

特別講演

□第157回春季講演大会学術功績賞受賞記念特別講演
(2009年3月30日)

鉄鋼技術開発と循環型社会

Sustainable Material Management for R&D in Steel Industry

足立芳寛

Yoshihiro Adachi

東京大学 大学院工学系研究科
マテリアル工学専攻 教授



*脚注に略歴

1 気候変動問題と資源問題

2008年は、気候変動枠組条約に基づいた京都議定書の第一約束期間となっている。2012年の5年間の約束期間の終了に向けて、日本では1990年比6%の温室効果ガスの削減目標を達成すべく、さまざまな取り組みが行われてきているが、2007年度の速報値では、8.7%の増加となっている。そのため、今後さらなる排出削減の取り組みが喫緊の課題となっている。また、2012年の第一約束期間終了後の世界的な気候変動問題への枠組みも、ポスト京都議定書として現在議論が続いているところであり、中長期の視点においても、重要な時期に差し掛かっている。

2 鉄鋼業における地球温暖化対策

わが国の鉄鋼業は、1970年代の2度の石油危機を契機とし、それ以降、連続鋳造設備やCDQ等の大型排エネルギー回収設備を導入してきた。これらにより、既に1990年代はじめごろには、石油危機前に比べエネルギー消費量を約20%減らすことに成功した。これ以降も、多数の小規模排エネルギー回収設備の導入や、設備更新にあわせたエネルギー効率化、さらには廃プラスチック等のリサイクルなどを通じて、省エネルギーの取り組みが続けられている。現在、鉄鋼業では、地球温暖化対策に関する自主行動計画において、このような現状の上でさらに、2010年度の鉄鋼生産工程におけるエネルギー消費量を、粗鋼生産量1億トンを前提として、基準年の1990年度に対し、10%削減することとしている。1970年代からの取り組みとエネルギー消費量の関係を、2010年の目標値とともに図1に示す¹⁾。

日本の鉄鋼業を世界各国の状況と比較すると、エネルギー消費原単位(高炉・転炉法)は、図2に示すように、上記の

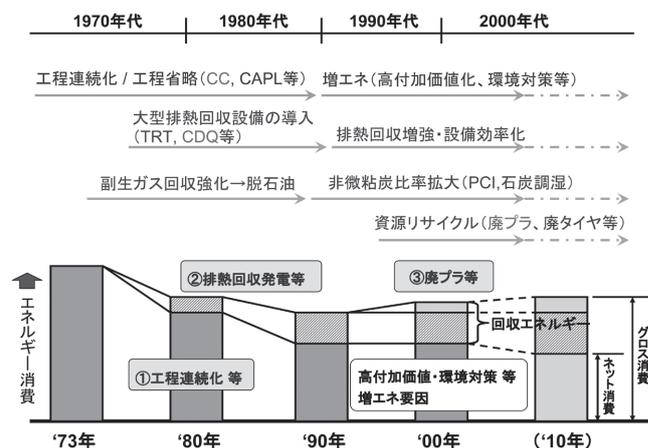


図1 1970年代からの鉄鋼生産工程における省エネの取り組みとエネルギー消費量の関係ならびに2010年の目標値¹⁾

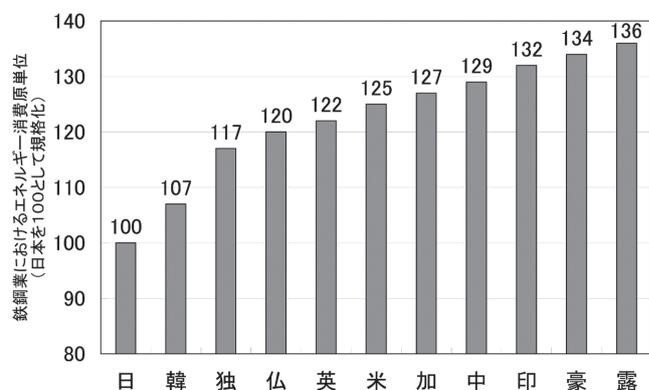


図2 各国の鉄鋼業におけるエネルギー消費原単位の国際比較²⁾

* 昭和43年に京大工学部金属加工学科を卒業後、通商産業省に入省し、基礎産業局製鉄課長などを経て、平成8年に工業技術院技術審議官(技術開発担当)となった。10年に東大工学部客員教授となり、研究とともに人材育成にも努めている。

