鉄鋼分野における 「LCA とエコプロダクツの開発」

河 合 潤* 高 松 信 彦**

1. は じ め に

21世紀は環境の世紀であると言われており、現代文明社会のいわば「行き詰まり現象」である地球環境問題にどう対応していくかが問われている。これら地球環境対策としては、従来各産業が取り組んできた個別最適化では限界が見え始め、今後のより「持続可能な発展」へ向けた産業のあり方として、トータルな最適化が重要な視点となりつつある。こうした中で近年、製品やサービスの環境影響をライフサイクルで評価するトータルな定量的手法として LCA (Life Cycle Assessment) が注目されている。鉄鋼業においてもこの地球環境問題に対して材料技術から積極的に応えていく取り組みとして、多方面に渡る「環境に貢献する鉄鋼製品＝エコプロダクツ」の開発が模索されている。今回、鉄鋼部門における

「LCA とそれに基づく商品開発」についてその考え方や取り組みの概要を紹介したい。

2. 鋼材の LCA と商品開発

(1) LCA の基本的考え方

LCA の手法としての概念は、図 1 に示すように製品製造時のみならず、製品の Life Cycle (原料採掘から廃棄まで) トータルでの、原燃料のインプットや製品の環境負荷 (大気、水質、廃棄物等) のインベントリーを定量的に評価しようとするものである。その基本的な考え方を図 2 に模式的に示した。製品の Life Cycle での環境負荷低減 (例えば、省エネルギー) を考える場合、従来は、各工程 (例えば、素材製造、組立、使用等) 毎に省エネルギーを追求する個別最適化 (自工程での削減努力) を実施して来たが、LCA で検討する場合は、

図1 鉄鋼製品のライフサイクルフロー。

* 新日本製鐵株式会社技術開発企画部部长 (〒100-8071 東京都千代田区大手町2-6-3)

** 新日本製鐵株式会社技術総括部マネージャー

LCA and Eco-products in Steel Industry; Jun Kawai*, Nobuhirko Takamatsu** (Nippon Steel Corporation, Tokyo)

Keywords: eco-products, eco-material, environment-conscious steel products, life cycle assessment (LCA), life cycle aspect

2000年10月2日受理

図2 LCA 評価からの開発の狙い(概念図)。

Life Cycle 全体での環境負荷を検討し、例えば素材製造でたとえ増エネルギーとなっても、次工程以降(部品製造、組立、或いは、製品の使用段階)で大きな省エネルギーを図り、結果として Life Cycle での省エネルギーを実現するトータルな最適化を志向することになる。従って、LCA により製品を評価し、Life Cycle での最適化を図る為の視点を見いだすことこそ、LCA の開発が目指すところである。

(2) 鉄鋼業と LCA

鉄鋼材料は多方面で広範囲に使われており、その信頼性の高いインベントリ(資源環境等のインプット、アウトプット項目)のデータベースが各方面から求められている。その様な観点から、国内では通産省の支援で日本鉄鋼連盟を含む23の工業界が参加した「LCA プロジェクト(山本良一委員長(東大))」が2002年度末完成を目標に開始されており、国際的にも ISO の14040~14049で LCA 手法の基本的に具備すべき条件について国際標準化が進められている。

ここで、鉄鋼の Life Cycle を各工程毎に考えてみると、素材製造時、すなわち、製鉄所に於ける環境改善・省エネルギー技術開発等は目覚ましい進歩を遂げた⁽¹⁾が、エネルギー価格の安定に伴いこれ以上の省エネルギーは必ずしもコスト競争力に繋がらないといった実態も見逃せない。

又、鉄鋼製品は、ユーザー業界での組立、その後の消費者の使用段階に於いて、従来から船舶や自動車の軽量化に向けた高張力鋼板の開発や長寿命化に向けた耐食性鋼材開発、電磁鋼板の高品質化による電力ロスの低減など、鋼材の高機能化により社会に対して業際的な省エネルギー貢献をして来た⁽²⁾。リサイクルの工程に目を向けてみても、図3に示すように「鉄」は鉄鋼業から組立産業を経て社会で製品として使用され、数週間から数百年間の蓄積を経て最終的に90%以上が鉄鋼業に戻る「循環型の材料」であり、その意味では、環境調和型材料(エコマテリアル)としては先導的であると共に柔軟性に富む必要不可欠な材料と言える。

ここまで述べてきた様な鉄鋼業の状況を考えると、評価手法である LCA の開発は、今後の鉄鋼分野におけるエコプロダクツ(Eco-Products: 環境調和商品)としての商品開発の

図3 鋼材の社会循環(1995)。

新たな視点を幅広く提供してくれるものと期待される。

3. 環境に優しい鉄鋼製品(エコプロダクツ)

