論文

銅の価格予測と近未来における発展途上国の 増産計画の影響*

新 熊 隆 嘉¹ 伊 藤 俊 秀² 角 新 支 朗³
麻 植 邦 敏⁴ 西 山 孝⁵

Forecasts of Copper Price and the Effects of Increasing Copper Production in Developing Countries

by Takayoshi SHINKUMA¹, Toshihide ITO²,
Shiro KADOSHIN³, Kunitoshi OE⁴ and Takashi NISHIYAMA⁵

1. Faculty of Economics and Information, Gifu Shotoku Gakuen University, Gifu-shi 500-8288
2. Faculty of Informatics, Kansai University, Takatsuki-shi 569-1095
3. Graduate School of Energy Science, Kyoto University, Sakyo-ku, Kyoto 606-01
4. Metal Economics Research Institute, Minato-ku, Tokyo 105-0001

Our objects are 1) providing a method for forecasting the future copper price, 2) forecasting the future copper price applying our method and 3) evaluating the expansion plans of copper supply in developing countries, especially in Chile (from 2000 to 2002).

Our method for forecasting copper price is as follows. First of all, the supply and demand functions in copper market are estimated by 2SLS (two stage least squares). The independent variables of supply function are copper price, the present mine production and the previous mine production. Those of demand function are copper price and the world GDP.

Secondly, we calculate the critical prices for closure for the existing copper mines and then we can estimate the maximum copper supply (the copper supply frontier) for various copper prices. Thirdly, we forecast the future copper price using the estimated supply and demand functions and the copper supply frontier.

The expansion plans of copper supply in developing countries (2000~2002) have a considerable effect on the forecasted future copper price. It can be thought that those countries, especially Chile have the expansion plans strategically. That is, some of the existing mines will have to be closed in 2000 and 2001 because of low prices derived by the expansion plans in developing countries. As a result, the developing countries can increase largely their profits in the relatively high price period (2002) followed by the low price period (2000~2001).

KEY WORDS : The Estimation of Supply and Demand Functions in Copper Market, Critical Price for Closure, Copper Supply Frontier, Forecasts of Copper Price, Production Expansion in Developing Countries

1. は じ め に

本研究は、次の3つのことを目的としている。第一に、銅について将来価格の予測方法を新たに提示する。第二に、その将来価格の予測方法を用いて、2000～2002年の銅価格を予測する。第三に、得られた予想価格をもとに、チリをはじめとする発展途上国における2000～2002年の大規模な増産計画を評価する。

従来のメタル市場モデルには、Desai(1966)やFisher et al. (1972)に代表されるように、在庫や在庫の増減など需要と供給のギャップを反映する要素によって価格動向を説明したものが多い。実際、図1に示すように、70年代、80年代までの銅価格については、前年の在庫水準によっておおまかな説明が可能である。ところが、90年代以降の価格動向は、それによってうまく説明がで

きない。これは、80年代以前と90年代とは在庫のもつ重要性の度合いが違ふことによるものと考えられる。すなわち、80年代までは、ベトナム戦争、石油ショックなどの有事に備えて在庫が非常に重要であった。ところが、その後、アメリカが銅の戦略的ストックを暫定的に減らしていったことに典型的に表われているように、有事に備えた在庫の重要性が薄れ、同時にそれがもつ価格影響力も弱くなったのではないかと考えられる。したがって、近未来の価格予測を行うには、需給ギャップ以外のモデルが必要であり、本研究では、新たな銅市場モデルが提示される。

2. 銅市場の供給関数および需要関数の推定

ここでは、銅の将来価格の予測を次のように行う。まず、2.において、銅市場の供給関数および需要関数を2段階最小二乗法によって推定する。次に、3.において、既存鉱山の閉山価格を推定し、閉山価格の低い順に生産量を足しあわせて、様々な閉山価格に対応する(最大)可能供給量を計算する。以後、これを可能供給量と呼ぶ。最後に、4.において、推定された供給関数、需要関数および可能供給量を用いて将来価格を予測する。

