

金属資源事業のリスクマネジメント

村上 啓二¹

¹正会員 京都大学経営管理大学院 プロジェクトマネジメント専攻(〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

E-mail:murakami.keiji.27w@st.kyoto-u.ac.jp

商社はトレーディングビジネスを生業にしてきたが、近年は事業への投資及び経営により投資企業の価値を向上し、連結収益を拡大するビジネスモデルへ変革している。商社の事業の中で金属資源事業は、収益及び社会貢献の観点から重要な位置付けとなっている。但し、商社は資源メジャー企業と比較して、経営資源が制限され、且つ顧客やステークホルダーとの関係性も考慮する必要がある。一方、金属資源事業に関する先行研究では、個別の鉱山資源の評価方法や鉱山経営モデルについて研究されている。本研究では、商社の金属資源事業の研究及び金属資源業界の分析を通して、新たに資源ポートフォリオマネジメントや商社のバリューチェーン戦略におけるリスクマネジメントにフォーカスを当てて、金属資源投資における成功条件を考察する。

Key Words : Metal Resources, Risk Management, General trading and investing company, Portfolio

1. はじめに

日本の商社は歴史的に国内外のメーカーと需要家の間に入り、商品・サービスを提供するトレーディングビジネスを生業にしてきた。しかし、トレーディングビジネスの提供付加価値の減少により、近年は事業への投資による配当収益拡大、更には投資先への経営人材派遣による事業経営により投資企業の価値を向上させ、連結収益を拡大させるビジネスモデルへ変革している。その中で金属資源事業は商社の事業投資・経営モデルの代表例と言える。一方、商社は欧米を中心とする資源メジャー会社と比較すれば経営資源は制限され、また顧客・ステークホルダーとの関係性を考慮する必要がある。また、金属資源は世界の需給バランスにより市況変動が大きく、事業収益のボラティリティが高い事業である。本研究では、商社の金属資源事業を題材に事例研究を行い、定性・定量的に分析することにより、経営資源に制限ある条件下での、ボラティリティが高い金属資源事業におけるリスクマネジメントのあり方を考察する。

の商品やサービスのトレーディングにより得られる情報や政府・顧客とのネットワークを活用し、事業への投資・経営を中心とするビジネスモデルへシフトしている。商社のビジネスは金属・エネルギー・機械・生活産業・化学品・不動産・インフラ・電力・金融・物流・IT等多岐に亘るが、その中で金属資源・鉱物資源事業への投資・経営によるビジネスは、収益のみならず、商社が果たす社会的貢献の観点からも重要な位置付けとなっている。一方、トレーディングのリスクマネジメントは信用リスクやカントリーリスクが中心であったが、事業への投資・経営に対するリスクマネジメントは、それらに加えて事業リスク・市場リスクという、ボラティリティが高く、より高度なリスクマネジメントを必要とする。近年は新興国を中心とした資源需要の増加、中国の経済成長や減速、資源国での政策・天候不順等の影響を受けて、金属・鉱物資源市況は乱高下しており、商社のみならず資源メジャー・資源会社の収益変動は激しくなっている。かような状況下、商社の金属資源事業を題材として、リスクマネジメントの方法について事例研究する。

2. 問題提起

商社はビジネスモデルの変革を図っており、従来から

3. 中心命題・仮説

本研究では、上述 2. 問題提起を受けて、商社の金属

資源事業のリスクマネジメントのあり方を考察・分析すべく、中心命題及び仮説を以下の通り設定する。

(1) 中心命題

商社の金属資源事業における成功(ハイリターン・持続的価値創造)は、どのような条件によってもたらされるか。

(2) 仮説(資源一般/商社特有の課題区分を含む)

中心命題に対する仮説として、金属資源事業における成功(ハイリターン・持続的価値創造)の条件を以下の通り設定する。

- a) 上流権益における優良資産(十分な埋蔵量、高い品位、低い生産コスト)を獲得すること。
- b) 開発・採掘リスクが低い操業鉱山を適正価格・プレミアムで権益取得すること。
- c) 経営資源・開発力・技術力・オペレーション能力・信用力において優良なるパートナーと組み、主体的に機能提供と経営判断/意思決定を行うこと。
- d) 資産入替により事業ポートフォリオの質を向上し、シナジーを追求すること。

上述の仮説a)は、次の先行研究4.(1)の投資意思決定に値する優良資産としての金属資源評価に関連、仮説b)は、4.(2)資源生産コストと(3)鉱山経営モデル面で不確実性が低い操業鉱山の優位性として関連する。また仮説c)は、金属資源事業と業界の分析6.(1)に示す様に、資源メジャーの寡占で参入障壁が高く、競争環境が高い金属資源業界において、商社に求められるマネジメント方法である。最後の仮説d)は、多数の資源ビジネスを同時並行的に運営し、周辺事業・トレーディングビジネスとのシナジーを追求する商社ビジネスには不可欠となる課題である。

尚、仮説a)とb)、及びd)の事業ポートフォリオの質向上は、商社・資源会社に共通する一般的な課題である。一方、仮説c)は、技術力・オペレーション能力を有する資源会社等のパートナーと組む必要性が高い点、並びに仮説d)のシナジー追求は、他事業分野やトレーディングビジネス等の資源周辺事業とのシナジーを追求する点において、商社特有の課題となる。

4. 先行研究について

商社の金属資源事業のリスクマネジメントを研究するに当たり、まず金属資源事業に関する先行研究を述べる。

(1) 金属資源の評価

西山は、金属資源の評価について以下の様に述べている。「鉱物資源の通常概念として、鉱石とは有用元素が現在の経済状態で抽出可能な程度に含まれている岩石をいい、これから採掘される鉱石量を埋蔵量としている。さらに経済状態が好転すれば抽出可能となる鉱石も存在するため、これらを含めて資源量として取り扱われる。資源を評価するには、経済性の存在と信頼性の2つが柱となる。各国または国際機関では、いくつかの資源分類がされているが、現在も鉱物資源関係者の間で最も使われ、纏まっているとされるのは、1980年に米国で作られた分類体系である。この分類基準では、地質学的存在の信頼性を横軸に取り、確認/予測/潜在等に細分化し、縦軸には経済評価を取って経済的/準経済的(将来において価格上昇や採掘技術の改革があれば採算可能となるもの)/経済限界下の3段階に区分している。更に、その間にできる、それぞれの項目に該当する言葉が定義されている。」¹⁾(表-1)

この中で、埋蔵鉱量が確認または予測され、経済的であると評価される鉱山は投資意思決定の対象となり、その経済優位性が売買される際の価格に資産価値+高プレミアムとして反映される。また、埋蔵鉱量が確認または予測されるが準経済的である鉱山や、潜在鉱物資源量があるが経済的/準経済的である鉱山は、開発リスク/市場リスクを伴うため、投資意思決定される場合の売買価格は、資産価値+低プレミアムとして評価される。

表-1 金属資源の評価方法

累積生産量		地質学的存在の信頼性			
		既知鉱物資源量		潜在鉱物資源量	
		確認		予測	確からしさの程度 仮定 純理的
		精測	概測		
経済評価	経済的	埋蔵鉱量		予測埋蔵鉱量	(探査・開発)
	準経済的*	準埋蔵鉱量		予測準埋蔵鉱量	
	経済限界下	確認経済限界下 鉱物資源量		予測経済限界下 鉱物資源量	