ような努力の結果、世界で最も低くなっている²⁾。これは、日本の鉄鋼業の有する省エネ技術が、世界において進んでいることの証左でもある。一方、世界の粗鋼生産量は、中国の生産が5億トンに達したこともあり、近年著しく増加し、2008年には13億トンを突破している。世界的問題である地球温暖化問題に対し、日本が有する省エネ技術や温暖化防止対策技術を他国へ展開することは、非常に有益であると考えられる。京都議定書においては、国ごとに排出量が規定されているため、省エネ実施のための他国への技術や資金の協力について、CDM(クリーン開発メカニズム)とJI(共同実施)が京都メカニズムとして整備されている。実際、日本の鉄鋼各社は、表1に示すような国連に登録されたCDMプロジェクトを既に実施している。第一約束期間の契約分は、クレジットとして実施者が得られるものであり、削減量として計上できる。

先述の2010年での削減目標やCDMの取り組みは、鉄鋼業における自主行動計画に記されている。1996年、産業部門における温室効果ガスの排出削減に向けて、日本経済団体連合会が、主だった29の業種(現在では36)の参加を得て、環境自主行動計画を作成した。鉄鋼業については日本鉄鋼連盟が自主行動計画を作成した。その内容は以下のとおりである²⁾。

①鉄鋼生産工程における省エネルギーへの取り組み

- ・粗鋼生産量1億トンを前提として、2010年度の鉄鋼生産工程におけるエネルギー消費量を、基準年の1990年度に対し、10%削減
- ・ただし、粗鋼生産が1億トンを上回る状況においても京都メカニズムの活用等も含め目標達成に最大限努力
- ・上記目標は、2008～2012年度の5年間の平均値として達成

※なお、エネルギー消費量の10%削減に見合うCO₂排出量は9%削減として設定

②社会における省エネルギーへの貢献

- ・集荷システムの確立を前提に、廃プラスチック等を100万トン活用

- ・製品・副産物による社会での省エネルギー貢献
- ・国際技術協力による省エネルギー貢献
- ・未利用エネルギーの近隣地域での活用
- ・民生・業務・運輸における取り組みの強化

③革新的技術開発への取り組み

- ・高炉ガスからのCO₂分離回収技術
- ・コークス炉ガス改質水素による鉄鉱石の還元技術

3 製品の製造段階以外のライフステージにおける省エネルギーへの貢献

前章においては、主に自主行動計画の①に相当する部分について記した。本章では、②に示されている「製品・副産物による社会での省エネルギー貢献」について検討したい。製品による社会での省エネルギー貢献とは、例えば、自動車用鋼板が高機能化され、使用先の自動車の重量が軽量化され、その自動車の使用段階において燃費が向上するような場合である。また、副産物による社会での省エネルギー貢献とは、例えば、高炉スラグのセメントでの利用であり、これにより一般のセメント(ポルトランドセメント)の製造にかかる原料焼成過程で発生するCO₂を削減するような場合である。

このような鋼材や副産物の使用による省エネルギーは、それらのライフサイクルにおける製造以外のライフステージにおける削減効果と言える。これと同じような例で、家電における省エネ化がある。現在、(社)日本電機工業会では、省エネ家電を他国へ導入することにより、導入による省エネによって削減されたCO₂排出量をクレジットとして計上するCDMプロジェクトを提案している³⁾。詳細なプロジェクトのスキームを図3に示した。この取り組みは、製品CDMと呼ばれ、新しいCDMの形として注目されている。この製品CDMは、省エネ製品の製造者に対し、使用段階の省エネ効果を配分していると見ることができよう。また、CDMやJIのような技術や資金の提供の対価としてのクレジットの取り

