



特集記事・7 鉄鋼業におけるリサイクルの最前線
新しい循環型システムの構築-4

鉄鋼業における循環型社会形成のための技術経営戦略

Strategy of Technology Management for Recycling based Society in Steel Industry

東京大学 大学院工学系研究科
マテリアル工学専攻 助手

醍醐市朗* Ichiro Daigo

東京大学 大学院工学系研究科
マテリアル工学専攻 教授

足立芳寛 Yoshihiro Adachi

京都大学 大学院
エネルギー科学研究科 教授

石原慶一 Keiichi N. Ishihara

1 はじめに

日本においては、廃棄物処分場の枯渇や多くの資源を輸入に頼っているという実情から循環型社会への移行が2001年に発表され、循環型社会形成のための法律が整備されてきた。

鉄鋼業は、さらに、産業廃棄物のリサイクルのため、再生品の市場の拡大、他産業からの材(廃プラなど)の受け入れ等、産業間連携を推進することを自主行動計画として掲げており、循環型社会の構築に貢献しようとしている¹⁾。また、これに加えてエネルギー供給や廃棄物処理、さらに全体としてのCO₂削減などが、鉄鋼業として果たすべき循環型社会形成への貢献として挙げられる。これらの貢献のために鉄鋼業が経済的にみて今後取り組むべき事業として、産業連関分析からエネルギーと環境関連分野が望ましいことが報告されている²⁾。

省エネルギー技術については、日本の鉄鋼業は石油ショック以来積極的に取り組み、いまや世界のトップレベルにあるといっても過言ではない。しかし、これらはもちろん独自の新しい技術によるものもあるが、CDQ(コークス炉乾式消火設備)に代表されるように従来の技術を積極的に導入したところによるところが大きい。これは省エネルギーがコスト削減に結びつくため新たな経営戦略を必要とせず、経費削減の延長上として捉えられたため、取り組みが順調に進んだと考えられる。しかし、現在、鉄鋼業が挑戦している循環型社会への貢献は、これまでの経営戦略においてはいずれもマイナス要素でしかなく新たな戦略が必要になる。そこで最近流行っている技術経営戦略の手法を取り入れ、これらの問題を考えてみたい。

2 技術経営とは

技術開発が現在の利便性の高い社会を創造し、20世紀に

おいては、急激に技術が社会の中で重要な役割を占めるようになってきた。そして近年では、企業経営にとって科学技術は、科学者や技術者にまかせておくには、あまりに影響が大きくなりすぎた。このような社会において、特に業界の世界のトップランナーにある企業においては、従来の経営の要素とされてきた「人・物・金」(IT化にともない「人・物・金・情報」とも言われている)だけでは、経営のビジョンを描くことはできず、技術経営はこのような必然性の中から生じてきた。しかし、問題は技術の定量的な取り扱い方が確立されていないことにある。

技術経営論の中には4つの分野が内包されている³⁾。

①技術展開論・予測論

プロダクト・ライフサイクル、イノベーション・ライフサイクル、標準化、自社のコア・テクノロジーなどの現状を分析し、将来に展開していく論理

②技術戦略論

技術展開論・予測論によって示された外部環境の趨勢ならびに自社のポジショニングから、戦略を導く論理

③研究開発組織論

研究開発をより効果的・効率的に推進するための組織を組成する論理

④研究開発要因の人事管理論

研究者の創造性を向上させ、動機づけを明確に知るための論理

①技術展開論・予測論においては、その技術の置かれている状況を把握しなければならない。例えば、その技術の科学的限界から、どの程度の技術的成熟度であるのかを定量化することも一つの方法である。これまでに、さまざまな予測手法が開発されてきているが、現在のところ、全てを代表するような技法は開発されていないのが現状である。また、②技術戦略論においては、自社の技術の置かれている状況を把握しなければならない。これは技術の内部蓄積と外部利用との

*京都大学 大学院エネルギー科学研究科

バランスをどう図るかが問題となるために必要となる。基盤とする技術も1つしかなく、一意に性能指数のみにより比較評価できる技術であれば、自社技術と他社技術を比較することは容易であろうが、多くの場合、定量的に比較評価することは困難である。