まず、1990～1999年のデータから銅市場の供給関数と需要関

* 1999年10月19日受付 2000年7月12日受理

1. 正会員 博士(人間・環境学) 岐阜聖徳学園大学助教授 経済情報学部

2. 正会員 工博 関西大学助教授 総合情報学部

3. 京都大学大学院生 エネルギー科学研究科修士課程

4. (社)日本メタル経済研究所 主任研究員

5. 正会員 工博 京都大学教授 大学院エネルギー科学研究科

[著者連絡先] FAX 058-278-0784 (岐阜聖徳学園大・新熊)

キーワード: 銅市場の供給・需要関数の推定, 閉山価格, 銅の可能供給量, 銅の予想価格, 発展途上国における増産計画

図1 前年の在庫量と銅価格の関係
(出典)Mining Annual Review をもとに作成

数を推定する。推定される方程式は、

$$C = xP + yM_{-1} + zM + s \quad \text{供給関数} \quad (1)$$

$$C = jP + kG + t \quad \text{需要関数} \quad (2)$$

である。ここで、

C : 銅消費量

P : 銅価格

M : 鉱石生産量

M_{-1} : 前年の鉱石生産量

G : 世界の実質 GDP

x, y, z, s, j, k, t : パラメータ

である。供給関数において、前年の鉱石生産量が含まれているのは、それが当期における、増処理・減産を含まない、鉱山の基本

的な生産能力を表わすと考えられるからである。また、需要関数において、経済活動規模を表わす変数として、世界の実質 GDP が用いられている。表 1 は、1990～1999 年における、銅消費量・銅価格・鉱石生産量・前年の鉱石生産量・世界の実質 GDP を表わしている。ただし、表 1 において、98, 99 年の世界の実質 GDP は予測値であるが、97 年比で 2 % 成長・2.5 % 成長・3 % 成長・3.5 % 成長の 4 つのケースが示されている。なお、4. では、2000～2002 年の価格予測を行うが、将来価格予測もそれら 4 つのケースごとになされる。

推定結果をまとめると以下になる。

98 年以降世界の実質 GDP が 2 % で成長した場合 :

$$C = 44.68P + 1.40M_{-1} + 0.42M - 11522 \quad \text{供給関数} \quad (3)$$

$$(R^2=0.86, DW=1.65)$$

$$C = 1.37P + 0.55G - 3731 \quad \text{需要関数} \quad (4)$$

$$(R^2=0.99, DW=1.65, \text{括弧は } t \text{ 値})$$

98 年以降世界の実質 GDP が 2.5 % で成長した場合 :

$$C = 48.85P + 1.51M_{-1} + 0.39M - 12843 \quad \text{供給関数} \quad (5)$$

$$(R^2=0.83, DW=1.68, \text{括弧は } t \text{ 値})$$

$$C = 4.94P + 0.56G - 4573 \quad \text{需要関数} \quad (6)$$

$$(R^2=0.99, DW=1.84, \text{括弧は } t \text{ 値})$$

98 年以降世界の実質 GDP が 3 % で成長した場合 :

$$C = 54.65P + 1.67M_{-1} + 0.35M - 14684 \quad \text{供給関数} \quad (7)$$

$$(R^2=0.80, DW=1.71)$$

$$C = 7.99P + 0.57G - 5187 \quad \text{需要関数} \quad (8)$$

$$(R^2=0.99, DW=2.28, \text{括弧は } t \text{ 値})$$

98 年以降世界の実質 GDP が 3.5 % で成長した場合 :

