける。

電子出版のために原稿を、標題とか、著者とか、本文とかタグ付き (tagged) で記述する SGML (Standard Generalized Markup Language) 言語が普及してきた。学協会誌の作成で、論文・記事の出版・印刷とデータベース化両面での活用を狙っている。JICSTでも「情報管理」誌の SGML化と全文データベース化を予定している。

全文検索が注目されるのは、データベースを作る側と、利用する側のそれぞれの理由がある。作る側では、キーワードや分類を付与する索引付け (Indexing) の労力とコストの負担が重くなってきた。利用する側には、専門サーチャーだけでなく一般の人も検索するようになって来たので、フリータームでサーチをしたい。またデータベース作成のタイムラグや新語対策の意味もある。ただし、非加工ゆえソーラス統制語データベースの利点は得られないことや、同義語の対策がサーチャーに委ねられることがある。また、著者の作成する抄録・本文の用語が適切かどうかとも問われるなど弱点もある。全文検索の高速アルゴリズムは発達し、漢字でも可能となった。

3.5 オンライン情報検索サービス

JOIS (JICST)、PATOLIS (日本特許情報機構)、NACSIS-IR (学術情報センター) など日本を代表するオンライン情報検索サービスは、日本語で検索し回答するという日本的風土に合ったサービスとして定着している。STN、DIALOG、MEDLINE (米国国立医学図書館NLM) などの国際的なオンライン情報検索サービスも広く利用されている。これら大規模なサービスはメインフレームのホストコンピュータによるもので、コマンド方式が主で、ごく一部でメニュー方式が採用されているが、GUIの採用は遅れている。GUI採用の動きはまず端末側に出て、STNのSTN Express、DIALOG用のCustom DIALOG²⁾、NLMのGrateful Medなど端末側に入れる検索用ソフトが出回っており、GUI活用の方向にある。この場合、いずれも検索式あるいは検索の条件設定はホストへ接続する前に端末側でローカルになされるので接続時間に追われる心配がなく好評である。新しい試みとして、米国化学会 (ACS) のCAS (Chemical Abstract Service) では化学技術情報サービスとしてGUI利用のSciFinderを1995年4月から開始している³⁾。

3.6 CD-ROM

昨今のCD-ROMの普及には目を見張るものがある。理由は二つで、製造コストの低下、パソコン搭載の読取装置の普及、にあると考えられる。定価千数百円の雑誌にCD-ROMが付録に付くまでになっている。

今まで印刷物とオンラインの形態で提供されていたデータベースがCD-ROM (600MB/枚) でも提供されるようになった。JICSTでも、冊子体の抄録誌「科学技術文献速報」のCD-ROM版 (季刊)、「JICST資料所蔵目録」のCD-ROM版を出している。NLMのMEDLINEデータベースのCD-ROM版は数社から出されており、マルチユーザー利用も許している。使われ方としては、古い分でよく使うものはCD-ROM、新しい分はオンラインと使い分けができる。古い分でもまれにしか使わないならオンラインの方が面倒がない。

欧州のADONISは発足以来12年を経過したが、現在では65以上の出版社が集まってElectronic document deliveryとして、621誌以上の論文を収録した全文データベースとしてのCD-ROMを発行している。当初、欧州の医学・薬学雑誌から始ったが米国のものも入り、また関連する生化学、分子生物学、化学等も入ってきた。

3.7 知識ベースの利用

データベースの作成、データベースの検索にソーラスの活用が行われている。例えば、JICSTデータベースのJICST科学技術用語ソーラス、MEDLINEのMeSH医学用

語シソーラスなどがある。これらは知識ベースとして、GUIを生かした端末側（クライアント）に装着される傾向があり、キーワードリストからの語句の選択が可能となり、ユーザーのキーボードからの文字列の入力の負担を軽減する。NLMの端末側の検索用ソフトであるGrateful MedはMeSHを内蔵している。JICSTでは、データベース作成の効率化を図るため、知識ベースとGUIを活用したMac搭載の抄録・索引支援システムを開発し使用している⁴⁾。

また、検索時にキーワード入力ではなく質問を句または文章で入力してよいシステムの開発も行われている。入力質問文は知識ベースにより解釈される³⁾。

3.8 情報の電子流通

米国政府情報の流通（ロケータサービス）⁵⁾や、オンラインホストのゲートウェイにからんで、ANSI Z39.50という標準が注目を集めている。これは、情報検索のためのサーバー（ターゲット）とクライアント（オリジン）間通信プロトコルとして用いる。オリジンから検索式を含むサーチリクエストをターゲットに出し、ターゲットからオリジン

に検索結果をサーチレスポンスで返す。Z39.50利用では、米国の電子図書館プロジェクトで、コーネル大学、カーネギメロン大学、OCLCなどで進行中のものがある。システム間のゲートウェイとして、STNとOCLCとの間のリンクの計画もある。また、インターネットの情報検索のためのWAIS（Wide Area Information Service）のクライアント／サーバー間の通信プロトコルとしても用いられている。JICSTのJOISとSTNのゲートウェイ接続にもZ39.50を用いる計画が進行している。電子図書館については詳しくふれる余裕がないので参考文献⁶⁾を参照されたい。

4 オンライン情報検索の将来

- 1) ネットワークの発展によりデータベースの所在は世界中のどこでも良い。例えば朝日新聞のWWWサーバーは現在米国のカリフォルニアにある（URL <http://www.asahi.com>）。
- 2) ネットワークの発展によりいつでも情報を取り寄せられる（on demand）。情報の常時自己保有は必要ない。
- 3) ネットワークの発展によりマルチメディアを駆使できる。

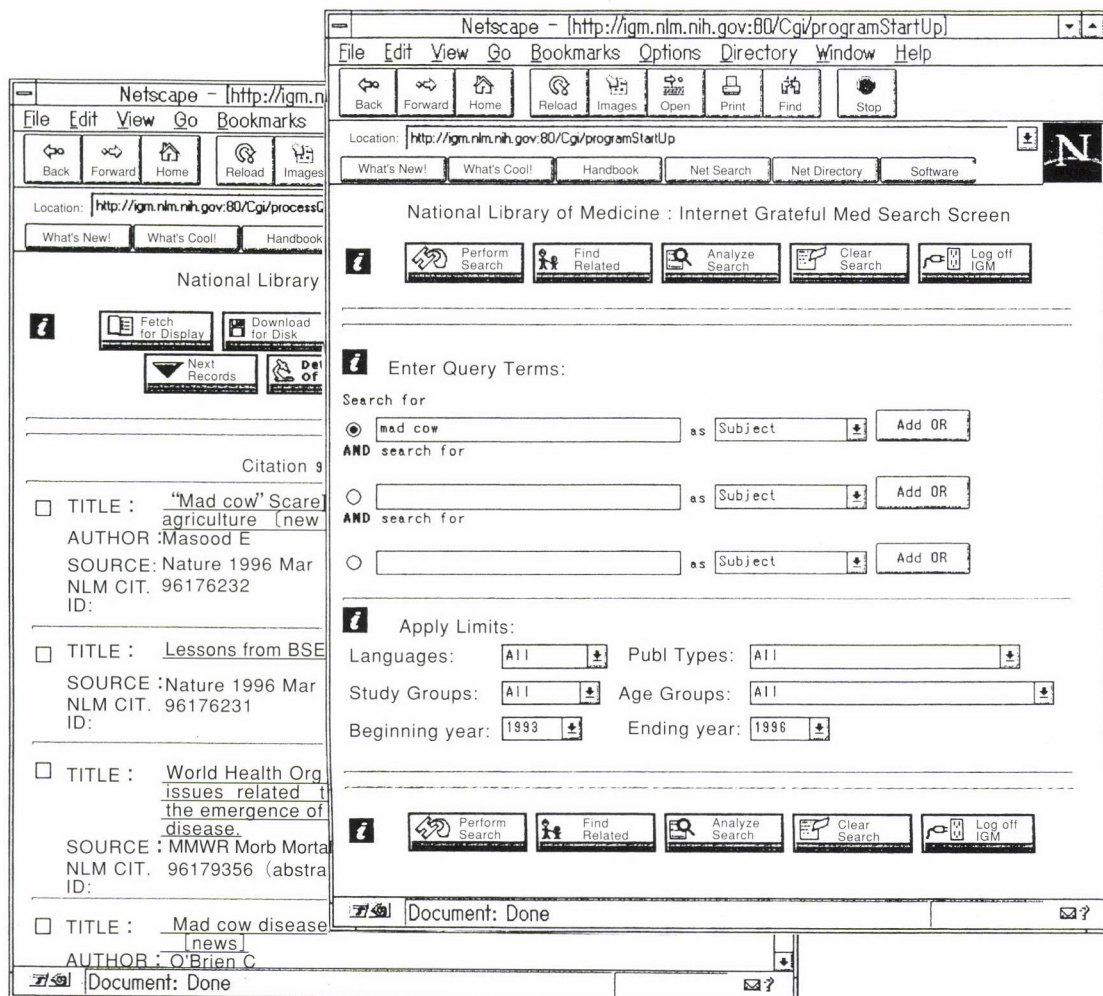


図1 Internet Grateful Medの検索画面、回答画面⁷⁾

- 4) しかしネットワークの信頼性と安定性をどう担保するかが課題である（自衛手段は）。
- 5) 端末側の操作性は、知識ベース、GUI等の活用により抜群に改善される。
- 6) オフライン情報もネットワークで電子配信（電子メール、FTP、WWW、FAX）される。現行のオフライン情報としては、文献検索の例ではオフライン回答書、SDI検索回答書、原文コピーなどがある。
- 7) WWWを利用した情報検索サービスが最も有望である。当初、WWWは情報発信の手段と見られたが、端末側からの入力も可能となり対話も可能となった。NLMで今年4月から公開したInternet Grateful Medにその一端がうかがわれる⁷⁾。これはWWWサーバーのホームページに、端末よりNetscape等のブラウザでアクセスし、MEDLINEデータベースを検索するもので、端末側には特別のソフトはいらない（URL <http://igm.nlm.nih.gov/>）（図1）。この場合、知識ベースはサーバー側にあり、毎年改訂されるMeSH用語のファイル修正の対応を容易にしている。

一方DIALOGで提供を開始したものも、端末よりNetscape等のブラウザでWWWサーバーのKR ScienceBase

のホームページにアクセスし、そこで案内により検索を進める。その中でDIALOGのデータベースに自動的にアクセスする。端末側には特別のソフトはいらない（URL <http://krscience.dialog.com/>）^{2,8)}。

STNでも近々「STN Easy」として同様なサービスのテストを開始することになっている。

WWWでは標準化が進んでおり、Windows、Mac、Unixいずれの端末からでもサービスが受けられる。

5 JICSTの次世代サービス

日本科学技術情報センター（JICST）は、日本の科学技術情報流通の中核的機関として、昭和32年より39年近く、国の内外に情報サービスを提供してきた。JICSTは文献情報（2次情報）を主体に、オンライン（JOIS,JOIS-F）で情報サービスを行い、冊子体、CD-ROMで補完した形を取っている。また、米国、ドイツの情報機関と手を結びSTN-Internationalのオンライン情報サービスも展開している。最近では、米国立医学図書館（NLM）のオンライン情報サービスMEDLINEの提供サービスの取り次ぎも開始した。

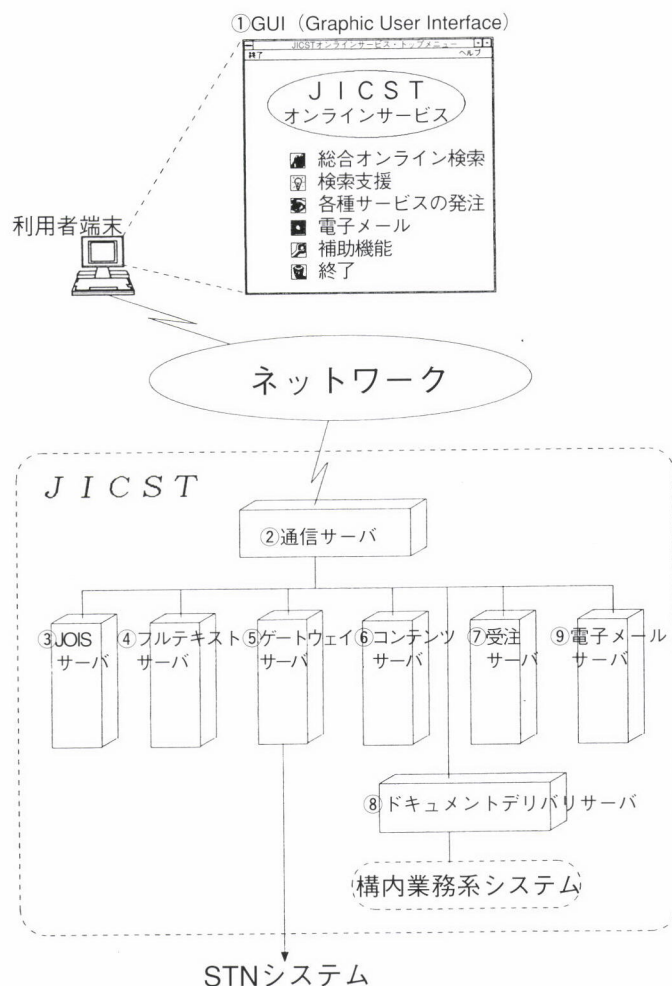


図2 JICST新総合情報システムの構成概略⁹⁾

昨今のC/Sシステムによる処理形態の変化、インターネットの目覚ましい発展で、JICSTの情報サービスも見直しを迫られている。JICSTでは次世代のサービスに関しては、1) 従来型サービスシステムの高度化、2) 新たな機軸としてのサービスシステムの開発、の二つを進めている。前者については、ここ数年をかけて「JICST新総合情報システム」(図2)を構築すべく努力している⁹⁾。

後者については、研究者の創造的研究を直接支援する目的でファクト系の研究基盤データベースとして、「高機能基盤物質データベースの開発」、「高機能基盤生体データベースの開発」に着手した¹⁰⁾。

「JICST新総合情報システム」について、特徴的なことをあげれば、1) 統合化 (JOISに接続してJOIS、JOIS-F、STNのデータベースを選択する。3システム共通検索インターフェイスのGUI利用ソフトの提供)、2) フルテキスト (学協会の協力の下に学会発表予稿集等を手始めに)、3) ゲートウェイ (ANSI Z39.50によるJOIS-STN)、4) ドキュメントデリバリー (イメージによる原論文提供含む) などである。なお、GUI利用検索はWWW経由にする方向にある。

参考文献

- 1) Stacey Kimmel: "Robot-generated Databases on the World Wide Web.", DATABASE, Vol.19, No.2, (Feb./Mar.1996), p.40-43, 46-49
- 2) 浅木宏司, 小田島亘: "DIALOGの新しい検索インターフェイス", 情報の科学と技術, Vol.45, No.11, (1995), p.586-590
- 3) 原修, 上野京子: "GUI (Graphical User Interface) サービスの事例—CASの研究者向け情報サービス: SciFinder—", 情報の科学と技術, Vol.45, No.11, (1995), p.579-585
- 4) 河村昌哉, 高野文雄, 佐原卓, 原田英二: "JICST抄録・索引支援システム「NAISS」—JICSTにおけるデータベース作成の効率化—", 第32回科学技術研究集会発表論文集, (1996), p.163-174, 日本科学技術情報センター
- 5) 小寺正一: "米国政府情報の電子流通をめぐる最近の動向" 科学技術文献サービス, No.107, (1995), p.1-9
- 6) 済賀宣昭, "電子図書館の動向と課題—進化する図書館—", オンライン検索, Vol.16, No.3, (1995), p.85-100
- 7) 渡辺俊彦, 福島勲: "Internet Grateful Medと統合医学用語システムの概要", 情報管理, Vol.39, No.4, (July 1996), p.267-283
- 8) John Lescher, "DIALOG on the Net. KR Science Base.", ONLINE, Vol.20, No.3, (May/June 1996), p.38-40, 42, 44-46, 48, 50
- 9) 大倉克美, "次世代のJICSTオンラインサービス", 情報の科学と技術, Vol.45, No.11, (1995), p.566-569
- 10) 小野寺夏生, "ネットワーク時代におけるJICSTの情報環境" 理研シンポジウム「先端的研究機関における情報環境」講演要旨集, (1995.11), p.12-20, 理化学研究所

※追記

日本科学技術情報センター (JICST) と新技術事業団 (JRDC) は統合され、1996年10月1日より新たに科学技術振興事業団 (JST) として発足します。

(1996年7月19日受付)

展望

21世紀はメンテナンスの時代

沢出 稔
Minoru Sawaide

清水建設(株)技術開発センター
主査 所長スタッフ

Coming 21C Become the Age of Maintenance

1 はじめに

今日、我々の生活はコンクリート構造物の上に成り立っていると言っても過言ではない。これらコンクリート構造物は、かつては「永久構造物」と称され、特別な手当をしなくても100年位の耐用年数が十分にあると考えられていた。そのためにコンクリート構造物のメンテナンスについては軽視される傾向にあった。また、供用中のコンクリート構造物の補修を取り沙汰することは、利用者の無用な不安感を増長するという理由から出来るだけ避けるようになってきた。

昨今、恒常的なメンテナンスが必要である例として、1930年代に整備された米国の社会資本(道路、橋、高層ビル等)が、必要なメンテナンスを怠ったために60年を経過した現在急速に劣化が進行し、一部のものは補修も不可能な状況に追い込まれていることが挙げられている。

日本に於いても1980年代にTVを賑わせた「コンクリートクライシス」騒動により、コンクリート神話は崩壊し、コンクリート構造物が永久に保つものでないことが一般の人々に認識された。1995年のあの阪神大震災では、強くて丈夫なコンクリート構造物も簡単に壊れることがTV等で克明に映し出された。さらには1960年代に高度成長と共に、一気に充実された日本の社会資本も30年が経過し、劣化が取り沙汰されており、有効な補修工法が模索されている。

以上を鑑みると、インフラの整備のみに心を奪われるのではなく、それらの維持管理の必要性に目を向け、また、その方法についても真剣に考えなければならない時期に来ていると言えよう。

2 補修・補強工事の増加は時代の要請

近年、構造物の維持管理が注目され始めた背景には、コンクリート構造物の寿命を縮める要因が過去の事故例から明確になってきたことも理由の一端として挙げられる。以下にその物理的事由を列記する。

2.1 高度成長期に整備された社会資本の劣化

道路トンネルを例にとると、現在供用中の道路トンネルの総延長は約1600kmあり、その平均経年は20年であり、築後30年以上経っているものは全体の21%、350kmに達しようとしている。図1に経年別の道路トンネル延長距離を示す。その他、首都高速道路では供用されている220kmのうち60%が、阪神高速道路では160kmのうちの60%が築後20年以上経過している。図2に首都高速道路の供用延長距離と維持修繕費の関係をまとめたものの一例を示す¹⁾。これらの道路トンネルや高速道路は今後時間の経過と共にますます補修・補強が必要となってくる。

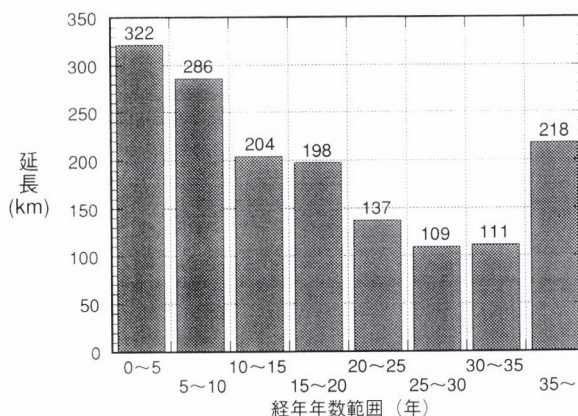


図1 経年別道路トンネル延長距離

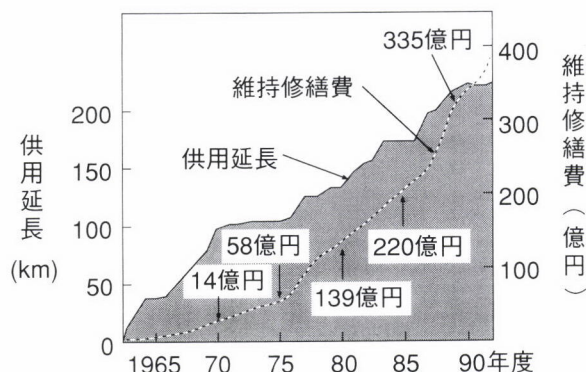


図2 首都高速の供用延長に伴う維持修繕費の増加

2.2 トラックの総重量規制の緩和 (TL-25対応)²⁾

国民生活と経済活動の基盤として重要な役割を担っているトラック業界も慢性的な人手不足と高齢化に頭を痛めている。2000年には業界全体で40万人もの人手不足が生じると運輸省は予測している。

この問題を緩和するために、1回あたりの輸送量を増やし輸送の効率化を図る事を目的として、道路を走れるトラックの総重量を20tonから25tonに規制緩和する事を決めた(平成5年11月)。これにより、道路、道路橋等の土木構造物をはじめとして、既存の建築構造物にも設計時に想定した以上の荷重が負荷されることになり、これらの構造物に対する補修・補強が緊急課題となっている。

この規制緩和に呼応して、全国で橋や道路の総点検が行われている。例えば、20ton荷重で設計されている所が多い首都高速道路や阪神高速道路では、25ton車の走行に対応するため、これまで以上により精密な点検と補強工事が求められている。また、日本の橋の大部分が20ton車が走行することを前提に設計されているので、安全性のチェックが必要となった橋の数は全国で5万を越えている。既存の流通センター(倉庫ビル)の大部分のものも、最大20ton車が入り出すとして設計されているので全面的な補強が必要となっている。

2.3 当初から問題を抱えていた構造物の劣化進行^{3),4)}

1964年の東京オリンピック開催に合わせて関連の建設工事が急増した。そのために建設に従事する労働者が不足し、粗製濫造と言われても仕方がない構造物が乱立した。それらの大部分はバブルの最盛期までに建て替えられたが、残されたものは築後30年経過し、劣化の進行が深刻な問題となっている。

また、1973年の第一次オイルショック時には、建設資材が不足した。特にセメントが入手困難となり、輸入セメントを含め低品質のものをやむなく使用して構造物が作られた。その時期に作られた構造物は通常の品質のセメントで作られた構造物と比較して劣化の進行が早く、それら構造物の補修・補強が急務となっている。

また、1970年代以降は川砂利、川砂の枯渇及び河川保護の法的規制によって、骨材として最適な河川産のものの入手が困難となり、碎石が全面的に用いられることとなった。一部の地域では海砂も用いられた。これにより、化学的に不安定な成分を含んだ碎石によるアルカリ骨材反応の発生、塩分除去処理が不十分な海砂による塩害の発生により、コンクリート構造物の劣化促進が加速された。

これらの要因に関連する構造物は、正常に作られたものと比較して寿命が短いと考えられることに加えて、既に築後20～30年経過しており、抜本的な補修・補強が必要とな

っている。

2.4 自然環境の悪化

コンクリートの中性化の進行速度は10年間で約1cmといわれている。近年大きな社会問題となっている地球環境の悪化がコンクリートの中性化を促進し、構造物の耐久性に影響を与えている。例えば、オゾン層の破壊の進行により高エネルギーの紫外線の量が増え、ビル等に用いられている仕上げ材の寿命が着実に短くなってきている事が指摘されている。