* 将来において価格の上昇や採掘技術の改革があれば採算可能となるもの。

出典：西山孝「資源経済学のすすめ」

：投資意思決定(資産価値+高プレミアム)

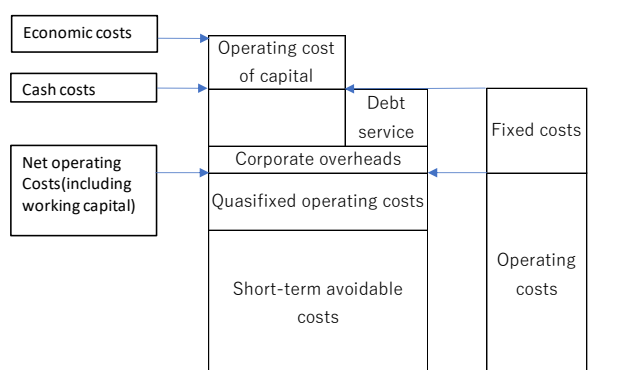
：投資意思決定(資産価値+低プレミアム)

(2) 資源生産コスト

資源生産コストは鉱山の収益性にとって重要な要素であるが、まずコストの内訳を定義する。生産コストは固定費(Fixed costs)と操業費(Operating costs)に大別される。固定費は固定資産の原価償却費、賃金、保険料、税金等で操業度が増減してもその総額が変わらないようなものであり、操業費(変動費)は原材料費や電力

代等、操業度によって変化するものである。

一方、Adamsによると、生産コストは3つのレベル（Net operating costs, Cash costs, Economic costs）に区分できる。この関係を図-1に示す。「Net operating costsは、Short-term avoidable costs(短期回避可能費)とQuasi-fixed operating costs(準固定費)から構成される。Short-term avoidable costsは原材料費や電力代等、鉱山が操業を一時的に休止すれば削減できる費用を意味し、現金預金・手形・棚卸資産等の流動資産をまかなうための運転資金(Working capital) も含まれる。Quasi-fixed operating costsは操業を一時的に休止してもかかる費用で、保守点検等の設備維持費も含まれる。これは一見固定費用のようであるが、操業を完全に止めれば削減できるという意味では可変コストと見做せる。これら2つのコストが操業費（Operating costs）に相当する。



(出典：R.G.Adams 1991)

図 - 1 資源生産コストの概念図

次にCash costsはNet operating costsに鉱山を所有することにより必要となる総務管理・販売・企画等の経費や保険料・経営者の俸給など諸経費（Corporate overheads）、及び長期借入金返済等の負債経費（Debt service）を足したものを示す。これらは、操業を止めても支払う必要のあるコストであるため、固定費となる。

最後にEconomic costsは、Cash costsに資本運用の機会コスト(Operating cost of capital)を加えたものとなる。」

²⁾ (表-2)

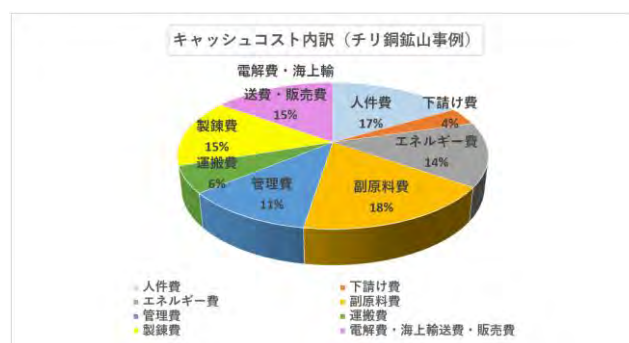
表 - 2 資源生産コスト内訳

生産コスト内訳

Economic costs	経済コスト (生産コスト)	Fixed costs	固定費	固定資産減価償却費、賃金、保険料、税金等
		Operating Costs	操業費（変動費）	原材料費、電力代等
Net operating costs	ネット操業費	Short-term avoidable costs	短期回避可能費	原材料費、電力代、運転資金等
		Quasifixed operating costs	準固定費	保守点検、設備維持費等
Cash costs	キャッシュコスト	Corporate overheads	諸経費	本社経費、保険料、経営幹部報酬
		Debt Service	負債経費	借入金返済等
Economic costs	経済コスト	Operating cost of capital	資本コスト	資本運用機会コスト

出典：R.G.Adams 1991 資料

資源生産コストの具体事例として、チリ銅鉱山におけるキャッシュコスト内訳を図-2に示す³⁾。この鉱山ではキャッシュコストにおける固定費（人件費・下請け費・エネルギー費・副原料費・管理費）比率が64%と高いため、資源生産量の増減による損益の影響が大きいことが想定される。このことより、理論上は、資源生産量の見通しが立ちにくい新規開発鉱山よりも、既に稼働しており資源生産量の見通しが立ちやすい操業鉱山の方が、固定費の観点からも優れていると考えられる。



出典：石油天然ガス・金属鉱物資源機構レポート

図 - 2 チリ銅鉱山のキャッシュコスト内訳

(3) 鉱山経営モデル

鉱山経営に関する先行研究として、BardiaとRicardoは、開発される資源が非同種である製造業及び鉱業における生産活動を評価するためのオペレーショナルなリスク管理モデルを提示した。「一般的に金融アプリケーションで適用する条件付請求権方法論を使用し、市場（資源価格）やプロセス（生産性）が不確実な環境下での生産管理モデルが数式化された。このモデルによる貢献は、第一に市場とプロセスの不確実性によって特徴付けられ、生産活動を伴うプロジェクトの分析フレームワークを提示したこと、第二に市場とプロセスの不確実性の他要素を捉えることに柔軟なことである。」⁴⁾ これらのことより、理論上は、市場とプロセスの不確実性を下げるためにも、操業鉱山の権益取得が理想的であると考えられる。

また、新熊は、非同質的鉱山企業の意味決定に基づい

て、鉱山における品位調整に関する基本ルール[金属価格が上昇（下降）している時には、採掘する鉱石の品位を下げる（上げる）]がもつ経済合理性を見出すと共に、金属資源価格の周期的変動傾向を明らかにした。また、大きな外生的価格変化が鉱山企業に与える影響を、不確実性下での鉱山企業の投資意思決定を分析することにより、投資意思決定は金属市場価格を超えているか否か（開山、生産規模拡張）、または臨界価格を下回っているか否か（閉山）に基づいて行われること、並びにその臨界価格は残存資源ストック量や平均採掘費用に大きな影響を与えることを示した⁵⁾。

上述(1)～(3)の先行研究は資源会社全般に適用できる研究事例である。一方、資源/非資源等の様々な事業を有し、且つ川上から川下までのバリューチェーンを展開する商社が営む金属資源事業の特異性については述べられていない。したがって、以下5. 6.にて商社の金属資源事業の特徴やリスクマネジメントの方法を補完する。

5. 商社の金属資源事業事例

本研究において、商社が金属資源の国際合弁プロジェクトを展開する代表事例として Mitsubishi Development Pty Ltd(MDP)を主な研究対象とする。MDPは三菱商事100%子会社であるが、世界最大級の資源メジャーBHP Billiton (BHP)と50:50の対等出資の原料炭事業 BHP Billiton Mitsubishi Alliance(BMA)等を傘下に有する⁶⁾。商社の金属資源投資会社の多くはマイナー出資で、資源メジャー等の資源会社または政府系企業がメジャー出資である中、MDPは鉱山経営・オペレーション・オフテイク権（産出資源を引き取る権利）について資源メジャーと対等な権利・義務を有する希少な事例である。

