

日立 総研

特集

マイニングビジネスの構造変化と
イノベーションへの期待

vol.8-1

2013年5月発行

表紙題字は当社創業社長(元株式会社日立製作所取締役会長)駒井健一郎氏 直筆による

日立 総研

vol.8-1

2013年5月発行

- 2 巻頭言
4 対論 ～ Reciprocal ～

特集

マイニングビジネスの構造変化と イノベーションへの期待

- 16 日立総研レポート
マイニングビジネスの構造変化とイノベーションへの期待
大西 吾郎
- 寄稿
20 マス・マイニング
山富 二郎
- 寄稿
36 Global Trends on Resource Nationalism
Divya Reddy
- 寄稿
40 金属鉱業界が直面する技能労働者不足
片山 弘行
- Voice from the Business Frontier
44 日立オーストラリア社 社長 石原 均 氏
- Voice from the Business Frontier
48 日立建機オーストラリア社 代表取締役 David Harvey 氏
- 52 研究紹介
54 先端文献ウォッチ

歴史の中の40年

(株)日立総合計画研究所
取締役社長

白井 均

4月1日付けで日立総研社長に就任いたしました。

日立総研が設立されたのは1973年5月ですので、本号は、ちょうど40年目の節目の発行となります。

日立総研は、日本人では数少ない「ローマクラブ」のメンバーであった駒井健一郎、当時日立製作所会長の発案で設立されました。ローマクラブとは、それに先立つ1970年3月に資源、環境、人口、軍備拡張などの地球的課題に対処するために設立された組織です。

ローマクラブの名を世界に知らしめたのは、1972年に公表された「成長の限界」(Limitation of Growth)という報告書です。人類が現在のまま人口増加や環境破壊を続ければ、20年程度で資源が枯渇する可能性があること、環境悪化や資源制約などにより人類の成長はいずれ限界に達することなどを予測した「成長の限界」は、ニクソン・ショックによって戦後自由経済秩序の再構築が迫られていた当時の世界に衝撃をもって受けとめられました。今から振り返れば、この時期はその後の激動の始まりだったとも言えます。駒井健一郎には、自らのローマクラブに関わった経験も踏まえ、経済、社会、グローバル、さまざまな視点から将来を展望するシンクタンクが、その先に予想される激動の時代に不可欠との強い思いがあったのでしょう。日立総研設立の5ヵ月後には第一次オイルショックが起こり、「成長の限界」の予測は、世界の人々に現実感をもった警鐘となりました。

1975年に大学に入学した私の記憶の中にも、「ローマクラブ」と「成長の限界」は印象的に残っています。それは、入学直後、教養課程の「環境経済学」の講義を通じたものです。「環境」と「経済」がひとつにつながった講義名は当時としては極めて新鮮でしたが、その中で紹介された「成長の限界」の内容は、夢と希望でいっぱいの新入生には、いきなり冷水を浴びせられたような知的衝撃でした。担当教授が、「幸いオイルショックのおかげで世界経済が停滞しており、

これは地球環境の視点では良いこと」と語っていたことが今でも記憶に残っています。中国は未だ改革開放政策以前、アフリカはもちろんアジアでも現在よりはるかに飢餓や貧困が広がっていた時代です。このまま世界経済が停滞し続けて良いとはとても思えませんでした。宇宙船地球号の中で人類は「解けないパズル」を突きつけられているかのように感じました。

1980年代に入り、世界経済は第二次世界大戦終結後30年以上保ってきた「管理された資本主義」から「市場重視型経済」へとその秩序を大きく転換させました。金融緩和、民営化など規制緩和の流れが先進国中心に加速していきました。さらに90年代に入り冷戦が終結すると、地球上の人口の8～9割までが自由な市場経済のメカニズムのもとで活動する時代が到来します。かつて社会主義大国であった中国も、「社会主義市場経済」のもとで、世界第2の経済大国へと発展を遂げていきます。

市場重視、オープン・エコノミーのメガトレンドは、中国に限らず多くの途上国に経済成長の機会を与えました。一方で、市場メカニズムが国境を越えて貫徹するという新たな経済を安定的に制御するための十分な知識と経験の蓄積は、各国の政策当局にも、経済学などアカデミズムの世界にもありませんでした。その結果、実物経済も金融市場も高いボラティリティを抱え込むこととなりました。

