



国内発生鉄スクラップの素性

林 誠一*・玉城 わかな*²・友田 陽*³

Origin of Steel Scrap Generated in Japan

Seichi HAYASHI, Wakana TAMAKI and Yo TOMOTA

Synopsis : The origins and characters of steel scrap were quantitatively estimated by using officially published statistic data combined with unpublished data which were available only within individual industries. The estimation procedures include (1) tabulating the amounts of steel products in the past 45 years, (2) classifying steel scrap into individual origins, and then (3) revealing the characters of the scrap. As results, the origins of the scrap generated in 2000 were made clear based on the whole material flow, for example, 75% in the total amount of steel scrap was produced by basic oxygen converter in the past and 45% of the obsolete scrap was generated from cold-rolled coil.

Key words: iron; steel, scrap, recycling, material flow, electric furnace

1. はじめに

日本は長かった鉄スクラップ輸入国から、1990年代初め鉄スクラップ輸出国に転じた。近年では年間600万トン前後の規模でアジア近隣国へ輸出¹⁾している。国内における鉄鋼蓄積量増加に伴い、市中スクラップのうち老廃スクラップの発生が増加してきていることが背景にある。現在では国内における鉄スクラップの最大ユーザーである電気炉メーカーはもとより、海外ユーザーにとってもその動向から目が離せない状況にある。さらにCuを主体とする不純物元素混入の懸念が高まっている²⁾。

このようなとき、共通の情報で認識しあえる媒体として統計の役割がある。日本においては、鉄鋼業が官営で始まった経緯から製鋼原料として使用するユーザー側の鉄スクラップの統計は整備されている。一方で、問題点として市中スクラップが増加しているにもかかわらず、発生から回収にいたるまでのデータが未整備であることがあげられる。

本研究では、まず鋼材品種別にどのような製鋼法で生産され、どのような部門に出荷されたかを鉄鋼生産の履歴を遡ることにより推定し、次に現在発生している市中スクラップがどの部門から発生したか、発生部門ごとに耐用年数方式またはストック方式を用いて推定した。

最後にどのような鋼材品種がスクラップ化したものなのかという発生部門別、鋼材品種別市中スクラップ発生量を生産時の鋼材品種別、製鋼法別、出荷先部門別鋼材生産量構成比により分配することにより推定し結果の分析を行

い、市中スクラップの品位に関して基礎データを得ることを目的とした。

2. 鉄鋼生産の履歴と用途の推計

2.1 推計方法

本章では、生産された鋼材がどのような製鋼法で、どの部門に出荷されたかという鋼材品種別、製鋼法別、出荷先部門別生産量を推定することを目的とした。

推計方法は2段階に分かれた。まず、鋼材の平均耐用年数³⁾が最も長いとされている土木部門に合わせて、1955年から2000年までの鋼材生産量を転炉、平炉、電気炉の3製鋼法別、12鋼材品種別に整備した。ここで、12品目とは、軌条、鋼矢板、形鋼、棒鋼、管材、線材、厚板、中板、薄板、広幅帯鋼、帯鋼、外輪である。また、高炉会社の製鋼法別生産量は存在しないため粗鋼の製鋼法別構成比を用いて推計した。次に鋼材の生産量⁴⁾と用途別受注統計⁵⁾を付き合わせることで、鉄鋼メーカーからの出荷先部門別生産量及び構成比を推計した。その際、まず生産量を内需と輸出に分け、内需を15部門に分解した。すなわち、建築部門、土木部門、その他建設部門、産業機械部門、電気機械部門、家庭・業務用機械部門、船舶部門、自動車部門、鉄道車両部門、その他輸送機械部門、容器部門、その他諸製品部門、次工程部門、最終用途不明・加工部門、販売業者部門である。

2.2 推計結果

まず鋼材の生産履歴の調査結果を述べる。Fig. 1に示す

平成16年4月26日受付 平成16年11月1日受理 (Received on Apr. 26, 2004, Accepted on Nov. 1, 2004)