(1) MDP社概要

MDP社の概要を以下に示す。

会社名 : Mitsubishi Development Pty Ltd(MDP)
設立 : 1968年11月
株主 : 三菱商事100%
本社 : オーストラリア NSW州シドニー
従業員数 : 63名
業容 : 石炭を中心とする天然資源（原料炭・一般炭・鉄鉱石・ウラン）の開発・生産・販売。
規模 : 豪州における石炭生産量は第5位（資源メジャーであるXstrata, BHP Billiton, Rio Tinto, Anglo Americanに次ぐ）であり、日本商社最

大級の資源会社。

傘下鉱山 : MDPは傘下に以下の資源メジャーとの合弁炭鉱・鉱山等を有する。

①BHP Billiton Mitsubishi Alliance(BMA)

原料炭（鉄鋼原料となる石炭）、MDP50%・BHP50%、年間持分生産量33百万トン。

②Hunter Valley Operations(HVO)

一般炭（主に火力発電用となる石炭）、MDP32.4%・Rio Tinto67.6%。

③Crosslands Resources

鉄鉱石MDP100%。

④Kintyre Joint Venture

ウラン、MDP30%・Cameco70%。

MDPの機能 : 既存炭鉱・鉱山の収益力向上、投資の選択、資産入替を含めた資源ポートフォリオの優良化による収益基盤安定化である。

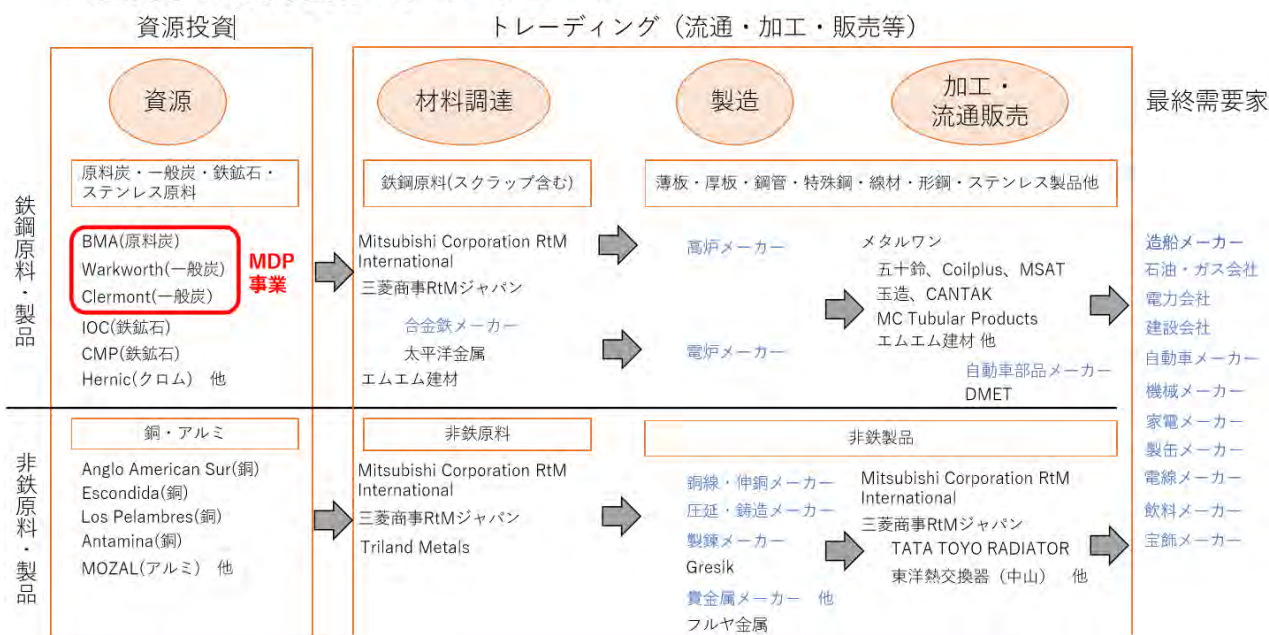
(2) MDP設立の経緯・背景

三菱商事は、かねてより原料炭のトレーディングビジネス（鉄鋼メーカーの輸入代行）を行っていたが、1968年に100%子会社MDPを設立し、BHPが開発・操業する豪州原料炭資産（鉱山）にマイナー出資で参画し、原料炭を安定調達した。その後三菱商事は、出資者として同鉱山の事業性・将来性を評価し、2001年にBMAを設立の上、同鉱山のMDP/BHPの権益比率を50:50とした。これは三菱商事が、資源価格低迷により収益が減少傾向であったトレーディングビジネスから、リスクを伴うが高いリターンが期待できる金属資源事業へ参入する転換点であり、世界最大級の資源メジャーで開発・操業・技術力が高いBHPをパートナーとし、且つ主体的に経営に参画すべく、対等出資とした。BMA設立時のMDP所要資金は約1000億円である。その後、MDPは、主力の原料炭に加えて、一般炭・鉄鉱石・ウラン権益も取得した。MDPは、2001年以降安定的に収益を計上し、三菱商事の主力事業の一つとなっている。2015年度は市況下落の影響により、MDPは赤字決算となったが、保有鉱山の競争力及び中長期的な収益力の高さを鑑み、継続保有・戦略的な位置付けとしている。

(3) 金属資源事業の位置付け

商社の金属ビジネスは、川上の資源投資（鉱山開発）、川中の資源トレーディング（金属原料調達、金属メーカーへの供給）、川下の製品トレーディング（金属製品の加工・流通販売、需要家への供給）に大別される。商品としては、鉄鋼原料（鉄鉱石・原料炭・一般炭・クロム等）・製品（鉄鋼製品）と非鉄原料（銅・アルミ・貴金属