地球温暖化の直接の原因と言われている炭酸ガス濃度の増加は、コンクリートの中性化の促進に直接作用している。炭酸ガスや自動車の排気ガス等が絡み合って発生するとされている酸性雨は、森林体系は勿論のことコンクリート中のアルカリ分の溶出という形で直接コンクリート構造物を攻撃している。コンクリート中のアルカリ分が失われ、中性化が鉄筋の位置まで進むと、コンクリート(中のアルカリ分)による腐食抑制作用が失われ、コンクリート中の鉄筋に錆が発生し、構造物としての機能に重大な支障が生じる事となる。

2.5 環境問題にかかわる意識の変化

環境問題がエネルギーの問題であると捉える考え方がある。エネルギー消費を出来るだけ抑える意味からも、ビルの建て替えは避けようという意見である。高度経済成長期及びバブル経済最中のように、古くなったら、用途が変わったら、直ぐに取り壊して新しく作り替えるという、いわゆる「スクラップ&ビルト」的な発想から、メンテナンスを重視してきめ細かく手を加えることにより、構造物を出来る限り長持ちさせようという「ストック&リニューアル」的な考え方が強くなってきている。

2.6 経済成長鈍化に伴う投資余力の減少

わが国に於いては、今後人口の高齢化が急速に進み(図3)、生産年齢人口比率が低下していき、2011年にはそのピークを迎え、「労働人口減少社会」が到来することが予想されている⁵⁾(厚生省人口問題研究所 1992.9発表)。

また、現在14～15%程度の水準にある家計貯蓄率も、今後次第に低下して2010年には9%程度になるという試算がなされている⁵⁾。このため、将来は投資余力が減少すると考えられるため、既存設備の有効利用、即ち、メンテナンスがますます重要となってくる。

2.7 公共投資への期待

わが国は、急激な経済成長により、消費や投資等のフロ一面では世界のトップクラスにランクされるに至っている

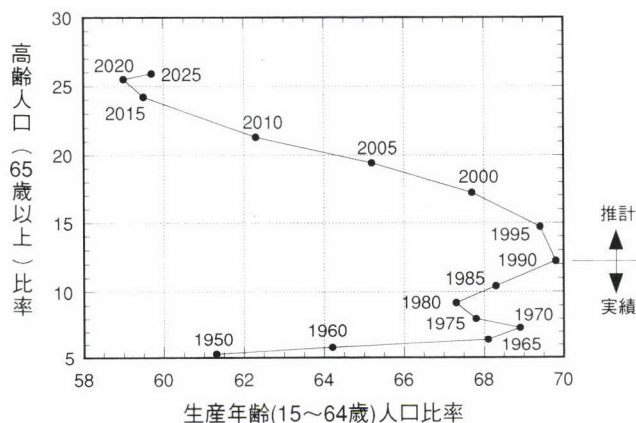


図3 高齢人口比率と生産年齢人口比率の推移
(図中の数字は西暦)

表1 公共投資基本計画の概要

○対象期間 1991～2000年度		
○投資総額 430兆円（用地費、補償費を含む） （1981～1990年度の実績見込額約 263兆円）		
○公共投資の機能別分類		
生活環境・文化機能	1981～1990年度 50%前半	1991～2000年度 60%程度
その他	40%後半	40%程度
○主要部門の整備目標		
下水道……………総人口普及率70%程度（1988年度末40%）		
都市公園……………住民1人当り面積10m ² 程度（≒5.4m ² ）		
廃棄物処理施設……………市町村が処理すべき廃棄物のほとんど全てを減量処理（1988年度末の減量処理率78%）		
住宅……………1戸当り平均床面積100m ² 程度（1988年度末89.3m ² ）		
（他部門の整備目標は各種公共事業関係長期計画において示される）		
（参考）（「建設白書」より）		
道路……………高速道路（高規格幹線道路）供用延長9,000km程度（1990年度末5,064km）		
治水……………大河川整備率（30～40年に1回の降雨量に対応）80%程度（1989年 60%）		

が、ゆとりや豊かさが十分に実感されているとはいえない。そこで、政府は一般公共事業費とは別に、1990年6月に21世紀に向けて社会資本の整備・充実を図っていく上での指針として、公共投資基本計画を策定した。表1にその概要を示す⁶⁾。これより、2000年までの向こう10年間の公共投資額を430兆円とし、「生活大国の実現」、「住宅・社会資本の整備」等の遅れているインフラ分野に重点投資をしていこうという政府の強い姿勢が読みとれる。

構造物に対する維持管理の必要性が認識され始めた現在、構造物に不具合が生じたから直すというだけでなく、近年ますますその現実性が話題となっている東海沖地震等の対策として、予防的な補修・補強工事費の全投資額中に占める割合の増加について、期待を込めて取り沙汰されている。いずれにせよ、コンクリート構造物のストックの増加に伴い、これらの補修・補強工事がますます増加する事は間違いのない事実である。

表2 既存建物の耐震改修促進法という特定建物の例

【特定建築物】

用 途	規 模
学校、体育館、病院、劇場、観覧場、集会場、展示場、百貨店、事務所、ボート場他運動施設、診療所、映画館、公会堂、卸売市場・物販店舗、ホテル・旅館、共同賃貸住宅、福祉センター、博物館・図書館、遊技場、公衆浴場、飲食店・キャバレー、銀行等サービス店舗、工場、駅舎等、車庫、郵便局・税務署等公益施設など	階数3以上かつ延1,000m ² 以上

【不特定多数が利用する特定建築物】…所管行政が指示し報告を求め、検査することができる建物

用 途	規 模
病院、診療所、劇場、観覧場、映画館、集会場、展示場、百貨店、一般公共用体育館、ボート場他運動施設、診療所、映画館、公会堂、物販店舗、ホテル・旅館、福祉センター、博物館・図書館、遊技場、公衆浴場、飲食店・キャバレー、銀行等サービス店舗、駅舎等、車庫、郵便局・税務署等公益施設など	階数3以上かつ延2,000m ² 以上

2.8 既存建物の耐震改修促進法の施行

平成7年1月17日の阪神大震災では、コンクリート構造物の地震に対する安全性が根底から覆された。事態を重く捉えた政府は、耐震基準に適合しない建築物の安全性の向上を図るために、建築物の所有者への指導・誘導等の総合的措置を講じ、建築物の耐震改修の促進を図る事を目的として、「既存建物の耐震改修促進法」なるものを平成7年12月25日から施行した。

この法令では現行の耐震基準に適合しない建築物（昭和58年以前に建てられた建築物が対象となる）で人的被害を最小限に抑える事を最優先として、＜特定建築物＞の所有者の努力義務（罰則規定はない）が定められており、特にいつまでといった期日指定もないが、表2に示した様な＜特定建築物及び、不特定多数が利用する特定建築物＞は、現行の耐震基準に適合するように速やかに補強工事を行わなくてはならなくなっている⁷⁾。

2.9 レトロフィット（機能価値向上）

レトロフィットとは建築物の用途変更や増築・改築、大規模な模様替えを伴う価値向上のための建築工事をいう⁸⁾。一般に、建築物の価値は経済的耐用性（経済的価値）、物理的耐用性（物理的価値）及び社会的耐用性（社会的価値）の3つより構成されていると考えられている。日本の場合、物理的価値が残されているにも係わらず経済的価値の低下により、やむなく建て替えをする建築物が大半であるという。

この様な価値の低下した建物に対して、現在の建物を壊さずに、現在と未来まで供用に耐えられる構造物に変身させるというコストパフォーマンスの高い投資を実現する知恵が求められる時代になりつつある。

今、リフォーム、リニューアルの世界に機能のバージョンアップと付加価値の向上を意味する言葉として新たに「レトロフィット」が話題を呼んでいる。今後、膨大な建設投資による住宅及び社会資本の整備が進み、単なる構造物の維持・補修から機能価値向上を目指したレトロフィットへと向かうであろう。

3 補修マーケットの規模

経済企画庁は平成5年度の経済白書の中で、公共投資に占める「維持更新費」の割合が、2000年で27.5%、2010年には約40%に達すると試算している。平成5年度版の建設白書⁹⁾によれば、社会資本のストックの増加により、「維持更新費」が増大することに加えて、これまでに建設されてきた施設が耐用年数を迎え、21世紀初頭には老朽化施設の更新需要に対する更新費も急激に増加するものと予測している。

また、経済審議会の報告によれば、わが国の公的社会資本のストック額は、1990年度末で約460兆円、2000年度には700兆円半ばとなり、2010年度には1100兆円にも達すると見込まれている。この様に構造的に増加する社会資本ストックの維持管理・更新への対応が重要な課題となっている。

図2は首都高速道路の供用延長と維持修繕費の推移を示したものであるが、維持修繕費は供用延長の増加率と比較して、より大きな増加を示していることが分かる。阪神高速道路の1992年度の維持修繕費は260億円であるが、1975年度からの伸びは、供用延長が1.5倍、交通量が1.6倍であるのに対して、維持修繕費の伸びは2.5倍にもなっている。

トンネルの場合、その維持管理の目的はトンネルの耐用年数を延ばすことにある。道路トンネルでは、補修を必要とするトンネルの総延長距離は約330kmあると言われているので、平均的な補修工事費を3億円/kmとすると、これだけで1000億円の市場規模となる。道路トンネルの総延長距離は1600kmあり、経年30年以上のトンネルの総延長は330kmであるが、10年後には580km、20年後には980kmとなり、トンネルの維持管理のための補修費が増加の一途をたどることは目に見えている。

また、民間のシンクタンクである野村総合研究所の試算でも、2000年には公共投資の31.6%にあたる約18兆円が「維持更新費」になるとしている⁸⁾。同じく、同研究所ではレトロフィットの市場規模推計を行っている。これによると1991～1995年の累計で約18兆円（年平均で3兆7000億円）の市場規模のものが2001～2005年には約40兆円（年平均で7兆9000億円）の市場規模に達する。累計市場規模の金額は、2001～2005年の2倍以上となり、今後極めて高い成長力を有する市場として注目している。

4 維持管理手法と補修・補強技術

4.1 維持管理手法

話は少々古くなるが、1990年2月に千葉県にある国道127号線の小山野トンネルで規模は小さいが、落盤事故が発生した。このトンネルは建設省の分類では高いランクの要注

意トンネルで、1日に2回パトロールが行われていたが、事故直前のパトロールでも事故の兆候を捉える事が出来なかった。

現在のトンネルの維持管理は状態監視保全（Condition Monitoring Maintenance）であり、監視、即ちパトロールの際の目視が主要な手段となっている。小山野トンネルでは、パトロールで安全が保障出来なかったことから、現行のトンネルの維持管理手法を根底から検討する必要に迫られている。

この例に見られるように、トンネルの管理は目視観察のみでは不十分であり、他の方法との組み合わせ、あるいは新たな手法の開発が求められている。維持管理体制も「対処療法」主体のものよりも「予防医学」的なものが相応しいといえよう。

トンネルに限らずあらゆる構造物に対する維持管理について言えることであるが、要は「検査は合理的にかつ迅速に、診断は（時間をかけても）慎重に」ということである。今後、ますます激烈な競争が予想されるリフォーム・レトロフィット市場では、技術、経験に裏付けされた検査・診断技術が必要不可欠なものとなろう。

4.2 補修・補強技術

補修・補強技術は構造物のメンテナンスの需要に対応していくためのキーテクノロジーである。今までと同等、またはそれ以上の品質を確保しながら、直接工事費の低減を計ると共に、しかも、必要な利益をあげる補修・補強技術でなければならない。いくら信頼性が高い補修・補強技術でも、コストがかかるようでは、これからは採用されにくくなるであろう。

阪神大震災の復旧工事で、高強度かつ耐久性に優れた炭素繊維を一方向に引き揃えた「炭素繊維強化シート」をエポキシ樹脂等の接着剤で接着固定する工法が注目された。現在、建設省、運輸省、大学、各種公的機関、ゼネコン等が精力的に確認実験を行っているので、ごく近い将来に老朽化した構造物や一般の構造物の耐久性の向上や耐震性の向上を確保する手段として、炭素繊維強化シートの張り付けによる補修・補強工法は、銅板張り付け工法と並んでなくてはならない工法となろう。

建築分野で新しい材料を使う場合、建築基準法第38条第2項の特認条項に触れ、事実上使用できないことがある。新しい材料、新しい用途になればなるほど評価が難しくなる傾向にあった建築基準法を現行の材料評価（使用規定）から、出来上がったものの性能を規制する性能評価に改訂する方向で検討を進めている。性能評価になれば今まで使われなかった材料（例えば高分子材料等）が使われる機会も増えるので、新しい補修・補強工法が開発されるであろう。

5 おわりに

政府刊行物等に見られるように、行政は今後の補修案件の増加とそれに伴う維持修繕費の増大に関して、それが構造的なものであるが故に、かなりの危機感を持って対応しようとしているようである。今後は社会資本の維持更新・機能価値向上への対応が以前にも増して重要な課題となり、かつ緊急性も高い。

このような状況の下に社会貢献的要素を合わせ持つ補修産業は、建設分野に於いても優良な市場との評価を受けている。その市場の大きさから、以前は補修に積極的でなかった大手ゼネコンも「この分野」に参加する価値は十分にあると判断を下し、補修・補強を専門に行う組織を社内で作ったり、関連会社や子会社を作るという動きを見せている。

平成8年1月1日から、WTO（世界貿易機構）の新たな政府調達協定が発効し、わが国の建設市場は本格的な国際化の時代を迎えている。補修産業も例外ではあり得ない。従来にも増して「トータルで良いものを安く」提供する努力が各企業に求められている。

参考資料

- 1) 日経コンストラクション, 12-11 (1992), pp.14~25
- 2) 平成5年度版 運輸白書, p.195
- 3) 宮川豊章：安全工学, 「土木コンクリート構造物の寿命予測」, Vol.30, No.6, (1991), pp.415~420

- 4) 柿崎正義：安全工学, 「鉄筋コンクリート造建物の寿命予測」, Vol.30, No.6, (1991), pp.421~431
- 5) 平成5年度版 建設白書, p.4
- 6) 平成5年度版 経済白書, pp.379~380
- 7) 清水建設(株) 社内資料(耐震診断技術室), 既存建物の耐震改修促進法の概要
- 8) 日刊建設産業新聞, 1994.5.30, 朝刊記事(7面)
- 9) 平成5年度版 建設白書, pp.481~482

用語解説

(1) 建設、建築、土木

欧米諸国と異なり、日本では建築と土木を厳密に区別する傾向にある。建設と言った場合には建築と土木を含んでいるのが普通である。建築と土木の区別は間違えないようであるが、建設と建築は混同している場合が多い。

(2) 補修、補強

補修と補強も厳密に区別されるべきものである。なんらかの原因で損傷を受けた構造物を直す場合、設計図書に記載されている通りの状態に「原状復帰」させるのが補修であり、もとあった状態より強くするのが補強と言われている。建物が強くなるということは、その建物の財産価値が向上する事であるから、税法上からは課税対象となることがある。このような事から、実際は補強であるのに補修と言っていることもあるようである。

(1996年6月27日受付)



入門講座

鉄鋼プロセス編 -7

鉄鉱石が鉄に変わるまで —溶鉄製造は酸素を取り除くドラマ—

奥野嘉雄

Yoshio Okuno

新日本製鐵（株）技術開発本部 フェロー

From Iron Ore to Molten Iron—Ironmaking Is a Drama in Which Oxygen Is Skillfully Removed

1 はじめに

高炉や焼結炉、コークス炉に初めて出会う若い技術者の大方は、どうしてこれらの炉は昔から同じ形で変わらないのか、自在に生産量の変更が出来ないのか、高炉の中はどうなっているのか、等の疑問を持つのではないだろうか。本講座ではそれらの疑問に出来るだけ答えたい。従って、本講座の内容は学術的なものよりもプロセスのもつ意味合いが理解できるように工夫したつもりである。とはいえ、鉄製造プロセスは固体、液体、ガスの3相が高温下で同時に併存する反応プロセスであるので、一刀両断的な説明は難しいことを了解してほしい。ここでは主に鉄鉱石中酸素の除去が効率良く出来る高炉法でどのように溶鉄製造が行なわれているのかを述べ、加えて、直接溶融還元法にも言及する。

2 高炉法とは

2.1 高炉法の発展は生産性向上の歴史

高炉の原型は10世紀前後に中国でつくられ¹⁾、コークスを燃料とする高炉は17世紀頃に出現したとされる。発展段階で矩形や楕円形の炉も出現したが、最終的には理論通りのシンプルな構造で、炉体の熱放散が少なく、炉断面単位面積当りの生産性やエネルギー効率が高い円形炉になったと言える。高炉の大型化（世界最大炉の炉内容積5500m³）はこれらの利点を最大限活かすことを狙った結果であり、大型化が進むなかで生産性やエネルギー効率を一層高めるための技術（高压ガス化、高温送風、装入物分布調整装置採用、炉体冷却能向上等）が多く開発された。

現在は世界に約800基の高炉があり、高炉法が鉄鉱石からの鉄製造量の95%以上を占めている。粗鋼生産に対して占める高炉鉄も約70%と高いシェアにある。

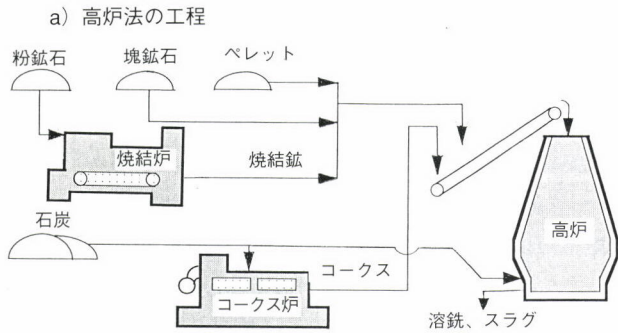
最近原料選択の自由度や生産弾力性の拡大要請にも柔軟に対応できるプロセスが求められ、これにフィットするための高炉操業法の新たな改善や、高炉に代わる新製鉄法

の開発がなされている²⁾。微粉炭の高炉送風羽口への吹き込みや溶融還元炉での直接使用、更には、スクラップの利用などの技術開発はその一環と言える。

2.2 高炉は常に鉄鉱石中酸素の効率良い除去をめざす

高炉法の使命は‘如何に効率よく鉄鉱石に含まれる酸素分を除去（還元反応）するか’にある。シャフト炉型の高炉は、炉頂部より装入された鉄鉱石とコークスが下方に降下する一方で、炉下部の送風羽口より入る熱風とコークス、吹き込み燃料（微粉炭など）との燃焼によって生じる高温の還元ガスが上昇し、両者が向流で連続的に接触する反応容器である。その中で鉄鉱石（ Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 などの酸化鉄）は還元ガス（CO成分主体）からの熱を受けて還元され、金属鉄へと変化する。炉下部では更に炭素との直接反応も受けて炭素5%弱を含有する溶鉄となる。同時に、鉄鉱石中の脈石成分と呼ばれる SiO_2 、 Al_2O_3 などの不純物も溶解・分離されてスラグとなる。コークスは鉄鉱石の還元ガス及び昇熱、溶解熱を造るための素材である。高炉の産出物として、炉床部からは間欠的に溶鉄とスラグが、また、炉頂部からは高炉ガスが取り出される。これらの反応・処理を一つの容器で実現しているのが高炉である。図1に高炉のプロセスと装入物、ガスの流れ図を示す。鉄鉱石と石炭の事前処理から始まり、高炉内で還元、溶解されて溶鉄となるまでを製鉄工程もしくは製錬工程と呼ぶ。

粉状の鉄鉱石と石炭は高炉装入前に予備処理して固められ（塊成化）、焼結鉱、ペレットとコークスに変えられる。これは高炉内で還元ガスがまんべんなく流れて、酸素が効率良く除けるようにするためである。生産性やエネルギー効率の高い操業をするには、主装入物である焼結鉱とコークスの粒度や強度、反応性が重要である。図2に高炉解体調査で測定された焼結鉱とコークスの炉内での粒度と強度の変化例を示す³⁾。これらの値は焼結鉱では昇温時の還元反応により炉上部で、コークスでは高温下でのガス化反応により炉下部で大きく低下するのでこれに耐えられるようこの部位での改善が必要である。



b) 装入物、ガスの流れ図

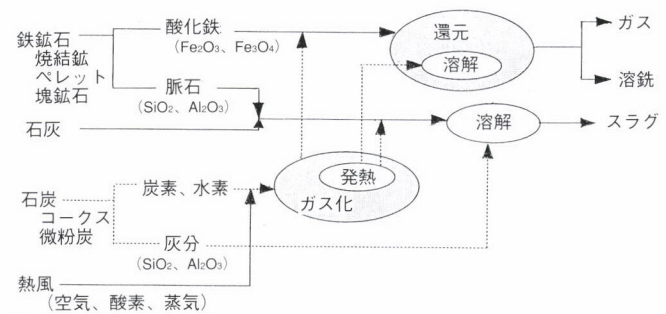


図1 高炉法の概略説明図

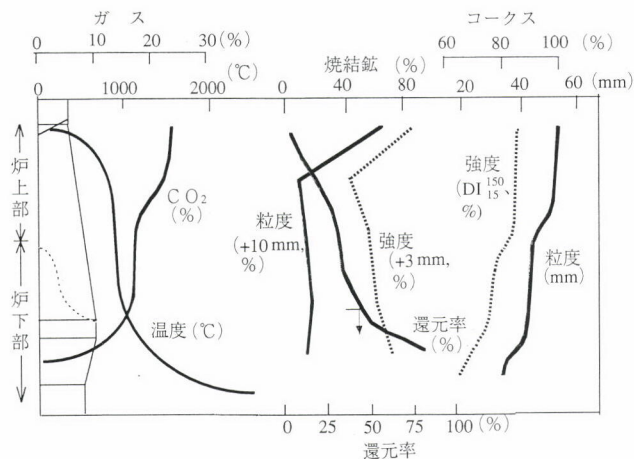


図2 ガス、装入物の高炉内での変化

られている。表1に代表的な鉄鉱石の概略成分を示す。日本では鉄鉱石の多くを豪州、南米から輸入している。

3.2 酸素を取り易くするための塊成化

酸素を取り易くするには還元ガスが鉄鉱石の粒間を大きなガス圧の損失なしに流れ、粒内によく浸透する必要がある。このため、鉱山で採掘した鉄鉱石の破碎処理で大量に発生する粉鉱は造粒・焼成して塊成化され、粒間の空隙が大きく、かつ、気孔率が高い焼結鉱とペレットに造り変えられる。塊成化によって粒内の比表面積が増すために被還元性が大幅に向上する。塊成物の製造では、気孔率が高いことによって生じる強度低下を防ぐことが重要である。現在、高炉では焼結鉱が70～80%、塊鉱石10～20%、ペレットは10%以下の装入比率で使用されている。

粉鉱は粒の大きさに焼結用の粗粒鉱粉（シンターフィード、10mm以下）とペレット用の微粒鉱粉（ペレットフィード、 $-250\mu\text{m}$ ）に区分される。図3に焼結鉱の製造工程を示す。造粒機で水分添加により1～2mmの粒に擬似粒化されたコークス粉や石灰粉も含む混合原料はグレート型焼結機（下方への風量吸引式）にて1200～1300℃の温度で焼成され、10～30mmの塊が造られる。最近では、安価なペレットフィードを焼結用原料として使用するためにパン型ペレタイザーなどを造粒工程に取り入れている所もある。擬似粒化の度合は熔融帯の通気性だけでなく、高い強度を維持しつつ被還元性に富む焼結鉱を製造するのに重要であるため、従来から多くの擬似粒化向上技術の開発（ミニペ