* (株) 日鉄技術情報センター (Japan Technical Information Service, 2-6-3 Otemachi Chiyoda-ku Tokyo 100-8071)

* 2 茨城大学大学院生 (Graduate Student of Ibaraki University)

* 3 茨城大学大学院理工学研究科 (Graduate School of Ibaraki University)

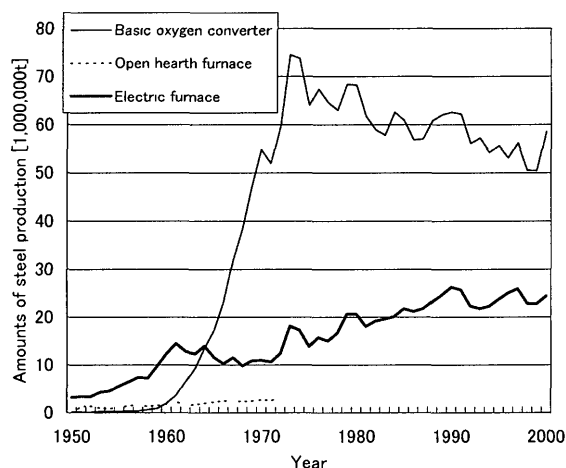


Fig. 1. Changes in steel production by three making methods from 1950 to 2000 in Japan.

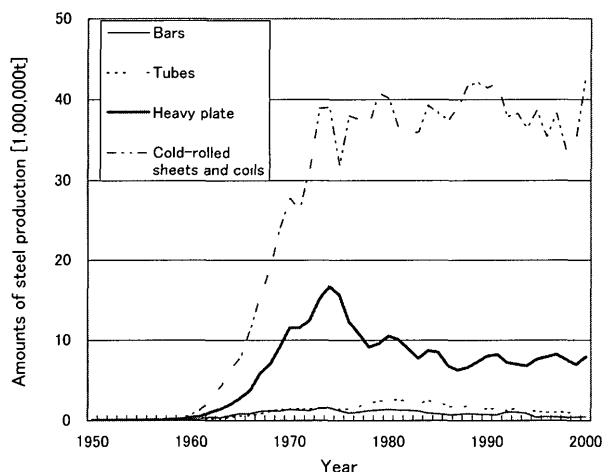


Fig. 2. Change in the amount of steel products produced by basic oxygen converter

ように日本では1972年まで転炉、平炉、電気炉の3製鋼法による生産が行われていた。その後平炉が閉鎖され、1973年以降は転炉と電気炉による生産となっている。Fig. 2に転炉法で生産された主な鋼材の生産量推移を示す。転炉法では、鋼板類、条鋼類、管材など多様な鋼材が生産されている。転炉による鋼材生産量は、近年、帯鋼、厚板では変化が小さく、その他の鋼材は減少傾向を示している。Fig. 3に平炉法による主な鋼材の生産量変化を示す。平炉では形鋼、棒鋼、線材等の条鋼類の生産が主体であった。Fig. 4に電気炉法による生産量変化を示す。電気炉では1960年までは鋼板類の生産があったが、その後は棒鋼、形鋼などの条鋼類が中心になっている。1990年代に入り、棒鋼と形鋼のほかに帯鋼や鋼矢板も生産している。

次に1970年の鉄鋼メーカーからの出荷先部門別生産量及び構成比推計を、Table 1に示す。ここで15部門のうち、建築部門、土木部門、その他建設部門を合わせて建設部門とし、生産量の少ない、その他輸送機械部門、その他諸製品部門、最終用途不明・加工部門は合わせてその他部門と

