

## 序文

近畿大学名誉教授

元 鑄造工学会会長

工学博士 石野 亨

二十一世紀の鑄鉄鑄物工業の在り方として、一九九二年の国際鑄物会議の環境委員会で、ドイツのラヒナー、ヒルシェ両博士は「小規模鑄物工場は個々に鋼屑を配合したりせず、大企業が再生処理した銑鉄の再溶解を主体とすれば、溶解の際の精錬工程や排出ばいじん、有害成分処理などの技術的難問の解決および環境対策設備の大幅な縮小が可能になる」と提案し、「セ t / h シヤフト炉を組込んだ廃車回収装置五基で、年間一 万 t と予測されるドイツの廃車屑はすべて銑鉄として回収可能」と述べておられた。同じ頃から福田勝氏は、省エネルギー、環境改善、混入する微量元素対策などの見地から、鋼屑配合と高温溶解に主眼を置いた現在の溶解方式を批判し、銑鉄とくに共晶成分の低融点銑鉄を主原料とすることを提唱されるなど、鉄鋼界全体を含む広い視点から鑄鉄鑄物工業今後の方向を論じて来られた。

私は長いおつきあいでも福田氏の技術論だけでなく経済学や地球環境問題をも視野に入れた理論の組立てに、日頃から深い畏敬の念を抱いておりましたが、こういつたお考えを組込んで鑄物工業の在り方に対する提言をまとめられた本書は、二十一世紀へ向けて躍進しようとするわが国鑄造界に一つの指針を示されたもので、その意義は非常に大きいと考えます。

(一九九八年春の彼岸に)

## 鑄物のエコエティカ

はじめに新たな産業革命の始まり

### 第1章 戦後鑄物業界のあゆみ

- 1、鑄物の主原料の移り変わり
  - 2、鑄物銑及び鑄物製品のシエアー
- 3、鋼屑が主原料
- (1) 銑鋼のアンバランス
  - (2) 溶解設備の進歩
  - (3) 新しい鑄物材質の開発
  - (4) 銑鉄の限界
  - (5) マーケティングを忘れた価格決定メカニズム

## 第2章 鋳物業界の苦悶

- 1、このままでは右肩上がりの成長はもはや夢
- 2、鋳物製品価格の頭打ち
- 3、労働生産性の伸び悩み
- 4、投資効率の悪化
- 5、人件費と生産性
- 6、資源エネルギー多消費産業の典型
- 7、主原料・鋼屑が危機
- 8、難しくなった技術開発のあり方
- 9、十分でない信頼性

## 第3章 鋳物業界の課題

- 1、大競争時代
- 2、木を見て森を見ず
- 3、生態系の循環とエネルギーの枯渇
- 4、世代間倫理(新たな価値観)の確立
- 5、不易流行・科学的な視点を
- 6、環境対策と新たな産業倫理の確立
- 7、鉄と鋳物と鋼の業態系循環型生産システム
- 8、鋼屑の鋳物へのリサイクルは省エネルギーではない
- 9、鋳物業界の主原料転換は波及効果を入れるとCO<sub>2</sub>排出を半減できる
- 10、キャストロイ(EP鋳)の開発
- 11、鋼屑を鋳物の主原料として使用するのは経済的ではない
- 12、鉄の業態系に戻ろう
- 13、鋳鉄の新素材材化ニユーキャストアイアン(NCI)を目ざそう
- 14、大型構造材へのロマン

付録

あとがき

参考文献

## はじめに

### 新たなる産業革命の始まり

18世紀の産業革命以来、この惑星(地球)に住む私達は、数々の自然の恩恵を受けて素晴らしい文化、文明を築き上げてきた。しかしながら、一方では資源の浪費と廃棄物の大量排出(環境破壊)という好ましからぬ仕組みも作り上げてしまった。

他方、今この地球上で十億人もの人間が飢えに苦しんでいる。こうした人々が毎年九千万人も増えているという現実から目をそらすわけにはいかない。

人間が生きていくための基本的なニーズ、即ち食糧、健康、住宅、教育等々を満たし、同時に先進諸国の文化水準の維持発展のために欠かすことの出来ないのが天然資源である。しかし、今、目の前に大きく立ちはだかっているのが環境問題であり近い将来必ずおとずれるであろう資源枯渇という現実である。

今、最も考えなければならないのは、どうすればこの地球を健全に保ち続け得るかということである。換言すれば、私達の生活基盤を支えている産業社会の諸々のいとなみを、持続可能な新しい産業システムにつくりかえる必要に迫られているということになる。それは又、新たなる産業革命の始まりでもある。

## 第一章 戦後鋳物業界のあゆみ

### 1、鋳物の主原料の移り変わり

鋳物の主原料は、銑鉄であった。

終戦直後の昭和二十年代の新銑配合率は六〇〜七〇%で、残りは戻り銑と故銑とよばれる鋳物のスクラップであった。昭和三十年代に入ると、新銑配合率は四〇〜五〇%となり、鋼屑が一〇〜二〇%配合されるようになった。

昭和四十年代に入ると更に新銑配合率は低下し、昭和四十七年には三〇%を切ることとなった。昭和五十年代にはこの傾向がより強まり、昭和五十六年に二〇%を切り、昭和六十一年には一三・五%の最低値を記録した現在は、銑鉄一五%、鋼屑四五%、戻り屑と故銑が四〇%で鋳物の主原料は完全に鋼屑に置き換わったのである。

### 2、鋳物銑及び鋳物製品のシェア

鋳物銑の生産並びに供給は常に粗鋼(鋼)との競争の中で行われてきた。価格統制、配給統制が撤廃された翌年の昭和二十七年の鋳物銑の生産量は四九万七千トンであった。同年の銑鉄メーカーの銑鉄生産量は三百四十七万トンで鋳物銑は全体の一五%を占めていた。この年の鋳物製品生産量は九十二万四千トンで、粗鋼は六百九十八万八千トンであり鋳物製品の粗鋼に対する比率は二三%であった。

鋳物銑が最も多く生産されたのは、昭和四十五年の二百三十一万二千トンであるが、このときの銑鉄生産量は七千一七万四千トンであり、鋳物銑のシェアは三・三%に過ぎなかった。鋳物製品生産の第一次のピークは昭和四十八年で、六百二五万一千トンを記録したが、この年、粗鋼も一億一千九百三十三万一千トンとピークを迎えた。鋳物製品の粗鋼に対する割合は五・二%となった。

現在は、平成六年度の統計によると銑鉄生産量は七千四百一七千トン、そのうち鋳物銑の生産量は八九万一千トンで、鋳物銑のシェアは一・二%にまで落ち

込んだ。一方、鑄物製品生産は五百三十一万九千トンで、粗鋼は一億百三十七万五千トンであり、鑄物製品の粗鋼に対する比率は五・二％と粗鋼生産がピークであった昭和四十八年と変わっていない。

### 3、鋼屑が主原料となった理由

#### (1) 銑鋼のアンバランス

戦後の産業復興の中で、鑄物は産業の米といわれ、産業のキー素材としての地位を確立。その重要性から急速に生産量が増加、昭和四十八年の第一次ピーク時には昭和二十七年比で六・八倍に伸びた。それにも増して需要が急増したのは鋼で、その生産量は一七・一倍にもなった。当時の鉄鋼業界は生産能力の増強に奔走、溶鉱炉の建設ラッシュとなったのであるが、鋼の需要がそれを上廻り、需給ギャップはもろに鑄物銑の生産量にしろよせされることとなった。即ち、同期間における鑄物銑の生産量の伸びが四・三倍にとどまったため鑄物業界は鑄物製品の生産の伸び六・八倍とのギャップに苦しむことになった。業界は生産遂行のため、不足分の材料確保に懸命の努力を始めた。鑄物業界は安定供給が期待出来なくなった鑄物銑に代わって、当時うなぎ登りに生産が増加していた鋼材から発生する加工屑鋼屑を選択したが、價格的にも量的にも恰好の材料となったのである。

#### (2) 溶解設備の進歩

設備面での進歩も見逃せない理由の一つである。

昭和三十五年頃から導入された誘導炉は、鋼屑を主原料にしても加炭・加珪等の成分調整が容易なことから、急速に増え昭和三十年代では七一基であったのが、昭和四十七年では七二六基と昭和四十年代に入ってから八年間で実に一倍にも普及した。

キュポラでも加炭性能をあげるため高温溶解可能な技術開発が進められ、鋼屑一％でも目標成分が得られるまでになった。

#### (3) 新しい鑄物材質の開発

鑄物の材質面での進歩も大きなウエイトを占めている。

鑄物は重くて、脆いという通説があった。鑄物業界は素形材としての信頼性向上に、官・学の協力を得て血のにじむような努力を積み重ねた。ミーンタイトの鋼屑を主原料として高温溶解による強靱鑄鉄製造法が導入され普及した。又、誘導炉の普及によりダクタイル鑄鉄も大幅に伸び、鑄鉄製品中に占める割合が四％にもなった。

その結果、新銑配合率が大幅に下がり、主原料の座は完全に鋼屑に移ったのである。

#### (4) 銑鉄の限界

銑鉄の入手難や誘導炉の普及、キュポラの操炉技術の進歩、鑄物の材質の開発だけが新銑配合率を下げたわけではない。

今も一般的に生産されている鋳物鉄が、そうであるように、当時生産されていた鋳物鉄はC、Siの含有率が過共晶であり、それ以外の元素は原料の鉄鉱石やコークスの品質に大きく左右されていた。そのため強靱鋳鉄の生産に当たっては、Cの値を下げるため、どうしても鋼屑を配合せざるを得なかったのである。ダクタイル鋳鉄にとつても、球状化阻害元素のSや靱性に悪影響を及ぼすP等が一定量以上に含有しているため材料として好ましくなかったのである。

溶鉱炉から出鉄と同時に型鉄として生産される鋳物鉄は、どうしてもこれらSやPの混入が避けられなかった。これに対して、鋼屑は、製鋼という工程を経て、脱硫、脱磷が行われるため、鉄鉄に比べC、Si以外の成分については、はるかに高品位だったのである。