3 鉄鉱石に求められるものは

3.1 酸素との結合状態で異なる鉄鉱石性状

鉄鉱石は酸素との結合状態で区分され、酸化が充分進んでなく黒色で磁性のある磁鉄鉱（マグネタイト、 Fe_3O_4 ）及び酸化が進んで赤色を帯びた赤鉄鉱（ヘマタイト、 Fe_2O_3 ）、結晶水を10%前後含む褐色を帯びた褐鉄鉱（リモナイト、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）とに大別される。磁鉄鉱は鉄分が高いが緻密で硬い構造のため酸素を除くのに苦労する。一方、脈石分（ SiO_2 、 Al_2O_3 等）の多い赤鉄鉱や結晶水をも含む褐鉄鉱は高気孔構造で酸素が除き易い。このため、これらの鉄鉱石は多く使用されるが、銘柄によって酸化鉄の組織や脈石分の分布状態が異なるので使用の容易さに差が出る⁴⁾。したがって、各鉱石の性状差をうまく利用して使用することが求め

表1 鉄鉱石の種類と成分（焼結鉱用粉の例）

		磁鉄鉱	赤鉄鉱	褐鉄鉱
銘柄例		ロメラル (南米)	ニューマン (豪州)	ローブリバー (豪州)
成分	T.Fe (%)	65.5	63.0	57.2
	FeO (%)	28.5	0.1	0.9
	SiO_2 (%)	4.19	4.89	5.47
	Al_2O_3 (%)	0.87	2.35	2.62
	結晶水 (%)	0.34	1.97	7.68

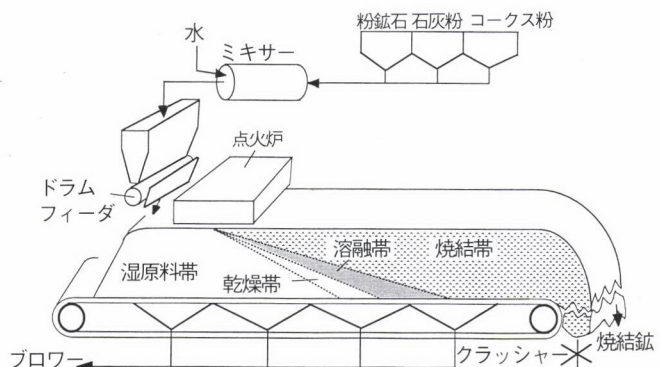


図3 焼結鉱の製造工程

レット造粒法、微粉選択造粒法など）が行われてきた⁵⁾。一方、焼結機上の原料層の通気性も生産性や歩留に大きく関与することから副原料の粒度調整を行ったり、焼結機上で生ずる粒度偏析を制御するために原料装入装置などの開発が行われている⁵⁾。

焼結過程の主反応は酸化鉄の溶融・再晶出及び脈石分の溶融、凝固である。前者は高炉内での被還元性の向上に、後者は同じく造さい化に有効な反応である。品質の指標として、被還元性 (RI) や冷間強度 (TI)、高温・還元ガス流下で示す還元途中での粉化強度 (RDI)、軟化溶融特性等が測定される。RDIは高炉内において焼結鉱の組織がヘマタイトからマグネタイトに還元される段階で示す体積膨張起因の粉化の度合を知る指標として重要視される。望ましい焼結鉱は被還元性が高い一方で、還元粉化が少なく、高温下で速やかに溶ける特性を示すものと言われる。図4に代表的な焼結鉱組織を示すが、被還元性では骸晶状ヘマタイト組織が、高温下での被還元性や溶融特性では針状カルシウムフェライト組織が望ましいとされる。最近は組織だけでなく焼結体の空隙構造についても被還元性や強度との関係を見るためにX線CTスキャナーを使用して定量的に測定・解析が行われている⁵⁾。

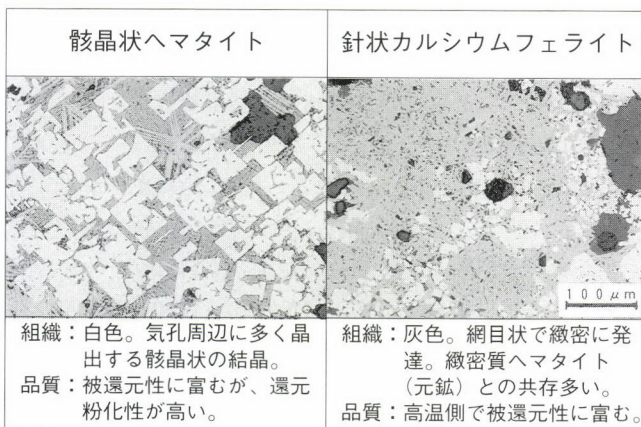


図4 代表的な焼結鉱の組織

現在、安価な褐鉄鉱系鉱石粉やペレットフィード粉が多く使用されている。前者は脈石成分に、後者は微粉である点に問題があるので焼結鉱の被還元性や強度に悪影響を与える。このために使用量の増加を図るにはこれらの品質の一層の改善が必要である。

ペレットはコークス粉を添加せずに12mm前後に造粒したあと外熱焼成（約1250℃）により製造される。ペレットは圧壊強度が高いが、焼結鉱よりも微細気孔であるために還元反応が粒の表層側から段階的に進行し、その反応過程で還元停滞を生じ易い難点がある。また、丸いペレットは転がり易く、角ばったコークスとの組合せでは高炉内で望ましい堆積形態が作り難いので多くは使用されていない。

4 高炉内の還元反応を支えるコークス

鉄鉱石（以下、塊成物も含め鉄鉱石と呼ぶ）を高炉内で加熱して効率よく酸素を除くには、還元ガスが炉内全体に充分行き渡るための充填層構造（ガススパーサーとしての機能）を作ることが必要である。この役割をも担うのがコークスであり、このために石炭粉を塊成化して空隙率と強度の高いコークスが造られる。コークスは石炭の乾留段階で炭素リッチな重質分が溶融・固結（塊成化）されたものであり、コークスの粒径と強度は石炭の粘結性や乾留温度に大きく依存する。コークス用石炭には乾留段階で溶融・固結し易い歴青炭（粘結炭）が使用されてきたが、近年では、種々の強度向上技術開発（石炭調湿法、予熱法、成型炭装法等）によって粘結性に劣る重歴青炭（非・微粘結炭）も多く使用されている⁶⁾。図5に各炭種について400～600℃前後で生じる溶融特性（流動度の最高値で示す）と石炭組織が示す反射率との関係を示す。日本では石炭の多くを豪州、北米から輸入し、一定の品質を得るために常に数種類の銘柄を混合して使用している。

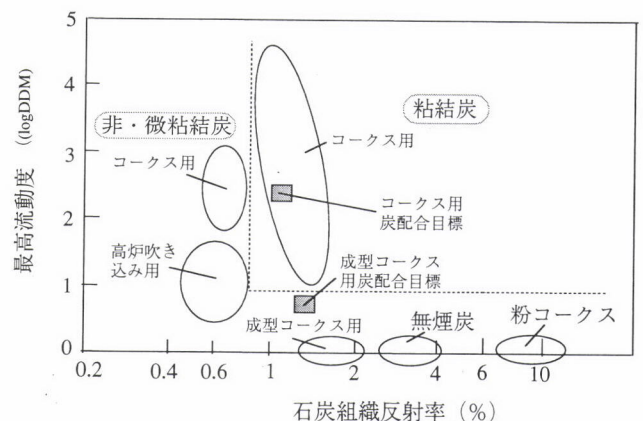


図5 炭種と反射率、流動度との対応

図6にコークス製造工程を示すが、混合炭は粒度調整されたあと炭化室に装入される。燃烧室からの熱を受けて約1200℃の温度で20時間程度かけて乾留され、粒径50mm程度のコークスが造られる。

コークス中の炭素は溶銑中に一部浸炭する以外はその大部分が送風羽口から入る熱風中の酸素や湿分と反応して2200℃前後の高温の還元ガス (COとH₂) を造る。この還元ガスは炉内で空隙率の高いコークス層内を主として流れ、その途中で鉱石層中に逐次分配され、鉱石を還元、溶解させる。従って、炉内でのコークスの堆積層形態は還元ガスを効率良く分配するために非常に重要となる。

一方、コークスは送風羽口前での反応のみならず、炉内降下の途中で還元反応を終えて上昇してくるCO₂とも反応する（ソリューションロス反応と呼ぶ）。この時にコークス粒の表層部は脆くなるので、図2に示したように炉下部で

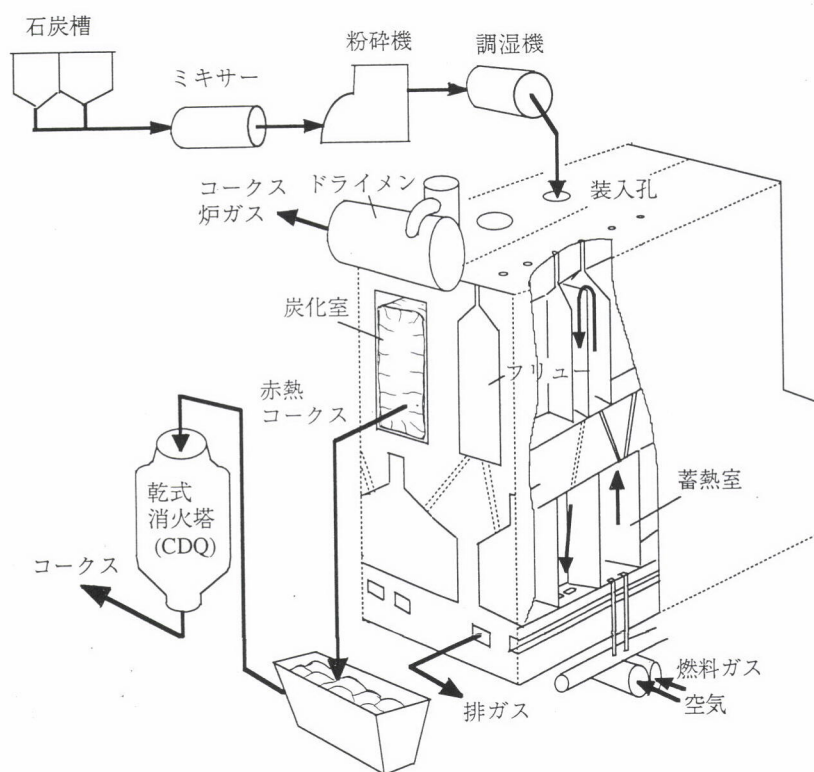


図6 コークスの製造工程

粒度低下が見られる。脆くなったコークは送風羽口前での反応に伴って粉化し、その細粒粉が後述の炉芯との境界域に集積してガススパーサーとしての機能を低下させる。このため、コークス品質として粒径が大きくて高温の反応下でも耐える硬い強度のものが要求される。その指標としては冷間強度（DI）及び炭酸ガス流下の熱間条件にて強度（CSR）が測定される。後者は上記の CO_2 との反応に伴う強度低下の度合を知るものである。

コークス炉は35年以上と言う長寿命の高温炉であるが、現在は一層の生産性が期待でき、かつ、環境にも調和できる次世代コークス炉の開発が進められている⁵⁾。また、一段と劣質な石炭使用が可能な連続式成型コークス製造技術も開発されている⁵⁾。

5 高炉内の状況は

5.1 還元・溶解が連続的に進む炉内のしくみ

炉頂部に装入された鉄鉱石は降下する途中で下方からくる高温の還元ガスとの接触によって連続的に「予熱－軟化－溶融－滴下」の過程を経て溶銑となり、炉底部に溜る。そしてこの間各種の還元反応が行われている。図7に高炉の構造、図8にセンサーを用いて解明された高炉内のしくみを示す。炉頂部から交互に層状装入された鉱石とコークスは所定の層厚で堆積し、下方に向かってその形状をほぼ崩さずに8時間程度かけて送風羽口レベルまで降下する。

降下は炉下部での鉄鉱石の溶解とコークスの燃焼による体積減少により生じる。炉内の各反応領域は塊状帯、融着帯（鉱石が軟化・溶融する領域で鉱石層の収縮率や軟化、滴下温度等で境域設定がなされる）、滴下帯（液状のメタル、スラグがコークス層内を滴下する領域）とに区分される。一方、送風羽口前では吹き込まれた熱風によってガスがコークスを巻き込んで旋回する楕円形空間の燃焼帯（レースウェイ）が形成される。このガスの流速、圧力には限界があるので燃焼帯は炉周辺部に限定される。この部位以外の炉下部では粒子移動が極めて遅いコークス層からなる炉芯（デッドマン）が形成される。炉底部では上側にスラグが下側に溶銑が滞留し、2～3時間の間隔で間欠的に排出される。

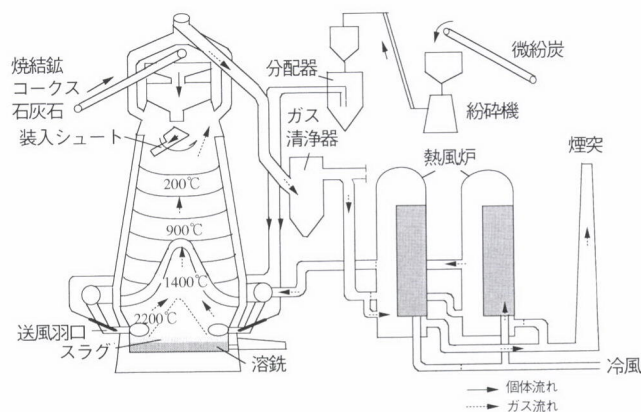
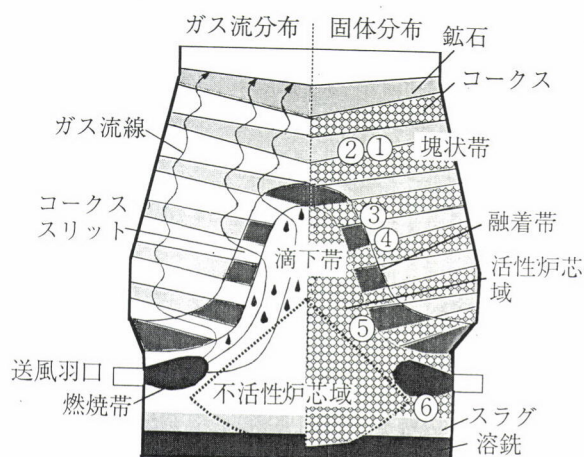


図7 高炉の構造



主な炉内反応（上図に概略の反応場所を番号で示す）

- ①COによる間接還元（コークス、微粉炭からのガス）
 $3\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} = 2\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2 - 12650 \text{ kcal/kmol}$
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} = 3\text{FeO} + \text{CO}_2 + 6250$
 $\text{FeO} + \text{CO} = \text{Fe} + \text{CO}_2 - 3330$
- ②H₂による間接還元（湿分、微粉炭中の水素分）
 $3\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2 = 2\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O} - 2800$
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2 = 3\text{FeO} + \text{H}_2\text{O} + 16100$
 $\text{FeO} + \text{H}_2 = \text{Fe} + \text{H}_2\text{O} + 6500$
- ③カーボンソリュション反応
 $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO} + 41220$
- ④水性ガス化反応
 $\text{H}_2\text{O} + \text{C} = \text{H}_2 + \text{CO} + 31564$
- ⑤炭素による直接還元（コークス、微粉炭中の炭素）
 $\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO} + 37880$
- ⑥カーボンの燃焼（コークス、微粉炭中の炭素）
 $\text{C} + 1/2\text{O}_2 = \text{CO} - 26416$

図8 高炉内のしくみと主な反応

コークスは融着帯内ではスリット層をつくり、融着帯の下方では粒子移動の大きい‘活性炉芯域’と粒子移動が極めて遅い‘不活性炉芯域’をつくる。従来、この不活性炉芯域を指して炉芯と呼ばれてきたが、最近は両者を区別して議論されている。後者の不活性炉芯は今まで不用なものとして見られてきたが、現在は炉下部の熱変動を緩和する一種のバッファの役割と燃焼帯近傍で発生するコークス粉をその域内で滴下メタルやスラグと接触させて燃焼・消失させる役割を担う重要な部位と考えられている。従って、この部位では硬くて大粒のコークスを滞留させることが求められる。

融着帯は鉱石還元が急速に進む領域であると共に空隙率が小さく通気抵抗の大きい領域であることから、その形状が重要視される³⁾。融着帯形状は炉頂部の装入物堆積形態と下方からのガス流量の相互関係の結果として現れるので、装入物装入条件や送風条件が反映されていると言える。融着帯形状の制御はその形状が容易に変えられる炉頂部の装入物分布調整によってなされている。送風条件の変更による制御は常に入熱量変化を伴うので余り行われない。図9にパラフィン粒を鉱石に見立てた温間模型実験で再現した融着帯形状とO/Cで表す炉頂部半径方向の鉱石とコー

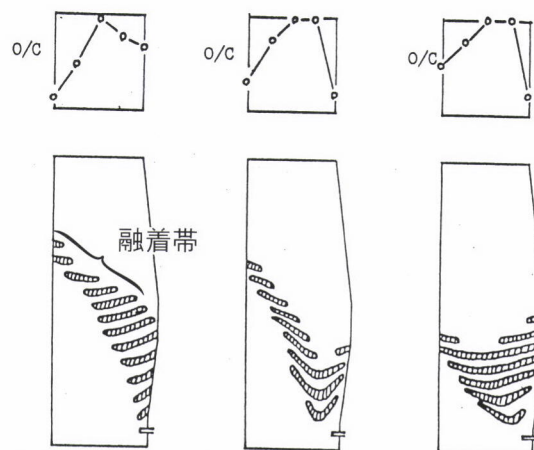


図9 炉頂部のO/C分布と融着帯形状との対応（模型実験）

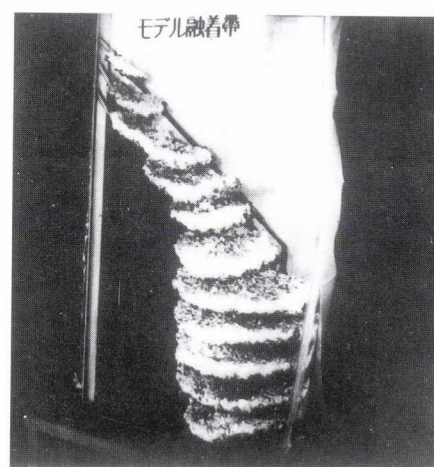


図10 融着帯形成状況（模型実験）

クスの量比分布との対応を示す。図10にその融着帯の外観例を示す⁷⁾。

半熔融でドーナツ形状の融着帯は一種のガス整流板の役割を持つことからガスが炉径方向に行き渡るには炉中心軸側に一度集まり、その後にコークススリット層を介して再分配されるのがガス量の均一分配を図る上で望ましい。従って、このガス流れが造れるシャープな逆V型融着帯形状が適正とされる。同形状をつくるにはコークスを炉中心軸に厚く推積させる装入方法が有効であり、このための炉頂装入物分布調整装置が数多く開発されてきた。加えて、装入物やガス流れの分布、更には融着帯形状を推定するための高度な数学モデルも開発された。一方、高精度の操業管理を行うためにファジーやニューロの理論等をも利用したAI手法に基づくエキスパートシステムが開発されている⁵⁾。

5.2 燃料比をミニマムとする還元反応

鉄鉱石の還元は、ヘマタイト (Fe_2O_3) → マグネタイト (Fe_3O_4) → ウスタイト (FeO) → メタル (Fe) の各段階を経て行われる⁸⁾。高炉内で起きる主な反応の式を図8に示す。還元反応は間接還元反応と直接還元反応に大別され、前者

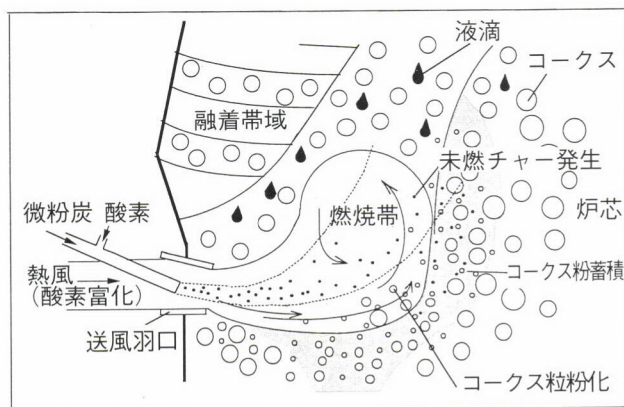


図11 羽口前燃焼帯近傍の状況

は固相の酸化鉄とCOガスとの反応（発熱）及び H_2 ガスとの反応（吸熱）であり、COガスとの反応が約90%を占める。後者は FeO と固体Cとの反応（吸熱）である。前者と後者はコークス装入量比や羽口先温度等の調整によって約7対3の割合に保持されるが、これは還元と熱供給のために必要な燃料消費量が理論的にミニマムとなる比率である。このことは高炉法が効率良い反応炉である証の一つと言える。

カーボンソリューションロス反応は、主として融着带上端の高温域で還元反応を終えて生じた CO_2 とコークス中炭素との間で生じる。この反応で生じたCOは鉱石還元に再度寄与する。

一方、融着带上端付近では直接還元の吸熱反応に由来して図2に示したように温度が余り変化しない化学的に不活性な領域（熱保存帯、約 $900^{\circ}C$ ）が生じる。この現象はガスが充分流れない部位で顕在化する。この領域は還元停滞を起こすだけでなく焼結鉱の還元粉化を増加したり、粉化物の濃縮領域を形成するので常にこの領域の縮小（焼結鉱RDI値改善や装入物分布調整等）が求められる。

炉下部の滴下帯では液滴となった還元鉄の浸炭がコークスとの接触によって急速に進む。また、 $1400^{\circ}C$ 以上の高温下では溶銑中へのSiの還元が行われる。Siの還元はコークス灰分中の SiO_2 が還元蒸発して生じた SiO ガスとCとが反応して、また、スラグ中の SiO_2 が同じくCと反応して起きるとされている³⁾。コークス中のS分はガス化して融着帯の還元鉄に多く吸収されるが、滴下途中や炉床部のスラグとの接触で脱硫される。溶銑中のSiやSなどの含有量は其の除去のために精錬工程に大きな負荷を与えるので、その低減を図ることも高炉の使命である。

5.3 コークス機能を代替する微粉炭の吹き込み

最近送風羽口からの微粉炭吹き込みが普及している。これは石炭粉を塊成化することなく直接に高炉で使用出来ることに経済的な利点がある。約 $100kg/t-p$ の吹き込み量で、コークス $90kg/t-p$ 強が置換出来る⁵⁾。微粉炭の送風羽口前での燃焼によって還元ガスと熱を造るコークスの機能が代替されるので、炉頂からの装入コークスはガススパーサーとしての機能

に一層特化されると言える。しかし、炉内でのコークス存在量が少なくなるので融着帯領域（幅）が広がると共に、ソリューションロス反応によるコークスへの負荷（脆弱化）の割合も増すのでコークスの強度向上が一層必要になる。図11に微粉炭吹き込みによる羽口前燃焼帯内の状況を示す。吹き込み量の限界は燃焼帯内での微粉炭と酸素との間の燃焼効率、及び発生した還元ガスの流れを妨げる炉芯表層域でのコークス粉蓄積量の割合とによって概ね決まる。

