

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¹

総 括

第二研究部 部長 小川 芳樹
第二研究部環境グループマネージャー 工藤 拓毅
第二研究部環境グループ 主任研究員 太田 完治
(現、三菱電機株式会社環境保護推進部推進グループ)
第二研究部環境グループ 主任研究員 大木 祐一
第二研究部環境グループ 研究員 齊藤晃太郎

1. 調査目的

日本の鉄鋼製造は、1970 年代の石油危機を契機に、工程の連続化、簡略化あるいは排熱回収などの技術開発により鉄鋼製造の段階で積極的に省エネルギーに取り組み、20～25% の大幅なエネルギー消費原単位の改善を実現した。しかしながら、1990 年代に入ると、鋼材の高機能化による工程増加や処理負荷の増加、生産単位の小ロット化に伴う熱効率の低下、環境保全設備の増加などによりエネルギー消費原単位の低下は鈍化している。

一方、高機能化した鋼材は、それを利用する製品が使用される際に、従来の鋼材を利用する製品を使用する場合と比べて、省エネルギー効果（例えば、高強度鋼板（ハイテン）が自動車の軽量化による燃料消費量低減に寄与するなど）を多くの場合にもたらす。また、高機能化した鋼材を用いることで鋼材使用量が減少し、従来の鋼材を用いる場合と比較して製造エネルギーを減少するという製造段階における省エネルギー効果もある。このため、高機能鋼材の普及によるエネルギー消費への影響を考慮する場合、こうした鋼材のもつ特性を含めて評価を行う必要がある。

上述の省エネルギー効果を把握するためには、鋼材の製造プロセスだけでなく、鋼材を利用する製品の使用を含めた広い視野、すなわち LCA 的（社会貢献的）視点に立った分析・評価を加えることが必要である。鋼材の製造から鋼材製品の使用までトータルでみた合理的かつ効果的な対策の選択を行うという考え方が重要であるが、こうした視点に立つ省エネルギーの系統的かつ定量的な分析・評価は、まだ必ずしも十分に行われていない。

このような LCA 的省エネルギーの捉え方は、1990 年代以降に最重要課題の一つとなった地球温暖化防止を、社会全体として合理的に対策を考える上でも大きな意味を有する。本調査は、以上の問題意識を踏まえ、高機能化した鋼材の製造段階から鋼材を利用する製品の使用段階までを対象に LCA 的視点から省エネルギーの効果、および CO₂ 排出抑制の効果を包括的に分析・評価することを目的としている。そして、分析結果に基づいて、今後の省エネルギー対策、CO₂ 排出抑制対策の在り方に関しても考察を加える。

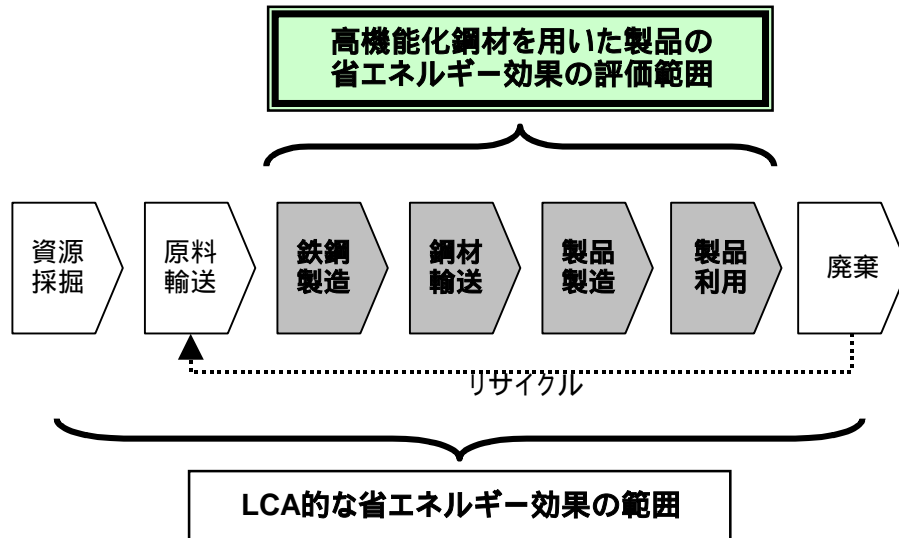
¹ 本報告は平成 13 年度に社団法人 日本鉄鋼連盟より受託して実施した受託研究の一部である。この度、社団法人 日本鉄鋼連盟の許可を得て公表できることとなった。社団法人 日本鉄鋼連盟関係者のご理解・ご協力に謝意を表すものである。

2. 調査方法

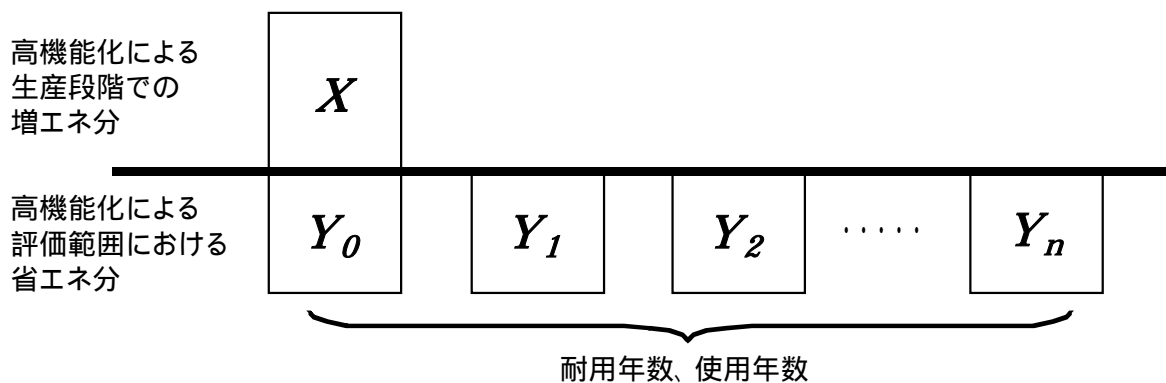
(1) LCA的手法による省エネルギー効果の基本的考え方

LCA手法によるエネルギー消費量の評価を行う場合、図S.1に示すように、一般には資源の採掘段階から廃棄段階までの製品におけるライフサイクルを考慮して評価を行う必要がある。

図S.1 高機能化鋼材を用いた製品による省エネルギー効果の評価範囲



図S.2 省エネルギー評価の考え方



1. ストック型評価
 評価量 = $X - (Y_0 + Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n)$
 [自動車用鋼板、船舶用厚板、トランス用電磁鋼板、ボイラー用鋼管、
電車用ステンレス鋼板]
2. フロー型評価
 評価量 = $X - Y$
 [ビル鉄骨用H形鋼]

今回は、高機能鋼材が社会的効果をもたらす範囲に着目して、「鉄鋼製造」「鋼材輸送」「製品製造」そして「製品利用」について分析・評価を行っている。この範囲内で「従来鋼材を用いた製品」と「高機能化鋼材を用いた製品」についてエネルギー評価を行い、高機能化による効果を求めている。

評価の対象とした高機能化鋼材には、自動車用高強度鋼板（ハイテン）、船舶用高張力鋼厚板、電管用ステンレス鋼板、ビル鉄骨用高強度 H 形鋼、トランス用方向性電磁鋼板、ボイラ用耐熱高強度鋼管の六品種を選定した。

鋼材の種別に特に定量化が可能な部分について、図 S.2 に示すような効果現出の特性を留意しながら、実績と将来値の評価を行った。評価の考え方としては、高機能化による生産段階での増エネルギー分に対して、高機能化による鋼材削減、加工エネルギーの削減など製造年単年の省エネルギー分をフロー型評価するケースと、そして耐用年数あるいは使用年数の全期間にわたる省エネルギー分をストック型評価するケースがある。

自動車用鋼板、船舶用鋼板、トランス用電磁鋼板、ボイラ用鋼管、電管用ステンレス鋼板が、ストック型評価の対象となる。そして、建設用高強度 H 形鋼がフロー型評価の対象である。