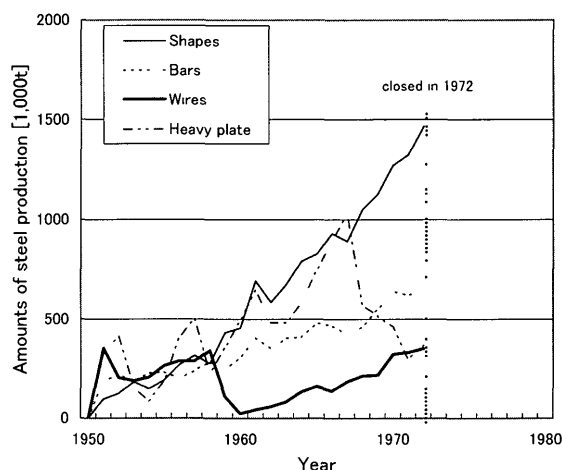


Fig. 3. Change in the amount of steel products by open hearth-furnace

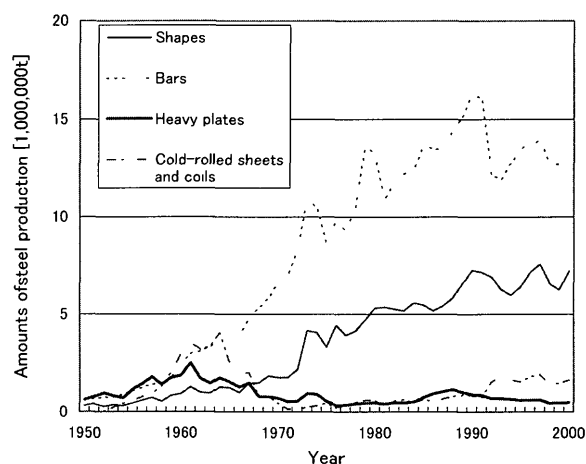


Fig. 4. Change in the amount of steel products by electric furnace.

した。その結果、15部門は11部門に集約された。内需全体の製鋼法別シェアは転炉鋼が76%、平炉鋼が5%、電気炉鋼が19%であった。主に鉄スクラップを主原料として使用し鋼材を生産している平炉と電気炉の合計は24%であった。

次に製鋼法別の特色を調べる。転炉鋼は内需のうち建設部門の48%、機械、自動車等製造業部門の95%前後を占めている。平炉鋼は、建設部門、船舶部門、次工程部門に出荷されている。出荷先部門別に占める平炉鋼のシェアが最も大きい部門は、建設部門で8%であった。電気炉鋼は、建設部門で44%のシェアがあった。他に船舶部門、産業機械部門、次工程部門、販売業者部門などがみられるが、そのシェアは10%前後であった。

鋼材品種別の製鋼法別、出荷先部門別生産量及び構成比を説明する。内需に向けられた棒鋼の製鋼法別出荷先部門別生産量及び構成比をTable 2(a)に、冷延コイルの製鋼法別、出荷先部門別生産量及び構成比をTable 2(b)に示す。棒鋼うち76%が電気炉材、冷延コイルでは98%が転炉材

Table 1. Amounts of steel products in 1970 classified by steel making methods and users' sections

	Quantity [1,000t]				Percentage			
	BOC	OHF	EF	Total	BOC	OHF	EF	Total
Construction	4,904	810	4,450	10,164	48.2%	8.0%	43.8%	100.0%
Industrial Machines	1,808	71	212	2,091	86.5%	3.4%	10.1%	100.0%
Electric Machines	1,696	7	61	1,764	96.1%	0.4%	3.5%	100.0%
Home and Office machines	1,357	0	26	1,383	98.1%	0.0%	1.9%	100.0%
Vessel	4,276	254	700	5,230	81.8%	4.9%	13.4%	100.0%
Automobile	8,969	28	296	9,293	96.5%	0.3%	3.2%	100.0%
Railways	253	6	17	276	91.7%	2.2%	6.2%	100.0%
Container	428	1	22	451	94.9%	0.2%	4.9%	100.0%
The Second Process	3,326	293	926	4,545	73.2%	6.4%	20.4%	100.0%
Selling Contractor	10,932	903	2,944	14,779	74.0%	6.1%	19.9%	100.0%
Others	678	4	44	726	93.4%	0.6%	6.1%	100.0%
Total Domestic Demands	38,627	2,377	9,698	50,702	76.2%	4.7%	19.1%	100.0%
Export	16,251	329	1,268	17,848	91.1%	1.8%	7.1%	100.0%
Total Production	54,878	2,707	10,966	68,551	80.1%	3.9%	16.0%	100.0%