(1) エコプロダクツによる環境貢献

図1において鋼材のライフサイクルの概念図を説明したが、このフローにおいて、鉄鋼製品が商品として需要家や最終ユーザーに利用される段階や廃棄リサイクルされる段階で環境に貢献するものが環境に優しい鉄鋼製品=エコプロダクツと呼ばれるものである。

それでは、「環境に優しい」とはどういう内容かについて考えてみたい。この環境貢献の区分は種々の見方があるが、大きく以下の3つに分けて考えることができる。このような考え方に基づいて、各需要分野毎にその要求に応じて開発されてきた主要なエコプロダクツの例を表1に示している⁽³⁾⁽⁴⁾。表1を参照しつつ、この分類を概説する。

(a) 地球温暖化抑制(CO₂削減・省エネルギー対応)

エコプロダクツを使用する事により①その工程や商品が高効率となるもの、②製造工程の省略や簡素化に寄与するもの、③クリーンエネルギーの使用に貢献するものなどが上げられる。①の例では、自動車の軽量化・燃費改善に貢献する自動車用ハイテンの開発、高効率電磁鋼板によるモーターの高効率化、超々臨界発電対応の高効率ボイラー用鋼管などエネルギーの効率化に寄与する鋼材である。特に、自動車の軽量化への取り組みは顕著なものが有り、現在、自動車のホワイトボディに使用されるハイテン比率は既に30%を超えるレベルになっており、将来さらに増加するものと思われる(図4)。こうした軽量化の動きに呼応して IISI(国際鉄鋼協会)では世界18ヶ国、35の鉄鋼メーカーが参加して ULSAB(超軽量鋼製車体開発)プロジェクトがスタートしており、自動車メーカーではなく世界の鉄鋼メーカーによる軽量車体開発が注目されている(図5)⁽⁵⁾。②の例では家電分野における高潤滑鋼板による加工工程の効率化や高機能プレコート鋼板による塗装工程の省略、建築分野における耐火鋼の開発などがあげられる。③の例は、併せて環境改善の範疇にもなり、表1に示す通りである。

表1 各需要分野におけるエコ・スチールプロダクツの例.

分野	CO ₂ 削減・省エネルギー	リサイクル・廃棄物削減	環境保全・環境改善
自動車	軽量化・安全性向上 ・自動車用高強度薄鋼板 ・衝撃吸収高張力鋼板 ・高強度棒鋼線材 燃焼効率向上 ・排気系用耐熱ステンレス鋼	自動車リサイクル対応 ・スクラップリサイクル推進 長寿命化……高耐食性 ・各種表面処理鋼板等	環境負荷物質フリー ・燃料タンク用鉛フリーめっき鋼板 排気ガス浄化能向上 ・高性能ステンレス担体 騒音、振動対策 ・制振鋼板(パイプレス)
家電・電機	モーター効率向上 ・高効率無方向性電磁鋼板 加工性向上 ・高潤滑鋼板 塗装工程省略 ・プレコート鋼板(ビューコート)	家電リサイクル対応 長寿命化、耐食性向上 ・表面処理鋼板、塗装鋼板	環境負荷物質フリー ・鉛フリー合金めっき鋼板 ・クロムフリー亜鉛めっき鋼板 騒音対策、磁気シールド対応 ・高機能電磁鋼板 ・ステンレス制振鋼板
容器	スチール缶素材の軽量化 ・極薄ブリキ鋼板 ・極薄ラミネート鋼板 工程省略 ・フィルムラミネート鋼板	スチール缶リサイクル推進→ リサイクル率80% up ・スチール EOE (イージーオープンエンド)	容器素材としての LCA 評価 環境負荷物質対応(有機溶剤対策等)
電力・エネルギー	発電効率向上 ・高効率ボイラー用鋼管(超々臨界圧) トランスの効率向上 ・トランス用方向性電磁鋼板 エネルギー輸送効率向上 ・高強度高耐食性ラインパイプ用鋼管	ごみ発電対応 ・ごみ焼却ボイラー用 オーステナイトステンレス鋼管 長寿命化 ・各種高強度鋼 ・各種防食鋼板	クリーンエネルギー対応 ・原子力発電対応 ・石炭 IGCC 対応 ・LNG ボイラー煙突用耐食厚板 環境汚染対応(油井管) ・ドープフリー型プレミアムジョイント
土木・建築 (含橋梁)	施工効率向上 ・大入熱溶接用鋼 ・ハイパービーム (外法一定 H 形鋼) 工程省略 ・建築用耐火(FR)鋼	長寿命化、耐久性・信頼性向上 ・高強度建築構造用鋼 ・長大橋ワイヤー用高張力鋼線 耐食性 ・海浜耐候性鋼 ・建材用高耐食 Zn-Mg めっき鋼板 ・チタンクラッド鋼板 鉄の用途拡大 ・スチールハウス ・メガフロート(大型浮体構造物)	環境保全(残土、騒音・振動他) ・回転圧入鋼管杭(NS エコパイル) ・道路用吸音パネル ・かごマット用合金めっき線材 景観、環境美化 ・景観材用鋼管 ・チタン材料 環境負荷物質フリー ・オレフィンラミネート鋼板 (脱塩化ビニル化)
船舶・鉄道	軽量化 ・船舶用高張力鋼板(TMCP 鋼他) ・車両のステンレス化 ・車両用ステンレスハニカムパネル	車両リサイクル対応 ・ステンレス車両リサイクル 長寿命化、耐食性向上 ・ステンレス車両 ・耐疲労強度レール	耐衝撃性、安全性向上 ・ハイアレスト鋼板 (脆性破壊伝播停止性能鋼) ・ケミカルタンカー用ステンレス鋼板
その他 (未来材料)	スーパースチール(スーパーメタル、ウルTRASチール)……単一素材の機能極限追求

