

鉄屑リサイクル市場の価格形成の考察*

Analysis of Pricing on Iron Scraps Recycling Market*

深山敬大**・稲村肇***・加河茂美****

By Takahiro MIYAMA **・Hazime INAMURA ***・Sigemi KAGAWA ****

1. はじめに

鉄屑は天然資源の少ない日本にとって、貴重な資源であるため、鉄屑を用いた鉄鋼製品の生産は古くから行われてきた。自動車や建設鋼材から発生する鉄屑を利用し、鉄鋼製品を生産することは資源リサイクルと言え、循環型社会の形成を推進しようとしている日本にとって、今後益々重要になっていくと考えられる。

近年の建築・土木関連工事の減少に伴い、建設鋼材の需要が減少した。そのため、鉄屑の最大消費者であり、建設鋼材の生産者でもある電炉メーカーの数多くが赤字経営に陥り、数社が破綻する事態となった。鉄屑リサイクルにおいて重要な役割を担っている電炉メーカーの破綻は、鉄屑のリサイクルに支障を来すと考えられる。

本研究では、電炉メーカーが破綻した原因を解明するために、鉄屑の供給者である鉄屑問屋と需要者である電炉メーカーという2主体から構成されている鉄屑リサイクル市場を考え、鉄屑の価格関数のモデルを定式化する。その価格関数から電炉メーカーの限界要素費用MFCのモデル、電炉メーカーが鉄鋼製品の販売により得られる収入から限界生産物収入MRPのモデルを定式化し、これら3つのモデルを推定する。最後に、電炉メーカーの収入最大化と利潤最大化について考察し、本研究を通して得られた知見を示す。

2. モデルの定式化

鉄屑の供給者である鉄屑問屋と需要者である電炉メーカーが鉄屑を取引する際、電炉メーカーは直納業者と呼ばれている10社程度の鉄屑問屋に鉄屑の買取り価格を提示し、その期間における鉄鋼製品の生産に必要な鉄屑を確保する。つまり、電炉メーカーは特定の鉄屑問屋としか鉄屑を取引しない。

*キーワード：環境計画，地球環境問題

**学生員，東北大学大学院情報科学研究科

***F会員，工博，東北大学大学院情報科学研究科

****正会員，工博，東北大学大学院情報科学研究科

(仙台市青葉区青葉6-6-6,

TEL022-795-7492, FAX022-795-7494)

森川ら¹⁾は宮城県を対象として、98年度における鉄屑問屋(シュレッダー業者)と電炉メーカー間の自動車由来の鉄屑の物流コストを、県内鉄屑問屋～県内電炉メーカーが約550(円/トン)、県外鉄屑問屋～県内電炉メーカーが約5,500(円/トン)と推計した。1998年度の鉄屑平均価格が約9,200(円/トン)であることから、遠距離の物流コストが近距離の物流コストに比べ、鉄屑価格に対し非常に大きなウェイトを占めていることがわかる。

電炉メーカーは物流コストを抑えるために、近隣の鉄屑問屋と取引する傾向がある。このことから、ある地域の電炉メーカーは、その地域の鉄屑問屋から独占的に鉄屑を買取っていると考えられ、本研究において鉄屑リサイクル市場を需要独占的な市場とする。

(1) 鉄屑の価格関数

電炉メーカーが直面する鉄屑の価格関数を(1)式のように定式化する。

$$p_t^{scrap} = \alpha_0 + \alpha_1 x_t + \alpha_2 p_{t-1}^{scrap} \quad (1)$$

ここで、 p_t^{scrap} : t期の鉄屑価格(円/トン)、 x_t : t期の鉄屑取引量(千トン)、 α : パラメータである。

(2) 電炉メーカーの限界要素費用MFC

定式化された鉄屑の価格関数(1)式から、電炉メーカーの鉄屑の購入費用は(2)式のように定式化できる。

$$C_t = p_t^{scrap} x_t = \beta_0 x_t + \beta_1 x_t^2 + \beta_2 p_{t-1}^{scrap} x_t \quad (2)$$

ここで、 C_t : t期の電炉メーカーの鉄屑の購入費用、 β : パラメータである。理論的には、(2)式のパラメータは β ではなく α であるが、本研究ではここで再度推定するために異なったパラメータとする。

