1990年代のベースメタルの生産量と 価格の分析について*

縄 田 和 満¹

An Analysis of the Metal Productions and Prices in 1990's

by Kazumitsu NAWATA^a

a. Department of Geosystem Engineering, University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8656, Japan

In this paper, productions and prices of metals in 1990's were analyzed. Six metals, aluminum, copper, lead, nickel, tin and zinc, were analyzed. The production levels of these metals were almost flat until 1995 and increased after that. The price levels declined until 1993 and climbed during 1994-96. However, the price levels sharply dropped during 1997-98 due to the international currency crisis. After 1999, the price levels were in rising trends corresponding to the recovery of the world economy.

The relationships among the productions, prices and the world GDP were analyzed using the regression models. The findings of the paper were as follows.

i) Except tin, the production levels were explained by the prices level of 2 years ago. If the prices were higher than the trend values, the productions in two years later would increase.

ii) The growth rate of the world nominal GDP significantly affected to the price levels of aluminum, copper, lead and nickel.

KEY WORDS : Metal Production, Metal Price, World Economy, Price Analysis

1. は じ め に

1990年代におけるアルミニウム、銅、鉛、ニッケル、スズ、亜鉛の6種の主要なベースメタルの世界の生産量 (world refined production) についてみると、90年代前半の地金生産量は、世界経済の発展にもかかわらず低迷しており、アルミニウム、銅、ニッケル、亜鉛の生産量はほぼ横ばいであり、鉛、スズについては生産量が減少している。しかしながら、90年代後半は、アジアに端を発する通貨危機等による国際経済の混乱にもかかわらず、これらの地金生産量は増加し、1999年の地金生産量は、アルミニウム、銅、ニッケル、亜鉛は1989年に比較し2~3割増加、鉛、スズに関しても1989年を上回る水準になっている。このように、1990年代を通じて、ベースメタルの生産量は増加傾向にあるものの、数年といったオーダーでは、必ずしも世界経済の動向とは一致していない。

一方、米ドルベースでのこれらの地金価格は、1990年前半は下落し、1995年前後に一時回復したものの、それ以後、国際通貨危機等の影響もあり、1998年まで下落した。それ以後は、国際経済の回復により、上昇傾向に転じたものの、2000年2月時点でも1989年を下回る水準となっている。

地金生産量やその価格は、将来の需要予測やそれに基づく供給側での投資計画を立てるといった点で重要であるが、国際的にも十分な実証研究が行われているとはいえない。Pindyck (1993) は現在価値モデルを用いて、また、Schwartz (1997) は、ファイナンス

で標準的に使われるモデルを用いて銅価格の分析を行い、さらに、生産のための投資の理論分析を試みている。しかしながら、価格および生産量の関係や国際経済との関連については、分析が行われていない。

ここでは、London Metal Exchange (LME) で取引されているアルミニウム、銅、鉛、ニッケル、スズ、亜鉛の6種の地金生産量および価格についての定量的な分析を行う。旧ソ連を中心とする旧共産圏諸国の崩壊、さらにはこれらの国々が国際的な市場経済へ組み込まれたため、ベースメタルの分野における需給構造も、1990年以前とは大きく変化していると考えられる。また、1990年以前のGDP等のデータをそれ以後と整合性のある形で得ることができない。このため、1990年代における分析に限った。

本論文では、まず、1990年代の地金生産量および価格の推移について説明する。ついで、同期間の世界経済の動向について説明し、世界のGDPと生産量・価格の関連について定性的な分析を行う。最後に、回帰モデルを使い、これらの定量的な相互関係について実証的に分析を行う。

2. 世界経済の動向と地金生産量・価格の推移

2・1 地金生産量の推移

図1はWorld Bureau of Metal Statistics (WBMS)(1999, 2000) から求めた1989年から1999年までのアルミニウム (Al)、銅 (Cu)、鉛 (Pb)、ニッケル (Ni)、スズ (Sn)、亜鉛 (Zn) の1989年を100とする地金生産量の推移である。

1990年代前半はほぼ横ばいないし減少し、1994年の生産量はアルミニウムが99.9、銅が102.8、鉛が94.9、ニッケルが97.1、スズが91.1、亜鉛が105.0となっている。1995年以後、生産量は増加に転じ、1999年の生産量は、アルミニウムが123.7、銅が131.7、鉛が105.3、ニッケルが123.4、スズが106.6、亜鉛が127.7となっ