エネルギー評価のケースは、実績評価として 1990 年、1995 年、2000 年の三時点と、将来評価として 2005 年、2010 年の二時点を設定した。この他に高機能化などの技術適用の可能性をさらに広げたポテンシャル・ケースも検討した。

(2) 高機能化鋼材を用いた製品によるエネルギー消費への影響に関する考え方

高機能化鋼材を用いた製品によるエネルギー消費への影響は、表 S.1 に示すような考え方を取って検討した。第一に、鋼材の高張力化により鋼材を利用する製品が軽量化する結果、鋼材を利用する製品を使用する際に従来の鋼材を利用する製品の使用と比較して、使用に必要なエネルギーを削減でき、同時に必要鋼材量も削減できるので製造に必要なエネルギーも削減できる。この他に、鋼材輸送時の消費エネルギー節減や加工時の消費エネルギー節減にも幾分寄与するが、この点については今回の調査では定量的な分析を行っていない。

第二に、鉄鋼製品の耐食性向上により、製品の耐久性が改善され、鋼材使用量を削減できる。今回の調査では、この視点は分析対象に加えていない。第三に、鉄鋼製品の耐熱性の向上により、エネルギー変換効率が向上して製品の使用時のエネルギー消費を削減できる。電磁特性の向上も、これと同様の特性を有する。第四に、鋼材を利用する製品の製造段階で加工時の効率が向上し、需要家サイドでの工程省略につながって、省エネルギーとなる場合もある。

表 S.1 高機能化鋼材を用いた製品のエネルギー消費への影響の考え方

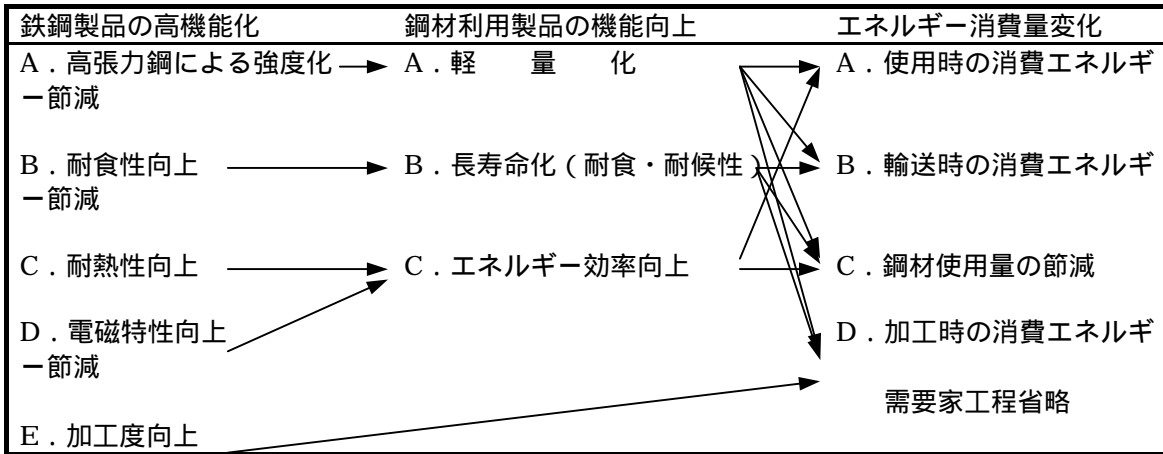


表 S.2 鋼材の省エネルギーの考え方

	1990年～2010年の省エネ効果の考え方	ポテンシャルの省エネ効果の考え方
自動車用鋼板	<ul style="list-style-type: none"> 高強度鋼板比率 30.5% 45% 車体の軽量化による燃費向上 高張力化に伴う自動車鋼板の削減 	<ul style="list-style-type: none"> 高強度鋼板比率 50% 車体軽量化による副次効果、足廻りの軽量化を考慮 車体の軽量化による燃費向上 高張力化に伴う自動車鋼板の削減
船舶用厚板	<ul style="list-style-type: none"> 就航船舶の高張力厚板比 70%、YP315 (HT32)と YP355 (HT36) の構成半々 (50%ずつ) 船体の軽量化による燃費向上 高張力化に伴う船舶用厚板の削減 	<ul style="list-style-type: none"> 高張力厚板は YP355 (HT36) が 100% 船体の軽量化による燃費向上 高張力化に伴う船舶用厚板の削減
ボイラー用鋼管	<ul style="list-style-type: none"> 593～600 級の石炭火力発電所の建設実績と建設計画を評価 566 級の発電効率 41.5% 43.1% 	<ul style="list-style-type: none"> 2000～2010年の593～600 級石炭火力発電所の建設計画に加え、同期間に建設予定の566 級石炭火力発電所の593～600 級への計画変更を評価
ビル用H形鋼	<ul style="list-style-type: none"> 高張力H形鋼の使用比率 22.6% 31.2% 高張力鋼 490 Nmm² と 590 Nmm² の構成変化 高張力化に伴うH形鋼の削減 	<ul style="list-style-type: none"> 使用比率および 590 Nmm² の構成比上昇 高張力化に伴うH形鋼の削減
電車でステンレス鋼板	<ul style="list-style-type: none"> ステンレス鋼板による軽量化 6.6t/輛 車輛の軽量化による走行時のエネルギー消費の削減 ステンレス化に伴う鋼材の削減 	<ul style="list-style-type: none"> 生産予定の鋼製車輛をステンレス車輛の生産に計画変更
トランス電磁鋼板	<ul style="list-style-type: none"> 旧型トランスを低鉄損の電磁鋼板を用いた新式トランスにリプレースし、トランスのエネルギー消費を削減 	<ul style="list-style-type: none"> 旧型トランスを低鉄損の電磁鋼板を用いた新式トランスにリプレースし、トランスのエネルギー消費を削減

以上のようなエネルギー消費への影響に関する基本的な考え方をベースに、分析対象とする鋼材ごとに具体的な計算方法を策定し、分析・評価を行った。具体的な計算方法に関しては、各鋼材に関する報告のところで記載する。

分析対象とした六種の高機能化鋼材に関する具体的な省エネルギーの考え方と内容を表S.2にまとめる。1990年、1995年、2000年の実績評価および2005年、2010年の将来評価における省エネルギー効果の考え方とポテンシャル・ケースの省エネルギー効果の考え方を鋼材ごとに分けて整理した。

2005年および2010年の将来推計に関しては、実績推計の省エネルギー効果の考え方を延長して行うこととした。ポテンシャル・ケースの場合は、高機能化した鋼材を利用する範囲を拡大したり、より高機能化した高品質鋼材による振り替りを想定したりすることによって、付加的高機能化のポテンシャルを推計した。

3. 調査結果

高機能化鋼材による LCA 的視点からみた省エネルギー効果、および CO₂ 排出抑制効果の総括を、鋼材別に表 S.3 と表 S.4 にそれぞれまとめる。六種の高機能化鋼材を集計した結果も、それぞれの表の最後にまとめた。以下では、この総括表に整理した数字の結果に基づいて調査結果の総括を行い、それがもたらすインプリケーションに関して考察を加える。

(1) 高機能化鋼材を用いた製品による省エネルギー効果の総括

分析対象とした高機能化鋼材を用いた製品がもたらす全体的な省エネルギー効果に関して、1990年、2000年、2010年の三時点とポテンシャル・ケースの結果を図 S.3 に総括する。

製造段階の高機能化による増エネルギー、鋼材削減による省エネルギー、使用段階の高機能化による省エネルギーと効果を要因別に分け、合計の省エネルギー効果が鉄鋼製造全体のエネルギー消費²や日本の一次エネルギー総供給に対する重みも示した。

高機能化鋼材による省エネルギー効果は、原油換算で 1990 年の 477 万 kl から 2000 年の 647 万 kl へ増大した。2000 年におけるこの省エネルギー効果の大きさは、鉄鋼製造全体のエネルギー消費量に対して 10.8%の重みを持ち、日本全体の 1 次エネルギー総供給量に対しても 1.1%の重みを持つ。