BOC basic oxygen converter, OHF open hearth furnace, EF electric furnace

Table 2 Amounts of steel products in 1970 classified by steel making methods and users' sections. (a) bars and (b) cold-rolled coils

(a) Bars

	Amounts of steel production [1,000t]				Percentage			
	BOC	OHF	EF	Total	BOC	OHF	EF	Total
Construction	771	357	3,674	4,803	16.1%	7.4%	76.5%	100.0%
Industrial Machines	18	8	84	109	16.0%	7.4%	76.5%	100.0%
Electric Machines	2	1	11	14	16.3%	7.1%	76.6%	100.0%
Home and Office machines	0	0	0	0	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%
Vessels	78	36	371	485	16.1%	7.4%	76.5%	100.0%
Automobiles	7	3	32	42	16.1%	7.4%	76.5%	100.0%
Railways	1	0	3	4	16.3%	7.0%	76.7%	100.0%
Container	0	0	0	0	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%
The Second Process	87	40	414	541	16.1%	7.4%	76.5%	100.0%
Selling Contractor	348	161	1,659	2,169	16.1%	7.4%	76.5%	100.0%
Others	5	3	24	32	16.4%	7.9%	75.7%	100.0%
Total Domestic Demands	1,317	610	6,272	8,199	16.1%	7.4%	76.5%	100.0%
Exports	68	32	325	425	16.1%	7.4%	76.5%	100.0%
Total Production	1,385	641	6,597	8,624	16.1%	7.4%	76.5%	100.0%

(b) Cold-rolled coils

	Amounts of steel production [1,000t]				Percentage			
	BOC	OHF	EF	Total	BOC	OHF	EF	Total
Construction	115	0	2	117	98.3%	0.0%	1.7%	100.0%
Industrial Machines	417	0	7	424	98.3%	0.0%	1.7%	100.0%
Electric Machines	1,427	0	25	1,452	98.3%	0.0%	1.7%	100.0%
Home and Office machines	1,333	0	23	1,356	98.3%	0.0%	1.7%	100.0%
Vessels	8	0	0	8	98.8%	0.0%	1.2%	100.0%
Automobiles	8,092	0	139	8,231	98.3%	0.0%	1.7%	100.0%
Railways	25	0	0	25	98.4%	0.0%	1.6%	100.0%
Container	299	0	5	304	98.3%	0.0%	1.7%	100.0%
The Second Process	95	0	2	96	98.3%	0.0%	1.7%	100.0%
Selling Contractor	4,566	0	78	4,644	98.3%	0.0%	1.7%	100.0%
Others	595	0	10	605	98.3%	0.0%	1.7%	100.0%
Total Domestic Demands	16,971	0	291	17,262	98.3%	0.0%	1.7%	100.0%
Exports	10,742	0	184	10,926	98.3%	0.0%	1.7%	100.0%
Total Production	27,712	0	476	28,188	98.3%	0.0%	1.7%	100.0%

BOC basic oxygen converter, OHF open hearth furnace, EF electric furnace

であった。

3. 発生部門別市中スクラップの推計

3.1 推計方法

本章では、実際に発生してくる市中スクラップを発生部門別に推定することを目的とした。

2000年度に発生した市中スクラップを、鋼材を使用する製造業の生産段階で発生する加工スクラップ（工場発生スクラップとも呼ばれる）と鉄鋼構造物等の老朽化によって発生する老廃スクラップに分け、各スクラップの発生量を鉄鋼メーカーからの出荷先部門別に推計した。

