

NIMS-EMC 材料環境情報データ No.4
**鉄スクラップの消費動向とその拡大技術
シナリオのLCA的検討**

はじめに

環境の世紀とも呼ばれる21世紀になって、経済活動や生活のあらゆる局面で地球環境を考慮した改変が進んでくるようになってきています。そのような中で素材や材料は、あらゆる製品をかたちづくっている存在であり、かつ、資源として地球環境圏から取り出され、廃棄物として地球環境圏に戻される、地球環境に密接に係わった存在でもあります。それゆえ素材の製造者だけでなく、製品の製造者、使用者、さらには処理に係わる人達すべてが、使用されている素材に対して、その素材に係わる環境負荷やリサイクルのしやすさ・状況等を的確に知り資源生産性の向上や持続可能な社会に向けた選択に生かして行くことが重要です。

しかし、そのために必要な材料の環境負荷や循環に対する情報はまだあまり整備されておられません。中には一部の側面だけを肥大化させた情報などが散見され判断に困る場合も出てきています。

このような状況に対し、エコマテリアル研究センターでは、信頼性における材料環境情報の整備が物質・材料研究の中核機関として欠くことのできない努めであると判断し、ここに、NIMS - EMC材料環境データをシリーズとして発行する事にしました。なお、NIMSは物質・材料研究機構 (National Institute for Materials Science) の略、EMCはエコマテリアル研究センター (EcoMaterials Center) の略です。データ集やデータベースとは若干赴きは異なりますが、専門家による綿密な聞き込み調査などをもとに統計資料などでは得られない材料の製造や循環に係わるデータや、LCA的な考察に不可欠の材料データなどを提供して行きたいと考えております。

2004年

物質・材料研究機構

エコマテリアル研究センター長

原田 幸明

目次

要旨

- 1 . はじめに
- 2 . 余剰鉄スクラップへの技術対応シナリオの LCA による検討
 - 2 . 1 . 鉄鋼製造工程別 LCI
 - 2 . 2 . 既存の LCI 文献値について
 - 2 . 3 . 転炉・電気炉への投入原料の現状
 - 2 . 4 . 余剰鉄スクラップへの技術対応ナリオの LCA による検討
 - 2 . 5 . 小括
- 3 . 鉄スクラップ量の 2010 年の予想
 - 3 . 1 . 日本鉄鋼業の現状
 - 3 . 2 . 鉄スクラップの供給・需給の現状
 - 3 . 3 . 鉄スクラップの過去 10 年間の推移
 - 3 . 4 . 老廃鉄スクラップ量の 2010 年の予想
 - 3 . 5 . 老廃鉄スクラップの需要分野別発生量の予想
 - 3 . 6 . 自家発生鉄スクラップの過去 10 年間の推移
 - 3 . 7 . 加工鉄スクラップの過去 10 年間の推移
 - 3 . 8 . 小括
- 4 . 総括

引用文献

<要旨>

将来増大すると予想されている鉄スクラップを転炉・電気炉に本格的投入をする場合、鉄スクラップと高炉銑の価格は重要な因子であるとしても、価格問題は別の局面として、以下の3つの技術的対応シナリオについてLCAを用いてCO₂負荷の比較検討を行った。

シナリオ1：電気炉の鉄スクラップ配合率を100%まで高める。

シナリオ2：電気炉の生産比率を現状より10%高める。

シナリオ3：転炉の鉄スクラップ配合率を現状より10%高める。

検討の結果、シナリオ1は、鉄スクラップ投入量も少なくCO₂負荷低減効果も小さく、技術的にも困難である。シナリオ2は、鉄スクラップ投入量は一番多いが、CO₂負荷低減効果が小さい。また、電気炉生産量の拡大は、技術的問題がないとしても、電気炉業界の再活性化問題とも関連して困難が伴うであろう。シナリオ3は、鉄スクラップ投入量も多く、CO₂負荷低減効果がシナリオ2の約2倍であり、今後物理的選別技術の向上やリサイクル工程を考慮した品質設計などにより鉄スクラップの品質向上も期待されるので、技術的にもLCA的にも鉄スクラップの転炉への本格的投入が、今回検討した3つのシナリオの内一番望ましいシナリオである。

次に、過去10年間の需要分野別鉄スクラップ^oの発生傾向を分析して、2010年ごろの余剰鉄スクラップの量的検討を行った。1990年度以来現在まで、供給量が消費量を約500万トン上回る状態で推移してきている。それに加えて、2010年ごろには老廃鉄スクラップが約300万トン増加すると予想される。従って、2010年ごろには、約800万トンの余剰鉄スクラップが存在すると予想される。

1. はじめに

21世紀に入り世界の鉄鋼業は、新たな時代を迎えつつある。特に中国を中心とするアジア

の鉄鋼業の急速な発展に伴う、拡大する鉄鋼需給に対して、最先端の技術力と安定した国内生産基盤を有し、鋼材輸出力もある日本鉄鋼業は、今後ますますその重要性を増すものと考えられる。

本来、鉄鋼業は回収された鉄スクラップを再溶解してリサイクルする工程がビルトインされた工業で、鉄スクラップは貴重な資源であり、今後 10 年間の鉄スクラップの動きを検討することは、日本鉄鋼業の動きを考える上で重要である。現在、鉄スクラップは国内で粗鋼生産の約 35%に相当する大きな量が発生し、今後鋼材備蓄量の増大に伴い鉄スクラップの発生量が増加すると見られている。

本報では、技術的選択肢として鉄スクラップの転炉・電気炉への本格的投入の拡大がありうるとして、その場合の幾つかの生産体制におけるCO₂発生量の変化をLCAにより検討した。ただし、鉄スクラップの大量投入に伴う製造上の問題点、及び鉄スクラップの品質問題などについては、更に詳細な検討が必要のため本報告の範囲外とした。

また、主に過去 10 年間の需要分野別鉄スクラップの発生傾向を分析して、2010 年度の鉄スクラップ発生量の推定を試みた。

2．余剰鉄スクラップへの技術対応シナリオの LCA による検討

2．1．鉄鋼製造工程別 LCI

表 1．鉄鋼製造単位工程の原単位

項目	単位	焼結	ペレット	コークス	製鉄	転炉	電気炉
発生ガス等							
発生COG	m3			408.2			
発生BFG	m3				1,594.9		
発生LDG	m3					106.2	
発生EFG	m3						3.2
原材料							
銑鉄	kg					1,031.6	62.9
コークス	kg	44.9	8.5	1.4	427.6	3.3	6.4
焼結銑	kg				1,239.8	1.8	
ペレット	kg	2.8			121.2	0.0	0.0
鉄くず	kg				0.1	9.9	29.4
鋼くず	kg				0.2	70.7	994.1
鉄鉱石	kg				264.2	14.6	0.0
石灰石	kg	140.8	29.2		1.8	2.0	0.4
ドロマイト	kg	4.9	52.4		0.2	6.6	0.3
電極	kg					0.0	2.7
燃料							
灯油	l					0.0	2.8
軽油	l					0.0	0.0
A重油	l	0.0		0.1	0.0	0.1	1.4
B重油	l	0.0					0.1
C重油	l	0.0	0.5		0.2	0.0	0.1
炭化水素油	l				2.8		
LPG	kg	0.0		0.0	0.2	0.7	0.1
石油コークス	kg			8.7	1.9		0.5
石炭(コークス用)	kg			1,451.0	21.4	0.0	
石炭(コークス除)	kg	7.8	18.8		70.4	2.4	0.0
コークス炉ガス	m3	0.0	13.6	59.9	19.7	4.5	1.0
高炉ガス	m3	1.7		575.2	385.1	0.1	0.0
転炉ガス	m3	0.6		9.3	16.1	0.1	0.1
電炉ガス	m3	0.2					
LNG	m3						0.2
都市ガス	m3	0.0		0.0	0.2	0.0	0.5
酸素	m3				19.7	59.5	31.9
電力							
自家発電	kwh	11.1	19.7	11.1	23.3	28.7	156.9
購入電力	kwh	25.6	45.3	25.6	38.9	21.5	337.7

鉄鋼原料工程として、焼結、ペレット及びコークス、また、高炉からの銑鉄、転炉及び電気炉からの粗鋼製造工程のそれぞれの単位工程 LCI は、1995 年ごろ未踏技術協会の「環境負担性評価委員会」で求められている¹⁾。委員会で求められた焼結、ペレット、コークス、銑鉄、転炉及び電気炉のそれぞれの単位工程原材料及び燃料の原単位とそれぞれの工程で発生するガスをまとめて表 1 に示す。

表 2 は、本報告で使用した単位燃料および単位電力に使用したCO₂排出係数をまとめて示す²⁾。

表 2 . CO₂排出係数

項目		kg-CO ₂ /単位
石灰石	kg	0.435
ドロマイト	kg	0.471
灯油	l	2.492
軽油	l	2.624
A重油	l	2.710
B重油	l	2.848
C重油	l	2.986
炭化水素油	l	3.223
LPG	kg	3.002
石油コークス	kg	3.311
石炭(コークス用)	kg	2.464
石炭(コークス除)	kg	2.506
石炭コークス	kg	3.251
コークス炉ガス	m ³	0.850
高炉ガス	m ³	0.880
転炉ガス	m ³	1.531
電炉ガス	m ³	1.571
LNG	m ³	2.692
都市ガス	m ³	2.108
電極	kg	3.667
自家発電	kwh	0.602
購入電力	kwh	0.378

表 1 及び表 2 から求めた鉄鋼単位工程のそれぞれの製品 1 トン当り kg - CO₂排出量を表 3 に示す。なお、CO₂排出量算定の境界条件は、国内での排出分の算定を基本とした。即ち、鉄鉱石など原料の海外での採掘処理、船での輸送など伴う負荷は算定していない。鉄鋼生産時の負荷としては、原料ではコークス、焼結鉱、ペレット、石灰石、ドロマイト、電気炉電極などの負荷、使用した燃料の負荷、また電力負荷は自家発電と購入電力とに分けて算定した。コークス炉、高炉、および転炉で発生するガスは、他の工程で有効に使用されていることから、その負荷を除いて算定した。電気炉は電気炉ガスが他で有効に使用されていない現状から、その主な発生源である電極の消耗によるCO₂排出量を算出し負荷とした。

これらの値を用いて検討した結果、高炉で銑鉄 1 トンを生産する時のCO₂排出量は 961kg である。転炉で粗鋼 1 トン生産する時、銑鉄を 1,024kg、鉄スクラップを 80kg使用するので、銑鉄のCO₂負荷は 961kg、鉄スクラップのCO₂負荷はゼロと仮定して計算すると 884kgのCO₂

排出量となる。これに対して、電気炉では、銑鉄を 36kg、鉄スクラップを 1,000kgと多量に使用するので、330kgのCO₂排出量となり、かなりCO₂負荷が低減することが分かる。

表3．鉄鋼単位工程のトン当たりk g - CO₂排出量

項目	単位	焼結	ペレット	コークス	製銑	転炉	電気炉
発生ガス等							
発生COG	m ³			-347			
発生BFG	m ³				-1,404		
発生LDG	m ³					-163	
発生EFG	m ³						
原材料							
銑鉄	kg					991	60
コークス	kg	146	28	5	1,390	11	21
焼結銑	kg				309	2	
ペレット	kg	0			19	0	0
鉄スクラップ	kg				0	0	0
石灰石	kg	61	13	0	1	1	0
ドロマイト	kg	2	25	0	0	3	0
電極	kg						10
燃料							
灯油	l	0	0	0	0	0	7
軽油	l	0				0	0
A重油	l	0	0	0	0	0	4
B重油	l	0	0	0	0	0	0
C重油	l	0	2	0	1	0	0
炭化水素油	l	0	0	9	0	0	0
LPG	kg	0	0	0	1	2	0
石油コークス	kg	0	0	29	6	0	2
石炭(コークス用)	kg	0	0	3,575	53	0	0
石炭(コークス除)	kg	19	47	0	176	6	0
コークス炉ガス	m ³	0	12	51	17	4	1
高炉ガス	m ³	1	0	506	339	0	0
転炉ガス	m ³	1	0	14	25	0	0
電炉ガス	m ³	0	0	0	0	0	0
LNG	m ³	0	0	0	0	0	1
都市ガス	m ³	0	0	0	0	0	1
電力							
自家発電	kwh	7	12	7	14	17	94
購入電力	kwh	10	17	10	15	8	128
合計		249	154	3,859	961	884	330

2.2. 既存の LCI 文献値について

環境負担評価委員会の原単位に基づいて算出した本報告の鉄鋼単位工程のCO₂排出量を既存の文献値と比較した結果を表4に示す。

転炉・電気炉向けの高炉銑鉄のCO₂排出量として、本報告は 961kgとしたが、日本LCAフ

オーラムのデータ³⁾は、鋳物銑用高炉銑として 887kgとしている。

本報告の高炉 転炉の粗鋼のCO₂排出量は 884kg、これに粗鋼からの冷間圧延歩留まりを 87%として、冷間圧延工程のプロセスにおけるCO₂排出量 270kgを考慮すると、高炉 転炉工程の冷間圧延鋼板は、1,231 kgとなる。高炉 転炉工程の冷間圧延鋼板

表 4 . 既存の LCI 文献値との比較

文献出所	高炉銑	備考
NIMS ⁸⁾	961	転炉用高炉銑
LCAデータベース ¹⁰⁾	887	鋳物用高炉銑

文献出所	高炉-転炉	備考	電炉	備考
NIMS ⁸⁾	1,231	冷間圧延鋼板	330	電炉粗鋼
LCAデータベース ¹⁰⁾	1,432	冷間圧延鋼板	431	条鋼
成田・稲葉 ¹¹⁾	2,410	冷間圧延鋼板	530	条鋼
BUVAL ¹²⁾	2,970	ブリキ	1,260	ブリキ
土木学会推奨値 ¹³⁾	1,504	高炉材	469	電気炉材

