銅スクラップの回収に対する素材価格の影響分析

川原 健吾* 醍醐 市朗 松野 泰也 足立 芳寛

東京大学大学院工学系研究科マテリアル工学専攻

J. Japan Inst. Metals, Vol. 75, No. 6 (2011), pp. 327-331
© 2011 The Japan Institute of Metals

Impact Analysis of Copper Price on Copper Scrap Recovery

Kengo Kawahara*, Ichiro Daigo, Yasunari Matsuno and Yoshihiro Adachi

Department of Materials Engineering, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo, Tokyo 113-8656

Recently, copper price reached the highest level ever. It is expected that the rise of copper price becomes a strong incentive for recovering copper scrap from end-of-life products. Therefore, in this paper, we aimed to analyze the relation between copper price and the amount of recovered copper scrap in Japan. A dynamic material flow analysis (MFA) of copper was conducted to estimate the amount of copper discarded in the end-of-life products during 1980-2008 in Japan. It was found that the recovery rates of copper scrap have risen with the increase in copper price, especially after 2003. A multiple linear regression model was adopted to explain the amount of recovered copper scrap during these three decades, in which copper price, the amount of copper discarded in the end-of-life products, etc. played important roles.

(Received December 27, 2010; Accepted March 7, 2011)

Keywords: copper, material flow analysis, copper price, scrap recovery

1. 緒 言

資源循環型社会形成の観点から、様々な素材について、生産、使用、廃棄、回収など利用状況の実態を把握することが重要である。そのために対象とする地域における素材のフローと蓄積を定量して把握するマテリアルフロー分析 (Material Flow Analysis: MFA) に関する研究が、近年さかに行われてきている。MFA は、静的 (Static) MFA と動的 (Dynamic) MFA の二つに分かれる。前者は、単位期間のみの物質のフローを分析するのに対し、後者は物質フローを時系列にて分析し、その経時変化を分析する¹⁾。静的 MFA、動的 MFA とともに、鉄鋼材²⁻⁶⁾、アルミ^{7,8)}、銅⁹⁻²³⁾、亜鉛²⁴⁾、銀²⁵⁾、ニッケル²⁶⁾、鉛²⁷⁾ など、多くの素材について研究が行われている²⁸⁾。

銅素材は、電気伝導性に優れ熱伝導率も高いことから、電線やケーブル、熱交換器等、様々な製品に用いられている。2009 年の国内における銅素材消費量は、およそ 120 万トン²⁹⁾で、鋼材、アルミニウムに次ぐ消費量になっており、重要なベースメタルの一つである。銅素材についても MFA が行われてきた。その対象は、世界全体を扱ったもの^{9,10)}、アジア¹¹⁾、北アメリカ¹²⁾、南アメリカ¹³⁾、ヨーロッパ¹⁴⁻¹⁷⁾、アフリカ¹⁸⁾と地域別に解析したものや、日本¹⁹⁻²¹⁾、オーストラリア²²⁾、中国²³⁾と国別に扱ったものと様々である。これらの既存研究から、銅素材の各域における蓄積量やスクラップ排出量等について定量的な把握が可能に

なり、二次資源としての利用に関して有用な示唆が得られている。また、銅素材は、その利用過程において、他の素材にも混入する²¹⁾。特に、鉄鋼材のリサイクルにおいては、トランプエレメントとして銅が濃化すると、熱脆性を起こすなどの問題も指摘されており、鉄鋼材の MFA を用いた国内鋼材の銅濃度の推計についての研究も行われている^{3,4)}。このように、銅の MFA は、銅素材の二次資源としての利用と、他素材のリサイクルの制約要因の二つの観点から実施されてきた。

一方、中国での需要の伸びなどを背景に、近年、銅素材価格が過去に前例がない水準にまで上昇した。銅素材価格が上昇すると、使用済みの銅素材を回収するインセンティブが働き、その回収が向上すると考えられる。したがって、銅素材の資源循環性を把握するには、銅素材価格という経済的な因子を考慮し、銅素材の回収について検討することが望まれる。しかしながら、これまでの研究では、MFA による銅素材の蓄積や廃棄フローの解析は行われてきたものの、そのような銅素材の価格を考慮した上での回収可能性の検討は行われてきていないのが現状である。そこで本研究では、日本国内を対象に、銅素材価格が銅の回収に与える影響について検討することを目的とする。

2. 研究手法

2.1 銅素材の動的 MFA

2.1.1 使用済み製品に含まれる銅の行方の定義

本研究では、日本国内を対象にデータの利用可能な直近 (2009) 年までの、銅素材の動的 MFA を実施し、製品が廃

* 東京大学大学院生 (Graduate Student, The University of Tokyo)

Fig. 1 Schematic diagram of destination of generated waste copper.

