

鑄物
工



鑄物業界は空洞化しない

改訂版

福田

勝

エコエティカとは「人間の生息圏の規模で考える倫理」ということで科学技術の連関からなる社会という新しい環境の中で人間の直面するさまざまな問題を含めて、人間の生き方を考え直そうとする新しい哲学の一部門です。

東京大学名誉教授

英知大学教授

哲学国際研究所所長

国際形而上学会会長

エコエティカ国際会議議長

国際美学会終身委員

今道友信著「エコエティカ」(講談社学術文庫)より

鑄物のエコエティカ

—鑄物業界は空洞化しない—
改訂版

福 田 勝

序 文

近畿大学名誉教授

元日本鑄造工学会会長

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、ヒルシエ両博士は「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、「七〇t/hシャフト炉を組込んだ廃車回収装置五基で、年間二〇〇万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、こういっ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)

(5)	マーケティングを忘れた価格決定メカニズム	12
-----	----------------------	----

第二章	鑄物業界の苦悶	17
-----	---------	----

1	このままでは右肩上がりの成長はもはや夢	18
---	---------------------	----

2	鑄物製品価格の頭打ち	19
---	------------	----

3	労働生産性の伸び悩み	20
---	------------	----

4	投資効率の悪化	21
---	---------	----

5	人件費と生産性	23
---	---------	----

6	資源エネルギー多消費産業の典型	24
---	-----------------	----

7	主原料・鋼屑が危機	27
---	-----------	----

8	難しくなった技術開発のあり方	30
---	----------------	----

9	十分でない信頼性	34
---	----------	----

第三章 鋳物業界の課題・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 39

1 大競争時代・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 40

2 木を見て森を見ず・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 41

3 生態系の循環とエネルギーの枯渇・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 44

4 世代間倫理（新たな価値観）の確立・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 47

5 不易流行・科学的な視点を・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 49

6 環境対策と新たな産業倫理の確立・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 51

7 鉄と鋳物と鋼の業態系循環型生産システム・・・・・・・・・・・・・・・・ 58

8 鋼屑の鋳物へのリサイクルは省エネルギーではない・・・・・・・・・・・・ 62

9 鋳物業界の主原料転換は

波及効果を入れるとCO₂排出を半減できる・・・・・・・・・・・・・・・・ 67

10 キャスタロイ（EP鋳）の開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 69

11	鋼屑を鑄物の主原料として使用するのは経済的ではない	76
12	鉄の業態系に戻ろう	86
13	鑄鉄の新素材化ニューキャストアイアン (NCI) を 目ざそう	93
14	大型構造材へのロマン	96
	付 録	108
	あとがき	111
	参考文献	119

はじめに

新たなる産業革命の始まり

十八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、文明を築きあげてきた。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ほ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ぬのは、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、私達の生活基盤をささ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、新たな産業革命の始まりでもある。

第1章

戦後鋳物業界のあゆみ

1 鑄物の主原料の移り変わり

鑄物の主原料は、銑鉄であった。

終戦直後の昭和二〇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鑄物のスクラップであった。昭和三〇年代に入ると、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。昭和四〇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。昭和五〇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%で鑄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ー

鋳物銑の生産並びに供給は常に粗鋼（鋼）との競合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九二万四千トンで、粗鋼は六百九八万八千トンであり、鋳物製品の粗鋼に対する比率は一三%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、鋳物銑のシェアーは三・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

千九百三二万一千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鋳鉄生産量は七千四百一七万四千トン、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、鋳物製品生産は五百三二万九千トンで、粗鋼は一億百三十七万五千トンであり、鋳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) 鋳鋼のアンバランス

戦後の産業復興の中で、鋳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、溶鋳炉の建設ラッシュとなつたのであるが、鋼の需要がそれをも上廻り、需給ギャップはもろに鋳物銑の生産量にしわよせされることとなった。即ち、同期間における鋳物銑の生産量の伸びが四・三倍にとどまったため鋳物業界は鋳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。鋳物業界は安定供給が期待出来なくなった鋳物銑に代わって、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、価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・珪等の成分調整が容易なことから、急速に増え昭和三〇年代では七一基であったのが、昭和四十七年には七二六基と昭和四〇年代に入ってから八年間で実に一〇倍にも普及した。

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、鋼屑一〇〇%でも目標成分が得られるまでになった。

(3) 新しい鋳物材質の開発

鋳物の材質面での進歩も大きなウェイトを占めている。

鋳物は重くて、脆いという通説があった。鋳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。ミーンハナイトの鋼屑を主原料として高温溶解による強靱鋳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鋳鉄も大幅に伸び、鋳鉄製品中に占める割合が四〇%にもなった。

その結果、新鉄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) 鋳鉄の限界

鋳鉄の入手難や誘導炉の普及、キュポラの操炉技術の進歩、鋳物の材質の開発だけが新鉄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

鉄鉍石やコークスの品質に大きく左右されていた。そのため強靱鑄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。ダクタイル鑄鉄にとっても、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。

溶鉍炉から出銑と同時に型銑として生産される鑄物銑は、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、銑鉄に比べ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、銑鉄メー

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一〇、〇〇〇円アップの三〇、〇〇〇円/トンが建値となった。当時製鋼銑が鑄物銑より一、〇〇〇円程度しか安くなかったのは、如何に製鋼原料としての銑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の月給が六、〇〇〇円だったことを思うと、工業用材料としての銑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、五〇〇円、市中価格が四三、五〇〇円と高騰したものの、昭和三十六年に鑄物銑の安定供給を目的として、「銑鉄需給委員会」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、〇〇〇円の最安値となるが、昭和四十九年の狂乱物価の影響を受けるまでの間は、好・不況で若干の変動があったものの、一五、〇〇〇～三〇、〇〇〇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って、そもそも「銑鉄需給委員会」は銑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。新銑配合率が昭和三十六年には四〇・五％であったのが、昭和四十七年には二九・六％と三〇％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、銑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、五〇〇円の建値が五二、五〇〇円と実に 一三、〇〇〇円、七八％もアップしたのである。そのため新銑配合率の低下はとどまること

を知らず、前述の如く昭和六十一年にはとうとう一三・五%にまで低下した。

鋳物の主原料が銑鉄から鋼屑に完全に置き換わったことにより、鋳物銑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

