わが国の鉛蓄電池用鉛需要の近未来予測*

大野 栄一

Forecast of Near Future Lead Demand of Lead Acid Battery in Japan

by Eiichi OHNO¹

1. Metal Economics Research Institute, Japan, Minato-ku, Tokyo 105

Trend analysis on the lead demand of lead acid battery in Japan (hereafter, battery lead demand) from 1966 to 1989 was carried out in order to forecast the near future (1990 and 1991 fiscal years) battery lead demand by means of extrapolating the trend analysis results. Prior to this analysis, the following points were ascertained;

- (1) The battery lead demand, which is thought to be easily understood in relation to the economic activity of the car industry, can be applied instead of the whole domestic lead demand. This means that it will make no great difference if we estimate the growth of all domestic lead demand through that of battery lead demand.
- (2) Battery lead demand generally shows an upward trend through the whole period, but downturns, which were based on the influence of the first oil shock (1974) and that of the world-wide recession (1982), are notably found.
- (3) The battery lead demand can be explained by the total GNP (Gross National Product) instead of those GNPs which were divided into industrial areas related to battery lead demand.

The trend analysis of demand for battery lead, which consists of electrolytic lead, secondary lead and scrap-lead, were carried out using three methods – (a) simple regression analyses, using fiscal year and GNP as independent variables, and (b) time series analysis. The near future forecast was then carried out by extrapolating the results and these forecasts were integrated by means of the weighted average method. The results for battery lead demand are as follows.

For 1990 – 3.06×10^5 tons (fiscal year regression analysis), 3.14×10^5 tons (GNP regression analysis) and 3.14×10^5 tons (time series analysis); 3.12×10^5 tons (integrated forecast value); 3.10×10^5 tons (actual value); +2,000 tons forecast error.

For 1991 – 3.16×10^5 tons (fiscal year regression analysis), 3.28×10^5 tons (GNP regression analysis) and 3.32×10^5 tons (time series analysis); 3.27×10^5 tons (integrated forecast value); 3.09×10^5 tons (actual value); +18,000 tons forecast error.

The difference between the integrated forecast value and the actual result in 1990 is only +2,000 tons. The business kept the same upward trend in 1990 as it did since November 1986. This implies that this forecast method, which is carried out by means of extrapolating the trend analysis results, can be reliably used in a monotonous economic atmosphere. On the other hand, the difference between the integrated forecast value and the actual result in 1991 is +18,000 tons, which is much larger than that in 1990. In addition, it shows an upward trend, though the actual value decreased in 1991 compared with that in 1990. This shows that we could not read the decrease of the battery lead demand caused by the recession, which seems to have begun in the beginning of 1991. This implies that this forecast method cannot be applied in a fluctuating economic atmosphere.

KEY WORDS: Domestic Lead Demand, Lead Acid Battery, Trend Analysis, Near Future Forecast, Simple Regression Analysis, Time Series Analysis

1. 緒 言

資源産業が他の産業と同じく一つの経済活動である以上、経済的見地から見る必要がある。つまり、資源経済学の実在は必須と考える。

特に、資源の供給に携わる我々としては、資源の供給源に関す

る情報も重要であるが、それに劣らず、資源の需要面の情報は、資源産業を円滑に持続するために欠くことのできないものとする。

わが国の鉱山製錬業界の非鉄金属資源の需要予測の現状を見ると、その多くは、各企業が独自の方法で個々に行っているから見られ、報告されている研究論文¹⁾²⁾は比較的少ない。欧米における研究論文^{3)~8)}は、背景の経済構造がわが国と必ずしも一致しない面があって、その結果を直ちにわが国に適用できるかどうかは疑問に思われる。このような背景から、わが国の鉱山製錬業界が共通して利用できる需要予測法の開発を試みた。需要予測のプロセスとしては、次のフローを想定した。

* 1993年5月20日受理

1. 正会員 (社)日本メタル経済研究所

キーワード: 鉛需要, 電池用鉛, 動向分析, 近未来予測, 単回帰分析, 時系列分析

- (イ) 計量経済的手法による動向分析を行う。
- (ロ) この動向分析結果を外挿して需要予測を行う。
- (ハ) この需要予測結果を社会的経済的環境を加味し、かつ、その道の専門家の意見を聞いて補正する。