棄された後の銅素材のフローを検討する。

Fig. 1 は、製品が廃棄された後の銅素材の行く先の概念図を示す。使用済み銅素材(Copper in end-of-life products)に対して、製品として回収されるもの(Recovered as products)とされないもの(Unrecovered as products)がある。さらに、製品として回収された後に解体され、銅スクラップとして回収されるもの(Recovered as copper scrap)と銅スクラップとして回収されないものがある。後者は、鉄スクラップをはじめ他素材スクラップに混入するもの、自動車のシュレッダーダストのように様々な素材が混在し分離が困難なため処理の後に埋立てられるもの、混在物として輸出されるもの(Mixed into any material scraps or Landfilled or Exported)である。

本研究では、上記のように製品が廃棄された後の銅素材のフローを定義し、解析を進める。

2.1.2 銅素材の動的 MFA に用いたデータやパラメータ

本研究で適用する動的 MFA に必要なデータは、以下のようを得た。銅素材は、電線や伸銅品として各製品に用いられ、電線と伸銅品の別に統計が整備されている。本研究では、電線と伸銅品それぞれの詳細な用途別需要量を、通信・電力用電線、建設、自動車、電気機械、その他機械、その他の 6 つの用途区分に統合して、動的分析を行った。6 用途への銅素材の需要量ならびに間接輸出入を考慮した国内への投入量、加工スクラップ発生量は、既報^{19,20)}を参考に、統計値³⁰⁻³⁷⁾ならびに、調査値³⁸⁾から得て、1950 年から 2009 年までのデータを整備した。各用途の寿命分布は、既報²⁰⁾の設定に従った。また、加工スクラップと老廃スクラップを合わせた総量としての市中スクラップの回収量は、既報²⁰⁾と同様の手法により統計^{30-33,37)}から得た。なお、上記の各データは、銅および銅合金の合金成分の質量まで含めた量である。

2.2 銅素材価格の変動を考慮した銅スクラップの回収量の推計

次に、銅素材の価格ならびに MFA から推計されるフロー量や素材ストック量を説明変数とした、銅スクラップの回収量の変動を検討する。

Gomez ら³⁹⁾は、世界における銅の二次地金の生産量を被説明変数、電気銅価格、使用済みとなる銅の発生量、使用済みの銅の発生量のうち未回収分の累積量、前年の二次地金生

産量をそれぞれ説明変数として、最小二乗法による重回帰分析を行っている。Gomez らが説明した二次地金の生産量は、その原料の多くがスクラップである。そのスクラップには加工スクラップと老廃スクラップを含むものの、日本における MFA の結果²¹⁾からは、加工スクラップは銅素材価格など社会的要因に関係なく過去からほぼ全量回収されてきたことが明らかになっている。そのため、本研究では、Gomez らが世界規模のデータを用いて説明した二次地金生産量を日本における老廃スクラップ回収量とみなし推計に用いた。

被説明変数には、 t 期の銅の老廃スクラップの回収量(QS_t)をとり、電気銅価格(P_t)、使用済みとなる銅の発生量(AF_t)、使用済みの銅の発生量のうち未回収分の t 期までの累積量(AS_t)、前期の銅の老廃スクラップの回収量(QS_{t-1})をそれぞれ説明変数として、弾性値モデルである式(1)を用いて、最小二乗法による重回帰分析を行った。なお、分析には、1981 年から 2008 年までの半期ごとの時系列データを用いた。

$$\ln QS_t = \beta_0 + \beta_1 \ln P_t + \beta_2 D_t \ln AS_t + \beta_3 \ln AF_t + \beta_4 \ln QS_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