21世紀に入ってからITバブル崩壊、米国がイスラム過激派のテロ攻撃を受けたSeptember 11、リーマンショック、東北の大震災と原子力発電所事故など、日立総研設立から40年の歳月の中で、世界は多くの「未曾有の事態」に直面してきました。ポスト京都議定書の新たな合意の難行が続いている環境問題だけでなく、民族や宗教をめぐる未だ世界各地で続く衝突など、現代を生きるわれわれは、「成長の限界」の時代よりはるかに複雑な「解けないパズル」の中にあります。

世界はより複雑に、よりダイナミックに変化し先行きの不透明性も高まっています。日立総研は40年の歴史の中で培った知識、情報、価値創造の基盤を生かして、シンクタンクとしてより高い水準の分析、洞察、構想力を追求していきたいと思います。

国際化によって成長とイノベーションの文化を創出

～ジョージ・バックリー氏と3Mの経営～

より高い成長とイノベーションの実現は、現在全ての企業が直面している課題です。新たな価値を創造する企業とは、①既存製品の自律性を高め、②市場シェアを拡大し、③新たな分野に参入し、④全く新しい市場を開拓し、⑤成長性が高い市場に経営資源をシフトすることができる企業です。そして、これを実行するための鍵となるのはイノベーションの文化の構築です。今回は、日立製作所社外取締役および英アール・キャピタル・パートナー会長であるジョージ・バックリー氏に、成長とイノベーションの文化の創り方についてお聞きしました。

なお、4月より日立製作所川村会長が日立総研会長を兼務することとなりました。対論～Reciprocal～では、引き続き毎回ゲストをお迎えし、川村会長がお話を伺う予定です。



ジョージ・バックリー *Sir George Buckley, Ph.D. in Engineering*

英国ヨークシャーのハダースフィールド大学工学博士課程修了。2005年に取締役会長兼社長兼CEOとして3M社に入社。グローバル企業である同社の最高幹部として、2012年には売上成長11%、売上高296億ドル、営業利益率20.9%を達成。同氏は自身の3Mにおける最大の貢献は成長とイノベーションを再加速させたことであると振り返って確信する。2012年2月に3M社を退社後、日立製作所の社外取締役に就任し新たな成長戦略の検討に積極的に関わっている。

日立の印象

川村: 昨年6月に日立の取締役役に就任されてから10ヵ月が経ちました。まず、初めて日立の取締役会に参加された時の日立の印象についてお聞かせいただけますか。取締役会に出席された後に日立の印象について変化はありましたか。また、3Mと日立の似ている点と異なる点についてはどのようにお感じですか。

バックリー: まず、日立は疑いもなくワールドクラスの技術を有する会社であるというのが私の認識です。日本ならびに世界を代表する企業の1つでもあると考えます。私は、自分のキャリアを通じて日立を離れた位置から見ていましたが、日立が有する技術および製品の品質の高さについて日頃から感銘を受けておりました。ですから日立の社外取締役就任にあたり、この偉大な企業のために働くことに期待が膨らみました。これは私にとって非常に名誉なことであり、私のキャリアにとって非常に前向きな一歩だと思います。

当初は、日本企業の取締役会で多くの質問をするようなアプローチがどう受け取られるのかよく分かっていませんでした。形式や敬意を重んじる日本文化の中では、質疑応答は慎重に行わなければ否定的にみられることがあると思ったからです。しかし、私のこの懸念は間違いであったことが分かりました。いくつかの点で非常にうれしい驚きを感じています。まずは、川村さんが会長として会社の業績について詳細な質問のやりとりを認めようとする姿勢があることです。これは素晴らしいものであり、米国企業の取締役会でみられるものと非常に近いものです。第二に、日本人取締役が経営に深く関わり、疑問を行っていることです。それは私が予想していなかったことです。日本人の取締役は会社に対してもっと優しい感じなのだろうと想像していましたが、そうではありませんでした。彼らはとても

毅然(きぜん)としており、時には強硬です。私は、日本人の同僚たちが難しい質問を控えるようなことをしないことをとても嬉しく感じます。取締役の方々は非常に詳細かつ良い質問をされるので、見ていて感銘を受けます。私が想像していた日本の取締役会のイメージよりもはるかに米国企業の取締役会に近いですね。ですからその点について大いに心強く思っています。