の既存LCIデータは、4種類のデータがある。日本LCAフォーラムのデータベースの冷間圧延鋼板CO₂排出量は 1,432kg、成田ら⁴⁾は、2,410kg、ヨーロッパのデータであるが、BUVAL⁵⁾のブリキのデータは 2,970kg、また、土木学会⁶⁾が推奨している高炉材CO₂排出量は 1,504kgとされている。

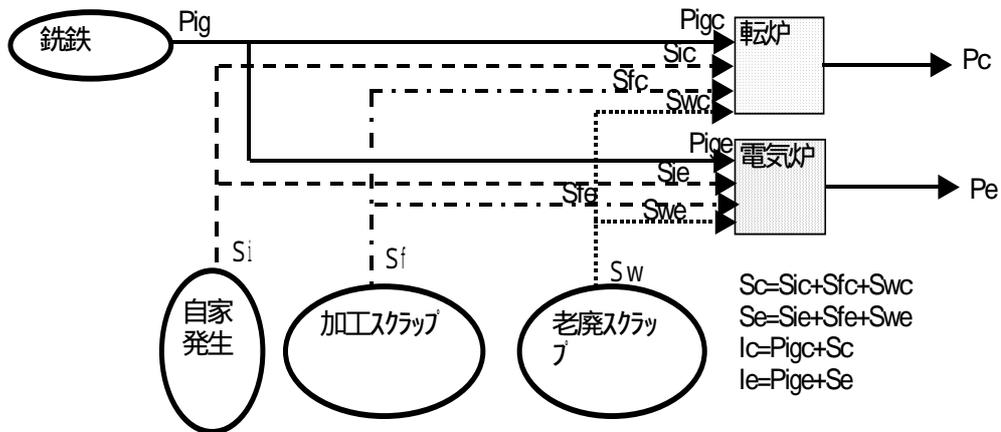
本報告の高炉 電気炉の粗鋼のCO₂排出量は 330kgである。参考となるデータとして、電気炉から条鋼のデータとして、日本LCAフォーラムの 431kgと成田らの 530kgというデータがある。土木学会の推奨値として電気炉材 469kgというデータもある。

本報告のLCIデータが、やや小さい傾向があるのは、境界条件を国内でのCO₂排出にしたためであるかもしれない。また、既存のLCI文献値は、前提条件や境界条件が明確でないものも多く、ここでは参考としてまとめてみたに過ぎないこととお断りしておく。

2.3. 転炉・電気炉への投入原料の現状

転炉・電気炉への銑鉄及び各種鉄スクラップのマテリアルフローを、本報告で使用する各記号で図 1 に示す。

図 1 . 転炉・電気炉への銑鉄及び各種鉄スクラップのマテリアルフロー



2001年度の銑鉄及び転炉と電気炉からの粗鋼生産実績は、表5に示す。銑鉄の生産は、約7,900万トンである。粗鋼は、転炉で約9,400万トン、電気炉で約2,800万トン生産されている。転炉での生産の粗鋼が72.5%を占め、電気炉の3倍近く生産している。

表 5 . 銑鉄・粗鋼生産実績 (2001年度)

		記号	単位:万t	シェア
銑鉄	高炉銑	Pig	7,897	
粗鋼	転炉鋼	Pc	7,397	72.5%
	電炉鋼	Pe	2,809	27.5%
鋳物		Scast	417	

銑鉄の需給実績は、表6に示すように、供給として国内生産が約7,900万トンで輸入は僅か17万トンに過ぎない。消費は、転炉が約7,575万トン、電気炉が約102万トンで、転炉が大部分の93%を消費している。その他、鋳物用としてわずかに69万トンが消費されている。

表 6 . 銑鉄需給実績 (2001年度)

		記号	単位:万t	配合比 (%)
供給	国内生産		7,897	
	輸入		17	
消費	転炉鋼	Pigc	7,575	92.7
	電炉鋼	Pige	102	3.4
	鋳物用	Pigcast	69	

鉄スクラップの需給は、表7に示すように、供給として、鉄鋼工程での自家発生鉄スクラップが約1,200万トン、購入市中鉄スクラップが約3,500万トンで、輸入鉄スクラップは1

万トンと非常に少ない。鉄スクラップの消費は、転炉で約 600 万トン、電気炉で約 2,900 万トンとなり、電気炉で 96.6%と大部分が消費されている。その他、鋳物用に約 600 万トンが消費されている。

表 7 . 鉄スクラップ 需給実績 (2001 年度)

		記号	単位:万t	配合率(%)
供給	自家発生		1,228	
	購入市中		3,480	
	輸入		1	
消費	転炉鋼	Sc	595	7.3
	電炉鋼	Se	2,895	96.6
	鋳物用他	Scast	572	

自家発生鉄スクラップの内訳は、高炉メーカーが約 750 万トン、電気炉メーカーが約 250 万トン、鋳物メーカーが約 220 万トンを供給している。高炉メーカーの自家発生鉄スクラップは、約 300 万トンが高炉で消費されていて、転炉で消費されている鉄スクラップは、約 450 万トンであると推定されている。

購入市中鉄スクラップは、鉄源協会のアンケート調査により、加工鉄スクラップと老廃鉄スクラップに分類されていて、加工鉄スクラップが約 630 万トン、老廃鉄スクラップが約 2,850 万トンとされている。輸入鉄スクラップは 1 万トンと非常に少ない。

以上、転炉・電気炉への銑鉄及び各種鉄スクラップの 2001 年度の使用実績としてのマテリアルフローをまとめて表 8 に示す。

表 8 . 転炉・電気炉への銑鉄及び各種鉄スクラップのまとめ

鉄源	供給	消費		備考
Pig	7,746	Pigc	7,575	転炉向け銑鉄
		Pige	102	電気炉向け銑鉄
		lc	8,170	転炉消費鉄源
		le	2,911	電気炉消費鉄源
Si	685	Sic	440	転炉向け自家発生屑
		Sie	245	電気炉向け自家発生屑
Sf	629	Sfc	155	転炉向け加工屑
		Sfe	474	電気炉向け加工屑
Sw	2,851	Swc	0	転炉向け老廃屑
		Swe	2,090	電気炉向け老廃屑
		Sc	595	転炉消費鉄スクラップ
		Se	2,809	電気炉消費鉄スクラップ
CS	10,206	Pc	7,397	転炉粗鋼生産量
		Pe	2,809	電気炉粗鋼生産量

単位:万t

銑鉄の消費は、転炉で 7,575 万トン、電気炉で 102 万トンである。鉄スクラップは、高炉転炉工程で発生する自家発生鉄スクラップ 755 万トンの内 440 万トンが転炉で消費されている。転炉では、595 万トンの鉄スクラップ消費されているので、残り 155 万トンは良質な加工鉄スクラップが消費されると考えた。そうすると、転炉では現状老廃鉄スクラップは消費されていないことになる。電気炉では、2,895 万トンの鉄スクラップが消費されるが、電気炉工程で発生する自家発生鉄スクラップが 245 万トン、次に良質な加工鉄スクラップ 629 万トンの内転炉で消費された 155 万トンの残り 474 万トンが消費されるとすると、老廃鉄スクラップが消費されるのは、2,090 万トンとなる。従って、供給される老廃鉄スクラップ 2,851 万トンに対して約 760 万トンが現状において過剰となっていて、輸出に向けられている。因みに、2001 年度の鉄スクラップの輸出は、691 万トンであった。

転炉で使用される鉄源は、銑鉄と鉄スクラップの合計 8,170 万トンで、鉄スクラップは合計 595 万トン使用され、鉄スクラップ配合率は 7.3%程度である。電気炉で使用される鉄源は、銑鉄と鉄スクラップの合計 2,911 万トンで、鉄スクラップは合計 2,809 万トン使用され、鉄スクラップ配合率は 96.5%程度である。

2.4. 余剰鉄スクラップへの技術対応シナリオの LCA による検討

本報では、2010 年度の粗鋼生産量を 2001 年度粗鋼生産量の約 1 億トンと変わらないと仮定した。日本の粗鋼生産量は、中国を中心とするアジア鉄鋼業の状況に大きく影響されるが、9,500 万トンぐらいに徐々に減少する可能性もある。その時は、鉄スクラップはますます余剰となる。従って、少し多めに約 800 万トンの余剰鉄スクラップの鉄鋼業での技術的対応を検討した。

本報では、鉄スクラップを現状より約 800 万トン多く使用する時の生産対応を LCA で検討して、CO₂ 負荷がどのぐらい軽減されるかを、3 つの技術的シナリオで考えてみた。

何れのシナリオにおいても、次の 4 つの仮定を使用した：

- < 第 1 の仮定 >：自家発生鉄スクラップと加工鉄スクラップは、粗鋼生産量に比例して現状の割合で発生する。
- < 第 2 の仮定 >：今後 10 年間、粗鋼生産量は、2001 年度と同じ約 1 億トンで推移する。
- < 第 3 の仮定 >：注目する因子として変化させない限り、転炉及び電気炉の鉄スクラップ配合率や転炉と電気炉の生産比率は現状のままとする。
- < 第 4 の仮定 >：鉄スクラップは、今後循環型社会形成が進展するにつれて、設計上の配慮が織り込まれて、またプロダクト to プロダクト・リサイクル工程が整備されて、鉄スクラップの品質が向上するであろうと期待した。

現状の生産体制の CO₂ 排出量 L₀ は、

鉄源としての高炉鉄の消費量は、転炉と電気炉でそれぞれ
 転炉消費量 $P_{igc}=7,575$ 万トン、電気炉消費量 $P_{ige}=102$ 万トン
 粗鋼生産量 $C_s=10,206$ 万トンは、転炉と電気炉でそれぞれ
 転炉生産量 $P_c=7,397$ 万トン、電気炉生産量 $P_e=2,809$ 万トン
 転炉生産比率=72.5%、電気炉生産比率 $P_e/(P_c+P_e)=27.5\%$

として、高炉からの銑鉄のCO₂負荷 L_b 、転炉のCO₂負荷 L_c 、電気炉のCO₂負荷 L_e とすれば、式(1)で求められる：

$$L_0 = L_b*(P_{igc}+P_{ige})+L_c*P_c+L_e*P_e \quad \dots \dots \dots (1)$$

(1) シナリオ1：電気炉の鉄スクラップ配合率を100%まで高める。

計算前提として、転炉・電気炉で転炉生産比率 $P_c/(P_c+P_e)$ は72.5%、転炉の鉄スクラップ配合率 $Sc/(P_{igc}+Sc)$ は7.3%として、電気炉の鉄スクラップ配合率 $Se/(P_{ige}+Se)$ を現状の96.5%から100%に変化させた時、現状よりCO₂負荷がどのくらい変化するかを計算した：
 即ち

$$P_c/(P_c+P_e)=72.5\% = \text{一定}$$

$$Sc/(P_{igc}+Sc)=7.3\% = \text{一定}$$

$$Se/(P_{ige}+Se)=96.5\sim 100\% = x$$

シナリオ1のCO₂排出量 L_1 は、式(2)で求められる：

$$L_1=L_b*(P_{igc}+P_{ige}(x))+L_c*P_c+L_e*P_e \quad \dots \dots \dots (2)$$

計算結果として、電気炉への鉄スクラップ配合比率を高くして行った時の高炉鉄の使用量の変化($P_{ige}(x)$)と余剰鉄スクラップの投入量変化を表9に示した。

表9 . 電気炉鉄スクラップ配合率のCO₂負荷への影響 (シナリオ1)

< 計算前提 >	仮定1: 転炉、電炉自家発生屑、加工スクラップは、粗鋼生産量に比例する。
	仮定2: 粗鋼生産量は、2010年度まで10,206万T(2001年度)の一定とする。

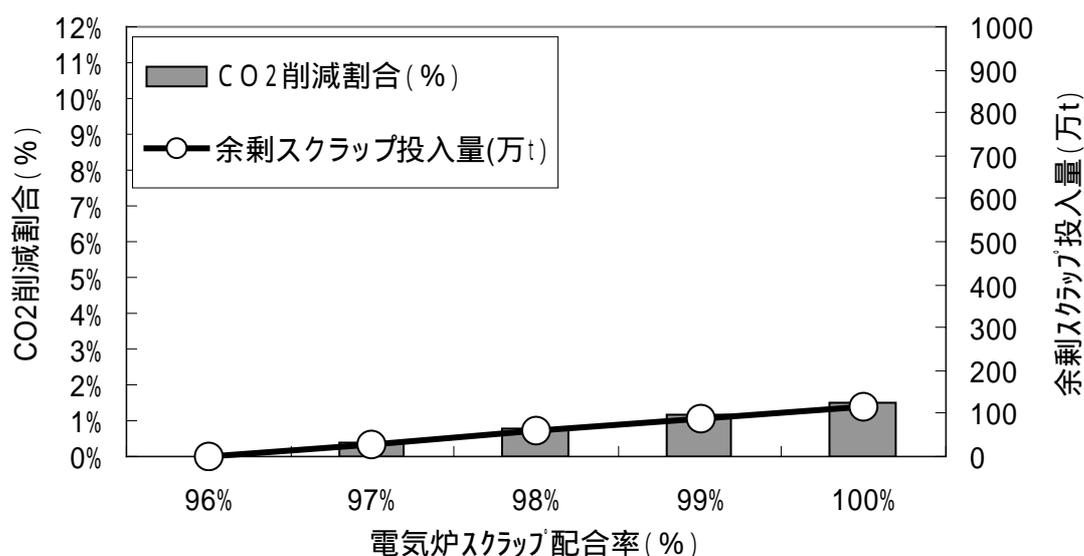
1 . Pc/(Pe+Pc)=72.5%	3 . Se/le=95% ~ 100%
2 . Sc/lc=7.3%	