このように、技術経営における手法の多くは定性的にならざるを得ず、定量的に評価されるのは市場に関わる部分が多いのが現状である。つまり、技術はそれぞれに違った特性をもっているため、全てに適用できるような評価手法の確立は困難であると考えられる。しかしながら、特性や外部環境の違う研究開発のテーマそれぞれについて、投資計画や運用管理が必要となってくる。よって、当該技術をよくわかった技術者が、過去の技術開発の経緯についての分析などから、その技術を客観的に評価できる手法を構築することができるかどうか、技術戦略においては重要となってくる。そこに、技術者あるいは経営者が技術経営を学ぶ必要性がある。最後に、③、④に組織論や人事管理論があるのは、企業経営においては、技術そのものでなく、それをマネジメントする能力にかかっていることを示唆している。

3 循環型社会に貢献できる技術経営

技術経営の中心は、これまで研究開発に携わっていた技術者が、技術に対して客観的に如何に評価できるかである。現在の産業連関表からRAS法²⁾により推定された2010年の投入係数行列と、アンケート等から推計される2010年の最終需要から得られた2010年における産業構造⁴⁾を元に、実質生産額の年平均伸び率を各産業において見てみる(図1参照)。鉄鋼業が殆ど0であるのは自動車と建設という大きな需要先がプラスとマイナスで打ち消しあっているからと考えられる。一方、電力・ガス・熱供給や上水道・廃棄物処理は成長が見込まれる。これらの2010年における産出額の構成比を比べるとそれぞれ1.6%(鉄鋼)、2.0%(電力など)、

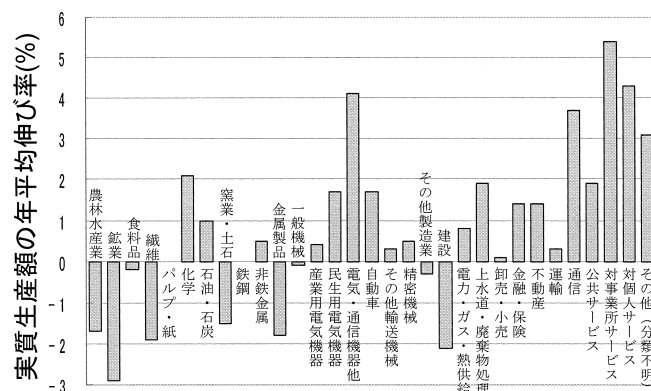


図1 各産業の実質生産額の年平均伸び率
((社)日本経済団体連合会資料⁴⁾から著者ら作成)

0.5%(廃棄物処理)であり経済規模も大きい。すなわち、鉄鋼業自体の産出額の拡大はあまり見込めず、規模として鉄鋼業に匹敵する産業の中で需要増が見込まれ、かつ鉄鋼業が今後循環型社会形成に貢献できそうな産業は、エネルギー関連、廃棄物処理である。したがって、これら分野に進出するための各種技術について、できるだけ定量的に評価を行い、技術経営戦略として掲げられるかどうかについて論じる。

3.1 廃プラスチック高炉原料化技術

廃プラスチックの利用については、高炉メーカーがここ数年間取り組み、ほぼ技術的に可能になり、一部稼働し始めている。しかし、各高炉メーカーの公表している資料には、廃プラスチックの利用がCO₂削減と廃棄物処理に貢献し地球環境問題に寄与していることは書かれているが、技術経営として捕らえたとき、どのように客観的に評価しているのか不明である。すなわち、プラスチック高炉原料化の再商品化コストは、原料ベースで20円～50円/kg(産業廃棄物)程度、60円～80円/kg(一般廃棄物)程度と推定されている⁵⁾。一方、微粉炭に関しては5円/kg程度の費用で済むと推算される。この大きな価格差を如何に克服するかが問題である。現状では、この再商品化コストを工場や自治体などの委託元が処理委託料金として負担している。なお、日本容器包装リサイクル協会の統計値によると、一般廃棄物の委託料金の平均値は83円/kgである⁶⁾。