* 2000年10月30日受付 2001年3月14日受理

1. 正会員 Ph.D. (Economics) 東京大学教授 大学院工学系研究科地球システム工学専攻・工学部システム創成学科

[著者連絡先] FAX 03-3818-7492 (東大・地球システム)

E-mail : nawata@geosys.t.u-tokyo.ac.jp

キーワード : ベースメタル, 地金生産量, 地金価格, 世界経済, 価格分析

図1 世界のベースメタルの地金生産量の推移 (1989年:100)

ている。アルミニウム、銅、ニッケル、亜鉛の1999年の生産量が1989年より2～3割増加しているのに比較して、鉛・スズの生産量は5%程度の増加にとどまっている。

2・2 価格の推移

図2はWBMS (1999, 2000)から求めた1989年を100とするLMEにおける米ドルベースでのこれらの地金の年平均の名目価格である。

アルミニウムは1993年に58.4まで下落した後、1995年には92.5まで回復しているが、その後再び下落し、1998年には69.5となっている。1999年以後は上昇しており、2000年には85.6となっている。銅は1993年に67.3まで下落した後上昇に転じ、1995年には103.3となっている。その後、1999年には57.7と1989年の6割を下回る水準まで下落しているが、2000年には63.3と上昇に転じている。鉛は1992年に75.0まで下落しているが、1996年には114.3まで上昇している。その後再び下落し、2000年には66.8となっている。ニッケルは、1993年に39.7まで下落し、1995年には62.9まで回復するものの、その後再び下落、1998年には34.7と1989年の1/3の水準となっている。1999年以後は上昇し、2000年には72.5となっている。スズは1993年に65.8まで下落し、

1995年に79.4まで回復するものの、その後再び下落、1999年には66.6となるが、2000年には72.1に回復している。亜鉛は1993年に56.1まで下落し、1995年には60.2まで回復するものの、その後再び下落、1998年には59.7となっている。1999年以後は上昇に転じたものの、2000年における価格は63.9と1989年との比較で6種中最低値となっている。

このように、これら6種の地金価格の動きには同一性が認められる。すなわち、これらの価格は、1992, 1993年までは下落、それ以後1995年(鉛は1996年)までは上昇、それ以後再び下落1998年(スズは1999年)に底となり、鉛を除きそれ以後は上昇している。また、銅、鉛ではこの期間の最高価格が103.3, 114.3と1989年水準を上回っているが、その他では、2000年においても1989年価格をかなり下回っている。

2・3 世界経済の動向

図3は国際通貨基金(International Monetary Fund, IMF)(2000)から求めた米ドルベースの1990年から2001年までの世界の名目および実質GDPである。(2000年以後は推計値。世界の名目GDPは各国のGDPの合計から計算。実質GDPは米国消費者物価のインフレーション率から計算)。90～93年の米ドルベースでの世界

図2 ベースメタルの名目価格の推移 (米ドル, 1989:100)

図3 世界のGDPの推移

図4 世界のベースメタルの地金生産量と実質 GDP

図5 世界のベースメタルの地金生産量と名目 GDP

の実質 GDP はほぼ横ばいであり、名目 GDP も物価上昇率程度しか上昇していない。94～95 年は実質 GDP が 5% / 年、名目 GDP が 8% / 年とかなりの割合で上昇している。

96～98 年間は、1996 年の 29.8 兆ドルが 1998 年には 29.4 兆ドルへと名目レベルでも減少しており、国際通貨危機等の影響で国際経済に大きな混乱があったことが分かる。1999 年以後国際経済は、回復期にあり 2001 年には実質ベースでもピーク時 1995 / 96 年のレベルに回復することが予想される。

2・4 世界の GDP と地金生産量

図 4 は世界の実質 GDP と地金生産量のグラフである。生産量は全体的には実質 GDP が増加するほど増加する傾向があり、一応正の相関が認められる。しかしながら、96～98 年は、実質 GDP が減少しているにもかかわらず、生産量は増加するなど、短期的には、1 対 1 の明確な関係は認められない。

また、図 5 は名目 GDP と生産量のグラフである。実質 GDP のグラフに比較すると両者の明確な関係が認められる。しかしながら、1995 年以前は、GDP が増加しても生産量はあまり増加せず、また、それ以後は生産量が GDP の伸び以上に増加している傾向がある。