図4 ハイテン使用比率と軽量化の進展.

	比較車平均	UL SAB
捻り剛性(Nm / deg)	11531	19024
曲げ剛性(Nm / deg)	11902	20408
振動数(Hz)	38	59
質量(kg)	271	208

図5 ULSAB 試作ホワイトボディ.

(b) 循環型社会の構築(リサイクル・廃棄物削減)

この範疇は俗に3R(または4R)対策と呼ばれる分類で、

① Reuse と Recycle(リユースとリサイクル)、② Reduce(廃棄物削減)、そして③ Resources(省資源)に対応するものである。①では、自動車や家電製品などを始めとした製品のリサイクル対応としてリサイクルし易い鋼材の開発、リサイクル可能な製品の設計に寄与するもの等「易リサイクル」対応鋼材があり、また、鉄鋼というそもそもリサイクルに適した材料である「スチールのより広い用途の開発・拡大」(例えば、スチールハウスやメガフロートの開発)、さらに、ごみ発電ボイラー用鋼管のように、鋼材のユーザーがリサイクル用途(この例ではごみ発電)への開発に寄与する「ユーザーリサイクル支援」鋼材開発などがあげられる。②の領域では、やはり耐久性と耐食性の向上という「長寿命化」への貢献が最大対策である。長寿命化は廃棄物の削減や材料使用量の減少により、エネルギーの削減や資源節約にも寄与する。各種の高強度、高疲労強度鋼材や耐候性鋼、高耐食めっき鋼板など多方面の鋼材開発が取り組まれている。最近開発された海浜領域でも無塗装使用可能な海浜耐候性鋼板やチタンクラッド鋼板などは特色のあるエコプロダクツとして脚光を浴びている。

(c) 環境保全(環境負荷物質の抑制、環境改善対策)

この分類では、①環境上有害または懸念される特定環境負荷物質を含まない(環境負荷物質フリー)製品の開発、②エコプロダクツを使用することにより利用段階の環境汚染防止や安全性向上に貢献するもの、さらに、③景観材料や抗菌対策・騒音対策等に貢献するような良環境創造型商品などがあげられる。①では、各種用途の鉛フリーやクロムフリーを目的とした鋼材製品の開発、②では環境保全に対応した各種の工法やそれにリンクした鉄鋼製品が開発されている。最近注目されている海洋構造物や船舶などの衝突安全性に寄与するハイアレスト(脆性破壊亀裂伝播停止性能/アレスト性)鋼板の開発などもこの範疇に入る。③の対応商品はやや拡大解釈的な見方ではあるが、今後こうした「被環境影響対応」でなく「良環境創造」というようなよりポジティブな環境対策が重要になると思われる。

以上、エコプロダクツの考え方といくつかの例(表1)を述べたが、紙面の制限もあり、詳細については是非参考文献⁽³⁾⁽⁶⁾を参照して頂きたい。

(2) エコプロダクツの効果と有効性

以上のようなエコプロダクツの開発や製造のためには、鉄鋼業にとって、鉄鋼製造プロセスでより環境負荷が増大し、従来以上の厳密な製造管理や設備投資を余儀なくされることは既に述べた。しかしながら、LCAによる評価を考える時、こうした材料段階での開発がより大きな波及効果としてトータルの環境負荷低減に極めて大きな効果があることを示している。