< 計算結果 >

スクラップ配合率	96%	97%	98%	99%	100%
銑鉄使用量(万t)	7,691	7,662	7,633	7,604	7,575
転炉生産量(万t)	7,397	7,397	7,397	7,397	7,397
電炉生産量(万t)	2,809	2,809	2,809	2,809	2,809
余剰スクラップ投入量(万t)	0	29	58	87	116
CO2削減量(kg)	0	27,451	54,901	82,352	109,803
CO2削減割合(%)	0.00%	0.35%	0.70%	1.05%	1.40%

電気炉の鉄スクラップ配合率が高くなると、その分だけ高炉銑の使用量が減少する。電気炉鉄スクラップ配合率が高くなるに伴い、シナリオ1のCO₂排出量の削減割合(L₁/L₀)が大きくなることを、投入鉄スクラップ量の増加とともに図2に示す。

図2 . 電気炉鉄スクラップ配合率のCO₂負荷への影響



この結果からシナリオ1の場合、鉄スクラップの使用量が約120万トン増加して、CO₂負荷は約1.5%減少する。鉄スクラップ配合率を1%増加することにより、鉄スクラップを29万トン多く使用できて、CO₂負荷を約0.38%削減できる事が分かった。

(2) シナリオ2：電気炉の生産比率を現状より10%高める

計算前提として、転炉の鉄スクラップ配合率は7.3%、電気炉の配合率は96.5%として、転炉・電気炉で電炉生産比率を現状の27.5%から36.5%まで約9%増加させる場合を検討した：

因みに、変化させるのは

$$Pe/(Pc+Pe)=27.5\% \sim 36.5\% = y$$

シナリオ-2のCO₂排出量L₂は、式(3)で求められる：

$$L_2 = L_b * (P_{igc}(y) + P_{ige}(y)) + L_c * P_c(y) + L_e * P_e(y) \quad \dots \dots \dots (3)$$

計算結果として、電気炉の生産比率が高くなる時の高炉銑量の変化 (P_{igc}(y)+P_{ige}(y)) と鉄スクラップ投入量の変化を表10に示す。

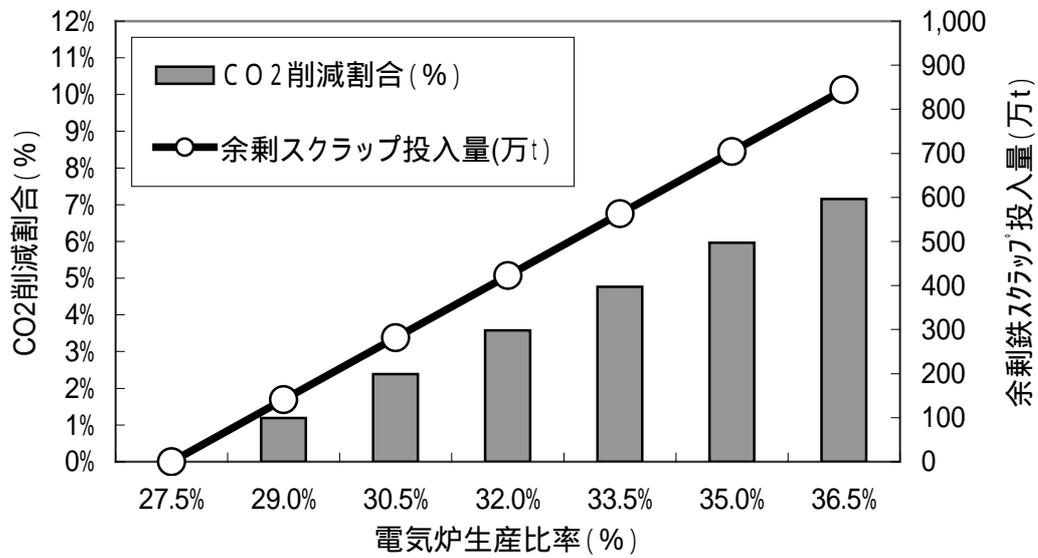
表10. 電気炉生産比率のCO₂負荷への影響 (シナリオ-2)

< 計算前提 >	1. Pe/(Pe+Pc)=27.5 ~ 36.5%	3. Se/le=96.5%
	2. Sc/lc=7.3%	4. Pc+Pe=10,206
< 計算結果 >		

電炉比率(%)	27.50%	29.00%	30.50%	32.00%	33.50%	35.00%	36.50%
銑鉄使用量(万)	7,679	7,528	7,377	7,226	7,074	6,923	6,772
転炉生産量(万)	7,399	7,246	7,093	6,940	6,787	6,634	6,481
電炉生産量(万)	2,807	2,960	3,113	3,266	3,419	3,572	3,725
余剰スクラップ投入量(万)	0	141	282	422	563	704	845
CO ₂ 削減量(kg)	0	61,305	122,610	183,915	245,220	306,525	367,829
CO ₂ 削減割合(%)	0.00%	0.78%	1.57%	2.36%	3.13%	3.91%	4.70%

電気炉の生産比率が高まると、鉄スクラップ使用量が多くなり、高炉銑を多量に消費する転炉生産量が少なくなるので、その分だけ高炉銑の消費量が減少して、電気炉生産比率が高まるにつれてシナリオ-2のCO₂排出量の削減割合 (L₂/L₀) が大きくなることを鉄スクラップ投入量の増加とともに図3に示す。

図3 . 電気炉生産比率のCO₂負荷への影響



この結果から、シナリオ-2 の場合、鉄スクラップの使用が約 850 万トン増加して、CO₂負荷が約 7.2%減少する。電気炉生産比率を 1%増加することにより、鉄スクラップを 94 万トン多く使用できて、CO₂負荷を約 0.80%削減できる事が分かった。

転炉と電気炉の鉄スクラップ使用量の過去 10 年間推移を見てみると、図 4 に示すように、転炉の鉄スクラップ使用量は僅かに増大しているのに反して、電気炉の鉄スクラップ使用量は明らかに減少している。

図 4 . 転炉・電気炉の鉄スクラップ使用量の過去 10 年間推移

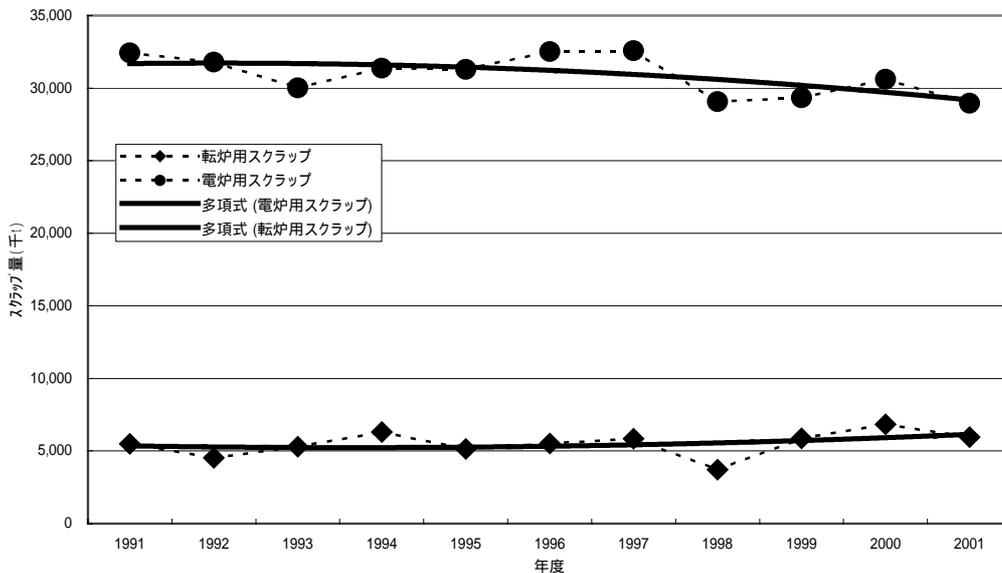
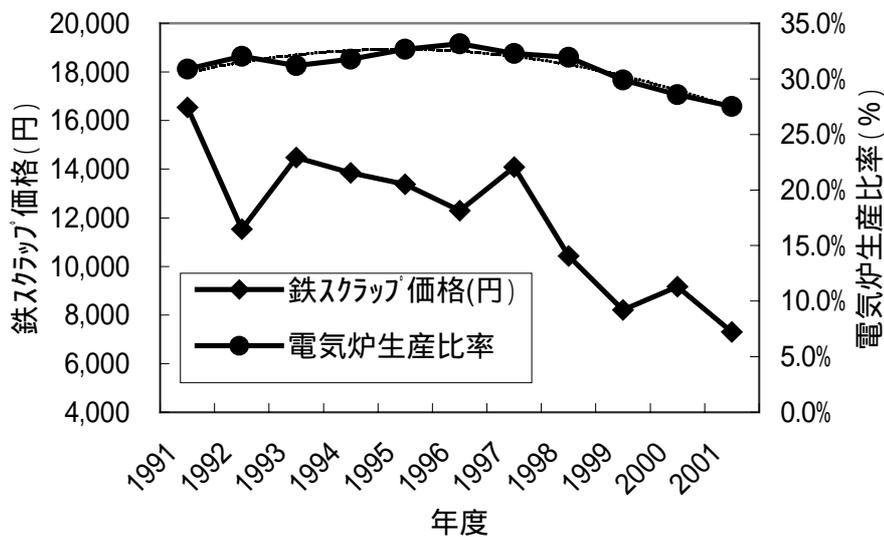


図5．電気炉生産比率と鉄スクラップ価格の過去10年間の比較



更に、電気炉生産比率と鉄スクラップの暦年平均価格の過去10年間推移を図5に示す。鉄スクラップ価格は1991年から2001年の間は多少の触れはあるが、明らかに低下している。1996年までは、鉄スクラップ価格の低下につれて、電気炉の生産比率は上昇していた。だが、1996年以降は、鉄スクラップ価格が低下しているにもかかわらず、電気炉の生産比率は低下している。ここでは、電気炉で生産している製品の市場が減少し、また輸出競争力が失われてきたなど構造的な問題が発生していると考えられる。

従って、シナリオ2は、日本電気炉業界の活性化の問題とも関連して、さらに詳細な検討が必要である。

(3) シナリオ3：転炉の鉄スクラップ配合率を現状より10%高める

計算前提として、転炉・電気炉で転炉生産比率は、72.5%、電気炉の鉄スクラップ配合率は96.5%として、転炉の鉄スクラップ配合率を現状の8%から18%に高める：

即ち、変化させたのは、

$$Sc/(Pigc+Sc)=7.3\%=8\sim 18\% = z$$

シナリオ3のCO₂排出量L₃は、式(4)で求められる：

$$L_3=Lb*(Pigc(z)+Pige)+Lc*Pc+Le*Pe+Lb*Pe \dots \dots (4)$$

転炉への鉄スクラップ配合比率を高くして行った時の高炉鉄の使用量変化(Pigc(z))と

余剰鉄スクラップの投入量変化を表 11 に示した。

表 11 . 転炉スクラップ配合率のCO₂負荷への影響 (シナリオ 3)

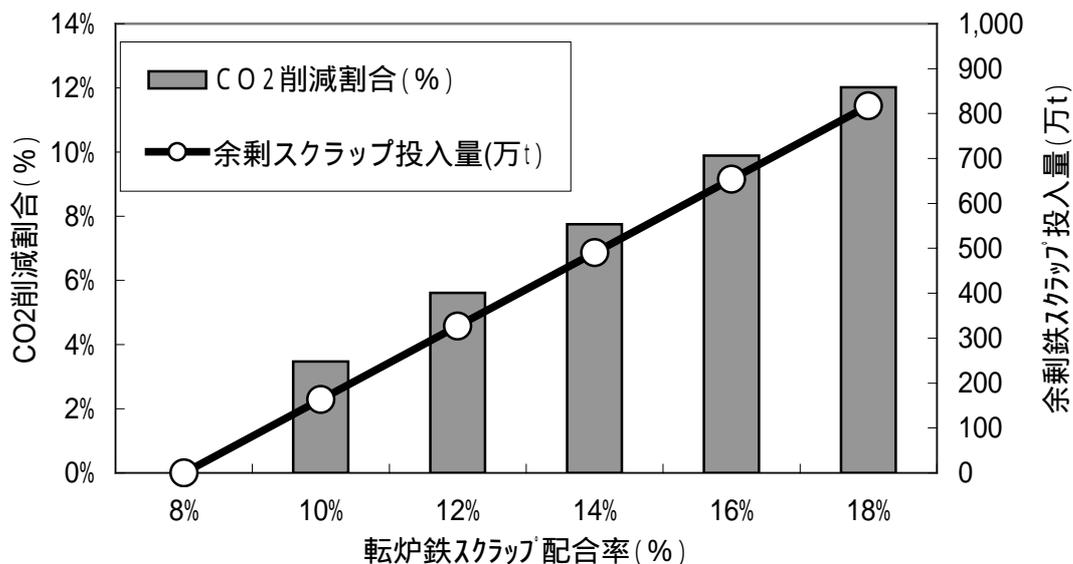
< 計算前提 >	1 . Pc/(Pe+Pc)=72.5%	3 . Sc/lc = 8 ~ 18%
	2 . Se/le=96.5%	

< 計算結果 >

スクラップ 配合率 (%)	8%	10%	12%	14%	16%	18%
銑鉄使用量 (万t)	7,677	7,412	7,248	7,085	6,921	6,758
転炉生産量 (万t)	7,397	7,397	7,397	7,397	7,397	7,397
電炉生産量 (万t)	2,809	2,809	2,809	2,809	2,809	2,809
余剰スクラップ投入量 (万t)	0	163	327	490	654	817
CO ₂ 削減量 (kg)	0	250,272	404,358	558,445	712,531	866,617
CO ₂ 削減割合 (%)	0.00%	3.20%	5.16%	7.13%	9.10%	11.06%

転炉の鉄スクラップ配合率が高くなると、その分だけ転炉の高炉銑使用量が減少して、シナリオ 3 のCO₂排出量の削減割合 (L₃/L₀) が増加することを投入鉄スクラップ量の増加とともに図 6 に示す。