川村: 日本の取締役会はとても格式張っています。私たちは時間を守りますが、米国の場合は、長い時間をかけて細かい問題について議論しているのでしょうか。

バックリー: これまでに私が経験した日立の取締役会と米国の取締役会には、一点違いがあります。それはある事業の将来について検討していたときのことですが、取締役会に諮られたとき、その方針は経営陣によってすでに決められていたように感じました。いわば既成事実だったのです。米国の企業であったら、意思決定がされる前に会社側と取締役会の間でもっと長い検討期間が置かれていたでしょう。何度か会議を開いてその事業が直面する競争上の問題や、経営上の課題について議論が行われたと思います。そして、経営陣は数度の会議を通じて取締役会のアドバイスを求め、意思決定に対する支持を徐々に取りつけていったでしょう。

決定がされる前に、私たちは採用可能な戦略的オプションについて詳細な議論を行っていたでしょう。例えば、私たちは価格や製品品質、技術上の問題、信頼性の問題など、その事業が直面する課題について検討を行っていたでしょう。その上で、取締役会は会社に対して、戦略パートナーを見つけ、事業を強化すべきという結論に達していた可能性があると考えています。

このケースでは、ことが急を要したことから、意思決定に取締役会を関与させるのではなく、会社が事前に決定して

から取締役会に伝達するという感じでした。今になって考えると、私たちの結論も経営陣と同じものになった可能性があったかもしれません。しかし、取締役会がもっと大きく意思決定に関与していれば、議論のプロセスはかなり違ったものになっていただろうと思います。いずれにしても、全体的には取締役会は非常にうまく運営されていると思いますし、日立の意思決定の進め方に対しては好意的な印象を持っています。

川村:経営会議でも同じようなアプローチを採用したいと考えていますが、簡単ではありません。システムを変えたいのですが、それには時間がかかります。



バックリー:前職では、四半期ごとに3Mの各事業の細部にわたるすべての項目について、見直しをしていました。早朝6、7時から始めて夜まで議論をします。すべての事業の業績を評価するのに4、5日くらいかけます。足元の財務上の業績のみならず、ある部門に関しては中期計画や戦略目標達成に向けた議論も行います。これには新製品開発、生産状況の確認、買収案件、外部の経済状況や競合他社とのベンチマークなども含まれます。自由で包括的な議論、分析を行うことで、私たちは会社をよりよい方向に導くことができるわけです。

川村:それは日立でもほとんど同じです。私たちが4、5日かけて事業を見直しています。

バックリー:私は日立の仕事の進め方について詳細に関知していませんが、多くの場合適切な措置がとられているように見えますね。3Mのケースでは、もしもある部門の業績が悪化していれば、私たちは危機感を抱くでしょうし、業績改善のために部門の経営陣が全力で改善に注力することを望むでしょう。中途半端は許されず、議論は非常に直接的なものになります。すぐに私たちが望むような改善がなされなければ、経営陣を早急に入れ替えるでしょう。冷静で思慮深いと同時に情熱的であることが常に重要です。欧米企業はとて積極果敢ですが、低調な事業に対して忍耐に欠ける所があるのも事実です。

川村:日本人はおそらく冷静すぎて積極的でないと。それが非常に大きな違いでしょうか？

バックリー:3Mでは3つの点が企業文化の中で重要視されます。第一に、私たちはオープンに議論し、同意しないこともあります。が、気まずくなることはありません。個人のレベルでの意見交換はとて激しくなることはありませんが、ほとんどの場合、敬意をもって行われます。第二に、競争は人ではなくアイデアに対して行われるべきであるということです。誰が正しいかではなく、何が正しいかが重要

なのです。チームで正解を追求するのです。3Mでは誰のアイデアであるかは重要ではありません。最高のアイデアがチームの中の若い人から出されたとしても、アイデアは尊重され、その権威が失われることはありません。第三に、個人に対しては大きな期待とともに業績へのコミットメントを求めます。

3Mの利益追求

川村：3Mは、長年にわたり、すべての事業セグメントで20%以上の営業利益を達成しておられます。このような収益性の高さを実現している背景を説明していただけますか？

バックリー：3Mでは、研究者と開発エンジニアが直接ビジネス部門のために活動します。彼らも事業部門の人と同じように、さきほど紹介した四半期ごとの事業検討会議に出席します。直接会社の業績を知り、それに対する議論の推移を間近で見ることができます。彼らはさまざまな製品群の中で、どのような製品が成功あるいは失敗しているか、問題を解決するためにどこで技術や生産プロセスの改善を行うべきかを知ることのできるのです。このようにして、日々の事業運営に緊密に関わるのです。3Mでは高収益検証テストに合格しない技術はどのようなものであっても成功するとはみなされないので、