まず加工スクラップ発生量の推計方法を説明する。（社）

日本鉄源協会が実施した1993年の「加工屑発生実態調査」⁶⁾より得られた出荷先部門別発生率を各年の出荷先部門別鋼材消費量⁷⁾に乗じて求めた。

次に老廃スクラップの推計方法を説明する。まず出荷先部門の整理を行った。販売業者部門を最終使途別に14部門に分けた。そして、その他建設部門を土木用部門に、鉄道車両部門、その他輸送機械部門、その他諸製品部門、最終使途不明・加工部門をその他部門に集約し、10部門に分類した。この全10部門のうち建築部門と自動車部門についてはストック方式を、その他の部門については耐用年数方式を用いた。建築ストックとは課税対象床面積⁸⁾で、自動車ストックとは四輪車保有台数⁹⁾である。

伝統的な推計方式である耐用年数方式は、『鉄鋼メー

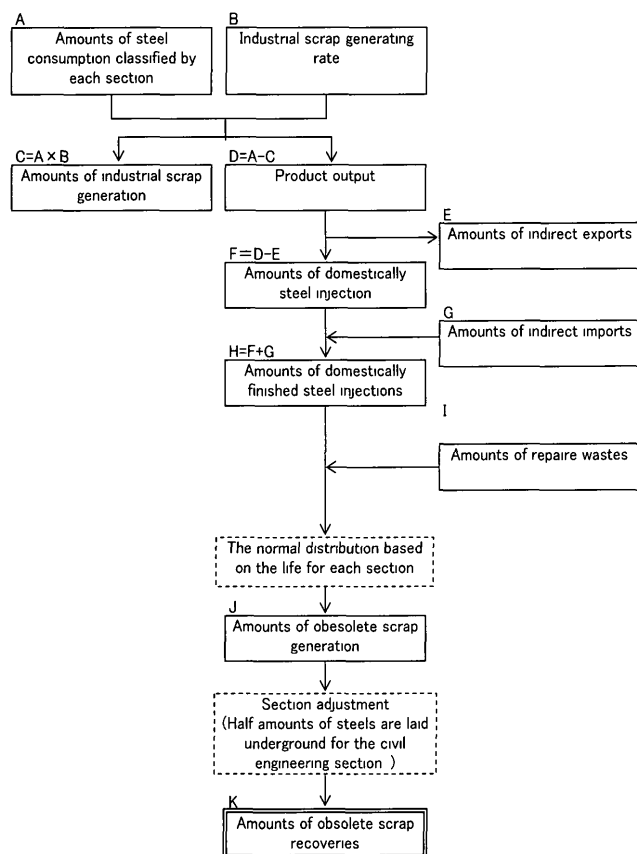


Fig. 5 Estimation flow for steel scrap recoveries.

カーより国内各部門へ出荷され利用された鋼材はいつかは屑化する』という仮定に基づいている。Fig. 5に示したフローに従って国内最終残留量を計算し、平均耐用年数を平均とする正規分布に従いスクラップ化すると仮定した。平均耐用年数は財務省の法定耐用年数³⁾等を参考に決定した。すなわち土木部門の場合、鋼材が部門で投入されて25年目から屑化が始まり35年目を最大値とし、45年目で屑化が終了すると仮定した。しかしながら、伝統的な耐用年数方式は鋼材の社会存在期間にのみ依存する関数を用いて算出するため、バブル崩壊等の経済変動に連動せず、実際の回収量と乖離を生じてしまう懸念がある。

一方、自動車部門と建築部門はストック^{8,9)}方式を用いて推計した。ストック方式とは、経済活動により変動するストックを用いた推計である。「前年末ストック」+「当年の新規ストック」-「当年末のストック」の計算により当年の廃棄ストックを求め、単位ストックあたりに含まれる鋼材の重量を用い、廃棄ストックをスクラップ量に換算し、発生部門別老廃スクラップ発生量とした。

3.2 推計結果

2000年度の市中スクラップの発生状況について考察する。加工スクラップ発生量をFig. 6に示す。全部門合計発生量651万tのうち、自動車部門285万t、産業機械部門と電気機械部門の合計208万t、建築部門69万tとなった。自動車部門からの発生が44%を占める。老廃スクラップの