昭和四十八年に六百二五万一千トンと第一次のピークを記録した鑄物の生産量は平成二年には史上最高の六百四四万三千トンと記録を更新した。しかし平成七年には五百三二万九千トンと一七%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一〇%に拡大したのであるが、三〇%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 鋳物製品価格の頭打ち

昭和四十一年当時の鋳物製品価格は普通鋳鉄で七万三千円であった。昭和四十八年頃より一〇万円台に乗せ急上昇、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、ユーザーから

の二ケ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三〇・七トンであったのが平成二年には一三一・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二千四百六四万五千円と一〇・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た週四〇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五〇年代に入ってからである。これは鋳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、鋳造工場の合理化が急速に進んだからにはほかならない。その大半の二五三億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二百四八万九千円であるのと比べると、鋳物業界はまさに装置産業化したといえる。かつて鋳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一〇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。平成七年には三七万三千円で、三〇年の間に九・六倍に上昇したのである。一人当たりの生産金額が一〇・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・五％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。関西電力の高压乙の一般料金で見ると、昭和四〇年代前半の基本料金がKW当たり三九〇円だったのが、平成七年では一、七八〇円と四・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一二・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原価シミュ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。製造原価が二・七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八〇・八億トンから、二〇〇一年には一一七・九億トン、約一・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二十一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一〇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、昭和六十一年では三四二ㇵであったのが平成七年では四五七ㇵとなり、三四%も原単位をあげた。その七〇%強は電力である。

素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ISO一四〇〇〇が施行され、L・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

かつて誘導炉が普及しはじめた頃、主原料の鋼屑は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%で鋳物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

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きている。これらメッキ鋼板の加工屑も铸件用に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八千七五万五千トンであった。平成六年では七千七百一二万トンで5%の減少となっている。

鑄物に最適な加工屑の対象となる冷延薄板は一千一百九万八千トンから八百六万一千トンに二八%減少し、熱延薄板は一千八九万五千トンから七百三二万四千トンに三三%減少、厚中板は一千四六万六千トンから七百六七万四千トンに二七%減と、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、鑄物用鋼屑の発生減に拍車を掛けることになる。又、亜鉛メッキ鋼板は五百八八万三千トンから一千一百三〇万四千トンに九二%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一千四百九万三千トンと二七%増加した。鋼材の特殊鋼化はどんどん進み、鑄物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

30 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る。

鉄鋼業界の環境保全に関する自主行動計画の中にある鉄鋼材料のスーパーマタル化や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、鋳物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鋳物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鋳物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となってきたことや、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鋳物工場は、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うまでもない。

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。キュポ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、現在では鋼屑一〇〇%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八%で一、四一〇℃の出湯温度が得られているのに、炭素比を二倍の一六%に増加しても一五〇〇℃の出湯温度しか得られない。炭素比八%の増加でたった九〇℃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ずつと二・四〇〜四・四〇%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。冷風キュポラでは、大きさ、能力による差はあるもののコークスの熱効率は二〇〜三〇%であったのが、熱交換器の装備により三〇〜四〇%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、エコーサム熱交換器設置の成果としてコークス比一〇・五%、熱風温度六〇〇±三〇℃で一、五二〇±一〇℃の出湯温度が得られ、コークスの熱効率は四二・九七%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っている。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、日本鋳造工学会でも、鋳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っているように思えてならない。装置が大型化し、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ではないだろうか。木を見て森を見ずの嫌いがあるか。他の素形材では考えられないほど重装備の溶湯製造プロセスになってしまっているように思う。

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。

自動車鋳物の中に鋳物の将来を予測する示唆がある。

平成七年の自動車鋳物の生産量は二百五三万一千トンで銑鉄鋳物全体に占める割合が五六・一%もあり、鋳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鋳鉄で、自動車鋳物全体の三三%を占めている。昭和五十年当時は一五%程度にすぎなかったのだから、この二〇年間で比率にして二倍以上に球状黒鉛鋳鉄化が進んだことになる。これは近年、球状黒鉛鋳鉄の材質面での進歩が著しく、鍛造品やプレス品に代わって、高強度部品に使われ始めたからである。それは又、鋳物の特徴であるネットシェープや中空構造が容易なこと、又、鋼より比重が一〇%も軽いこと等から、経済性だけでなく軽量化素材材として評価され、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鋳鉄

で造られるようになった。

ADIと称せられる球状黒鉛鑄鉄は引張り強度が一〇〇〇MPaオーダーの鑄鉄である。齒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、需要家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のお鋼屑が使え、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。

良質の自家発生のお鋼屑を持たず、主原料を外部調達に頼らざるを得ない鑄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形材であるといえる。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。成熟か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

鋳物業界の現状の問題については、前章で述べたとおりであるが、ここで簡単に整理しておこう。

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、及び三区対策等。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

脱亜鉛溶解装置の開発等、又、キュポラでのエネルギー効率が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。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あろう。

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、まさに「川を見て山を見ず」だ。

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描かれていない。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、即ち本来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。これは埋蔵量が多いが、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には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ぬ。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(CO₂)排出削減に継がることはいうまでもない。

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』加藤尚武著・丸善株）

5 不易流行・科学的視点を

企業も生きた人間の集合体であり、又一つの歴とした法人格でもある。従って、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う。自然科学の法則から逸脱しない方がよい。それが本当の経済活動の「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るのではないか。「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ぬ。時代にそぐわなくなりつつある「技術」や工業製品

の素形材にもかかわらず伝統的な「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、鋳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%加炭しようとすれば六四KWHになり、溶解所要電力のおおよそ一〇%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一五〇〇℃近辺でのコークスの熱効率は一・四〜四%と極端に悪い。高炉の発明により生まれ

た「鋳鉄」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

円高の進行と共に鋳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つた。業界の一部には鋳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つた。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。

途上国からの調達の目的は、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、至極当然のこのように考えられているのだが、これから迎える二十一世紀の鋳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、鋳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よいとはいえない途上国の鋳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、我が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、隣の屋敷に掃き捨てる如き行為といえはいすぎであろうか。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い