電炉メーカーの限界要素費用MFCは、電炉メーカーの鉄屑の購入費用(2)式を鉄屑購入費用 x_t で微分し、(3)式として定式化できる。

$$MFC_t = \beta_0 + 2\beta_1 x_t + \beta_2 p_{t-1}^{scrap} \quad (3)$$

ここで、 MFC_t : t期の電炉メーカーの限界要素費用(円/トン)である。

(3) 電炉メーカーの限界生産物収入MRP

電炉メーカーは、生産物である鉄鋼製品(棒鋼・形鋼etc)をその需要者である土木・建築業に販売することに

より収入を得る。しかし、本研究では鉄鋼製品の販売量と生産量との差が小さいことから、収入として販売額ではなく、生産額を考える。電炉メーカーの収入を(4)式のように定式化する。

$$R_t = p_t^{bar} y_t \quad (4)$$

ここで、 R_t : t期の電炉メーカーの収入(千円)、 p_t^{bar} : t期の小形棒鋼の価格(円/トン)、 y_t : t期の電炉メーカーの鉄鋼生産量(千トン)である。本来、生産物の価格はそれぞれの鉄鋼製品の価格を考慮すべきである。しかし、本研究では製品間の価格差が小さいことから、電炉メーカーの主力製品である小形棒鋼の価格を鉄鋼製品の価格の代表値として採用する。

電炉メーカーの鉄鋼生産量 y_t を1次同次の生産関数とし、(5)式のように定式化する。

$$y_t = \gamma_0 x_t \quad (5)$$

ここで、 γ : パラメータである。次に、小形棒鋼の価格 p_t^{bar} を価格関数とし、(6)式のように定式化する。

$$p_t^{bar} = \delta_0 + \delta_1 y_t + \delta_2 p_{t-1}^{bar} \quad (6)$$

ここで、 δ : パラメータである。よって、電炉メーカーの収入は(4)式、(5)式、(6)式から(7)式のように定式化される。

$$R_t = p_t^{bar} y_t = \zeta_0 x_t + \zeta_1 x_t^2 + \zeta_2 p_{t-1}^{bar} x_t \quad (7)$$

電炉メーカーの限界生産物収入MRPは電炉メーカーの収入(7)式を鉄屑取引量 x_t で微分し、(8)式のように定式化できる。

$$MRP_t = \zeta_0 + 2\zeta_1 x_t + \zeta_2 p_{t-1}^{bar} \quad (8)$$

ここで、 MRP_t : t期の電炉メーカーの限界生産物収入(円/トン)である。

3. データの収集・加工

定式化されたモデルを推定する際に必要なデータは鉄屑取引量、鉄屑価格、電炉メーカーの鉄鋼生産量、小形棒鋼の価格の4つであり、データ期間は1989~2004年度(四半期別)である。鉄屑取引量、鉄屑価格については(社)日本鉄源協会から、電炉メーカーの鉄鋼生産量、小形棒鋼の価格については(社)日本鉄鋼連盟から元のデータを収集し、移動平均等の加工を施した。

4. モデルの推定結果

(1) 鉄屑の価格関数

鉄屑の価格関数(1)式を推定した結果を(9)式に示す。

$$p_t^{scrap} = -7211 + 3.45 x_t + 0.98 p_{t-1}^{scrap} \quad (9)$$

$$R^2 = 0.87$$

(9)式より、決定係数 R^2 が0.87であることから、このモデルは説明力が高いと言える。t値から、全てのパラメー

タが有意水準1%で有意に推定された。

(2) 電炉メーカーの限界要素費用MFC

電炉メーカーの鉄屑の購入費用(2)式を推定し、その式を鉄屑取引量 x_t で微分した電炉メーカーの限界要素費用MFCを(10)式に示す。

$$MFC_t = -7909 + 7.44 x_t + 0.99 p_{t-1}^{scrap} \quad (10)$$

$$R^2 = 0.99$$

(10)式より、決定係数 R^2 が0.99であることから、このモデルは説明力が高いと言える。t値から、全てのパラメータが有意水準1%で有意に推定された。

(3) 電炉メーカーの限界生産物収入MRP

電炉メーカーの収入(4)式を推定し、その式を鉄屑取引量 x_t で微分した電炉メーカーの限界生産物収入MRPを(11)式に示す。

$$MRP_t = 25380 - 29.6 x_t + 1.12 p_{t-1}^{bar} \quad (11)$$

$$R^2 = 0.99$$

(11)式より、決定係数 R^2 が0.99であることから、このモデルは説明力が高いと言える。t値から、全てのパラメータが有意水準1%で有意に推定された。

以上より推定された鉄屑の価格関数、電炉メーカーの限界要素費用MFC、電炉メーカーの限界生産物収入MRPについて1989~2004年度四半期別の推移を表したグラフをまとめると図1のようになる。