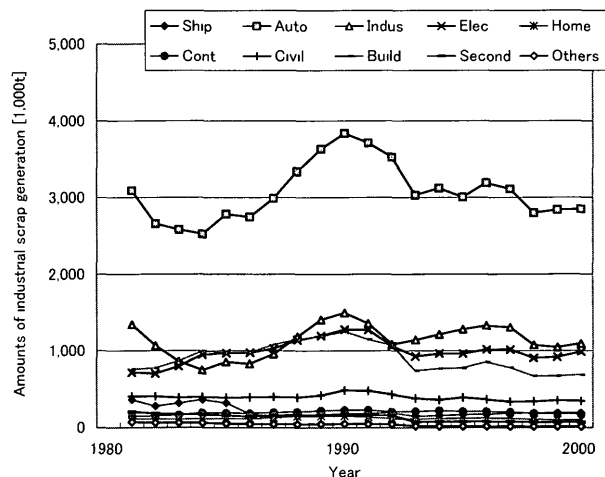


Fig. 6. Amounts of industrial scraps classified by users' sections as a function of year.

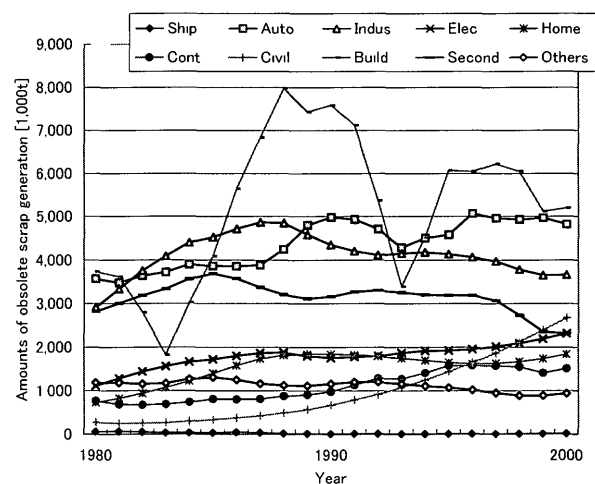


Fig. 7. Amounts of obsolete scraps classified by users' sections as a function of year.

発生部門別推計結果をFig. 7に示す。建築部門から520万トン、自動車部門から482万トン、産業機械部門から366万トン、土木部門から267万トン、電気機械部門から231万トン等の発生量となった。建築部門と土木部門を合わせた建設部門合計は約800万トンである。また、最近では廃車を3方固めにより立方体化した通称Aプレスと呼ばれる自動車プレススクラップの輸出が無視できないほどあり、実際の自動車スクラップは推計値よりも低いと想定される。

4. 市中スクラップの素性推計

4.1 推計方法

第2章では過去45年間における鉄鋼生産の履歴を鋼材品種別、製鋼法別に整備し、それを出荷先部門別に推計した。第3章では、市中スクラップの発生部門をたどる方策として、出荷先部門別に推計を行った。本章では、前2つの調査・推計結果を突き合わせることで、現在発生してい

Table 3 Estimation of the amounts of obsolete scrap generated in 2000, classified by steel making methods and by users' sections

	(1,000t)										
	Bld	Civil	Indus	Elec	Home	Ship	Auto	Cont	Second	Others	Total
BOC	1,975	1,152	3,417	2,379	1,927	24	4,963	1,539	1,729	908	20,052
OHF	506	316	0	0	0	0	0	0	0	0	822
EF	3,022	1,377	475	64	33	3	164	71	674	84	5,969
Total	5,503	2,845	3,892	2,443	1,960	27	5,127	1,610	2,443	993	26,843

BOC basic oxygen converter, OHF open hearth furnace, EF electric furnace

Table 4. Estimation of the amount of obsolete scrap generated in 2000, classified by steel products and by users' sections.