2・5 世界の GDP と価格

国際経済の好況・不振の期間は金属価格の下落・上昇時期と大筋で一致しており、国際経済の状況が価格に大きく影響していることが伺える。表 1 は 1991～99 年の世界の名目 GDP の変化率と非鉄金属価格の変化率の相関係数である。相関係数は、アルミニウムが 0.680、銅が 0.740、鉛が 0.710、ニッケルが 0.759、スズが

表 1 世界の名目・実績 GDP と非鉄金属価格との相関係数

	Al	Cu	Pb	Ni	Sn	Zn
名目 GDP	0.680	0.740	0.710	0.759	0.512	0.050

0.510、亜鉛が 0.050 である。亜鉛以外は、相関係数の値は大きく、正の相関関係があることが示唆される。特に、アルミニウム、銅、鉛、ニッケルの相関係数は 0.7 程度で、これらの価格は国際経済の状況に強く影響を受けると考えられる。

3. 回帰モデルによる地金生産量・価格の分析

3・1 地金生産量

地金の生産能力は、それまでの投資によって決定されと考えられる。銅などの非再生資源生産への（不確実性のもとでの）投資については、Brennan and Schwartz (1985)、Dixit and Pindyck (1994) 等で分析されている。これらのモデルでは、現在の投資額は現在の価格水準によって決定される。

t 年における価格を P_t 、投資を R_t とする。多くの経済モデルで仮定されているように、技術進歩等による生産性の向上が毎年一定割合 r で起こるとする。この場合、一次同次の生産関数を仮定し、ヒックス中立的 (Hicks neutral) な生産性の向上を仮定すれば、価格が $P_t e^{-rt}$ の場合、投資収益率には変化がない。すなわち、生産者にとって、 $t+1$ 年の価格が $P_{t+1} = P_t e^{-rt}$ であれば投資行動は変更されない。投資行動が変更されるのは、 P_{t+1} が $P_t e^{-rt}$ と異なった場合であり、 $P_{t+1} > P_t e^{-rt}$ であれば、投資を増額し、 $P_{t+1} < P_t e^{-rt}$ であれば投資を減額する。したがって、 R_t は（係数を弾性値、伸び率とするため対数をとった）

$$\varepsilon_t = \log P_t - \alpha - rt \quad \dots\dots\dots (1)$$

の増加関数で与えられると考えられる。 ε_t は対数価格からトレンドを除いたものであり、 α, r は回帰モデル、

$$\log P_t = \alpha + rt + \varepsilon_t \quad \dots\dots\dots (2)$$

を最小二乗法によって推定することによって求められる。

生産能力 S_t は、（設備・資源の償却・減耗を考慮すると）過去 q 期前までの ε_t の関数となる。一方、需要は、 t 期の世界経済の状況に依存すると考えられるので、最終的な生産量は、過去の ε_t と

世界 GDP の関数で表されることが予測される。

t 年における地金生産量を、 Q_t 、 t 年における世界の名目 GDP を GDP_t とする。また、地金生産のような分野では投資が行われてから、実際に生産能力が増加するためには、時間的なラグを生じるので、このラグを d 年とする。係数が弾性値となるように Q_t 、 GDP_t の対数をとると、生産量に関して、次の回帰モデルを得ることができる。

$$\log Q_t = \beta_1 + \beta_2 \log GDP_t + \sum_{s=d}^q \beta_{s-d+3} \varepsilon_{t-s} + u_t \quad \dots\dots\dots (3)$$

u_t はモデルで説明できない誤差項である。分析には、1990 年から 1999 年までの 10 年間のデータ (1990 ~ 92 年の分析には、1989 年以前の価格を使用) を用いた。推定は次の手順で行った。まず、式 (2) を最小二乗法によって推定し、 ε_t を求める。次に、 d および q に 0 から 3 までのすべての可能な値 ($0 \leq d \leq q \leq 3$) についてモデルの推定を行い、このうちから、(パラメータ数の違いを考慮して) 最も当てはまりがよいモデルを選択した。最終的なモデルとしては、6 種のいずれの非鉄金属においても $d=q=2$ 、すなわち、

$$\log Q_t = \beta_1 + \beta_2 \log GDP_t + \beta_3 \varepsilon_{t-2} + u_t \quad \dots\dots\dots (4)$$