く、環境という側面と、しかもそれが地球的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的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いい、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五〇〜九〇%が消失し、沿岸部の施設の機能を維持するためには一二兆円にもものぼる対策費が必要という。洪水・干ばつ・飢餓・及びマラリアやデング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。

周知のとおり二〇〇八年から二〇一二年の間に一九九〇年レベルより日本六％、米国七％、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。

先進国間はもとより、我が国の中でもNGOを含めて通産省と環境庁の激しい論争はいまだ耳新しい。

一九九七年末で既に一九九〇年比一〇％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決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一四〇〇〇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。鋳物業界は昭和六十一年から平成七年までの一〇年間のエネルギー原単位は三四%も増加しており、幸か不幸か現在もなおエネルギー効率の大変悪い生産システムを採ってい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て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五〇%も二酸化炭素の削減が可能なのである。

鋳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駆け、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、不特定多数的倫理観、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考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眞の科学技術の意味を問い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、モーターレーゼイションと排気ガス、又 通信技術の進歩は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、いやおうな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、銀の四十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、我が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、これからの鋳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二十一世紀は「メタボリズム（循環代謝型）文明」の時代になるだろうからである。

7 鉄と鋳物と鋼の業態系循環型生産システム

図1は現状の鉄と鋳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、ほとんど一〇〇%近く回収され再生産（リ・プロダクション）されている。我が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。鋳物業界も自家発生 of 銑屑（戻り銑）約二〇〇万トンと市中の故銑と鋼屑四〇〇万トンをリサイクルし、一〇〇万トンの銑鉄と一八万トンの加炭材で約五〇〇万トンの鋳物を生産している。

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五千二百五〇万トン（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、鋳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、鋳物の主原料を「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仮定したときのフローで、鉄

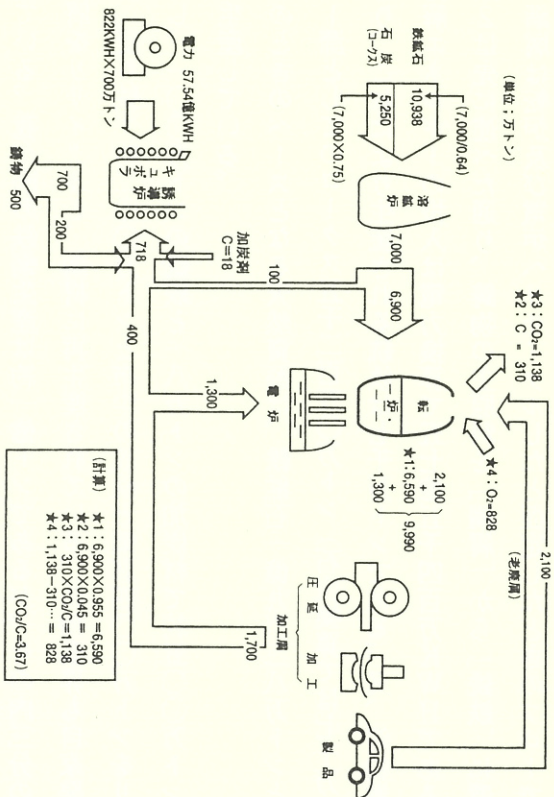
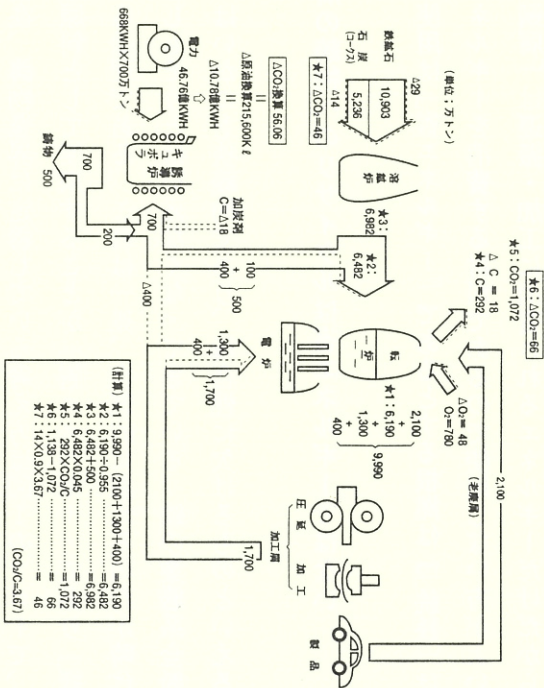


図1 現在の鉄と鋳物と鋼の生産システム

図2 未来の鉄と鋳物と鋼の業態系循環型生産システム



と铸件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、铸件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」であるとする論理である。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 鋼屑の铸件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たとき、又、間もなく導入されるISO一四〇〇〇の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三百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。

我が国の鋼の需要は図1によると九千九百九〇万トンで、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していない。残りの六千五百九十万トンは高炉で製造された銑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銑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、現在鑄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、鋼の需要九千九百九〇万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六千九十万トンの溶鋼で済むことになり、高炉での銑鉄生産は六千四百八十二万トンでよいことになる。即ち銑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銑鉄四百十八万トンの差十八万トンは転炉で脱炭さ

れCO₂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銑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。銑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。結果として我が国の銑鉄生産は六千九百八二万トンとなり、銑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、三八〇万Kカロリーで、鋼屑一〇〇%の電気炉による場合が一二〇万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、我が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銑鉄に頼っている現状では鋼屑を铸件にリサイクルしたからといって銑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。

铸件には、この論理は当てはまらないのである。铸件業界としては、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。更に銑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%、一〇億七千八百万KWHの節電となる。これは通常稼働の発電所五〇万KWH一基分に相当する。

9 鋳物業界の主原料転換は波及効果を入れるとCO₂

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わってくる。図2によると鋳物の溶解工程で電力換算一〇億七千八百万KWHの低減はCO₂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CO₂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うが大筋において大きな差異はないと思う。

溶銑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

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。

これは我が国の九年度のCO₂総排出量二億六千万トンに対し〇・一三%に相当し、産業部門五億トンに対しては〇・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での我が国の削減目標の達成に政府や産業界全体が大変苦慮している中において、鋳物業界は楽々と九〇年レベル以下に削減することが出来る。