	(1,000t)												
products	Rails	Sheet piling	Shapes	Bars	Tubes	Wires	Heavy plates	Medium plates	Sheets	CR and coils	HR and coils	Wheels	Total
BOC	240	204	879	712	300	1,584	3,556	239	103	11,842	339	53	20,052
OHF	7	0	373	344	0	0	97	1	0	0	0	0	822
EF	128	64	627	3,856	22	429	508	28	6	291	10	1	5,969
Total	375	268	1,879	4,912	322	2,013	4,161	268	109	12,133	349	54	26,843

BOC basic oxygen converter, OHF open hearth furnace, EF electric furnace
CR Cold-rolled sheets, HR Hot-rolled sheets

Table 5 Amounts of obsolete scrap generated in the constructing section in 2000, classified by steel products and by steel making methods

	(1,000t)											
	Rails	Sheet piling	Shapes	Bars	Tubes	Wires	Heavy plates	Medium plates	Sheets	CR and coils	HR and coils	Total
BOC	7	17	646	521	2	1	757	20	1	1	2	1,975
OHF	0	0	228	245	0	0	31	0	0	0	0	504
EF	2	0	331	2,639	0	0	48	3	0	0	1	3,024
Total	9	17	1,205	3,405	2	1	836	23	1	1	3	5,503

BOC basic oxygen converter, OHF open hearth furnace, EF electric furnace
CR Cold-rolled sheets, HR Hot-rolled sheets

る市中スクラップの発生部門別、製鋼法別鋼材品種別発生量を推計し分析した。

2000年度に発生している市中スクラップの素性推計は第2、3章で述べた推計結果を照合させて計算した。すなわち発生部門別市中スクラップ発生量を生産時の製鋼法別構成比、鋼材品種別構成比の推計値により分解した。各部門とは、第3章で記した10部門である。第3章で発生部門別市中スクラップ発生量推定の際に用いた出荷先部門別鋼材消費量（耐用年数方式）及び単位ストックあたりに含まれる鋼材の重量は、偏りを避けるため該当年の前後3年移動平均を採用した。たとえば土木部門の場合、平均耐用年数は35年とした²⁾ので、2000年度に発生する市中スクラップ量は1964年、1965年、1966年に土木部門に向けられた製鋼法別、鋼材品種別生産量構成比の前後3年移動平均値を用いた。

4・2 推計結果

推計結果を3つに分けて2000年度の現状を分析した。

まず2000年度に発生したスクラップが、どのような製鋼法による市中スクラップなのかということに着目して分析した。2000年度時点の老廃スクラップの製鋼法別発生部門別推計結果をTable 3にまとめた。2000年度に発生した老廃スクラップのうち転炉材は75%、電炉材22%、平炉材3%と推計された。転炉材スクラップには、自動車部門、産業機械部門、電気機械部門、建築部門など広範な発生部門がある。一方、電炉材、平炉材スクラップは建築部門と土木部門の2部門が主な発生部門である。各製鋼法別・発

生部門別にみると、転炉材スクラップは機械部門類、船舶部門、自動車部門、容器部門などで88~98%のシェアをもつ。しかし、建築部門や土木部門では、シェアは41%以下である。

次にどのような鋼材がスクラップ化したものなのかということに着目して推計した。2000年度の老廃スクラップの製鋼法別、鋼材品種別推計結果をTable 4に示す。鋼材品種別では冷延コイル45%、棒鋼18%、厚板16%、線材7%となった。冷延コイルは建築部門、電気機械部門、自動車部門、家庭・業務用機械部門、容器部門など多様な部門を発生部門としていた。

最後に市中スクラップの発生部門別、製鋼法別、鋼材品種別発生量を推計しTable 5とTable 6にまとめた。このとき、外輪は建築部門と土木部門に出荷されていないので省いた。建築部門を鋼材品種別にみると棒鋼62%、形鋼22%、厚板15%等となった(Table 5)。発生した棒鋼の製鋼法別割合をみると、電炉材が78%、転炉材15%、平炉材7%であった。また、土木部門においては、鋼材品種別では、棒鋼38%、形鋼18%、厚板17%などである(Table 6)。製鋼法別では、量の多い棒鋼が電炉材75%、転炉材16%、平炉材9%となっており平炉材と電炉材の割合が高かった。