6 高炉内機能を2分割したのが新製鉄法

新製鉄法の多くは高炉内の融着帯に入る前の上側の部位と同帯を含む下側の部位とに機能が分割されたプロセスと言える。従って、各種の還元反応は高炉法と基本的に差はない。新製鉄法の開発の狙いとして原料の銘柄選択幅の拡大、原料予備処理の簡略化、生産弾力性の向上、環境改善等が上げられる。なお、エネルギー効率や反応速度を向上させるために一般には大量の酸素を必要とする。既に実用化されたものには塊成鉱をシャフト炉で予備還元する方法を採るCOREX法がある。現在、粉状の鉱石を塊成化せずに直接に溶融還元炉で使用方法が開発されている。その代表的なものとして、DIOS法やHISMELT法、ROMELT法がある。図12にDIOS法（日本で開発）の概要を示す。予備還元された粉鉱石を溶融還元炉内において粉石炭と酸素との燃焼熱で直接溶融還元させるものである⁵⁾。

各新製鉄法によって間接還元と直接還元の割合が異なる。図13にその比率と還元用及び熱供給用に必要な炭素量との関係を概念的に示す。高炉法よりも間接還元割合の大きい側にCOREX法があり、過剰の還元ガスを必要とする。

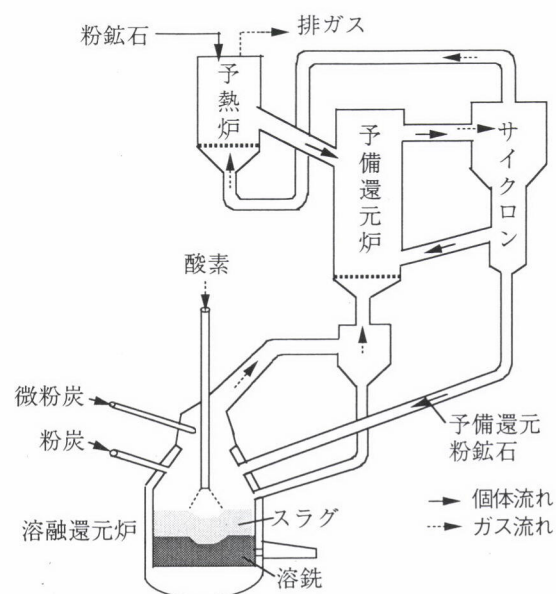


図12 直接溶融還元法の概要（DIOSの例）

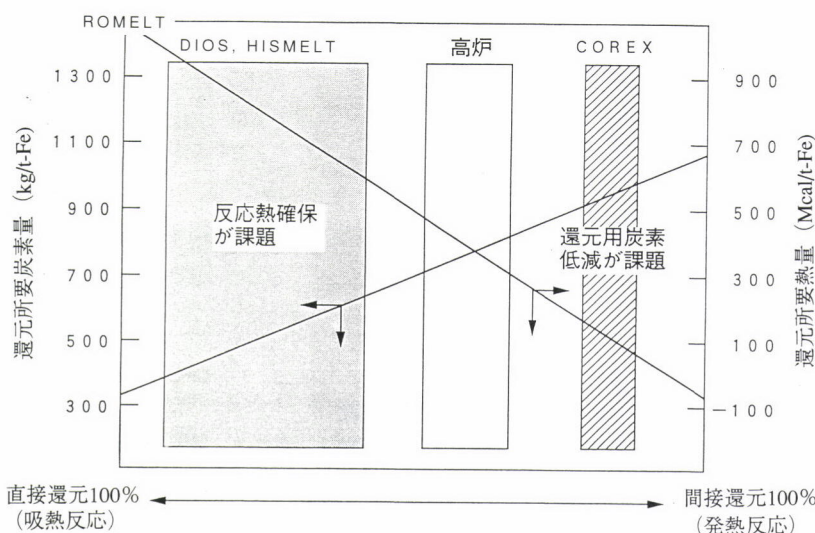


図13 高炉、溶融還元炉の所要還元炭素量と熱量（100%炭素還元での試算例）

直接還元割合が大きい側にDIOS法、HISMELT法、ROMELT法（本法では直接還元100%）があり、後者の各法は大量の直接還元熱が必要となるので溶融還元炉内での効率の良い石炭燃焼が求められる。新製鉄法の狙いは時代の要請に沿うものであるが、実用化には操業安定性の確保と一層の石炭消費量や設備費の低減が必要である。

7 おわりに

鉱石中の酸化鉄から酸素を除くための方法を高炉法で紹介したが、酸素を取り除くことは何れの方法であれ、如何に大変かは理解頂けたと思う。溶銑づくりは酸素が除き易いように原料を選んで高温下で効率良く数多くの反応を行わせるドラマであるので、それだけに多くのアイデアでプロセスを変え得るロマンのある分野と想う。願わくば、「百聞は一見にしかず」の通り、是非一度は鉄づくりの現場を見て頂きたい。

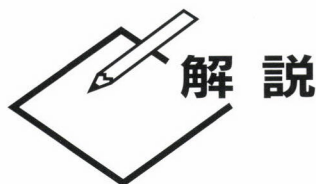
溶銑づくりには鋼材製造に必要な総エネルギーの約70%弱が使われており、このことは鋼材製造コストに占める割合も大きいことを意味している。従って、現在は最先端の計測機器と高度の計算制御システムを取り入れ、エネルギー消費量で他国を凌ぐ高炉操業を確立している。今後は、

地球規模で重要視されている資源の有効利用やエネルギー節減、環境改善に対して一層貢献出来るように高炉法の更なる操業改善や新製鉄法の実用化が求められる。

参考文献

- 1) 中国の高炉誕生に関して, Han Rubin: 国際金属歴史フォーラムしまね (1996.1.16)
- 2) 技術の流れを知るには, 鉄と鋼 (創立80周年記念特集号), 81 (1995), No. 4
- 3) 反応と品質を知るには, 第33・34回西山記念技術講座, 日本鉄鋼協会, (1975)
- 4) 鉱石資源を知るには, 肥田行博, 野坂庸二: 鉄と鋼, 78 (1992) 7, p.960
- 5) 新しい技術を知るには, 第146・147回西山記念技術講座, 日本鉄鋼協会, (1993)
- 6) 石炭とエネルギーを知るには, 資源・素材 '95 (するが), 秋季大会企画発表資料[C], (1995.9.18)
- 7) 融着帯形成に関しては, 入田俊幸, 磯山正, 原義明, 奥野嘉雄, 金山有治: 鉄と鋼, 68 (1982), p.2295
- 8) 高炉内反応を知るには, 大谷正康 (翻訳監修): 高炉の理論と実際 (1994.3.10)

(1996年7月8日受付)



ラインパイプ用鋼管製造におけるプロセスメタラジー

為広 博 Hiroshi Tamehiro
朝日 均 Hitoshi Asahi

新日本製鐵(株) 技術開発本部 鉄鋼研究所鋼材第2研究部 主幹研究員
新日本製鐵(株) 技術開発本部 鉄鋼研究所鋼材第2研究部 主任研究員

Process Metallurgy in the Manufacture for Line Pipe

1 はじめに

鋼管の用途は油井用鋼管、ラインパイプ、ボイラー鋼管、構造用鋼管など実に多岐にわたり、要求される特性も多種多様である。一般に鋼の特性は合金設計や熱処理などによって達成されるが、最近では省合金、省工程の観点からTMCP(Thermo-mechanical Controlled Processing)に代表されるように材料特性を圧延・成形と同時に達成しようとする傾向が強くなった。鋼管製造において、組織・析出物制御という側面からプロセス制御により種々の特性を創造しているもっとも代表的な鋼は天然ガス・原油輸送用のラインパイプである。寒冷地や海底に敷設されるラインパイプに求められる特性はとくに高度なものであり、これらを製造するために製鋼から鋼板製造、鋼管成形に至るまで数多くの新技術が開発された。本解説では、幹線パイプラインに使用される電縫鋼管、UOE鋼管を対象に、まず要求特性、合金設計について簡単に触れ、続いて素材となる鋼板製造プロセスにおける組織・析出物制御による鋼特性の向上(プロセスメタラジー)について述べる。

2 ラインパイプの要求特性

鋼管製造プロセスにおける組織・析出物制御の目的は鋼特性の向上である。ここで鋼管に求められる特性に簡単に触れておく。ラインパイプに要求される基本的な特性は強度、低温靱性と現地溶接性であり、硫化水素(H_2S)など腐食性物質を含有する流体の場合には、耐食性が求められる。このような諸特性はFig.1^{1,2)}に示すように年を追って厳格化してきた。強度的には米国石油協会(API)規格X80が最高レベルで、1990年代に入って本格的な実用化が始まった。パイプラインの高張力化や寒冷地、深海パイプラインの発達により低温靱性レベルも高度化(使用温度の低下、靱性値の上昇)してきた。パイプラインの現地における円周溶接は寒冷地、海上など過酷な自然環境下で行わねばならないため現地溶接性の向上が求められ、その尺度である炭素当量(Ceq)の低

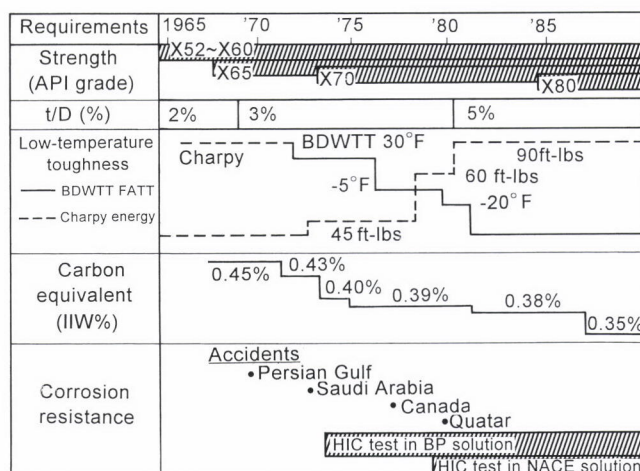


Fig.1. Changes in line pipe property requirements.

減が行われてきた。さらに硫化水素を含有する天然ガス・原油パイプラインが増加し、耐サワー性すなわち水素誘起割れ(HIC)や硫化物応力割れ(SSC)に対する抵抗力が求められる場合が多くなった。以上の特性は金属学的に相反する関係にあるが、個々に要求されることはなく、複数の特性が同時に要求される。複合特性を実現するためにラインパイプ製造の中心技術としてプロセスメタラジーは発展した。

3 ラインパイプの合金設計

ラインパイプ用鋼は大量生産型の高級鋼であり、生産性・経済性を考慮して圧延ままで製造することが前提とされた。その結果、ラインパイプ用鋼の製造技術はNb添加鋼の制御圧延技術とともに発展してきた。Nbは制御圧延鋼に通常0.01~0.05%程度添加されるが、その主たる役割は、次の二つである。

- (1) 熱間圧延中にオーステナイト(γ)相に固溶もしくは歪誘起析出(Nb(CN))し、 γ 再結晶を抑制してオーステナイト-フェライト変態後のフェライト(α)粒径を微細化、強度と低温靱性を同時に高める。
- (2) 変態後の α 相に微細なNb(CN)が整合析出し、析出硬化

によって強度を増加させる。

Nb添加を基本として、高強度ラインパイプ用鋼の化学成分は、(1)フェライト・パーライト組織のNb-(V)系、(2)アシキュラー・フェライト組織のNb-Mo系および(3)低炭素ベイナイト組織のNb-B系の三つに大別される。(1)、(2)におけるMo、B添加の目的は鋼の焼入性向上である。

4 鋼管製造におけるプロセスメタラジー

4.1 連続 casting スラブ製造プロセス³⁾

連続 casting スラブ製造プロセスにおける組織・析出物の制御は、スラブの軸心部に存在するマクロ偏析（中心偏析）の改善や割れ防止の観点から行われてきた。中心偏析の改善に対しては、等軸晶凝固組織が有効とされ、低温、低速の casting や電磁攪拌が採用された。電磁攪拌は未凝固部の残溶鋼を電磁力で攪拌して凝固組織を等軸晶化し、マクロ偏析を改善する技術で、一般のラインパイプ用鋼の製造に採用されている。しかしながら中心部および中心以外の等軸晶組織には、分散したセミマクロ偏析（断続的に連なった島状の偏析）が存在し、そのサイズが大きい場合、鋼板での硬化組織生成の原因となり耐HIC特性が低下する。このためセミマクロ偏析低減の観点から軽圧下法が注目され、分割ロール等の採用や圧下条件の適正化が行われている。軽圧下法は凝固末期のスラブ支持ロール間隔を凝固収縮量に見合うだけ狭めることによってクレーターエンド近傍の凝固収縮量を補償し、デンドライト間の溶鋼流動を防止しようとする技術で、耐サワーラインパイプ用鋼の製造には不可欠である。凝固収縮量の目安としてV偏析の有無があるが、軽圧下法ではV偏析も逆V偏析も生じない適正な圧下量を付与する必要がある。Fig.2に圧下量と中心偏析評点との関係を示す⁴⁾。この場合、最適な圧下量は0.7 mm/m程度である。

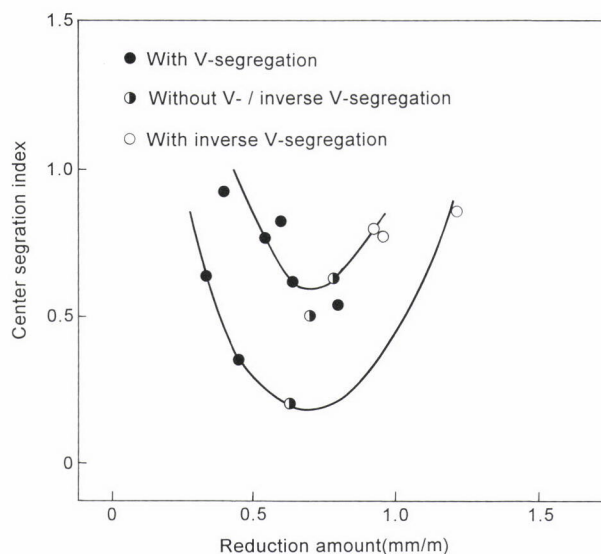


Fig.2. Effect of soft reduction amount in slab continuous casting on center segregation index.

4.2 圧延・成形製造工程

4.2.1 ホットチャージ圧延

スラブの再加熱工程での省エネルギーをはかるため、高温 (A_{r3} 変態点以上) の連続 casting スラブを再加熱圧延するホットチャージ圧延(HCR)が実用化され、この適用が低合金高張力鋼まで拡大されつつある。しかしながらラインパイプ用鋼板の製造への適用には多くの制約がある。Fig.3に再加熱工程の模式図を示す⁵⁾。(a)は室温(CCR)もしくは A_{r1} 変態点以下まで冷却したスラブを再加熱圧延するウォームチャージ圧延(WCR)、(b)はHCR法、(c)はスラブを再加熱炉を経由しないで直接圧延するホットダイレクト圧延(HDR)である。HCRおよびHDRでは γ 組織や析出物の挙動が従来の再加熱圧延法と比較して変化し、鋼の性質も異なってくるため、その適用にあたってはこれらの挙動を十分に把握しておかなければならない。Fig.4は厚鋼板の機械的性質におよぼす加熱炉への鋼塊装入温度の影響を示したものである(再加熱温度: $1200^{\circ}\text{C} \times 1\text{h}$)⁶⁾。HCR材の強度はCCR材よりもやや高いが、低温靱性は加熱炉への鋼塊装入温度が A_{r1} 点を超えると急激に劣化しはじめ、この傾向は装入温度が高いほど強くなる。これは変態による γ 粒の微細化効

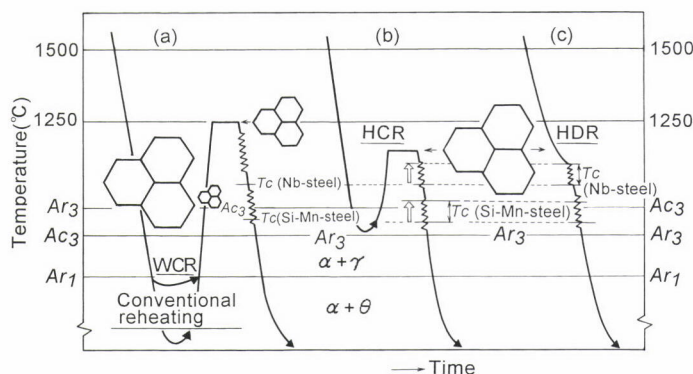


Fig.3. Slab reheating methods and their γ grain sizes at start of reductions.

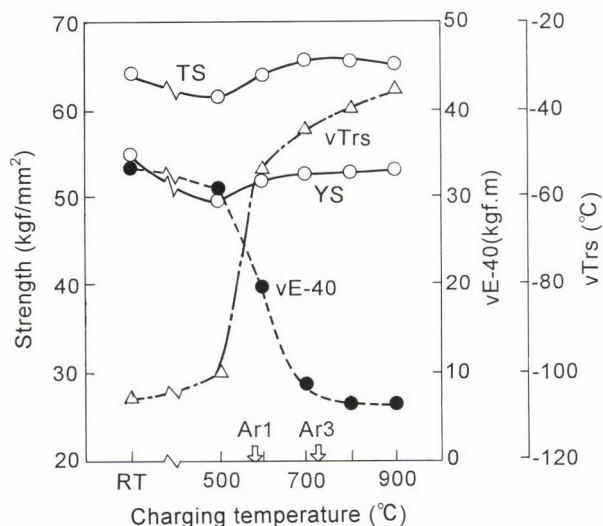


Fig.4. Effect of slab charging temperature into a reheating furnace on mechanical properties of Nb-B steel.

果が利用できないため、再加熱時の γ 粒径（初期 γ 粒径）が極めて大きくなり、この影響が鋼板にも受け継がれるためである。スラブ装入温度が Ar_3 点以上の場合、初期 γ 粒径は鑄造組織とほぼ同じ位大きい。HCR法では粗大な初期 γ 粒径を再結晶限界温度以上の圧延により細粒化できるかどうかは鍵となるが、繰返し圧延によっても完全にその影響をなくすことはできない。このため低温靱性に対する要求が厳しいラインパイプ用鋼の製造では、スラブ装入温度（表面）が制限され（たとえば700°C以下）、WCRの領域に留まっている。しかし、ホットチャージ圧延は鋼の低温靱性を劣化させるばかりではない。微量Ti添加鋼（0.01%Ti）のHCRでは、低温靱性を劣化させることなく強度の向上が期待でき、ホットチャージ圧延は省合金に有効であることもわかっている。しかしながらHCRやHDRの実現には、材質上だけでなくスラブ温度確保での設備上の制約がある。

4.2.2 制御圧延技術

制御圧延は結晶粒を微細化する技術であり、組織の微細化は強度（降伏強さ：YS）と低温靱性を同時に向上させる数少ない手段の一つである。制御圧延における結晶粒の微細化機構は、スラブの再加熱工程も含めてFig.5⁷⁾に示すように四つの段階に分けることができる。すなわち(a)スラブ再加熱、(b)高温の γ 再結晶域での圧延、(c)低温の γ 未再結晶域での圧延および(d) ($\gamma + \alpha$) 二相域での圧延である。

スラブの再加熱（一般に1100～1250°C）では、Nb、Vなどの炭窒化物を固溶させる必要があるが、高温に再加熱すると γ 粒が粗大化し圧延後の組織の粗大化・混粒化の原因となる。この γ 粒の粗大化を抑制するにはTiNの利用がとくに有効である。 γ 粒の粗大化抑制に有効であるのは高温で安定な析出物であり、これらの析出物は粒界面の移動を阻止する効果をもっている。制御圧延による結晶粒の微細化をさらに押し進めるため、厚鋼板の製造工程ではスラブの再加熱温度を下げた極低温加熱圧延技術（たとえば900°C）も実用化された。この方法では、 γ 粒が粗大化しない温度域でスラブを再加熱、圧延するために焼きならし処理よりも微細で均一な結晶粒を得ることができる。

スラブ再加熱により粗大化した γ 粒は圧延・回復、再結晶の繰返しにより順次微細化する。高温域の圧延では、再結晶とその後の成長が短時間に進行し顕著な粒の細粒化は認められない。これに対して低温域の圧延を強化すると γ 粒は著しく微細化する。再結晶は動的再結晶と静的再結晶に分類されるが、鋼板の制御圧延では、前者による微細化は実現し難く、後者による微細化が重要である。実圧延の静的再結晶では、1パスあたりの圧下率が大きく、また圧延温度が低いほど小さな再結晶粒が得られる。次いで、再

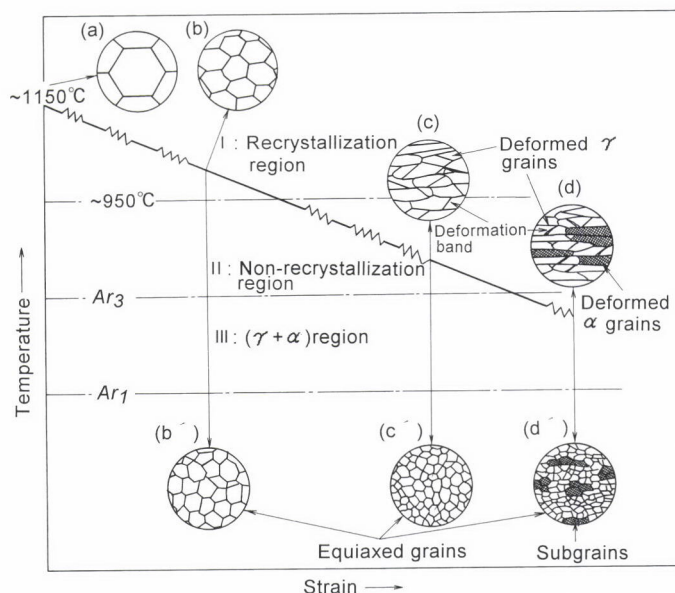


Fig.5. Schematic illustration of changes in microstructure in controlled rolling.

結晶が生じない γ 未再結晶域で圧延すると結晶粒が伸長して粒界面積が増大し、 γ 粒界での α 生成速度も増加する。また γ 粒内に多数の変形帯や焼鈍双晶が形成され、 γ 粒界とともにこれらも α 核生成サイトとして働くため、一層 α 粒は細粒化する。 γ 未再結晶域での累積圧下量の増大は Ar_3 変態点の著しい上昇をもたらすことが明らかにされており、これは制御圧延において圧延終了温度を設定する上で重要なことである。固溶元素による静的再結晶抑制効果はNbがもっとも強く、次いでTi、Al、Vの順である。このように通常N量ではVの再結晶抑制効果は弱い、Nを添加したVN鋼では大きいことが知られている。Moも再結晶抑制効果をもつが、Mo量0.5%以下では炭化物の析出やMo原子のクラスターリングは認められないことから、その機構は固溶MoによるSolute Drag効果と考えられる。NbやTi添加による再結晶抑制の機構は、固溶元素によるSolute Drag効果および微細析出物によるPinning効果の二つと考えられている。

さらに Ar_3 変態点以下の $(\gamma + \alpha)$ 二相域で圧延すると、未変態の γ 粒はより一層伸長して、粒内に変形帯を形成する。一方、変態した α 粒も加工され粒内にサブグレインを形成し加工硬化状態となる。このようにして α 粒は細粒化、同時に強度の増加も達成される。未再結晶域や二相域における圧延を強化すると、圧延集合組織が発達しFig.6⁷⁾に示すように、鋼板の機械的性質に面内異方性が生じる。異方性は γ 未再結晶域圧延の場合、小さいが、 $(\gamma + \alpha)$ 二相域圧延では大きくなる。しかしながらラインパイプの主応力方向(圧延と直角方向)の強度、低温靱性はいずれの圧延においても良好である。二相域圧延材では、(1)MnSの延伸化、(2)圧延面に平行な $\{100\} \langle 011 \rangle$ 集合組織の発達によ

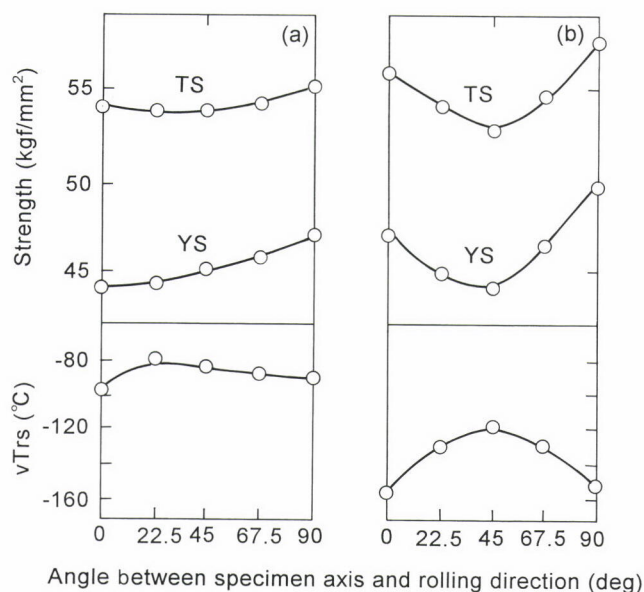


Fig.6. Anisotropies of strengths and 50%FATT(vTrs); finish-rolled in (a) nonrecrystallization γ region, and (b) $(\alpha + \gamma)$ region.