最近の環境白書でもなかなか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CO₂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 キャスタロイ（EP鋳）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鋳物用鋳鉄では成立しない。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、現在の鋳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 鋼屑に加工する必要もない出来るだけ再溶解だけで済む最終鋳物製品の成分に近い鋳物用鋳鉄の存在がこの業態系循環成立の条件となる。

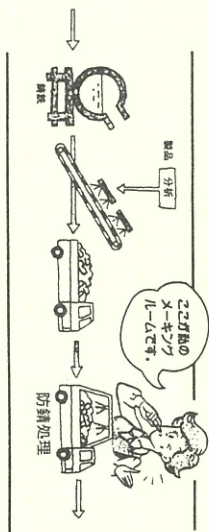
このような仮説の上に立って、又このようなコンセプトから開発されたのがキャスタロイ（EP銑）である。キャスタロイは従来の銑鉄とは異なり、次のような大きな特長がある。

その一つは、従来の銑鉄製造の工程とは全く異なり、製鋼の溶銑予備処理（炉外精錬）技術と設備を活用、図3のIの工程で脱燐・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、信頼性向上に継り、更には高機能素材材への大きなロマンを抱かせてくれる。

二つ目は、鋳物の主要三元素、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。

三つ目の特長は図3のⅢの工程で防錆処理が成されていることである（特許第二〇九〇四五四号）。それは二〇〜三〇ミクロンのマグネタイト皮膜（ Fe_3O_4 ）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。これは従来の銑鉄の概念ではなく、製造工程も異なる全く新しい鋳物用複合新素材なのである。



↑
III

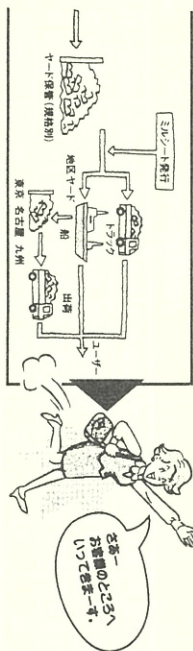


図3 キャスタロイの製造工程

成分規格

規格名	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	
F3-EP	≥ 3.70	0.8~1.2	≤ 0.15	≤ 0.025	≤ 0.025	≤ 0.030	≤ 0.015	ダクタイル用
F3-EPX	≥ 3.70	0.8~1.2	≤ 0.15	≤ 0.025	≤ 0.025	≤ 0.030	≤ 0.015	
F1-EP	3.50~3.80	1.6~2.0	0.3~0.6	≤ 0.025	≤ 0.030	≤ 0.030	≤ 0.015	普通鑄鉄用

EP..... E : Eutectic (共晶の)

P : Pigiron (銑鉄)

EPX防錆処理銑

成分値例(%)

規格名	C	Si	Mn	P	S	Cr
F3-EP	4.02	1.00	0.04	0.016	0.018	0.024
F1-EP	3.64	1.83	0.44	0.011	0.020	0.024

表 1 キヤスタロイの種類

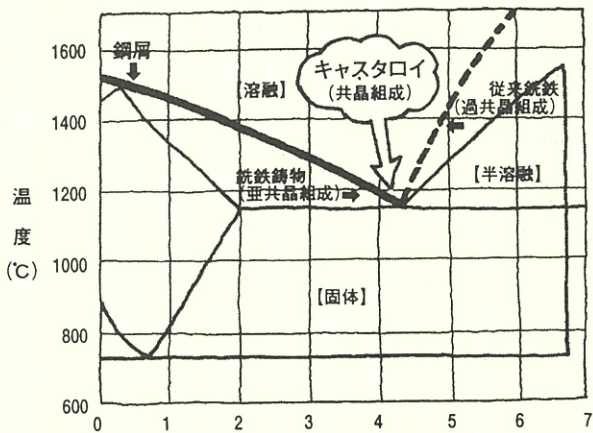
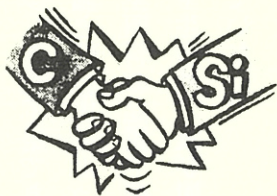


図4 鉄-炭素系平衡状態イメージ図

11 鋼屑を鑄物の主原料として使用するのは経済的ではない

いぜんとして鑄物業界や学会では「鋼屑の方が銑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。銑鉄、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られていない。

図5・6に示すようにキャスト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一〇〇％

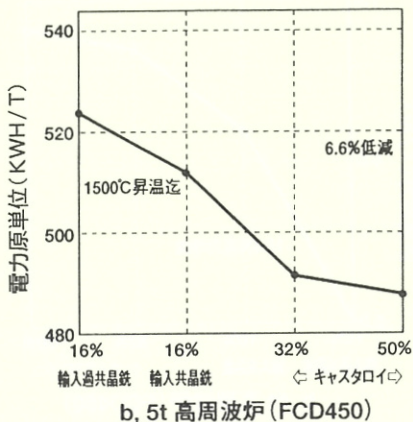
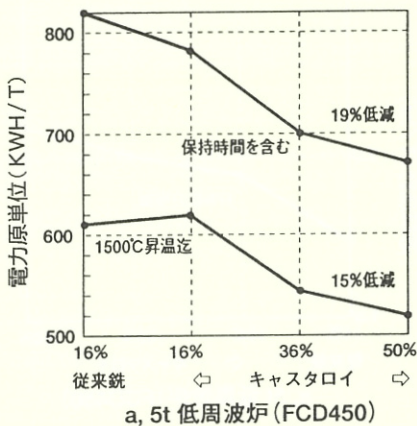


図5 キャスタロイ配合率と電力原単位

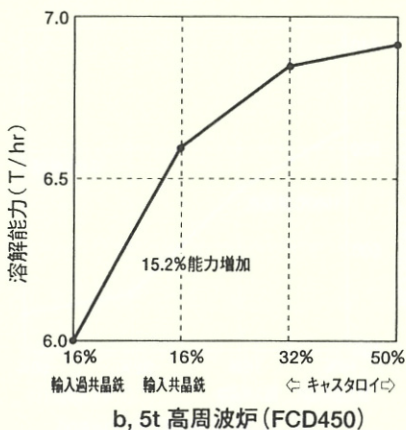
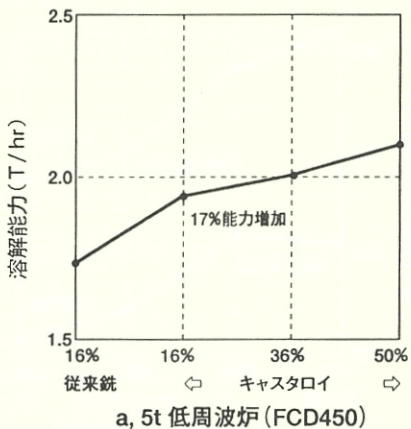