三菱商事の金属事業バリューチェーン

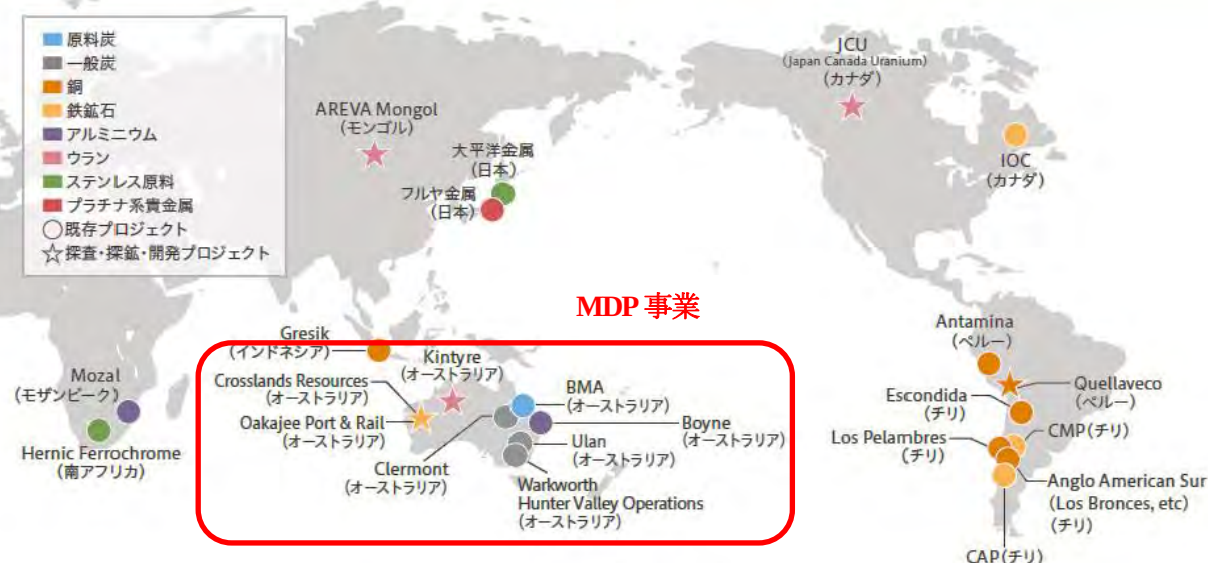


出典：三菱商事ホームページ

図-3 三菱商事の金属事業バリューチェーン

金属資源関連事業の世界展開

金属グループ



出典：三菱商事ホームページ

図-4 三菱商事の金属資源プロジェクトMAP

等）・非鉄製品に区分される。本事例である MDP は鉄鋼原料の資源開発(川上)に位置する事業である⁷⁾(図-3)。

また、北米・南米・豪州・アフリカ・アジアを中心に世界各国で開発される金属資源投資の中で、MDP は金属資源が豊富かつビジネスインフラが優位な豪州を対象とした資源開発案件である(図-4)。

(4) 原料炭需給及び市況推移

MDP の主要事業は原料炭事業 BMA であり、世界の原料炭炭貿易量の約 25%を占める。BMA の事業性を分析するに当たり、まず世界の原料炭需給(表-3)及び原料炭・一般炭市況推移(図-5)を示す⁸⁾。

原料炭の需要は中国・インド等の新興国の景気変動、供給は中国の政策や豪州の天候不順等の影響により大きく変動しており、需給バランスの変動が激しい。

強粘炭(高級原料炭)は鉄鋼メーカー向けであるが、世界の鉄鋼需要(年間約16億トン)の半分(同約8億トン)

表-3 世界の原料炭需給推移

地域・国	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
全世界需要	994	995	1,060	1,086	1,072	1,086	1,098	1,120	1,137	1,155
中国	597	603	668	678	658	663	660	665	669	673
インド	78	82	93	102	106	116	124	133	142	152
その他	319	310	299	306	308	307	314	322	326	330
全世界供給	993	1,017	1,077	1,108	1,090	1,061	1,079	1,107	1,142	1,157
中国	540	556	601	620	611	570	555	560	576	573
オーストラリア	146	147	159	180	191	192	203	206	209	212
アメリカ	82	81	78	73	57	50	54	59	65	70
ロシア	65	73	74	76	78	88	90	91	92	93
インド	42	43	50	51	55	60	66	72	79	86
カナダ	34	31	34	32	26	27	30	31	31	31
その他	84	86	81	76	72	74	81	88	90	92
世界過剰供給	▲1	22	17	22	18	▲25	▲19	▲13	5	2

出典：三菱UFJモルガン・スタンレー証券作成資料

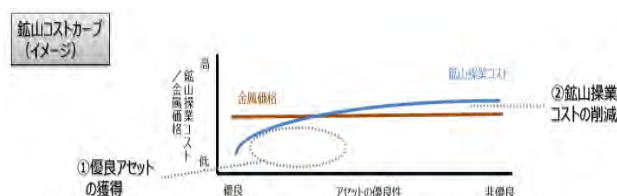


図-5 原料炭・一般炭の市況推移

を生産する中国鉄鋼メーカーの生産能力過剰・供給量増減等の影響を受けるため、需給バランス変化による市況変動が激しい。一方、一般炭は主に電力会社向けであり、世界の電力需要の影響を受けるが、原料炭と比較して需給は安定しており、市況変動は小さい。一般炭は中長期的に新興国を中心に需要伸長が予想されるが、先進国向けは環境問題の高まりにより中長期的に減少が予想される。

(5) 資源生産コスト

金属資源事業において資源生産コストは重要な要素であり、市況の変動に関わらず、確実な収益要因とされる。資源業界では世界の鉱山資源コストの競争力を表す指標として、鉱山コストカーブが利用される。図-6の鉱山コストカーブにおいて、左側は生産コストが低く（優良資産）、右側は生産コストが高い（非優良資産）。一般的に鉱山規模が大きく生産量が多いほど、固定費比率が低いため、コスト競争力が高いとされる⁹⁾。BMAはコストカーブ左側に属しており、コスト競争力が高い優良鉱山と言える。またBMAは近年の市況変動環境下で、生産コスト改善を進めており、コスト競争力が向上している。



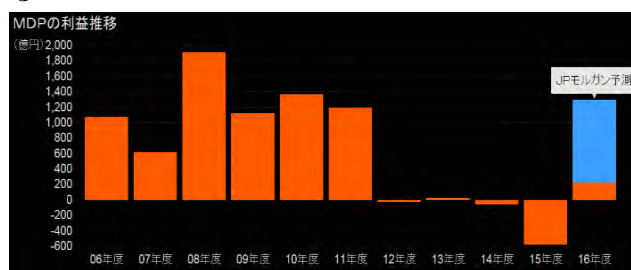
出典：経済産業省資源エネルギー庁

図-6 鉱山コストカーブ

(6) MDP 事業採算

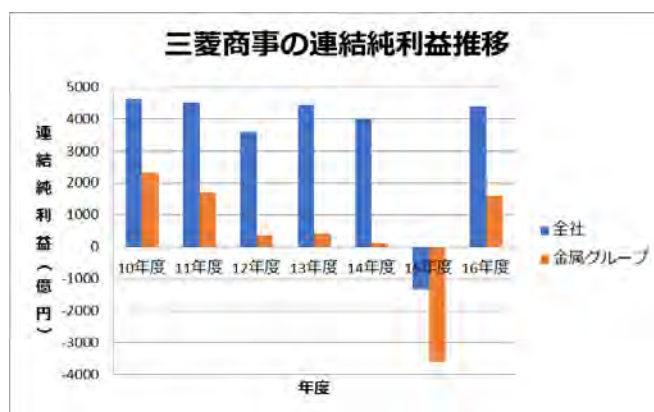
前述の資源需給環境、金属市況変動、生産コスト改善の結果、MDP業績は図-7の通り推移している¹⁰⁾。2008年のリーマンショック前は原料炭市況高騰により過去最高の純利益約1900億円を計上したが、リーマンショック後は資源価格低迷を受けて業績は低迷した。2016年は中国の石炭生産抑制政策及び豪州の天候不順の影響により供給が需要を下回ったため原料炭市況が上昇、生産コスト改善の効果もあり、約1300億円の純利益を予測する（JPモルガン予測）。

MDP業績が示すように、金属資源事業は需給環境・市況変動・生産コスト等の要因によりボラティリティが高いビジネスモデルであり、三菱商事全体及び金属部門の経営・業績に与えるインパクトは大きい（図-8）。この傾向は資源メジャー・資源会社や他商社でも同様であり、金属資源事業のリスクマネジメントの難しさを表している。