#### (5) マーケティングを忘れた価格決定メカニズム

価格の推移も関係が深い。昭和二十六年四月の統制撤廃後は、鉄鉄メーカーによって若干の差があるものの、それまでの統制価格より一万円アップの三万円ノトンが建値となった。当時製鋼鉄が鋳物鉄より千円程度しか安くなかったのは、如何に製鋼原料としての鉄鉄が逼迫していたかが伺い知れる。又、当時高卒の新入社員が月給が六千円だったことを思うと、工業用材料としての鉄鉄が如何に高価なものであったかを物語っている。昭和三十二年には建値が三四、五円、市中価格が四三、五円と高騰したものの、昭和三十六年に鋳物鉄の安定供給を目的として、「鉄鉄需給委員会」が設置され、十数年間は価格は安定して推移した。

戦後最大といわれた四十年不況のときは二一、二五円、円で安定していたといえる。しかし、このような見方はあくまで供給者サイドの見解であつて、そもそも「鉄鉄需給委員会」は鉄鉄メーカーと流通業者によって構成されており、結果として価格と量のコントロール機能を果たすことになった。

鋳物業界はこのように供給者サイドにコントロールされることを嫌い、自力で調達可能な鋼屑に主原料をシフトしていった。新鉄配合率が昭和三年には四・五%であつたのが、昭和四十七年には二九・六%と三三・%を切るまで低下したのは、このことを如実に表している。

昭和四十八年をピークに粗鋼の需要も減少に転じ、鉄鋼バランスが大幅に改善されたにもかかわらず、供給者サイドの論理により、昭和四十九年から昭和五十一年にかけて、たった二年六ヶ月の間に数回にわたる値上げが行われた。二九、五円、円の建値が五二、五円、円と実に二二、%、七八%もアップしたのである。そのため新鉄配合率の低下はとどまることを知らず、前述の如く昭和六一年にはとうとう一三・五%にまで低下した。鋳物の主原料が鉄鉄から鋼屑に完全に置き換わつたことにより、鋳物鉄の価格決定のメカニズムが変化し、価格決定の主導権は鋳物業界側に移り、鋼屑との比較において決定されるようになった。

## 第二章 鋳物業界の苦悶

### 1、このままでは右肩上がりの成長はもはや夢

昭和四十八年に六百二万五千トンと第一次のピークを記録した鋳物の生産量は平成二年には史上最高の六百四万三千トンと記録を更新した。しかし平成七年には五百三十三万九千トンと一七%もの減産となった。この間の日本の鋳工業全体が五%減なのに比べると大幅な落ち込みである。プラザ合意による円高誘導や海



外移転等の貿易収支改善のための経済政策の浸透、及びバブル崩壊後の急激な円高による海外調達等直接的、間接的に影響を受けたためである。

空洞化と声高に叫ばれているが、銑鉄鑄物の輸入は平成二年には四万一千トンだったのが、平成七年で五万九千トンと率にすると四四%の増加となったが、国内生産対比では一・三%にしかすぎない。海外生産が全日本生産の三%だった昭和六十年に比べて平成七年では一%に拡大したのであるが、三%を海外生産している米国に比べると日本は三分の一にすぎない。しかし日本人特有の性格なのか心理面への影響は大きく、先行き不安の種となっている。

## 2、鑄物製品価格の頭打ち

昭和四十一年当時の鑄物製品価格は普通鑄鉄で七万三千円であった。昭和四十八年頃より一 万円台に乗せ急上昇、昭和六十年には一八万六千円になった。実に二・六倍になったのである。しかし平成七年では一七万五千円と昭和六十年に比べると六%の価格低下となっている。更に最近は円高、海外調達を理由として、ユーザからのニゲタパーセントの値下げ要求が重苦しくのしかかり、苦悶の日々が続いている。

## 3、労働生産性の伸び悩み

コストダウンの最も効果的な方法は生産性の向上である。昭和四十一年の一人当たりの年間生産量は三・七トンであったのが平成二年には三三・七トンと実に四・三倍にも向上した。しかしその後は伸び悩み、平成七年では平成二年対比五%の低下となっている。金額面で見ると、昭和四十一年は二百三十四万六千円であったのが、ピークの平成三年では二千四百六万五千円と一・五倍になった。しかし平成七年では平成三年対比四%の低下となっている。ここ数年間にわたる生産性向上の足踏み傾向は経営圧迫の大きな要因となっている。又、平成九年四月一日より全面实施される週四 時間労働体制への移行は、この労働生産性の更なる向上なくしては成し得ないのである。

## 4、投資効率の悪化

生産性が著しく向上したのは昭和五十年代に入ってからである。これは鑄造装置の生産が昭和四十九年に過去最高の二九七億円に達し、鑄造工場の合理化が急速に進んだからにほかならない。その大半の二三五億円が砂処理機械および装置であった。経営指標によると、昭和四十八年当時の一人当たり機械装備額は七十一万円であった。平成五年では四百三十三万八千円と六・一倍にも合理化、機械化が進んだのである。

平成五年の製造業平均が二百四十八万九千円であるのと比べると、鑄物業界はまさに装置産業化したといえる。かつて鑄物工場が倒産すると、土と砂しか残らないといわれたことを思うと隔世の感がある。このように装置化が進んだことにより労働生産性が向上したが、三Kの軽減にも貢献したのである。しかし、一方で理由は色々考えられるが、機械装置の生産性が急激に低下していることに気づかねばならない。機械装置の生産性とは機械の投資効率である。経営指標によると、昭和四十八年が五・一回であったのが、平成五年では三・五回と一・六回転も悪化している。これがコストアップの大きな要因の一つとなっている。減価償却が長引き、設備更新にも支障をきたし、長期的に経営を圧迫することになる。今後の経営上の大きな課題である。

## 5、人件費と生産性

戦後復興期においては人件費に比べて工業用資材が、いかに高価なものであったかについては前に述べた。鋳物製品についても同じであった。しかし、現在は人件費の方がはるかに高価なのである。従って、人件費の生産性を無視するわけにはいかない。

昭和三十年当時の一人一カ月の人件費は製品価格の一分の一にすぎなかった。昭和四十一年では二分の一、平成七年では人件費の方が製品価格を上まわり二・一倍になったのである。

金額でみると、昭和四十一年には一人一カ月の人件費が三万九千円であった。平成七年には三万七千三百円で、三年の間に九・六倍に上昇したのである。一人当たりの生産金額が一・五倍に伸びたのだが人件費の高騰がこれを完全に帳消しにしたことになる。生産額に対する人件費の比率が、昭和四十一年には一九・六%であったが、平成七年でも一九・六%と全く変わっていないことから明らかである。

## 6、資源エネルギー多消費産業の典型

誘導炉の普及で主たるエネルギーとなった電力が、今後も主たるエネルギー源であることに変わりはない。オイルショックを契機に大幅に上昇した電気料金はコストアップの大きな要因となった。関西電力の高圧乙の一般料金でみると、昭和四十年代前半の基本料金がKW当たり三九円だったのが、平成七年では一、七八円と四・六倍に上昇している。又、電力料金はKWH当たり二・四五円が、ピークの昭和五十五年には二・四円となり五・一倍となった。平成七年では円高還元もあり若干安くなって九・四円、それでも昭和四十一年当時に比べると三・八倍に上昇したのである。SPCS原価シュミレーションによると、製造原価に占める電力エネルギーコストの割合が二五年前は八%だったのが一四%に上昇。製造原価が2.7倍に上昇していることを考慮すると、絶対額では四・七倍に上昇している。

又、経済性とは別に、世界の人口増加や途上国の経済発展に伴うエネルギー消費の問題を我々は考えないわけにはいかない。一九九三年には第一次エネルギー消費が重油換算で八・八億トンから、二一年には一七・九億トン、約二・五倍になると推定されている。

我々は二回のオイルショックで資源の有限性は痛感しているが、化石燃料の大幅な消費量の増加は炭酸ガスの大幅な増加となり、地球温暖化が急速に進み気候に変化が起きるといふ。

このように省エネ・省資源、及び地球環境対策が産業界にとって二十世紀の地球規模的課題になっているにもかかわらず、鋳物工場内で消費される全エネルギーはここ一年間増加の一途をたどっている。間接投入も含めた原油換算での鋳物製品トン当たりの消費量が、昭和六十一年では三四・一Lであったのが平成七年では四五・七Lとなり、三三%も原単位をあげた。その七%強は電力である。

素形材センターの分析では「作業環境の改善」や「省力化機器の導入」等をあげ、詳細な分析が必要と指摘してはいるが、環境監査ISO14001が施行され、C、Aの導入が近い今日、業界としては誠に憂慮すべき問題である。

## 7、主原料・鋼屑が危機

ある日突然、誘導炉の溶湯が、成分不良となって使えなくなることがある。自前で分析機器を持っているところは、まだ良い方である。製品になってから判った

のでは全て不良品となり大損害となる。この原因の大半は鋼屑の品質劣化、即ち微量元素の混入にある。加炭材やフェロシリコンの配合や計量ミスもある。

かつて電機メーカーのモーターや安定器用に使われている電磁鋼板であり、以前は珪素鋼板といってSiの含有量が二〜三%で铸件用には恰好の材料であった。最近はコストダウンのためSiが含まれないローグレードの電磁鋼板が主として使われているが、これは連続打抜きの加工性を良くしたり、高磁束密度化等のためにP(八%)を添加、硬くしている。

かつて、キュポラ用可鍛コロの材料として使われていた自動車のホイール製造工程から発生していた加工屑が、ある時点で突然Cr添加の高張力鋼に変わった。その日からこの加工屑は铸件に使えなくなった。自動車の軽量化のため、ホイール材に限らず、ボデー材等自動車用鋼材全般に高張力化が進んだからである。高速道路の凍結防止剤から、車体を守るため、又、洗濯機等の家電製品にも防錆を目的に亜鉛メッキ鋼板やCr、Al、Mn等の合金メッキ鋼板の生産が増えていく。これらメッキ鋼板の加工屑も铸件用そのままでは使えない。統計によると、昭和五十三年の普通鋼圧延鋼材は八千七万五千トンであった。平成六年では七千七百一十万トンで五%の減少となっている。铸件に最適な加工屑の対象となる冷延薄板は一千九百九十八万五千トンから八百六十四万一千トンに二八%減少し、熱延薄板は一千八百九十五万五千トンから七百三十三万四千トンに三三%減少、厚中板は一千四百六十六万六千トンから七百六十七万六千トンに二七%減少、夫々大幅に減少している。前述の電磁鋼板や高張力鋼は、この普通鋼の圧延鋼材の中に含まれており、このように絶対量が減少している中で、PやCr添加の鋼材が増えることは、铸件の発生減に拍車を掛けることになる。又、亜鉛メッキ鋼板は五百八十八万三千トンから一千一百三十四万四千トンに九二%も増加しており、特殊鋼の圧延鋼材も一千一百七十七万一千トンから一千四百九十九万三千トン二七%増加した。鋼材の特殊鋼化はどんどん進み、铸件に適した鋼屑の発生源である純然たる普通鋼の生産量はますます減少していく傾向にある。