2010 年まで現状における高機能化鋼材の利用トレンドを伸ばした推計では、日本の経済全体が基本的に安定飽和状態へ進む将来像を描いており、それぞれの高機能化鋼材の需要状況にも影響されて、2010 年の省エネルギー効果の値は 565 万 kl と、2000 年よりも減少する。しかし、高機能化鋼材の付加的な拡大を考慮したポテンシャル・ケースでは、980 万 kl の数字も得られているので、省エネルギー指向が強化されれば、高機能化鋼材による省エネルギー効果も大きくなる可能性がある。

2000 年の省エネルギー効果を要因別にみると、高機能化鋼材を用いた製品の使用段階における省エネルギー効果が原油換算 543 万 kl で、総計の省エネルギー効果に対して 84%を占める。高機能化による鋼材削減がもたらす省エネルギー効果は 110 万 kl で 17%の重みである。高機能化による製造時の増エネルギー効果は 6 万 kl でわずか 1%の重みに過ぎない。

² 高機能化鋼材を用いた製品の使用段階まで含む省エネルギー効果に対して、鉄鋼製造全体のエネルギー消費を考えることは分子と分母の整合性が取れないが、ここでは省エネルギー効果の重みを分りやすく捉える手段として便宜的に用いた。次項の CO₂ 排出に関しても同様である。

表 S.3 高機能化鋼材の LCA 的視点からみた省エネルギー効果の総括

		鋼材 生産量 (1,000t)	省エネ効果(万kl)			増エネ効果(万kl)			総計 省エネ (万kl)
			鋼材 削減	製品 使用	計	鋼材 増加	高機能 化	計	
自動車 鋼板	1990年	651	47.4	225.3	272.7		1.2	1.2	271.5
	1995年	517	37.5	190.7	228.2		0.9	0.9	227.3
	2000年	631	46.1	198.3	244.4		1.1	1.1	243.3
	2005年	713	52.1	217.0	269.1		1.3	1.3	267.8
	2010年	830	60.4	245.5	305.9		1.5	1.5	304.4
	潜在量	1,395	121.1	497.8	618.9		2.5	2.5	616.4
船舶 厚板	1990年	1,037	16.1	36.3	52.4		2.9	2.9	49.5
	1995年	1,396	21.7	49.1	70.8		3.9	3.9	66.9
	2000年	1,531	23.8	63.9	87.7		4.3	4.3	83.4
	2005年	1,442	22.4	61.7	84.1		4.0	4.0	80.1
	2010年	1,246	19.4	54.5	73.9		3.5	3.5	70.4
	潜在量	1,225	21.5	60.4	81.9		3.9	3.9	78.0
ステン レス 鋼	1990年	6	0.2	7.2	7.4		0.1	0.1	7.3
	1995年	7	0.3	8.9	9.2		0.2	0.2	9.0
	2000年	8	0.3	9.3	9.6		0.2	0.2	9.4
	2005年	7	0.3	8.8	9.1		0.2	0.2	8.9
	2010年	8	0.3	9.8	10.1		0.2	0.2	9.9
	潜在量	10	0.4	11.6	12.0		0.2	0.2	11.8
ビル 用 H 形 鋼	1990年	1,674	41.2		41.2		0.5	0.5	40.7
	1995年	1,802	44.8		44.8		0.6	0.6	44.2
	2000年	1,531	38.6		38.6		0.5	0.5	38.1
	2005年	1,614	40.4		40.4		0.5	0.5	39.9
	2010年	1,856	48.3		48.3		0.6	0.6	47.7
	潜在量	1,938	54.5		54.5		0.7	0.7	53.8
電 磁 鋼 板	1990年	23	0.8	107.1	107.9				107.9
	1995年	30	1.0	123.9	124.9				124.9
	2000年	55	1.6	200.5	202.1				202.1
	2005年	43	1.2	134.1	135.3				135.3
	2010年	60	1.5	111.0	112.5				112.5
	潜在量	60	1.5	111.0	112.5				112.5
ボ イ ラ 鋼 管	1990年	0.00		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1995年	0.26		13.5	13.5	0.0	0.0	0.0	13.5
	2000年	1.37		71.2	71.2	0.0	0.0	0.0	71.2
	2005年	1.54		79.7	79.7	0.0	0.0	0.0	79.7
	2010年	0.38		19.6	19.6	0.0	0.0	0.0	19.6
	潜在量	2.05		107.4	107.4	0.0	0.0	0.0	107.4
合 計	1990年	3,391	105.7	375.9	481.6	0.0	4.7	4.7	476.9
	1995年	3,753	105.3	386.1	491.4	0.0	5.6	5.6	485.8
	2000年	3,757	110.4	543.2	653.6	0.0	6.1	6.1	647.5
	2005年	3,821	116.4	501.3	617.7	0.0	6.0	6.0	611.7
	2010年	4,000	129.9	440.4	570.3	0.0	5.8	5.8	564.5
	潜在量	4,630	199.0	788.2	987.2	0.0	7.3	7.3	979.9