り、シャルピー衝撃試験片の破面にセパレーション(板面に平行な層状の剥離現象)の発生が顕著となる。セパレーションは亀裂先端での三軸応力度を低下させ、脆性破壊の伝播停止性能を向上させる。脆性破壊の伝播停止特性は天然ガスパイプラインの安全上極めて重要な特性である。セパレーション発生はシャルピー吸収エネルギーを低下させるが、これはS量の低減やCa処理による硫化物形態制御で改善可能である。ただし強度の二相域圧延はかえって低温靱性を劣化させる。

4.2.3 加速冷却技術

制御圧延後の冷却は空冷であり、組織・析出物の制御は十分とは言えない。そこで圧延後の加速冷却技術が開発、実用化された。加速冷却技術は圧延直後の鋼板を圧延ライン上で適正な冷却条件で水冷して材質を改善する技術で前述の制御圧延やマイクロロイニング技術と組み合わせて適用される。厚鋼板の加速冷却技術はFig.7に示すように三つのタイプに大別できる。タイプIは直接焼入法で圧延後の鋼板を高冷却速度で室温近くまで水冷する方法である。適当な延靱性を得るために、焼戻し処理が必須である。タイプIIは室温近くまで水冷するが、冷却速度を低～中程度として水冷ままで適当な延靱性を得る方法である。タイプIIIは変態温度域のみを適正な冷却速度で水冷し、その後空冷する方法である。この方法では加速冷却の途中停止による自己焼戻し効果により優れた延靱性が達成できる。ラインパイプ用鋼板の生産には、材質・生産性の面からタイプIIまたはIIIの方法が採用されている。電縫鋼管素材のホットコイル製造においては鋼板は水冷を途中停止後、巻き取り徐冷され、ほぼタイプIIIに相当する加速冷却法が採用されている。

加速冷却を適用することによってFig.8に示すように制御圧延鋼よりも均一で微細なフェライト・ベイナイト組織が得られ、低温靱性を損なうことなく高強度化が達成できるようになった。鋼を γ 未再結晶域圧延後に加速冷却すると、ひずみ

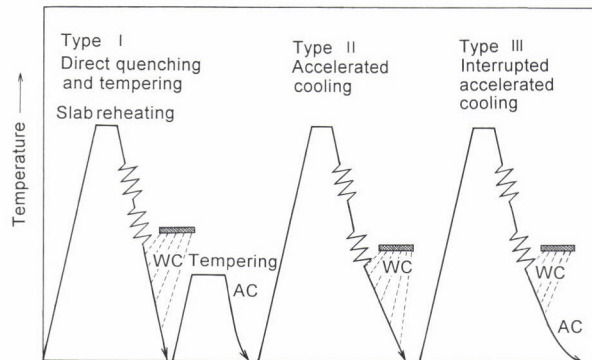
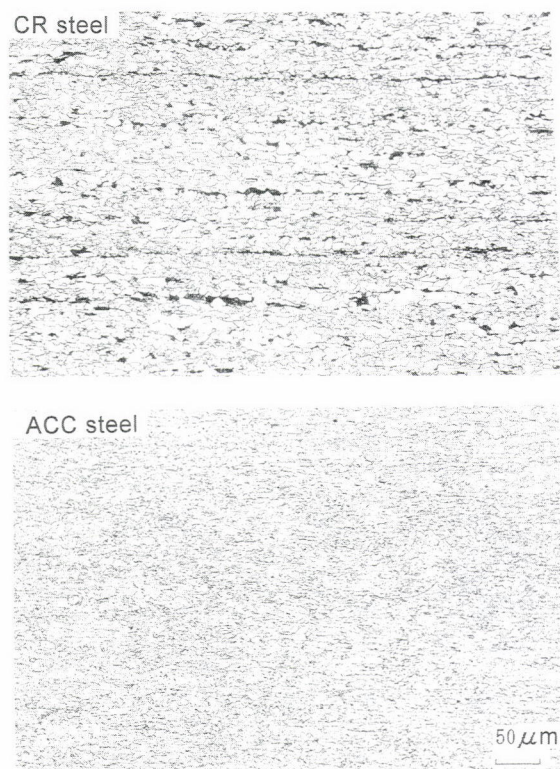


Fig.7. Accelerated cooling methods for heavy plate steel production.



CR : Controlled rolling, ACC : Accelerated cooling

Fig.8. Microstructures of controlled rolled steel and accelerated cooled steel.

の付与と加速冷却による過冷度の増大により γ 粒界、変形帯上での核生成が増加するとともに γ 粒内の転位や亜粒界、介在物近傍のひずみ集中域からの核生成が著しくなる。その結果、 α 粒径は著しく微細化する (Fig.9⁹⁾)。また加速冷却では、 γ 地に固溶したNbは焼き入れ性を増大しベイナイト分率を高めるとともに空冷時よりも微細にフェライト地に析出し強度を向上させる。このような加速冷却鋼の優れた特徴を得るには、制御圧延条件に加えて水冷開始温度、停止温度や冷却速度など加速冷却条件の最適化が必須である。

鋼の特性は加速冷却により向上するが、中でも炭素当量の低減と耐HIC特性の向上は重要である。加速冷却は鋼の低温靱性を劣化させることなく強度を増加させるので、制御圧延鋼に比較してより低い炭素当量で同一の強度を得ることができる。Fig.10はラインパイプ用鋼の炭素当量と引張強さとの関係を示す⁹⁾。加速冷却鋼では制御圧延鋼に比べて炭素当量を約0.04%低減することができ、溶接性の向上をはかることができる。この程度の炭素当量の低減であれば溶接による熱影響部(HAZ)の軟化は小さく実用上の問題はない。加速冷却は耐HIC特性の改善にも大きな効果を有する。これはFig.11⁹⁾に示すように適切なタイプⅢの加速冷却によって非偏析部と中心偏析部とのC分布が均一化し、中心偏析部の硬化組織が減少するとともに硬化相が微細に分散するためである。 γ 域において、Cが均一に分布していても空冷のように鋼板の冷却速度が遅く非偏析部と中心偏析部とで変態時間に大きな差が

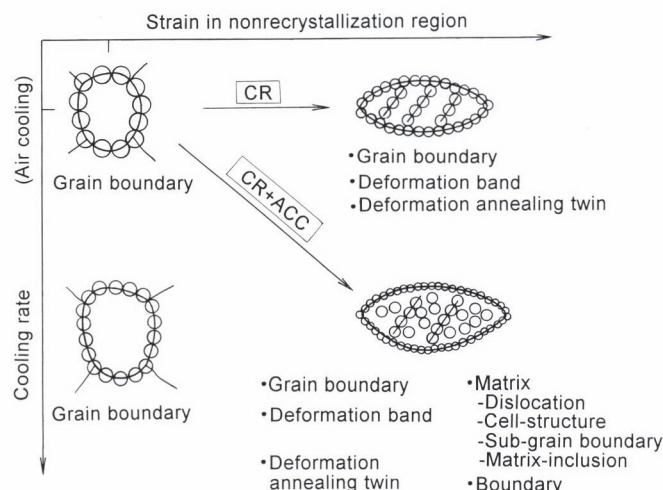


Fig.9. Effects of reduction in nonrecrystallization γ region and cooling rate on ferrite nucleation.

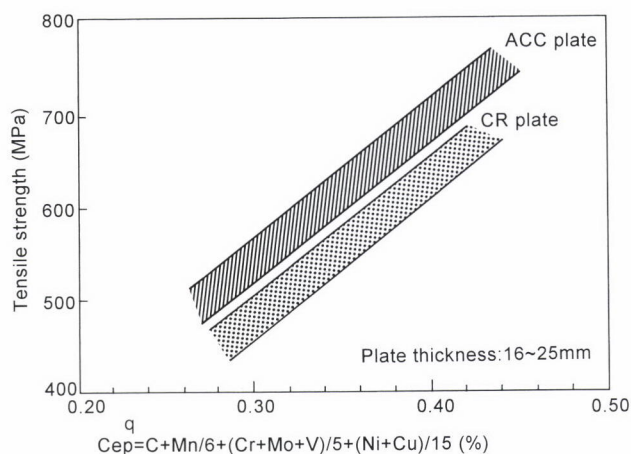


Fig.10. Effect of accelerated cooling on reduction of carbon equivalent.

生じる場合には、Cは偏析部の周辺に濃化し、硬化組織を形成する。これに対して冷却速度の速い加速冷却では、非偏析部と偏析部の変態時間差が小さく、非偏析部から偏析部へのC拡散は抑制される。

4.3 突き合わせシーム溶接工程

厚鋼板、ホットコイルは鋼管成形、突き合わせシーム溶接されて電縫鋼管、UOE鋼管に製造される。Fig.12はそれぞれの溶接部 (実験室溶接) の断面マクロ写真である。いずれのシーム溶接においても鋼は溶融するまで高温に再加熱されるので、この領域の低温靱性が大きな問題となる。電縫鋼管は高周波電流により電気抵抗加熱され連続的に溶融圧接される。低温靱性は(1)溶接欠陥 (冷接、ペネトレータなど)、(2)メタルフローに沿って延伸化した介在物および(3)ミクロ組織に支配される。溶接欠陥の低減、介在物の低減のため、溶接入熱量やアップセット量など溶接条件の適正化や溶接雰囲気 (露点の調整、Arシールなど) の制御が実施されている。欠陥に関しては溶接部に占める欠陥の面積率を0.1%程度以下にすれば優れた靱性が得られるこ

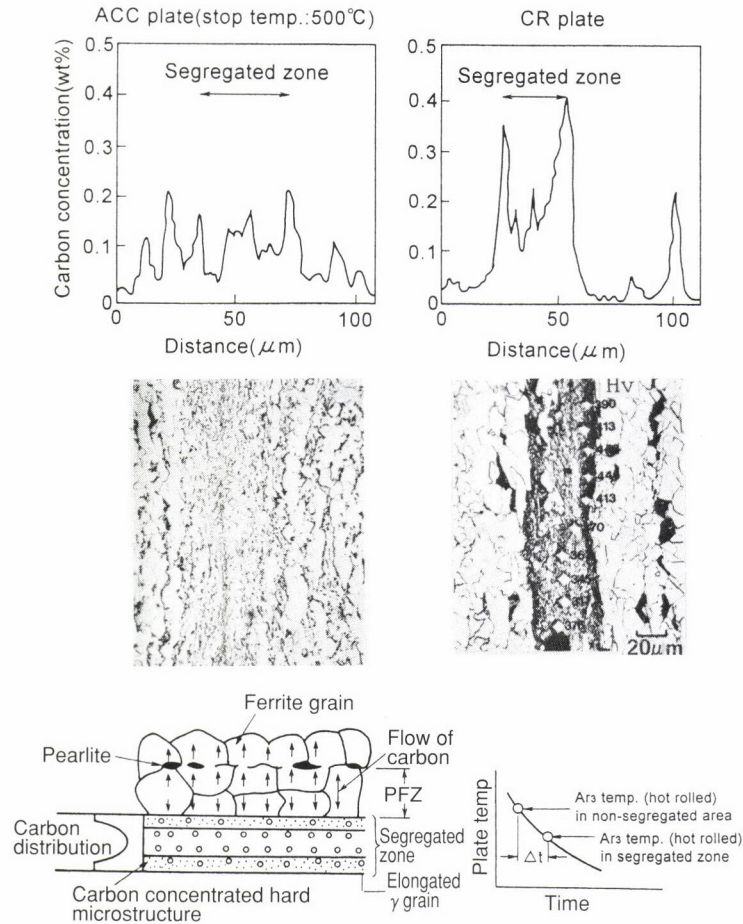


Fig.11. Distributions of C content and microstructures in center segregated portion of heavy plate steel.

とがわかっている。また介在物対策としてはとくにS量を減らした清浄鋼が使用される。電縫溶接部の中央にはC、Si、Mnが減少した白色層部が存在し、この位置の低温靱性はもっとも低い。この原因の一つは強アップセットに起因する「200」集合組織の発達である。この集合組織は熱処理により消滅させることができる。シーム溶接部のマイクロ組織は溶接直後にシーム部を鋼管外表面からの誘導加熱による熱処理によって制御される。熱処理の種類としては、目的に応じて焼きならし、焼入焼戻しなどがある。一方、UOE鋼管は鋼管内外面から1パスで多電極サブマージアーク溶接される。溶接金属の特性はTi-B系溶接金属の採用

など化学成分の調整で達成される。これに対して大入熱で溶接されたHAZでは著しい結晶粒の粗大化が起り、溶融線近傍に局所的な脆化域が生じる。そこでラインパイプ用鋼では炭素当量の低減やTiNなど微細な窒化物を分散させ、 γ 粒の粗大化を抑制する技術が用いられる。しかし溶融線近傍の領域では、窒化物は粗大化もしくは溶解して、その効果は失われてしまう。この対策として粒内変態フェライト(IGF)を利用してHAZ靱性を改善する技術(鋼)が開発された。その一つは製鋼プロセスにおいて酸素量、Ti添加量や精錬・凝固(casting)条件を精密に制御し鋼中に微細なTi酸化物を分散させた鋼である¹⁰⁾。この鋼では溶接後の γ - α

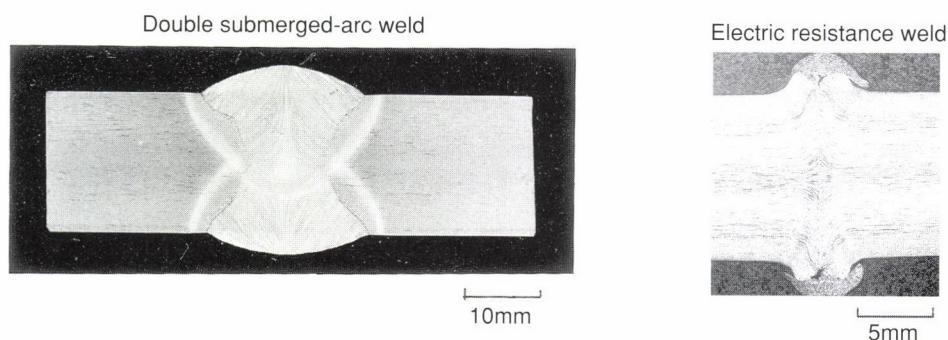


Fig.12. Macrostructures of seam welded portion for UOE and ERW pipes.

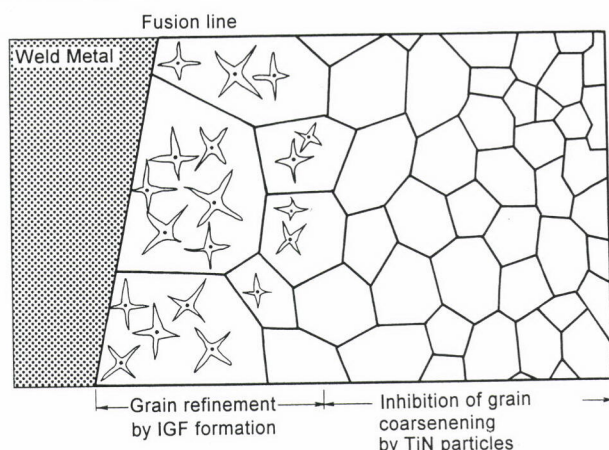
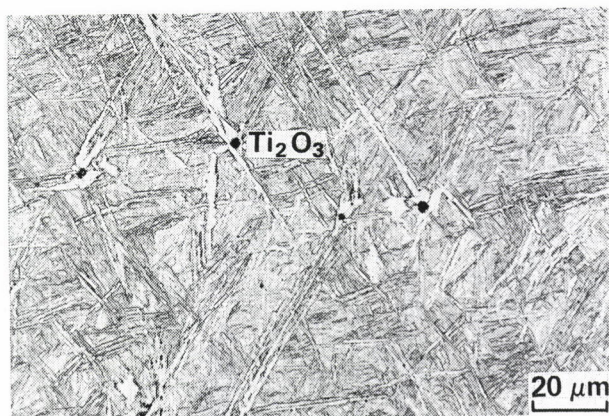
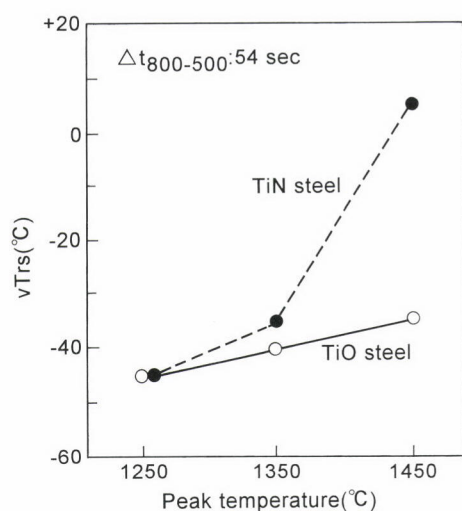


Fig.13. IGF formation in Ti-oxide steel.



Chemical composition (wt %)									
Steel	C	Si	Mn	P	S	Nb	Ti	Al	N
TiO	0.07	0.25	1.81	0.008	0.001	0.039	0.017	0.003	0.002
TiN	0.07	0.25	1.81	0.008	0.001	0.039	0.017	0.019	0.003

Fig.14. Comparison of simulated HAZ toughness in Ti-oxide steel and TiN steel. (X80 line pipe steel)

変態時に、鋼中に微細分散させたTi酸化物を核としてFig.13に示すように放射状にIGFが生成して、粗大化した γ 粒は著しく細分化される。Ti酸化物は1450℃の高温でも化学的に安定であり、HAZ全域での組織制御が可能となった(Fig.14¹³⁾)。IGFがTi酸化物から生成する機構はTi酸化物上に

MnSやTiNが析出しやすく、(1)溶接による急熱急冷によりMnS周囲にMn欠乏層ができること(変態温度の上昇)、(2)TiNと α 地との格子整合性がよいことと考えられている。

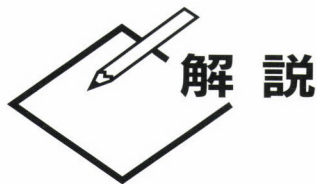
5 おわりに

ラインパイプに対する要求特性の厳格化や生産性・経済性の観点から鋼管製造におけるプロセスメタラジーは、製鋼、鋼板製造技術を中心に発展した。しかしながら鋼管成形・溶接プロセスにおける析出物・組織制御はまだ十分でないと考えられる。近年、電縫鋼管製造工程を使用したレーザー鋼管の製造法が開発されており、この分野での新たな展開が期待される。また精錬・凝固プロセスにおけるプロセスメタラジーは今後、さらに重要性が増すであろう。本報では鋼管の重要な製造法の一つである継目無鋼管については、圧延工具の制約から制御圧延が困難であるため直接触れなかった。しかし、継目無圧延での主圧延工程の傾斜圧延は剪断変形が大きく、独自の制御圧延が発展する可能性もある。これらの分野を中心としたプロセスメタラジーの進歩を期待したい。

参考文献

- 1) 大内千秋:第90・91回西山記念技術講座, 日本鉄鋼協会, (1983), p. 97
- 2) H.Chino, M.Abe, K.Katayama, H.Tamehiro and H. Akasaki: Pipeline Technology Conference, (1990), Part A, P4.1
- 3) 荻林成章:第126・127回西山記念技術講座, 日本鉄鋼協会, (1988), p. 195
- 4) 荻林成章, 手塚誠, 佐伯毅, 溝口庄三, 山田衛:学振19委-No.10772, (1986)
- 5) I.Tamura, C.Ouchi, T.Tanaka and H.Sekine: Thermo-mechanical Processing of High Strength Low Alloy Steels, (1988), p. 233, [Butterworths]
- 6) 村田正彦, 西岡潔, 為広博:鉄と鋼, 74(1988), p.258
- 7) T.Tanaka: International Metals Reviews, 26 (1981), p. 185
- 8) 阿部隆, 束田幸四郎, 小指軍夫:鉄と鋼, 74(1988), p.505
- 9) H.Tamehiro, R.Habu, N.Yamada, H.Matsuda and M.Nagumo: Accelerated Cooling of Steels, (1985), p.401
- 10) K.Yamamoto, S.Matsuda, T.Haze, R.Chijiwa and H.Mimura: Residual and Unspecified Elements in Steels by A.S.Melilli and G.E.Nisbett, ASTM STP 1042, (1989), p.266
- 11) H.Nakasugi, H.Tamehiro, K.Nishioka, Y.Ogata and Y.Kawada: Welding-90, (1990), p.125

(1996年7月12日受付)



薄鋼板の新しいプレス成形技術

松居正夫

Masao Matsui

(株) 豊田中央研究所材料1部 部長

New Technologies of Sheet Metal Press Forming

1 はじめに

平板材から継目のない立体形状部品を造る方法としては、一般に、その生産性の高さから板金プレスによる方法がとられている。それ故、プレス成形と言え、板材の成形を指す場合が多く、プレス成形によって造られた部品はプレス部品とも呼ばれている。プレス成形はパンチ（上型）、ダイ（下型）、しわ押え（ブランクホルダ）の3つの型技術、被加工材である板材（ブランク）の成形性、成形するためのプレス機械の選定が主要条件であり、潤滑剤、型材の選定なども重要な技術要素である。プレス部品はこれら多くの技術が結集された結果として形造られているもので、その成形過程で破断、しわを始めとした様々な不良現象が発生する。この不良現象をいかに回避し、要求性能・精度を満足する部品を作り出すかが、板材のプレス成形技術の課題である。

薄鋼板のプレス成形技術は、特に、自動車の普及とともに進歩したと言っても過言ではない。自動車工業の発展とともに、薄鋼板で構成されている自動車車体部品を安く、大量に、高品質で、安定して、効率よく生産するための技術は必須の条件となり、薄鋼板を提供する鉄鋼メーカー側の材料開発と、提供された材料を製品に仕上げる自動車メーカー側の成形技術開発が一体となって、プレス成形技術の発展を促してきた。