ここでCO₂排出量から見ると、廃プラスチック1tにより微粉炭を代替することにより、同量の廃プラスチックを単純焼却したときに比べて3.7kgのCO₂削減となる。ここで、CO₂削減効果1tあたりの再商品化によるコストアップを試算すると、約4,000円～20,000円となり、現在開発されているCO₂固定化技術によって固定化するのに必要な金額、約3,000円～8,000円と、安価なところではほぼ同じ金額となる。また、固定化技術と比較したときの最も大きな違いは、新たな投資が不要な分、初期投資が割安な点にある。さらに、現実的で大規模なCO₂削減効果が見込まれること、また、技術として安定してきていることも優位である。従って、産業廃棄物に関しては、将来規模を拡大するなど経費を節減すれば、収益も期待できる。もちろん、CO₂の固定化価格や、排出権取引が本格導入されれば、取引価格などの外部要因を慎重に見極める必要がある。

3.2 エネルギー供給技術

各産業における消費エネルギー量と廃熱量をみると、鉄鋼業は、消費エネルギー量が電力産業に次いで多く、廃熱量が電力、化学に次いで第3位となっていることがわかる(図2参照)。これから、廃熱利用によるエネルギー供給に関して

のポテンシャルはあることがわかる。鉄鋼業の排熱構成は、200℃までの比較的回収のしにくい低温ガス排熱が50%弱と大きな割合を占めていると同時に350℃までの回収利用しやすい高温排熱もかなりあり、500℃以上の固体排熱がかなりあると言われている⁷⁾。

過去には、これら廃熱のうち150℃程度の蒸気のもつエネルギーを、化学蓄熱を用いて蓄熱し、民生業務部門に輸送し空調熱源として冷温熱を供給するシステムの技術的検討もなされている⁸⁾。LCAによるこの技術の環境影響評価に寄れば、都市部の半径5km圏内の病院・ホテル・大型小売店の空調・給湯への熱需要を半分代替できる熱搬送。輸送システムを導入したとして、年間5,400t- CO_2 の削減効果があることがわかっている⁹⁾。なお、この評価は、蓄熱材、熱回収装置、熱需要側装置の製造、蓄熱材の輸送などが考慮されており、熱密度が1,100 kJ/kgと高性能な蓄熱材の採用が前提となっている⁹⁾。このケーススタディにおいて事業性は考えられていないものの、この50%弱を占める低温排熱を蓄熱し、運搬することができれば事業として成立する可能性がある。したがって、低温廃熱回収技術や蓄熱材料の開発、また蓄熱材料の供給システム構築など、新しい技術開発に対して投資をすることを技術経営戦略としても考えることができる。

3.3 廃棄物処理技術

鉄鋼業の廃棄物削減については、鉄鋼連盟の目標もあり鉄鋼界全体で推進しつつある。これに関しては、従来からの取り組みもありエコセメントを始め副産物の製品化など成功を収めている。しかし、さらなる削減となると鉄鋼業のみの取り組みでは困難となる。それを克服するためには、鉄鋼環境技術の将来展望検討特別委員会から提案されているエコ・コンビナートの推進を進めるべきである¹²⁾。そこでは単に副生成物を排出するのではなく他産業において有用な資材となるよう調整を図る必要がある。これらの技術開発は将来重要となり、経済的に成り立てば一石二鳥の効果が期待できる。

さらに、廃棄物処理に関してはここ数年、高温技術を生か

した溶融炉など需要が見込める。現在の廃棄物削減を第一とする観点からは、この技術は優位であると評価されている。しかしながら、今後、循環型社会構築という観点が重要視されるため、さらに進んだ処理技術の開発が望まれる。その際、不純物の除去技術やスラグを利用した分離技術など鉄鋼業が持っている多くの技術が今後役に立つ可能性がある。

鉄鋼大手メーカーが取り組み成功しつつある技術としてガス化溶融炉が挙げられる。これは従来の焼却炉から比べると飛躍的に高温で廃棄物を処理するためダイオキシンの発生はなく、また、焼却灰も溶融してガラス状の物質として回収出来るというメリットがある。ただし、ある程度のゴミの量を定常的に確保する必要があること、焼却炉が高炉や転炉と違い腐食性ガスによる厳しい環境下にあるため維持費が高いなどという問題点がある。