$$C = 63.33P + 1.91M_{-1} + 0.29M - 17436 \quad \text{供給関数} \quad (9)$$

$$(R^2=0.74, DW=1.75)$$

$$C = 10.09P + 0.57G - 5428 \quad \text{需要関数} \quad (10)$$

$$(R^2=0.99, DW=2.40, \text{括弧は } t \text{ 値})$$

通常、需要関数において、 P の係数は負の値をとるが、推定さ

表 1 1990～1999 年における銅消費量・鉱石生産量・世界の実質 GDP・銅価格

年	C (銅消費量) [メタルkt]	M (鉱石生産量) [メタルkt]	M-1 (一期前の 鉱石生産量) [メタルkt]	G (世界の実質 GDP) [十億ドル]	銅価格 [¢/lb]
1990	10760.8	8954.1	9019.3	25903	151.30
1991	10674.1	9101.2	8954.1	26183	128.89
1992	10801.2	9418.4	9101.2	26644	122.88
1993	10978.6	9473.5	9418.4	27008	101.78
1994	11664.6	9573.7	9473.5	27815	120.26
1995	12166.0	10170.2	9573.7	28577	145.73
1996	12482.7	11097.5	10170.2	29531	111.57
1997	13075.5	11421.1	11097.5	30691	106.90
1998	13255.0	12134.0	11421.1	31304, 31458, 31611, 31765	78.82
1999	13922.0	12560.7	12134.0	31931, 32244, 32560, 32877	69.25

(出典)銅消費量と鉱石生産量は、ともにMetallgesellschaftによる。1997年の時価で評価した価格は、Mineral Facts and Problem, Mineral Commodity Summaries, Metal Bulletin Data による。世界の実質 GDP は、EDMC エネルギー・経済統計要覧による。

(注)1998 年および 1999 年の世界の実質 GDP 値は、左から 1998 年以降 2 % 成長・2.5 % 成長・3 % 成長・3.5 % 成長に対応している。

れた係数はいずれも正であった。しかしながら、それらは、供給関数の P の係数と比較してかなり小さい値であり、特に、98 年以降 GDP が 2 % で成長したと仮定される場合でのそれはゼロと見なしうる値である。このことは、需要が価格にそれほど反応せず、主として GDP によって説明されることを意味している。これは、銅を生産要素として使用する財の生産にとって、多くの場合、価格水準に応じてその投入量を大きく変動させることができないためと考えられる。

3. 可能供給量の導出

現在稼働中の鉱山は価格水準によって生産を続行するか閉山するかを決定する。すなわち、各鉱山は、それ以下の価格水準では閉山に踏み切るという臨界価格をもっている。すべての鉱山をそのような臨界価格の低い順番に並べ替えて、累積生産量を計算すると、その価格に対応する可能供給量を得ることができる。

まず、現在稼働中である個々の鉱山について閉山価格を求めなければならぬが、その際、以下の仮定を置く。

仮定

・現在 (1999 年) 稼働中鉱山は、現在の生産量を今後も維持するか、閉山するか 2 つの選択肢のみをもつものとする。

・一度閉山した鉱山は二度と生産を再開することができないものとする。

閉山価格は、次の式で与えられる。

$$P_c = \frac{\beta_2}{\beta_2 - 1} \frac{c \frac{1 - e^{-\rho T}}{\rho}}{1 - e^{-\delta T}} \quad (11)$$

式 (11) の詳しい導出方法については、新熊・西山 (1999) を参照されたい。ここで、

c : 平均採掘費用 (mining cost)

T : 残存採掘年数

ρ : 割引率

α : 将来価格の期待上昇率

であり、また、 $\delta = \rho - \alpha$ である。さらに、 β_2 は、次の特性方程式の負の解である。

$$\frac{1}{2} \sigma^2 \beta (\beta - 1) + (\rho - \delta) \beta - \rho = 0 \quad (12)$$