表1 鉄鋼各社のCDMプロジェクト一覧²⁾

プロジェクト実施者	実施国	プロジェクト名	クレジット期間	第一約束期間の契約量
新日本製鉄(株) 三菱商事(株)	中国	山東東岳HFC23破壊プロジェクト	2007年から7年間	1,000万トンCO ₂ *
新日本製鉄(株)	中国	遷安コークス工場における廃熱回収システムの導入	2006年から10年間	105万トンCO ₂
JFEスチール(株)	フィリピン	シンター冷却装置の廃熱を利用した発電プロジェクト	2008年から10年間	27.5万トンCO ₂

*新日本製鉄(株)の契約分だけを示している。

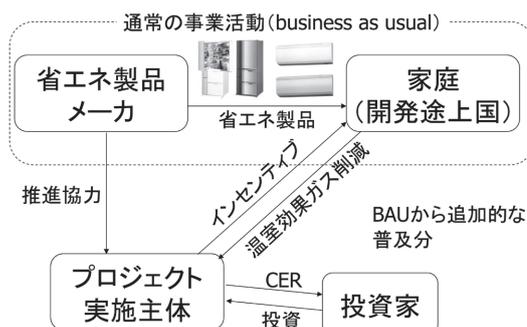


図3 製品CDMのスキーム³⁾

引きを国内で行うような制度も検討されている⁴⁾。これは国内クレジット制度と呼ばれ、図4にスキームを示すように、大企業等が持つ技術や資金を中小企業に提供し、中小企業で達成されたCO₂排出削減効果をクレジットとして大企業等に配分する仕組みである。このように、現在ではさまざまな形で温暖化対策技術の未整備な場所への技術移転に伴う省エネ効果をクレジットとして配分するための新しいスキームが整備されつつある。このクレジットとしての評価は、省エネ技術の技術開発にとっては有益なことであり、ライフサイクルを通じた省エネを考慮した上流側での技術開発の促進が期待できる。

4 コンビナートCDM

鉄鋼業に話を戻すと、鉄鋼材における省エネに資する高機能化素材の提供による省エネ効果は、現在のところ使用先における省エネ計上しかされておらず、クレジットして評価されていない。それどころか、その高機能化のために鉄鋼生産工程において消費する原料やエネルギーが増加することがある。このような素材におけるエコ技術の導入の前後で、CO₂排出量を鉄鋼材のライフサイクルでのライフステージ別に比較すると、一般に図5のようになるものと考えられる。そこで、本稿では「コンビナートCDM」というコンセプトを提案

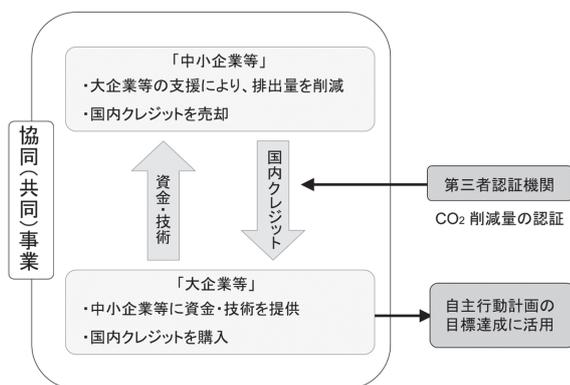


図4 国内クレジット制度のスキーム⁴⁾

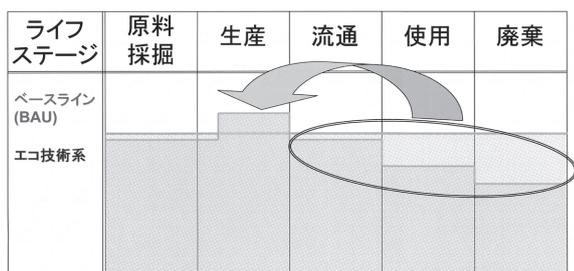


図5 ライフサイクルCO₂の上流側へのアロケーション

する。先に記した製品CDMや国内クレジット制度のように、国内であっても製造以外のライフステージにおける省エネ効果を、製造者へクレジットとして配分する仕組みである。図5に概念として示している。