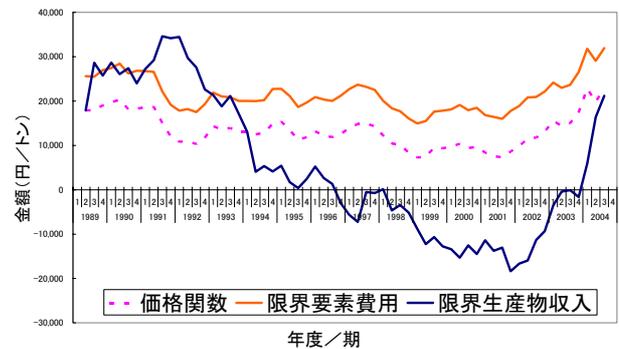


図1 価格関数、限界要素費用、限界生産物収入

5. 考察

(1) 電炉メーカーの収入最大化

図1から、電炉メーカーの限界生産物収入MRPが1998年度第2四半期から2003年度第4四半期までマイナスとなっているが、このことについて考察する。

推定された電炉メーカーの収入は2次関数であるため、(12)式のように変形できる。

$$R_t = -14.8 \left(x_t - \frac{25380 + 1.1p_{t-1}^{bar}}{29.6} \right)^2 + \frac{(25380 + 1.1p_{t-1}^{bar})^2}{59.2} \quad (12)$$

(12)式から、収入が最大となる鉄屑取引量（以下、収入最大取引量）は(13)式となる。

$$x_t = \frac{25380 + 1.1p_{t-1}^{bar}}{29.6} \quad (13)$$

鉄屑の現実取引量と収入最大取引量について1989～2004年度四半期別の推移を表したグラフを図2に示す。

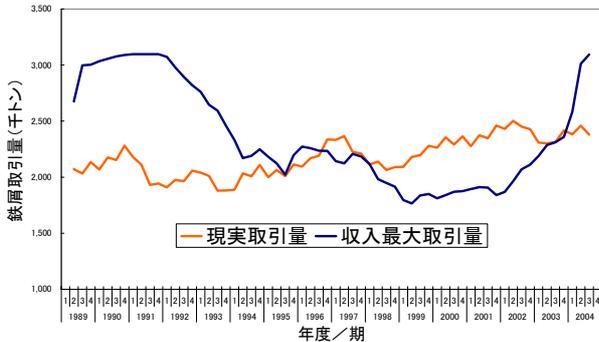


図2 鉄屑の現実取引量と収入最大取引量の推移

図2から、電炉メーカーの限界生産物収入MRPがマイナスとなっている期間とは、現実取引量が収入最大取引量を上回っている期間であることがわかる。具体例として、電炉メーカーの限界生産物収入MRPが-18,376（円/トン）となり、全期間（1989～2004年度）で最低だった2001年度第4四半期の場合について考える。この時、電炉メーカーの収入と限界生産物収入MRPは図3のような状態である。

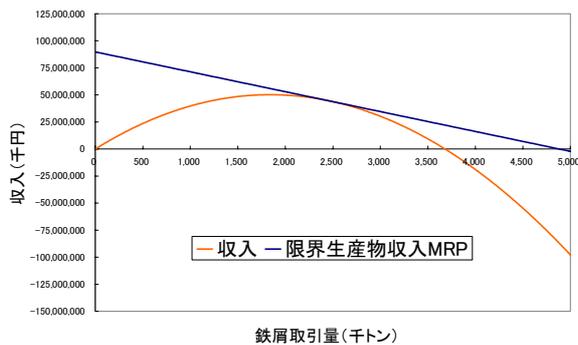


図3 電炉メーカーの収入と限界生産物収入MRP

2001年度第4四半期の収入最大取引量は1,840（円/トン）、現実取引量は2,460（円/トン）であった。電炉メーカーの限界生産物収入MRPは電炉メーカーの収入の現実取引量における接線の傾きであることから、図3の接線の傾きは-18,376（円/トン）ということになる。つまり、現実取引量が収入最大取引量よりも多いと、その時の電炉メーカーの限界生産物収入MRPはマイナスとなることを示している。