(注) ステンレス鋼の場合、1992年に関して求めた数字を1990年の値とした。

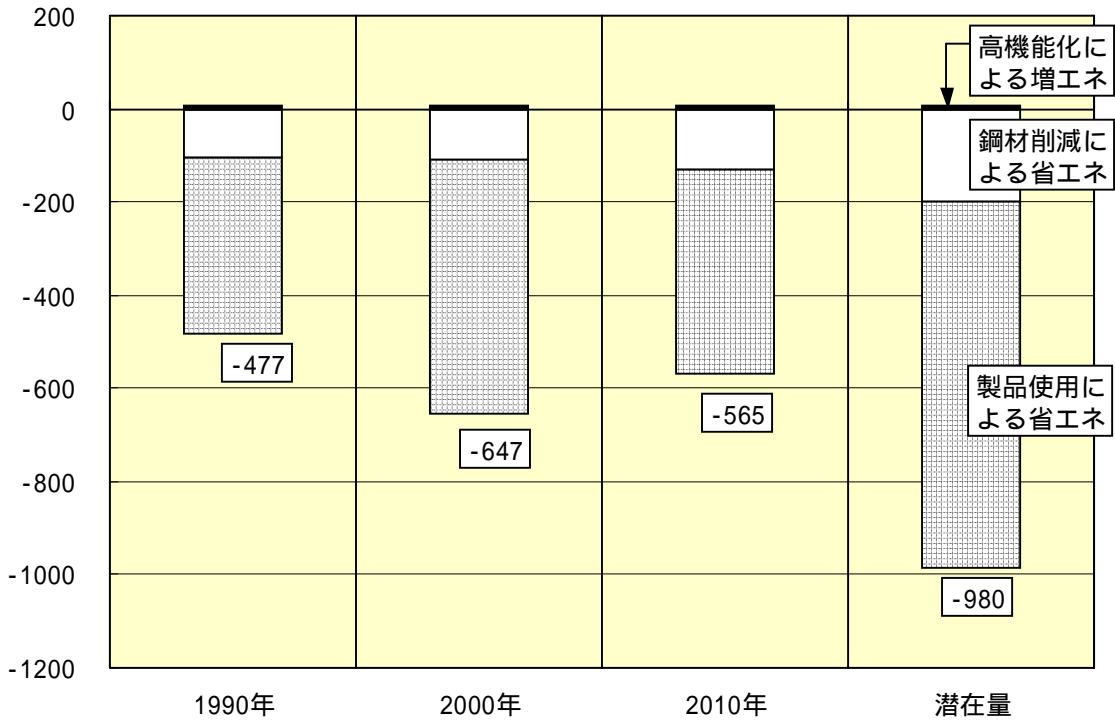
表 S.4 高機能化鋼材のLCA的視点からみたCO₂排出抑制効果の総括

		鋼材 生産量 (1,000t)	CO ₂ 削減効果(万t-CO ₂)			CO ₂ 増加効果(万t-CO ₂)			総計 CO ₂ 削減 (万 t-CO ₂)
			鋼材 削減	製品 使用	計	鋼材 増加	高機能 化	計	
自動車 鋼板	1990年	651	144.4	573.0	717.4		3.5	3.5	713.9
	1995年	517	113.1	485.2	598.3		2.8	2.8	595.5
	2000年	631	138.7	504.3	643.0		3.4	3.4	639.6
	2005年	713	158.7	552.0	710.7		3.8	3.8	706.9
	2010年	830	185.8	624.4	810.2		4.5	4.5	805.7
	潜在量	1,395	372.6	1,266.2	1,638.8		7.6	7.6	1,631.2
船舶 厚板	1990年	1,037	49.1	100.6	149.7		8.8	8.8	140.9
	1995年	1,396	65.4	135.7	201.1		11.8	11.8	189.3
	2000年	1,531	71.6	176.8	248.4		12.9	12.9	235.5
	2005年	1,442	68.2	170.6	238.8		12.3	12.3	226.5
	2010年	1,246	59.6	150.5	210.1		10.7	10.7	199.4
	潜在量	1,225	66.2	166.9	233.1		10.5	10.5	222.6
ステン レス 鋼	1990年	6	0.7	11.9	12.6		0.4	0.4	12.2
	1995年	7	0.8	13.6	14.4		0.5	0.5	13.9
	2000年	8	0.8	13.5	14.3		0.5	0.5	13.8
	2005年	7	0.8	12.8	13.6		0.5	0.5	13.1
	2010年	8	0.9	14.2	15.1		0.6	0.6	14.5
	潜在量	10	1.1	16.8	17.9		0.7	0.7	17.2
ビル 用 H 形 鋼	1990年	1,674	125.5		125.5		1.5	1.5	123.9
	1995年	1,802	135.3		135.3		1.7	1.7	133.6
	2000年	1,531	116.0		116.0		1.4	1.4	114.6
	2005年	1,614	122.9		122.9		1.5	1.5	121.4
	2010年	1,856	148.7		148.7		1.9	1.9	146.8
	潜在量	1,938	167.7		167.7		2.2	2.2	165.5
電 磁 鋼 板	1990年	23	2.4	175.1	177.5				177.5
	1995年	30	2.9	188.1	191.0				191.0
	2000年	55	4.8	288.8	293.6				293.6
	2005年	43	3.6	193.1	196.7				196.7
	2010年	60	4.6	159.8	164.4				164.4
	潜在量	60	4.6	159.8	164.4				164.4
ボ イ ラ 鋼 管	1990年	0.00		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1995年	0.26		45.3	45.3	0.0	0.0	0.0	45.3
	2000年	1.37		239.1	239.1	0.0	0.0	0.0	239.1
	2005年	1.54		267.9	267.9	0.0	0.0	0.0	267.9
	2010年	0.38		66.0	66.0	0.0	0.0	0.0	66.0
	潜在量	2.05		360.7	360.7	0.0	0.1	0.1	360.6
合 計	1990年	3,391	322.0	860.6	1,182.6	0.0	14.2	14.2	1,168.4
	1995年	3,753	317.5	867.9	1,185.4	0.0	16.8	16.8	1,168.6
	2000年	3,757	331.9	1,222.5	1,554.4	0.0	18.2	18.2	1,536.2
	2005年	3,821	354.2	1,196.4	1,550.6	0.0	18.1	18.1	1,532.5
	2010年	4,000	399.6	1,014.9	1,414.5	0.0	17.7	17.7	1,396.8
	潜在量	4,630	612.2	1,970.4	2,582.6	0.0	21.1	21.1	2,561.5

(注) ステンレス鋼の場合、1992年に関して求めた数字を1990年の値とした。

図 S.3 1990年から2010年までの省エネルギー効果の総括

(原油換算万kl)



	1990年	2000年	2010年	潜在量
製品使用による省エネ効果 (原油換算万 kl)	-376	-543	-440	-788
鋼材削減による省エネ効果 (原油換算万 kl)	-106	-110	-130	-199
高機能化による増エネ効果 (原油換算万 kl)	+5	+6	+6	+7
省エネ効果の合計 (原油換算万 kl)	-477	-647	-565	-980
鉄鋼製造全体のエネ消費に占める重み (%)	-7.5	-10.8	-9.8	-17.0
日本の1次エネ総供給に占める重み (%)	-0.9	-1.1	-0.9	-1.6

以上の結果から高機能化鋼材を製造することによって、生産段階のエネルギーは若干増加するが、必要鋼材の削減による省エネルギーや高機能化製品の使用段階における省エネルギー効果がそれよりもはるかに大きく、製造段階から使用段階まで全体を通してみると、大きな省エネルギー効果が得られることがわかった。

これは先行する分析結果(「LCA 的視点からみた鉄鋼製品利用のエネルギー評価調査」、1997年)においても、鋼材輸送の軽減と鋼材利用製品の二次加工省略による省エネルギー効果は、おのれの全体の1%と小さいことが報告されている。これらの結果を総合的にみてLCA 的視点から判断すると、高機能化した鋼材を利用する製品が社会に蓄積されて使用される段階の省エネルギー効果が最も大きいということである。

(2) 高機能化鋼材を用いた製品によるCO₂排出抑制効果の総括

分析対象とした高機能化鋼材を用いた製品がもたらす全体的なCO₂排出抑制効果に関して、1990年、2000年、2010年の三時点とポテンシャル・ケースの結果を図S.4に総括する。製造段階の高機能化によるCO₂排出増加、鋼材削減による省エネルギー、使用段階の高機能化によるCO₂排出減少を要因別に分け、合計のCO₂排出抑制効果が鉄鋼製造全体のCO₂排出や日本のエネルギー起源の総CO₂排出量³に対して持つ重みも示した。

高機能化鋼材を用いた製品によるCO₂排出抑制効果は、1990年の1,168万t-CO₂から2000年の1,536万t-CO₂へ増大した。2000年におけるこのCO₂排出抑制効果の大きさは、鉄鋼製造全体のCO₂排出量に対して8.5%の重みとなり、日本全体のエネルギー起源のCO₂排出量に対しても1.3%の重みとなる。

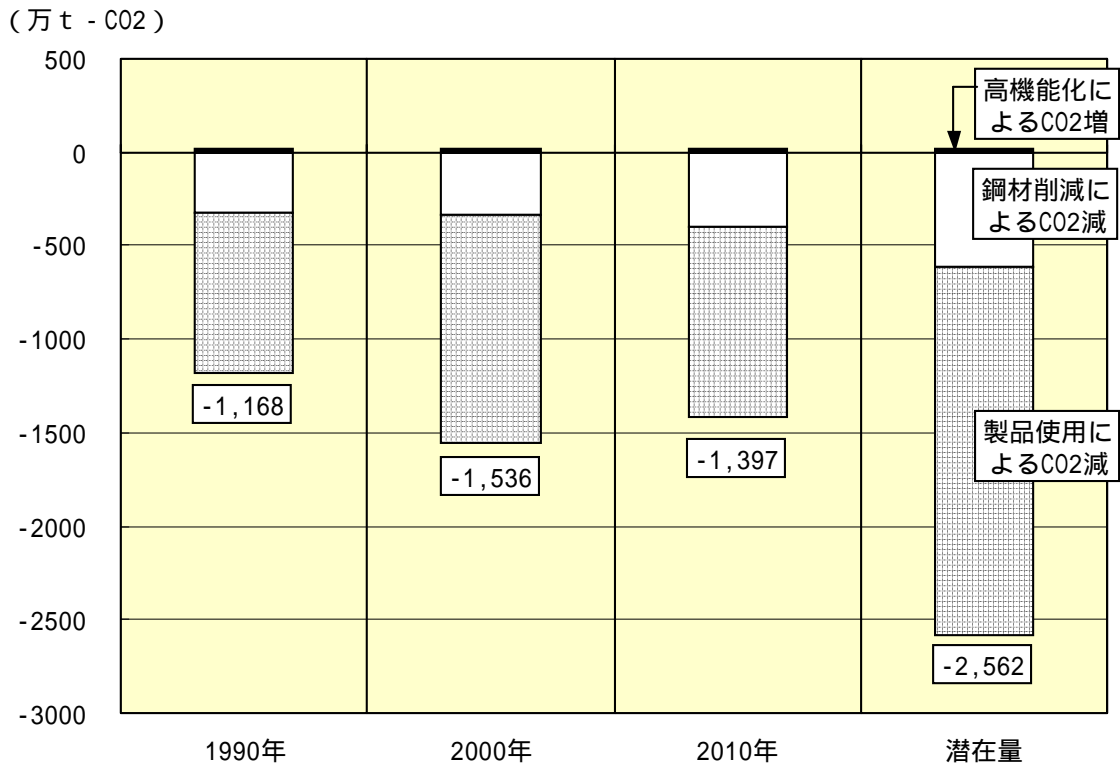
2010年まで現状における高機能化鋼材の利用トレンドを伸ばした推計では、日本の経済全体が基本的に安定飽和状態へ進む将来像を描いており、それぞれの高機能化鋼材の需要状況にも影響されて、2010年のCO₂排出抑制効果の値は1,397万t-CO₂と、2000年よりも減少する。しかし、高機能化鋼材の付加的な拡大を考慮したポテンシャル・ケースでは、2,562万t-CO₂の数字も得られているので、CO₂排出抑制対策が強化されれば、高機能化鋼材によるCO₂排出抑制効果も大きくなる可能性がある。

