

Title	中国のレアメタル採掘・開発に伴う環境問題へのリアル・オプション応用：中小企業の観点から
Author(s)	高, 娃; 藤原, 孝男
Citation	年次学術大会講演要旨集, 25: 553-558
Issue Date	2010-10-09
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/9359
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

中国のレアメタル採掘・開発に伴う環境問題へのリアル・オプション応用

—中小企業の観点から—

○高娃, 藤原孝男(豊橋技術科学大学)

一. 序

1. 背景

世界経済の急速な発展に伴って世界の環境問題が日々厳しくなり, 生態危機と環境汚染は各国共通の悩みになった。この問題について各国は色々な工夫をしている。例えば, ハイブリット・カーや太陽電池などの省エネルギー, 環境対策などが挙げられる。これらの製品の基礎的原材料としてはレアメタルが注目されている。

中国はレアメンタル大国として埋蔵量, 生産量が世界第一を占める種類が多い。近年工業化が始まるにつれて中国は多くの資源を消費するようになってきて資源の需要は引き続き増加し, 資源供給の逼迫と環境の圧力は益々大きくなった。

レアメタルは環境を保護するための省エネルギー製品の材料になっている一方でその原材料を採掘・開発するために巨大な環境悪化の代価を払っている。経済発展で資源を開発・消費しなければならないが資源の開発と同時にどのように環境を保護するのが1つの差し迫った課題でもある。「3」

2. 問題意識

レアメタルの採掘・開発はリスクが高く, 投資金額が大きい事業である。さらに環境コストを加えるなら企業にとって負担が大きく意思決定が一層困難となる。中国レアメタル産業の企業数の80%が中小企業であり, その中の1/3の中小企業の技術レベルなどが政府の要求する環境基準に達していない。さらに近年国家のレアメタルに対する採掘規模, 環境汚染, 輸出数量の制限などの一連の政策下で, 中小レアメタル企業がどのように存続するかは考慮すべき深刻な問題である。「4」

3. 目的

従来から企業の環境問題は中央政府からの政策で規制している。その制約の中で本研究では, レアメタル採掘・開発に伴う環境問題をそのレアメタルの価格と技術との2つの不確実性下で, 中国の中小レアメタル企業がレアメタル採掘・開発の投資を通じて回避, さらに解決できるような可能性を検討する。すなわち価格・技術の不確実性に加えて環境対策という制約の中で, 資源の限られた中小レアメタル企業にとっての投資決定方法の検討を目的にする。

二. リアル・オプションの考え方

従来型の分析方法では不確実性是否定的課題であり、回避すべきものであると考えられる場合が多い。ところがリアル・オプション分析方法ではもし適切な投資戦略を立てられれば、不確実性を有効に利用できる。適切な戦略的投資によって、不確実な機会から利益を得る可能性を残しつつ、マイナスの影響を避けることができる。不確実性は価値を創造できる場合もある。

リアル・オプションの分析は単なる手段という意味を超えたひとつの思考方法である。不確実な状況下で、どのように投資を管理すればよいかについて、分析の枠組みを提供する。

既に述べたように中国は中小レアメンタル企業が多く最近、国家の色々なレアメタルに対する環境政策などによって事業運営が困難となってきた。この様な課題に対して従来の NPV (Net Present Value ; 正味現在価値) の考え方は投資規模が大きく、リスクの高い事業での価値を低く評価し、意思決定の柔軟性を無視して、事業価値を過小評価した。その問題を解決するためにリアル・オプションを用いる。

三. モデルの構築・分析

1. 前提

ある希土類会社のケースを考えてみよう。この会社の今の状況は手元に 100 万元で購入した希土類鉱山の採掘権がある。しかし、この会社は政府から採掘・開発技術が環境基準に達しないと評価されて、事業が一時的に止まっている。

希土類鉱山の採掘権が希土類価格の変動によって変動すると予想され、将来はどうなるか分からない。

もし、今この採掘権を売却したら会社もつぶれる可能性が高い。それでこの会社が採掘権に対して 3 年間のプット・オプションを購入した。このプット・オプションは満期の時に 150 万元で売却できる権利である。ブラック＝ショールズの式を使ってこのプット・オプションの価値を評価すると