電機メーカーや自動車メーカーの海外シフトも鋼屑の供給に影響を与えている。シフトされた分だけ鋼屑の発生が減るのは当然であり空洞化の影響は鋼屑にも起きていく。

鉄鋼業界の環境保全に関する自主行動計画の中に、鉄鋼材料のスーパーメタル等、高機能化の推進は製品の軽量化、超寿命化をうながし、益々重量的に鋼屑の発生を減少させることにもなる。

## 8、難しくなった技術開発のあり方

鋼屑を主原料に選んだときから、铸件業界は溶解技術について厳しい研究開発の世界に突入していった。

主原料の鋼屑・加炭材・フェロシリコンの配合という他の素形材製造では全く考えられない材料メーカーの領域である冶金の分野にまで入り込まざるを得なかった。そして、その結果、官学の協力を得て、見事に鋼屑を主原料としての铸件製造のノウハウを確立した。

学会での研究論文をみると、鋼屑に対する加炭、加珪に関するものが非常に多く見られ、その研究開発の進展は铸件の発展の歴史ともいえる。特に誘導炉ではその傾向が強く、一般的には主としてSiが二〜三%含まれた珪素鋼板屑が使われたが、自動車メーカー系の工場では自社内で発生するプレス加工屑が恰好の主原料となった。いずれにしても加炭・加珪は溶解の重要な工程の一部となったのである。

誘導炉導入の増加と共に珪素メカスと称する鋼屑が不足がちなこと、電磁鋼板自体がローグレードに変わってきたこと等から、一般のプレス加工屑をも使うようになった。多種類の鋼屑を使わざるを得なくなった铸件工場は、とうとう鋼屑の成分管理をしなければならなくなった。そのために、数千万円もする分析装置を導入することになる。分析技術者を必要とすることはいつまでもない。



粉塵が発生する加炭材の装入作業は集塵装置の開発を促し、こうした設備の設置が必要となった。キュボラもめざましい技術の進歩をみせており、溶鉱炉に匹敵するほど高度にシステム化されたものもある。鋼屑の配合を上げるため、加炭性能を良くする高温溶解システムの研究開発が進められ、現在では鋼屑 1 % でも目標成分の溶湯が得られるまでになった。

しかし、高温溶解が極端にエネルギー効率を悪化させることは周知の通りである。パターンソンの線図から求めた炭素比と出湯温度の関係図によると炭素比 8 % で 1、14 の出湯温度が得られているのに、炭素比を二倍の 16 % に増加しても 15 の出湯温度しか得られない。炭素比 8 % の増加でたった 9 しか出湯温度を上げられない。この温度領域ではコークスの熱効率はたったの 24、4 % にすぎないのである。

必然的にコークスの熱効率を良くするための熱風操業の研究開発が進んだ。冷風キュボラでは、大きさ、能力による差はあるもののコークスの熱効率は 23 % であつたのが、熱交換器の装備により 34 % に改善された。最近では、三菱自動車テクノメタル(株)の技術論文によると、エコノサム熱交換器設置の成果としてコークス比 15 %、熱風温度 633 で 15、51 1 の出湯温度が得られ、コークスの熱効率は 42、97 % を記録したと報告されている。

溶解システムの研究開発はこのように著しく進歩したのであるが、最近では鋼屑の品質劣化対策が課題となつている。その一つは、メッキ鋼板対策で、亜鉛回収装置付きの誘導炉の研究開発が進められている。又、日本鑄造工学会でも、鑄鉄溶解研究部会が設置され、溶湯の性状についての研究も行われており、不純物元素の低減・中和・除去等もテーマとして取りあげられている。希釈材の活用や還元鉄の利用も視野に入れて研究されているようだ。

しかし、このような諸々の研究は、あまりにも対処療法に片寄つていふように思えてならない。装置が大形化し、投下資本も大きすぎはしないだろうか、又、管理要素があまりにも多くなりすぎてはいないだろうか。木を見て森を見ずの嫌いがありはしないか。他の素形材では考えられないほど重裝備の溶湯製造プロセスになつてしまつていふように思う。

## 9、十分でない信頼性

素形材が最も多く使われ、最もはげしく競争しているのが自動車である。

自動車鑄物の中に鑄物の将来を予測する示唆がある。平成七年の自動車鑄物の生産量は二百五三万一千トンで鉄鑄物全体に占める割合が五六・一もあり、鑄物製品生産の動向に大きく影響を及ぼしている。その内、八二万七千トンが球状黒鉛鑄鉄で、自動車鑄物全体の三三 % を占めている。昭和五十年当時は一五 % 程度にすぎなかつたのだから、この二一年間で比率にして二倍以上に球状黒鉛鑄鉄が進んだことになる。これは近年、球状黒鉛鑄鉄の材質面での進歩が著しく、鍛造品やプレス品に代わつて、高強度部品に使われ始めたからである。それは又、鑄物の特徴であるネットシェイプや中空構造が容易なこと、又、鋼より比重が 1 % も軽いこと等から、経済性だけでなく軽量化素形材として評価され、認識され始めたからである。トルクロッドやリアサスペンションロアーム・アクスルハウジング・中空のクランクシャフト等も球状黒鉛鑄鉄で造られるようになった。

AD1 と称せられる球状黒鉛鑄鉄は引張り強度が 1 MPa オーダーの鑄鉄である。歯車への応用研究も進められているという。

球状黒鉛鑄鉄の用途拡大は急速に進むだろう。しかし、一般需要業界における鑄物に対する信頼性となると必ずしも十分とはいえない。自動車鑄物がこれほどまでに進歩発展してきたのは特別な環境下にあることを考慮に入れなければならない。それは、需要業界である自動車組立工場と鑄物工場が同一会社で一体であること、そして主原料として自家発生した鋼屑が使え、鋼種の選別が出来、溶湯の品質管理が完璧に行えることにある。

良質の自家発生鋼屑を持たず、主原料を外部調達に頼らざるを得ない鋳物工場の場合は事情が異なる。他の素材材は全て素材メーカーが同一規格条件下で多量に生産され、材質・成分等ミルシートにより品質保証されているのに対して、鋳物の場合は主原料が鋼屑であり、当然のことながらこれにはミルシートがない。鋼屑の品質劣化は、もろに鋳物の品質低下に継がり、各社各様の規格で、各社独自の原料配合によって造られる鋳物は特異な製造システムによって造られる素材材であるといえる。それが特徴でもあるのだが、鋳物製品の品質保証の面で、その信頼性において、不安が残るのは当然である。

### 第3章 鋳物業界の課題

#### 1、大競争時代

政治社会では五十五年体制が崩壊し新たな展開が期待される。行財政や経済・産業構造の改革が推進されているが、具体的には仲々言葉通りには進展していない。経済が成熟時代に入り、今までのような高度成長時代に構築された社会システムや思考メカニズムでは対処できなくなったからである。産業社会でも同様に、この閉塞状況からの脱却のため、規制緩和やリストラが推進され、又、新たな産業の創出に向けての研究や投資等も行われているが、今ひとつ具体的な手掛かりがつかめない。

既存の産業にとって留意しなければならないことは、このように経済成長が期待できなくなったこと、いいかえれば企業にとって売上が右肩上がりの伸びが見込めなくなったことである。これは一種のゼロ・サムの社会構造になったことを認識しなければならない。成熟が衰退の道しか残されていない。熾烈なシェア競争の時代に突入したということでもある。これがメガ・コンペティション・大競争時代といわれる所似である。

鋳物業界の二十一世紀が、衰退ではなく、成熟、いや必ずや成長の道を歩む世紀であるためのシナリオを書きたいものである。

#### 2、木を見て森を見ず

鋳物業界の現状の課題については、今まで述べたとうりであるが、ここで簡単に整理しておく。

内面的課題としては、生産性の伸び悩み、人件費やエネルギーコストの上昇、主原料である鋼屑の品質劣化とその対策としての希釈材の配合等による配合工程の増加や、溶湯清浄化のための設備導入による設備整備額の過大化等々による製造コストの上昇や信頼性の低下等、外圧的課題としては、円高傾向による海外移転や海外調達、及び途上国の追い上げによる生産量の伸び悩みやシェアの侵食、及びその圧迫感からの製品価格の低下等、更に、社会環境面の課題として、労働環境面での労働時間の短縮や従業員の高齢化、及び3K対策等。又、地球環境面での産業廃棄物や温暖化防止のための炭酸ガス排出削減対策や省資源化、省エネルギー対策等々である。

これだけ課題が山積すると、経営にのしかかる重圧感はやや一企業や一業界だけで対処出来るものではない。

鋼屑の品質劣化対策としての分析装置の導入、及び分析技術者の育成や脱亜鉛溶装置の開発等、又、キュポラでのエネルギー効率が極端に悪化する高温溶解システムのため、少しでも熱効率を上げるための熱交換器の設置等々は組織論でいうところの屋上屋の対処であり技術開発であるとはいえないだろうか。大手術をし

ないでモルヒネを打つ如く、又、絆創膏の上に絆創膏を貼るが如く、いわゆる対処療法にすぎないように思えるのだが・・・これは丁度、荒れ放題の山の本来あるべき治水能力の保守を忘れ、瞬間的な土砂や濁流の対策として巨大な砂防ダムを造ったり、過大な堤防の建設に巨費を投ずるようなものではないか・・・。

治山治水といって原点に戻り、山を守ることに投資する方が結果として、はるかに自然を守ることになり結局は経済的ではないのか。山は農林省林野庁であり、川は建設省河川局で、夫々が過去の延長線上での対処である限り、即ち両省の垣根を取らない限り、この問題は解決しないであろう。「木を見て森を見ず」の諺があるが「川を見て山を見ず」ではないか。