が選択された。

式 (2) および式 (4) のモデルの推定結果は次の通りである。推定には TSP4.5 を使い、式 (2) においては $t = \text{年} - 1989$ とした。また、カッコ内は t 値である。

a) アルミニウム

$$\begin{aligned} \log P_t &= 7.526 - 0.0282 \cdot t \\ &\quad (57.526) (-1.594) \\ R^2 &= 0.202, \text{ ダービン・ワットソン比} = 0.717 \\ \log Q_t &= 4.454 + 0.537 \cdot \log GDP_t + 0.170 \cdot \varepsilon_{t-2} \\ &\quad (4.056) (4.989) \quad (3.026) \\ R^2 &= 0.809, \text{ ダービン・ワットソン比} = 1.034 \end{aligned}$$

b) 銅

$$\begin{aligned} \log P_t &= 7.964 - 0.0358 \cdot t \\ &\quad (88.196) (-2.921) \\ R^2 &= 0.460, \text{ ダービン・ワットソン比} = 1.395 \\ \log Q_t &= 1.852 + 0.740 \cdot \log GDP_t + 0.278 \cdot \varepsilon_{t-2} \\ &\quad (1.282) (5.214) \quad (2.280) \\ R^2 &= 0.869, \text{ ダービン・ワットソン比} = 1.627 \end{aligned}$$

c) 鉛

$$\begin{aligned} \log P_t &= 6.521 - 0.0176 \cdot t \\ &\quad (67.441) (-1.342) \\ R^2 &= 0.152, \text{ ダービン・ワットソン比} = 1.324 \\ \log Q_t &= 4.938 + 0.362 \cdot \log GDP_t + 0.137 \cdot \varepsilon_{t-2} \\ &\quad (6.861) (5.134) \quad (2.672) \\ R^2 &= 0.869, \text{ ダービン・ワットソン比} = 1.627 \end{aligned}$$

d) ニッケル

$$\begin{aligned} \log P_t &= 9.414 - 0.0738 \cdot t \\ &\quad (69.970) (-4.039) \\ R^2 &= 0.460, \text{ ダービン・ワットソン比} = 1.395 \\ \log Q_t &= -1.104 + 0.777 \cdot \log GDP_t + 0.210 \cdot \varepsilon_{t-2} \\ &\quad (-0.892) (6.398) \quad (3.283) \\ R^2 &= 0.868, \text{ ダービン・ワットソン比} = 2.758 \end{aligned}$$

e) スズ

$$\begin{aligned} \log P_t &= 8.666 - 0.0024 \cdot t \\ &\quad (89.560) (-0.179) \\ R^2 &= 0.0032, \text{ ダービン・ワットソン比} = 2.172 \\ \log Q_t &= 2.748 + 0.264 \cdot \log GDP_t - 0.143 \cdot \varepsilon_{t-2} \\ &\quad (1.345) (1.318) \quad (-1.002) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0.264, \text{ ダービン・ワットソン比} = 0.893$$

f) 亜鉛

$$\begin{aligned} \log P_t &= 7.313 - 0.0359 \cdot t \\ &\quad (78.398) (-2.835) \\ R^2 &= 0.460, \text{ ダービン・ワットソン比} = 1.395 \\ \log Q_t &= 2.486 + 0.629 \cdot \log GDP_t + 0.215 \cdot \varepsilon_{t-2} \\ &\quad (2.574) (6.644) \quad (3.059) \\ R^2 &= 0.865, \text{ ダービン・ワットソン比} = 1.909 \end{aligned}$$

アルミニウム、銅、鉛、ニッケル、亜鉛の 5 種において ε_{t-2} の係数の推定値 $\hat{\beta}_3$ は予想された通り正の符号であり、その t 値は 3.026, 2.280, 2.672, 3.283, 3.059 である。 ε_{t-2} は (片側検定で) アルミニウム、ニッケル、亜鉛においては 1% の水準で、銅・鉛においても 5% の水準で統計的に有意に生産量を説明している。 $\hat{\beta}_3$ の値は、アルミニウムが 0.170, 銅が 0.278, 鉛が 0.137, ニッケルが 0.210, 亜鉛が 0.215 である。このことは、価格がトレンドより 1% 高くなると 2 年後の生産量は、それぞれ、0.17%, 0.28%, 0.14%, 0.21%, 0.22% と 0.2% 程度増加することを意味している。

これら 5 種の地金の $\log GDP_t$ の係数の推定値 $\hat{\beta}_2$ はいずれも正の符号である。 t 値も 5 程度以上と大きく、0.1% 以下の水準で有意であり、世界経済の発展に応じて生産量が増加していることを示している。 $\hat{\beta}_2$ の値は、0.537, 0.740, 0.362, 0.777, 0.629 で、世界の名目 GDP が 1% 上昇すると生産量それぞれ 0.54%, 0.74%, 0.36%, 0.78%, 0.63% 程度増加することを示している。