一方、臭素などのハロゲン系元素を含む不燃性廃プラスチックの高温ガス化溶融炉を用いたケミカル・サーマルリサイクル技術が提案されている¹⁰⁾。この技術はハロゲン系元素を含むプラスチックの焼却で課題となるダイオキシンを発生せず、かつ、臭素を再生資源として回収できるシステムとなっている。LCAを用いた環境影響評価によると、臭素の回収による、ヴァージン材製造にかかる環境負荷の回避分や発電、メタル類の回収による効果を含め、1tの臭素1%含有廃プラを処理するにあたり、約1,240 kg- CO_2 の排出量と算出される。埋立処理と比較すると、当該技術のほうが CO_2 を比較的多く排出しているが、ゼロ・エミッション技術であるため、最終処分量の減量には大きく貢献できる。また、家電リサイクル法の施行により臭素を約2%含む家電4品目由来の廃プラの一括排出などの制度的追い風も受け、本技術を用いた廃プラスチック処理事業の事業性も見込まれている。事業性を評価するにあたり、キャッシュフロー分析を基礎とした内部回収率(IRR)を指標として評価した。IRRとは、投資を行う際に、将来の予想される収益(キャッシュフローベース)の正味現在価値(Net Present Value)の総和が現在の投資額と等しくなるような利率のことであり、数値の大きい方

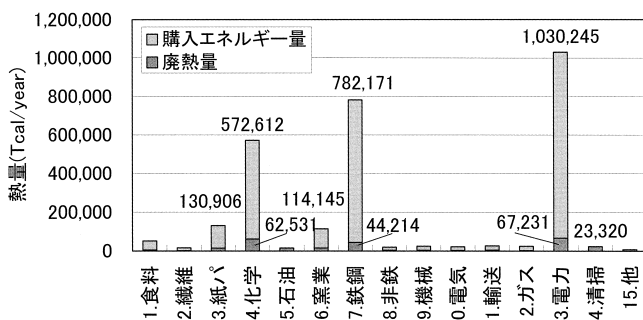


図2 各産業の購入エネルギー量と廃熱量
(省エネルギーセンタ資料⁷⁾から著者ら作成)

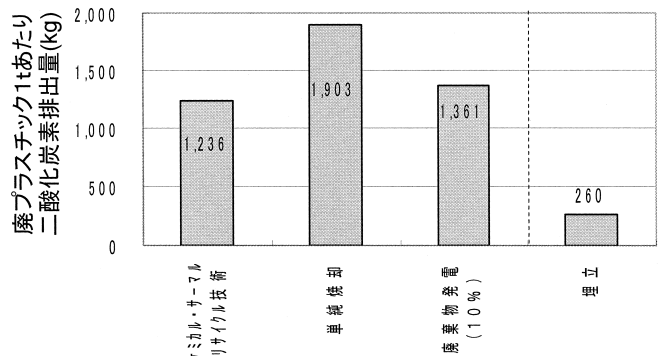


図3 各種廃プラスチック処理法における二酸化炭素排出量比較¹⁰⁾

が事業性に優れていることを表す指標である。通常、3%を下回ると事業性がないと言われる。ここで、図4にIRRと廃プラスチック1tあたりの処理委託費用の相関を示している。処理費用が3.5万円/t程度であれば、採算性が取れることがわかる。また、電力の買取単価も大きく寄与しており、kWhあたり6.0円であれば、3万円/t程度でも採算性が見込めることがわかる。

今後の技術開発にあたっては、廃棄物の収集距離や収集量、ならびに質までも考慮した最適化設計が必要である、これらを勘案した処理方式ならびに規模に決定する必要がある。ここでは、その一つの例として、臭素を含むプラスチックを評価した。

4 技術投資

近年、欧州の先進的な企業において企業の社会的責任(CSR: Corporate Social Responsibility)が定着しつつあり、投資家の環境意識の高まりにともない環境面での社会的責任投資(SRI: Social Responsibility Investment)が広がると予想される¹¹⁾。日本においても、数年前からエコ・ファンドやグリーン・ファンドと言われる環境優良企業を対象とした投資信託商品が登場している。環境面での社会的責任投資に積極的であれば、少なくとも投資家の目からは、「将来的に起こるかもしれない環境リスクを未然に防いでいる」、「現時点で十分な環境対応ができるだけの余力がある」などの正の評価が下されることとなる。