ここで、 σ は将来価格の分散を表すパラメータである。

このように閉山価格は、様々なパラメータに依存するが、本研究では、それらを次のように仮定した。

$$\rho = 0.1$$

$$\sigma = 0.1 \sim 0.3$$

$$\alpha = 0$$

$$\delta = \rho - \alpha = 0.1$$

70 年以降の銅価格は、長期的トレンドをみると低下傾向を示しているが、1997 年で評価した 1999 年現在の価格 (69.24 ¢ / lb) が 70 年以降で最も低い水準であることから、今後少なくとも 2, 3 年は、さらなる価格低下が進むとは期待しにくい。しかしながら、1999 ~ 2002 年における、チリをはじめとする大規模な増産計画の存在を考慮すると、ここ 2, 3 年は、銅価格が大きく上昇しても期待しにくい。以上のことを総合的に判断して、将来の銅価格の期待上昇率 $\alpha = 0$ と仮定した。とくに、4. での 2000 ~ 2002 年の銅価格予測においては、 $\alpha = 0$ という仮定は適当なものと考えられる。 $\alpha = 0$ のとき、閉山価格式 (11) は、次のようになる。

$$P_c = \frac{\beta_2}{\beta_2 - 1} c \quad (12)$$

将来価格の分散を表す σ については、Dixit and Pindyck (1994, p. 264) の例に従った。彼らは実際の銅価格を念頭において幾何的ブラウン運動のサンプルを提示しており、それによれば、 $\sigma = 0.2$ は、石油ショックなどの影響で銅価格が比較的大きく変動した 80 年代までの銅価格をよく表わしていると考えられる。90 年代の銅価格の動きについては、むしろ $\sigma = 0.1$ の方が妥当であると考えられるが、4. での価格予測には、ケース 1 ($\sigma = 0.1$)、ケース 2 ($\sigma = 0.2$)、ケース 3 ($\sigma = 0.3$) の 3 つのケースを考える。

表 2 閉山価格と可能供給量

Mining Cost	鉱石生産量	閉山価格 ($\sigma=0.1$)	閉山価格 ($\sigma=0.2$)	閉山価格 ($\sigma=0.3$)	データに含まれる 可能供給量	推定された 可能供給量 (1999年)	推定された 可能供給量 (2000年)	推定された 可能供給量 (2001年)	推定された 可能供給量 (2002年)
6.7	44.6	5.36	4.29	3.46	44.6	1620.3	2310.3	2703.3	2905.3
11.8	305.1	9.44	7.56	6.10	349.7	2170.5	2860.5	3253.5	3455.5
15.0	75.8	12.00	9.62	7.76	425.5	2307.2	2997.2	3390.2	3592.2
17.3	62.7	13.84	11.09	8.94	488.2	2420.3	3110.3	3503.3	3705.3
18.6	30.2	14.88	11.92	9.62	518.4	2474.8	3164.8	3557.8	3759.8

⋮
(途中省略)
⋮

64.7	162.4	51.76	41.47	33.45	4994	10546.1	11236.1	11629.1	11831.1
64.9	41.0	51.92	41.60	33.55	5035	10620.0	11310.0	11703.0	11905.0
67.7	21.7	54.16	43.40	35.00	5056.7	10659.2	11349.2	11742.2	11944.2
68.6	100.0	54.88	43.97	35.47	5156.7	10839.5	11529.5	11922.5	12124.5
70.0	140.0	56.00	44.87	36.19	5,296.7	11092.0	11782.0	12175.0	12377.0
71.8	114.4	57.44	46.02	37.12	5411.1	11298.3	11988.3	12381.3	12583.3
72.2	94.0	57.76	46.28	37.33	5505.1	11467.8	12157.8	12550.8	12752.8
75.3	14.0	60.24	48.27	38.93	5519.1	11493.0	12183.0	12576.0	12778.0
76.5	15.0	61.20	49.04	39.55	5534.1	11520.1	12210.1	12603.1	12805.1
77.6	30.0	62.08	49.74	40.12	5564.1	11574.2	12264.2	12657.2	12859.2
81.7	28.6	65.36	52.37	42.24	5592.7	11625.8	12315.8	12708.8	12910.8
82.1	21.3	65.68	52.63	42.45	5,614.0	11664.2	12354.2	12747.2	12949.2
88.6	244.8	70.88	56.79	45.81	5858.8	12105.7	12795.7	13188.7	13390.7
91.4	39.8	73.12	58.59	47.25	5898.6	12177.4	12867.4	13260.4	13462.4
91.5	90.6	73.20	58.65	47.31	5989.2	12340.8	13030.8	13423.8	13625.8
94.2	120.0	75.36	60.38	48.70	6109.2	12557.2	13247.2	13640.2	13842.2
99.8	1.9	79.84	63.97	51.60	6111.1	12560.7	13250.7	13643.7	13845.7