鋳物業界の苦悶の元凶は主原料にあると思う溶湯や溶解手段に気を奪われ、主原料の見直しや開発は、ここ数十年間全く忘れ去られているのである。

### 3、生態系の循環とエネルギーの枯渇

二十世紀はイノベーションの時代といわれており、又、経済成長の世紀でもあった。厳密には十八世紀の産業革命以来「進歩と成長」のエンドレスプログラムに従って前進してきたのである。もうすぐ二十一世紀を迎えるが、これまでのような多消費、多廃棄型の産業活動を続けていく余裕はもはやない。百花繚乱「循環との調和」とか、「自然との共生」とか、大変耳ざわりのよい言葉だけが一人歩きしているように思えてならないし、現実の経済社会においては総論は理解できても、各論に十分な科学的論拠を持った処方箋はいまだ画かれていない。現代の文明は、その循環の許容量をはるかに越えており、自然の生態系に調和させることは不可能なのである。

近似的に閉じた系といわれる地球の生態系には短い循環と長い循環がある。短い循環は、植物の炭酸同化作用や、数十年の年月で循環する森林の再生のサイクル等、いわゆる炭素の生物的、即ち有機化学的な循環で、もう一つは三億年前から堆積がはじまったといわれている化石燃料生成のサイクル、即ち本当の意味のビッグバンとはいかなくても太古のなぞにまで遡るほど、気の遠くなるような有機岩の長い循環である。これは埋蔵量は多いが、人類は今日まであまりこのサイクルを意識することはなかった。しかし産業革命以降短期的な生態系循環のスピードはもとよりこの長い循環でしか再生しない、化石燃料に手を付けてしまった結果、この数億年といわれる長期的な生態系循環のスピードをも越えてしまったからである。

諸々の活動によって、地球上のエントロピー（排泄物や廃熱等の汚れの量）は増加し続けている。しかも、それは加速度的に増加し続け、決してもとにもどらない。循環が成立するためには、地球の外（宇宙）から物質やエネルギーが入ってこなければならぬし、劣化した物質やエネルギー（エントロピー）が捨てられ、その捨て場があること、即ち地球は開かれた系として、より大きな開放定常系（宇宙）の中に組み込まれなければならないということである。そして循環利用される多様に開かれた生態系が成立していなければならぬのである。システム工学的に言えば複数の循環形態を多段階で形成、つなぎ合わせる循環複合体の形成である。（「水と土と森の収奪」田島よしのぶ著・海鳥社）

太陽エネルギー利用の効率化技術の開発や、代替エネルギーの開発は不可欠の条件となる。地球が開かれた系になるまで我々は時間稼ぎをしなければならぬ。いずれ枯渇という現実と直面するであろう化石燃料は徹底して延命を図らなければならない。この事は勿論、地球温暖化の原因といわれている二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出削減に継がることはいつまでもない。



#### 4、世代間倫理（新たな価値観）の確立

このように現代文明は大きな曲がり角にさしかかっている。それは、従来の「進歩と成長」という観念が現在世代と未来世代との間の共通の価値観として存在していること、言い換えれば「未来世代は現在世代と同様、もしくはそれ以上により良い生活をするであろうし、又望んでいる」という価値観である。つまり、「進歩と成長」は未来世代のためでもあるという認識である。しかし、この価値観は資源やエネルギーは事実上無限であることが前提条件になっているのである。

資源やエネルギーは無限ではなく、未来世代に対して環境悪化と共に「負の遺産」を残してしまうことになった現代文明は、新たな価値観や倫理観構築の必要にせまられることになった。資源・エネルギーの可能な限りの未来世代への配分は我々現在世代の責任である。今「持続可能な開発」が叫ばれているのは、まさにこの新しい価値観、即ち未来世代に対する「世代間倫理」という価値観の確立が望まれているからである。（環境倫理学のすすめ・加藤尚武者・丸善株）

#### 5、不易流行・科学的視点を

企業も一つの歴とした法人格である。当然のことながら、企業活動は人間の行動を含めて他の生物と同じように生態系循環の原理に従うのが正しいあり方だと思ふ。自然科学の法則から逸脱しない方がよい。それが本場の「自然との共生」といえるのではないか。

「科学（サイエンス）」はそもそも自然を理解しようとして生まれた「WHY」である。産業の発達と共に国や産業社会の要求に答える形で、いつの間にか「HOW」つまり「技術（テクノロジー）」にこだわりすぎる産業社会になっていくのではないか。「HOW」は時として非科学的で傲慢な顔を見せることがある。科学は不変であるが技術は時代とともに進歩し続けなければならない。時代にそぐわなくなりつつある「技術」や工業製品の素材材にもかわらぬ伝統的な「匠の技」の延長線上の技術にこだわってはいないだろうか。例えば、鑄物の主原料となっている「鋼屑」の溶解時に「加炭」する技術であり、もう一つは「高温溶解」である。

いずれの技術も業界の要求を満たすべく、時代背景のもとに開発・利用されてきた技術であるが、新たな産業倫理という時代の要請に立てば、基本的に大きく転換を図らねばならない。

「加炭」は歴とした吸熱反応で、エントロピーの法則を助長し、資源やエネルギーの浪費を伴うものである。ケベック社の技術資料によるとCを1%加炭するのに一六KWHの電力が要る。四%加炭しようとするれば六四KWHになり、溶解所要電力のおよそ一%が余分に要ることになる。「高温溶解」もパターソンの線図によると出湯温度一五 近辺でのコークスの熱効率は二・四〜四%と極端に悪い。高炉の発明により生まれた「銑鉄」を基点とする鉄の一連の生産システムの中で、この技術は科学的側面から見れば、エントロピーをより増大させるものであり、生産工学的には、資源・エネルギーの生産性を極端に悪化させるものである。

#### 6、環境対策と新たな産業倫理の確立

円高の進行と共に鑄物業界にもコスト至上主義が浸透し、海外調達も止むを得ないとの考え方がある。業界の一部には鑄物工場自から商権維持を目的にコストという大義のもとに海外調達を行っているケースがある。そうせざるを得ないといった方が正しいのかも知れないが……。しかし、このケースは自動車や家電の現地化及びそれに伴う協力工場の海外移転とは、主旨、目的、内容において根本的に意味が異なる。

途上国からの調達目的は、コスト至上主義の経済原則によるもので、自由主義経済体制の下での企業活動としては、至極当然のことではあるのだが、これから迎える二十一世紀の鑄物業界のあり方としては、果して正しい選択といえるかどうか。二酸化炭素の削減が叫ばれている今日、鑄物のようにエネルギー多消費の製



品の生産を日本よりも必ずしも効率が良いとはいえない途上国の鑄物工場で行うことは、まさに「天につばする」行為といわざるをえない。いずれ偏西風に乗って、我国の上空に温暖化と酸性雨をもたらすことになるだろう。そして地球全体の温暖化に手を貸すことになる。

これは我が家の敷地のゴミをほうきで掃いて、隣の家敷に掃き捨てる如き行為といえればいいすぎであろうか。いずれ風が吹けば我が家に舞い戻ってくる。環境に国境はない。これからの物づくりは単なる経済性だけでなく、環境という側面としかもそれが地球規模での影響を考慮に入れた倫理感が問われるのである。

このように二酸化炭素排出削減等の環境問題は間違いなく二十一世紀のキーワードになるであろうし、先進国間はもとより南北間をも含めた地球規模の重要な外交問題の一つとなるだろう。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の報告によると、化石燃料によって排出される二酸化炭素によって、二十一世紀末には地球の温度は二度上がり、海面が五十センチメートル上昇するといひ、このために世界で高潮被害を受けやすい人口は九千万人にも増えるという。又、日本への影響は砂浜の五〜九%が消失し、沿岸部の施設の機能を維持するためには一兆円にものぼる対策費が必要という。洪水・干ばつ・飢餓・及びマラリアや Dengue 熱などの媒介性感染症の発生等環境の悪化が心配されている。二酸化炭素削減については、昨年十二月に気候変動枠組条約の第三回締約国会議「COP 3」が京都で開かれた。

周知のとおり二八年から二一年の間に一九九一年レベルより日本六%、米七%、EU八%、そして先進国全体で少なくとも五%削減することが約束された。

先進国はもとより、我が国の中でもNO<sub>2</sub>を含めて通産省と環境庁の激しい論争はまだ耳新しい。

一九九七年末で既に一九九一年比一%近く増加しているという。合計で十数%削減のノルマが課せられた訳で背筋が寒くなる思いがする。

当然のことながら条約が締結されたことで事が済んだのではない。実行するのは国民であり、企業である。

企業内でいくらISO-14001の環境監査の立派な組織が出来ても、物づくりの現場が従来の延長線上での対応では、到底無理な話で、かけ声だけに終わってしまう。鑄物業界は昭和六十一年から平成七年までの一一年間でのエネルギー原単位は三二%も増加しており、幸か不幸か現在もおエネルギー効率の大変悪い生産システムを採って二酸化炭素の大幅な削減の可能性が十分ある業界である。経路依存性といって一度来た道をやめて別の道をやり直すことはだれしも抵抗があるが、このエネルギー多消費の原因にもなっている時代にそぐわなくなりつつある「加炭」と「高温溶解」の技術を転換し、鉄系素材専門メーカーの鉄鋼業界との間に後述べるような業態系の生産システムの構築が確立できるならば優に五%もの二酸化炭素の削減が可能なのである。

鑄物業界はここに時代にそぐわなくなったシステムから脱皮し他産業に先がけ、二十一世紀文明の基盤となる新たな産業倫理（物づくりの倫理）の確立をはからねばならない。共時的、対面的倫理、例えば、今盛んに問われている従来型の政治家や、官僚、又企業人としての職業倫理的なものだけではなく、世代間的、不特定多數的倫理観、及び組織、団体としての新しい倫理観にまで拡大する。今まで述べてきた資源エネルギーの枯渇への危惧や地球温暖化に及ぼす影響等は自然環境や未来世代に対する責任としてえなければならぬ倫理の一例にすぎない。