図 6 . 転炉鉄スクラップ配合率のCO₂負荷への影響



この結果から、シナリオ 3 の場合、鉄スクラップの使用量が約 800 万トン増加して、CO₂

負荷が約 12%減少する。鉄スクラップ配合率を 1 %増加することにより、鉄スクラップを 82 万トン多く使用できて、CO₂負荷を約 1.2%削減できる事が分かった。

転炉でも電気炉でも、鉄スクラップ使用量を 1 万トン増加することにより、CO₂負荷を約 0.014%削減できる事が分かる。しかし、電気炉の生産比率を増加させた場合、鉄スクラップ使用量を 1 万トン増加する事によるCO₂負荷の削減は約 0.009%である。この場合は、鉄スクラップを多く使用することでは有効であるが、CO₂削減には効率的でない。効率的でない理由は、転炉生産の減少に伴うCO₂負荷の減少を電気炉生産の増加で相殺してしまうからである。それに対して、転炉や電気炉に鉄スクラップ配合率を増加する場合は、鉄スクラップの増加分だけ鉄スクラップ使用量が減少し、それに伴い直接的にCO₂負荷が減少する。

ここで一つの問題は、転炉で冷材鉄スクラップをどのくらい使用できるかという問題である。これに関連して 2 つの報告がある。北川は、通常の転炉操業であれば 2 0 %程度の鉄スクラップ配合率までは対応可能であるとしている⁷⁾。また、武内は、現状鉄スクラップに含まれる不純物の問題はあがあるが、熱的制約だけを考慮した場合、3 0 %程度が限界であるとの見解を示している⁸⁾。高級鋼を生産する日本の転炉生産の場合、武内も指摘するように、鉄スクラップの不純物コントロールは厳しく要求されるであろう。鉄スクラップの不純物の問題は、今後物理的選別技術の向上やリサイクル工程を考慮した品質設計などにより解決が図られると期待したい。また、冷材使用に伴う温度制御など生産性に関連する技術問題の解決も必要であるかもしれないが、転炉工程で 2 0 %程度の鉄スクラップ配合は可能であるとして、CO₂排出量を検討した。

最近では、中間工程として鉄スクラップ溶解製錬技術が開発されており、この技術を適用すれば 100%鉄スクラップの使用も可能であるが、今回は本報告の範囲外においた。

2 . 5 . 小括

次の節で述べるが、今後 10 年後の 2010 年において、現在増加傾向が見られる老廃鉄スクラップが約 300 万トン増加すると予想した。従って、現状約 500 万トンの余剰鉄スクラップがあるとすると、2010 年では、800 万トン程度の余剰鉄スクラップがあると想定される。

余剰鉄スクラップを消費する技術的対応として、以下の 3 つのシナリオを検討した：

シナリオー 1：電気炉で鉄スクラップ配合率を 1 0 0 %まで高める。

シナリオー 2：電気炉の生産比率を現状より 1 0 %高める。

シナリオー 3：転炉の鉄スクラップ配合率を現状より 1 0 %高める。

シナリオー 1 は、電気炉で現状既に鉄スクラップを約 96%使用しているので、100%使用しても 100 万トンくらいの消費であり、CO₂負荷減少も 1.5%程度で小さく、今後電気炉生産鋼種の高級鋼化が要求されて来るであろう事を考慮すれば、技術的困難性が想定され、あまり

魅力のあるシナリオではない。

シナリオ 2 は、電気炉の生産比率を現状の 27.5%より 36.5%に 9%増加させることにより、約 800 万トンの鉄スクラップ消費が可能で、CO₂負荷が約 7%減少する。後はすべて現状技術であり技術的には十分対応可能である。しかし、電気炉の生産比率は鉄スクラップの価格低下にもかかわらず 1996 年以来低下しつつあり、これは電気炉で生産される製品の市場変化、また国際競争力など電気炉業界の構造問題と関連しており、現実的な対応策としては困難があらう。

シナリオ 3 は、鉄スクラップの配合率を現状の 8%から 18%まで 10%高めることにより、約 800 万トンの鉄スクラップの消費が可能で、CO₂負荷が約 12%減少できる点で魅力的である。技術的にも鉄スクラップの品質が向上すれば、転炉操業技術の改善を含めて対応可能であらう。

最後に、鉄スクラップ使用を増加することに伴う何れのシナリオにおいても、一番の問題は鉄スクラップ価格と高炉銑鉄の価格の比較である。現状では鉄スクラップ価格が 1 万円を大きく下回れば、鉄スクラップ使用の魅力が大きくなるであらう。今後のアジア市場においては、常に鉄スクラップ需要はタイトで、鉄スクラップの価格上昇圧力が働くと予想される。従って、将来 1,000 万トン程度の鉄スクラップは、輸出可能であり、鉄スクラップ価格が高騰すれば、輸出が最善の対応策となることも十分にあるであらう。しかし、中国鉄鋼業の急激な量的拡大に伴い、鉄鉱石など原料価格の上昇で、銑鉄価格も値上がりが見込まれている状況も考えると、色々な技術的対応を用意しておくことが重要である。

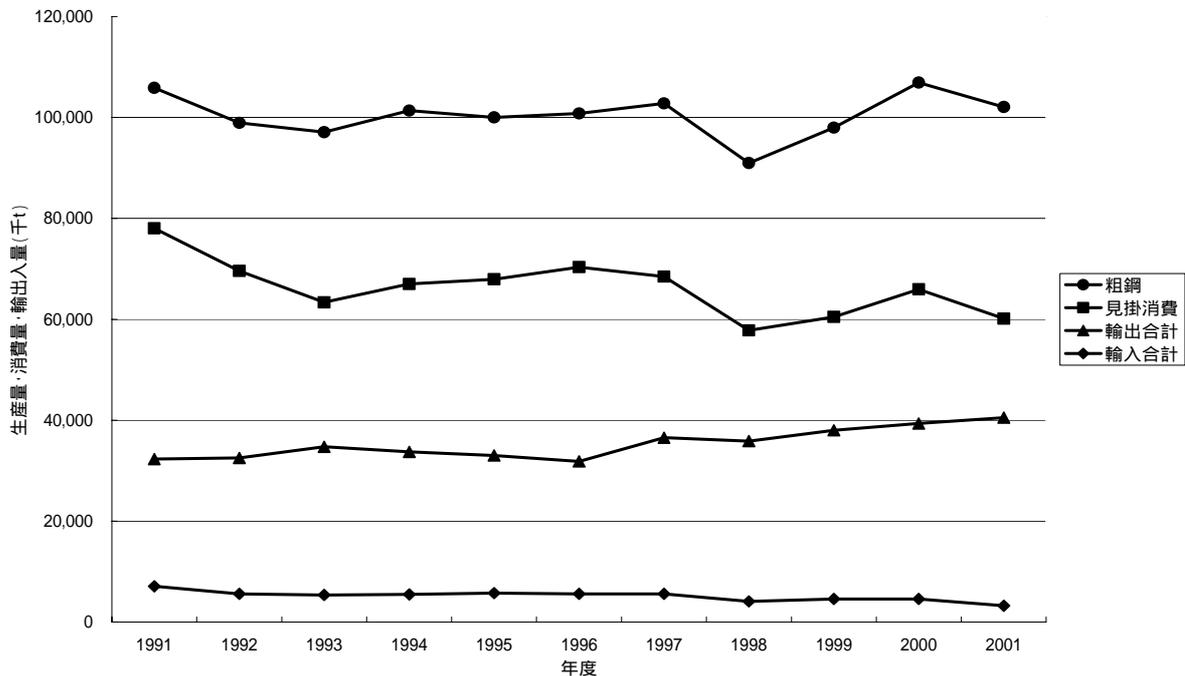
確かに、鉄スクラップの価格問題は重要であるが、今後循環型社会形成を推進し、鉄スクラップの回収量の向上とリサイクルを視野に入れた製品設計を進めて鉄スクラップの品質を向上し、鉄スクラップを多量使用可能な製鉄技術を開発し、価格と需要変動の大きい鉄スクラップに対応する技術力を保有しておくことは、日本鉄鋼業の国際競争力強化のためにも必要であらう。

3．鉄スクラップ量の 2010 年の予想

3．1．日本鉄鋼業の現状

日本鉄鋼業の過去 10 年間の推移を見ると⁹⁾、図 7 に示すように、粗鋼生産は約 1 億トンレベルで推移している。その間、国内鋼材見掛け消費は、7 千万トンレベルから 6 千万トンレベルと約 1 千万トン減少している。鋼材輸出は、3 千万トンレベルから 4 千万トンレベルと約 1 千万トン増加している。輸入鋼材は、低レベルで 700 万トンから 300 万トンに減少している。

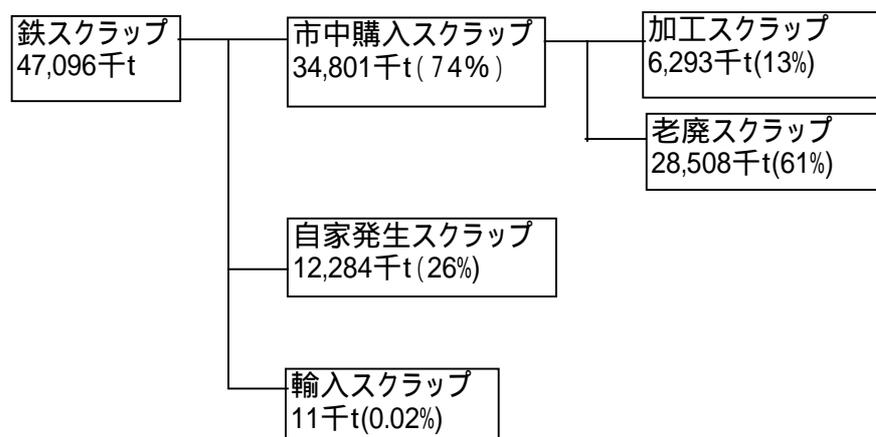
図 7 . 粗鋼生産・鋼材見掛消費・輸出入量の過去 10 年間の推移



世界主要国の 2001 年度の動きを見ると⁹⁾、中国の粗鋼生産が大幅に増加して、1 億 4 千万トンと世界 1 位である。米国は、粗鋼生産 1 億トン弱であるが、国内需要を満たすことが出来なくて、鋼材を 4 千万トン弱輸入している。EU 全体では、粗鋼生産 1 億 6 千万トン弱で、鋼材を 2 千万トンレベル輸出している。

3.2. 鉄スクラップの供給・需給の現状

鉄スクラップは通常次のように分類される：



日本の鉄スクラップの国内供給量¹⁰⁾は、2001 年度において、全体で約 4,710 万トンである。市中購入屑は、約 3,480 万トンで全体の 74%となる。その内訳は、加工鉄スクラップ

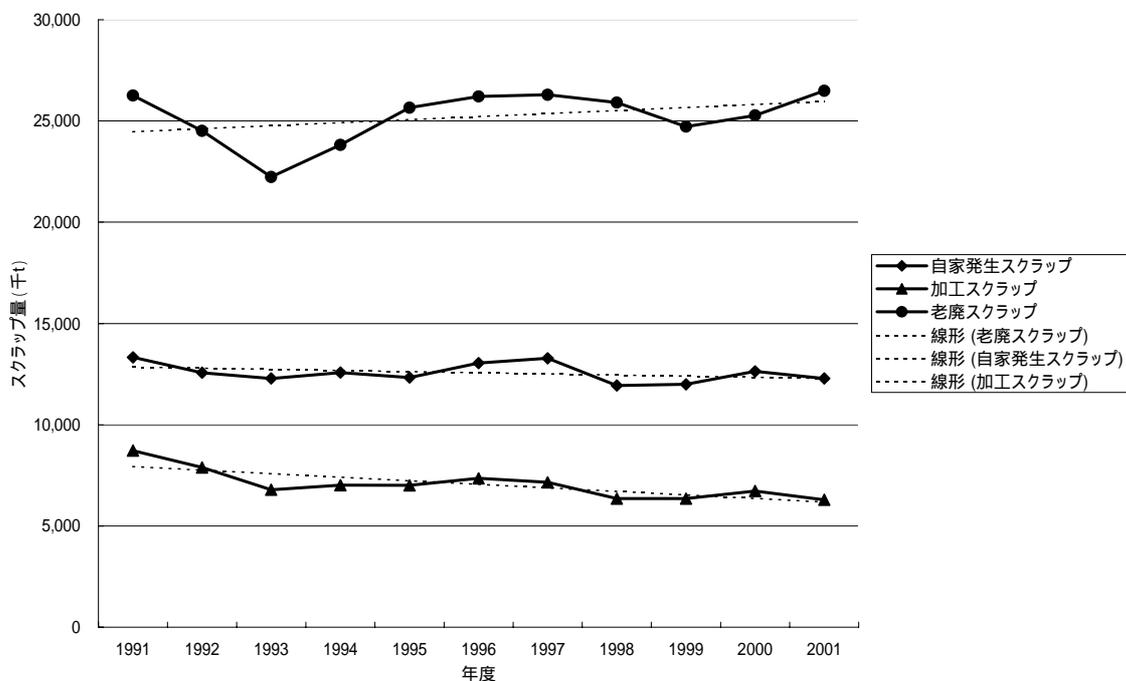
は約 630 万トンで 13%、老廃鉄スクラップが約 2,850 万トンで 61%を占める。自家発生鉄スクラップは、約 1,230 万トンで 26%である。輸入スクラップは、約 1 万トンで 0.02%である。一方、国内消費は、転炉用 595 万トン、電炉用 2,895 万トン、鋳物用 572 万トンとなり、合計約 4,060 万トンで、転炉が 15%、電炉が 71%、鋳物が 4%を占める。

2001 年度の国内鉄スクラップ消費量 4,060 万トンは、銑鉄 7,810 万トンを加えた全鉄源消費量 1 億 1,900 万トンの 34%を占める。リサイクル率としては、自家発生鉄スクラップを除いた市中購入鉄スクラップと輸入スクラップの合計 3,410 万トンで割れば、約 29%となる。