なお、 D_t は、

$$D_t = \begin{cases} 1 (P_t > P_{t-1}) \\ 0 (P_t \leq P_{t-1}) \end{cases}$$

と定義される。これは、電気銅価格が前期($t-1$)に比べ当期(t)で上昇した場合のみ、過去の未回収の銅の累積量(AS_t)からの銅の老廃スクラップの回収が見込めると仮定したものである。また、 ε_t は、 t 期の誤差項である。なお、 D_t によって反映した、銅スクラップ回収量の増加は、過去に製品寿命をむかえたものの回収されずに社会中に蓄積されていた銅素材からの回収によるものである。銅の老廃スクラップの回収量(QS_t)には統計値から把握した値を用い、使用済みとなる銅の発生量(AF_t)は、統計などでは把握できず推計しなければならない量であるので、先述の銅の動的 MFA において導出された値を用いた。電気銅価格(P_t)は、半年分の各月の最高値と最安値⁴⁰⁾の平均値を算出し、それを 2000 年の GDP デフレーター^{41,42)}によって補正したものを用いた。

2.3 銅スクラップ回収量の推計式の妥当性検証

前節に示した手法で求めた重回帰式を用い、2009 年における銅スクラップの回収量を推計した。その結果と、2009 年における統計値³⁷⁾から得た銅スクラップの回収量を比較することで、重回帰式の妥当性を検証した。なお、重回帰式による推計に用いた各種データは、2.1.2 にて示したとおりである。

2.4 各用途における使用済み銅素材のフローの把握

2009 年について、動的 MFA にて推計した使用済み銅素材の発生量、製品としての銅素材の回収量と、重回帰式および統計値³⁷⁾から推計した銅スクラップ(老廃スクラップ)の回収量を、それぞれ用途別に比較した。これにより、各用途における使用済み銅素材のフローを把握すると同時に、推計法の妥当性についても検証した。なお、銅素材を用いている製品の回収率は、既報⁵⁾の鉄鋼材の各用途の回収率と同じで

あるとした(建設:70%,自動車:85%,機械:80%)。これは、鉄鋼材が磁性を有していることから、製品として回収された鉄鋼材は、解体時に他の素材に混入することなく、ほぼ全量がスクラップとして回収されていると考えられるので、製品回収率に等しいとみなすことができるとしたからである。また、銅スクラップの回収量は、使用済み銅素材の発生量に応じて、用途別に按分した。

3. 結果と考察

3.1 銅の動的 MFA 結果と検証

市中スクラップ回収量から加工スクラップ分を減じて推計される老廃スクラップ回収量を分子に、動的 MFA によって算出した使用済み銅素材の発生量を分母として、銅素材全体での回収率を算出し、Fig. 2 に 1980 年から示した。

Fig. 2 より、2002 年までは、回収率が 50% から 70% 弱で推移しているが、2003 年以降は、90% 以上にも達し、近年の回収率の上昇が示されている。Fig. 2 には、電気銅の価格の 1980 年から 2008 年までの推移も示している。過去からの回収率と価格の変動の趨勢が類似しているとともに、近年の著しい価格上昇と回収率の上昇も類似している。これは、素材価格の上昇により、売却益の増加が見込めることで、銅スクラップを回収するインセンティブになっていることが予想される。しかし、Fig. 2 をみると、価格の上昇時期と、回収率の増加時期が必ずしも一致していない。よって、次節において、価格の変動が銅の回収に与える影響について、統計により解析を行った。

3.2 銅価格がスクラップの回収に及ぼす影響

銅スクラップの回収量を説明する式(1)に関して、重回帰分析を行った結果を各種検定量とともに Table 1 に示す。自由度補正済み決定係数は高かった。検定統計量 t の絶対値は、すべての回帰係数において、5% 有意水準にて、その説

明変数が有意であると判断する目安となる 2 より大きかった。また、有意確率を表す p 値も 0.05 より小さい値となっており、 t 値と同様の示唆を得た。

次に、各パラメータの増減と、銅スクラップ回収量の変動の関係性を、それぞれの係数から考察する。まず、電気銅価格にかかる係数 β_1 は正の数となった。これは、Fig. 2 の結果から予想された銅素材価格の上昇が、銅スクラップの回収のインセンティブになっているとの考えと一致する結果である。また、使用済み銅素材の発生量にかかる係数 β_2 も正の数となった。これは、既存の動的 MFA に関する研究¹⁹⁻²¹⁾での、使用済み素材の発生量が増えると老廃スクラップ回収量も増えるという点と整合している。さらに、未回収の銅の累積量にかかる係数 β_3 も正の数であり、Gomez らの指摘するように、未回収の銅は将来の回収ポテンシャルとして蓄積しているといえる。