出典：Bloomberg

図-7 MDP業績推移



出典：三菱商事決算資料より作成

図-8 三菱商事（全社／金属部門）の連結純利益推移

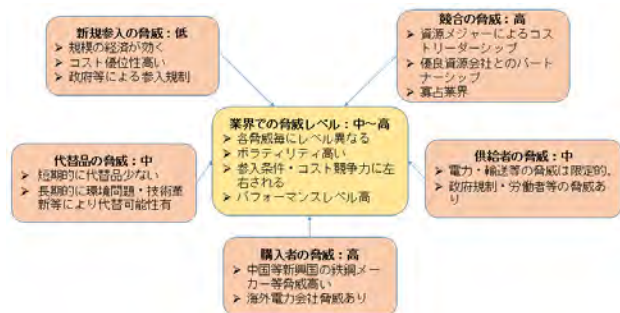
6. 金属資源事業と業界の分析

ここでは金属資源事業や業界を比較・分析し、商社の金属資源事業の特徴及び共通性を評価する。

(1) 競争環境

金属資源業界はその規模の大きさより、一般的に投資金額が巨額であり、規模の経済が効きコスト優位性に働くため、新規参入の脅威は低いとされる。一方、業界は大手資源メジャー数社による寡占状態であり、競争の脅威は高い。したがって、商社は単独で投資するのではなく、資源メジャー・資源会社とパートナーシップを組むことにより、パートナーの優位性を活かして事業展開するケースが多い。また、金属資源の購入者は、中国等の新興国や日本を中心とする鉄鋼メーカー・金属メーカー並びに電力会社等であり、バゲニングパワーを有しているため、購入者の脅威は高い。金属資源の代替品は、中長期的に地球環境問題や技術革新等によって代替される可能性はあるが、短期的には代替品は限られており、代替品の脅威は中程度である。これらを Porter の Five Forces¹¹⁾にて図-9に示す。金属資源業界の競争環境は比較的高く、中～高程度と言える。

以上より、資源メジャーの寡占で参入障壁が高く、競争環境が高い金属資源業界において、上述 3.(2)仮説 c) に示す通り、商社は優良パートナー（資源メジャー等）と組み、自社の機能提供と経営判断/意思決定することによりリスクマネジメントすることが求められる。



筆者作成

図-9 金属資源業界の競争環境(Five Forces)

(2) 資源事業投資と経営

a) 金属資源事業ライフサイクルと投資時期

金属資源事業のライフサイクルは、採鉱に始まり、資産評価、開発を経て、採掘・操業に至る。開発までは先行投資であるが、資源採掘・販売により初めてキャッシュを創出し、収益が生まれる。鉱山寿命は鉱山・品種により異なるものの、一般的には数十年あるとされる。しかし、採掘の後にピークを迎え、生産コストアップ・品

位の低下（資源含有比率の低下）が起こり、資源量が減り経済性を失った段階で、最終的に閉山となる（図-10）。

このライフサイクルの中で、投資時期は主に、鉱山新規開発の場合は採鉱段階、既存権益買収の場合は開発～採掘・操業の段階、鉱山権益売却の場合は採掘・操業～閉山間の段階で行われる。新規開発では資源量・埋蔵量や経済性において不確実性が高く、ハイリスク型といえる。また既存権益買収では、資源量・埋蔵量や経済性において不確実性は低いが、市況上昇時や中長期価格に先高観がある場合は高い買収プレミアムが付く傾向がある。但し、適正な買収時期・価格と権益の優良性を見極めれば、収益性と確実性が高い投資となる。一方、生産ピークを越えて鉱山を売却する場合は、低価売却となることが多い。このため、市況が良好であり、ライフサイクルのピークを越える前に売却できるよう、先見性を持つことが重要となる。



筆者作成

図-10 金属資源事業のライフサイクル

b) 投資意思決定プロセス

商社の金属資源への投資意思決定プロセスは、まず経営戦略・ポートフォリオ戦略等の基本戦略があり、調査やオプション選択を経て Feasibility Study (FS) に入る。FS では選択オプションの資産評価/需給・市況予測/リスク評価/シナジー・プレミアム評価/投資採算評価等を行った上で、戦略に合致し十分な投資採算が見込める場合に、投資意思決定 (Final Investment Decision, FID) を行う。その後入札や価格交渉を経て、売買契約を締結し、買収が完了する。この段階でファイナンスや経営者派遣等を行い、鉱山経営・運営に入る（図-11）。



筆者作成

図-11 投資意思決定プロセス

(3) 業界比較

ここで投資意思決定、投資採算評価、投資後のレビュー(Post Investment Review)、ポートフォリオ管理手法について、商社と資源メジャーとの業界比較を行い、商社の特徴や共通性について分析する。

a) 最終投資意思決定(FID)までのプロジェクト管理

資源メジャーは、探査→コンセプト・スタディ→Pre-FS→FS→FID というプロジェクト管理方法を採用している。一方、商社は戦略立案→事業性調査→投資オプションの選択→FS→FID のプロセスを経るが、経営レベルでの投資意思決定に重点を置く。商社は金属資源以外のビジネスも行うため、他事業との採算性・成長性・社会性等を比較し、資源/非資源事業全体でのポートフォリオ管理を重視する傾向がある(図-12)。

会社	プロセス	備考
商社	①戦略立案 ②事業性調査 ③投資オプションの選択 ④FS(Feasibility Study) ⑤FID(Final Investment Decision)	①投資の狙いを明確化 ②投資オプション、リスクの抽出 ③アクションプランの策定 ④事業採算評価、ファイナンス、リスク対応策の検討 ⑤経営体制、陣容の確定
資源メジャー	①探査 ②コンセプト・スタディ ③Pre-FS ④FS ⑤FID	①鉱山のポテンシャルを調査 ②投資オプションを抽出 ③投資オプションの絞り込み、リスクの評価 ④選出オプションの事業性評価 ⑤投資意思決定・実行

筆者作成

図-12 FIDまでのプロジェクト管理

b) 投資採算評価

投資採算評価は、商社・資源メジャー共、主にモンテカルロ DCF 法(モンテカルロシミュレーションを活用したダイナミック DCF 法)を採用している。評価基準は、資源メジャー・商社共には NPV(正味現在価値)と IRR(内部収益率)を採用している。特徴として、資源メジャーは新規/既存区分、案件・地域毎に Discount Rate等を調整、資産の質を重視して評価を行っている。また商社はモンテカルロ DCF 法により最悪ケースでの投資棄損額を評価し、全社経営へのインパクトを図る手法も取る(図-13)。

会社	評価法	評価基準	備考
商社	モンテカルロ DCF 法	IRR(内部収益率)、NPV(正味現在価値)	最悪ケースの投資棄損額を評価。WACC(加重平均資本コスト)と IRR との比較による評価。
資源メジャー	モンテカルロ DCF 法(内部収益率法)(回収期間方法)	NPV、IRR	新規案件/既存案件、地域別に調整・評価。資産の質を重視する。

筆者作成

図-13 投資採算評価

c) 投資後のレビュー

金属資源事業において、投資後の事業運営が重要であり、経営が定期的にレビューすることにより、経営体制の改革・改善、オペレーションの向上、コスト改善、資産の入替判断を行う必要がある。資源メジャーは、四半

期から 3~4 年毎に NPV 更新等によりレビューを行い、資産入替・売却を速やかに進める傾向がある。一方、商社は、年一度に経営計画書等で経営陣によるレビュー・方針決定を行う。一般的に商社は資源以外の事業も同様の管理手法を取る(図-14)。