図6 キャスタロイ配合率と溶解能力

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。二トンの冷風キュポ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%でも一五〇〇℃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

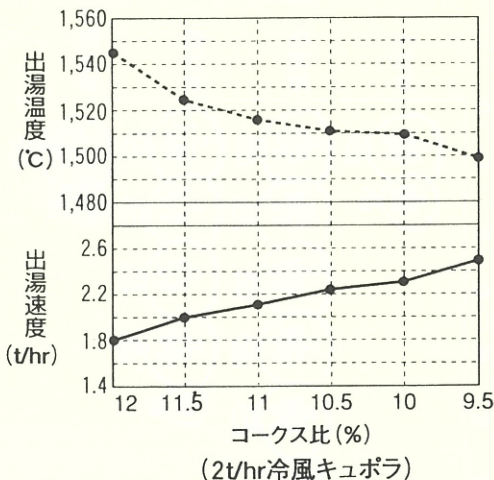


図7 低C鉄のコークス比と出湯温度、出湯速度の関係

原価構成の変化

25年前とのコスト変化

25年前比2.7倍

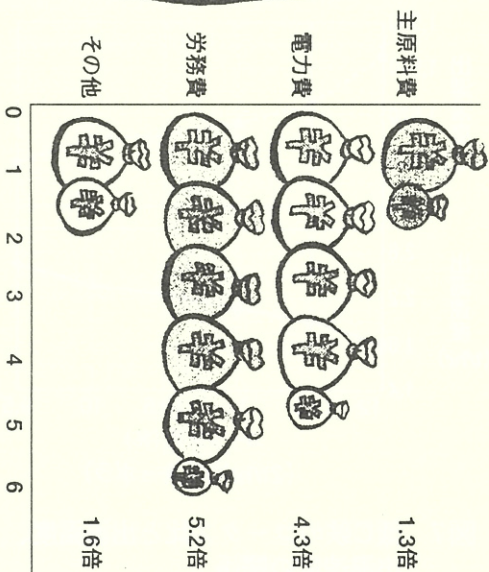
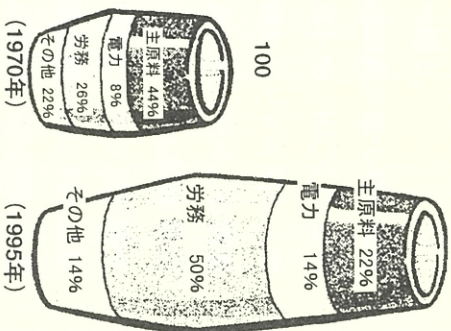


図8 鋳物製品コストの25年前との比較

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わ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継がる。一〇%程度と見られている加炭材の歩留りロスは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。

鋼屑をキャスト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ト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。キャストロイの配合増は「伸び」をよくし「引け」を減少させる。その結果、不良率も二・〇%から一・一%に減少し、方案歩留りは一挙に二〇%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。

製品五五〇トン生産するのに、従来は八六六トン溶解しなければならな

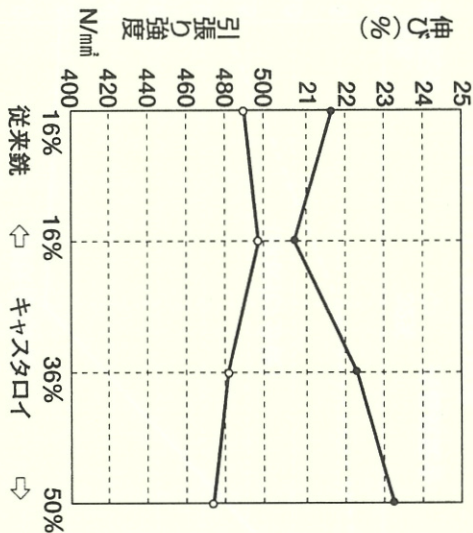


図9 キヤスタロイ配合率と製品の引張り強度

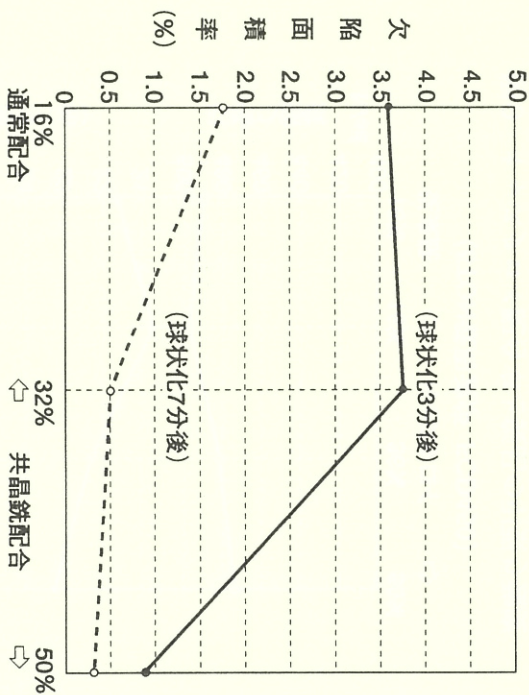


図 10 引け巣調査結果

かったのが、七四三トンで済むことになり、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四〇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。

原価計算シュミ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トロイの配合を増やしたので二、〇九〇円高くなっているが、溶解電力費は二、二七二円安く、球状化費も一、〇三一円安く、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、九〇七円安くなっている。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、〇〇〇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。

「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。铸件も鋼（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溯る。

世界の四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。

我が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てもよいのではないかと思う。幸いにして、モンズーン地域であった

こと、及び江戸幕府の強力な行政指導が、我が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三三〇〇年頃のメソポタミアの鉄剣であった。紀元前二〇〇〇年頃には既に製鉄が行われていたという。