3MではCTO（最高技術責任者）や研究開発責任者も事業検討会議に出席します。ほとんどの会議で、新技術や新製品のアイデアに関する短いプレゼンテーションに加え、発表予定の製品のマーケティングプランの検討が行われます。研究者もエンジニアも、アイデアの発案から製造、販売、流通、さらには財務上の課題に至るまで、全面的かつ最新の情報を得ることができます。もちろん、当該製品の顧客満足度やサービス展開上の課題について

も評価・検討します。研究者やエンジニアもこれらを日常的に見て、事業運営の一員になっていると感じることができるのです。

日立にはいくつか改善できる点や他から学ぶべき点がありますが、多くのことはうまくいっているように思います。日本の企業文化には、非常に多くの長所があります。細部へのこだわり、規律、互いへの敬意、その他多くの点が含まれます。このような長所に、業績改善に向けた強い危機感や個人の責任感を加えることができれば、素晴らしくバランスのとれた企業文化を醸成することができるでしょう。

川村：研究者も利益に関心を持っているのですか？

バックリー：もちろんです。より多くの研究開発資金を集めるためには、より多くの利益を上げることが重要と



知っているからです。これは日立と3Mの大きな文化的違いではないかと思えますね。

川村：日立の場合、通常、研究開発部門と製品部門は異なっており、両者の間には大きなギャップがあります。3Mではどのようにこのギャップを埋めているのでしょうか？

バックリー：組織体制と企業文化の両面でお答えしましょう。まず組織体制に関してですが、3Mには事業所向けの研究所以外に、2つの中央研究所があります。これはおそらく日立と似ていると思います。一つは基礎科学研究所で、もう一つはプロセス研究所です。3Mではアイデア創出と製造プロセスが相互に強化しあうべきものであると考えます。全研究開発スタッフの約10%がこれら2つの中央研究所で働いています。3Mの将来を担う足の長い技術を開発していくことが彼らの仕事です。そして、彼らも同様に研究活動とビジネスの両方に深く関与しているのです。

どのようにすれば研究開発部門の人たちがより深く事業検討会議に関与することができるか、そしてどのようにすれば彼らの意識をもっとビジネス寄り、エンドユーザー寄りに持ってこられるかを考えることが重要です。そうすることで彼らに高い収益性と優れたキャッシュマネジメントの重要性を理解させることができると思えます。

私は、日立が、研究開発や製造に関わる多くのことをうまく行えていないと言うつもりはありません。多くのことは極めてうまく実行していると思います。日立はワールドクラスの企業の一つであり、いくつかの最先端技術を持っています。基礎技術分野では、3Mは必ずしも日立より優位に立っているわけではないと思います。けれども日立は、製品・市場開発、利益創出、スピード感に対する考え方が3Mとは異なっているようにみえます。私たちが改善を試みるべきはこういった分野です。

競争と製品のイノベーション

川村：以前、外科手術用マスクがどのように作られたかという一例について伺ったことがあります。当初、コストが1ドル以上だったものを、あなたはほんのわずかな小額レベルの価格に抑えるよう命じて、最終的に実現されました。これについて詳しくお話いただけますか？

バックリー：3Mが事業を行っている多くの市場では、製品の洗練度と性能それぞれに異なる要求レベルが存在します。私たちはよく市場をピラミッドに例え「良い」、「より良い」、「最良」セグメントに分けて呼びます。3Mは歴史的に市場ピラミッドのトップ製品、つまり最高レベルの性能を備えた「最良」カテゴリーの製品しか作りませんでした。しかし私が恐れているのは、すべての製品においてやがてはコストで競争する競合企業が市場の底辺から参入してくることです。これらの新規市場参入者たちは時間をかけて一歩ずつ市場ピラミッドを上って行って、結局はピラミッドの頂上にいる既存企業、この場合は3Mですが、を排除するのです。

ですから私は、ピラミッドの頂上にいる自らを守るためには、ピラミッドの底辺でも強い製品を持たなければならないという逆説的な見方に立ちます。これはつまり原則的に、ピラミッドのいずれの階層にいても低価格生産者となって適切な、より安いコスト構造を持つことを意味します。これがNIOSH(米国保健社会福祉省)認証マスクのコスト削減に対する考え方の原点なのです。