高機能鋼材が社会全体へもたらす省エネルギー効果について、2001年度に「LCAエネルギー評価調査委員会」が設置され、表2に示す6品種の鉄鋼製品について、LCA的視点から評価・分析を実施し、以降毎年フォローされている²⁾。当委員会による評価では、2007年度の高機能化鋼材の使用段階におけるCO₂削減効果は、図6に示すように評価対象とした6用途の447万トンの鋼材生産分だけで812万トンCO₂となる。これは、日本全体のCO₂排出量の0.6%にも達する。また、2001年度の調査によれば、将来における削減ポテンシャルは更に大きいとされている(図7)。同調査の結果のうち高機能

表2 鉄鋼材の使用段階でのCO₂削減効果を評価した対象²⁾

鉄鋼製品	使用段階でのCO ₂ 削減効果
自動車用鋼板	車体の軽量化による燃費向上
船舶用厚板	船体の軽量化による燃費向上
ボイラ用鋼管	発電効率の向上
ビル用H形鋼	高強度化に伴う鋼材使用量の削減
電車用ステンレス鋼	車両の軽量化による走行時のエネルギー消費削減
トランス用電磁鋼板	変圧器の電気ロス削減等によるエネルギー消費低減

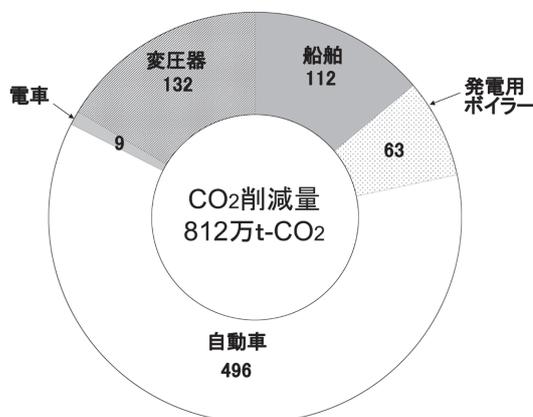


図6 2007年度における高機能化鋼材の使用による用途別省エネルギー効果²⁾

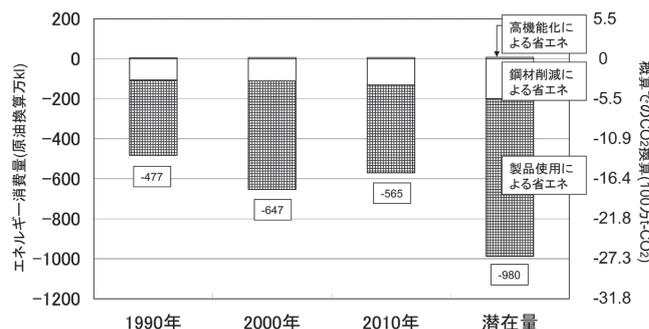


図7 高機能化鋼材の使用による省エネルギー効果の経年変化⁵⁾

化自動車用鋼板の使用による効果を、先の図5の概念図に当てはめると、図8のように描ける。

日本全体のCO₂排出量の0.6%もの削減効果からも分かるように、鉄鋼材の使用によるCO₂排出への影響は大きい。よって、鋼材において、ライフサイクルを通じた省エネを考慮したエコ技術開発をさらに促進することは、日本の温暖化対策における重要性にとどまらず、世界の温暖化対策にとって重要である。ここで提案する「コンビナートCDM」は、この鉄鋼材におけるエコ技術開発をさらに促進する仕組みとして機能するであろう。

川崎市では、このコンビナートCDMのコンセプトを、表彰制度として整備する予定である⁶⁾。これは、クレジットとしての評価ではないものの、他に先駆けた取り組みとして高く評価できる。また、クレジットとしての評価には、まだ評価技術における課題が積み残されており、今後の評価手法の確立が望まれる。