スズにおいては、 $\hat{\beta}_3$ は負であるが、 t 値の絶対値は 1.002 と小さく、10% の水準においても有意に 0 と異なっているとはいえない。また、 $\hat{\beta}_2$ の t 値も 1.318 で 10% の水準においても有意とはいえない。このことは、スズは 1990 年代において、世界経済の発展にもかかわらず生産量が増加しないなど、その需給構造が他のベースメタルと異なっている可能性を示唆していると考えられる。

3・2 価格

名目 GDP の変化率を GDP_t^* 、価格の変化率を P_t^* とすると、表 1 のように、両者にはかなりはっきりした相関関係が認められる。ここでは、両者の定量的な関係を分析するため、回帰モデル $P_t^* = \gamma_1 + \gamma_2 GDP_t^* + v_t \dots\dots\dots (5)$ の推定を 1991 ~ 99 年の伸び率のデータを使用して行う。

推定結果 (カッコ内は t 値) は以下の通りである。

a) アルミニウム

$$\begin{aligned} P_t^* &= -0.100 + 3.352 \cdot GDP_t^* \\ &\quad (-1.524) (2.274) \\ R^2 &= 0.463, \text{ ダービン・ワットソン比} = 2.966 \end{aligned}$$

b) 銅

$$\begin{aligned} P_t^* &= -0.192 + 4.485 \cdot GDP_t^* \\ &\quad (-2.573) (2.698) \\ R^2 &= 0.473, \text{ ダービン・ワットソン比} = 3.394 \end{aligned}$$

c) 鉛

$$\begin{aligned} P_t^* &= -0.119 + 3.165 \cdot GDP_t^* \\ &\quad (-2.072) (2.472) \\ R^2 &= 0.505, \text{ ダービン・ワットソン比} = 2.665 \end{aligned}$$

d) ニッケル

$$\begin{aligned} P_t^* &= -0.230 + 5.638 \cdot GDP_t^* \\ &\quad (-2.601) (2.859) \\ R^2 &= 0.577, \text{ ダービン・ワットソン比} = 2.458 \end{aligned}$$

e) スズ

$$\begin{aligned} P_t^* &= -0.060 + 1.543 \cdot GDP_t^* \\ &\quad (-1.524) (2.274) \\ R^2 &= 0.260, \text{ ダービン・ワットソン比} = 2.718 \end{aligned}$$

g) 亜鉛

$$P_t^* = -0.014 + 0.262 \cdot GDP_t^* \\ (-0.141)(0.123)$$

$R^2=0.0025$, ダービン・ワットソン比 $=3.002$ GDP_t^* の係数の推定値は予測どおりすべて正であり, アルミニウム, 銅, 鉛, ニッケルにおいては, (片側検定で)5%の有意水準で価格の変化率 P_t^* を説明している。4種の係数の値は, 3.352, 4.485, 3.165, 5.635である。1990年代は世界の名目GDPが1%増加するとこれらの価格は3.4%, 4.5%, 3.2%, 5.6%程度増加したことを示しており, 特に銅とニッケルの価格が世界経済の動向に敏感に反応したことを示している。

4. 需給構造のモデル

これらまでの分析結果から, スズを除くこれらのベースメタルに関しては, 90年代につぎのような需給構造のモデルがあったことが考えられる。

i) 生産量の調整するには, 設備の変更が必要なため, ある程度時間がかかる。将来(例えば2年先)の生産設備のキャパシティーは現在の投資によって決定されるが, 投資の判断は現在の価格によって決定されてきた。

ii) 地金生産は資本集約型の産業であり, 生産費用に占める固定費用の割合が高く, 限界費用は小さい。このため, 一度設備投資をしてしまうと, (価格が極端に低くならない限り)設備の能力限度近くまで生産を行うのが利益を最大化するための合理的行動となる。また, 逆に, 価格が高くなっても短期間で生産量を増やすことができない。すなわち, 短期的な供給の弾性値は低い。

iii) ここで分析したベースメタルは国際商品であり, 需要は世界経済の動向によってきまる。このため, 世界経済が予想より拡大した場合は, 価格が1993～95年のように高騰する。一方, 1997～98年のように世界経済の混乱によって需要が急落した場合は, 価格が急落する。この関係は, アルミニウム, 銅, 鉛, ニッケルにおいて統計的に有意であり, 特に, 銅, ニッケルにおいて顕著であった。統計的に有意ではなかったものの, 亜鉛においても係数の推定値は正の値となった。