鋳鉄鋳物は紀元前六世紀になって、中国で製造されたのが最初であろうとされている。青銅鋳物に遅れること二五〇〇年である。鋳物の歴史は五〇〇〇年といわれているが、それは青銅鋳物の歴史であって、鋳鉄鋳物は二五〇〇年と見る方が原点にもどりやすい。鋳鉄鋳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たからである。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、武具だけでなく、機械装置の機能部品、即ちいま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、韌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、即ち鉄の流域から見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、鍊鉄や海綿鉄から鋼を製造していた可鍛鉄

の分野は高炉が発明され、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闘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・マルテイン、ベッセマー、トーマス等によるものであるが、戦後LD転炉法の発明によって、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、鋳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 鋳物業界は、銑鉄が出来たことによって、容易に鋳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二五〇〇年も先輩という歴史を持つ青銅鋳物に

関心が深くなりすぎ、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。目標成分に合わせて、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鉍石の産地やコークスの質によって成分が異なり、鋳物の材質としては、銑鉄の成分に制約されることになった。「鋳物は重くて脆い」という悪評の最大の原因の一つである。

産業革命以降、産業の発展と共に鋳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鋳物の素材開発には目が向けられなかった。

鋳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鋳物を作るといふ、かつての錬鉄に加炭して鋳物を作っていた技術に依存することになった。誘導炉の発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鋳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といふことは、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うた鋳鉄鋳物業界ではあるが、鉄の業態系の本流へもどり、鋼の素材のように鋳物の素材開発については素材メーカーと協力し合い、更なる強靱な素材材としての鋳物が作れるような素材開発に取り組むべきだと思う。壁は厚くひょっとするとベルリンの壁より厚いかも知れないが……。

13 鋳鉄の新素材材化ニューキャストアイアン（NCI）を目ざそう

鋳物業界には自らをサポートティング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う。

「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

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、鋳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う。

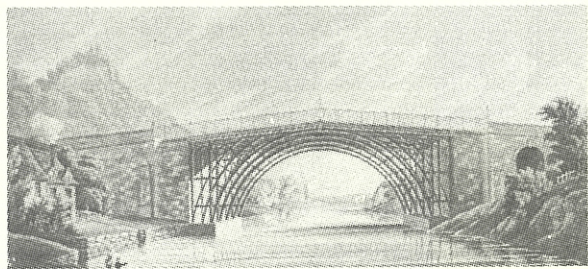
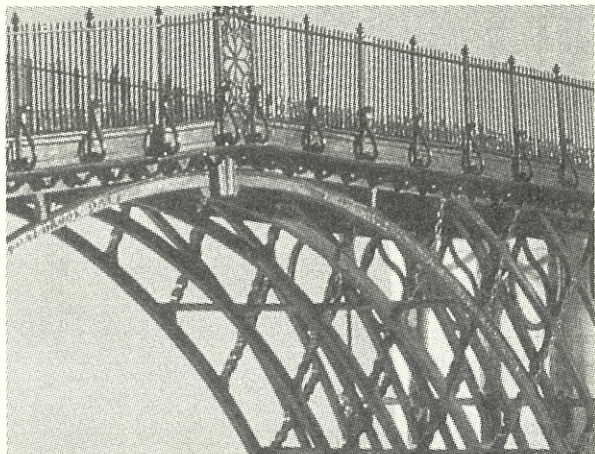
そのためには素材業界との協力関係がどうしても必要であり、素材業界の精錬・製鋼の技術と設備を活用して、この新しい鋳物素形材（NCI）のための素材、即ち今までの銑鉄や鋼屑の主原料としての概念を一新した複合新素材（ニューベイシックアイアン・NBI）を開発することが不可欠なのである。ものづくりの基本は、先ず素材を選ぶことが肝心だからである。

かって転炉や平炉が発明されるまでの、鋳物の歴史からいえば、たったの一五〇年ほど前までは、大砲や橋等の大型の素形材や構造物のほとんどが鋳物であったことを思い起こしてほしい。鋳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、鋳物製品では熱処理技術の進歩等によりA・D・Iのように一〇〇〇MPaも可能なのである。鋳物のルネサンス、いかななものか。鋳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ろう。

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（土）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ブンスンの蒸気機関車「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。

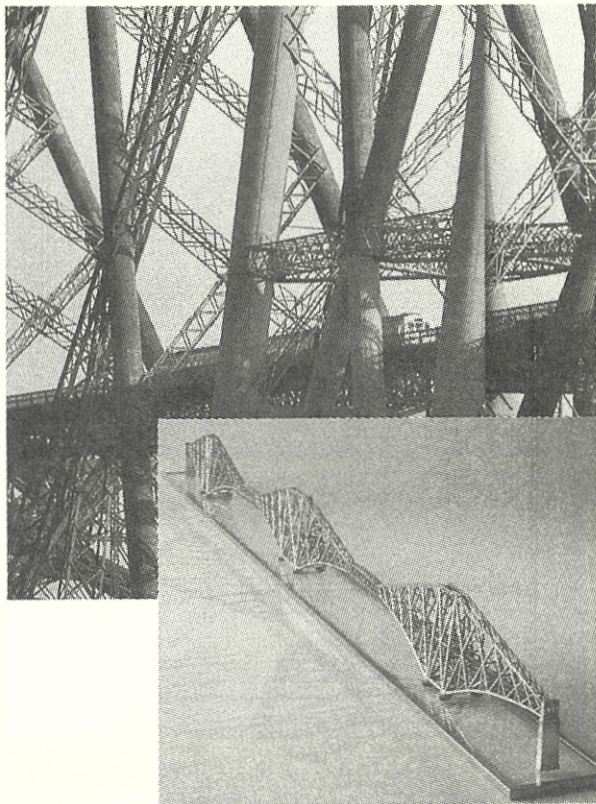
ニュートンの望遠鏡（レプリカ）やワットの回転蒸気機関（模型）等も胸わくわくであったが、仕事柄興味深かったのは、一七七九年に造られた「アイアンブリッジ」と一八九〇年に完成した「フォース鉄道橋」であった。前者は鑄鉄製で、鉄の橋としては世界最初の構造物であり、全長、支間長