会社	手法	頻度	備考
商社	経営計画書	年一度	経営陣で年間計画を討議し決裁。
資源メジャー	NPVの洗い直し・レビュー	四半期毎 ~3・4 年毎	実績値の更新 経済指標・価格前提等の更新 資源会社により頻度が異なる

筆者作成

図-14 投資後のレビュー

d) ポートフォリオ管理

ボラティリティの高い金属資源事業において最適なポートフォリオを形成することは、収益を安定させ、永続的に事業を行うための重要な戦略・リスク管理手法である。資源ビジネスは大きな観点では、世界の政治・経済環境、需給変動で同じような収益構造を持つが、個別の商品や鉱山では、対面業界や政府の政策等の事情により異なる動きを見せるため、複数のポートフォリオを持つことが事業安定に繋がる。

ポートフォリオ管理は企業の戦略・特徴が顕著に表れる。資源メジャーは、コア/ノンコア資産の分類及びコア資産への集中、有望案件を選択し投資することによるポートフォリオ形成、多様品種のポートフォリオ形成によるナチュラルヘッジ形成、低変動資産と高変動資産のベストミックスによるポートフォリオ形成等を図る。一方、商社は、投資資産額・投資採算管理・EXIT(撤退)ルール設定、投融資額の CAP(上限)設定による資産入替、コア/ノンコア商品分類によるポートフォリオ管理等を行う(図-15)。

会社	手法	備考
商社	投資資産額 投資採算管理 EXIT(撤退)ルール	投融資額の CAP(上限)設定 資産入替の推進 コア/ノンコア資産を分類
資源メジャー	商品毎のポートフォリオレビュー 有望案件の選択/投資 低変動資産/高変動資産のベストミックス DCF法によるプロジェクト価値評価合算 目標 DER(負債資本倍率)・ROE(自己資本利益率)の設定	・商品トレンドを分析 ・コア/ノンコア資産を分類 ・商品・地域を分散 ・多様商品のポートフォリオ形成による ナチュラルヘッジ形成 ・地政学的リスクの考慮・政策的変更

筆者作成

図-15 ポートフォリオ管理

一方、スイス資源メジャー Glencore の資源ポートフォリオは 2017 年の維持・更新投資(30 億ドル)、拡張投資(10 億ドル)、合計 40 億ドルであり、維持・更新投資は銅と亜鉛で全体の約 7 割を占める。一方、2016 年・2017 年の拡張投資は銅とニッケルで約 7 割を占めており、亜鉛やニッケルの商品市況の動向・将来性を考慮し、ポートフォリオの配分変化が表れている¹²⁾(図-16)。

このように資源ポートフォリオは各社の戦略や特徴を

反映して、形成・資産入替されており、その結果、事業安定性・持続性を確保するものとなっている。

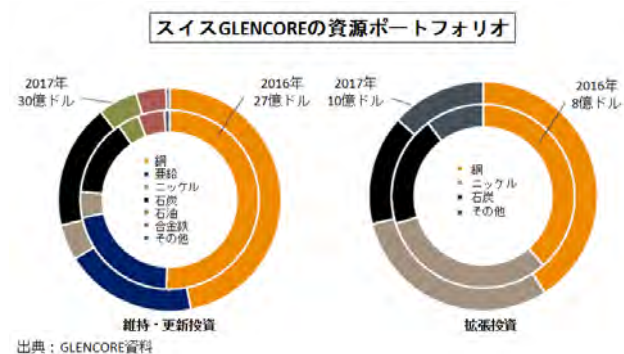
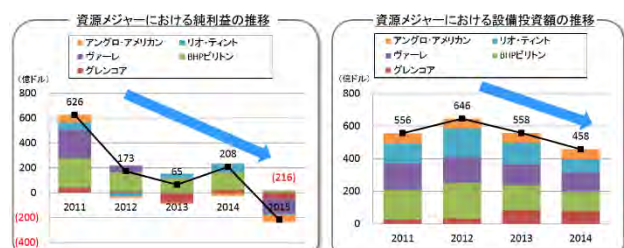


図-16 スイス Glencore の資源ポートフォリオ

(4) 資源業界の動向

近年の金属資源価格変動の影響を受けて、資源メジャーの収益は大きく変動し、2015年度は各社共最終赤字（減損含む）を計上している。資源メジャーの純利益及び設備投資額の推移、2015年度セグメント別売上高・純利益（ポートフォリオ構成）¹³⁾を図-17, 18に示す。



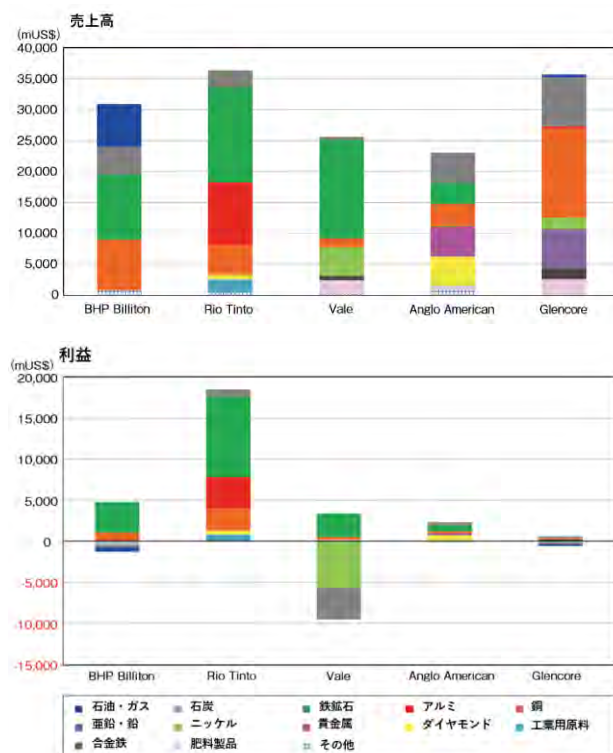
出典：経済産業省資源エネルギー庁

図-17 資源メジャーの純利益及び設備投資額の推移

資源メジャーの近年の動向は以下の通り（海外資源会社・報道機関・経済産業省資料等を参考）。各社共に2015年度の業績悪化・赤字を受けて、資産売却・ポートフォリオ再編・コスト削減を進めた結果、2016年度は資源価格回復の影響も受けて業績向上・黒字化した状況である。

a) BHP Billiton (英豪)

- ・BHP が強みを持つ鉄鉱石・銅・原料炭等のコア事業へ集中的に投資・運営し、ポートフォリオを優良化する計画を発表した。（2014年8月）
- ・ポートフォリオを再編し、アルミニウム・一般炭・マンガン・ニッケル・銀等のノンコア事業を分離の上、South32へ分社化・移管した。（2015年5月）
- ・資源価格下落及びValeとの合併鉄鉱石鉱山のダム決壊事故による減損等により、2015年6～12月半期決算において純損失▲57億ドル、減配を発表。生産性向上と価値創生を目的として組織の簡素化を行い、操業



出典：石油天然ガス・金属鉱物資源機構レポート

図-18 資源メジャー2015年度セグメント別売上高・純利益

部門は、鉱種別から地域別へ移行を発表した。2014～2015年の人員削減は17,000人に達する。（2016年2月）

- ・資源価格回復及びコスト削減効果により、2016年度期決算において純利益62億ドルを計上した（2017年8月）。

b) Rio Tinto (英)