3.3. 鉄スクラップの過去 10 年間の推移

鉄スクラップの過去 10 年間の推移¹⁰⁾を図 8 に示す。

図 8 . 鉄スクラップ量の過去 10 年間の推移



老廃鉄スクラップは、1990 年度の約 2,650 万トンから一時減少するが、ここ数年回復して 2001 年度は、1990 年度のレベル約 2,650 万トンとなった。自家発生鉄スクラップが次に多く、過去 10 年間は粗鋼生産量と連動しながら約 1,200 万トンレベルで推移している。加工鉄スクラップは、過去 10 年間で 910 万トンレベルから 630 万トンレベルに約 280 万トン減少している。

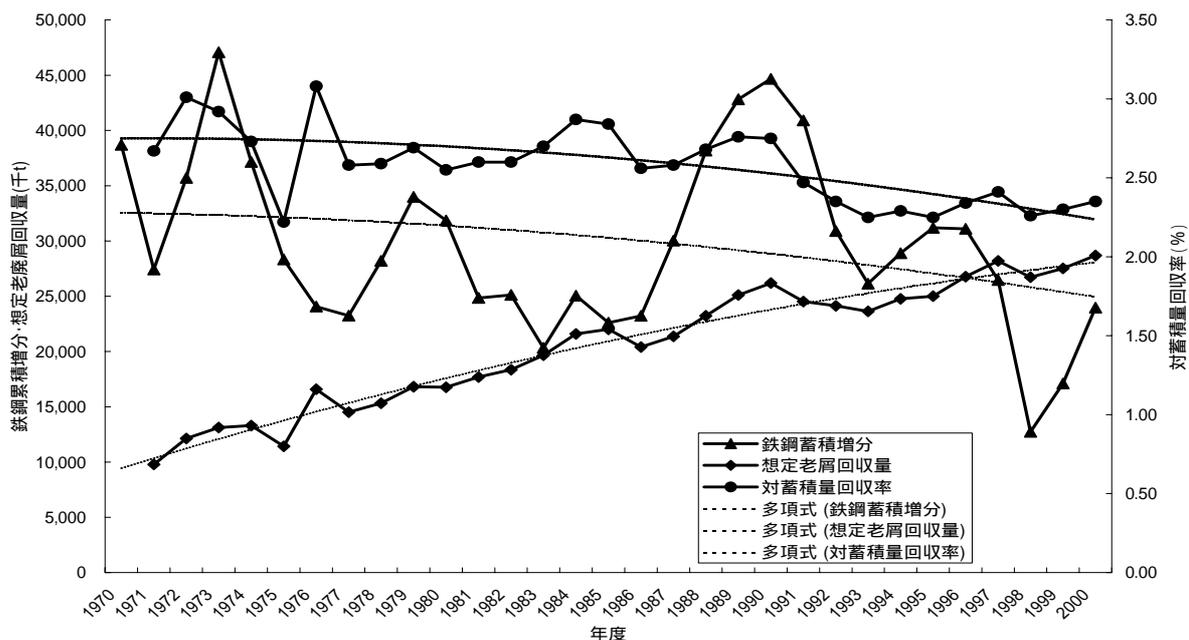
3.4. 老廃鉄スクラップ量の 2010 年の予想

老廃鉄スクラップ量は、2001 年度で 1990 年度のレベルに回復した。一時減少した老廃鉄

スクラップ量はここ3年間増大している。今後、高度成長期やバブル期などに投入された鉄鋼製品の老朽化による発生量の増大が予想されているので少し詳しく検討する。

老廃鉄スクラップに関して、過去30年間の年間累積増分、対蓄積量回収率と老廃鉄スクラップ回収量の推移を、図9に示す。

図9．年間累積増分・対蓄積量回収率と老廃鉄スクラップ回収量の過去30年間の推移
(1970～2001年)



ここで、年間累積増分は、以下の式で計算されている：

$$\text{当年の蓄積増分} = \text{生産の計} + \text{輸入計} - \text{輸出計} - \text{鉄屑消費} - \text{発生品購入量}$$

これを積み上げて鉄鋼蓄積量も計算できる。その蓄積量を分母として、その年の回収老廃屑量を割った値が、対蓄積量回収率である。

年間累積増分は、景気の変動により大きく変動しており、1973年に一番大きな山があり、第二の山がバブル期の1990年にある。1990年以後の10年間は明確に減少している。図には示していないが、鉄鋼累積蓄積量は年毎に増大している。それに対する回収率は、約3%から2.3%ぐらいまで減少している。

老廃鉄スクラップの今後動向を予測する。まず、鉄鋼累積蓄積量は、過去30年間の延長で増加すると仮定すると、図10に示すように、2001年度で12億トンの累積量は、2010年度では約14億トンに増大すると推定される。これに対して、回収率が従来傾向で減少すると、2010年度の老廃鉄スクラップ量は、約3,000万トンと推定される。一方、今後循環型社

会形成のために、回収率が改善されて2.25%程度で維持されるとすると、図11にあるように、約3,250万トンと推定される。

図10．2010年老廃鉄スクラップ量の予想 モデル1

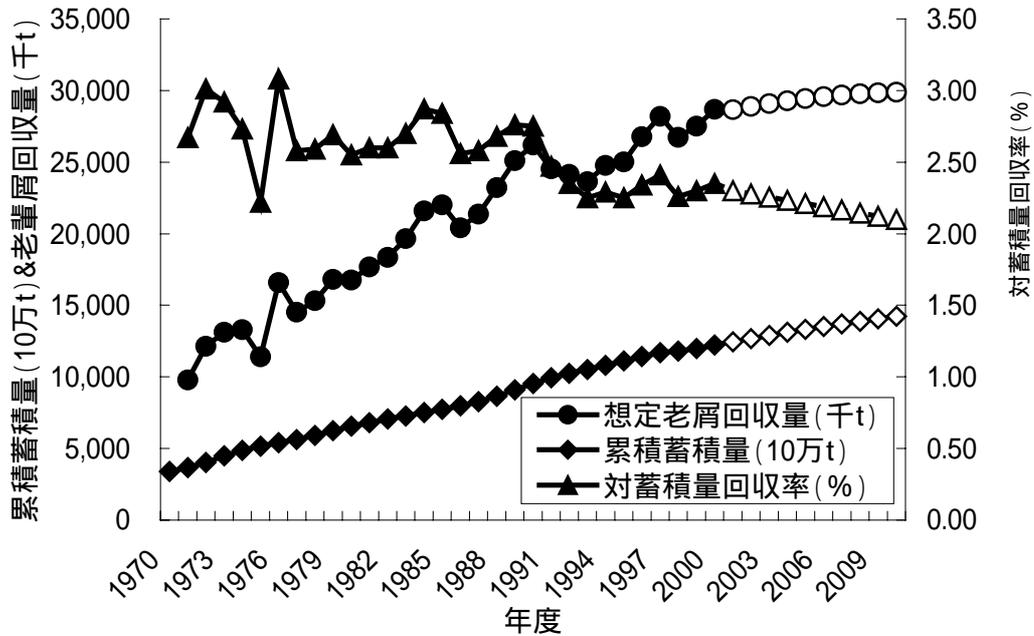
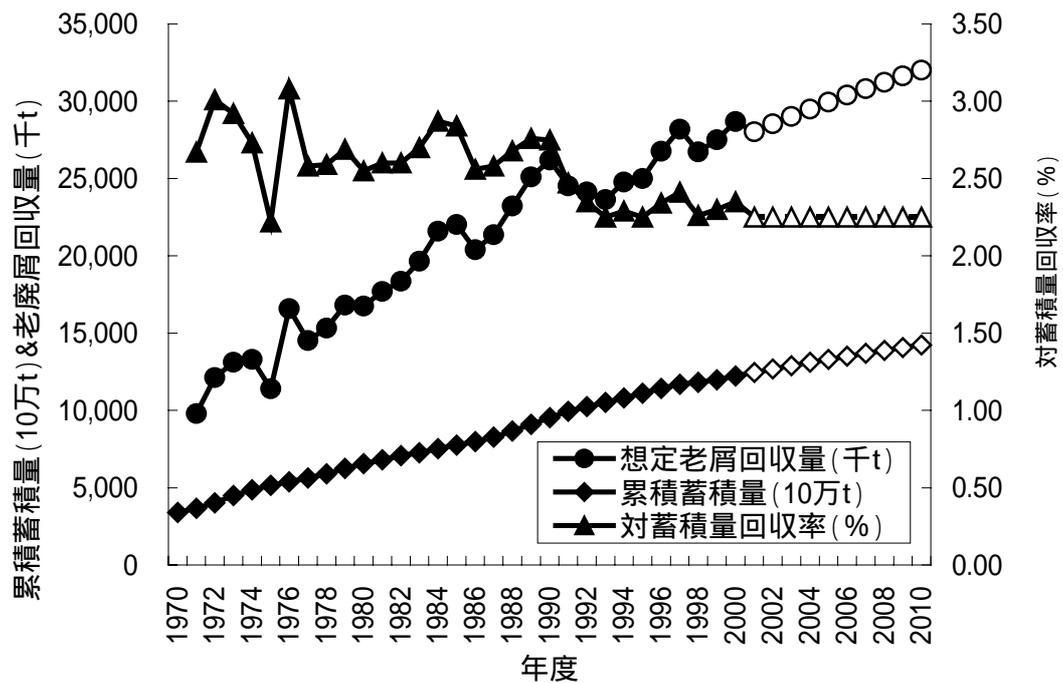


図11．2010年老廃鉄スクラップ量の予想 - モデル2



従って、2010年まで、老廃鉄スクラップ量は、表12に示すように増大するとしても、2001年度の2,850万トンから少ない場合150万トン、多い場合400万トン位の範囲であり、林¹¹⁾が予想している2010年度の老廃鉄スクラップ量3,150万トンを参考とすれば、おおよそ300万トン前後の増大が妥当な予測であろう。

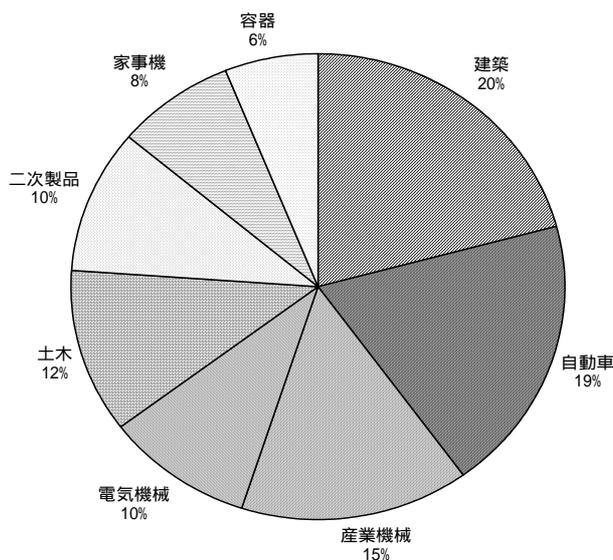
表12 . 2010年度の老廃屑回収量の予想

	実績値	推定モデル	
年度	2000	2010 - 1	2010 - 2
推定老廃屑回収量(千トン)	28,690	30,013	32,690
2000年から回収老廃屑の増加分		1,323	4,000

3.5 . 老廃鉄スクラップの需要分野別発生量の予想

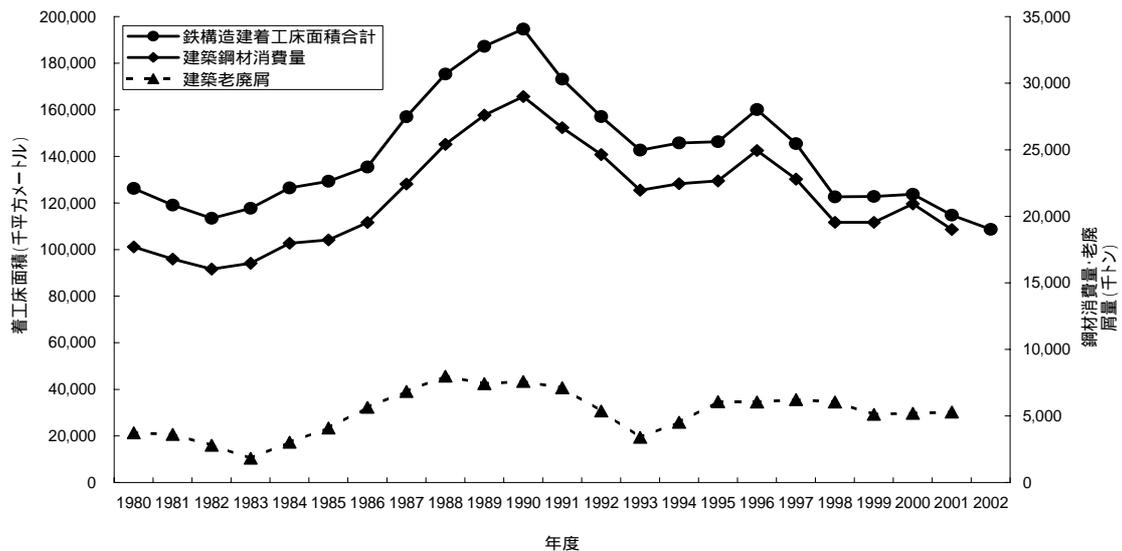
老廃鉄スクラップの部門別発生量¹⁰⁾を見ると、図12に示すように、建築が20%で一位、自動車は19%で2位、その後産業機械が15%、電気機械が10%であるが、両者を合計すると25%で機械部門が一番大きい。次に、土木が12%、二次製品が10%、家事機が8%、容器が6%と続く。ここでは、発生量の多い順に建築、自動車、産業機械、電気機械部門を詳しく検討した。

図12 . 部門別老廃鉄スクラップ量割合(2001年度)