科学技術文明、いいかえれば現代の物質文明の進歩は、はかり知れない豊かさや快適さ、便利さ、楽しさをもたらしたのも事実である。しかし、科学技術至上主義の物質文明も真の科学技術の意味を問直さなければならぬ。近代思想の元祖、科学技術の父、デカルトは物心二元論の中で何よりも道徳こそが一番大切な善であるとしている。

資本主義の父といわれ、いまやもての市場原理の元祖アダム・スミスも「道徳感情論」あつての「国富論」であつたことを忘れてはならない。物理学の進歩による原子力発電と核兵器、あるいは生命科学領域の生体肝移植や遺伝子操作、もっと身近な例としては、モーター・ゼイションと排気ガス、又通信技術の進歩

限りなく時間と距離の短縮をもたらしたが、反面人類から時間と距離を奪ってしまったし、いやおう無しに進入してくる迷惑電話に悩むことにもなった。

コークス高炉の発明はかつて金の五倍、銀の四倍もしたという鉄をこんなにも安く大量に人類が手にすることになったのであるが、我国の二酸化炭素排出の一二%も占めることになっている。

もはや環境とは自然環境だけでなく、このように高度に機械化され、技術化された社会システムも科学技術がもたらした環境と化してしまったのである。今道友信東京大学名誉教授はこのような環境を「技術連関」と呼び広く人類の生息圏の規模で考えていかなければならないと主張されている。まったく新しい視野で考えられた新倫理学で「エコエティカ」と名づけられた。大変おこがましい表現かも知れないが、これからの鑄物業界もこのような先進的な理念のもとに徹底した生態系循環型の物づくりのシステム、即ちエコマテリアルの開発とエコプロダクションの構築に努めねばならない。京都大学佐和隆光教授の言葉を借りるならば二十世紀は「メタポリズム環境代謝型文明」の時代になるだろうからである。

## 7、鉄と鑄物と鋼の業態系循環型生産システム

図1は現状の鉄と鑄物と鋼の業態系循環のフローを示したものである。今「リサイクル」が声高に叫ばれているが、鉄の業態系については歴史的にも古く、ほとんど1%近く回収され再生産(リ・プロダクション)されている。我国の鉄鋼生産は約一億トンであるが、その内三分の一強は鋼屑をリサイクルし、鋼材に再生産されている。鑄物業界も自家発生(銑屑戻り銑)約二万トンと市中の故銑と鋼屑四万トンをリサイクルし、一万トンの銑鉄と一八万トンの加炭材で約五万トンの鑄物を生産している。

このときのベースとなる天然資源は、鉄鉱石一億九百三十八万トンとエネルギー源としてのコークス五千二百五十五万トン(石炭換算では七千万トン)であり、これにより生産される銑鉄は七千万トンである。又、鑄物業界での溶解エネルギーの投入は電力換算で五七億五千四百万KWHである。

図2は先に述べた通り、鑄物の主原料を「鋼屑」から「銑鉄」に置き換え、鋼屑は転炉及び電炉へリサイクルしたときのフローで、鉄と鑄物と鋼の業態系循環型の理想的な生産システムを表したものである。しかし現在、鑄物業界に定着している考え方は図1のフローで、銑鉄より鋼屑を主原料として使用することが「省エネルギー」であり「経済的」であると論理である。これは一見、合理的に思えるのだが時代の流れと共に必ずしもそうとはいえなくなってきた。鉄の業態系全般を見たとき、それはいかにも狭義的であり、総合性に欠けるものといえる。

## 8、鋼屑の鑄物へのリサイクルは省エネルギーではない

鋼屑の使用は「省エネルギー」であるとする根拠は『銑鉄』は製造に多量の熱エネルギーを消費する材料であるので使用しない方がよい。これに対して「鋼屑」は運搬・加工に消費されるエネルギーだけだから、銑鉄に比べるとエネルギー消費ははるかに少ないので鋼屑を使う方が省エネルギーである。』という論理である。

二十一世紀の物づくりを考えるとき、又、間もなく導入されるISO14000のL・C・Aを視点に置いたとき、この考え方は一面的な論理といわざるを得ないし、大変な錯覚を犯しているように思われる。鋼屑は宇宙から降ってきた隕鉄ではないし、偶然地表に表れた自然鉄でもなく、又捨て場に棄てられた廃棄物でもないからである。

産業革命以来、高炉の発明によって最も効率よく生産されるようになった銑鉄を原料として200年にも及ぶ年月とベッセマーやトーマス等、数多くの偉大な先人

達の努力と膨大な資金によって作られた貴重な鋼である鋼屑は又、貴重な鋼素材の原料でもある。

我国の鋼の需要は図1によると九千九百九十万トンで、その内鋼屑のリサイクルにより再生産されている鋼は三千四百万トンで鋼の需要を賄いきれていない。残りの六千五百九十万トンは高炉で製造された鉄鉄を転炉で脱炭して賄なわれている。いい換えると鋼の需要の大半三分の二は高炉で製造された鉄鉄から生産されており、鋼材のリサイクルによって製造されている鋼は三分の一にすぎない。従って、鋼屑はまだまだリサイクルの余地があり決して廃棄物ではないのである。

図2のように、現在鋳物業界で使用されている鋼屑を転炉及び電炉にリサイクルすると、鋼の需要九千九百九十万トンの内三千七百万トンは鋼屑の再生産で賄われ、残りは四百万トン減の六千九百九十万トンの溶鋼で済むことになり、高炉での鉄鉄生産は六千四百八十二万トンでよいことになる。即ち鉄鉄の生産は四百十八万トン少なくて済む。

溶鋼の四百万トンと鉄鉄四百十八万トンの差十八万トンは転炉で脱炭され $CO_2$ として排出され、減耗してしまふ炭素の量である。また、このとき脱炭のために消費される酸素四八万トンも不要となる。

鋳物業界はこの転炉へ行かなくなった鉄鉄四百十八万トンの内四百万トンを主原料として使えばよい。鉄鉄中の炭素は原料として有効に使われることはいうまでもない。結果として我国の鉄鉄生産は六千九百八十二万トンとなり、鉄鉄生産を一八万トン減らすことが出来、これは鉄鉱石二九万トン、コークス一四万トンの節約となる。

くり返すことになるが鋼屑をリサイクルすることは省エネルギーであるという論理は、粗鋼を製造するときの粗鋼トン当りの消費エネルギーは高炉・転炉による場合、三八万Kカロリーで、鋼屑一%の電気炉による場合が一二万Kカロリーと約三分の一で済むということが根拠になっているのだが、鋼の再生産にリサイクルする場合、及び鋼の生産が全て鋼屑のリサイクルでまかなわれている場合の論理であって、我国のみならず世界的にいまだ鋼の生産の大半を高炉で生産される鉄鉄に頼っている現状では鋼屑を鋳物にリサイクルしたからといって鉄鉄の生産量が減るわけではなく、むしろ脱炭される分、一八万トン余分に生産しなければならぬ。

鋳物には、この論理は当てはまらないのである。鋳物業界としては、むしろ空气中に $CO_2$ として排出している炭素を原料として使えるので加炭材一八万トンは不要となる。更に鉄鉄は融点が高いので電力やコークスの低減が可能で、図2によると約一九%、一億七千八百万KWHの節電となる。これは通常稼働の発電所五万KWH1基分に相当する。

#### 9、鋳物業界の主原料転換は波及効果を入れると $CO_2$ 排出を半減できる

エネルギー問題は環境問題、特に二酸化炭素排出問題に大きくかかわってくる。図2によると鋳物の溶解工程で電力換算一億七千八百万KWHの低減は $CO_2$ に換算すると五六万トンの排出削減となり一九%の低減である。その波及効果をも計算に入れると転炉で六六万トン、高炉でコークスの消費が減った分として四六万トン、合計一六八万トンもの $CO_2$ の削減が見込め、何と五六%もの低減となり、約半分に減らすことが出来る。勿論、この計算は大雑把で異論もあるかと思つが大筋において大きな差異はないと思つ。

溶鉄処理に要する電力や加炭材、フェロシリコンの製造に要するエネルギーや歩留り、及び鋼屑の歩留り等無視しているが、いずれISO規格に準拠したL・C・Aの計算により効果を明確にしたい。

これは我国の九四年度の $CO_2$ 総排出量一二億六千万トンに対し、一三%に相当し、産業部門五億トンに対しては、三三%、鉄の業態系では一%近くも削減



できることになる。一業界の主原料転換だけでの効果としては大変なものといえよう。COP 3での我国の削減目標の数値化に政府は大変苦慮している中において、鑄物業界は楽々と9年レベルに削減することが出来る。

最近の環境白書でも中々具体的施策に踏み込めないでいるが我々は明日からでもすぐ実行できる。一部の官僚や経済人にCO<sub>2</sub>削減は成長を抑制するという意見もあるが、むしろ成長の余地を広げることになる。

このように科学的論理に立脚した正しい鉄の業態系循環型生産システムに移行することは後で述べるように大幅なコストダウンに継がるのである。

## 10、キャストロイ(EP鉄)の開発

しかし、この鉄の業態系の循環は、現在製造販売されている鑄物用鉄鉄では成立しない。それは今も尚、数十年前に制定された規格をそのまま踏襲されており、鉄炭素系平衡状態図でいうところの過共晶組成となっており、現在の鑄物製品の大部分は炭素含有量が三・三・八%であり、必然的に炭素量を下げするために鋼屑を配合しなければならぬからである。

炭素の含有量を下げするために鋼屑を配合する必要がなく、又鋼屑に加炭する必要もない出来るだけ再溶解だけで済む最終鑄物製品の成分に近い鑄物用鉄鉄の存在がこの業態系循環成立の条件となる。

このような仮説の上に立つて、又このようなコンセプトから開発されたのがキャストロイ(EP鉄)である。キャストロイは従来の鉄鉄とは異なり、次のような大きな特長がある。

その一つは、従来の鉄鉄製造の工程とは全く異なり、製鋼の溶鉄予備処理(炉外精鉄)技術と設備を活用、図3の1の工程で脱磷・脱硫等不純物元素の除去処理を行い、徹底した品質管理を行っていることである。このことは後で述べるように不良率の低減等品質の向上は勿論のこと、信頼性向上に継ぎ、更には高機能素材への大きなロマンを抱かせてくれる。