- ・資源価格下落及びギニア鉄鉱石鉱山の減損等により、2015年12月期決算発表において純損失▲17億ドルを計上した（2016年2月）。
- ・ポートフォリオを再編するため、2016～2017年2年間はノンコア事業の設備投資など資本的支出を30億ドル抑制し、増配方針の見直しを発表。一方、長期的視点での資産優良化の為、鉄鉱石・アルミ・銅の優良案件への集約を発表した（2016年2月）。
- ・資源価格回復及び資産優良化により、2016年度決算において純利益48億ドル、Free Cash Flow+58億ドル、キャッシュコスト削減16億ドルを発表した（2017年2月）。

c) Vale (ブラジル)

- ・資産優良化のため、鉄鉱石のMBR社株式の36.4%を40億リアル（1200億円）で売却した。（2015年9月）
- ・資源価格下落、BHPとの合併鉄鉱石鉱山の事故・ニッケル事業の減損等により、2015年度決算発表において純損失▲442億リアル（▲121億ドル）を計上。コア

事業の売却を含めて、積極的なポートフォリオ再編策を検討中と発表した。（2016年2月）

- ・資源価格回復及びポートフォリオ最適化により、2016年度決算は純利益40億ドルを計上した。（2017年2月）

d) Anglo American（英）

- ・資産優良化のため、南ア Rustenburg 白金鉱山を南ア Sibanya Gold Limitedへ45億ランド（450億円）で売却した。またチリ Norte（北）銅鉱山を英国 Audley Advisor LLPへ3億ドルで売却した。（2015年9月）
- ・コスト削減のため、自社操業案件・人員の2/3削減を発表した。（2015年12月）
- ・資源価格下落及び鉄鉱石鉱山の減損処理等により、2015年度決算において純損失▲56億ドルを計上した。中核3事業（白金系貴金属・ダイヤモンド・銅部門）以外は中長期的に売却し、ポートフォリオを再編する方針を発表した。（2016年2月）
- ・資源価格回復及びポートフォリオ優良化により、2016年度決算において純利益16億ドルを計上した。（2017年2月）

e) Glencore（スイス）

- ・非優良資産であるフィリピンTampakan銅鉱山、コートジボワール Sipilou ニッケル鉱山、ドミニカ Falcondo ニッケル鉱山を豪州 Indophil Resources NLへ2.9億ドルで売却した。また豪州 Cobar 銅鉱山、チリ Lomas Bayas 銅鉱山の売却を発表した。（2015年10月）
- ・資源価格下落及び高値で買収した鉱山の売却損・減損等により、2015年度決算において純損失▲49.6億ドルを計上。財務健全化のため、2016年度に40～50億ドルの資産売却の計画を発表した。（2016年3月）
- ・資源価格回復及びポートフォリオ優良化により、2016年度決算において純利益20億ドルを計上、有利子負債を16年1四半期236億ドルから155億ドルへ圧縮した。（2017年2月）

7. 考察及び分析結果

(1) 金属資源事業の成功／失敗要因

上述6.(4)資源業界の動向に示す通り、2015年度は金属市況の下落等を受けて、資源メジャーを含む資源会社及び商社は巨額の減損計上を余儀なくされた。商社における金属資源事業の事例も踏まえて、成功／失敗要因の分析を以下に示す。

a) 成功要因

三菱商事の豪州資源子会社MDPは、操業中の原料炭鉱山にマイナー出資し、その事業性を評価の上、2001年に優良パートナーであるBHPと組み、出資比率50:50

でBMAを設立し、原料炭市況が低位安定時に低プレミアムで、競争力ある上流権益を取得した。当該権益取得によるトレーディングビジネスへのシナジーは高く、また現在においても三菱商事の資源ポートフォリオの中核を成す収益源となっており、以下の成功要因①～⑥に繋がる。

また、資源メジャーの中でトレーディングビジネスも展開するGlencoreは、銅・亜鉛・ニッケルを中心とする自社に強みがある資源ポートフォリオを形成し、トレーディングビジネスとのシナジー効果を発揮した。その結果、2015年度赤字決算から脱却し、2016年度は純利益16億ドルを計上しV字回復したが、これは以下の成功要因⑤・⑥によるものであった。

上述より、成功要因としては、①操業実績があり、埋蔵量・品位・コストが明確且つ競争力ある優良資産を取得すること、②バリューチェーンにおいて需給や競合関係の影響を受けにくい上流権益を取得し、事業運営すること、③市況下落・低位安定時に、低プレミアムを設定した適正価格で権益を取得すること、④経営資源・開発力・技術力を有し、オペレーション能力・信用力が高いパートナーと事業を合併すること、⑤周辺権益やトレーディング等とのシナジーが高く、知見を有する事業を運営すること、⑥自社の強みを活かし、バランスの良いポートフォリオを形成すること、と考察する。

b) 失敗要因

上述6.(4)の2015年度の資源メジャーの業績悪化・赤字決算は、金属資源価格の下落が発端であるが、その根本的要因は、未開発・非優良資産の取得（以下①）、競合状況が厳しい鉱山資源・下流権益の取得（同②）、高値での権益取得（同③）、自社に強みの無いポートフォリオ形成（同⑥）に起因するものであった。

また三菱商事を含む商社においては、パートナーの信用力低下によって売却/持分権益買取りを余儀なくされたり（同④）、権益取得後に十分なシナジーが生み出せず、事業より撤退した事例があった（同⑤）。

上述より、失敗要因としては、①埋蔵量・品位・コストにリスクがある新規開発・非優良資産を取得すること、②バリューチェーンにおいて需給の変化を受けやすく、競合状況が厳しい下流権益を取得し、事業運営すること、③市況上昇・高騰時に、高プレミアムを設定した高値で権益を取得すること、④経営資源・開発力・技術力・知見が乏しく、オペレーション能力・信用力が低いパートナーと事業を合併すること、または多業界・多数株主による合併事業や単独で投資・運営を行うこと、⑤周辺事業やトレーディングビジネスとのシナジーが少なく、事業に対する知見が乏しいこと、⑥自社に強みが無く、ポートフォリオ形成

に偏りがあること、と考察する。

(2) 課題と対応策

上述の成功／失敗要因を踏まえた課題と対応策を、一般的な要因と商社に特有の要因に分類し、以下に示す。

【一般的な要因】

a) 資産の優良性

操業実績があり、資産優良性が高い権益取得・買収を優先すること、開発・採掘リスクが高い新規権益取得の評価・取得は慎重に行うこと、並びにバリューチェーンにおいて需給変化・競合関係の影響を受けにくく、利益のアロケーションが高い上流権益を取得することが望ましい。

b) 権益取得条件

競合が多く、市況上昇・高騰時のプレミアム評価は慎重に行うこと、適正価格で権益を取得すること、並びに有利条件・厳格なる契約を締結することが重要である。

c) 投資意思決定

ボラティリティが高い商品への投資は投資基準を厳格化し、また事業参入時でのEXIT条件を明確化し、ピークアウト時の意思決定・撤退を早期化する。

d) ポートフォリオ

自社の強みを活かしたポートフォリオを形成し、商品／地域を分散し市況変動リスク・地政学的リスクを軽減し、またコア／ノンコアを分類し適時に資産入替を行う。特に商社は、資源メジャーと比較して制限ある経営資源で運営するため、投資採算管理・EXITルール運用の厳格化、投資金額のCAP設定による資産入替、より明確なコア／ノンコア商品分類によるポートフォリオ形成を行う。