2000年のCO₂排出抑制効果を要因別にみると、高機能化鋼材を用いた製品の使用段階におけるCO₂排出減少が1,223万t-CO₂で、総計のCO₂排出抑制効果に対して80%を占める。高機能化による鋼材削減がもたらすCO₂排出減少は332万t-CO₂で、22%の重みである。高機能化による製造時のCO₂排出増加は18万t-CO₂でわずか1%の重みに過ぎない。

省エネルギー効果の結果と同様に、生産段階のCO₂排出は若干増加する方向へ向かうが、必要鋼材の削減や高機能化製品の使用段階におけるCO₂排出の減少がそれよりもはるかに大きく、製造段階から使用段階まで全体を通してみると、大きなCO₂排出抑制効果が得られることがわかった。

³ 日本のエネ起源の総CO₂排出量は総合エネルギー統計のエネルギー消費量にCO₂換算係数を乗じて求めたものである(エネルギー・経済統計要覧2002年版を参照)。長期エネルギー需給見通しのCO₂排出量と接続できるので用いた。

図 S.4 1990年から2010年までのCO₂ 排出抑制効果の総括



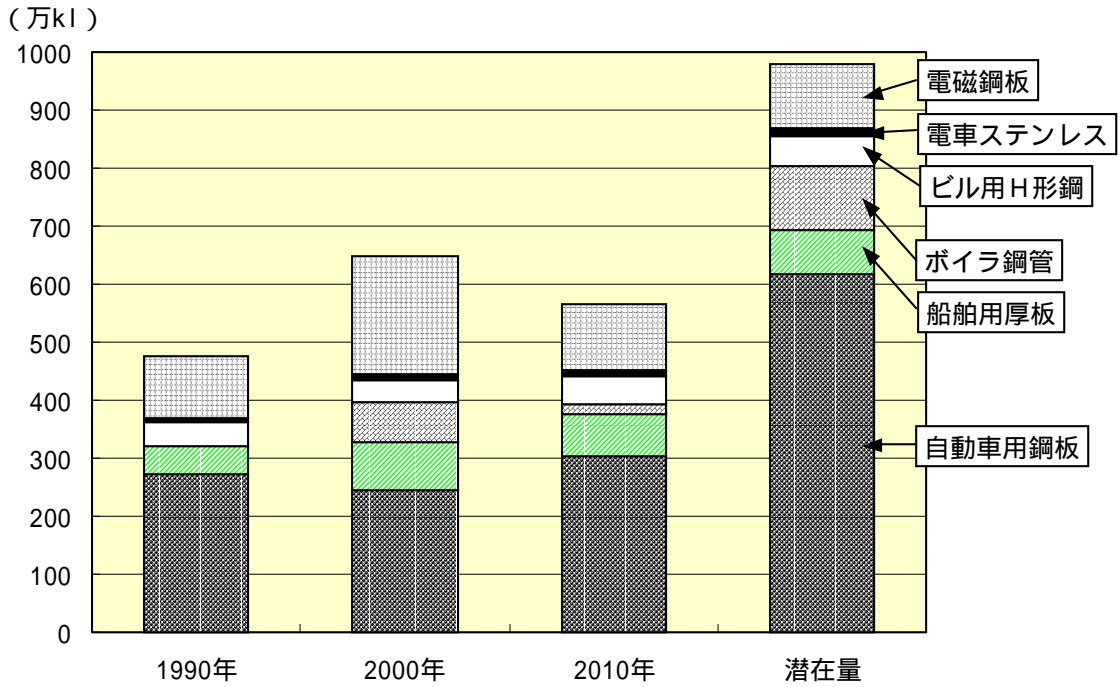
	1990年	2000年	2010年	潜在量
製品使用による CO ₂ 排出抑制効果 (万 t - CO ₂)	-861	-1,223	-1,015	-1,970
鋼材削減による CO ₂ 排出抑制効果 (万 t - CO ₂)	-322	-332	-400	-612
高機能化による CO ₂ 排出抑制効果 (万 t - CO ₂)	+14	+18	+18	+21
CO ₂ 排出抑制効果の合計 (万 t - CO ₂)	-1,168	-1,536	-1,397	-2,562
鉄鋼製造全体の CO ₂ 排出に占める重み (%)	-6.0	-8.5	-7.9	-14.5
日本のエネ起源 CO ₂ 排出に占める重み (%)	-1.1	-1.3	-1.3	-2.4

(3) 高機能化鋼材を用いた製品ごとにみた省エネルギー効果と CO₂ 排出抑制効果

今回の調査で分析の対象とした六種の高機能化鋼材を用いた製品ごとに、高機能化鋼材がもたらす省エネルギー効果を図 S.5 に、CO₂ 排出抑制効果を図 S.6 にまとめる。

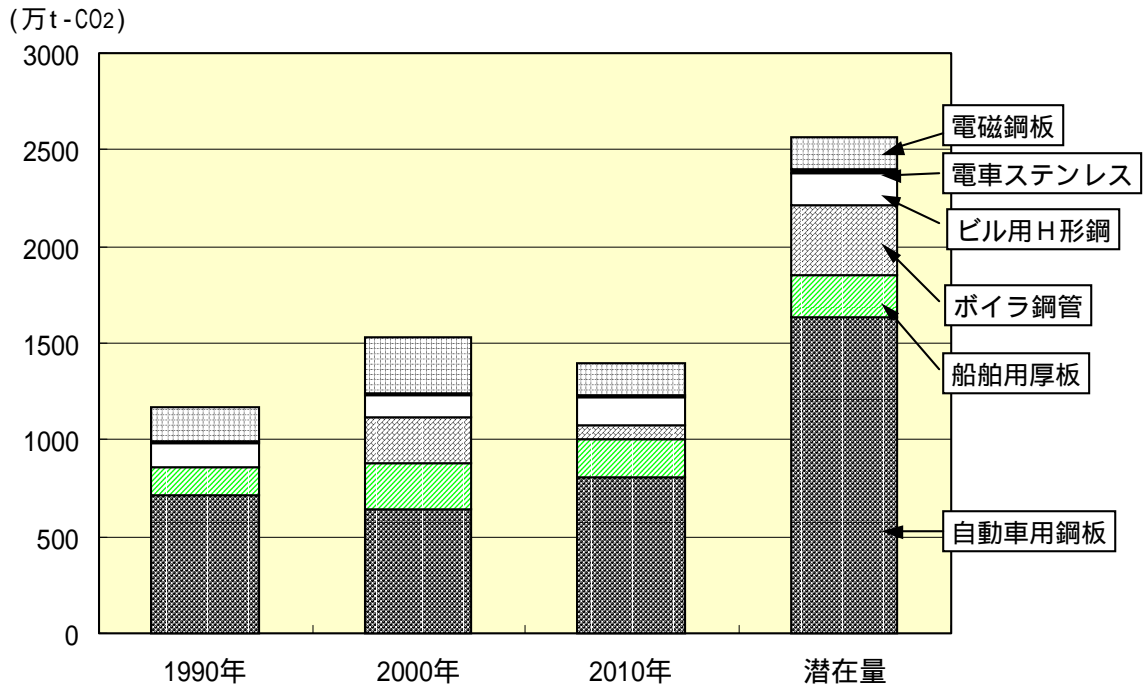
省エネルギー効果でも CO₂ 排出抑制効果でも、2000 年の効果は自動車用鋼板、トランス用電磁鋼板、船舶用厚板、発電用ボイラ鋼管、ビル用 H 形鋼、電管用ステンレス鋼板の順番で小さくなっている。電力の平均 CO₂ 排出原単位は相対的に小さいので、トランス用電磁鋼板のようにエネルギー消費に比べて CO₂ 排出では重みが低下するものもある。