2つ目は、鑄物の主要三元素、鉄・炭素・珪素の含有割合を図3のIIの工程で共晶組成(図4)に合わせたことである。「特開平七二一六四九四」。これは低融点であるために、溶解スピードが早く、結果として、エネルギー原単位が下がる。詳しくは後で述べる。

3つ目の特長は図3のIIIの工程で防錆処理が成されていることである。「特許第一九四五四号」。それは二・三ミクロンのマグネタイト皮膜(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)の形成により、それ以上の酸化減耗を防いでおり、溶解歩留りの向上と共に「ノロ」としての産廃の減量にも寄与している。又操業時の水蒸気爆発の予防にもなり、粉塵防止等の効果もある。

表1は現在製造販売しているキャストロイの種類と成分規格、及び成分値例である。これは従来の鉄鉄の概念ではなく、製造工程も異なる全く新しい鑄物用複合新素材なのである。

## 11、鋼屑を鑄物の主原料として使用するのには経済的ではない

いぜんとして鑄物業界や学会では『鋼屑の方が鉄鉄より経済的である』と考えられている。現実の社会では市場原理が働いているとはいえず、この考え方は少し考察不足であると思う。鉄鉄、鋼屑、加炭材、フェロシリコン等の単価と配合比によって計算され、単純比較で決定されているやに思われる。主原料の品質や配合比



の変化によって、大幅に変動するエネルギー原単位や生産性、及び附帯設備等についての計算や評価はあまり考慮に入れられていない。

図5・6に示すようにキャスタロイの配合が上がるほど電力原単位が大幅に下がり、生産性も大幅に向上する。

図7は炭素を三・二〜三・五%程度にコントロールした銑鉄を一 %配合で操業し、コークス比と出湯温度及び出湯速度を調べたものである。二トンの冷風キユボラで実操業時のデータである。冷風操業でコークス比九・五%でも一五 度の出湯温度が得られ生産性も高い。

図8は二五年前との原価比較であるが、主原料費は一・三倍とそれほど上がっていないが、電力費や労務費は四・三倍と五・二倍と大幅に上がっており、電力原単位の低減や生産性の向上は急を要するテーマであるが、現状は材料とのかかりについてあまり研究されていない。それは鋼屑の品質劣化に伴う分析装置の導入等、材料の管理コストの上昇や、品質の不安定さをカバーするための安全を見た過剰方案や不良による信頼性の低下、あるいは生産性の悪さを補うための過剰設備等が、材料配合原価計算システムにはプログラムされていないからである。

表面積の大きい鋼屑の使用は表面酸化の影響で溶湯歩留りの悪化だけでなく、エネルギー原単位の上昇の原因でもあり、耐火物の浸食を伴い「ノロ」として産業廃棄物の増加に繋がる。一 %程度と見られている加炭材の歩留りロスも確実に集塵ダストとして、これも産業廃棄物となる。これらの処理費は年々増加の一途を続けコスト圧迫の大きな要因になりつつある。これ等も材料の原価計算にはインプットされていない。

鋼屑をキャスタロイに替え効果を挙げている会社の例を見てみよう。A社は加炭材を配合せずに済むまでキャスタロイの配合を上げて操業した結果、「引け」による不良がほとんど出なくなったのに気づき、思い切って押湯を取り払うことを試みた。図9・10はその根拠となったデータである。キャスタロイの配合増は「伸び」をよくし「引け」を減少させる。その結果、不良率も一・ %から一・一%に減少し、方案歩留りは一挙に二 %も向上した。これは溶湯成分の安定と性状の向上によるところが大きい要因と考えられる。鋼屑を主原料としていた以前は、成分、性状の不安定さを考慮、過剰方案ぎみであったことも要因の一つと思われる。製品五五 トン生産するのに、従来は八六トン溶解しなければならなかったのが、七四三トンのことで済むことになり、毎日三時間もの残業が必要だったのが、残業せずに済むほどに生産性が上がったのである。九七年四月より導入された週四 時間労働規制は一挙に目標達成である。当然のことながら、これらは製造原価全体に大きな影響を及ぼす。

原価計算シミュレーションによると、主原料費は、鋼屑より八千円高いキャスタロイの配合を増やしたので、九 円高くなっているが、溶解電力費は二、二七一円安く球状化費も一、 三二円安く、更に溶解労務費も八七三円安くなっており、差引溶解費合計で二、九 七円安くなっている。その他、大幅な生産性向上等により製造原価トータルで一七、 円強のコストダウンが可能であるという結果が出ている。

## 12、鉄の業態系に戻ろう

「花は根に、鳥は故巢に・・・」という諺がある。すべての物はその根源に帰るといふ。鋳物も鋼素形材としての鋼材も元を正せば同じ生まれである。源をたどると鉄器時代に逆のぼる。

世界の4大文明といわれているメソポタミア文明、エジプト文明、インダス文明、黄河文明はいずれも、森と川の流域文明であったといっても過言ではない。鉄と共に栄え、森林の荒廃とともに滅びたのである。鉄に携わる者として、歴史上の事実として、又文明と自然、エネルギーと環境のモデルとして胆に命じておきたい。我国の文明も大和川であり淀川であり荒川であり木曾川の流域文明といってもよいのではないかと思う。幸いにして、モンスーン地域であったこと、及び江戸幕府の強力な行政指導が、我国の森林と都市文明を救ったともいえる。

人類最初の鉄器は紀元前三 年頃のメソポタミヤの鉄剣であった。紀元前一 年頃には既に製鉄が行われていたという。

鑄鉄鑄物は紀元前6世紀になって、中国で製造されたのが最初であることとされている。青銅鑄物に遅れること二五 年である。鑄物の歴史は五 年といわれているが、それは青銅鑄物の歴史であって、鑄鉄鑄物は二五 年と見る方が原点にもどりやすい。鑄鉄鑄物の本流は鉄の業態系であることを忘れてはならないからである。

石器時代から青銅器時代へと人類は文明を進化してきたのであるが、鉄の発見、製造、使用によって急速に文明を発展させたことは歴史の証明するところであろう。鑄鉄鑄物が多量に作られるようになったのは、一四、五世紀にドイツで生まれた高炉の出現によって、いきなり溶けた銑鉄が大量に製造されるようになってからである。一八世紀に入ってコークスが發明され、産業革命の進展と共に鑄鉄鑄物は祭器や日用品及び農具、武器だけでなく、機械装置の機能部品 即ちいまでいう素形材としての用途が開かれていったのである。

鑄鉄鑄物が石器や青銅器に比べて硬いという特性から、靱性など機械特性が要求されるようになったのはこの頃からである。しかし、皮肉にも鑄鉄鑄物はこの頃から本流を離れ、材質の改善よりも造形の分野、即ち鉄の流域からみると他の流域に属する青銅鑄物の流域との関係を強く持つようになったのである。

鑄物の鉄器や武具と並んで、練鉄や海綿鉄から鋼を製造していた可鍛鉄の分野は高炉が發明され、一きよに溶けた銑鉄が作られるようになって可鍛鉄の製造に携わる技術者たちは、今までとは全く逆の技術の習得に取り組むことになった。即ち銑鉄から炭素を除去して鋼を作るといいうわゆる間接製鉄技術開発への苦悶が始まったのである。

反射炉、平炉、転炉への変遷はヘンリー・コートやシーメンス・マルティン、ベッセマー、トーマス等によるものであるが、戦後LD転炉法の發明によって、大量にしかも安価に人類は鋼を手にするようになったのである。更に圧延、メッキ、プレス、溶接等の加工技術の発展も鋼の素形材としての発展に寄与、鑄物の素形材の地位を圧倒的に引き離してしまった。この間 鑄物業界は、銑鉄が出来たことによって容易に鑄物が作れるようになったが、これが今となっては「あだ」となったように思う。

造形という加工技術面で二五 年も先輩という歴史を持つ青銅鑄物に関心が深くならず、素材については無関心とはいかなくても鋼に比較して、あまり積極的に研究開発しようという発想はなかったように思われる目標成分に合わせ、銑鉄の種類を選んだり、配合という方法で対処していた。当然のことながら銑鉄は産出する鉱石の産地やコークスの質によって成分が異なり、鑄物の材質としては、銑鉄の成分に制約されることになった。「鑄物は重くて脆い」という悪評の最大の原因の一つである。

産業革命以降、産業の発展と共に鑄物にもますます素形材として機械特性上、材質面での要求が強くなってきたが、分業化の進展で鉄の業界でありながら素材業界との関係が希薄になりつつあったことと、素材業界は鋼の素材供給に手いっぱいであったことなどから鑄物の素材開発には目が向けられなかった。

鑄物業界は材質改善のキーテクノロジーを大量に発生しつづつあった成分の安定した、しかもピュアーな鋼材の加工屑に加炭して溶湯素材を製造し鑄物を作るといふ、かつての錬鉄に加炭して鑄物を作っていた技術に依存することになった。誘導炉の發明により直接炭素を含炭させるという技術が開発され、機械特性が鋼の素材及び素形材にも近づき、又それ以上の有用な特性を持つ鑄物が作られるようになった。

しかし、このように鋼の加工屑を主原料として銑鉄や加炭材及び珪素を配合して、溶湯素材を製造し、形を作るといふ工程を持つことは、一貫生産体制の如くに見え一見合理的に思えるが、これは素材メーカーの機能と素形材メーカーの機能を併せ持つことになり、いいかえると近代化の進んだ大規模の製鉄業が身近にありながら、いまだ小規模の製鉄業と素形材加工業との兼業の重みに苦しむことになっている。このことは以前に述べたように幅広い技術力と大変なコストの負

担、及び、品質上の信頼性の面で問題点の多いシステムであるといわざるを得ない。

鑄物の最大の特長はネットシェープであり、一つの型で同じ形状のものが大量生産出来ることであり、それは又安く作られるということでもある。

しかしこのシステムは、溶湯素材を作るために毎日、毎チャージごとに材料の吟味と配合、計量という作業が現場で行われているということ、しかもいろんな規模の、いろんな体質の鑄物工場ごとに行われているのである。このシステムは素材と素形材という分業による少種多量生産の利点を生かすことなく、むしろ多種少量生産のシステムを余儀なくされている典型であるといえる。コストの限界性と信頼性が問われる最大の原因といえる。