アイアンブリッジ 1779

上段：模型の一部(大英博物館展)

下段：1832年制作の図版(")



フォース鉄道橋 1890

上段：鉄道橋の一部(インプレッション1994・12)

下段：模型(大英博物館展)

共三〇mで、使用された鋳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氏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・一m、使用された鋼材は五万一千トンである。

丁度、この二つの橋が造られた一〇〇〇年間は、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。十四世紀にドイツのライン川下流で出現した高炉が、ベルギーのリュージュ地方、フランスのロレーヌと西漸し、十五世紀には、イギリスに伝播した。

一五八八年スペインの無敵艦隊を破ったエリザベス一世（一五五八～一六〇三）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鉄で鋳造された大砲であった。

イギリスの高炉は、この鑄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ールドの森から、セバーン川下流のディーンの森、そして上流へと拡がっていった。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（一五九九〜一六八四）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わざるをえなかった。イギリス技術史の消すこととの出来ない汚点といえる。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継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ルブルックデールは、「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。大量の銑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。

製鉄所を経営していたダービー三世が建設を任され、トマス・ファーン

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。

鑄物のニアネットシェ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二二〇年たった今も、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七〇年後の一八五〇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、最大支間長一四〇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、リベットの数一七五万本というから大変な手間を要したのである。

七〇年前の鑄鉄橋にくらべて、如何に現場施工の効率が悪く、コストが高かついたかがわかる。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（反射炉を銑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銑鉄を脱炭し、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、鍊鉄や鋼に比べて、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発明が、一八一四年のスチーブンソンの蒸気機関車の発明をうながし、一八二五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、ティ湾事故の同年一八七八年にトーマスが塩基性転炉を発明、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、近代製鉄の三大発明といわれている。

ティ湾事故より十二年後の一八九〇年には、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、鋳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鋳鉄製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、鋳鉄の材質特性の改良や、設計施工技

術の向上等の研究が、鋼に比べて積極的に行われたとは思えず、鑄物の構造物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っ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。

最近は二十一世紀を前にして、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三〇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、文字通り、交流のかけ橋となっている橋

にも是非一工夫ほしい。

単なる通行の手段としてだけでなく、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、鋳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鋳鉄だけに、弱点だった引張り強度も向上めざましい現在、鋳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はかならない。

付 録

銑鉄鋳物業界と鉄鋼業界の生産量、生産金額の推移

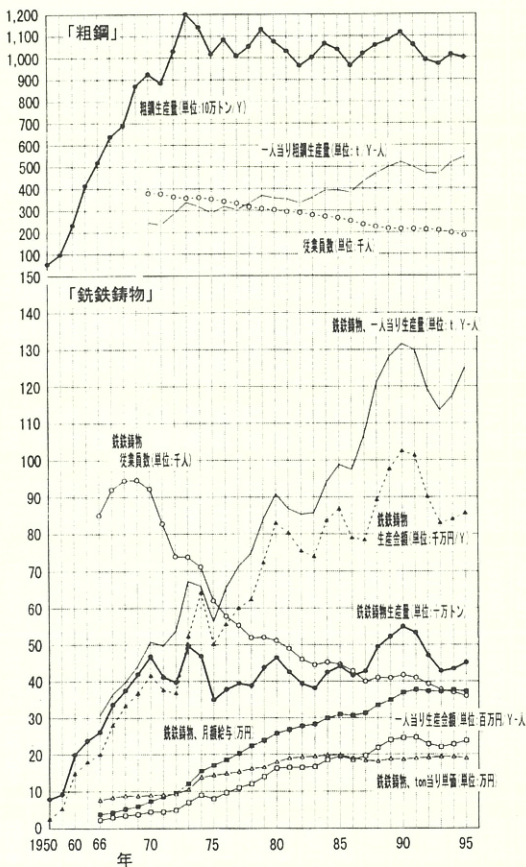
(素材年鑑より)

(鉄鋼年鑑より)

西暦	銑鉄鋳物業界 (銑鉄管を除く)						鉄鋼業界			
	従業員数 (人)	生産量 (K ton)	生産金額 (百万円)	月額給与 (円)	生一人当り 産量 (t/Y-人)	生一人当り 産金額 (千円/Y-人)	単 t o n 当 り 価 り (円)	従業員数 (人)	粗鋼生産量 (K ton)	粗鋼生 産当り 産量
'50 S25		792	25,946						5,297	
'55 S30		924	53,445						9,790	
'60 S35		1,988	147,336						23,161	
'65 S40		2,369	179,331						41,296	
'66 S41	85,012	2,606	199,510	38,338	30.65	2,347	76,558		51,897	
'67 S42	91,958	3,355	279,475	43,845	36.48	3,039	83,301		63,776	
'68 S43	94,481	3,752	332,391	52,327	39.71	3,518	88,590		68,987	
'69 S44	94,590	4,192	366,746	59,516	44.32	3,877	87,487		87,026	
'70 S45	92,152	4,671	415,706	73,516	50.69	4,511	88,997		92,406	244.1
'71 S46	82,689	4,106	375,913	85,598	49.66	4,546	91,552		88,440	235.1
'72 S47	73,942	3,969	367,461	95,279	53.68	4,970	92,583		102,971	283.9
'73 S48	73,760	4,956	521,580	120,393	67.19	7,071	105,242		356,226	336.9