過去20年間の鉄鋼建築物の着工床面積^{1,2)}と建築用鋼材消費量を比べて見ると図13に示すように、非常に良い相関がある。それらに、建築部門の老廃鉄スクラップを重ねて見ると、1993年頃までのバブル期以前は、かなり良い相関が見られる。鋼構造建築物の平均耐用年

図13．鉄鋼建築着工床面積・鋼材消費量と老廃鉄スクラップ量の過去20年間の推移比較



数が35年程度と考えられるのに対して、これはかなりおかしな現象かもしれない。日本の土地面積が狭いことを考慮して、高度成長期では木造建築を立て替えたが、バブル期は鋼構造建築物も一部大幅に建て替えられたと考えられる。しかし、それ以後1998年からは着工床面積も鋼材消費量も減少しているのに、老廃鉄スクラップは減少していないように見える。

現在ある統計データを利用して、2010年度の建築分野の老廃鉄スクラップ量を推定してみた。前節で用いた累積蓄積量と対累積量回収率を過去の推移から、老廃鉄スクラップを予想する方法を用いた。建築分野だけの累積蓄積量を求める良い統計データは無い。それで、過去30年間統計分野に投入された鋼材量は、鉄鋼統計から分かるので、それから以下の年間蓄積増分を推定する式を用いて、累積量を求めた：

$$\text{建築分野の年間蓄積増分} = \text{普通鋼建築部門消費量} - \text{老廃屑} - \text{加工屑}$$

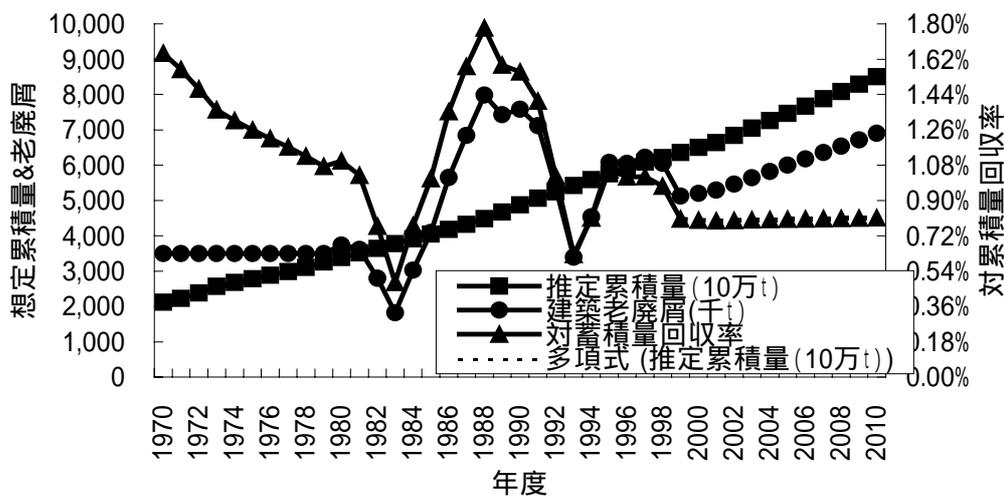
ここで、鋼材の輸出入量、および製品で間接輸出入される鋼材の量が分からないので、非常に粗い数値である。

この蓄積増分を求めて、累積蓄積量を求め、更に対蓄積量回収率を求めた結果を図14に示

す。累積蓄積量は一様に増大している。しかし、対蓄積量回収率は、図 14 で見られたようにバブル期には、鋼材建築物の 35 年の平均寿命に関係なく、建替えられたと思われ、回収率と老廃屑の発生量が異常に大きくなっている。

累積蓄積量が 2010 年まで過去の推移で行くとし、対蓄積量回収率がリサイクル法等の実施で、今後改善気味に推移すると仮定して、老廃鉄スクラップ量を求めると、約 70 万トンの増加が予想される。

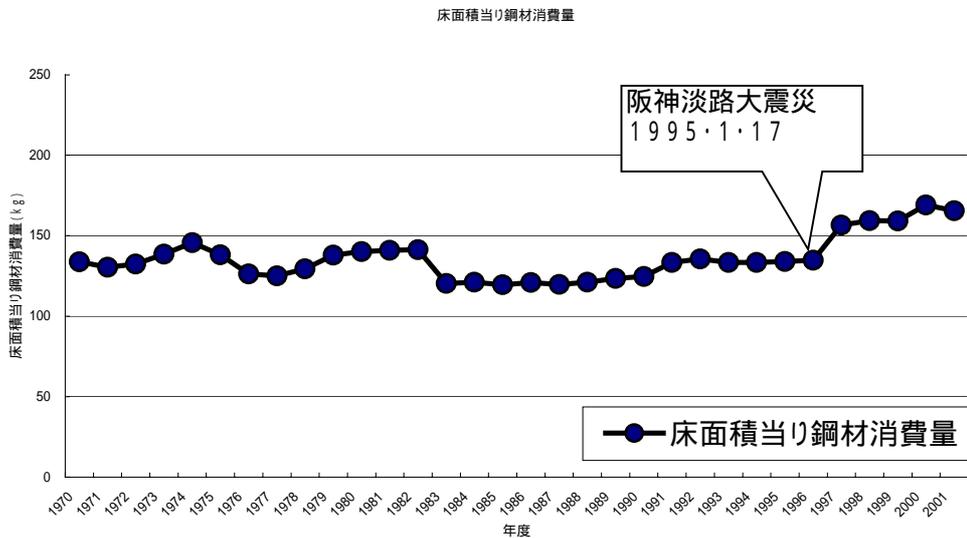
図 14 2010年建設分野の老廃鉄スクラップ量の予想



今後は経済も安定化して、鋼構造建築物は本来の寿命で建替えられるようになるであろうが、建築分野では大量の過去の累積があるので減少に転ずるにはまだかなりの時間が掛かるのかもしれない。

また、床面積当り鋼材消費量の過去 30 年間の推移を図 15 に示す。面白いことに、阪神淡路大震災後、床面積当りの鋼材使用量が約 130kg から約 160kg に 20%程度増加している事が分かる。

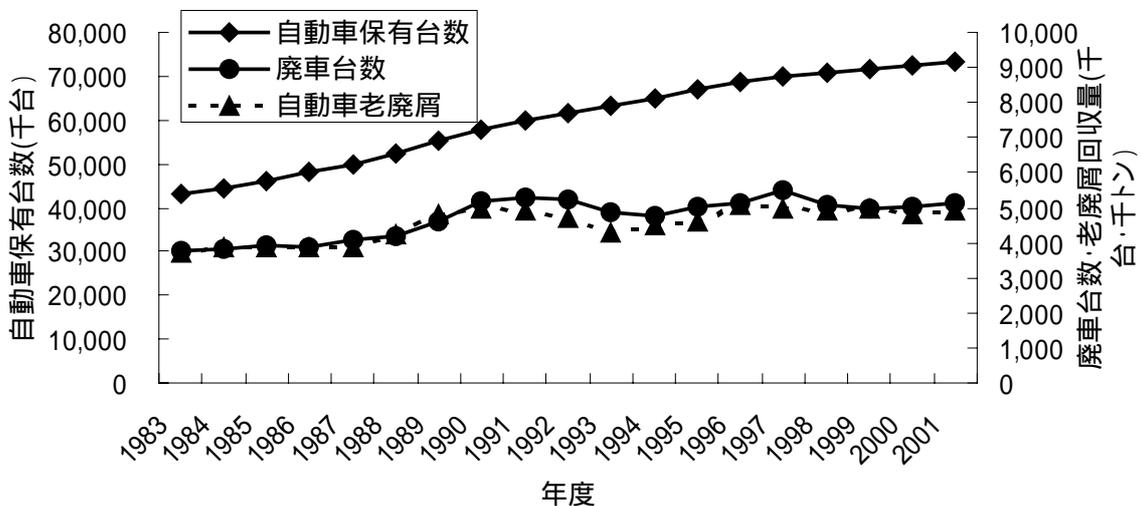
図 1 5 . 床面積当り鋼材消費量の過去 30 年間の推移



このことを含めて、今後建材向け鋼材の消費量は大きく増加しないとしても、これまでの大きな累積蓄積量と対累積蓄積量回収率が改善されて、平均耐用年数が長いこともあって、今後 10 年間の建築部門の老廃鉄スクラップは増加傾向が予想される。

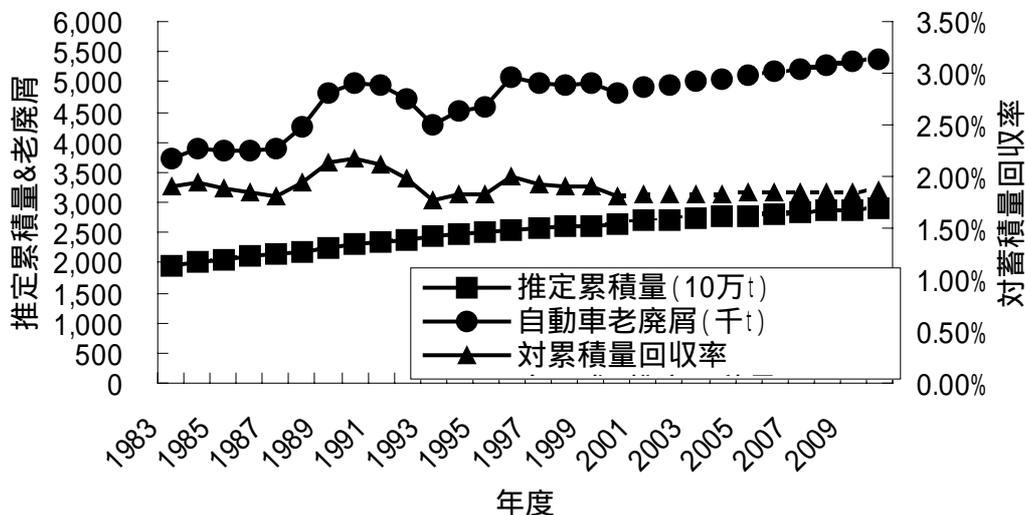
自動車老廃鉄スクラップは、図 16 に示すように、過去 18 年の乗用車保有台数と廃車台数および自動車老廃鉄スクラップ量⁹⁾を比較してみると、自動車の国内生産台数は 1990 年位から減少しているが、保有台数は増加している。それに引きずられて、自動車廃車台数は増加傾向で、それによく対応して老廃鉄スクラップも増加傾向で推移している。

図 1 6 . 乗用車保有台数・廃車台数と老廃スクラップ量の過去 1 8 年間の推移



建築部門と同じ推定方式で自動車部門を検討すると図17に示すような結果が得られた。

図 17 . 2010年自動車の分野老廃鉄スクラップ量の予想



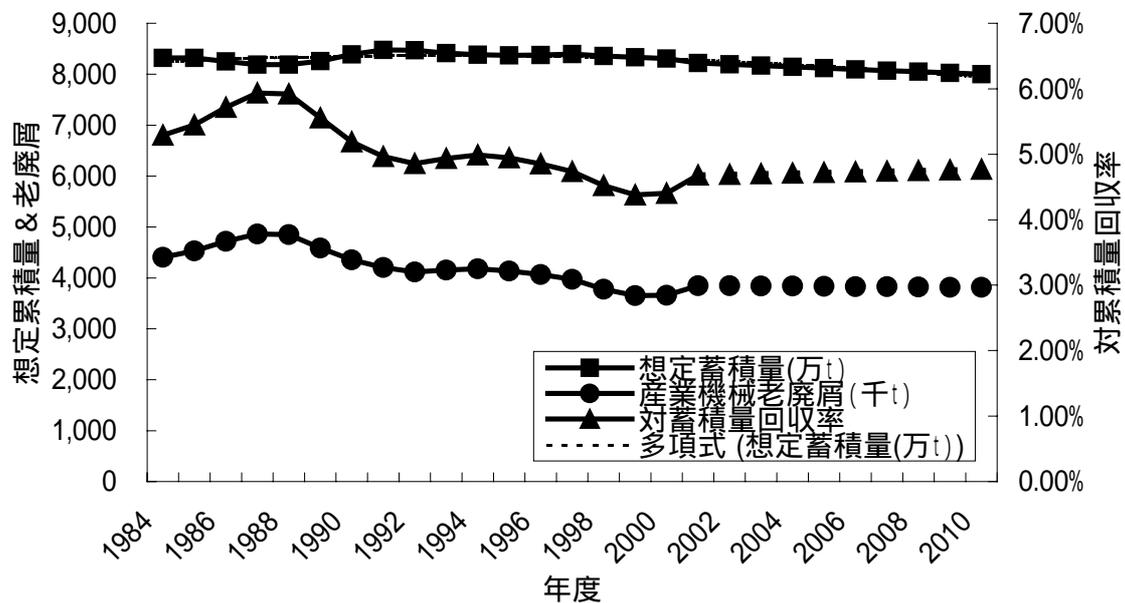
累積蓄積量を過去の延長で仮定し、対蓄積量回収率がやや改善気味に推移するとすれば、約 40 万トンの増加が予想される。

今後 10 年間では、自動車保有台数の増加は次第に飽和してくる可能性があるが、循環型社会の推進につれて鉄スクラップ回収が改善されると期待されるので、自動車老廃鉄スクラップ量は、やや増加すると予測する。

しかし、1996 年に 40 万台弱であった中古車輸出が、2001 年には 73 万台に達し¹³⁾、更にロシア向け携帯品輸出が約 20 万台あるといわれており¹⁴⁾、全部で 90 万台程度の中古車が輸出されている。自動車 1 台当たりの鋼材使用量を約 0.8 トンとすると、70 万トン程度となる。これに廃車からの鉄スクラップとAプレス屑の輸出の増加が約 30 万トンあるといわれている。この点を考慮すると、国内の実際の自動車老廃屑は、先に述べた統計量から求めた量よりも約 100 万トン以上低くなる恐れがあり、今後詳しい検討が必要であり、場合によれば、国内の鉄スクラップ量は減少に転ずる可能性もある。