(出典) 日本メタル経済研究所資料をもとに作成

(注) 価格はすべて ¢ / lb、鉱石生産量は、メタル kt である

式(12)より、閉山価格は、平均採掘費用 c が大きいほど大きいことに注意する。表2は、各鉱山を平均採掘費用 c の小さいものから順に並べて表示している。表2の第1列は、個々の鉱山の平均採掘費用を表わし、第2列は、当該鉱山の生産量(メタルkt)を表わしている。第3列から第5列には、各ケースごとに当該鉱山の閉山価格が示されている。第6列は、可能供給量を表わしている。

使用したデータには、一部の鉱山のデータのみが存在するため、真の可能供給量は推定しなければならない。第7列は、1999年の全鉱山の推定可能供給量を表わしているが、それは次のようにして求められた。まず、チリのコデルコが所有する鉱山に関するデータはすべて含まれており、さらにそれらの平均採掘費用は概して低いことに注意し、データからコデルコ所有の鉱山を取り除く。1999年の世界全体の鉱石生産量は12560.7メタルktであるので、コデルコ所有の鉱山における鉱石生産量1539.9メタルktを除いた11020.8メタルktがコデルコ以外の鉱山からの生産量である。一方、データに含まれているコデルコ以外の鉱山の総生産量は6111.1メタルktである。本研究では、表2の第6列の可能供給量に1.8034(=11020.8/6111.1)を掛け、それにコデルコ所有の鉱山からの生産量を加えた値を真の可能供給量の推定値とし、第7列に表示した。

表3は、2000～2002年の増産計画を示している。それを表2の第7列に加えたのが、第8列～第10列にある2000～2002年の可能供給量である。なお、表3からは、この期間における供給の増加が主として途上国で生じることがわかる。さらに、途上国における増加の内訳をみると、2000年においてはチリにおける増産が、2001～2002年においてはチリ以外の発展途上国における増産が著しいことがわかる。

4. 将来価格の予測とチリをはじめとする発展途上国の増産計画の戦略的意図

2. では、世界の実質GDPが2%成長、2.5%成長、3%成長、3.5%成長の4つのケースについて、供給関数および需要関数を推定した。また、3. では、パラメータ σ の違いにより3つのケースについて、様々な閉山価格のもとでの可能供給量を計算した。ここでは、それらをふまえて12のケースについて銅価格の将来予測を行う。

表4は、世界の実質GDPの予測値を表わしているが、以下の将来価格予測は、世界の実質GDPが2.5%で成長する場合のケース1($\sigma = 0.1$)についてのものである。推定された供給関数および需要関数を再び書く。

$$C = 48.85P + 1.51M_{-1} + 0.39M - 12843 \quad \text{供給関数} \quad \cdots \cdots (5)$$

$$C = 4.94P + 0.56G - 4573 \quad \text{需要関数} \quad \cdots \cdots (6)$$

表3 2000年以後における供給の純増量(1999年の供給量との差)

年	発展途上国		先進国	合計
	チリ	チリ以外		
2000	335	295	60	690
2001	465	458	160	1083
2002	485	570	230	1285

(出典) 日本メタル経済研究所資料
(注) 単位は、メタルkt

表4 世界の実質GDP予測値(1995年価格)

年	2%成長	2.5%成長	3%成長	3.5%成長	(実績値)
1997	30691	30691	30691	30691	
1998	31304.8	31458.3	31611.7	31765.2	
1999	31930.9	32244.7	32560.1	32877.0	
2000	32569.5	33050.9	33536.9	34027.7	
2001	33220.9	33877.1	34543.0	35218.6	
2002	33885.3	34724.0	35579.3	36451.3	