その発展は時代の要請、社会環境の変化に依るところが大きい。すなわち、1960年代後半のモータリゼーションの到来以前の薄鋼板への要求は、低降伏点化による高成形性や、表面品質の改善など、生産性を向上させるための材料開発が主であった。この頃までに、プレス成形の基本要素である深絞り成形、張り出し成形、伸びフランジ成形、曲げ成形についての研究が盛んに実施され、成形性の基本体系が確立された。1970年代に入って本格的なモータリゼーションが始まり、自動車の台数が加速度的に増加すると、ガソリン消費量増大に伴う地球環境汚染問題、エネルギー安全保障問題から、排出ガス規制、燃費規制が強化され、

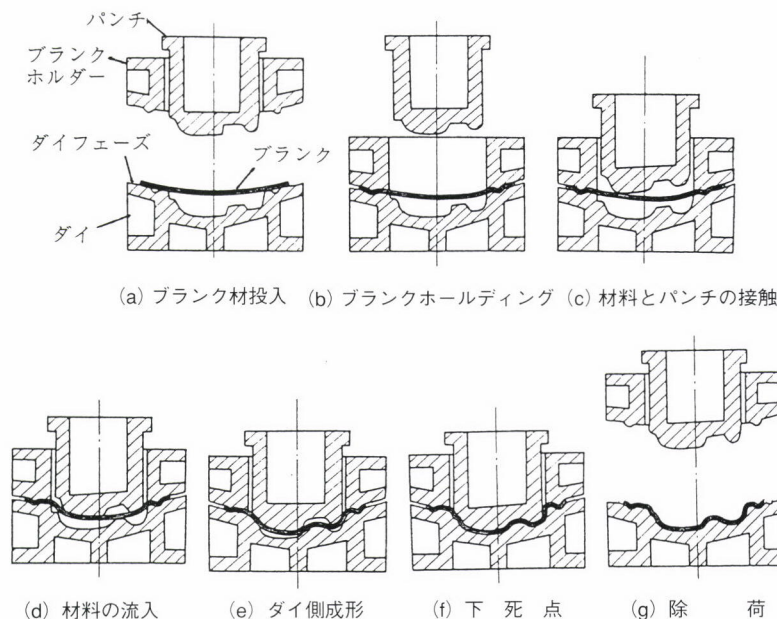
それに伴って、自動車の軽量化が促進された。自動車車体においては、高強度鋼板の利用による薄肉化が重要な手段の一つとなり、鉄鋼メーカーでは、成形性の良い高強度鋼板の開発が盛んに行われた。しかし、強度が向上すると必然的に成形性は劣り、破断やしわ、成形品の面品質の劣化などの不良現象や、金型への負荷の増大による金型損傷等が問題となり、これらを解決するために、プレス成形技術の新たな挑戦が始まった。特に、成形性を評価するためのLDH（Limiting Dome Height）テストの提案や、面ひずみ（面形状精度の一つで、部品形状が急に变化する部位の周辺に発生する凹凸の落差が数十～数百 μm のゆがみ）のメカニズムが論じられたのもこの頃である。また、薄肉化に伴って、耐食性の劣化も問題となり、各種表面処理鋼板が採用され始めたが、金型と材料の間の摺動特性の違いによる成形性劣化や、成形中の皮膜損傷による製品表面のきず、ピンブル（剥離物による凹凸のきず）の発生が課題となり、平板摺動やビード引き抜き試験による摩擦特性の評価も精力的に実施された。

軟鋼板に比べて成形性の劣る上記高強度鋼板や表面処理鋼板のような難加工材の成形では、破断やしわ、面ひずみ等の不良を発生させない成形深さをいかに向上させるかの技術開発が必要であり、そのための新しいチャレンジが始まっている。最近では、ユーザーの嗜好の多様化、メーカーの熾烈な市場獲得から、多種少量の自動車を短期間で、しかも安く世の中に出していくことが重要になり、それに対処するために、新しい加工技術の開発や生産準備期間の短縮のための方策が必要になってきている。

本稿では、自動車車体を構成している薄鋼板プレス部品を中心に、最近開発され、実用化されている新しいプレス成形技術を紹介する。

2 しわ押え力制御プレス成形技術

自動車車体部品のように、大寸法で複雑な形状をした製品は、一般に、後述する図10に示すように3～5工程を経て

図1 プレス成形プロセス¹⁾

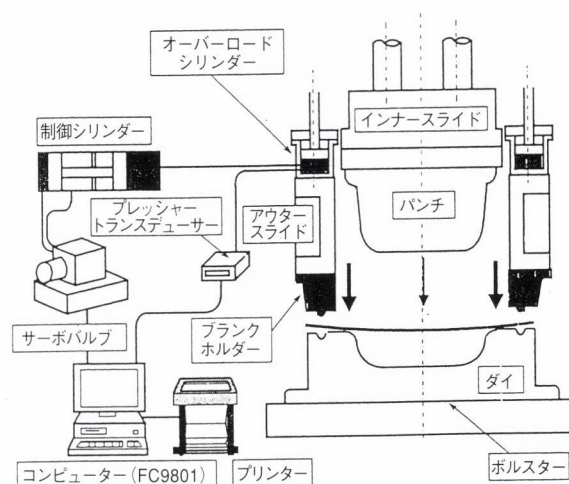
作られるが、このうち、絞り工程は、製品の良し悪しを決める重要な工程であり、薄板のプレス成形と言え、絞り成形を指す場合が多い。絞り成形の基本的なプロセスを図1に示す¹⁾。ブランクを型内に投入し、ブランクホルダー（しわ押え板）でブランク周辺部にしわ押え力を与え、パンチを押込んで立体的な形状を成形していくプロセスをとるが、成形の可否を左右する重要な因子の一つに、しわ押え力が挙げられる。従来、しわ押え力はプレス行程中一定に保たれているが、しわ押え力が高すぎると、パンチ力が材料の破断荷重に達して破断となり、逆に低すぎると、しわや面ひずみが発生する。寸法法で複雑な形状の部品では、破断やしわ等の不良現象が混在するため、一定しわ押え力ではすべての不良を回避して成形するための金型製作（主にダイとブランクホルダーの型合せ）に苦勞する。プレス成形中にしわ押え力を適切に変化させることができれば、大幅な成形限界（不良が発生しない最大の成形深さ）の向上が図れ、生産型の準備期間の短縮、ブランク材の低級化、成形不良率の低減、難加工材の成形等が期待できる。

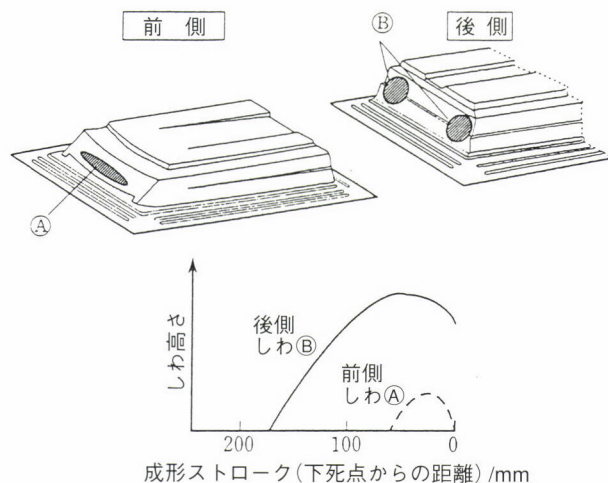
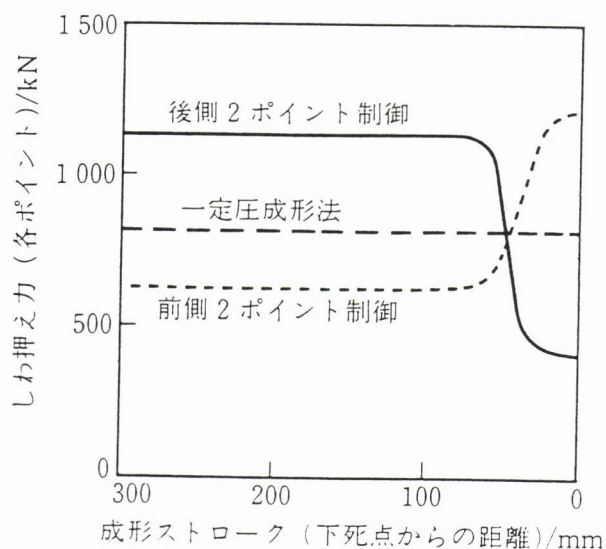
近年、このような観点から、薄板のプレス成形におけるしわ押え力制御技術に関する研究、開発が盛んに行われるようになってきた。開発したコンピュータ制御油圧プレス機械を用いて、円筒深絞り成形におけるしわ押え力制御の効果を調べた報告²⁾がその走りである。ここでは、自動車外板部品に実用化されているしわ押え力制御技術、および、将来有望と思われるさらに積極的なしわ押え力制御技術の一端を紹介する。

機械式複動プレス機のしわ押え力が、油圧を利用したオーバーロードシリンダー（過負荷の荷重がかかったときの安全弁に相当）を介して伝達されることに着目し、4ヶ所

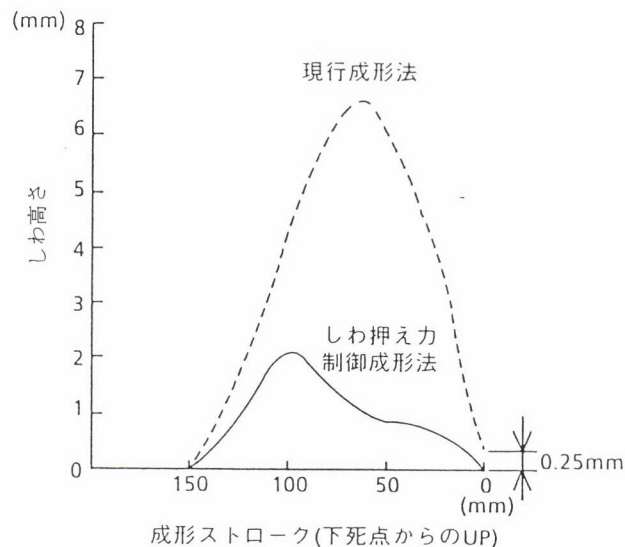
のオーバーロードシリンダーを電気・油圧サーボ弁を使用してしわ押え力を制御する方式が開発された³⁾。そのしわ押え力制御装置の概要を図2に示す。本装置は4ヶ所のオーバーロードシリンダーそれぞれに独立に制御シリンダー、サーボ弁を取り付け、オーバーロードの圧力を圧力変換器を介してコンピュータに取込み、設定した圧力になるように制御シリンダーの圧力を調整できるような仕組みになっている。この装置を10,000/6,000kN複動プレスに設置し、面ひずみや破断等の成形不良が発生し易い自動車ハイルーフパネルについて、制御効果が検討されている。

破断を発生させない適切な一定しわ押え力でハイルーフを成形した時の成形不良は、パネル前側のボディしわと後側コーナー部の肉余りしわである。この2つのしわは、図3に示すように発生・成長・消去のプロセスが異なっている。前側のボディしわは成形後期に発生し、後側の肉余り

図2 しわ押え制御装置概要³⁾

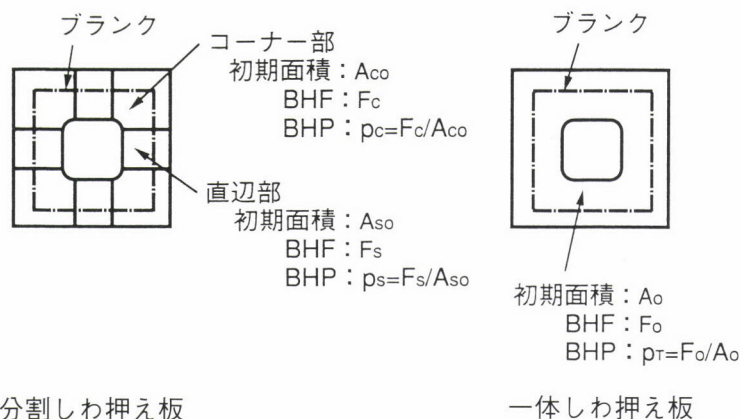
図3 しわの発生・成長・消去プロセス³⁾図4 しわ押え力制御パターン³⁾

しわは成形初期から発生し、両者のしわとも最終的には消去されない。そこで、パネル前側では成形後期のしわ発生に合わせてしわ押え力を増加させ、パネル後側では成形初期からしわ押え力を高くして、材料流入を少なくすること

図5 しわ高さの変化(ハイルーフ後側)⁴⁾

によりしわの成長を抑制し、成形後期には破断を回避するためにしわ押え力を減少させるような図4のしわ押え力制御パターンの効果が検討された。図5は、しわ押え力制御効果の一例を示したものである⁴⁾。パネル後側のしわは、しわ押え力制御することにより、プレス成形中に小さくでき、成形終了時(下死点)ではしわが完全に消去されている。その他の不良も抑制され、ハイルーフの成形には、図4に示したしわ押え力制御パターンで実用化されている。

上記の例は、一体しわ押え板(ブランクホルダー)を用いてしわ押え力を制御する場合であるが、しわ押え力をさらに積極的に制御するために、分割しわ押え板を用いる方法が提案されている^{5)~7)}。大寸法複雑形状部品では、部位によってしわ押え力の効果は異なるし、必要なしわ押え力の大きさも異なる。そのような部品に対して、形状に応じてしわ押え板を分割し、プレス成形中にそれぞれを個別に制御することができれば、しわ押え力制御の効果を大幅に引き出すことができると考えられる。このような観点から、コーナー部と直辺部で変形状態が大きく異なる四角筒絞り

図6 分割しわ押え板⁵⁾

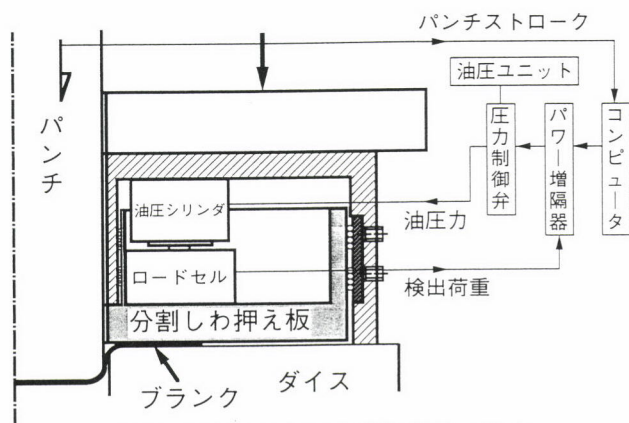


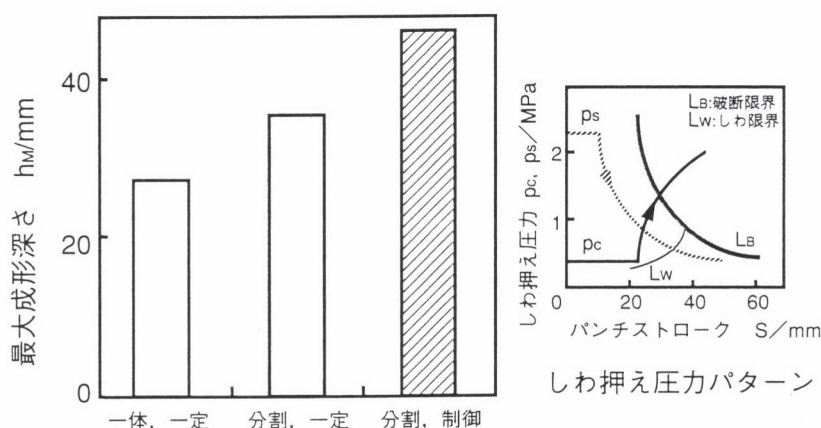
図7 分割しわ押え力制御装置の概略

成形をモデルとし取り上げ、分割しわ押え力制御を検討した例⁵⁾を紹介する。

図6は150×150の正四角筒絞りの分割しわ押え板を示したもので、コーナー部と直辺部の境界で8分割されている。図7は分割しわ押え板を取付けたときの型構造としわ押え力制御装置の概要である。それぞれのしわ押え板の背面には、独立に油圧シリンダーとロードセルが設置されている。しわ押え力は、各々のロードセルの検出荷重が、パンチの各ストローク位置においてあらかじめ設定された荷重値と一致するように、コンピュータと圧力制御弁で油圧を調整することにより制御される。

実験では、パンチ肩に生じる破断と、フランジ面に生じるしわを発生させないで成形できる最大成形深さを成形限界とし、この値が、一定しわ押え力の成形限界より大きくするようなしわ押え力制御パターンを試行錯誤で求めている。制御パターンの基本は、パンチの進行に伴って一定、漸増、漸減パターンとし、コーナー部のしわ押え圧力と直辺部のしわ押え圧力を色々組合わせた制御パターンが検討されている。

図8は板厚0.7mm、一辺340mmの正四角軟鋼板を用いた場合の成形限界が、一定しわ押え力成形よりも大幅に向上した制御パターンとその効果について示したものである。

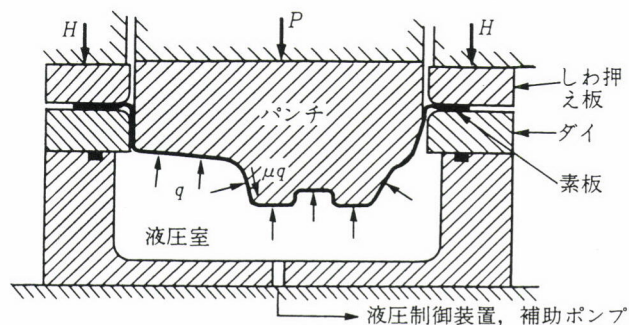
図8 分割しわ押え力制御の効果⁶⁾

直辺部のしわ押え圧力 (P_s) を初期に高く設定し、成形の進行とともに、一定しわ押え力成形の破断限界線に沿って漸減させ、コーナー部のしわ押え圧力 (P_c) を初期に低く設定し、その後直辺部のしわ押え圧力とほぼ対称に漸増させるパターンで制御することにより、一体、一定に比べて成形限界深さが約20mmも向上している。

以上のようにしわ押え力制御技術は、薄板プレス成形で発生する不良現象を抑制できる手段として、欧米でも、最近盛んに検討され始めている⁸⁾。しわ押え力制御技術で最も重要な課題は、最適なしわ押え力制御パターンをどのように設定するかであり、今後、FEMシミュレーションを活用した最適制御パターンの合理的な設定が進めば、本法が実生産の場で大いに使われていくものと思われる。

3 対向液圧成形法を利用した少量生産技術

本来、プレス成形は大量生産に向けた加工技術であり、品質の良いものをいかに安く、早く作るかに努力が払われてきた。しかし、自動車のニーズの多様化により、少量生産への対応も重要になってきた。少量生産では型費のコストに占める割合が大きくなり、これを解決する方法の一つとして対向液圧成形法が実用化されている。対向液圧成形法とは、下型の代わりに液体を満たした液压室を用い、その液に圧力をかけると圧力が液に均一に作用するパスカルの原理を応用した成形法で、その基本原理を図9に示す⁹⁾。この成形プロセスでは、液压室に液を満たした状態で、下しわ押え (ダイ) 上にブランク (素板) を置き、しわ押え力を作用させ、パンチを下降していくと液圧が発生して、ブランクがパンチに押しつけられて成形される。従って、下型が不要になり、しかもブランクがパンチになじみながら成形されるため、従来工法よりも深い絞り成形が可能であり、さらに形状凍結性も良いという特長を持っている。反面、成形時間が長く、生産性に劣るという欠点もある。

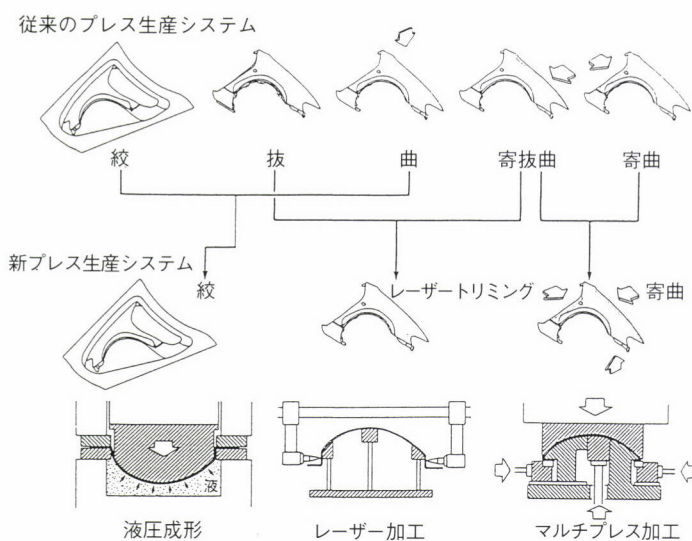
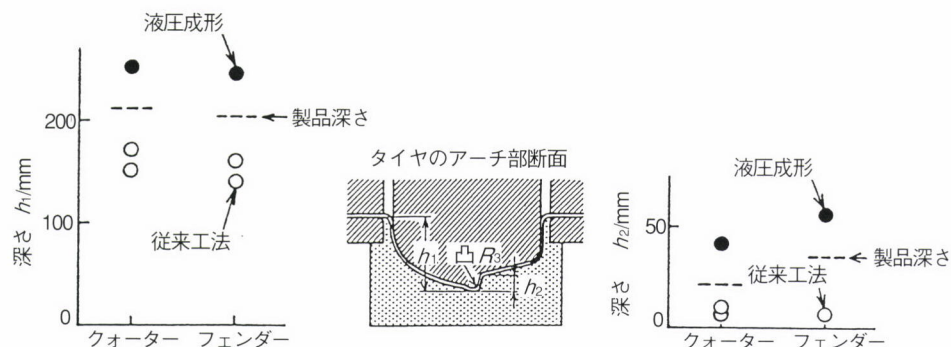
図9 対向液圧深絞り法⁹⁾

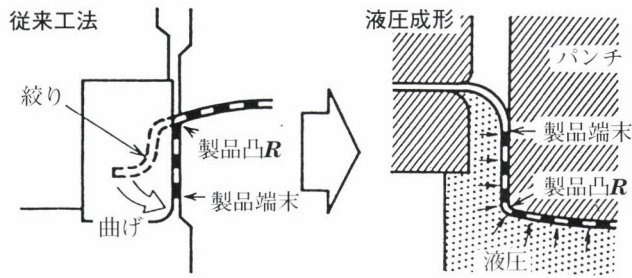
しかし、多種少量生産時代の到来とともに、絞り工程と曲げ工程の集約や下型の廃止による型費節減、高品質確保といった目的にマッチし、自動車車体パネルへの応用が検討された¹⁰⁾。以下にその概要を紹介する。

対向液圧成形法を組み込んだ少量生産プレスシステムの概要を図10に示す。フェンダパネルに例をとると、従来のプレス工法では、絞り、抜き、曲、寄抜き曲、寄曲の5工程を必要としたが、対向液圧成形法を採用することにより、絞り（曲げ加工も同時に行う）、レーザー加工機を用いた抜き、マルチプレスによる寄曲の3工程に集約

されている。短工程に集約された理由は対向液圧成形による絞り工程の高い深絞り成形性にある。図11に対向液圧成形法と従来工法の絞り深さを比較して示すが、対向液圧成形法では、従来のプレス成形法よりはるかに深い絞りが可能で、製品深さよりも高い深さが得られている。このことと、パンチへのプランクのなじみが良くなることから、図12に示したように、絞りと同時に曲げ成形も達成されている。対向液圧成形では絞り工程と曲げ工程が同時に行えることから、その後、抜き工程、寄曲げ工程を実施すれば良いことになり、工程短縮が可能になり、型費節減に大きく寄与している。