5 マテリアル環境マネジメント工学

わが国は、20世紀の工業化社会において、サプライチェーンの最適化を他の国よりも優位に進めることで「ものづくり」に特化し、繁栄してきた。これは、先の鉄鋼業のエネルギー原単位の低さにも見えることである。しかし、21世紀の人類にとっての気候変動や資源の有限性などの地球的規模での制約要因は、新たな「ものづくり」モデルへの脱皮を不可避なものとしていると言えよう。今まで進化させて来たサプライチェーンモデルをライフサイクル全体へ敷衍し、拡大進化させること、つまり地球資源の採掘から最終的に元の地球環境に戻すまでの資源のライフサイクルを包括したモデルの開発が必要となっている。これまでの製品製造プロセスにおける

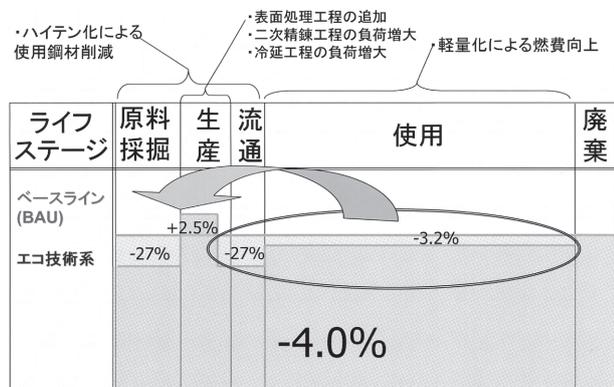


図8 高機能化自動車用鋼板の導入によるライフステージ別省エネ効果

サプライチェーンモデルと、製品の使用済み後のプロセスにおけるリサイクルチェーンモデルを統合した「デュアルチェーンマネジメント」が、これらの課題に対応できる新たな視点として導入されるべきである(図9)。21世紀の「ものづくり」、特に鉄鋼業をはじめとする素材産業では、マテリアルのサプライチェーンの最適化を目的とするだけでなく、生産された製品の組み立て、使用から、使用後のリサイクルあるいは最終処分に至るまで、全ライフサイクルの最適化を目指した「マテリアルデュアルチェーンマネジメント」により製造される事が必要である。そのためには、本稿で述べた「コンビナートCDM」のような仕組みの整備が不可欠ではなかろうか。

参考文献

- 1) 産業構造審議会環境部会地球環境小委員会鉄鋼ワーキンググループ配付資料(2008年度第1回, 2008年7月1日開催)
- 2) 産業構造審議会環境部会地球環境小委員会鉄鋼ワーキンググループ配付資料(2008年度第2回, 2008年10月27日開催)
- 3) 製品CDM調査事業について GEC Newsletter, (財)地球環境センター, (2006年8月30日), 2.
- 4) 国内クレジット推進協議会HP, <http://www.jcdm.org/about/>, (2009年3月27日)
- 5) 平成13年度(社)日本鉄鋼連盟 委託事業, LCA的視点からみた鉄鋼製品の社会における省エネルギー貢献に係る調査, (2002.3), 19.
- 6) 阿部孝夫, 廣瀬直己, 足立芳寛: 地域から始める地球温暖化対策, Best Partner, 浜銀総合研究所, 5 (2009), 4-14.

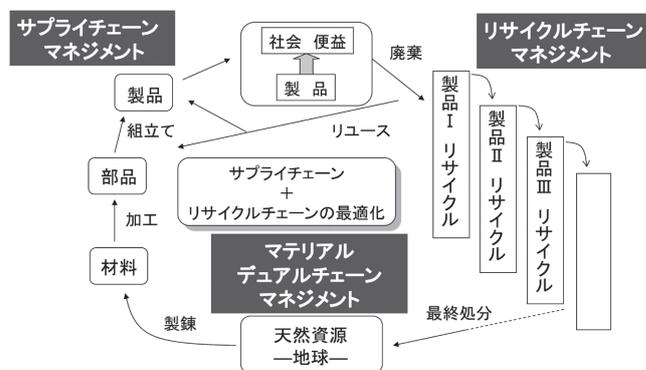


図9 マテリアルデュアルチェーンマネジメントの概念図

(2009年4月13日受付)