(注) 単位は、十億ドル

まず、2000年の価格予測を行う。 M_{-1} と G にそれぞれ1999年の鉱石生産量と2000年において予想される世界の実質GDPを代入する。ところが、銅消費 C と銅価格 P の予測値を得るためには、2000年における鉱石生産量が必要である。これを求めるために表2の可能供給量を用いる。最初、すべての既存鉱山が閉山しないものと仮定すると、2000年の鉱石生産量は、13250.7メタルktである。これを M として式(5)に代入し、式(5)と(6)から、 C と P を解くと、

$$C = 14233.3 \text{ メタル kt}$$

$$P = 60.22 \text{ ¢ / lb}$$

となる。ところが、この P は13250.7メタルktの供給を可能にする閉山価格79.84¢/lbよりも小さいので、供給量13250.7メタルktは実現しない。すなわち、閉山価格の高い鉱山の一部が閉山しなければならない。いま、閉山価格79.84¢/lbの鉱山が閉山するものとする、供給量は13247.2メタルktとなる。同様に、これを M として、式(5)と(6)から $P = 60.25 \text{ ¢ / lb}$ を得る。この P も13247.2メタルktの供給を可能にする閉山価格75.36¢/lbよりも小さいので、閉山価格が75.36¢/lbの鉱山は閉山する。このような試行を繰り返すと、最終的に $M = 12354.2 \text{ メタル kt}$ のとき、

$$C = 14287.1 \text{ メタル kt}$$

$$P = 71.13 \text{ ¢ / lb}$$

を得る。供給量12354.2メタルktを可能にする閉山価格は65.68¢/lbなのでこの供給量は実現可能であり、したがって、2000年の予想価格は71.13¢/lbとなる。

一度閉山した鉱山は価格が比較的高い水準まで回復しない限り再開しないことはよく知られている。理論的にも再開のための臨界価格が閉山価格と比較してかなり高いことが示されている(新熊・西山, 1999)。ここでは、2000～2002年という比較的短い期間で価格予測を行うということもあり、また単純化のためにも、一度閉山した鉱山は再度開山することはないものと仮定している。

このように2000年で閉山した鉱山を累積生産量から除き、2000年の価格予測と同様の方法で2001年の価格予測を行う。前と同様に、2001年に新たな閉山は生じないものと仮定すると、そのときの供給量は12747.2メタルktとなる。これを M として、式(5)と(6)から C と P を求めると、

$$C = 14819.4 \text{ メタル kt}$$

$$P = 85.24 \text{ ¢ / lb}$$

を得る。この価格は、12747.2メタルktの供給を可能にする閉山価格65.68¢/lbよりも大きいので、鉱石生産量12747.2メタルktが供給されることになる。したがって、2001年の需給予測は、

$$M = 12747.2 \text{ メタル kt}$$

$$C = 14819.4 \text{ メタル kt}$$

$$P = 85.24 \text{ ¢ / lb}$$

となる。

2002年の価格予測も同様の方法で行うと、次の結果を得る。

$$M = 12949.2 \text{ メタル kt}$$

$$C = 15271.9 \text{ メタル kt}$$

$$P = 80.82 \text{ ¢ / lb}$$

残りの11のケースについても同様の方法で需給予測を行う。その計算結果をまとめたのが図2である。同図から、2000～2002年の予想価格は、最低45.96¢/lb、最高87.88¢/lbとケースによって大きくばらつくことがわかる。とくに、2001年における予想価格のばらつきはかなり大きい。ところが、現実的に妥当と考えられるケースに限定すれば予想価格のばらつきはある程度抑えられる。まず、2. でも述べたように、過去10年の価格動向から、

図2 2000～2002年の銅価格予測結果

σ として0.1あるいは0.2が妥当である。また、GDP成長率についても、中国経済の発展などの要素を考えると、2.5%あるいは3%が妥当である。そのように現実的に妥当と考えられるケースに絞ると、価格予測は次のように結論づけることができる。