この考え方は、米国鉱山局が行っているプロセス⁹⁾と同等であるが、本論文は(イ)および(ロ)について検討したものである。事例として、わが国における鉛蓄電池用鉛需要（以下、電池用鉛内需）を取り上げて、動向分析と近未来予測を試みた。鉛の国内向用途の約73%（平成元年度実績）は鉛蓄電池の製造用に向けられており、鉛の国内需要を考えると、電池用鉛内需の動向を把握することは重要なことと考えた。本論文では、動向分析は単回帰分析と時系列分析で行い、そのおのおの分析結果の外挿値を、重み付き平均法で統合する形で近未来予測値（平成2年度および平成3年度の予測値）を求めた。

2. 基礎データ

昭和41年度～平成元年度（一部、平成2年度上半期）について、非鉄金属等需給統計年報¹⁰⁾および資源統計年報¹¹⁾から、電池用の電気鉛（乾式鉛を含む）、再生鉛および鉛の故またはくず（以下、故鉛）の国内需要（以下、内需）データ（年度および四半期データ）を使用した。データ数を選ぶに当たっては、次の次項を考慮した。

- (イ) 統計解析上の自由度が20以上になるようにデータを集める。
- (ロ) 高度成長期と安定成長期の両方を含める。
- (ハ) 昭和48年度の第1次および54年度の第2次石油ショックを含める。
- (ニ) 57年度の世界的景気後退期および61年度の円高不況期を含める。

上記の電池用の3種の鉛（電気鉛、再生鉛および故鉛）の内需データの年度毎の合計、すなわち、電池用鉛内需を求めて、これらの関係を図1に示す。図1を見ると、各データの動向が非常に似ていることが観測される。因みに、電池用鉛内需と電池用各鉛（電気鉛、再生鉛および故鉛）の内需との相関係数は、それぞれ0.98、0.97、0.96で、いずれも高い値を示している。つまり、電池用鉛内需を上記の電池用の3種の鉛内需のおおの代表値として議論しても差し支えないことがわかる。

さらに、資源統計年報の分類に基づく鉛のすべての用途（鉛管板、鉛蓄電池、電線、無機薬品、減摩・はんだ、硬鉛鋳物、チューブ、活字、メッキ、その他）を含む国内需要に対して電池用鉛内需がどの程度のウェイトを占めるかを見るために、これらの10種の用途別鉛内需データを標準化して主成分分析を行った。その結果、固有値=11.78（他の主成分は1未満）、寄与率=95.25%の第1主成分において、電池用鉛内需の固有ベクトルは0.98で、他の用途に比して圧倒的に大きく、電池用鉛内需を鉛内需の代表値と見なしても差し支えないことがわかる。つまり、電池用鉛内需の

図1 鉛蓄電池用鉛内需の種類別の推移

図2 鉛蓄電池用鉛内需の年度トレンド

伸びをもって鉛全体の内需の伸びを推定しても、大差なかろうと考えられる。因みに、鉛内需全体を直接対象にするよりも、自動車産業の経済活動と関連づけて動向を見ることのできる電池用鉛内需の方が、鉛内需の動向を把握しやすい面があると思われる。

3. 回帰分析

3.1 経年動向分析

電池用鉛内需の経年動向（実績値の推移）を図2に示す。図2から次の特徴を読み取ることができる。

- (イ) 全体として、上昇傾向を示している。
- (ロ) 昭和49年度の落ち込みは第1次石油ショックの影響と考えられる。
- (ハ) 第2次石油ショックの影響ははっきりしない。
- (ニ) 57年度の世界的景気後退の影響はかなり大きかった。
- (ホ) 61年度の円高不況による影響ははっきりしない。

また、年度に対する鉛内需の回帰分析を行った。次の通り。

$$C = -326,910 + 9,703.9 N \quad (1)$$

$$t \text{ 値} \quad -14.6 \quad 23.0$$

C : 電池用鉛内需(トン), N : 昭和換算年度

$$SE \text{ (回帰の標準誤差)} = 14,330 \text{ (トン)}, R^2 \text{ (決定係数)} = 0.96$$

式(1)で示される回帰直線（推定値の推移）を図2に併記する。式(1)における R^2 値(0.96)も高く、また、図2の実績値と推定値の推移もよく合っていることが観測される。つまり、式(1)は電池用鉛内需の近未来の予測式として使用可能と判断される。

3.2 主要経済指標に対する動向分析

(1) 最適経済指標の選択 主要経済指標として、国民経済計算報告（経済企画庁¹²⁾から、国民総生産（以下、GNP）、鉱工業生産指数、最終消費支出および総固定資本形成を選んだ。いずれも昭和60年基準の実質値を用いて、電池用鉛内需とこれらの主要経済指標との相関係数を求めた。結果は、GNP、鉱工業生産指数、最終消費支出、総固定資本形成の順に、0.98、0.98、0.98、0.95となって、いずれも高い相関を示す。特に、GNP、鉱工業生産指数および最終消費支出は甲乙つけ難いが、ここでは、通常、景気動向の主要指標として用いられるGNPを最適経済指標として選択した。