産業機械老廃鉄スクラップ⁹⁾についても同じような推定を試みると、図 18 に示すように、累積蓄積量が減少している。対蓄積量回収率はバブル期ではかなり高いが、それ以後は安定的に推移しているように見える。今後回収率は改善傾向にあると仮定しても、産業機械分野の老廃鉄スクラップはやや減少気味に推移すると予想される。

図 1 8 . 2010 年産業機械分野の老廃鉄スクラップ量の予想

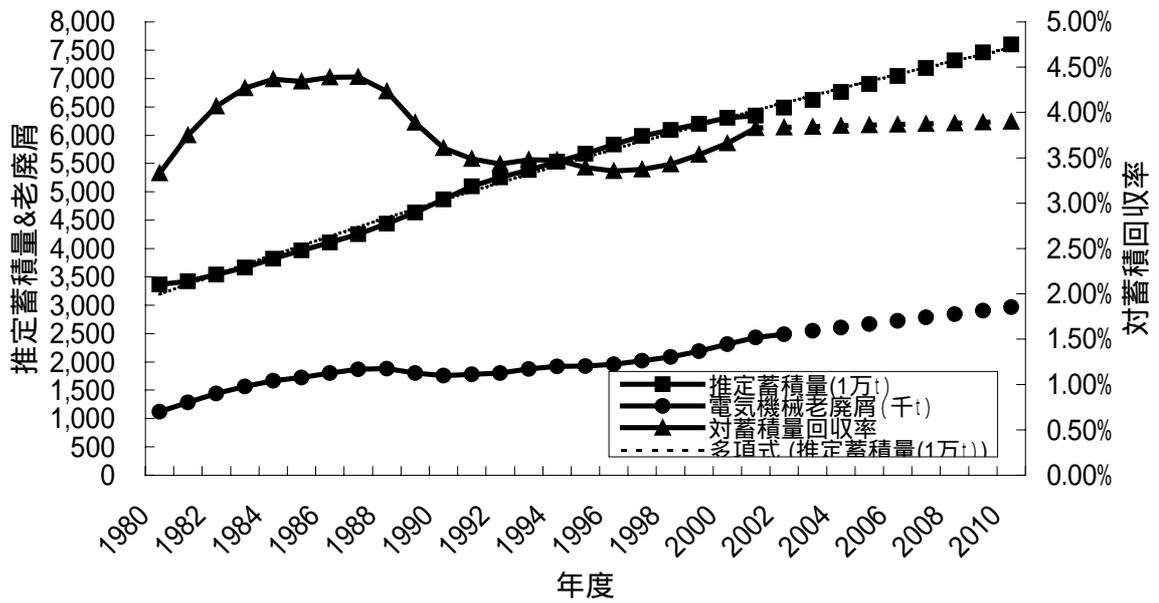


産業機械の平均耐用年数を 14 年と見做し、14 年以前に産業機械用に消費された鋼材がその年度に排出されると仮定すると、産業機械老廃鉄スクラップは、今後 5 年間は増加することが考えられる。しかし、回収が改善されるとしても、10 年後までの増加を予想することは現状のデータからだけでは困難である。

しかも、中古建設機械の発生が、1991 年の約 7 万台から 1999 年には約 10 万台と増加し、その内約 50%が輸出されている。自動車と同じくこの点の詳しい検討も今後必要である。

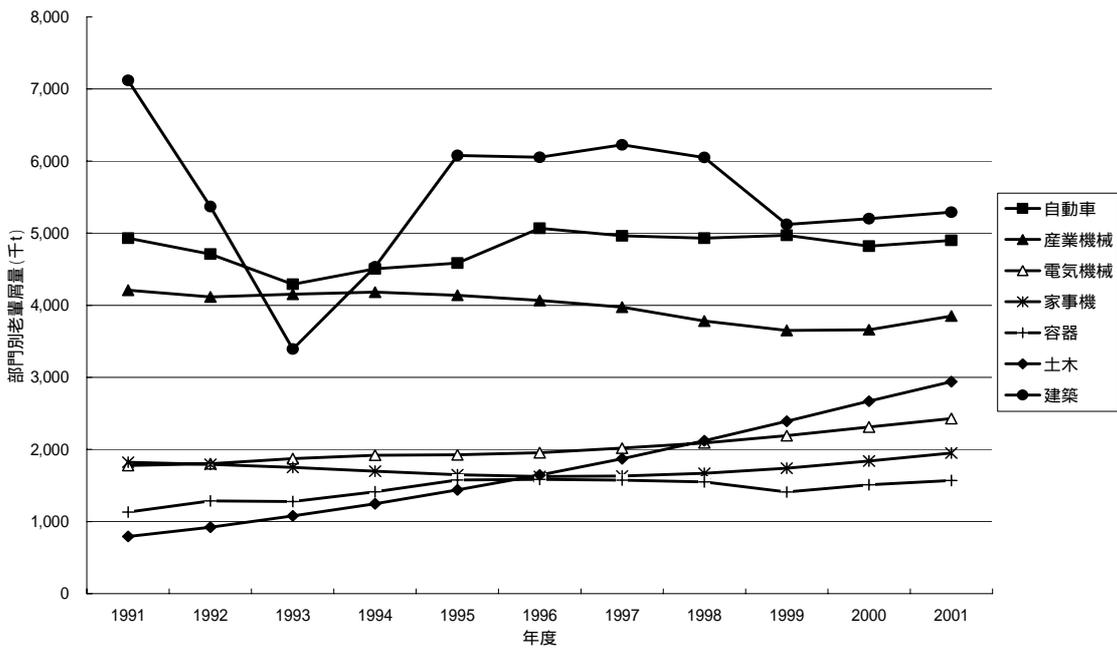
電気機械老廃鉄スクラップ⁹⁾ の場合を、図 19 に示すが、累積蓄積量が過去の延長で単純に増加し、対蓄積量回収率も改善されるとすると約 50 万トンの増加が予想される。

図 19 . 2010 年電気機械分野の老廃鉄スクラップ量の予想



しかし、平均耐用年数を 10 年と見做し、10 年以前に電気機械用に消費された鋼材がその年度に排出されたと仮定すると推定排出量は、今後 10 年間では横ばいになる。従って、電気機械分野ではある程度増加するかも知れないが、大きな増加は期待出来ないかもしれない。部門別老廃鉄スクラップ量の過去 10 年間の推移を図 20 に示す。

図 20 . 部門別老廃鉄スクラップ量の過去 10 年間の推移



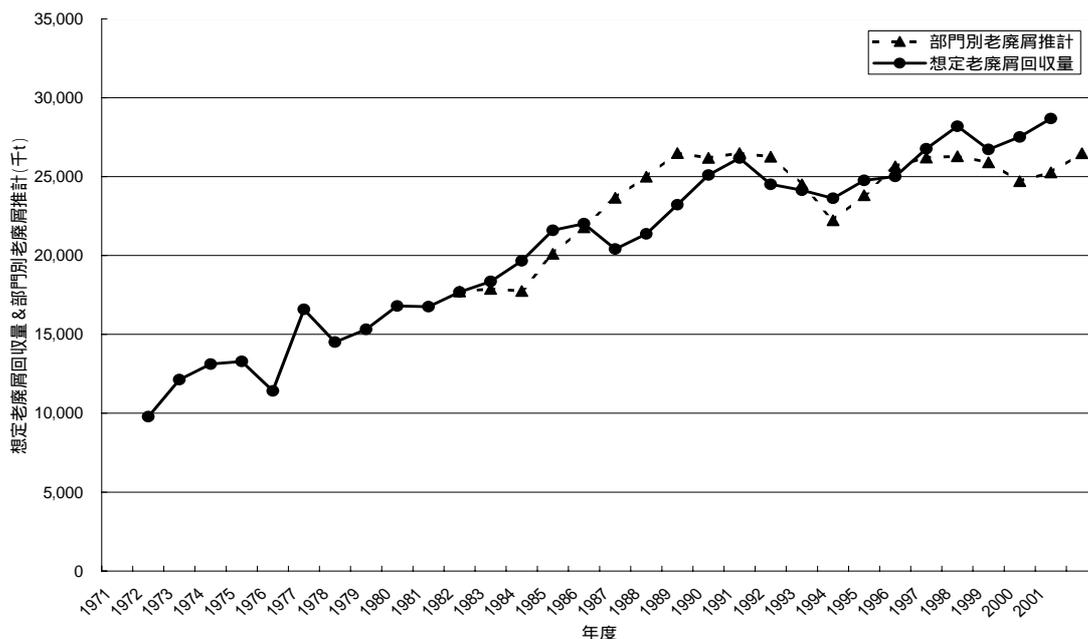
容器部門と家事機部門は、図 20 に示すように、過去 10 年間は横ばいで、量的にも少ないが、今後も同様に推移すると予想される。

注目されるのは、土木部門である。土木部門の構造物は、平均耐用年数を 35 年と仮定して 25 年から屑化が始まり 35 年を山として 45 年で終了する正規分布パターンに当てはめて老廃鉄スクラップ量を推定している。この結果、図 20 に見られるように、過去 10 年間に 35 年前の構造物が屑化され、直線的に著しい増加をみせて、2001 年度では、土木部門の老廃鉄スクラップは年間 300 万トン弱まで増大していて、電気機械部門より多くなっている。土木部門の鋼材消費量は、年間 900 万トンレベルであり、この傾向は今後さらに増大すると予想される。

最近、土木部門における鉄スクラップ発生の詳細な推計が（株）日鉄技術情報センターから報告された¹⁵⁾。2000 年度で、土木部門に投入された鋼材は約 970 万トンであり、その内用途別に約 60%回収可能であり、幾つかの屑化パターンを仮定して、約 320 万トンの回収量を理論的に求めている。それに対する 2000 年度の統計上回収された老廃鉄スクラップ量は、約 270 万トンであった。従って、彼らのモデルは回収量がやや過剰の嫌いがあり、2010 年度の回収推定量をそのまま引用することは問題であるが、詳細は報告書に譲るとして、結論だけを引用すると、2000 年度の回収量から 2010 年度での回収量の差が約 130 万あり、2010 年度に土木部門の老廃鉄スクラップは約 130 万トン増加すると予想される。

想定老廃鉄スクラップ回収量の過去 30 年間の推移を図 21 に示す¹⁰⁾。

図 2 1 . 想定老廃スクラップ回収量と部門別老廃鉄スクラップ合計
の過去 2 0 年の推移 (1981~2001 年)



これは、購入鉄スクラップ量から業界の自主調査で想定した加工鉄スクラップ量を引き、さらに 1991 年以降輸出鋼材が 100 万トンを超えたので、輸出鋼材の中の老廃鉄スクラップ量を想定して加えた量を想定老廃鉄スクラップ回収量としている。図 21 には、1982 年以降 20 年間の老廃鉄スクラップを部門別に積み上げた推定値をあわせて示したが、両者の相関は比較的良い一致を示している。これまでの論議は、図 10 と図 11 の鋼材全体の老廃鉄スクラップ量推定には想定老廃鉄スクラップ回収量を用い、需要部門別予想では、部門別積み上げ老廃鉄スクラップの推定値を用いたが、両者の差から許される範囲内であろうと思われる。

以上の検討結果から、2010 年における老廃鉄スクラップ量の増加約 300 万トンは、土木部門が約 130 万トンと大半を占めて、その次が建材部門の約 70 万トン、電気機械部門の約 50 万トン、自動車部門の約 40 万トンの合計 290 万トンの増加と、産業機械部門が残りの増加に寄与することが予想される。

3.6. 自家発生鉄スクラップの過去 10 年間の推移

自家発生鉄スクラップ¹⁰⁾は、過去 10 年間では、80 年代に見られた連続鑄造技術の導入と圧延歩留まりの向上による高炉メーカーの自家発生屑の大幅な減少は頭打ちとなり、ほぼ横ばいに推移している。自家発生屑の発生量は、大きく粗鋼生産量に左右され、高炉・電炉メーカーでは粗鋼生産量の 7~8%程度¹⁶⁾の発生となっている。

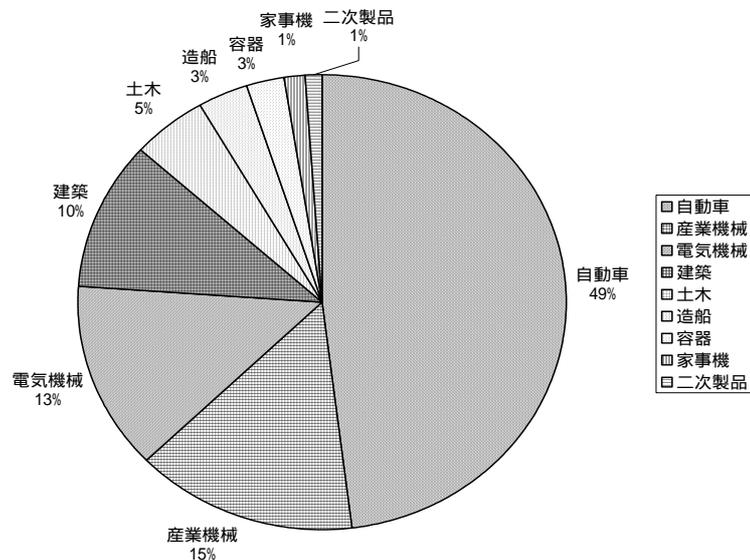
今後 10 年間で予測するとき、粗鋼生産をどのように予測するかで、自家発生鉄スクラップ量も変わってくる。後にも議論するが、粗鋼生産量は中国の動向に大きく左右されるであろうが、1 億トンレベルで保持されるのが望ましく、最低でも 9,500 万トンレベルは維持されるものと期待した。従って、自家発生鉄スクラップの発生量は、大きく変化しないであろう。