図10に示した生産システムで製造されている自動車車体パネルは11部品であり、型費は、従来に比べて65%の低減を実現している。一方、対向液圧成形法の課題は、成形スピードである。現在、フェンダやクォータのような大寸法パネルを成形するのに、1～1.5分の時間を要するが、成形時間がさらに短縮されれば、少量生産から中量生産にも対応できる技術として、今後ますます広がっていくものと思われる。

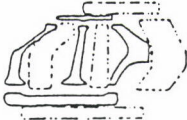
図10 少量プレス生産システム¹⁰⁾図11 絞り深さの限界¹⁰⁾

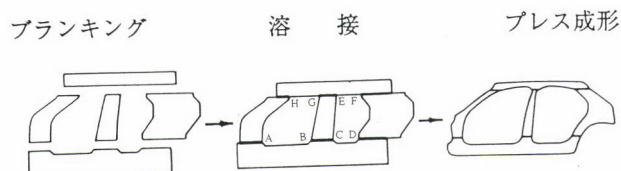
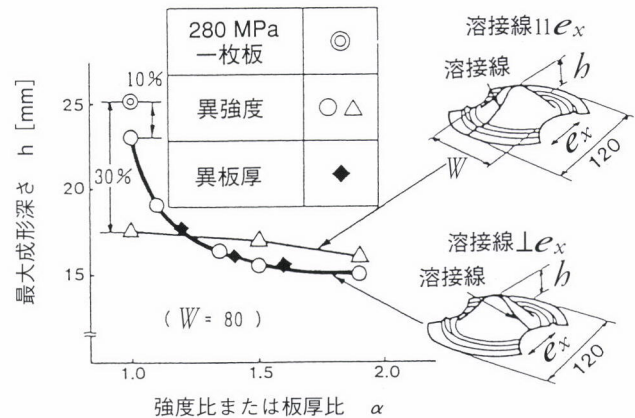
図12 絞りと曲げの工程集約¹⁰⁾

4 レーザ結合素材による 一体化成形技術

自動車車体パネルの中でも、サイドパネルのように非常に大きく複雑な形状をしたものは、通常いくつかの部品に分割して成形をした後、溶接して一体品にしている。しかし、寸法精度の向上、接合コストの削減、プレス型費の低減等のためには、複数部品を一体化してプレス成形するのが望ましく、大型トランスファプレス機の普及とともに、一枚板の一体化成形も採用されるようになってきた。表1は分割タイプの成形法と一体化タイプの成形法の長所と短所を比較してまとめたものである¹¹⁾が、一体化タイプでは、パネルの各部位で要求される材質や板厚が異なるため、各部位の中の最上級の材質あるいは板厚をブランクに採用せざるを得ない。このため、部品の重量アップや材料費の上昇と歩留りの低下によるコストアップにつながる。これらの問題を解決し、両タイプの成形法の利点を生かした成形法として、レーザー溶接ブランクのプレス成形技術が開発された。この技術の実用例としてサイドパネルがあり、その概略工程を図13に示す。このサイドパネルへの適用のた

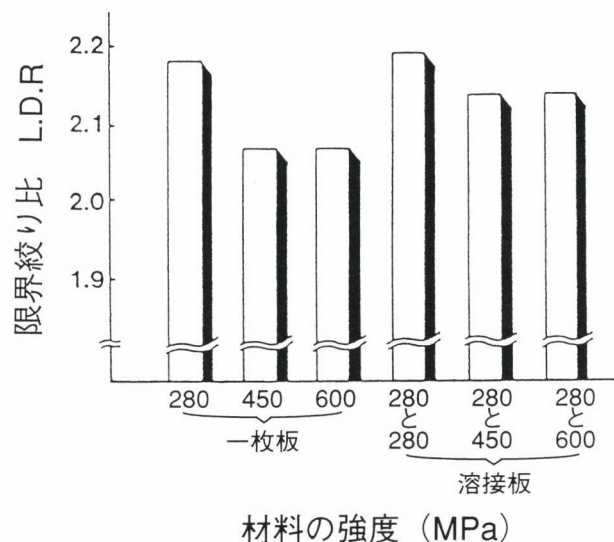
表1 自動車車体部品の分割タイプと一体化成形の比較¹¹⁾

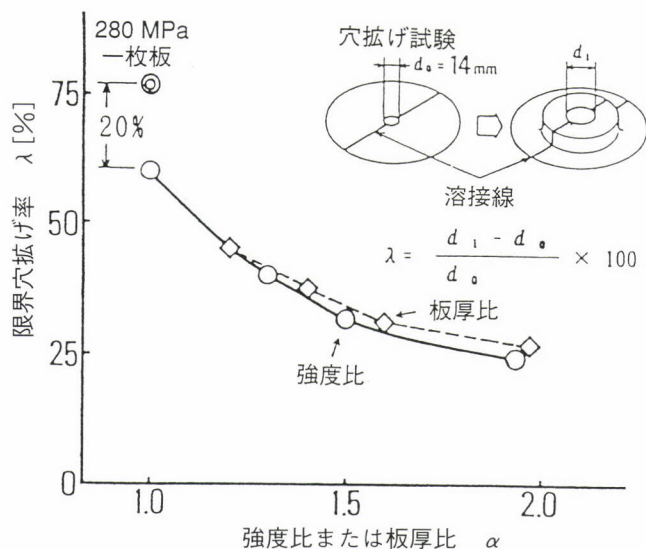
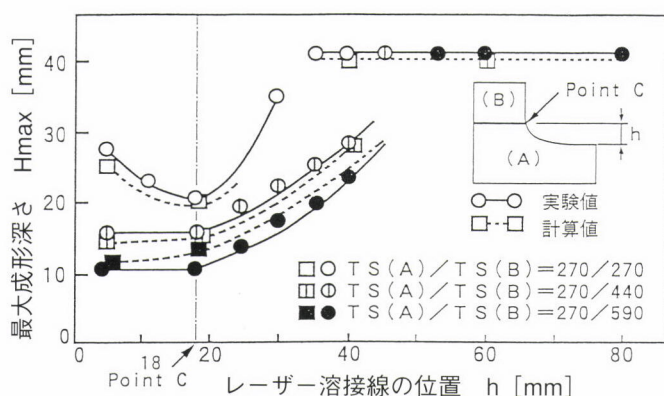
		従来型の分割タイプ		一 体 化 成 形					
概	観								
外	観	悪	い	×	良	い	○		
型	数	20	型	×	4	型	○		
製	品 精 度	低	い	×	高	い	○		
材	料 歩 留 り	高い(65%)		○	低い(40%)		×		
材	料 選 択 の 自 由 度	高		い	○	低		い	×
重	量	軽		い	○	重		い	×

図13 レーザ溶接ブランクによるサイドパネルの一体化成形¹¹⁾図14 球頭張出し試験における強度比または板厚比と最大成形深さの関係¹¹⁾

めに、基本的な研究がいくつかなされている¹¹⁾。

レーザー結合ブランクがどの程度の成形性を持つか、を理解しておくことがまず重要であり、球頭張出し試験（張り出し性評価）、円筒深絞り試験（深絞り性評価）、穴上げ試験（伸びフランジ性評価）が実施された。それらの結果を図14～16に示すが、いずれの試験においても異強度材料の組合せ、異板厚の組合せによって成形性は大きく変化している。特にサイドパネルの場合、図13のA～Eに示した位置は非軸対称の伸びフランジ成形であるが、穴上げ試験（軸対称）による変形挙動とは異なり、溶接線位置によって成形性が異なることが予想される。そこで、モデル型によって溶接線位置に対する伸びフランジ性が検討された¹²⁾。その結果の一例を図17に示す。図にはFEMシミュレーションの結果も併記している。レーザー溶接ブランクの組合せの強度比を変えた場合、溶接位置によって、破断するまでの成形深さが変化しており、FEMシミュレーションでも実験と同様の結果を示している。このことから、伸びフランジ成形での溶接線位置の決定には、モデル型を用いた実験を

図15 溶接結合素材の限界絞り比¹¹⁾

図16 強度比または板厚比と限界穴抜き率の関係⁽¹¹⁾図17 レーザ溶接線の位置と最大成形深さの関係⁽¹²⁾

実施しなくても、計算で求めることができることを示した。

以上のように、レーザー結合ブランクの各種成形性を明らかにし、それをもとにサイドパネルの一体化成形を実用化させ、従来の一枚一体タイプの成形より、材料歩留りを15%向上させ、しかも分割タイプの成形にくらべてドア開口部の寸法精度を大幅に向上させている。本方法は、部品によって溶接線をどこに設定するかが大きな課題であるが、コスト削減のみならず、部位毎に必要な特性（強度、板厚）を持った材料を選択できるので、軽量化しながら車体の剛性を上げることもでき、各自動車メーカーでも成形性の基本から検討が始まっている。

5 おわりに

自動車車体部品を対象に、最近実用化が始まっている薄鋼板の新しいプレス成形技術について、その一部を紹介した。本文でも述べたように、自動車への要求は、社会情勢の変化、ユーザーニーズの変化によって変遷し、それに伴

って、薄鋼板で構成されている車体部品への要求も変化してきている。それに対処するために、材料も含めた従来プレス技術の改良・改善と新しい技術の導入により、プレス成形技術の向上が促されてきたといってもよい。本稿では割愛したが、新しい技術の流れとして取り組まれている計算機シミュレーション技術（CAE）では実部品の変形状態をかなりのところまで予測可能となり、実生産の場にも取り入れられるようになってきている。また、少量生産のための技術として、金型を用いないインクリメンタル成形法などの研究も始まっている。

21世紀に向けて、地球環境問題はさらに深刻化し、自動車車体部品へは、さらなる軽量化が求められるようになり、車体構造そのものの見直しや、薄鋼板のさらなる薄板化、アルミニウム等の新しい軽量材料の採用などが進むものと思われる。また、ニーズの多様化が益々進むことにより、さらなる生産準備期間の短縮や、低コスト化のための技術が要求されてくる。これらに対処するためには、先に述べたように、薄板のプレス成形において、今後も新しい技術の導入が不可欠となり、本稿がこれからの技術開発の指針になれば幸いである。

引用文献

- 1) 古林忠, 田村欣一: 塑性と加工, 24-275 (1983), p.1290
- 2) 真鍋健一, 浜野秀光, 西村尚: 塑性と加工, 29-330 (1988), p.740
- 3) 氏原新, 広瀬洋三: 塑性と加工, 33-375 (1992), p.373
- 4) 菱田祐次, 氏原新, 古林忠, 広瀬洋三, 小島正康: 春季塑性加工講演会論文集, (1990), p.49
- 5) 村田篤信, 恵比根美明, 松居正夫: 塑性と加工, 33-375 (1992), p.411
- 6) A. Murata, M. Matsui: Proc. 18th IDDRG Biennial Congress, Lisbon, Portugal, (1994), p.503
- 7) 寺前俊哉, 楊明, 真鍋健一, 西村尚: 春季塑性加工講演会論文集, (1994), p.757
- 8) K. Siegert, S. Wagner, M. Ziegler: SAE Paper 960824, (1996)
- 9) 中村和彦: 塑性と加工, 33-374 (1992), p.195
- 10) 池本公一: 塑性と加工, 33-375 (1992), p.379
- 11) 池本公一, 杉浦宏明, 東和男, 有馬幸一, 高砂俊之: 塑性と加工, 32-370 (1991), p.1383
- 12) 中川憲彦, 伊倉真, 夏見文章, 岩田徳利, 松居正夫: 塑性と加工, 35-404 (1994), p.1115

(1996年7月12日受付)

現場技術報告

千葉 原料ヤード制御システムリフレッシュ

Replacement of Control System for Raw Material Yard at Chiba Works

川崎製鉄（株）千葉製鉄所

富永太志・柴田知典・稲山晶弘・増田康男*

山下昇・佐久間義朗

1. 緒言

千葉製鉄所では、原料ヤード合理化の一環として大規模な制御システムのリフレッシュを実施した。今回のリフレッシュでは、東西ヤード運転室統合、計画機能を含む作業のシステム化と自動化を図り労働生産性の大幅な向上を達成した。以下にその概要を報告する。

2. 原料ヤード合理化概要

2.1 東西ヤード統合

運転・保守作業・投資を抑止するとともに在庫量の圧縮を狙い、配船調整・配合制限の緩和等の処置を実施し、東西工場に分散していたストックヤードを、西工場に集約した。

1993年から開始し、東工場のアンローダー・リクレーマー等の軌条機械を停止した。(Fig.1)

2.2 ヤード作業合理化

上記ヤード統合に伴う西工場設備負荷の増加を緩和し、更に安価原料の多量処理を可能とするために、コンベア設備改造と整粒設備の増強を行うと共に、労働生産性向上を狙って、制御システムのリフレッシュを実施した。

3. システム構成

Fig.2に本システムの構成を示す。

今回、作業計画システムについては汎用EWSを導入し、中長期的計画をビジネスコンピュータ（以下B/C）EWS、短期計画を日間作業計画EWS（Scheduling EWS）に機能分担させることでライトサイジング化を図った。

更に運転室統合に伴い、東西各1システムであったプロセスコンピュータの機能を西1システムへ集約した。

系統制御装置（PLC）においては、システムの信頼性と保守性の向上を意図し、LANを二重化し、スタンバイPLCを常駐待機させている。

また従来の昭光盤・操作デスクからCRTオペレーション化し、プロセスコンピュータ、系統制御PLC共に、視認性、操作性を改善した。

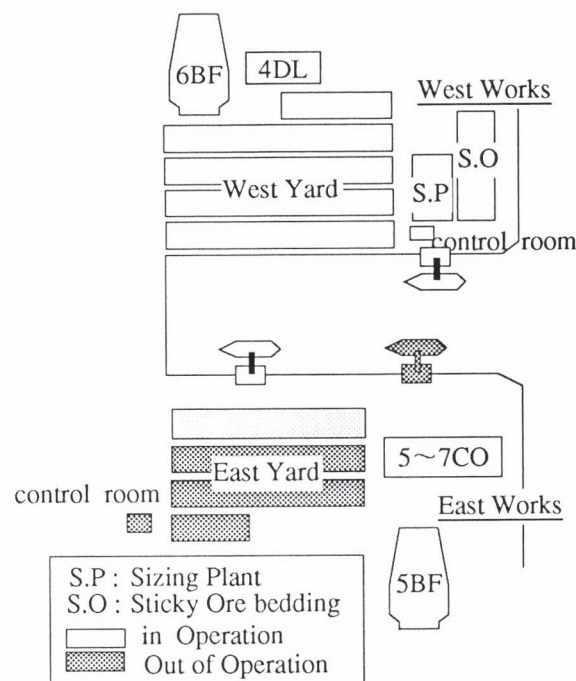


Fig.1. Layout of yard.

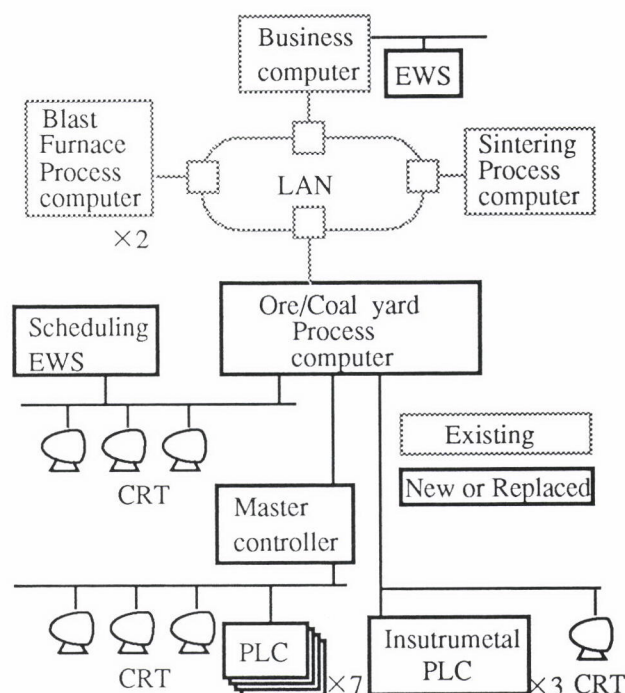


Fig.2. Configuration of ore/coal handling system.

4. 機能概要

4.1 全体機能

原料ヤード制御システムの機能概要をFig.3に示す。

プロセスコンピュータ（以下P/C）においては、従来の実績収集機能だけでなく、労働生産性向上のための自動運転機能の増強を行った（4.3参照）。

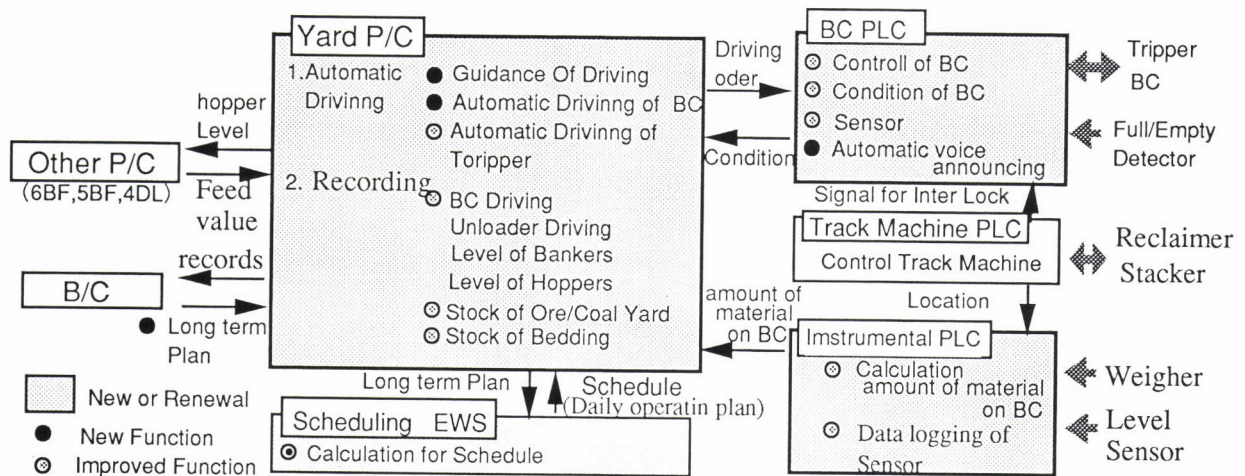


Fig.3. Functional distribution in yard control system.

実績収集面においても軌条機械の位置情報をリアルタイムで取り込みヤードの2次元管理を行い、中長期的な計画立案とのリンクを強化すると共に、今回ベルトコンベア（以下BC）の積荷トラックキング機能を追加し、適切にBC系統の切り替えタイミングを示唆する事で運転/停止の頻度を低減させ省電力化にも寄与している。

4.2 作業計画機能

日間作業計画立案フローをFig.4に示す。

開発・保守生産性の面からCLP（制約論理記述言語）を採用し、P/Cからのリアルタイム操業データを初期値としてスケジュールを立案する。立案されたスケジュールはガントチャートの形でCRT上に表示され（Fig.5）、必要に応じて修正をかけることが可能となっている。

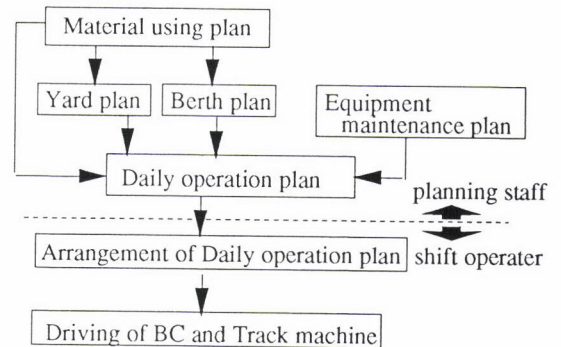


Fig.4. System flow of daily operation plan.

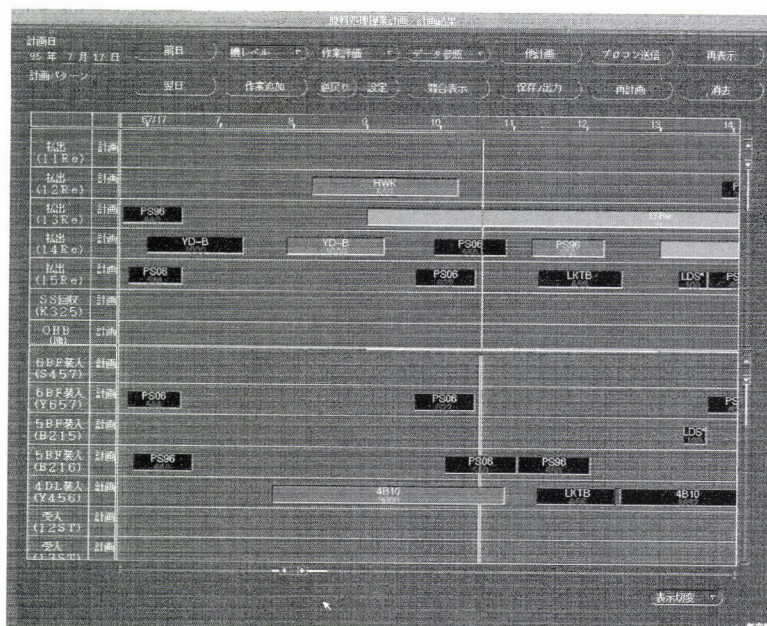


Fig.5. Example of display view of scheduling EWS.

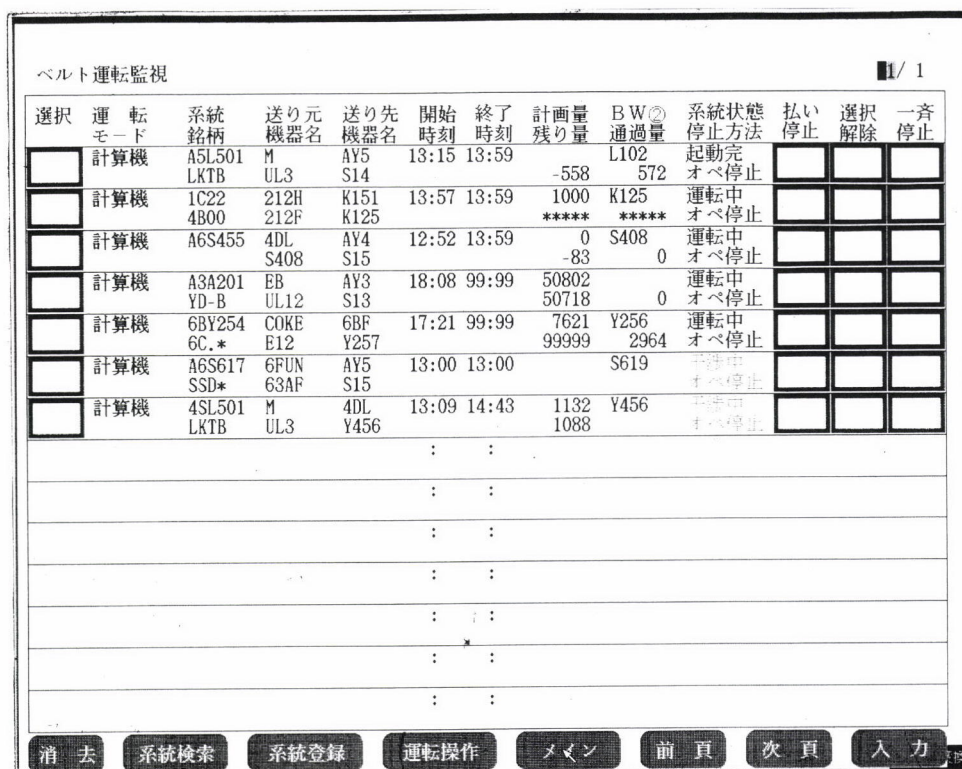


Fig.6. Example of display view for driving BC.