(2) GNPの有用性 ここでいうGNPは種々の産業分野別GNPの総額を意味する。したがって、電池用鉛内需に必ずしも関与しない分野まで含んでいる。そこで、電池用鉛内需と関係のありそうな産業分野（鉱業、製造業、建設業、電気・ガス・水道業、運輸・通信業）を選んで、電池用鉛内需とこれらの産業分野別GNPとの相関係数を求めた。その結果から、電池用鉛内需と製造業の相関係数は0.99で、両者は高い相関関係を示すことがわかった。そこで、製造業をさらに細分化した産業分野（食料品、繊維、パルプ・紙、化学、石炭・石油製品、窯業・土石製品、一次金属、金属製品、一般機械、電気機械、輸送機械、精密機械、

図3 鉛蓄電池用鉛内需のGNPトレンド

その他の製造業)を選んで、電池用鉛内需とこれらの細分化産業分野別GNPとの相関係数を求めた。その結果から、電池用鉛内需と化学、輸送機械およびその他の製造業の相関係数は0.98で、いずれも高い相関関係を示すことがわかった。しかし、以上で求めた相関係数の数値自体に注目すると、電池用鉛内需とGNPの相関係数の値(0.98)は、電池用鉛内需と産業分野別GNPの相関係数の値(0.98)と同等であることがわかる。つまり、産業分野別GNPまで細かく言及しなくても、それらの総額を示すGNPを主要経済指標の代表値として議論しても差し支えないことがわかる。

(3) GNPに対する動向分析 電池用鉛内需とGNPとの関係を図3に示す。また、GNP(単位:10億円)に対する電池用鉛内需の回帰分析を行った。次の通り。

$$C = -31,080 + 0.96839 \text{ GNP} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$t \text{ 値} \quad -3.5 \quad 25.4$$

$$SE = 12,984 \text{ (トン)}, R^2 = 0.97$$

DW(ダービン・ワトソン比) = 0.59 > $d_U = 1.55$: 誤差系列に系列相関はないと判断される。ただし、 d_U はダービン・ワトソン比検定表¹³⁾の5%有意点の上限値

式(2)で示される回帰直線を図3に併記する。式(2)における R^2 値(0.97)も高く、図3の実績値と推定値の推移もよく合っていることが観測される。つまり、式(2)は電池用鉛内需の近未来の予測式として使用可能と判断される。

4. 時系列分析(時間領域分析)

この計算のためのコンピュータ・プログラムにはTSP(Time Series Program)¹⁴⁾を用いたが、TSPは、計算基礎としてボックス・ジェンキンズ法¹⁵⁾を採用している。元々ボックス・ジェンキンズ法は大標本理論に基づいているので、50以上¹⁶⁾のデータ数がないと分析を行う意味がなくなる可能性が高いといわれる。したがって、ここでは、昭和41年第2期～平成2年第3期の四半期データ(データ数=98)を用いた。

4.1 ARIMAモデルの選定

ARIMAモデル(Autoregressive integrated moving average model)¹⁶⁾とは、原時系列データの i 階差($i=0, 1, 2, \dots$)を取って得られるデータ系列を、ARモデル(Autoregressive model, 自己回帰モデル)とMAモデル(Moving average model, 移動平均モデル)の和の形で表わしたモデルで、一般に次式(構造式)で表わされる。

$$x_t = \text{const} + \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \dots \quad (\text{AR部})$$

$$u_t + \theta_1 u_{t-1} + \theta_2 u_{t-2} + \dots \quad (\text{MA部}) \quad \dots (3)$$

ここで、 x_t : 時系列あるいは階差データ系列、添字 t は時間(年度)を示す。

const: 定数項

u_t : 誤差系列

図4 鉛蓄電池用鉛内需の四半期トレンド

なお、ARIMAモデルにおいて、階差の数= i 、AR部の次数= p およびMA部の次数= q とすると、 $\text{ARIMA}(p, i, q)$ と表わす。