分業化が進み造型という観点から他の材質、即ち銅やアルミ等、いわゆる他の流域業界との継がりが深くなってしまった鑄鉄鑄物業界ではあるが、鉄の業態系の本流へもどり、鋼の素材のように鑄物の素材開発については素材メーカーと協力し合い、更なる強靱な素形材としての鑄物が作れるような素材開発に取り組むべきだと思ふ。壁は厚くひよっとするとベルリンの壁より厚いかも知れないが……。

### 13、鑄鉄の新素形材化(ニューキャストアイアン(NCI)を目ざそう)

鑄物業界には自らをサポートインダストリーであると一歩立場を譲った発想があるが、素材メーカーとともに堂々たる基幹産業であるとの自信と誇りを持つべきだと思ふ。

「金型」及び「ベアリング」とともに工業のキーテクノロジーであることを忘れてはならない。

来るべき二十一世紀は、ニューセラミックスがオールドセラミックスから生まれたように、ヴァイオ・テクノロジーがやはりオールドヴァイオのテクノロジーが基幹となって発展しているように。鑄物もその特長であるネットシェープと多量生産が可能な生産システムを生かして、より経済的で、より高機能化された素形材「ニューキャストアイアン(NCI)」を目ざすべきだと思ふ。

そのためには素材業界との協力関係がどうしても必要であり、素材業界の精錬・製鋼の技術と設備を活用して、この新しい鑄物素形材(NCI)のための素材、即ち今までの銑鉄や鋼屑の主原料としての概念を一新した複合新素材(ニューベイシックアイアン・NBI)を開発することが不可欠なのである。ものづくりの基本は、先ず素材を選ぶのが肝心だからである。

かつて転炉や平炉が発明されるまでの、鑄物の歴史からいえば、たったの一五 年ほど前までは、大砲や橋等の大型の素形材や構造物のほとんどが鑄物であったことを思い起こしてほしい。鑄物が順次鋼に代わっていったのは、高炉から出湯された銑鉄をそのまま主原料としたため、抗張力に難点があったからで、現在には前に述べたように、鋼と同様、炉外精錬により、いかようにも成分調整が可能であるし、鑄物製品では熱処理技術の進歩等によりA・D・Iのように M Paも可能なのである。鑄物のルネッサンス、いかなるものか。鑄物業界が空洞化しないために。そして素材業界の発展のためにも……。キャストロイはそのキーテクノロジーの核となる。

### 14、大型構造材へのロマン

明石海峡大橋の開通を記念して、「大英科学博物館展」が三月二十一日(祝)より五月十七日(日)まで神戸市立博物館で開催された。

一七六七年に発明されたアークライトの紡績機、一八二九年に造られたスチープンソンの蒸気機関車「ロケット号」や一八六九年に造られたベッセマーの転炉(小



規模実験用)等の実物が、初めて英国外へ持ち出されて展示されたのである。

ニュートンの望遠鏡(レプリカ)やワットの回転蒸気機関模型等も胸わくわくであったが、仕事柄興味深かったのは、一七七九年に造られた「アイアンブリッジ」と一八九一年に完成した「フォース鉄道橋」であった。前者は鑄鉄製で、鉄の橋としては世界最初の構造物であり、全長、支間長共三 m で、使用された鑄鉄は四百トンである。

後者は、鋼製で日本人技術者渡辺嘉一がグラスゴー大学に留学ののち、アシスタントエンジニアとしてこのプロジェクトに参画していたことは有名な話である。全長二・五 Km 支間長五二 m、使用された鋼材は五万一千トンである。

丁度、この2つの橋が造られた一年間は、まさに産業革命の真只中、技術者達のロマンとドラマの一世紀ではなかっただろうか。一四世紀にドイツのライン川下流で出現した高炉が、ベルギーのリージュ地方、フランスのロレーヌと西漸し、一五世紀には、イギリスに伝播した。

一五五八年スペインの無敵艦隊を破ったエリザベス一世(一五五八〜一六〇六)率いるイギリス海軍の最大の武器は、この高炉でつくられる銃鉄で鑄造された大砲であった。

イギリスの高炉は、この銃鉄砲の需要をバネに、すごい勢いで発展した。ロンドンに近いウィルルドの森から、セバーン川下流のディーンの森、そして上流へと広がっていった。周囲の森は高炉で使用する木炭をまかなうため、たちまちの内に伐採され、イギリスは深刻な木炭危機に直面、ついにエリザベス一世は、森林伐採禁止令を発令することになる。この国家的危機を救ったのがダッド・ダドレー(一五五九〜一六八四)で、石炭を燃料とする高炉を発明した。しかし反対者達によって高炉はこなごなに壊され、栄光に浴することはなかった。ギリシャ神話のプロメテウスがそうであったように、地動説のガリレオ、身近なところで反射炉のヘンリー・コート、前述の蒸気機関のジェームス・ワット等も当時、既存の利権者や権力者達の手により不遇をかこざるをえなかった。イギリス技術史の消すことのない汚点といえる。ダドレーの死後、数十年たって、ようやくアブラハム・ダービー父子によって、初めて彼の先覚者としての栄光が訪れた。一七〇七年、ダービー一世によるコークスの発明一七三五年ダービー二世によるコークス高炉の成功に繋がっていったのである。セバーン川上流で、バーミンガム西部の峡谷にあるコーブルックデールは、「産業革命のゆりかご」と呼ばれていて、主産業は製鉄でダービー親子孫三代が活躍した土地である。大量の銃鉄や数多くの重要部品が各地へ出荷されていた。製品の輸送は、大部分を船に頼っており、その往來の混雑ぶりは大変なものだった。しかもこの川の渡し船による輸送は天候に左右され費用もかさんだ。

これは、木炭製鉄時代に行われた流域の森林の大規模な伐採の影響で、毎年のように出水をくり返していたからである。木の橋を架けては流され、橋を架けても長持ちせず、ついに鉄の橋の建設が起案された。

製鉄所を営んでいたダービー三世が建設を任せられ、トマス・ファーンホルズ・ブリチャードが設計したのである。勿論、世界で初めての大型構造物としての橋が鑄鉄で建設されたのである。アイアンブリッジの誕生である。

鑄物のニアーネットシエープの加工技術が最高に発揮されている好例で、蟻継とくさびを使って組み立てられており、ボルトは一本も使われていない。現在の橋梁業界や鑄物業界にとって、見直されてもよい技術ではないか。

勿論、このアイアンブリッジは建設から二一年たった今も、橋として立派に現存している。一九三四年以降全ての車両の通行を禁止してはいるが、観光名所となっており世界遺産に登録されたこの地域に残っている。

アイアンブリッジ建設から七一年後の一八五一年には鍊鉄製のブリタニア鉄道橋が建設された。全長五六一 m、最大支間長一四 m である。アイアンブリッジと



直接は比較できないが、使用した錬鉄一万一千トン、リベットの数市七五万本というから大変な手間を要したのである。

七 年前の鑄鉄橋にくらべて、如何に現場施工の効率が悪く、コストが高くついたかがわかる。これは、アイアンブリッジが完成して間もなくの一七八三年にヘンリー・コートがパドル法(反射炉を鑄鉄の精錬用に改良したもの)を發明して、紆余曲折はあったものの鑄鉄を脱炭し、精錬することに成功したことによって可能となったのであるが、当時、このパドル法で得られる鉄塊は、せいぜい三五〇〜三六〇 Kgで板にして七〇〇 mm × 三六〇 mm が限度であったからである。

鑄鉄製の橋で世界最大のものは、一八一九年に完成したロンドンのテムズ河を渡る道路橋、最大支間長七三mのサウザーク橋(一九二一年架替え現存している)である。しかし、このようにイギリスの鑄鉄橋建設の歴史は約一〇〇年続いたのだが、アイアンブリッジ建設から、丁度一〇〇年後の一八七八年に起きたスコットランドのテイ湾の鉄道橋崩壊事故が原因で、その後の新規の鉄道橋に鑄鉄を使うことは禁止されたのである。

それは、もともと鑄鉄は圧縮には強く造形の自由度の高さ、コストの安さ等構造材として、それなりの利点を多く持っていたにもかかわらず、錬鉄や鋼に比べて、引張り強度に難点があったこと、特にベッセマーも苦杯をなめたほどイギリスの鉄鉱石の大部分は燐の含有量が高かったことも原因であったのだが、皮肉にもものすごい勢いで産業革命の発展が、その結果として鉄道による輸送が増え、当初の橋の想定荷重を大幅に超過させることになったためである。高炉への送風の水力依存を開放した一七八二年のワットの蒸気機関の發明が、一八一四年のスチーブンソンの蒸気機関車の發明をうながし、一八五二年の鉄道の出現へと発展したからである。

又、この頃すでに鋼の大量生産も軌道に乗りつつあったことも原因の一つとなっている。偶然にも、テイ湾事故の同じ年一八七八年にトーマスが塩基性転炉を發明、イギリスの燐の多い鉄鉱石からも良質の鋼の製造が可能となっていたのである。この技術は一八五六年のベッセマーの転炉、一八六四年のシーメンス・マルティンの平炉と並んで、近代製鉄の三大發明といわれている。

テイ湾事故より十二年後の一八九一年には、前に述べた五万一千トンの鋼材を使ったフォース鉄道橋が完成している。

このとき以来、橋は鋼一辺倒の時代へと進んでいったのではあるが、鑄鉄の立場から見ると前に述べたように産業革命、なかでも鉄道の急激な発展が皮肉にも鑄鉄構造材の足を引っ張ったことになった。今になって誠に残念に思えてならないのは当時、鑄鉄の材質特性の改良や、設計施工技术の向上等の研究が、鋼に比べて積極的に行われたとは思えず、鑄物の構造材としての利点を生かすことが出来なかったように思えてならない。爾来、高炉は鑄鉄製造及び鑄鉄用の素材供給というより、むしろその主たる使命を鋼への原料供給という立場へ変わっていったのである。このように鉄と構造物の歴史の変遷をふりかえってみると鑄鉄にとつて少し残念な思いもするが未来に大きなロマンが湧いてくる。