私の要求に対してマスク事業の人たちは当初かなり抵抗しました。「製品の資材調達に要求レベル以上のコストがかかっているのもそれは不可能です」と言ってきました。しかし、私はそれが私たちが今やらなくてはいけないことであり、そのためにブレークスルーを起こす必要があると主張しました。私は中国の競争相手は

削減要求レベルとほぼ同じ価格で作ると考えました。彼らの製品の品質は私達ほど良いものではないかもしれませんが、それは大きな問題ではないのです。顧客はしばしば機能ではなく価格に基づいて購入しますから。彼らを打ち負かすにはある意味彼らのようになり、彼らと「同じ土俵」で戦うことを学ぶ必要があるのです。創造的・革新的な能力によって製品のコストをそぎ落とすことが彼らに勝つ秘訣(ひけつ)だと思います。イノベーションはしばしばピラミッドの上方よりも底辺で起こす方が難しいことがあります。底辺ではそれ以上にコストを削減する余地がないからです。

ビジネスリーダーは、時には合理的でないとと思われるようなコスト目標を設定することで、人々に従来とは異なる考え方をとらせる必要があります。型にとらわれない発想ですね。もしもコストのわずかな変化だけを求められれば、われわれは漸進的に考えがちですが、真の躍進とは漸減的なものではなく、劇的な変化を実現するものなのです。コモディティ化に直面したときには、劇的なコスト削減策の検討を自らに課す必要があるのです。このようなケースで望ましい結果を得るためには、ほとんどの場合、何を加えるかではなく、何を除くかが重要になります。私はいつも社員たちに、製造工程と製品



の機能のどちらにおいても簡素さを実現するよう勧めてきました。製品にとって重要でない機能は残すべきではないのです。そして簡素さは同時に優美さ、低コスト、信頼性ももたらすのです。この原則は製品がどんなに高価で、複雑なものであったとしても当てはまります。簡素さは飛躍的な成果を生むことができます。3Mの人たちは私が彼らに課した目標(いずれにせよ仮説に基づいたものですが)のほとんどを達成し、市場のトップカテゴリーにある私たちの製品にダメージを与えることなく何億個ものマスクを販売しています。そして、これは彼らが以前にもまして低価格競争から自身を守ることができるようになってきているということを意味しているのです。

川村:それ以前に、競争が非常に重要であることを社員に教えなければなりません。そして、コスト競争力のある強い企業であることが重要だということも教えなければなりません。誰がそのような仕事をするのでしょうか。

バックリー:だれが競争力の重要性について社員を教育するのか。答えは経営幹部全員ということになるでしょう。会長から始まり、CEO、すべての執行役へと続きます。そして、究極的には、競争力を持つ必要性和、どのように行動すべきかを理解することは社員すべての仕事となります。これは私たちすべてが念頭に置くべきことです。私は工科大学が競争力の授業を教えてくれていればと思います。

ワールドクラスの競争力はたゆみない生産性向上の努力の結果得られるものです。そして、製品品質、安全性の向上、コンプライアンス対応と同様に、より高い競争力の獲得を目指すことは決して終わることのない仕事だと思えます。それは私たちが日々実行すべきことなのです。競争力向上は、研究開発部門だけの仕事でもなければ、製造部門の仕事でもなく、CEOだけの仕事でもありません。それは全員が取り組むべき仕事であり、絶え間なく続くの

みならず、困難な仕事でもあるのです。膨大かつ競争的でダーウィンの日々変化、進化する戦いが今日の世界では生じています。勝者はわれわれの仕事を持って行きます。私たちはこれまで以上に競争力を持つしか選択肢はなく、さもなければ日立は窮地に陥ることでしょう。

これは生き残りを図るすべての成熟企業にとって非常に緊急を要する問題なのです。

川村:実際のビジネスにおいてはこのようなアイデアをサポートする何人かのキーパーソンが必要かもしれません。

バックリー:全くその通りです。私はそういったキーパーソンのことを日立のグローバルな競争力を高めるための会長やCEOのミッションの「信奉者」と呼びます。ですからもっと多くの信奉者、あるいはサポーターが必要であり、彼らを日立のあらゆる経営層に「ちりばめる」必要があります。会社のすべてのレベル、すべての国・地域で必要となります。彼らが有能で洞察力のある人材でさえあれば、たとえ彼らが若くとも、日本人でなかったとしても、社内の重要な役職につけるリスクを恐れるべきではありません。私たちは社内のいたるところにいる才能に恵まれた人材の助けを求めする必要があります。日立は、世界中に素晴らしい人材がいるのですから、それらすべてを活用する必要があります。