ここでは、 $i=1$ および2の場合について、AR部(p)0~3次×MA部(q)0~3次の組み合わせ(ただし、 0×0 は除く)を考えて、おのおの場合について、 $\text{ARIMA}(p, i, q)$ モデルの算出を行った。これらのうち、統計的に有意なモデルを選択して、そのおのおのについてAIC(赤池情報量基準)¹⁶⁾を求めた。さらに、これらのうちからAICが最小値を取るモデルを選択した。その結果、 $\text{ARIMA}(3, 2, 2)$ が、この範囲で最適であることがわかった。

4.2 構造式

この場合の $\text{ARIMA}(3, 2, 2)$ の構造式を次に示す。

$$c_t = -1.0260 \times c_{t-1} - 0.8332 \times c_{t-2} - 0.82815 \times c_{t-3}$$

$$t \text{ 値} \quad -14.7 \quad -8.3 \quad -12.0$$

$$+ 0.27543 \times u_{t-1} + 0.39131 \times u_{t-2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$-2.6 \quad 3.6$$

c_t : 鉛内需の1次階差データ系列、 u_t : 誤差系列

$SE = 3,564$ (トン), $R^2 = 0.82$, $DW = 1.94 > d_U = 1.78$: 誤差系列に系列相関はないと判断される。

昭和41年第2期～平成2年第3期の電池用鉛内需の動向を四半期毎に区切った場合の推移と式(4)で示される推定値の推移を図4に示す。式(4)における R^2 値(0.82)も比較的高く、図4の実績値と推定値は比較的合っていることが観測される。つまり、式(4)は電池用鉛内需の近未来の予測式として使用可能と判断される。

5. 予測の検討

前項までは、昭和41年度～平成元年度(一部、平成2年度上半期)までのデータを用いて、その間の電池用鉛内需の動向分析を行った。本項では、その結果を用いて、平成2年度および平成3年度の電池用鉛内需について平成2年12月末時点での予測値を求め、さらに、予測値と実績値の比較を行った。

5.1 予測値の計算

(1) 経年動向分析を利用する方法 昭和61年11月に景気の底を記録して以来、景気拡大傾向は持続しており、平成2年度上半期もこの最中にある。この時点では景気変動を来す要因は特に見当たらないことから、平成2年度から3年度にかけても、この景気拡大傾向は持続されると判断する。この景気拡大傾向に乗って、電池用鉛内需も平成2年度～3年度は、なお伸び続けると判断する。このようなときは、電池用鉛内需の平成2年度および平成3年度の予測値は、直近年度(平成元年度)の実績値の延長線上にあると考える。つまり、回帰式(式(1))による平成元年度の推定値を同年度の実績値に一致させて、あたかも平成元年度の実績値を出発点として、ここから改めて、回帰直線(式(1)と同じ勾配)が平成2年度および平成3年度に向けて引かれている

ように考える。この操作をコンスタント補正¹⁷⁾と呼ぶ。

式(1)について、平成元年度の実績値を用いてコンスタント補正を行った。次の通り。

$$C' = -324,458.6 + 9,703.9 N$$

C' : 電池用鉛内需のコンスタント補正值

平成2年度予測値 306 ± 15.5 (千トン)

平成3年度予測値 316 ± 15.6 (千トン)

(2) GNP に対する動向分析を利用する方法 式(2)から、 $C' = -44,162.7 + 0.9683 GNP$

平成2年度予測値 314 ± 15.0 (千トン)

平成3年度予測値 328 ± 15.3 (千トン)

ここで、GNPは、平成元年度実績351,877 (単位: 10億円) から平成2年12月22日付の政府経済見通しの対前年度比増減率 (平成2年度=1.052, 平成3年度=1.038) によって算出した。

(3) 時系列分析を利用する方法 平成2年度については、平成2年第2期および第3期の実績値に、式(4)を用いて算出した平成2年第4期および平成3年第1期の予測値を合計して予測値とした。平成3年度の予測値は、平成3年第2期～平成4年第1期の予測値を合計して求めた。

平成2年度予測値 314 ± 10.2 (千トン)

平成3年度予測値 332 ± 10.3 (千トン)

5・2 予測値の統合および実績値との比較

上記の平成2年度および平成3年度の予測値はいずれも妥当と考えられる推定法に基づいているから、この段階で各年度に対する代表値を選ぶことは困難である。そこで、各年度毎に三つの予測値の重み付き平均によって、統合値を求めた。

平成2年度予測値 312 ± 7.4 (千トン)

平成3年度予測値 327 ± 7.5 (千トン)