重回帰分析から、銅の老廃スクラップ回収量を説明するモデルとして式(2)を示す。

$$\ln QS_t = -3.29 + 1.53 \times 10^{-1} \ln P_t + 7.75 \times 10^{-3} D_t \ln AS_t + 1.01 \ln AF_t + 3.31 \times 10^{-1} \ln QS_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

この結果から、銅スクラップの回収において銅素材価格の与える影響が大きいことがわかった。したがって、銅素材価格の変動幅の大きさが、銅スクラップの回収に与える影響も大きいと考えられる。そこで、次節において、銅素材価格の変動幅の影響について、分析を進めた。

3.3 銅スクラップ回収量の推計式の有効範囲の検討

本節では、重回帰式(2)の有効範囲を検討する。既に述べたように、銅価格は 2003 年以降に激しく高騰し、2007 年に最高値を更新した。重回帰式(2)は、その価格の激しい変動を反映した式である。この期間を含まない過去の経年データにて重回帰式を求めた場合に、それ以後の推計値が実績値とどれだけ乖離するかを検討することで、将来、銅価格が変動する際に、重回帰式(2)を用いることの妥当性を検討した。

そこで、重回帰分析に用いる統計データの対象期間を、開始年はすべて 1981 年としたうえで、最終年を 2000 年から 2008 年まで 1 年ずつ変更して、2.2 にて示した手法にてそれぞれ同様に重回帰式を求めた。なお、対象期間の最終年が 2000 年から 2005 年のものはすべて、未回収銅スクラップの累積量および前期の銅スクラップの回収量の 2 つの説明変数が、有意水準 5% にてともに棄却されたため、残りの説

Fig. 2 Comparison of end-of-life recycling rates of copper between model and facts.

Table 1 The results of multiple linear regression analysis.

Coverage area and year	Japan · 1981~2008(half-yearly)		
adj-R ²	0.911		
	Coefficient	t-value	p-value
β_0	-3.29	-3.48	1.01×10^{-3}
β_1	1.53×10^{-1}	3.14	2.78×10^{-3}
β_2	7.75×10^{-3}	2.31	2.49×10^{-2}
β_3	1.01	4.33	7.02×10^{-5}
β_4	3.31×10^{-1}	2.48	1.65×10^{-2}

明変数のみを採用し、推計した。2006年から2008年のものは、すべての説明変数が棄却されなかった。この結果を用いて、2009年までの銅スクラップ回収量を推計し、実績値と比べた。そのうち、最終年が2000年、2005年、2006年、2008年のものについて、それぞれFig. 3(a)~(d)に示す。

Fig. 3(a)~(d)に示すとおり、2005年以前のデータを用いた場合には、2006年以降に大きく推計値と実績値に乖離が生じ、最大36%の違いが生じている。一方、2006年までのデータを用いた場合には、推計値と実績値の乖離が小さく、最大で7%程度(2007年時)である。2005年から2006年にかけて過去に前例がないほど銅素材価格の上昇が起こったことで、2005年と2006年の間にて、銅スクラップの回収量を説明する式の構造に変化が生じている。それゆえ、今後、社会での銅の回収率を推計する場合には、重回帰式(1)を用いるとともに、過去の変動率以上の価格の変動がある場合には、式の構造の変化に留意し、分析を進める必要がある。

既存のMFAによる銅スクラップの回収量の推計¹⁹⁻²¹⁾では、使用済み銅素材の発生量に調査値としての過去の回収率(一定値)をかけ合わせて求めるものであったが、式(2)のような銅素材価格を考慮した重回帰式を用いる手法も新たな

アプローチとして期待される。

3.4 各用途における使用済み銅素材のフロー

2009年について、使用済み銅素材の発生量、製品としての銅素材の回収量と、重回帰式および統計値から推計した銅スクラップの回収量を、それぞれ用途別に比較し、Fig. 4に示す。

建設用途については、製品として回収されたほぼ全量が銅

Fig. 4 Comparison of destination of generated waste copper.

Fig. 3 Comparison of recovered copper scraps between statistics and estimation (estimated from the data between (a) 1981-2000, (b) 1981-2005, (c) 1981-2006 and (d) 1981-2008).