2000年の予想銅価格：63.15～71.13 \$/lb

2001年の予想銅価格：54.58～87.83 \$/lb

2002年の予想銅価格：80.82～84.9 \$/lb

以上の将来価格予測をふまえて、チリをはじめとする発展途上国における大規模な増産計画のもつ戦略的意図について考察をする。ここでは、最も現実的妥当性をもつと考えられるケース（GDP成長率2.5%， $\sigma = 0.1$ ， $\rho = 0.1$ ）について考えよう。

そのケースにおいては、上で詳しく述べたように、2000年に大規模な既存鉱山の閉山を引き起こしたために、それほど大きく価格の落ち込みがみられない。さらに、2001年および2002年では、2000年での閉山の影響で価格が80 \$/lb以上に上昇している。これをチリをはじめとする発展途上国からみると、2000～2002年における増産計画は次のように評価できる。すなわち、既存鉱山を閉山に追い込むことによって、それほど大きな価格低下を招かずに既存鉱山にとってかわって生産を行うことができ、さらに、2001～2002年の価格上昇の恩恵を享受することができる。したがって、中長期的な視野に立てば、1999年現在のような低価格水準の下で増産を計画することは経済的合理性をもっているといえる。

5. おわりに

本研究では、次のような価格予測方法を提示した。まず、1990～1999年の銅価格、消費量、鉱石生産量、世界の実質GDPのデータをもとに2段階最小二乗法を用いて供給関数および需要関数を推定する。次に、各鉱山の平均採掘費用をもとに可能供給量を計算する。最後に、推定された供給関数、需要関数および可能供給量を用いて将来価格を予測する。

4. では、そのような価格予測方法を2000～2002年の銅価格予

測に適用した。本研究では、様々なケースについて価格予測を行ったが、とくに現実的妥当性をもつケース（GDP成長率が2.5%あるいは3%，将来価格の分散パラメータ σ が0.1あるいは0.2）においては、次のような結果を得た。

2000年の予想銅価格：63.15～71.13 \$/lb

2001年の予想銅価格：54.58～87.83 \$/lb

2002年の予想銅価格：80.82～84.9 \$/lb

このように、とくに2001年の予想価格には大きなばらつきがあるが、2002年には、いずれのケースにおいても価格は80 \$/lb以上の水準を回復することがわかる。

以上のような価格予測には、2000年から2002年においてチリをはじめとする発展途上国で計画されている大規模な増産計画が大きく影響している。本研究で得られた予想価格をもとにそのような増産計画を評価すると次のようになる。2000年および2001年には、増産の結果として価格が落ち込む可能性があるが、遅くとも2002年には、価格は80 \$/lb以上の水準を回復する。これは2000年および2001年において多くの既存鉱山が閉山に追い込まれるからである。増産計画は、それを計画する発展途上国企業に対して短期的には価格低下という不利益をもたらすが、その価格低下が既存鉱山を閉山に追い込むことによって2002年以降の高価格という利益を与える。したがって、そのような増産計画は、中長期的な観点からは経済的合理性をもつものと評価しうる。逆に、増産計画が経済的合理性をもつということは、計画が見合わされることなく実行に移される可能性が高いことを意味する。

引用文献

- 1) 新熊隆嘉・西山 孝：資源と素材，Vol. 115, p. 573～578, (1999)
- 2) 角新支朗・西山 孝：エネルギー資源，Vol. 20, p. 192～197, (1999)
- 3) Desai, M. J. : Econometrica, Vol. 34, p. 105～134, (1966)
- 4) Dixit, A. and Pindyck, R. S. : Investment Under Uncertainty, Princeton University Press (Princeton, NJ), (1994)
- 5) Fisher, F., Cootner, P. H. and Baily, M. N. : The Bell Journal of Economics and Management Science, Vol. 3, p. 568～609, (1972)