【商社特有の要因】

e) パートナーの優良性

商社単独での鉱山運営は実績が少なく限界があるため、経営資源・技術力・オペレーション能力・資金力・信用力が高いパートナー（資源メジャー等）を選定し、合併事業とする。

f) シナジー

取得権益の周辺事業とのシナジーを求め、また商社の強みであるトレーディング・他資源事業・政府／パートナー関係等のシナジーを追及する。

(3) 結論

前述の先行研究、商社の金属資源事業の事例、金属資源事業と業界の分析、考察及び分析結果を踏まえ、中心命題「金属資源投資における成功（ハイリターン・持続

的価値創造）の条件」の仮説に対する結論は以下の通りとなる。尚、以下 c)と d)の内シナジー追求は商社特有の条件と言える。

a) 上流権益における優良資産（埋蔵量・品位・コスト）の獲得

埋蔵量・品位・コスト優位性の資産優良性は重要な条件である。資産優位性を見極める知見・ノウハウ及びそれらを可能とする事業経験・情報力・判断力が競争優位となる。またバリューチェーンにおいて、需給変化・競合環境の影響を受けにくく、収益の分配比率が高い上流権益の獲得が有利である。

b) 開発・採掘リスクが低い操業鉱山の適正価格権益取得（適正なプレミアム評価）

将来の資産価値を厳格なる投資採算評価により正しく評価し、適正なプレミアムで投資・買収することが重要である。また未開発鉱山は開発・採掘リスクが高いため、開発・採掘リスクが限定的で、早期に収益に貢献する操業・開発済鉱山の権益取得が有利である。

c) 優良パートナー（経営資源・開発力・技術力・オペレーション能力・信用力等）と組み、主体的な機能提供と経営判断/意思決定

資源ビジネスの専業ではない商社にとって、パートナーの選定は重要である。鉱山経営の収益性・持続性を確保するために、資金力・技術力・オペレーション能力・信用力の高いパートナー（資源メジャー等）と組み、且つトレーディングを通じた顧客・政府等ステークホルダーとのネットワークという商社の強みを活かして、WIN-WINのパートナーシップを構築する必要がある。

また、商社が強みを有し鉱山経営に優位となる機能（マーケティング・ファイナンス・経営・操業管理・グローバルネットワーク等）を主体的に提供し、適時に経営判断・意思決定することが持続的価値を創造する。

d) 資産入替による事業ポートフォリオの質向上、及びシナジーの追求

資源ポートフォリオの優良性は重要な条件であり、各資源会社・商社の戦略を顕著に表すものである。コア／ノンコア、低変動資産／高変動資産のベストミックス、資産入替の早期促進等の戦略策定、それを実現する知見・ノウハウ・実行力を有し、優良なポートフォリオ形成が重要となる。特に商社は、経営資源に制約があり、より厳格な投資採算管理・EXITルールの運用、投資金額のCAP設定による資産入替、明確なコア／ノンコア商品分類によるポートフォリオ管理を行う必要がある。

また、商社特有である取得権益の周辺資源事業とのシナジー、商社の強みであるトレーディング・他事業・顧客／政府／ステークホルダー等とのネットワークを活用したシナジー創出が優位となる。

8. おわりに

本研究では、国際合併プロジェクトとして商社の金属資源事業のリスクマネジメントに関する事例研究を行った。代表例として商社の金属資源事業の経営モデルを定量・定性的に分析した。また金属資源業界の動向及び資源メジャー/商社の経営手法の比較分析等を通じて、金属資源事業の成功条件について仮説検証・考察を行った。本研究による貢献は、金属資源会社一般に適用される先行研究に対して、様々な事業を有しバリューチェーン戦略を展開する商社の特異性を補完し、金属資源事業のリスクマネジメントの方法及び成功/失敗の条件を明確化したことと言える。

本研究によって認識する今後の課題は、以下①～③の通りである。

- ①個々の鉱山売買に関する情報量を高める必要がある。
- ②鉱山資産評価額と実際の権益売買価格との差の要因分析により、市況・需給・事業環境の変動が鉱山価値に与える影響が分析可能となる。
- ③金属資源事業は短期評価が難しく、長期的ビジネスとして将来の価値評価が必要となる。

今後ポートフォリオ管理を含む金属資源事業のリスクマネジメントに関する研究を深化させるために、以下内容に留意して、先行研究の分析、リスクの定量化、金属資源事業のあるべき姿の考察を進めたい。

- ・ボラティリティの推計・マネジメントについて、先行研究の調査を通して、リスク定量化を図る。
- ・経営資源に制約がある中での資源ポートフォリオ管理について、流動性マネジメントの観点より研究を進める。

てきめ細かいご指導と多大なるご支援を頂いた京都大学経営管理大学院の小林潔司教授、戸田圭一教授、河野広隆教授、瀬木俊輔助教へ深く感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 西山孝:”資源経済学のすすめ”, 中公新書, 1993.
- [2] Adams,R.G. “Managing Cyclical Businesses”, *Resources Policy*, vol. 17, no. 2, pp. 100-113,1991.
- [3] 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC):”金属資源レポート”, pp.49-61, 2008.3.
- [4] Bardia,K. and Ricardo,E.,”An Economic Model for Evaluating Mining and Manufacturing Ventures with Output Yield Uncertainty,” *Operations Research*, Vol.49, No5, pp.690-699, pp.690-699, 2001.
- [5] 新熊隆嘉:”非同質的鉱山企業的意思決定と金属資源価格の相互作用に関する研究”, 京都大学学術情報リポジトリ紅, 1998.
- [6] 三菱商事:”BUSINESS PRODUCERS 総合商社の、つぎへ”, 日経 BP, pp.10-41, 2015.
- [7] ”三菱商事ホームページ”,
<http://www.mitsubishicorp.com/jp/ja/bg/metals/>
- [8] 三菱 UFJ モルガン・スタンレー証券:”JAPAN EQUITY RESERCH 資源需給分析シリーズ 原料炭”, pp.3-6, 2016.12.1.
- [9] ”経済産業省資源エネルギー庁ホームページ”,
http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/shigen_nenryo/pdf/016_02_00.pdf
- [10] ”Bloomberg ホームページ”,
<https://www.bloomberg.co.jp/news/articles/2016-12-19/OI5CQL6JTSF101>
- [11] Porter, M, E.: *Competitive Strategy*. New York; Free Press, 1985.
- [12] ”GLENCORE ホームページ”,<https://www.slideshare.net/Glencore/glencore-investor-update-december-2016>
- [13] 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構:”資源メジャー・金属部門の動向調査 2016”, pp.8-10, 2017.2.

(2017.5.21 受付)

謝辞: 本研究の遂行において、研究の方向性等につい

RISK MANAGEMENT OF METAL RESOURCES BUSINESS

Keiji MURAKAMI

General trading and investing companies called “Shosha” have made trading business a core business model, but in recent years they are transforming into a business model that increases the value of investment enterprises through business investment and management and expands consolidated revenues and profits. In the business of a general trading and investing company, the metal resources business is an important position from the viewpoint of profits and social contribution. However, as compared with resource major companies, they have limited management resources, and they also need to consider the relationship with customers and stakeholders. Meanwhile, in the previous research on the metal resources project, methods of evaluating individual mining resources and mine management model have been studied. In this research, we focus on the risk management in resource portfolio management and their value chain strategy through research of their metal resource business and analysis of metal resources industry, and consider the success factors of metal resource investments.