図 S.5 1990年から2010年までの高機能化鋼材利用製品ごとの省エネルギー効果



(注) 潜在量は高機能化拡大のポテンシャルである。

図 S.6 1990年から2010年までの高機能化鋼材利用製品ごとのCO₂ 排出抑制効果



(注) 潜在量は高機能化拡大のポテンシャルである。

2000 年で船舶のリブレースによる建造需要や旧式トランスのリブレースによる需要はピークを打つという見方が一般的であるので、船舶用厚板やトランス用電磁鋼板による省エネルギー効果や CO₂ 排出抑制効果は、2000 年時点よりも将来若干ではあるが縮小する可能性が大きいとみられる。

電車用ステンレス鋼板に関しても、ステンレス鋼の電車製造が概ね横ばいと予測されているので、効果の大幅な増加は期待できない。発電用のボイラ鋼管に関しては、石炭火力発電所の建設計画で大きく左右される。この場合は、高機能鋼材の使用量が少ない割にきわめて大きな使用段階の省エネルギー効果があるので、今後のポテンシャルは大きい。ここに示したポテンシャル・ケースは、従来型で建設予定の石炭火力をボイラー入口温度をより高温に耐える高機能型のものに置き換えることで推計した結果である。

以上のような個別の高機能鋼材を利用する製品で予想される将来需要の特性から、今後 2010 年にかけては高機能鋼材による省エネルギー効果や CO₂ 排出抑制効果の中で、自動車鋼板の持つ重みが相対的に増すことが推測される。

ここで強調したい点は、高機能化鋼材による製品のどれがより大きな省エネルギー効果や CO₂ 排出抑制効果を有しているという点ではない。高機能化鋼材を利用する製品のそれぞれの特性によってもたらされる効果は異なるが、いずれの高機能化鋼材を利用する製品も、高機能化によるエネルギー増加や CO₂ 排出増加を打ち消してあまりある省エネルギー効果や CO₂ 排出抑制効果が、鋼材削減や製品使用によって得られる点である。

この点を考慮すると、製造から輸送、加工、使用までその製品の総合的な視点（LCA 的視点）に立って、高機能化鋼材の普及を促進し、合理的な省エネルギー対策や CO₂ 排出抑制対策を図っていく方向を目指すことが重要である。

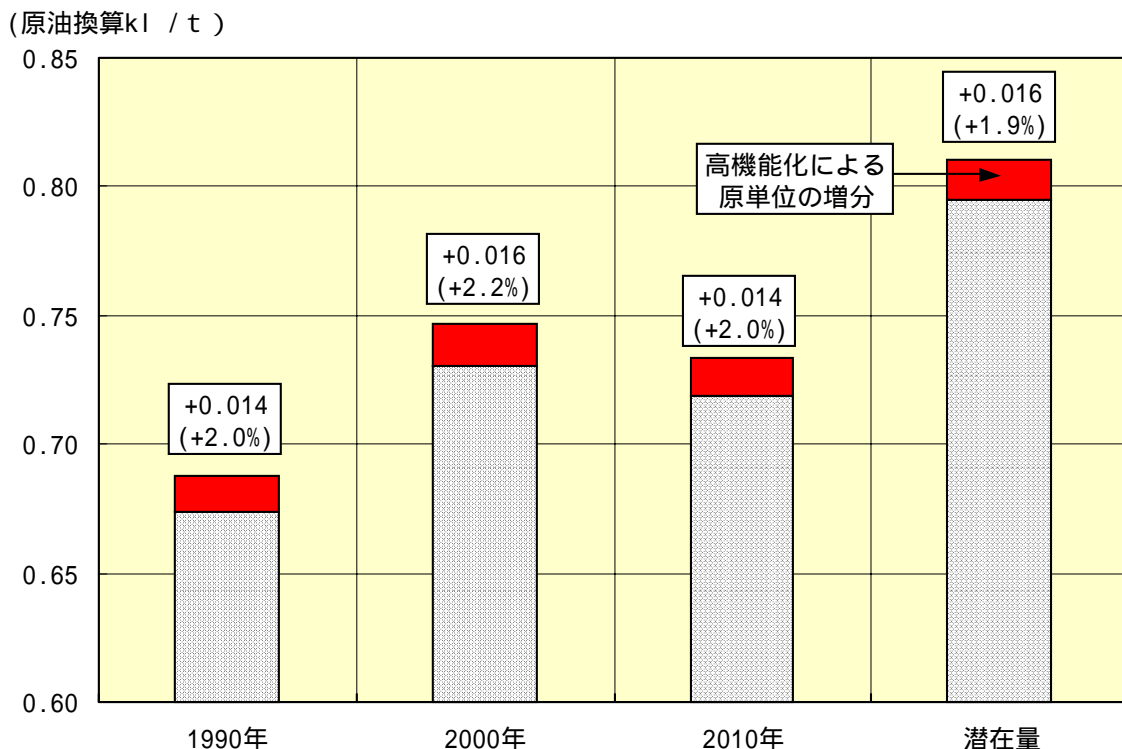
(4) 鋼材の高機能化による製造時のエネルギー消費原単位の変化

分析対象とした六種の高機能化鋼材の製造エネルギーを求め、鋼材 1t 当たりのエネルギー消費原単位を算出して、従来鋼材の製造エネルギーとの差分から高機能化による消費原単位の増加を求めた結果が図 S.7 である。

この結果をみると、分析対象とした高機能化鋼材の製造エネルギー原単位は、従来鋼材の製造エネルギー原単位に比べて平均的に 1.9~2.2%程度増加することが分かる。

それに対して、この図で示したように、高機能化鋼材を利用する製品が使用段階で持つ省エネルギー効果を高機能化鋼材の使用量当たりで求めた数字は、実は高機能化鋼材の平均的な製造エネルギー原単位を 1.5~2.1 倍と大幅に上回る結果となる。ここでは鋼材量当たりの原単位を検討しているので、鋼材削減による省エネルギー効果は含めていない。

図 S.7 製造エネルギー原単位の高機能化による増加分と
使用段階の省エネルギー効果が持つ重み



	1990年	2000年	2010年	潜在量
鋼材の製造エネ原単位 (原油換算 kl/t)	0.688	0.747	0.733	+0.811
高機能化による増加分 (原油換算 kl/t)	+0.014 (+2.0%)	+0.016 (+2.2%)	+0.014 (+2.0%)	+0.016 (+1.9%)
増加分が原単位に占める重み (%)				
鋼材当たり製品使用の省エネ (原油換算 kl/t)	-1.109 (1.61倍)	-1.446 (1.94倍)	-1.101 (1.50倍)	-1.702 (2.10倍)
省エネの原単位に対する倍率 (倍)				