以上のように、今後の鉄スクラップ使用に関し重要な基礎データが整備された。今後は、これら推計値と実際流通品との検証を行い、次にどのような配合により溶解され、どのような鋼材が製造されているのか、鉄スクラップの再生利用に関する調査へ進むことができる。

Table 6. Amounts of obsolete scrap generated in the civil engineering section in 2000, classified by steel products and by steel making methods.

(1,000t)

	Rails	Sheet piling	Shapes	Bars	Tubes	Wires	Heavy plates	Medium plates	Sheets	CR and coils	HR and coils	Total
BOC	220	195	175	170	47	4	271	23	7	31	10	1,152
OHF	6	0	141	98	0	0	69	1	0	0	0	316
EF	121	67	190	807	18	2	135	16	4	12	4	1,377
Total	347	262	506	1,075	65	6	475	40	11	43	14	2,845

BOC basic oxygen converter, OHF open hearth furnace, EF electric furnace
CR Cold-rolled sheets, HR Hot-rolled sheets

5. 結論

(1) 1955年から2000年までの過去45年間の鉄鋼生産の履歴とその出荷先部門別生産量を定量的に推計してデータを整備した。現状の老廃スクラップ発生内容に関わりの深いとみられる30年前の生産実態とその出荷先部門をみると、建設部門では転炉材48%、平炉材8%、電炉材44%と推定され、かつその鋼材品種別構成比も明らかとなった。

(2) 国内で発生した市中スクラップの発生部門を、鉄鋼メーカーの出荷先部門別に推計した。2000年度における加工スクラップ発生量651万tのうち、自動車部門からの発生量は285万tとなり全体の44%を占めていた。一方で、老廃スクラップの発生部門別推計では、建築部門から520万トン、自動車部門から482万トン、土木部門から267万トンの発生量があった。建築部門と土木部門を合わせた建設部門から発生する老廃スクラップの合計量は約800万トンであった。

(3) 現在発生している鉄スクラップの発生部門別、製鋼法別、鋼材品種別発生量及び構成比を求めた。製鋼法別にみると2000年度時点の老廃スクラップは転炉材75%、電炉材22%、平炉材3%と推計された。また発生部門別にみると転炉材には、自動車部門、産業機械部門、電気機械

部門、建築部門など広範な発生部門があった。鋼材品種別に分析すると老廃スクラップ発生量うち冷延コイルが45%、棒鋼が18%、厚板が16%、線材が7.5%となった。冷延コイルは建築部門、電気機械部門、自動車部門等多様な部門を発生部門としていた。

本研究は(社)日本鉄鋼協会 社会鉄鋼工学会 「鉄鋼業と循環型社会の動態」フォーラムの活動の一環として平成13年度に行われた。貴重な助言・討論をしていただいた委員の方々に感謝する。

文 献

- 1) The Japan Ferrous Raw Materials Association Yearbook of Ferrous Raw Materials, 14 (2003), 15
- 2) Steel Engineering Focused on Tramp Elements, ISIJ, Tokyo, (1997), 13
- 3) 減価償却資産の耐用年数等に関する省令(昭和40年大蔵省令第15号)。
- 4) Japan Technical Information Service Private letter, (2003)
- 5) The Japan Iron and Steel Federation Domestic Orders for Ordinary Steel Products by Market Classification, (2002)
- 6) The Japan Ferrous Raw Materials Association Monthly Book of Ferrous Raw Materials Statistic, 79 (1995), 1
- 7) Japan Technical Information Service Private letter, (2003)
- 8) Japan Automobile Manufacturers Association The Motor Industry of Japan, (2003), 40
- 9) Construction Research Institute Construction Statistics Annual Report, (2003)