(2) 電炉メーカーの利潤最大化

a) モデルの定式化

企業として本来の行動は収入最大化ではなく、利潤最大化である。次に、電炉メーカーの利潤について考える。本研究における利潤とは、単純に電炉メーカーの鉄鋼製品の生産額を表している収入から、電炉メーカーの鉄屑の購入費用を引いたものであり、その他の費用（人件費、施設維持費等）は考慮していない。

電炉メーカーの利潤は電炉メーカーの鉄屑の購入費用を表す(2)式と電炉メーカーの収入を表す(7)式から、(14)式のように定式化できる。

$$\pi_t = R_t - C_t = \lambda_0 x_t + \lambda_1 x_t^2 + \lambda_2 p_{t-1}^{bar} x_t + \lambda_3 p_{t-1}^{scrap} x_t \quad (14)$$

ここで、 π_t ：t期の電炉メーカーの利潤、 λ ：パラメータである。

b) モデルの推定結果

(14)式を推定した結果が(15)式である。

$$\pi_t = 37070 - 20.1 x_t^2 + 1.02 p_{t-1}^{bar} x_t - 0.72 p_{t-1}^{scrap} x_t \quad (15)$$

$R^2 = 0.96$

(15)式より、決定係数 R^2 が0.96であることから、このモデルは説明力が高いと言える。t値から、全てのパラメータが有意水準1%で有意に推定された。

電炉メーカーの収入と同様に(15)式も2次関数であるため、(16)式のように変形できる。

$$\pi_t = -20.1 \left(x_t - \frac{37070 + 1.02 p_{t-1}^{bar} - 0.72 p_{t-1}^{scrap}}{40.2} \right)^2 + \frac{(37070 + 1.02 p_{t-1}^{bar} - 0.72 p_{t-1}^{scrap})^2}{80.5} \quad (16)$$

(16)式から、電炉メーカーの利潤が最大となる鉄屑取引量（以下、利潤最大取引量）は(17)式となる。

$$x_t = \frac{37070 + 1.02 p_{t-1}^{bar} - 0.72 p_{t-1}^{scrap}}{40.2} \quad (17)$$

鉄屑の現実取引量と利潤最大取引量について1989～2004年度四半期別の推移を表したグラフを図4に示す。

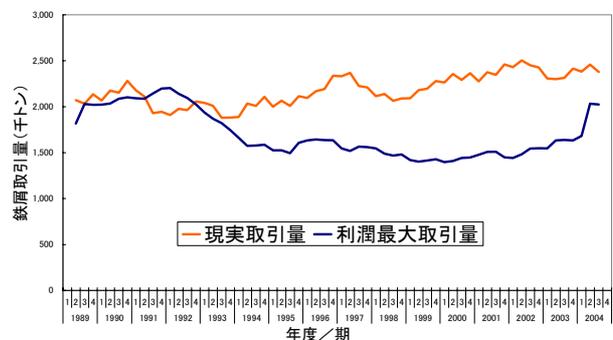


図4 鉄屑の現実取引量と利潤最大取引量の推移

図4から、次のことが読み取れる。

1989～1993年度では、鉄屑の現実取引量と利潤最大取引量との差が小さいことから、電炉メーカーは鉄屑リサ

イクル市場における需要独占企業として利潤最大化させることに成功していると考えられる。これは、電炉メーカーが限界生産物収入MRPと限界要素費用MFCが等しいところか、限界要素費用MFC以上のところで取引できていることを表している（図1参照）。

1994年度以降では、徐々に鉄屑の現実取引量が利潤最大取引量より大きくなっていき、2001年度第4四半期に差が最大となっている。この期間について、現実の鉄屑リサイクル市場と照らし合わせてみると、1998年に電炉メーカー大手だったトアスチール、1999年に中山工業、2000年に東洋製鋼、2002年に国光製鋼が相次いで破綻している。破綻した電炉メーカーが相次いだ1998～2002年は図1から電炉メーカーの限界生産物収入MRPがマイナスとなっている期間と重なっており、電炉メーカーにとって、非常に経営的に厳しかった期間だったと言える。

図5は、電炉メーカーの現実利潤と最大利潤について1989～2004年度四半期別の推移を示したものである。現実利潤とは、(15)式に現実の値を代入し求めたものであり、最大利潤とは、(16)式中の(18)式のことである。

$$\pi_t = \frac{(37070 + 1.02p_{t-1}^{bar} - 0.72p_{t-1}^{scrap})^2}{80.5} \quad (18)$$