'74 S49	71,111	4,683	641,125	153,966	65.85	9,016	136,905	358,868	114,034	317.8
'75 S50	61,960	3,491	500,521	169,875	56.34	8,078	143,375	352,251	101,613	288.5
'76 S51	57,745	3,784	555,564	184,716	65.53	9,621	146,819	340,892	108,326	317.8
'77 S52	55,285	3,940	599,725	202,317	71.27	10,848	152,214	332,516	100,646	302.7
'78 S53	51,884	3,875	622,141	223,418	74.69	11,991	160,553	315,612	105,059	332.9
'79 S54	52,000	4,369	722,565	237,723	84.02	13,895	165,385	307,499	113,010	367.5
'80 S55	51,060	4,637	828,925	257,436	90.81	16,234	178,763	301,846	107,385	355.8
'81 S56	48,910	4,247	802,057	266,495	86.83	16,399	188,853	293,874	103,028	350.6
'82 S57	46,032	3,926	753,698	276,737	85.29	16,373	191,976	289,629	96,298	332.5
'83 S58	44,457	3,808	738,497	281,718	85.66	16,611	193,933	279,386	100,200	358.6
'84 S59	45,209	4,248	835,519	299,608	93.96	18,481	196,685	272,016	106,470	391.4
'85 S60	44,582	4,406	866,956	309,439	98.83	19,446	196,767	264,620	103,757	392.1
'86 S61	42,752	4,162	789,756	305,491	97.35	18,473	189,754	252,320	96,378	382.0
'87 S62	40,027	4,278	784,417	313,314	106.88	19,597	183,361	235,951	101,877	431.8
'88 S63	40,986	4,943	892,286	334,729	120.60	21,771	180,515	224,762	105,656	470.1
'89 H1	40,894	5,218	975,863	349,344	127.60	23,863	187,019	217,220	108,138	497.8
'90 H2	41,728	5,495	1,025,695	369,819	131.69	24,580	186,660	214,281	111,709	521.3
'91 H3	41,067	5,335	1,012,129	377,220	129.91	24,646	189,715	212,953	105,653	497.1
'92 H4	39,389	4,700	901,965	373,189	119.32	22,899	191,907	210,991	98,936	468.9
'93 H5	37,722	4,294	830,558	372,389	113.57	22,018	193,874	208,014	97,094	466.8
'94 H6	37,002	4,342	840,877	376,108	117.35	22,725	193,661	195,634	101,374	518.2
'95 H7	36,051	4,513	856,390	372,908	125.18	23,755	189,761	183,885	100,022	543.9

銑鉄鋳物業界と鉄鋼業界の生産量、生産金額の推移



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、キュポラを考える会、『会報』No.二十五、No.二十六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……」とのお薦めを頂き、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會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せん。紙上ではあります。紙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一〇%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、現状より一〇%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一九九〇年に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

二〇%強も削減しなければならぬことになるのだが……。

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お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ー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IE（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IE的視点から大変気に掛かると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IE的視点から見たとき、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（ドライ粉）、加炭材はいっさい使用せず、キャスタロイ（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二〇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、改善した結果である。

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、ネックとなっている工程によって全ての工程が右へならえの制約を受ける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、I・Eでのボトム・ネッ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、「キャスタロイ」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述べておきたい。

雌伏十五年、(株)藤原鋳工所専務藤原宏司氏開発の鋳型用塗料「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

にされて、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っさいなく、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。

一つの技術の変革が、もう一つの技術の変革を促したり、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国の大方の産業界の

中であって、鋳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、現状を変革し、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。

「鋳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、ご子息に「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せん。

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、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。

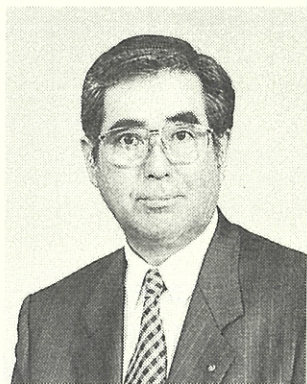
又、この冊子出版に当って、序文の原稿をお寄せ頂いた石野亨近畿大学名誉教授、今道友信東京大学名誉教授の「エコエティカ」をご紹介下さり、表題に「エコエティカ」の言葉をお奨めいただいた国際メタテクニカテクノロジー研究センター所長で知的材料構造システム研究開発センター長の佐藤純一元東京大学教授、表紙の題字をお忙しいのに心よくお引受け頂いた榊莫山先生、及びお世話頂いた友人の三浦康生氏、編集、印刷をお引受け頂いた日本鋳物工業新聞社渡辺弘二会長、栗田忠宏社長、又、本執筆に当たって全面的に協力してくれた当社技術顧問谷口浩平氏、技術開発部長福島章氏、他関係諸氏に感謝申しあげます。最後に、主な参考文献は後に記載しておりますが、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ただきたい。

参考文献

- 一、素形材年鑑（財団法人素形材センター）
- 一、鉄鋼年鑑（鉄鋼新聞社編）
- 一、銑鉄需給史（社団法人鋼材倶楽部）
- 一、中小企業の経営指標（中小企業庁編）
- 一、21世紀の日本鉄鋼業 No. 1～5・通産省製鉄課長林明夫著
（ふえらむ一九九七、No. 4～8・社団法人日本鉄鋼協会）
- 一、鉄のメルヘン・中沢護人著（アグネ）
- 一、鑄物五千年の足跡・石野亨著（日本鑄物工業新聞社）
- 一、炭の科学とその世界・大谷杉郎著（横川書房）
- 一、鉄の文明・大橋周治著（岩波書店）

- 一、エコエティカ・今道友信著（講談社学術文庫）
- 一、環境倫理学のすすめ・加藤尚武著（丸善）
- 一、水と土と森の収奪・田島よしのぶ著（海鳥社）
- 一、「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）
- 一、鉄の橋から鋼の橋へ・成瀬輝男著
（ふえらむVOL.13、No.1・日本鉄鋼協会）
- 一、アイアンブリッジの誕生・五十畑弘著
（TEKKOHKAI 一九九七・一〇・日本鉄鋼連盟）

他、文献雑誌、新聞等



福田 勝（ふくだ まさる）

- 1938年 奈良県に生れる
- 1961年 大阪府立大学工学部工業経営学科
（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・IE 及び商品企画・マーケティング
原価管理等経験
- 1970年 株式会社 福田博商店入社
現在 代表取締役社長

鑄物のエコエティカ

1998年 5月1日 発行
1998年12月1日 改訂版発行
2002年 4月1日 改訂版発行

著 者 福 田 勝
発行者 粟 田 忠 宏
発行所 日本鑄物工業新聞社
大阪市北区管原町2-3
Tel. 06-6363-3766

印刷所 株式会社昭和プリント
製本所 ミヤケ紙工所

題字 榊 莫 山

(非売品)

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く行為に率先して参画すべきであると信ずる。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、その意とするところは「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い、表題に「エコエティカ」をお奨めした次第である。

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



株式会社
福田博商店

〒660-0085 尼崎市元浜町5-10-2
TEL 06-6416-5331 FAX 06-6419-7668