平成2年度および平成3年度の電池用鉛内需の実績値¹⁸⁾は、それぞれ 3.10×10^5 トンおよび 3.09×10^5 トンである。平成2年度の予測値の統合値と実績値の差は2,000トン程度で、予測値と実績値がよく合致しているといえると思われる。これは、1年ないし1年末満先の予測値であり、かつ、平成2年度は昭和61年11月以来の景気拡大傾向が持続されつつあったことから、ここで用いた過去の動向分析結果を外挿する形の近未来予測法は、経済環境に特に変動のない条件下では、実用に供し得ると考えられる。一方、平成3年度の予測値と実績値の差は18,000トンで、上記の平成2年度に比べて、一段と大きな差になっている。加えて、平成2年度から平成3年度にかけて実績値が減少傾向にあったにもかかわらず、予測値は増加傾向を示している。これは、前年まで持続した景気拡大傾向も、平成3年初頭辺りから陰りが見え始め、平成3年度は景気後退を余儀なくされているが、この景気後退に起因すると考えられる電池用鉛内需の減少が読めていないことを示している。つまり、経済環境に変動が見られる場合には、ここで用いた近未来予測法は採用し難いことがわかる。

6. 結 言

ここでは電池用鉛内需について論じたが、非鉄金属内需の動向

分析および近未来予測法について、計量経済面における一つの指針を見出すことができた。このほかにも種々な方法が考えられる。例えば、積み上げ方式と称して、非鉄金属内需を用途別に細分化して、そのおのおのについて分析を行い、その結果を総括した形で全体像を推定する方法、産業連関分析法、あるいは、時系列分析についても周波数領域分析法等が考えられる。いずれにしても、計量経済手法で求められる結果は、動向分析および近未来予測の半面を示すに過ぎず、これをさらに充実させるためには、非鉄金属内需の社会的経済的背景を的確に把握して、これを予測に反映させることが肝要である。そして、両者が車の両輪になってうまく機能した時、より合理的な動向分析および近未来予測が可能になると考える。今回は電池用鉛内需について、単回帰分析 (線型) および時系列分析 (時間領域) を用いて検討したが、今後は、重回帰分析に基づく要因分解、さらには、景気変動に対する対応等を含めて、近未来予測法の更なる改善に努力して行きたいと考えている。なお、本論文は、東大名譽教授・山口梅太郎先生より資源・素材学会誌への投稿を勧められて執筆したものである。先生には、ここに深く感謝の意を表する。

引 用 文 献

- 1) 金属鉱業事業団資料センター: 銅の需要構造の変化, (1983)
- 2) 金属鉱業事業団資料センター: 鉛の需要見通し 動向分析調査報告書第18号, (1986)
- 3) Soladay, J.: Natural Resources Forum, Vol. 12, p. 315-337, (1988)
- 4) Roberts, M. C.: Resources Policy, Vol. 16, p. 56-73, (1990)
- 5) Suslick, S. B. and Harris, D. P.: Resources Policy, Vol. 16, p. 184-199, (1990)
- 6) Al-Rawahi, K. and Rieber, M.: Resources Policy, Vol. 17, p. 2-12, (1991)
- 7) Fisher, L. A. and Owen, A. D.: Resources Policy, Vol. 7, p. 150-160, (1981)
- 8) Vial, J.: Resources Policy, Vol. 18, p. 107-121, (1992)
- 9) United States Department of the Interior: Bureau of Mines Bulletin 675, Mineral Facts and Problems 1985 Edition: Copper Outlook, 216-221, (1985)
- 10) 通商産業大臣官房調査統計部編: 非鉄金属等需給統計年報 昭和41年～昭和49年, (1966-1974), 通商産業調査会
- 11) 通商産業大臣官房調査統計部編: 昭和50年～平成元年 資源統計年報, (1975-1989), 通商産業調査会
- 12) 経済企画庁編: 国民経済計算報告 (昭和30年～平成元年), (1991), 大蔵省印刷局
- 13) チャタジー, S.・ブライス, B. (佐和隆光・加納 悟訳): 回帰分析の実際, p. 244-245, (1990), 新曜社
- 14) 和合肇・伴金美: TSPによる経済データの分析, p. 183-205, (1988), 東京大学出版会
- 15) Makridakis, S., Wheelwright, S. C. and McGee, V. E.: FORECASTING-METHODS AND APPLICATIONS, p. 412-476, (1983), John Wiley & Sons
- 16) 溝口敏行・刈屋武昭: 経済時系列分析入門, (1988), 日本経済新聞社
- 17) 刈屋武昭・日本銀行調査統計局: 計量経済分析の基礎と応用, 135, (1987), 東洋経済新報社
- 18) 通商産業大臣官房調査統計部編: 平成2年 資源統計年報, (1991), 通産統計協会