生産量・価格の分析に関しては, 同時方程式モデルを使った分析が考えられる。新熊ら(2000)は同時方程式型モデルを使い銅の分析を試みている。同時方程式モデルは, 生産量と価格が同時に決定されるとしている。一方, このモデルでは, 過去の価格⇒現在の生産量⇒現在の価格⇒将来の生産量...のように生産量と価格が逐次的に決まるとしており, 計量経済学で広く用いられているVAR(Vector Autoregressive)モデルの考え方に近いものとなっている。(多くの実証研究においてVARモデルは同時方程式モデルより予測精度が良いことが報告されている。詳細についてはGreene(2000, 740～747)など。)

なお, スズに関しては, 生産量と価格および価格と世界GDPの間の明確な関係は認められなかった。これは, 上記のモデルがス

ズに関してはあてはまらないことを示していると考えられる。

5. まとめおよび今後の展望

ここでは, 1990年代の非鉄金属地金の生産量・価格の分析を試みた。非鉄金属の生産量は1995年までは横ばいであり, 1995年以後は鉛, スズ以外は増加した。一方, 価格は1992～93年までは横ばいなし下落, それ以後, 1995～96年をピークに上昇・回復したが, 国際通貨危機等の国際経済の混乱によって1997～98年に急落した。1999年以後は, 国際経済の回復に伴い上昇傾向に転じている。

回帰モデルによる分析の結果からは, スズ以外は, トレンドを除いた2年前の価格との関連が認められた。また, スズ, 亜鉛以外では, 価格の変化率と世界の名目GDPの増加率との関連が認められた。スズ, 亜鉛においても統計的に有意でないものの, GDPの変化率の係数は正であった。

2000～2001年はIMF予測でも実質で世界GDPは3%程度の成長が見込まれている。また, アジア開発銀行(Asian Development Bank)(2000)では2000, 2001年のアジア各地にける経済成長率を6%程度と見込んでいる。このため, 米国の今後の景気動向にもよるが, ベースメタルに対する需要は今後しばらくは堅調に推移すると考えられる。また, ここ数年価格が低迷していたため, 生産量のキャパシティーはそれほど急激には増大しないと考えられ, 米ドルベースでみた価格も上昇基調が続くと予測される。

なお, 本論文の分析は, 旧共産圏諸国の崩壊の影響による需給構造の変化, 世界GDP等のデータの整合性の関係上, 1990年代の分析に限った。それ以前の需給構造や構造変化についての分析は, 今後の課題である。また, 他の計量経済学の問題と同様, 実際のデータへのあてはまりの良さなどを通した同時方程式モデル等との比較も今後の課題である。

謝辞 本稿に対して本誌編集者およびレフリーから貴重なコメントを頂いた。また, 本稿は2000年5月31日に行われた, 第5回資源経済シンポジウム「資源開発最前線」で発表した内容を加筆・修正したものであるが, 当日の出席者の方々からも多くの貴重なご意見を頂いた。ここに記して感謝の意を表したい。

引用文献

- 1) Asian Development Bank : Asian Economic Development Outlook 2000, April, (2000)
- 2) Dixit, A. K. and Pindyck, R. S. : Investment under Uncertainty, Princeton University Press.(1994)
- 3) Brennan, M. J., and Schwartz, E. S. : "Evaluating Natural Resource Investment," Journal of Business, Vol. 58, p. 133～155, (1985)
- 4) Greene, W. : Econometric Analysis (Forth Edition), Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. (2000)
- 5) International Monetary Fund, : World Economic Outlook 2000, (2000),
- 6) Pindyck, R. S. : Present Value Model of Rational Commodity Pricing, Economic Journal, Vol. 103, p.511～530, (1993)
- 7) Schwartz, E. S. : "The Stochastic Behavior of Commodity Prices: Implication and Hedging," Journal of Finance, Vol. 52, p. 923～973, (1997)
- 8) 新熊隆嘉・伊藤俊秀・角新支郎・麻植邦敏・西山 孝: 銅の価格予想と近未来における発展途上国の増産計画の影響, 資源と素材, Vol.116, p.889～893, (2000)
- 9) World Bureau of Metal Statistics, : World Metal Statistics, March, (2000)
- 10) _____, (1999) : World Metal Statistics Year Book, Various Years