行使価格 $X=15,000,000$ 元

採掘権の現在価値 $S_0=10,000,000$ 元

満期の時間 $T=3$ 年 $n=T/\Delta T=3/1=3$ 年

$u=1.8$ $d=0.5$ $r=5\%$

$u = e^{\sigma \sqrt{\frac{T}{n}}}$ この式から $\sigma = 0.58$ を計算できる。

$$d_1 = \frac{\ln(S_0 / X) + (r + \sigma^2 / 2)T}{\sigma \sqrt{T}} = 0.6$$

$$d_2 = \frac{\ln(S_0 / X) + (r - \sigma^2 / 2)T}{\sigma \sqrt{T}} = d_1 - \sigma \sqrt{T} = -0.4$$

$$P = Xe^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1) = 568,500 \text{ 元}$$

になる。「2」

この採掘権を持っている3年間に採掘・開発事業を行ってみる可能性を検討している。しかし、希土類鉱山の採掘・開発事業を行うとしたら採掘・開発とともに環境保護コストも払わなければならないため会社にとって投資金額が多くリスクが高いと見込まれている。それで今回の採掘開発事業にリアル・オプションを応用してみる提案の妥当性を検討する。この採掘・開発事業を次の表のように各段階と各段階に必要な投資金額を仮定した。

表1 採掘・開発事業

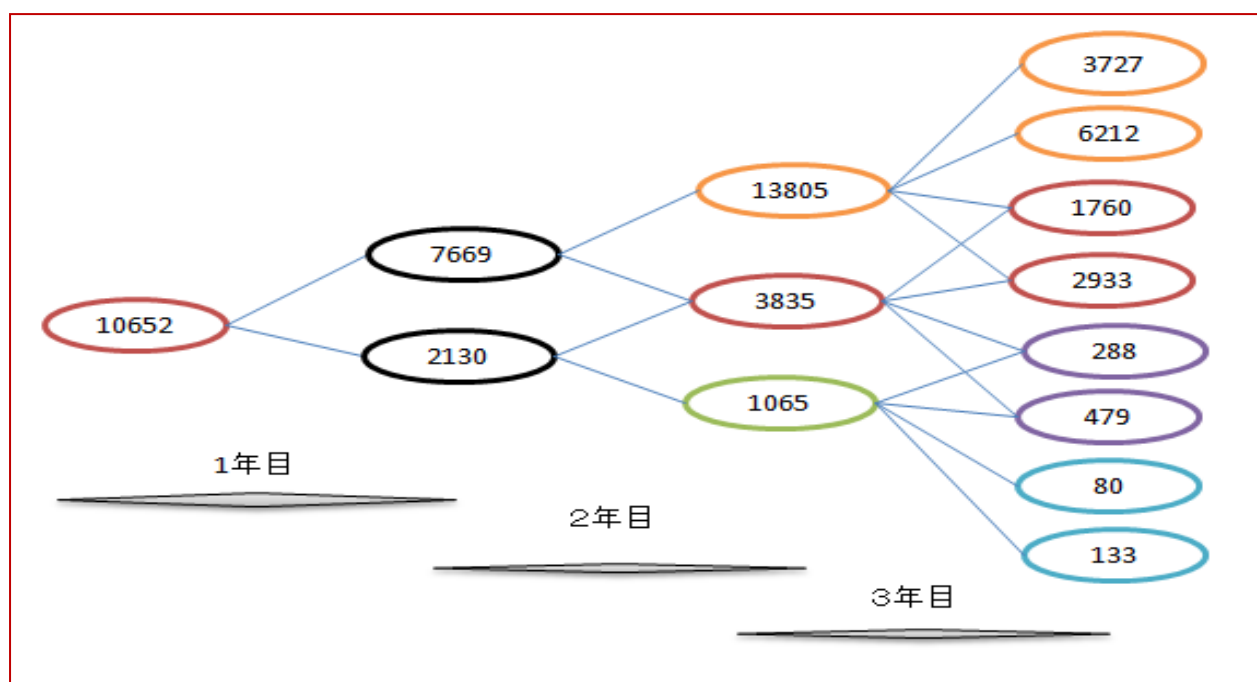
各段階 投資金額 (元)	調査段階	採掘段階	開発段階
	一年目	二年目	三年目
環境投資しない場合	200,000	600,000	3,200,000
環境投資する場合	200,000 + 0	600,000 + 400,000	3,200,000 + 800,000