立案スケジュールはプロセスコンピュータ画面に転送・表示 (Fig.6) され、特にデータ入力することなく、選択・起動/停止指示をCRTより行うことにより操業可能である。

4.3 操作性向上のための機能

(1) 自動運転機能のレベルアップ

従来、人による監視・判断・手動介入を必要とした系統と装入トリップの連動、系統の切替、払い停止等の運転を設備の状態把握とスケジュールによる必要アクションの定義を充実し、これらをつなぐ判断ロジックをシステムに組み込み、自動化を実現した。

その1例をFig.7に示す。起点Sから終点Aへ原料を搬送中に終点をBへ切替る際には、搬送銘柄と同一銘柄槽上に予めトリッパを移動させるアクションをトラッキング情報からの時間計算をもとに連動型で実行する。

(2) 少人数操業者へのガイダンスの充実

合理化後の少人数操業に対応し、必要タイミングで操業者の注意を促し、万一の誤装入等のトラブルを事前に回避出来るようにガイダンスを充実した。

5. 結言

本システムは1995年8月より順調に稼働し、プロセスコンピュータによる運転率はほぼ100%である。少人数操業に対応し労働生産性の大幅な向上を達成できた。更に切替えタイミングの適正化によるベルトコンベアの無負荷運転時間の削減から省電力にも寄与している。

参考文献

佐久間義郎, 渡辺実, 山下昇, 稲山晶弘, 富永太志, 柴田知典: 材料とプロセス, 8 (1995), P.1090

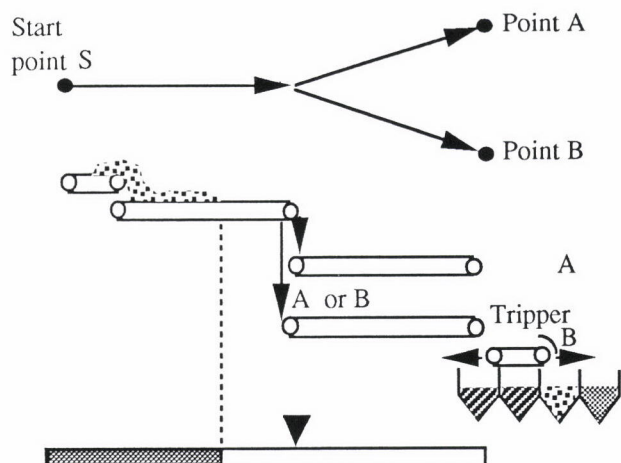


Fig.7. Example of automatic route changing.

次号目次案内

ふえらむ Vol.1 (1996) No.11 掲載記事

健康を守る IRON & STEEL

話題のプロジェクト

SP ring 8

鉄の絶景—大分編

名誉会員からのメッセージ

研究題目の選定

ダマスカス・スチールについて

松下幸雄 (東京大学名誉教授)

加藤健三 (大阪大学名誉教授)

展望

マルチメディア時代の知的財産管理

接着技術の新しい視点—その量子化学

成合靖正 (住金テクノエース(株))

前田重義 (日本パーカラライジング(株))

入門講座—専門用語編

マルテンサイト変態とマルテンサイト

エリンガム図と化学ポテンシャル状態図

津崎兼彰 (京都大学)

佐野信雄 (東京大学)

鉄の歴史

出雲の近世企業たたらも銑生産が主力であった

高橋一郎 ((財) 絲原記念館)

解説

形鋼圧延技術の現状

表面処理鋼板—最も身近な鉄鋼製品

北浜正法 (川崎製鉄(株))

市田敏郎 (川崎製鉄(株))

* 掲載記事及び題目は変更になる場合があります。

本会情報一覧

記事内容	掲載号
学術功績賞受賞候補者の推薦募集	本号 794頁
第17期日本学術会議会員の全会選定候補者推薦のお願い	本号 794頁
ISIJ International 特集号「Fatigue,Cyclic Deformation and Microstructure」原稿募集のご案内	本号 794頁
計測・制御・システム工学部会 シンポジウム「CALS/ECの現状と将来—CALSの動向と鉄鋼業への応用」開催案内	本号 795頁
創形創質工学部会 鋳鍛品工学フォーラム研究会開催案内	本号 795頁
創形創質工学部会 管工学フォーラムシンポジウム「継目無し鋼管の圧延における工具と潤滑」開催案内	本号 796頁
21世紀の鉄鋼業を考える集い開催案内	本号 796頁
製鉄部会 4流体の移動現象研究会成果報告会開催案内	本号 797頁
平成8年度重点研究採択結果のお知らせ	9号 721頁
高温プロセス部会 モデリング研究グループWWWホームページ開設のお知らせ	9号 721頁
高温プロセス部会「材料における非線形現象」研究グループ 第3回研究会開催案内	9号 722頁
計測・制御・システム工学部会セミナー「大規模反応プロセスのモデリングと制御」開催案内	9号 722頁
創形創質工学部会 数値モデリングフォーラム「数値モデリング汎用ソフト最前線」開催案内	9号 723頁
機械翻訳推進の現状および今後の計画のお知らせ	9号 724頁
高校生向け材料科学PRパンフレット完成・配布のお知らせ	9号 729頁
日向方斉メモリアル国際会議助成の募集案内	8号 642頁
セミナー「熱プラズマ材料プロセスの基礎と応用」開催案内	8号 649頁
セミナー「技術者のための鉄鋼材料入門」開催案内	8号 650頁
材料の組織と特性部会「自主フォーラム」発足のご案内	8号 650頁
7th International Symposium on Physical Simulation (7th ISPS Japan)開催日変更のお知らせ	8号 651頁
「鉄と鋼」「ISIJ International」投稿規程・執筆要領	6号 442頁
入会案内	1号 73頁

編集後記

本号のグラフ記事はリサイクルについてであるが、リサイクルの最近の技術動向としては、設計時点からリサイクルを考えた製品や製造方法に関する話題が多い。単なる資源の再利用という段階から社会システムとしての資源の再利用を考える時代へと移ってきた感じがある。

筆者の身近な話として恐縮であるが、昨年から休日に家庭内にゴミとしてでる空き缶をつぶす作業をしている。簡単な道具を使ってやっているが、かなりの力と時間がかかる。

作業をしている理由は、住んでいる市で家庭ゴミの分別が

義務付けられたからである。資源ゴミは、2ヶ月に一度の収集であるため、家庭内にかさのある空き缶貯蔵の場所が必要となる。自衛策として空き缶の圧縮を実施している次第である。

特に、夏は缶ビールの消費が多く、たとえ圧縮した缶であっても、置き場所に困る。そこで提案であるが、缶ビールを飲んだ後、短時間に僅かな力で、道具を使わず簡単に体積が5分の1以下に圧縮できるような缶が開発されれば、個人的に休日の作業から解放されるのであるが。(O.F.)

会報編集委員会 (五十音順)

委員長 阿部 光延 (新日本製鐵 (株))

副委員長 雀部 実 (千葉工業大学)

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

連絡先

本部事務局 〒100 東京都千代田区大手町1-9-4 経団連会館3階

TEL: 総合企画事務局: 03-3279-6021 (代)

学会部門事務局: 03-3279-6022 (代)

生産技術部門事務局: 03-3279-6023 (代)

FAX: 03-3245-1355 (共通)

ふえらむ (日本鉄鋼協会会報) 定価 2,000円 (消費税本会負担)

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

1996年5月10日 第3種郵便物認可 1996年10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(新光オフィスーム) (株) ニューマーケット

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

TEL: 総合企画事務局: 03-3279-6021 (代)

学会部門事務局: 03-3279-6022 (代)

生産技術部門事務局: 03-3279-6023 (代)

FAX: 03-3245-1355 (共通)

郵便振替 口座東京00170-4-193番 (会員の購読料は会費に含む)

© COPYRIGHT 1996 社団法人日本鉄鋼協会

複写される方に

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

学協会著作権協議会

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

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

Copyright Clearance Center, Inc.

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

Institute for Scientific Information

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

行事等予定

太字は本会主催の行事

開催期日	行事(開催地)	締切	掲載号及び頁
1996年			
10月 14日	第20回原子力プラントの高経年化対策の現状に関するシンポジウム (東京)	1996/9/30	本号 804頁
15日	腐食防食シンポジウム「住宅環境における表面処理鋼板の寿命予測」(大阪)		9号 734頁
17日	21世紀の鉄鋼業を考える集い (東京)		本号 796頁
18日	セミナー「熱プラズマ材料プロセスの基礎と応用」(東京)		8号 649頁
18日	セミナー「技術者のための鉄鋼材料入門」(大阪)	1996/10/4	8号 650頁
18日	第16回疲労講座「疲労の基礎、強度評価と設計の実際」(名古屋)	1996/10/11	9号 734頁
18日	成果発表会「メカニカルアロイングによるアルミニウム非平衡相の創製」(大阪)	1996/9/30	9号 734頁
18日	創形創質工学会 鋳鍛品工学フォーラム研究会 (東京)		本号 795頁
18日	第13回塗料・塗装研究発表会 (東京)		本号 804頁
19日	セミナー「大規模反応プロセスのモデリングと制御」(大阪)	1996/10/9	9号 722頁
22～25日	第26回全日本科学機器展 (東京)		本号 804頁
24日	東海支部 第20回若手材料研究会「微量元素添加の秘密」(岐阜)	1996/10/12	本号 803頁
24日	「企業と環境問題」特別講演会 (東京)		本号 804頁
24日	センシング技術応用セミナー「マイクロセンサ・マイクロマシンの最前線」(大阪)	1996/10/15	本号 804頁
24,25日	製鉄部会 4流体の移動現象研究会成果報告会 (東京)	1996/10/18	本号 797頁
25日	関西支部 「材料セミナー：表面分析」(京都)	1996/9/27	8号 659頁
25日	日本学術会議第3回界面シンポジウム「機能材料のための新しい触媒設計」(東京)		本号 804頁
28日	高温プロセス部会 材料における非線形現象研究グループ 第3回研究会 (名古屋)		9号 722頁
29日	関西支部 「材料セミナー：組織観察」(神戸)	1996/9/27	8号 659頁
29,30日	先進機能創出加工技術国際シンポジウム (東京)		本号 804頁
11月 3日	第171回塑性加工シンポジウム (石川)		本号 804頁
5日	東北支部 地区見学会 (岩手)		本号 803頁
7日	先端材料の新潮流シンポジウム「21世紀に花開く材料の胎動を聴く」(東京)		本号 804頁
7,8日	第13回セラミック・セミナー「構造材料における実用化に向けた材料開発」(東京)		本号 804頁
8日	関西支部 「材料セミナー：X線回折」(高槻)	1996/9/27	8号 659頁
8日	関西支部 11月見学会・講演会 (神戸)	1996/10/25	本号 803頁
8日	九州支部 湯川記念講演会・本多記念講演会・講演討論会 (大分)		本号 803頁
8日	SAS インテリジェントシンポジウム (平塚)		本号 804頁
12,13日	システム制御情報学会「ネットワーク時代のシステムと制御」(東京・大阪)		本号 804頁
13日	シンポジウム「CALS/ECの現状と将来－CALSの動向と鉄鋼業への応用」(東京)	1996/10/31	本号 795頁
13日	日本材料学会東海支部 見学会・講演会「最近の鉄鋼材料の動向」(東海)	1996/10/28	本号 805頁
13～15日	第4回鉄鋼工学アドバンストセミナー (神戸)	1996/9/2	7号 564頁
15日	シンポジウム「継目無し鋼管の圧延における工具と潤滑」(半田)		本号 796頁
19,20日	関西支部「材料セミナー：化学評価」(大阪)	1996/9/27	8号 659頁
20日	第48回見学会「ビヨンス(株)：自動車部品製造とメタルコート」(静岡)		本号 805頁
21,22日	材料科学基礎講座「材料の高純度化のための微量元素の分析と解析」(東京)	1996/11/9	本号 805頁
21,22日	第2回初心者のための分子動力学講習会 (京都)	1996/11/11	本号 805頁
22日	北陸支部 平成8年度総会・連合講演会 (石川)	1996/9/30	9号 734頁
22日	日本金属学会分科会シンポジウム「微細結晶組織構造材料の創製」(東京)		本号 805頁
26日	創形創質工学会 数値モデリングフォーラム「数値モデリング汎用ソフト最前線」(千葉)	1996/11/19	9号 723頁
26,27日	赤外分光法講習会・赤外分光計関連機器展示会 (大阪)	1996/10/31	本号 805頁
27日	東海支部 見学会「川崎重工業(株) 岐阜工場」(岐阜)	1996/10/18	本号 803頁
29日	東海支部 第6回学生による材料フォーラム (豊橋)		本号 803頁
12月 2,3日	第14回材料・構造信頼性シンポジウム (京都)	1996/9/2	本号 805頁
5,6日	第34回高温強度シンポジウム (川崎)	1996/9/27	本号 805頁
14,15日	たたらサミット「講演会・たたら操業実習など」(東京)		本号 805頁
1997年			
1月 20～24日	7th International Symposium on Physical Simulation (つくば)	1996/4/1	8号 651頁
3月 18,19日	ダイアー記念シンポジウム (東京)		本号 805頁
27～29日	第133回春季講演大会 (東京)		
4月 22～24日	第31回空気調和・冷凍連合講演会 (東京)	1997/1/10	本号 805頁
8月 25～29日	第16回高圧力科学と技術に関する国際会議 (京都)		本号 805頁

ふえらむ Vol.1 No.10 広告目次

表2 (株)トライメート	スラブ切断装置他	前2 日本アナリスト(株)	分析装置	後2 財日本規格協会	書籍
前1 住友金属テクノロジー(株)	試験分析サービス	後1 本誌広告目次		表3 (株)テクノヨコハマ	炉外精錬装置
		株協会通信社	広告案内	表4 (株)堀場製作所	炭素硫黄分析装置

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

*Please allow us to advertise
your excellent products and technology.*

ふえらむ

ferrum

Bulletin of The Iron and Steel Institute of Japan

Monthly.

Circulation: 11,000 Copies. Written in Japanese.

ISIJ International

ISIJ International

Monthly.

Circulation: 5,500 Copies. Written in English.

鉄と鋼

TETSU-TO-HAGANÉ

Monthly.

Circulation: 3,000 Copies. Written in Japanese.

日本鉄鋼協会講演論文集

材料とプロセス

Report of the ISIJ Meeting

Current Advances in Materials and Processes

Spring: No. 1, 2, 3. Autumn: No. 4, 5, 6.

Circulation: 3,000 Copies each. Written in Japanese.

*For more Information,
Write or Facsimile.*

**ADVERTISING AGENCY for
The Iron and Steel Institute of Japan
KYOKAITSUSHINSHA CO., LTD.**

**3-13, GINZA 7 CHOME CHUO-KU,
TOKYO 104 JAPAN
Tel. 03-3571-8291 • Fax. 03-3574-1467**

各国の対応規格と、その規格値を瞬時に検索!!

金属材料データブック

Metals Data Book

JISと主要海外規格対照

ASTM・BS・DIN・NF・EN・ISO

改訂
4版

● 定価 4,120円/A5判・608頁

世界各国との貿易が急進する今日、鉄鋼・非鉄材料の選択や使用に際し、見積、仕様、契約などにおいて、取引相手国との材料関係規格データを相互に比較・対照する機会がますます多様かつ重要になってきました。

一方、各種材料関係規格を体系的に整理し、比較・対照できるようなデータを維持・管理するには、多くの労力が必要とされます。

本書は各金属材料ごとに、対応する規格番号・記号、化学成分や引張強さ、降伏点等の当該数値を収録。一つの材料記号から各国の対応材料とその規格値を瞬時に調べることが可能です。

■主な特色

●クイックリーな検索性

材料記号別索引や収録規格番号一覧表からJISに相当する各国の材料記号、規格番号、当該数値データ(化学成分・機械的性質)をすばやく検索できます。また、対JISだけでなく、各国規格相互のクロス検索も可能です。

●欧州規格(EN)を新たに収録

欧州市場統合を機に生まれた欧州規格(EN)を新たに収録しました。欧州市場との関係も強力にバックアップ。

●全内容にわたって英文を併記

●高い信頼性を誇る収録データ

鋼材メーカー、関連団体の第一線で活躍されている実務者の方々のご協力、当協会の海外規格原本の維持・管理、各種レファレンスの実務経験により収録データの信頼性を確保。

■目次 (利用の手引)

【鉄鋼】

棒鋼・形鋼・鋼板・鋼帯
一般構造用鋼
圧力容器用鋼

鋼管

配管用鋼管
熱伝達用鋼管
構造用鋼管
機械構造用炭素鋼・合金鋼

特殊用途鋼

ステンレス鋼・耐熱鋼
工具鋼
ばね鋼
快削鋼
軸受鋼

鑄鍛造品

鍛鋼品
鑄鋼品
鑄鉄品

【非鉄金属】

伸銅品

アルミニウム及びその合金の展伸材

鑄物

銅合金
アルミニウム合金鑄物
アルミニウム合金ダイカスト

収録規格番号一覧表

付録

鉄鋼記号・非鉄金属記号の見方
計量単位換算率表

記号別索引

財団法人 日本規格協会

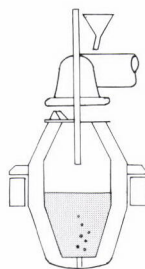
〒107 東京都港区赤坂4丁目1-24
TEL.03(3583)8002 FAX.03(3583)0462

炉外精錬装置

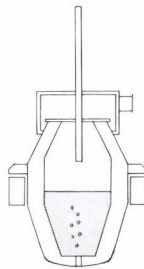
小容量装置(DETEM)から大容量熔鋼処理まで 品質改善と精錬費合理化に役立ちます

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

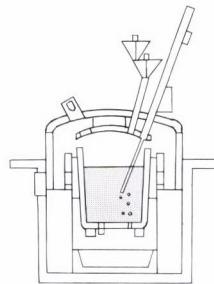
貴社の状況、ご希望等に応じて各種の炉外精錬装置を、お見積もり致します。お気軽にご相談ください。



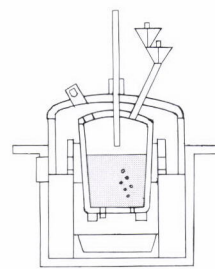
Inertgas Oxygen Converter



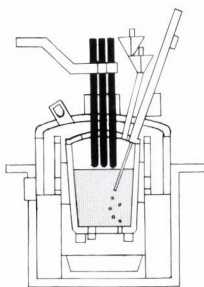
Vacuum Oxygen Decarburization Converter



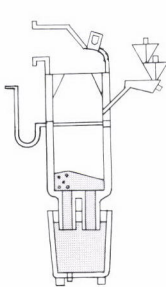
Vacuum Degassing



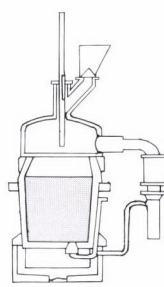
Vacuum Oxygen Decarburization



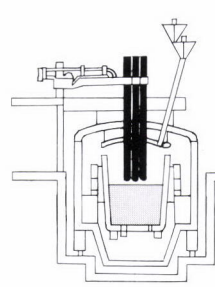
Vacuum Arc Degassing



Vacuum Circulation Process



Detem



Ladle Furnace

総代理店



株式会社 テクノヨコハマ

代表取締役社長 中村 道生

本社 〒225 横浜市青葉区市ヶ尾町1161番地14
アーバンプラザA-2号室

TEL: 045-972-1066 FAX: 045-972-1065

東京事務所 〒101 東京都千代田区岩本町2-1-16 千代田技研工業株内
TEL: 03-3861-3623 FAX: 03-3863-3075



TECHNOMETAL

Gesellschaft für Metalltechnologie mbH

Königstrasse 53 Postfach 101319

D-47051 Duisburg 1

Telephone (0203) 30503-0

Telefax (0203) 3050380

Telex 8551369

HORIBA

温度を制するものは、
炭素・硫黄分析を制す。

&

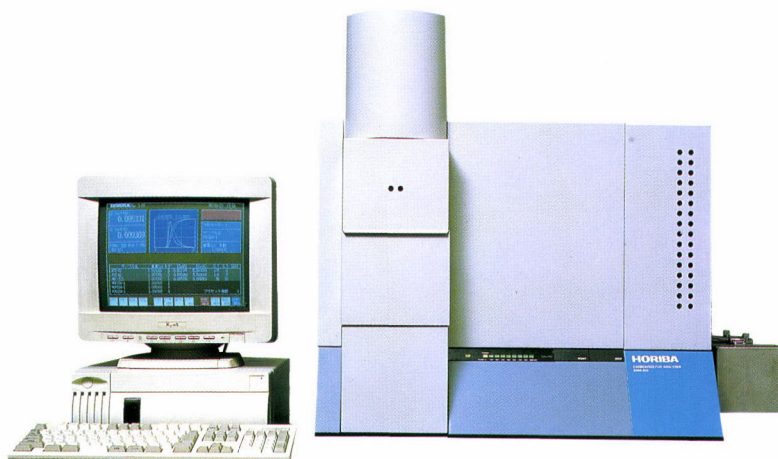
炭素・硫黄の正しい分析には、
「燃焼コントロール」は欠かせません。

「EMIA-820シリーズ」は、高周波誘導加熱方式ではじめて
「燃焼コントロール」を実現。加熱炉での、サンプルの燃焼
温度を適切な状態でキープし、ダストや未燃試料の発生
をおさえ高精度な分析を行います。また、はじめ低温
でサンプル表面の炭素を燃やし、その後高温で内部
の炭素を分析する「2段階方式」などは、分別定量
(形態別分析)への応用も可能にしています。

高い燃焼温度が迅速に得られるので、鉄をはじめ様々
なサンプルの分析にご使用いただける

「EMIA-820シリーズ」。

私たちが待ち望んでいた微量炭素・硫黄の高精度
分析、この1台が解決します。



鉄鋼・非鉄金属・新素材・セラミックスなどの品質チェックに。研究開発に。

炭素・硫黄分析装置

NEW

EMIA-820 シリーズ

- ppmレベルの微量分析から%レベルの通常分析までの超ワイドレンジ。● オートクリーナー機構(オプション)によるメンテナンスの自動・省力化。
- 加熱炉での指詰め防止機構など安全面の充実。● 32ビットCPUと14インチCRT表示の高い操作性。

製品についてのお問い合わせは[ホリバCSセンター]まで
(祝祭日を除く月～金/9:00～12:00、13:00～17:00)



0120-37-6045

詳しい資料をご希望の方は、郵送またはFAXで(株)堀場製作所
広報室までご請求ください。FAX (075) 321-6621

EMIA-820
資料請求券
ふえらむ'96・10

株式会社堀場製作所

本社 〒601京都市南区吉祥院宮の東町2 TEL(075)313-8121 ●東京TEL(03)3861-8231 ●名古屋TEL(052)936-5781 ●大阪TEL(06)390-8011 ●福岡TEL(092)472-5041
日製産業株式会社 ●東京(03)3504-7211 ●札幌(011)221-7241 ●仙台(022)264-2219 ●埼玉(048)653-2341 ●筑波(0298)23-7391 ●八王子(0426)43-0080 ●横浜(045)451-5151 ●新潟(025)241-3011 ●富山(0764)24-3386 ●豊田(0565)28-5191
●名古屋(052)583-5854 ●京都(075)241-1591 ●大阪(06)366-2551 ●岡山(086)425-1316 ●広島(082)221-4514 ●高松(0878)62-3391 ●福岡(092)721-3501 ●沖縄(098)878-1311