図6は、このようなエコプロダクツの社会貢献の試算例である⁽⁷⁾。いくつかの代表的なエコプロダクツの適用拡大によ

図6 エコプロダクツによる省エネ効果試算。

図7 MLE の概念図。

り、現在の使用前提においても鉄鋼業全体の消費エネルギーの10%にも匹敵する省エネルギーが得られるし、さらなる普及や高機能開発によりさらに14%もの効果が上乗せされると試算されている。

図7には、このような効果をMLE(Material Leverage Effect for environment)の概念を導入して説明している⁽⁸⁾。図にみるように、大きな市場または環境効果をもつ(leverageの大きい:すなわち支点からの腕が長い)材料について性能向上を果たした(すなわち作用させた)場合、Leverage効果で拡大された極めて大きな環境負荷低減効果が得られる。つまり、MLEの大きな材料開発こそ今後の重要な視点であり、そのような材料の導入が今後活発になり、大きな市場が形成されることになるであろう。鉄鋼業においては、このような考えのもとに最も基盤的なエコマテリアルとしての鉄鋼材料の使命としてその開発に取り組んでいる。

4. 今後のLCAの課題(経済社会の中でのLCAの役割)

鉄鋼製品を通じて地球環境負荷を低減し、「持続可能な発展」を可能とするためのLCA的な視点について述べた。評価技術としてのLCAも問題を見つける一つのツールに過ぎないが、その確立と同時に、課題を発掘し、出来るだけ市場経済に載せて行く工夫が必要であり、それを実現する為の社会的な仕組み造りが重要である。Life Cycleでものごとを考える思想は、LCAの手法以上に進んで来たが、環境にやや

図8 今後考えるべきLCAの概念(Life Cycle Aspect).

偏った視点が、ある意味ではその推進を遅らせているようにも思われる。確かに「環境」はコスト、品質、デリバリーと並ぶ新たな競争要素として根付きつつあるが、市場経済がそれだけで動く訳では無く、ある新たな一要素にすぎないという点も否めない。環境万能主義では無い、バランスのとれた視点が大切であろう。従って図8に示すように環境で育まれたLCAの考え方は、環境のみならず、ライフサイクルでのコストや品質を組み合わせた議論ができる手法として開発することが必要だと考える(便宜的に、LCAと言う文字にこだわらず、Life Cycle Aspectなる造語を用いて考え方を示した⁽⁹⁾)。如何に環境負荷の低い製品を開発しても、コストパフォーマンスが悪く、実際に使われない製品であれば、これほど世の中の環境負荷の無駄遣いは無い。品質がコストを支配し、コストが環境を律する側面があることを考えると、環境、コスト、品質全体のバランスこそ我々産業社会が地球環境に与えるインパクトと考えることもできる。科学的な意味でのインパクト分析に加えて、社会的意味でのインパクト指標を考えて行くことも今後の課題である。

5. む す び

鉄鋼業におけるLCAとそれに基づく商品開発の考え方を概説してきた。個別最適化からトータル最適化へ視線を移したLCAの思想と評価手法は、これからの材料開発のあり方に一つの指針と光明を与えている。LCA思想の進展は、材料-製品-廃棄-再利用(材料)というサイクルの中で、素材産

業と需要産業の境界をなくしつつあり、社会システムとしての循環型社会の体制の確立=ソーシャルLCAが重要になってくる。鉄鋼業においても自らのプロセス・テクノロジー・プロダクツの全領域においてこの循環型社会の中で貢献すると共に、こうした新しい概念による材料開発・商品開発が今後の課題である。

人類が鉄を発見して以来、鉄は安価で環境に優しい素材として、その文明の発展に貢献してきた。持続可能な発展が叫ばれる今日、より広義のLCAの概念に基づき「鉄」のもつ特性・機能を極限まで追求したさらなるエコプロダクツの開発により、21世紀もまた、鉄はエコマテリアルとしてみます活用されるものと思われる。

文 献

- (1) 浅村 峻：第3回エコマテリアル国際学会 Proceedings., (1997), 34.
- (2) 日本鉄鋼連盟，通産省編：LCA的視点からみた鉄鋼製品利用のエネルギー調査，(1997)。
- (3) 河合 潤：新日鉄技報，No. 371 (1999)，3.
- (4) 河合 潤：第4回エコマテリアル国際学会，岐阜，(1999)。
- (5) 滝田道夫：自動車技術展'98春期大会シンポジウム，横浜，(1998)。
- (6) 河合 潤：鉄鋼界，5(2000)，12.
- (7) 日本鉄鋼連盟，通産省編：鉄鋼製品の利用に関するエネルギー評価調査，(1998)。
- (8) 足立芳寛：鉄鋼界，5(2000)，3.
- (9) 高松信彦：鉄鋼界，5(2000)，7.