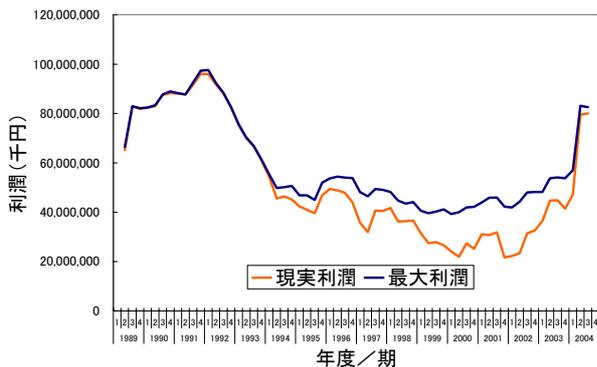


図5 電炉メーカーの現実利潤と最大利潤の推移

もし、電炉メーカーが図5のような最大利潤を達成できる鉄屑取引量で経営を行っていたならば、1998～2002年に相次いだ電炉メーカーの破綻を減少させることができたと考えられる。電炉メーカーが鉄鋼製品の価格に適した鉄鋼生産量に調整し、鉄屑取引量を決定することは経営を継続させていく上で非常に重要である。

c) 推論

電炉メーカーの鉄鋼製品の販売形態について説明する。電炉メーカーの鉄鋼製品は商社・特約店といった販売業者を経由し、購入者である建築・土木業に渡る店売り取引を主体としている。店売り取引とは、電炉メーカーと商社・特約店が取引契約を結ぶ際、購入者が記載されないことから、商社・特約店が自己の責任で自由に販売できる方式である。これは不特定多数の購入者に販売されるため、市場の影響を受けやすいという特徴がある。

つまり、鉄鋼市場という生産物市場は、不特定多数の需要者が存在していることから、完全競争的な市場であり、電炉メーカーは鉄鋼製品のプライス・テイカーと言える。これに対して、鉄屑リサイクル市場という生産要素市場では電炉メーカーは、需要独占企業であるため、鉄屑のプライス・メーカーと言える。鉄屑のリサイクル市場において電炉メーカーは鉄鋼製品の価格を所与として鉄鋼生産量を決め、その生産量に適した鉄屑取引量を決定できるはずである。

しかし、現実には1994年度以降において、電炉メーカーは利潤最大取引量を上回る取引量で経営している。この過剰取引の原因として以下の2点が考えられる。

第一に、電炉メーカーの企業数である。電炉メーカーの主力製品である小形棒鋼を生産している企業は約30社存在し、競争が非常に激しいことで知られている。ある電炉メーカーが減産した場合、他の電炉メーカーに生産シェアを奪われる可能性があるため、電炉メーカー各社が生産水準を維持する。

第二に、生産施設の生産圧力である。1980年代後半～1990年代前半に電炉メーカー各社は生産施設を建設し、生産能力を高めた。しかし、それら最新設備を整えた施設は、鉄鋼製品が需要不足でも簡単に遊休させられない。

6. 結論

本研究は、電炉メーカーが破綻した原因を解明するために、鉄屑の価格関数、電炉メーカーの限界要素費用MFCと限界生産物収入MRPという3つのモデルを定式化し、電炉メーカーの収入最大化、利潤最大化について考察した。本研究を通して得られた知見は、以下の通りである。

1994年度から、完全に鉄屑の現実取引量が電炉メーカーの利潤最大取引量を上回っているが、特に電炉メーカーの破綻が相次いだ1998～2002年は電炉メーカーの限界生産物収入MRPがマイナス、つまり鉄屑の現実取引量が収入最大取引量を上回っている期間と重なっていることが明らかとなった。

鉄屑リサイクル市場において、電炉メーカーは鉄鋼製品の価格を所与として鉄屑取引量を決定するはずである。しかし、1994年度以降、電炉メーカーは鉄鋼製品の価格が下落しても、その価格に適した生産量に落とさず、鉄屑を過剰取引している。その結果、鉄屑価格を上昇させ、更なる経営悪化を自ら招いていることが明らかとなった。

以上から、本研究において定式化したモデルは鉄屑リサイクル市場を分析する上で、有用と言える。

参考文献

- 1) 森川貴史：シュレッター・電炉を中心とした廃棄自動車のマテリアルフロー分析，東北大学卒業論文，2000