(注) 上段は高機能化による原単位の増加分、下段の%の数字は増加分が原単位に占めるみである。

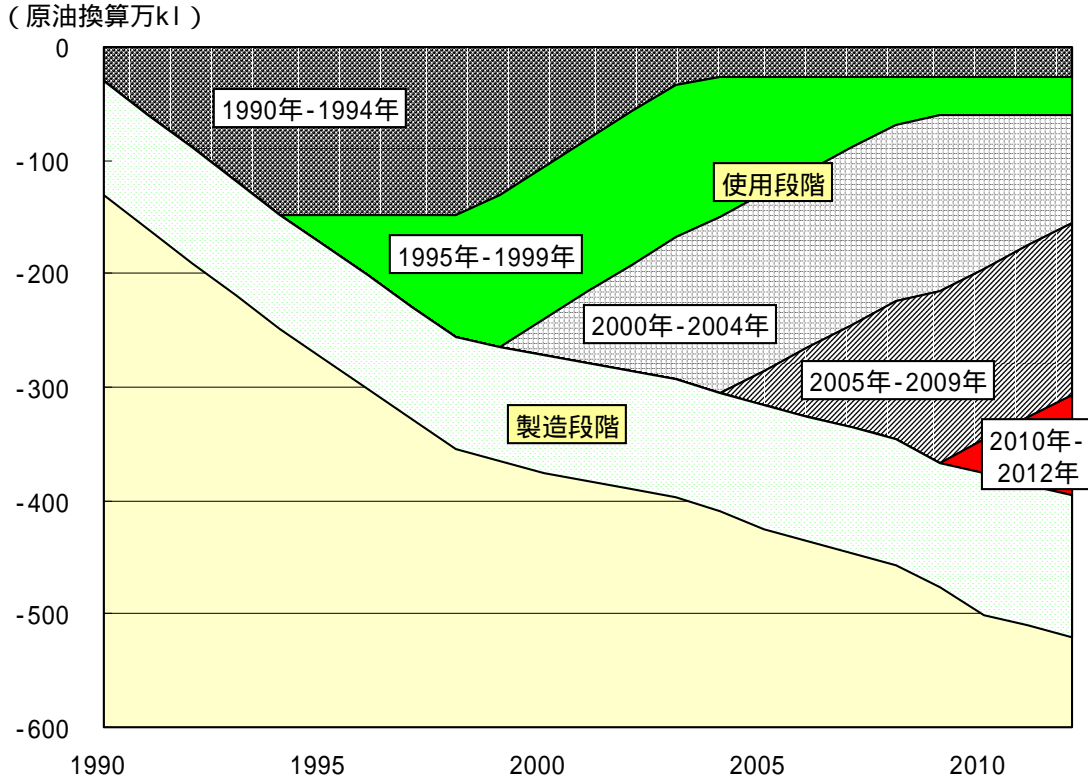
図 S.7 は、高機能化鋼材を利用する製品がもたらす使用段階の省エネルギー効果が、いかに大きいかを示している。すでに述べたように、鉄鋼製品の高機能化は、製造段階を局所的に検討するのではなく、製造から使用までの全段階において LCA 的な総合的な視点に立って、省エネルギー対策や CO₂ 排出抑制対策を考えることの重要性を示している。

(5) 高機能化鋼材を用いた鉄鋼製品によるダイナミックな視点からみた
省エネルギー効果と CO₂ 排出抑制効果

ここまで整理した高機能化鋼材を用いた製品による省エネルギー効果や CO₂ 排出抑制効果は、鉄鋼製品の使用期間全体にわたる効果を製造時点(年)にすべて集約して総括し

たものである。しかし、高機能化鋼材を用いた製品の使用段階における省エネルギー効果やCO₂排出抑制効果は、その製品の使用期間全体にわたって毎年その効果を発揮し、実際の統計データに反映されてくるものである。この意味では、使用段階における省エネルギー効果やCO₂排出抑制効果を経年的にとらえ、毎年の製造段階における鋼材削減効果と合わせた、経時変化として評価する考え方もある。

図 S.8 高機能化鋼材を用いた製品による LCA 的な省エネルギー効果の経時変化



	1990年	1995年	2000年	2005年	2010年
使用段階の省エネ効果 (原油換算万kl)	-30	-175	-272	-316	-376
製造段階の省エネ効果 (原油換算万kl)	-101	-100	-104	-110	-124
省エネ効果の総計 (原油換算万kl)	-131	-275	-376	-426	-500
鉄鋼製造全体のエネ消費に占める重み (%)	-2.0	-4.5	-6.2	-7.2	-8.7
日本の1次エネ総供給に占める重み (%)	-0.2	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8

今回の分析結果に基づいて、高機能化鋼材を用いた製品による省エネルギー効果を効果が現れる時点に基づいて整理した結果を図 S.8 に示す。1990 年、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年という五時点の分析結果があるので、1990 年～1994 年は 1990 年と同じ製品の製造・使用が行われ、1995 年～1999 年は 1995 年と同じ製品の製造・使用が行われるという仮定を置いて 2010 年以降まで順次考えた⁴。図 S.8 には京都議定書の目標基準年である 1990 年から第一約束期間の最終年次である 2012 年までの効果を示した⁵。

この結果をみると、高機能化によって鋼材削減を中心とする製造段階の省エネルギー効果が毎年同程度の大きさで働くことに加えて、高機能化鋼材を用いた製品による使用段階の省エネルギー効果が年々累積して大きく効くことがわかる。

例えば、京都議定書の目標基準年である 1990 年を分析の出発点にすると、1990 年の省エネルギー効果は原油換算 131 万 kl で、これは鉄鋼製造全体のエネルギー消費量に対して 2%、日本全体の一次エネルギー総供給量に対して 0.2% の大きさである。使用段階の省エネルギー効果が累積して発揮されるため、トータルの省エネルギー効果は年々増加し、2000 年には原油換算 376 万 kl に達する。2000 年の省エネルギー効果は、鉄鋼製造全体のエネルギー消費量に対して 6.2%、日本全体の一次エネルギー総供給量に対して 0.6% の重みとなる。

この省エネルギーの累積効果はさらに 2010 年以降まで増加を続け、2010 年の省エネルギー効果は原油換算 500 万 kl に達する。2010 年の省エネルギー効果は、鉄鋼製造全体のエネルギー消費量に対して 8.7%、日本全体の 1 次エネルギー総供給量に対して 0.8% の重みを持つに到る。高機能化鋼材の使用段階の省エネルギー効果は、このように毎年累積して経時的な効果を発揮するものである点も忘れてはならない重要な視点である。

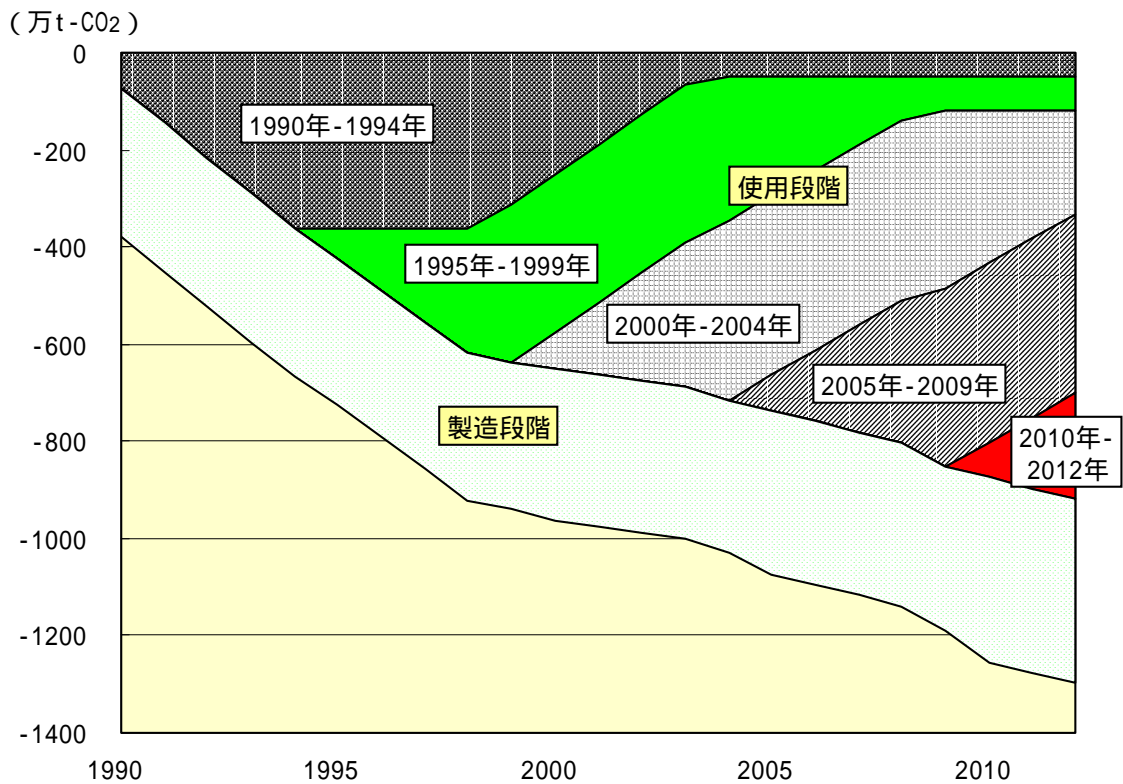
次に、今回の分析結果に基づいて、高機能化鋼材を用いた製品による CO₂ 排出抑制効果を同様の方法で整理した結果を図 S.9 に示す。1990 年の CO₂ 排出抑制効果は 380 万 t - CO₂ で、これは鉄鋼製造全体の CO₂ 排出量に対して 2.0%、日本全体のエネルギー起源の CO₂ 排出量に対して 0.4% の大きさである。使用段階の CO₂ 排出抑制効果が累積して発揮されるため、トータルの CO₂ 排出抑制効果は年々増加し、2000 年には 964 万 t - CO₂ に達する。2000 年の CO₂ 排出抑制効果は、鉄鋼製造全体の CO₂ 排出量に対して 5.3%、日本全体のエネルギー起源の CO₂ 排出量に対して 0.8% の重みとなる。