最近は一世紀を前にして、都市再開発のコンセプトとして、住工共生が叫ばれており、景観の見直しもその中に組み込まれている。神戸須磨離宮公園では三百年も前から都市と芸術との共存を考えようと、野外での現代彫刻展が開催されている。こうした企画は「彫刻のある街づくり」として全国に波及、最近では街角や公園などで、よく見かけるようになった。一歩進んで、人と人との出会いや、交流の文字通りのかけ橋となっている橋にも是非工夫ほしい。

単なる通行の手段としてだけではなく、水辺の目線からもアーティカルで街の個性が表現でき、憩いの空間となるようなオシャレな橋に、鑄鉄がもつ造形の自由度の高さや、現場施工の容易性や迅速性等が脚光を浴びる可能性がないとはいえない。

小規模橋梁等には、もともと圧縮材としては定評のある鑄鉄だけに、弱点だった引張り強度も向上めざましい現在、鑄鉄業界の技術をもってすれば、素形材だけに甘んじることなく、大型構造材への回帰も夢ではないと思えるのだが・・・。そのために欠かすことができない条件、それはいつに鋼に匹敵する材質・成分・特性等の均一性、安定性による信頼性の確立にほかならない。

## あとがき

この冊子は、日本鑄物工業新聞に平成九年七月三十日より九月二十日まで、六回にわたって連載した「鑄物業界は空洞化しない」を、又、キューボラを考える会、会報No.二十五に掲載した小論文をもとに加筆、修正、編集し直したものです。読者の多くの方々から「是非、本にして出版しては・・・」とお薦めを頂き、分不相応承知の上、装いあらたに「鑄物のエコエティカ」として小冊子にしました。

浅学非才のため、内容について異論も多々あるうかと思いますが、二十一世紀を目前にしての鑄物業界のありようについて、日頃考えてきた事や、研究開発してきたこと、又色々の実験結果等をふまえて、私なりの考え方、思想としてまとめたものです。業界の先輩諸兄や専門家の皆様方のご叱責、並びにご指導頂ければ幸いです。

新聞連載後、全国からたくさんのお電話やお問合せを頂き、新しくお取引の關係を持たせて頂いたり、又おこがましくも講演の機会を持たせて頂いたり、関係者の皆様方には感謝の言葉もあります。紙上ではありますが厚くお礼申し上げます。その後の状況等、取りまとめてあとがきとします。

昨年十二月のCOP 3で日本の二酸化炭素の削減目標は六%と決まった。一九九七年末で既に一%近く増加しているといわれており、この目標達成のためには、現状より十数%も削減しなければならない。素形材年鑑によると、銑鉄鑄物のエネルギー原単位が一九九一年と比較して一九九七年度は約一五%も増加している。二酸化炭素の排出量がエネルギー原単位に比例すると仮定すれば、この目標達成のためには業界として二%強も削減しなければならないことになるのだが……。

従来の延長線上の対応で対処出来るのだろうか。それほど時間があるわけではない。この小論文が少しでも役に立てばと願わざるを得ない。

この論文の根拠は、科学的管理の父といわれているテラーが一九一一年に発表した「科学的労働管理法」が発展した「E（インダストリアル・エンジニアリング）である。本文中で「加炭」や「高温溶解」について論じたのも「E」の視点から大変気に掛かるころであったからである。まだ本文では論じなかったことで、このように「E」的視点から見るとき、少なからず疑問に思えることがあるが次の機会に譲ることにする。

幸いにも私の提言にご賛同頂き、鋼屑、故銑（ダライ粉）、加炭材はいつさい使用せず、キャストロイ（EP銑）と戻り材のみで溶解し、製品も良くなり、操業も楽になり、大変喜んで頂いている工場が多数出現した。身に余る感謝のお言葉を頂き恐縮至極の思いです。その中でも、本文中で紹介したA社の場合は、一カ月の操業で溶解しなければならぬ原材料の量が約二パーセントに相当する百数十トンも少なくて済むことになった。本文中で述べたように稼働時間も大幅に短縮され電力の消費量も大幅に削減されたのである。

これは、戻り材として、くり返しリターンされていたものが製品に置き代わったからにはほかならない。溶湯成分が安定したことにより、溶湯の性状や鋼屑の成分のバラツキによる異常値管理限界値を考慮した今までの方案や工程編成を思いきって変革した結果である。

バラツキ等の異常値や管理限界値を考慮した技術は、ときとして個々には大変意味もあり、重要には違いないが、総合的即ちトータルとしては、必ずしも正しいとはいえないし、経済的に有利ともいえない。なぜならこの場合は、組立てラインに於ける工程編成の場合と同様に、ネットワークとなっている工程によって全ての工程が制約を受けるのと同じだからである。分析的で要素還元的手法だけでは大変危険だということ、総合的・学際的手法を忘れてはならないということである。

即ち、このA社のケースは、「E」でのボトム・ネットワーク対策の典型的な改善例といえる。「角を矯めて牛を殺す」の喩えもある。欠点を直そうとして、全体をだめにしてしまうことの戒めである。肝に銘じておきたいものだ。

又、キャストロイのご縁ですばらしい技術との出会いがあったことについても述べておきたい。雌伏十五年、（株）藤原鑄工所専務の藤原宏司氏が開発した鑄型用塗料「オーガニック」である。彼は、現場の仕事にたづさわりながら、化学の勉強を熱心にして、現場作業職人の立場から開発したものである。

A社の製品の中子に使用したところ中子や砂の焼き付きがいつさいなく、通常のショットだけで、きれいな鑄肌となり、そのまま粉体塗装が可能となった。後処理工程の一つが削減されたのである。焼き付きに起因する不良が激減したのはいうまでもない。

一つの技術の革新が、もう一つの技術の革新を促したり、誘発したり、融合したりして思いもかけない効果をもたらした好例である。

藤原氏は、これをパラダイムの変換だという。変化することこそ現在の閉塞状態を脱却するキーワードだという。私も同感で意気投合した。

初版出版後、全国各地から熱心に技術説明の依頼を受けることになり、お蔭さまで当社の技術陣は東奔西走することになった。横並び思想や、前例、メンツにこだわる癖のある我が国の大方の産業界の中にあつて鑄物業界はなかなかどうして底知れぬ情熱と活力を持って、現状を革新し、未来に向かって前進しようとしておられる方々が沢山おられることがわかった。そして、その方々との出会いやお付き合いが出来つつあることは私にとって大変うれしいことである。

「鑄物業界は空洞化しない」などとえらそうなことを書きましたが、着実に現実味を帯びてきた。手前みそになるが、この冊子を全文コピーして社内回覧していただいている会社のお話を耳にしたり、「ご息に、勉強させたいので送ってほしい」とのお電話を頂いたりしたのは、まさに著者冥利につきる思いでもあります。

なお、このようなコンセプトでの商品開発を推進、「ご尽力頂いた(株)神戸製鋼所専務取締役光武紀芳様、及び関係者の皆様方に厚くお礼申し上げます。又、この冊子出版に当って、序文の原稿をお寄せ頂いた石野亨近畿大学名誉教授、今道友信東京大学名誉教授の「エコエティカ」をご紹介下さり、表題に「エコエティカ」の言葉をお褒めいただいた国際メタテクニカテクノロジー研究センター所長で知的材料構造システム研究開発センター長の佐藤純一元東京大学教授、表紙の題字をお忙しいのに心よくお引受け頂いた榊莫山先生、及びお世話頂いた友人の三浦康生氏、印刷、製本をお引受け頂いた日本鑄物工業新聞社渡辺弘二会長、栗田忠宏社長、又、本稿執筆に当って全面的に協力してくれた当社技術顧問谷口浩平氏、技術開発部長福島章氏、他関係諸氏に感謝申し上げます。最後に、主な参考文献は後に記載しておりますが、本文中の引用等について、文章の構成上個々には明記しなかつたところも多々あることお許しいただきたい。

## 参考文献

- 1、素形材年鑑(財団法人素形材センター)
- 1、鉄鋼年鑑(鉄鋼新聞編)
- 1、銑鉄需給史(社団法人鋼材倶楽部)
- 1、中小企業の経営指標(中小企業庁)
- 1、二十一世紀の日本鉄鋼業(No 1) 5・通産省製鉄課長 林明夫著(ふえむら一九九七、No 4) 8・社団法人日本鉄鋼協会)
- 1、鉄のメルヘン・中沢護人著(アグネ)
- 1、鑄物五千年の足跡・石野亨著(日本鑄物工業新聞社)
- 1、炭の科学とその世界・大谷杉郎著(横川書房)
- 1、鉄の文明・大橋周治(岩波書房)
- 1、エコエティカ・今道友信著(講談社学術文庫)
- 1、環境倫理学のすすめ・加藤尚武著(丸善)



1、水と土と森の収奪・田島よしのぶ著(海鳥社)

1、「大英科学博物館展」カタログ・佐々木勝浩他監修 読売新聞社)

1、鉄の橋から鋼の橋へ・成瀬輝男著(ふえむらVOL13、No1・日本鉄鋼協会)

1、アイアンブリッジの誕生・五十畑弘著(T E K K O H K A I 一九九七・一・日本鉄鋼連盟)他、文献雑誌、新聞等

初版発行 一九九八年五月一日

改訂版発行 一九九八年十二月一日

## 著者経歴



福田勝ふくだまさはる)

一九三八年 奈良県に生まれる

一九六一年 大阪府立大学工学部経営学科(現経営工学科)卒業

同年早川電機工業(株)(現シャープ(株))入社

生産管理・I E 及び商品企画・マーケティング

原価管理等経験

一九七一年 株式会社 福田博商店入社

現在 代表取締役社長

国際メタテクニカテクノロジー研究センター 所長 メタテクニカフォーラム会長

知的材料構造システム研究開発センター長

元東京大学教授・現東京大学人工物工学研究センター 客員研究員

佐藤純一

エコエティカとは、私の師事する哲学者今道友信先生が、現代の科学技術による技術連関の形成を早くも三十年前に見抜き、新しい倫理規範として、その形成の急務たることを訴えたものである。技術、産業にかかわるものはまずこのエコエティカの構築とそれに基づく行為に率先して参画すべきであると思ふ。縁あって、福田勝氏の「鋳物業界は空洞化しない」という論文を拝見し、その意とすることは「エコエティカ」を鋳物業界に具現化しようとした内容であると思ふ、表題に「エコエティカ」をお奨めした次第である。

ご拝読有り難うございました。