実際、運用開始時の利回りの悪さに、当初ほど話題にのぼらなくなっている感はあるが、今後のSRIの世界的広がりが予想されている。しかしながら、経営状態の評価基準に関するノウハウは各投資機関が持ち合わせているが、環境経営の指標は各社模索しているところである。鉄鋼業としては、鉄鋼業が環境経営において先進的であり、他産業と比較しても優位であることを示す指標を社会に提案すべきである。

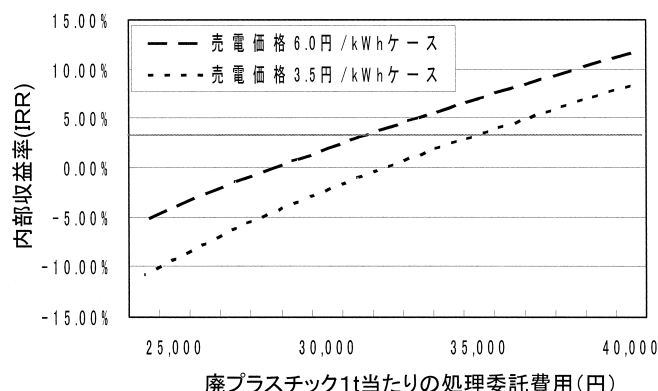


図4 廃プラ処理委託料の変動による内部収益率 (IRR) ¹⁰⁾

5 おわりに

本稿においては、技術経営という観点から循環型社会に貢献できる鉄鋼業の技術について考察してみた。今後、この種の新しい技術導入のための参考になれば幸甚である。

参考文献

- 1) 産業構造審議会廃棄物処理リサイクルガイドライン(業種別編): http://www.meti.go.jp/policy/closed_loop/3Rpamph/gyoshuguide.pdf, アクセス日 2003年9月16日
- 2) 石原慶一, 新宮秀夫, ふえらむ, 8, (2003) 2, 67-71.
- 3) 藤末健三: 技術経営入門, 生産性出版, (1999), 24-25.
- 4) (社)日本経済団体連合会ホームページ: <http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2003/035/sankou.html>, アクセス日 2003年8月30日
- 5) 三菱総合研究所, 第1回「即効的・革新的エネルギー環境技術研究開発/可燃ごみ再資源化燃料化技術開発」(事後評価) 分科会 資料7・1, (2002), 5.
- 6) (社)日本容器包装リサイクル協会ホームページ: <http://www.jcpra.or.jp/03kyokai/data.html#rakusatsu>, アクセス日 2003年8月30日
- 7) 省エネルギーセンター: 工場群の排熱実態調査研究要約集, <http://www.eccj.or.jp/wasteheat/index.html>, アクセス日 2003年8月30日
- 8) エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発「高性能蓄熱材料による熱搬送・利用システムの研究開発」平成13年度成果報告書, (財)エネルギー総合技術研究所, 三菱化学エンジニアリング(株), (株)神戸製鋼所, (2002)
- 9) 角広行, 醍醐市朗, 松野泰也, 足立芳寛: 日本鉄鋼協会第145回春季講演大会, PS-9, (2003)
- 10) 平成13年度地域申請コンソーシアム研究開発事業「電気・電子、自動車等使用済みプラスチックのゼロエミッションケミカルリサイクル技術の開発」成果報告書, (社)プラスチック処理促進協会, (2003), 118.
- 11) 谷本寛治, 足達英一郎, 海野みづえ, 河口真理子, 久住剛, 後藤敏彦, 佐久間京子, 鈴木政史, 萩原美穂, 速水禎, 葺嶋真里, 由良聡: SRI 社会的責任投資入門, 日本経済新聞社, (2003), 1-14.
- 12) 鉄鋼環境技術の将来展望検討特別委員会: ふえらむ, 8 (2003) 9, 658.

(2003年9月17日受付)