この CO₂ 排出抑制の累積効果はさらに 2010 年以降まで増加を続け、2010 年の CO₂ 排出抑制効果は 1,257 万 t - CO₂ に達する。2010 年の CO₂ 排出抑制効果は、鉄鋼製造全体の CO₂ 排出量に対して 7.1%、日本全体のエネルギー起源の CO₂ 排出量に対して 1.2% の重みを持つに到る。高機能化鋼材を用いた製品による CO₂ 排出抑制効果は、使用段階の効果が年々累積して全体に対して大きな効果を持つ点に特徴がある。

⁴ ここで高機能化鋼材を用いた六種類の製品の使用段階における省エネルギー効果は、製造年も含めて使用期間の各年に 1 年分の効果を割り振った。鋼材削減を中心とする製造段階の省エネルギー効果は各製造年に帰属させた。使用段階の省エネルギー効果は、毎年の六種類の製品による効果を計上した上で、1990～1994 年、1995 年～1999 年、2000 年～2004 年、2005 年～2009 年、2010 年～2014 年の各 5 年間の効果を集約してまとめた。

⁵ なお、ここで積み上げられている結果は、あくまでも 1990 年以降に生産・利用されている鋼材のみについて評価しているものである。高機能鋼材の開発・普及の歴史を考えれば、1990 年以前に生産され利用されている鋼材の省エネルギー効果が、1990 年以降に実現していることも考えられるが、ここではその効果を考慮していないことについて留意する必要がある。

図 S.9 高機能化鋼材を用いた製品による LCA 的な CO₂ 排出抑制効果の経時変化



	1990年	1995年	2000年	2005年	2010年
使用段階の CO ₂ 排出抑制効果 (万 t -CO ₂)	-72	-425	-650	-737	-875
製造段階の CO ₂ 排出抑制効果 (万 t -CO ₂)	-308	-301	-314	-336	-382
CO ₂ 排出抑制効果の総計 (万 t -CO ₂)	-380	-726	-964	-1,073	-1,257
鉄鋼製造全体の CO ₂ 排出に占める重み (%)	-2.0	-3.9	-5.3	-6.0	-7.1
日本のエネ起源 CO ₂ 排出に占める重み (%)	-0.4	-0.6	-0.8	-1.0	-1.2

1990年から2010年まで使用段階の省エネルギー効果やCO₂排出抑制効果が年々累積して、トータルな省エネルギー効果やCO₂排出抑制効果が持続的に増加する点を考慮すると、LCA的なダイナミックな視点で全体効果を捉えることの重要性をあらためて認識する必要がある。繰り返しになるが、このことは地球環境保全のために社会全体が必要とする高機能化鋼材の製造段階から使用段階まで全体を通して合理的でかつタイムリーな省エネルギー対策やCO₂排出抑制対策を選択・実行することが重要であることを示している。

4. 結果の考察（インプリケーション）

今回の調査分析の結果、鋼材の高機能化は、製造エネルギーの増加とCO₂排出量の若干の増大をもたらす方向に働くが、高機能化した鋼材を利用する製品がとくに使用段階で、製造段階の増エネルギー等をはるかに上回る省エネルギー効果やCO₂排出抑制効果をもたらすことがわかった。

鋼材の高機能化の今後の可能性は、表S.5に示すように、今回調査した以外の鋼材に関しても多数のものが、顧客のニーズに対応して、技術開発が進められ、普及促進が行われている。これらの高機能化鋼材が果たす役割に関しても、製造から使用まで総合的な視点に立って分析・検討を加えていくことが重要である。

表S.5 高機能化鋼材を用いた製品の普及を促進する新技術の例

分野	鋼材の新技術	高機能化の内容と省エネルギーの考え方
建築・土木	チタンクラッド鋼	港湾・海洋構造物の長寿命化による鋼材節減と補修減
	590-790N級形鋼	高層建築物の鋼材削減
	FR鋼（耐火鋼）	耐火被覆材の吹き付け加工の省略
	180 [*] 級高張力鋼線	長大橋に使用して吊り線と支柱鋼材の節減
エネルギー	高温高強度鋼	ボイラ部材に使用し超々臨界圧発電の効率上昇
	高強度高靱性鋼	大規模水力発電所の揚水による電力貯蔵で電力需要変動の吸収
自動車	高耐熱ステンレス鋼	排気系の耐熱性改善によってエンジン燃焼効率向上
	高強度鋼	超軽量鋼製車体の開発による高強度鋼比率増で軽量化
	変体誘起塑性鋼板	従来適用できなかった高度加工部材の軽量化
	電磁鋼板	電気自動車モーターに適用して動力系の総合的省エネルギー
鉄道	熱処理レール	損傷防止および硬化加工により長寿命化
船舶	耐アレスト性鋼	長寿命化で鋼材節減
	ステンレス鋼 ハニカム	ジェットフォイルやテクノスーパーライナーへの適用による燃料節減
家電・情報	プレコート鋼板	効率的加工で二次加工の一部省略
	潤滑性鋼板	需要家でのプレス加工油・脱脂処理の設備の省略とエネルギーの削減
容器	ブリキ鋼板	ダイアカット等の缶加工技術によるさらなる薄肉化
廃棄物	耐食性材料	都市ごみ・廃棄物発電に供し得る耐食性材料の開発・普及促進により、熱回収効率を向上

（出所）（社）日本鉄鋼連盟、「LCA的視点からみた鉄鋼製品利用のエネルギー評価調査」

今回の分析結果から、鉄鋼製品の高機能化は、個別の段階の省エネルギー対策やCO₂排出抑制対策を検討するのではなく、製造から使用までの全段階において、LCA的な総合的な視点に立って合理的な省エネルギー対策やCO₂排出抑制対策をタイムリーに選択・実行するという考え方が重要である。

この考え方に立つと、製造から使用まで製品の利用チェーンに係わるすべての産業が相互の連関を理解し、トータルでより大きな省エネルギー効果や CO₂ 排出抑制効果を発揮できるように、産業間の融合対策を工夫するという視点が重要である。

材料の高機能化は、使用段階まで含めてトータルでみると省エネルギーや CO₂ 排出抑制の視点で重要な役割を果たすものである。その意味で今後もこうした大きな効果を発揮できる高機能化材の研究開発は大いに進めるべきである。

さらに、日本が開発・普及したこのような高機能化鋼材は、今後発展が予想されるアジアの途上国の省エネルギーや CO₂ 排出抑制に大きな役割を果たすことが期待される。このような日本の高度技術をアジア途上国中心に技術移転して、グローバルな視点から省エネルギーや CO₂ 排出抑制に貢献させるという政策面での強力な支援が望まれている。

お問い合わせ： ieej-info@tky.ieej.or.jp