3.7. 加工鉄スクラップの過去 10 年間の推移

市中購入鉄スクラップは、鉄鋼業界の自主調査⁹⁾で、加工鉄スクラップと老廃鉄スクラップに分けて推計されている。2001 年度の加工鉄スクラップは、約 630 万トンである。加工鉄スクラップの過去 10 年間の推移を見ると、日本企業の海外移転の影響で、1990 年度の約 910 万トンから 2001 年度 630 万トンに約 280 万トンと大きく減少している。

加工鉄スクラップの部門別発生量を見ると、図 22 に示すように自動車部門が 49%と一番大きい。次いで、産業機械 (15%)、電気機械 (13%) となる。

図 2 2 . 加工屑の部門別発生量



自動車部門の加工鉄スクラップの推移を、図 23 に示すように、乗用車生産台数と自動車向け鉄鋼消費量と比べて見ると、良い相関が見られる。1990 年位から、自動車メーカーの海外移転に伴う国内乗用車生産台数の減少により、自動車産業から発生する加工鉄スクラップは 1990 年の約 380 万トンから 2001 年では約 300 万トンと約 80 万トン減少している。

図 2 3 . 乗用車生産台数・鋼材消費量と加工量の過去 18 年間の推移

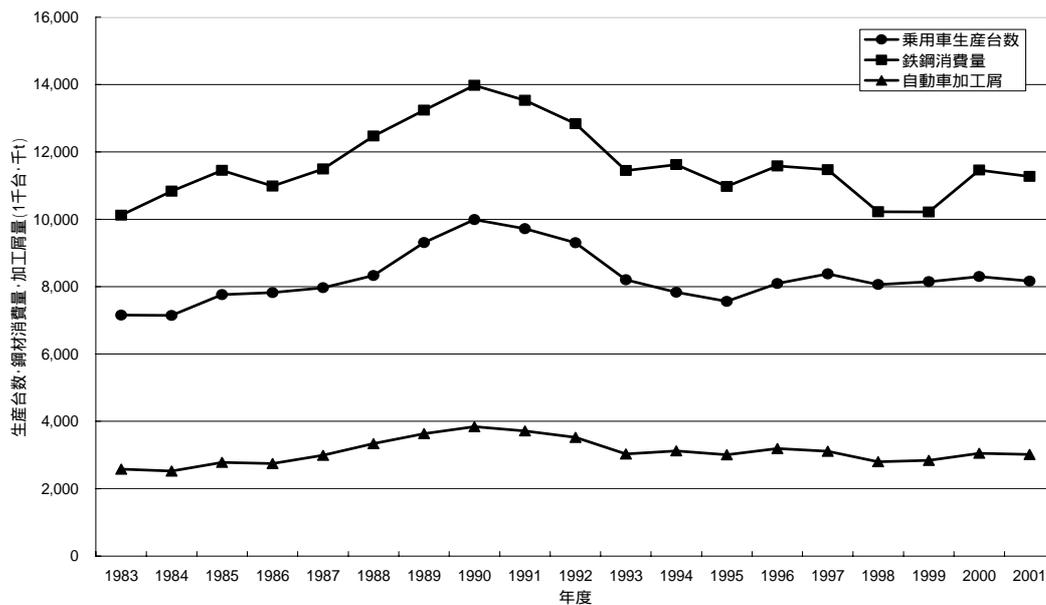
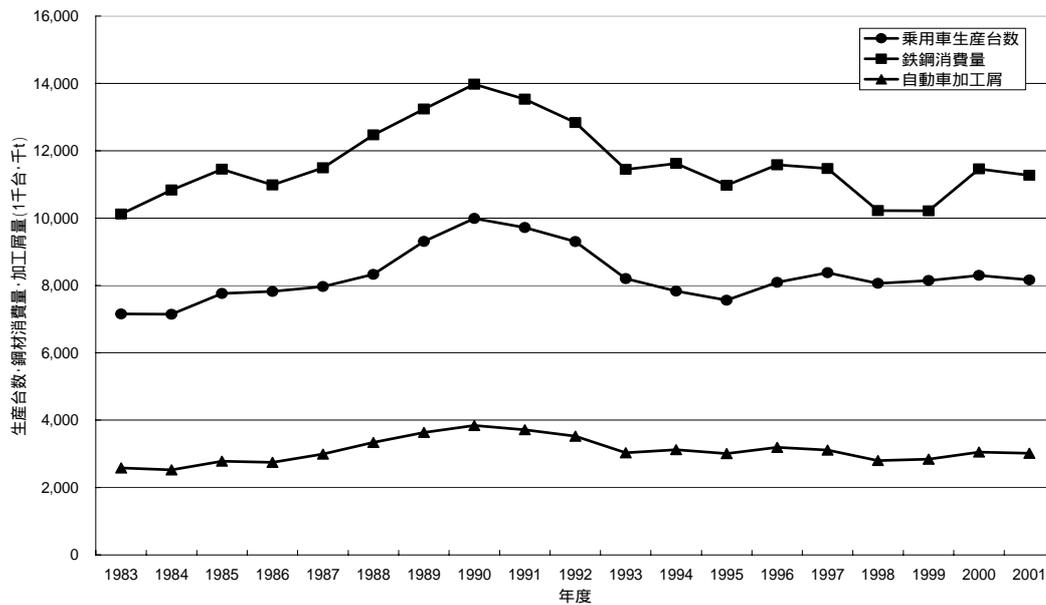


図 2 4 . 部門別加工鉄スクラップ量の過去 1 0 年間推移



部門別加工鉄スクラップの過去 10 年間の推移を図 24 に示すが、産業の海外移転が見られた自動車、電気機械は明らかに減少が見られる。その他、この間の景気動向を反映しているのか、産業機械と建築部門も減少している。具体的に見てみると、電気機械が約 4 3 万トン、産業機械が約 5 7 万トン、また建築部門が約 50 万トン減少しており、自動車を含めてこの 4 部門の減少の合計で、過去 10 年間の加工鉄スクラップ減少量約 2 80 万トンの説明ができる。

今後 10 年間で予測すると、日本の景気動向が一番大きいのが、産業の海外移転もこれまでのように顕著に行われまいと考えると、この 10 年間のような大きな減少はなく、僅かの減少傾向で収まるのではないかとと思われる。

3 . 8 . 小括

鉄スクラップ全体の動向を予想してみる。加工鉄スクラップは、今後の各産業の海外への工場移転に大きく依存しているが、90 年代初期のような急激な海外移転はないと考えられるので、大きな減少はないであろうと予想される。自家発生鉄スクラップも、80 年代から見られた連続鋳造比率の増大と圧延歩留まりの向上が頭打ちになり、90 年代は緩やかな技術向上を反映した緩やかな減少傾向であった。今後とも大きな技術的革新はなく、自家発生鉄スクラップも横ばいで推移すると予想される。

鉄スクラップの動向は、老廃鉄スクラップの動向如何である。老廃鉄スクラップは、過去 10 年間一時減少したが最近 3 年くらい増大に転じており、今後も日本の鋼材累積蓄積量が増大するにつれて、さらに増大すると考えられる。10 年後の 2010 年では、上述で推定したように 150 万トンから 400 万トン位の中間値 300 万トンくらいがさらに増大すると予想される。

従って、鉄スクラップ全体で約 300 万トンの増加が予想される。

しかし、実際には 2001 年度においても、約 750 万トンの鉄スクラップの余剰があり、約 700 万トンが輸出されている。従って、現状で 500 万トン程度の余剰鉄スクラップがあると考えられ、2010 年までに現実には約 800 万トンの余剰鉄スクラップがある可能性が予想される。

今後、中国を始めとするアジア地域の鉄鋼業の進展を考慮すれば、今後 10 年間アジア地区で年間約 800 万トンの鉄スクラップの消費は十分に可能と考えられる。日本鉄鋼業も鋼材輸出ばかりではなく、集荷・船積み能率の良い港湾流通体制を整備して、鉄スクラップの輸出ニーズにも対応するべきであると言う見解もある¹⁷⁾。しかし、鉄スクラップの需給は変動が激しく、価格変動も激しいので、当面、800 万トンくらいの余剰鉄スクラップの技術的対応を検討しておくことは必要である。本報では、余剰鉄スクラップの技術的対応をLCA的に検討した。

4．総括

鉄鋼業には、鉄スクラップのリサイクル工程がビルトインされており、2001 年度では鉄源ベースで約 35%の鉄スクラップが使用されている。また、鉄スクラップは、2001 年度において、700 万トン弱が輸出されており、鉄鋼原料供給サイドから見ても重要である。

余剰鉄スクラップを電気炉・転炉への本格的投入する技術的対応として、以下の 3 つの技術的シナリオを設定して、鉄スクラップ投入に伴う各シナリオのCO₂排出量の削減効果をLCAで検討した：

シナリオー 1：電気炉で鉄スクラップ配合率を 100%まで高める。

シナリオー 2：電気炉の生産比率を現状より 10%高める。

シナリオー 3：転炉の鉄スクラップ配合率を現状より 10%高める。

その結果、

シナリオー 1：電気炉の鉄スクラップ配合率を現在の 96.5%から、100%まで高めると、鉄スクラップ使用量は約 120 万トン増加して、CO₂負荷は現状の 1.5%削減できる事が分かった。また、鉄スクラップ配合率を 1%高めることにより、鉄スクラップは電気炉で 29 万トン多く使用できて、CO₂負荷を 0.38%削減できる事と電気炉で鉄スクラップ使用 1 万トン増加でCO₂負荷は 0.013%削減できることが分かった。

シナリオー 2：転炉に対する電気炉の生産比率を、現状の 27.5%から 36.5%まで高めると、鉄スクラップ使用量は約 800 万トン増加して、CO₂負荷は現状の 7.2%削減できる事が分かった。また、電気炉生産比率を 1%高めることにより、鉄スクラップは 94 万トン多く使用できて、CO₂負荷は 0.80%削減できる事、しかしこの場合鉄スクラップ 1 万トン使用増加でCO₂負

荷は 0.009%の削減にしかならないことが分かった。

シナリオ 3 : 転炉の鉄スクラップ配合率を現在の 7.3%から 18%まで高めると、鉄スクラップ使用量は約 800 万トン増加して、CO₂負荷は現状の 12%削減できる事が分かった。また、鉄スクラップ配合率を 1%高めることにより、鉄スクラップは転炉で 82 万トン多く使用できて、CO₂負荷を 1.2%削減できる事と転炉で鉄スクラップ使用 1 万トン増加でCO₂負荷は電気炉とほぼ同じ 0.013%削減できることが分かった。

鉄スクラップの本格的投入を考慮すると、鉄スクラップの品質向上が必要であるが、今後リサイクルを考慮した製品設計、物理的な選別の強化、プロダクト to プロダクト・リサイクルへの移行などで、鉄スクラップの品質は改善されることが期待できれば、シナリオ 3 が最も魅力的である。

また、鉄スクラップ価格と銑鉄価格の問題、特に中国を中心とするアジア鉄鋼業の急激な成長を考慮すると、鉄スクラップ需要はタイトで、常に鉄スクラップ価格上昇圧力が働くと予想される。その時、800 万トン程度の鉄スクラップは、鋼材輸出だけでなく原料の供給力のバーゲニング・パワーとして、戦略的に輸出に使用することも有効であろう。

しかし、鉄スクラップ市場の常である急激な需要変動とそれに付随する価格変動を考慮すると、800 万トン程度の鉄スクラップ使用技術を保有しておくことは、日本鉄鋼業の国際競争力強化のためにも必要であろう。

引用文献：

- 1) 踏科学技術協会環境負担性評価委員会「環境負担性評価システム構築のための基礎調査研究調査報告書(別冊)」(1995)
- 2) 環境省地球環境局「事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン」(試案 Ver1.4) (2003.7)
- 3) 製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発」: L C A 支援データベース(2004, 1, 26)
- 4) 成田、稲葉敦「統計データにもとづく鉄鋼製品のライフサイクルインベントリ分析」日本エネルギー学会 Vol.77, No.12、p.1148(1998)
- 5) SAEFL「Life Cycle Inventories for Packagings」Vol.1p.303(1998)
- 6) 川人健二「鉄鋼建材における環境負荷の検討」月刊建設、No10.p.27(2002)
- 7) 北川融「粗鋼生産プロセスと鉄源」鉄鋼界、Vol.45, No.2, p.27(1995)
- 8) 武内美継「鉄源プロセスの動向」鉄鋼界、Vol.45, No.2, p.2(1995)
- 9) (財)日本鉄鋼連盟「鉄鋼統計要覧」
- 10) 日本鉄源協会「鉄源年報」(2002)
- 11) 林誠一「転換点に立つ日本の鉄リサイクル」(株)日鉄技術情報センター(2001.10)
- 12) 国土交通省「建設統計月報」(1970~2002)

- 1 3) 日本中古車輸出業協同組合調べ (2003)
- 1 4) 島崎武雄「中古機器・自動車のリユースのグローバル化」第 7 回全国とことん討論会
(2003)
- 1 5) (株) 日鉄技術情報センター「土木部門における鉄スクラップ発生推計」(2003)
- 1 6) 鉄技術情報センター「電気炉で使用される鉄スクラップの不純物含有率に関する調査
報告書」(2002.11) p.5
- 1 7) 王寺睦満、西野誠：鉄源を中心に見た世界鉄鋼業の将来とアジアにおける日本鉄鋼業、
ふえらむ、Vol.7 (2002) p.34

NIMS-EMC 材料環境情報データ

- No.1 **金属元素の製錬・精製段階における環境負荷算定に関する調査** (2003年3月)
- No.2 **鉛マテリアルフロー作成のための基礎調査** (2004年3月)
- No.3 **我国における自動車用白金族金属触媒のリサイクル動向** (2004年3月)
- No.4 **鉄スクラップの消費動向とその拡大技術シナリオのL C A的検討** (2004年3月)

独立行政法人物質・材料研究機構
エコマテリアル研究センター

〒 305-0047

茨城県つくば市千現 1-2-1

TEL 029-859-2668

FAX 029-859-2601

e-mail emc@wotome.nims.go.jp

home page <http://www.nims.go.jp/emc/>