スクラップとして回収されている結果となった。自動車用途では、解体時の ASR(自動車シュレッダーダスト)への混入や、中古自動車や中古部品としての輸出が、未回収分として推測される。機械用途に関しては、中古製品の輸出⁴³⁾や国内で機械破碎されたのちの非鉄金属の混合物としてのミックスメタルなどが、銅スクラップとして回収されない分の行方として考えられる。

4. 結 言

本研究では、銅素材の動的 MFA により、直近の約 30 年の日本国内における銅スクラップの回収量および回収率の変化を定量的に解析した。回収量および回収率そして、2003 年以降、銅価格が激しく高騰した期間における、銅の回収量および回収率が大きく増加したことを示した。さらに、Gomez らの既存研究と統計データに基づき、銅スクラップの回収量を説明する重回帰式を求め、銅素材価格の上昇が銅スクラップの回収率の向上に寄与しているということを示した。また、銅スクラップ回収量を用途別に推計し、未回収分の銅素材の行方について考察した。

本研究で得た知見により、将来の社会中に蓄積されている素材の回収量を推計する際に、素材価格に応じた回収量を検討することが可能となり、より実態に即した動的 MFA の実施が可能になると考えられる。

文 献

- 1) Y. Adachi, Y. Matsuno and I. Daigo: *Methodology for a Sound Material Cycle*, (University of Tokyo Press, Tokyo, 2010).
- 2) T. Wang, D. B. Müller and T. E. Graedel: *Environ. Sci. Technol.* **41**(2007) 5120–5129.
- 3) I. Daigo, D. Fujimaki, Y. Matsuno and Y. Adachi: *Tetsu-to-Hagane* **91**(2005) 171–178.
- 4) D. Fujimaki, Y. Igarashi, I. Daigo, Y. Matsuno and Y. Adachi: *Tetsu-to-Hagane* **92**(2006) 45–49.
- 5) Y. Igarashi, E. Kakiuchi, I. Daigo, Y. Matsuno and Y. Adachi: *Tetsu-to-Hagane* **93**(2007) 68–77.
- 6) D. B. Muller, T. Wang, B. Duval and T. E. Graedel: *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* **103**(2006) 16111–16116.
- 7) M. T. Melo: *Resour. Conserv. Recycl.* **26**(1999) 91–113.
- 8) H. Hatayama, H. Yamada, I. Daigo, Y. Matsuno and Y. Adachi: *Mater. Trans.* **48**(2007) 2518–2524.
- 9) T. E. Graedel, D. van Beers, M. Bertram, K. Fuse, R. B. Gordon, A. Gritsinin, A. Kapur, R. J. Klee, R. J. Lifset, L. Memon, H. Rechberger, S. Spatari and D. Vexler: *Environ. Sci. Technol.* **38**(2004) 1242–1252.
- 10) T. E. Graedel, M. Bertram, A. Kapur, B. Reck and S. Spatari: *Environ. Sci. Technol.* **38**(2004) 1253–1251.
- 11) A. Kapur, M. Bertram, S. Spatari, K. Fuse and T. E. Graedel: *Journal of Material Cycles and Waste Management* **5**(2003) 143–156.
- 12) R. J. Lifset, R. B. Gordon, T. E. Graedel, S. Spatari and M. Bertram: *Journal of the Minerals, Metals and Materials Society* **54**(2002) 21–26.
- 13) D. Vexler, M. Bertram, A. Kapur, S. Spatari and T. E. Graedel: *Resour. Conserv. Recycl.* **41**(2004) 23–46.
- 14) T. E. Graedel, M. Bertram, K. Fuse, R. B. Gordon, R. Lifset, H. Rechberger and S. Spatari: *Ecological Economics* **42**(2002) 9–26.
- 15) S. Spatari, M. Bertram, K. Fuse, T. E. Graedel, and H. Rechberger: *Ecological Economics* **42**(2002) 27–42.
- 16) M. Bertram, T. E. Graedel, H. Rechberger and S. Spatari: *Ecological Economics* **42**(2002) 43–57.
- 17) H. Rechberger and T. E. Graedel: *Ecological Economics* **42**(2002) 59–72.
- 18) D. van Beers, M. Bertram, K. Fuse, S. Spatari and T. E. Graedel: *The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy* **103**(2003) 147–162.
- 19) I. Daigo, S. Hashimoto, Y. Matsuno and Y. Adachi: *J. Japan Inst. Metals* **71**(2007) 563–569.
- 20) K. Tatsumi, I. Daigo, Y. Matsuno and Y. Adachi: *J. Japan Inst. Metals* **72**(2008) 617–624.
- 21) I. Daigo, S. Hashimoto, Y. Matsuno and Y. Adachi: *Resour. Conserv. Recycl.* **53**(2009) 208–217.