この事業の不確実性としては各段階での不確実性が異なっていくため以下の表で表す。

表2 不確実性

各段階 不確実性	調査段階	採掘段階	開発段階
希土類価格	u 上昇率=1.8 d 下落率=0.5	u =1.8 d=0.5	u=1.8 d=0.5
埋蔵量	十分ある S=40% ない F=60%		
開発技術			大型製品のできる確率=15% 普通の製品のできる確率=25% 開発できない確率=60%

希土類価格の変動は次のようになる。



＊このデータは天津レアメタル取引所での希土類の２００７年１月から１２月までの一年間の価格の変動に基づいて作成した。「５」

図１ 原資産価格の変動

調査により埋蔵量が２００トンあることを確認できたとする。不確実性の箇所で既にあるように製品化段階では大型製品と普通の製品との２種類あって２００トンの希土類で７０００元 of 大型製品を２０００個生産でき、１５００元 of 普通の製品なら８０００個生産できるとする。

２．分析

この事業を行う際に環境コストを考えない場合と考える場合の２つのタイプに分けて行ってみた。ここで環境コストには機械や技術の更新、購入などの費用である。

先ず環境コストのない場合の NPV とある場合の NPV を計算してみると、ない場合の NPV が次のように 130,563 元になる。

130,564	-491,819	-448,134
	3,506,008	1,840,462
		1,996,953

図２ 環境コストのない場合の NPV

一方で環境コストのある場合の NPV は－1,755,332 元になる。

-1,755,332	-2,644,200	-1,248,134
	1,353,627	1,040,462
		1,196,953

図3 環境コストのある場合の NPV

以上の結果からこの事業に着手すべきではないので3年満期の採掘権をプット・オプションとして行使することを検討する。

リアル・オプションを使って計算してみた結果が図4である。リアル・オプションの中でも単純オプションを利用する。

57,833	0	0
	1,353,627	1,040,462
		1,196,953

図4 環境コストのある場合の ROA

以上の3つの結果から NPV は事業価値を過小評価して、フレキシビリティを考慮してないことが分かる。「1」

四. 結論

1) 中国のレアメタル企業において中小企業の中では個人経営・集団経営のほうが多い。計算結果に出ているように若しこれらの中小企業が採掘・開発とともに環境を守るとしたら、投資金額の限界があつて事業を行うことができない場合が多い。しかし、もしリアル・オプションを応用し場合には採掘・開発事業の不確実性と意思決定の柔軟性から価値を創造できる可能性がある。

2) リアル・オプションは NPV では評価されてない事業の柔軟な価値を評価でき、NPV を改善できると期待される。

3) 中小企業にとってマイナスの NPV の結果から投資できない事業であっても適切な投資戦略を立て各段階で適切な戦略、例えば中止オプションなどを用いることによって正の

収益可能性が生じると考えられる。

参考文献

- 「1」 Copeland, T. & Antikarov, V., 2001, Real Options, Texere, NY:USA. 「2」 小林啓孝, 2007 年, MBA ビジネス金融工学:デリバティブとリアル・オプション.
- 「3」 中小企業庁, 2009 年, 中小企業白書.
- 「4」 中国選鉱技術ネット: [http://www.mining120.com./](http://www.mining120.com/)
- 「5」 天津レアメタル取引所 (天津稀有金属交易市场:Tianjin Rare Metals Exchange) ; <http://www.crme.com.cn/>