- 22) D. van Beers and T. E. Graedel: *Journal of Cleaner Production* **15**(2007) 849–861.
- 23) X. Guo and Y. Song: *Resour. Conserv. Recycl.* **52**(2008) 874–882.
- 24) T. E. Graedel, D. van Beers, M. Bertram, K. Fuse, R. B. Gordon, A. Gritsinin, E. M. Harper, A. Kapur, R. J. Klee, R. J. Lifset, L. Memon and S. Spatari: *Journal of Industrial Ecology* **9**(2005) 67–90.
- 25) J. Johnson, J. Jirikowic, M. Bertram, D. van Beers, R. B. Gordon, K. Henderson, R. J. Klee, T. Lanzano, R. Lifset, L. Oetjen and T. E. Graedel: *Environ. Sci. Technol.* **39**(2005) 4655–4665.
- 26) B. K. Reck, D. B. Müller, K. Rostkowski and T. E. Graedel: *Environ. Sci. Technol.* **42**(2008) 3394–3400.
- 27) A. Elshkaki, E. van der Voet, M. van Holderbeke and V. Timmermans: *Resour. Conserv. Recycl.* **42**(2004) 133–154.
- 28) M. D. Gerst and T. E. Graedel: *Environ. Sci. Technol.* **42**(2008) 7038–7045.
- 29) International Copper Study Group, Portugal: *The World Copper Factbook 2010*, (2010).
- 30) The Japan Electric Wire & Cable Makers' Association: *Yearbook of Electric Wire & Cable Statistics*, (Tokyo, 1952–2009).
- 31) Ministry of International Trade and Industry, Japan: *Yearbook of Mining, Non-Ferrous Metals, and Products Statistics*, (Research and Statistics Department Minister's Secretariat, Tokyo, 1975–2001).
- 32) Ministry of International Trade and Industry, Japan: *Yearbook of Non-Ferrous Metal Products Statistics*, (Research and Statistics Division, Minister's Secretariat, Tokyo, 1955–1974).
- 33) Ministry of International Trade and Industry, Japan: *Yearbook of Metal Products Statistics*, (Research and Statistics Division, Minister's Secretariat, Tokyo, 1948–1954).
- 34) Web-Site of Japan Copper and Brass Association: <http://www.copper-brass.gr.jp/database/statistics.html> Status:02/2010.
- 35) International Iron and Steel Institute, Brussels: *Commission on Economic Studies, Indirect Trade in Steel*, (1982–1996).
- 36) The Japan Ferrous Raw Materials Association, Tokyo: Kuotari Tetsugen, (2009).
- 37) Ministry of Economy, Trade and Industry, Japan: *Yearbook of Minerals and Non-Ferrous Metals Statistics*, (Research Institute of Economy, Trade and Industry, Tokyo, 2002–2009).
- 38) Clean Japan Center: Haikibutu Genryoku no tame no Shakai Sisutemu no Hyoka ni Kansuru Chosakenkyu-Hitesu Kinzoku Sozai ni okeru Junkangatakeizai Sisutemu no Arikata ni Kansuru Chosakenkyu Hokokusho, 1999. 3, 111.
- 39) F. Gómez, J. I. Guzmán and J. E. Tilton: *Copper Recycling and Scrap Availability, Resources Policy* **32**(2007) 183–190.
- 40) Web-Site of Japan Metal Daily: <http://www.japanmetaldaily.com/statistics/impironcateg/details/index.html> Status:01/2010.
- 41) Web-Site of Cabinet Office, Government of Japan: <http://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/qe093-2/gdemenuja.html> Status:01/2010.
- 42) A. Harada: *Keizai Bunsekinotameno Toukeigaku Nyumon, The 2nd Edition*, (Sosheisha, Tokyo, 2001).
- 43) Steel Recycling Research Corporation, Japan: *Personal Correspondence*, (2003).