日々会社を進化させるためには、私たち全員が社長の目指すものの強力なサポーターとなる必要があります。社長は非常に難しい仕事を抱えており、私たちは社長自身が設定した目標を達成するために、全力で手助けする必要があります。もし社長の目指すものに付いていなければ、中国やインドとの競争に敗北することとなるでしょう。社長はこの点について正しい考えを持っています。私たちは全員、この任務に注力しなければならないですし、そうでなければ物語はハッピーエンドにはならないでしょう。

世界有数のイノベーション企業の文化

川村: 3Mは、その革新的な技術、製品、アイデアによって世界的に名の知れた企業です。2010年から2012年にかけて、世界で最も革新的な会社のトップ10中第3位にランキングされたと伺いました。3Mがそのような高いランキングを維持できる理由は何であると考えますか？

バックリー: 問題解決のためにイノベーションを起こすにあたって、規律や慣習、標準規則のみに頼ることは難しいと思います。イノベーションは常に何か新しいものであり、常に一定程度のリスクを伴います。規則やプロセスの規律のみではイノベーション実現には不十分なのです。革新的企業となるためにはリスクと時折起こりうる社内の不一致に慣れなければなりませんね。

ですから私は、社員に革新を実現するための自由と時間を与える必要があると思っています。これにより創造的な活動とアイデアの交流が期待でき、それが日立の企業文化の中心的な特徴となるように社内環境をつくっていく必要があります。そうすることで異なる部署や事業領域をまたいで技術が再利用、再生されるようになるのです。日立もこれからお話しする「15%自由時間」のアイデアを採用できるかもしれません。

企業は上からの命令や委員会を形成することや厳しい管理プロセスを利用することによってイノベーションを実行することはできません。そうではなく、会社の最下層まで、おそらくは個人レベルまですべての人を巻き込んで、イノベーションを起こす責任を、すべての人が分担することが重要なのです。社長やその他社内のリーダーはどこでも、どのスピーチにおいてもイノベーションを奨励する必要があります。前に述べたように、3Mでは、研究開発に従事するスタッフは彼らの勤務時間の内15%を新しいアイデアの創出や、会社に認知されていない革新的

な製品の開発に充てることを認めました。これは一見少し怖いように見えますが、革新的ではないという別の選択肢に比べればはるかに優れています。革新的でなくなれば、ゆっくりとしかし確実に競争力が低下していき、最終的には私たちはコモディティ製品の会社になってしまうことになるでしょう。

日立には多種多様の製品があります。新たなアイデアを提供し、大きな躍進をもたらし、創造性を発揮することを奨励し、かつ要求するようなシステムを構築することは可能です。他社のように私たちも新製品成長指標(NPVI)を使用して企業の革新性を把握、認識すべきでしょう。しかし、システムの運用が軌道に乗るには時間がかかります。3Mでは60年前に実現しましたが、90年代になってイノベーションの雰囲気は低調になってしまいました。私の仕事は社内を再活性化することだったわけです。そして3Mのイノベーションを再び創出するという点に関しては、私たちは非常に大きな成功を収めました。イノベーションが企業の基盤となるという考え方は5年前、10年前に発見されたものではありません。3Mにはこの文化的な基盤ははるか以前からあり、日立も同様です。だからこそ私は日立でもイノベーションを起こすことができると確信しているのです。

手始めに日立で、より費用対効果の高いイノベーションを促す、さまざまなトピックについて議論するために、小規模なアドバイザー委員会を設置することを勧めます。私なら日立の中で最も創造的な人を6人から10人選んで、社内で創造性とイノベーションをどのように高めるかについて助言を求めましょう。かれらはイノベーションを起こす人たちではなく、最初に方法論について助言してくれるだけです。助言を求める際に、われわれは彼らにイノベーションを起こすシステムを構築するためのプロセスに関与する機会を与えます。彼らを新しいアイデア創出に

関与させることによって、企業文化の一部を再構築することができるのです。

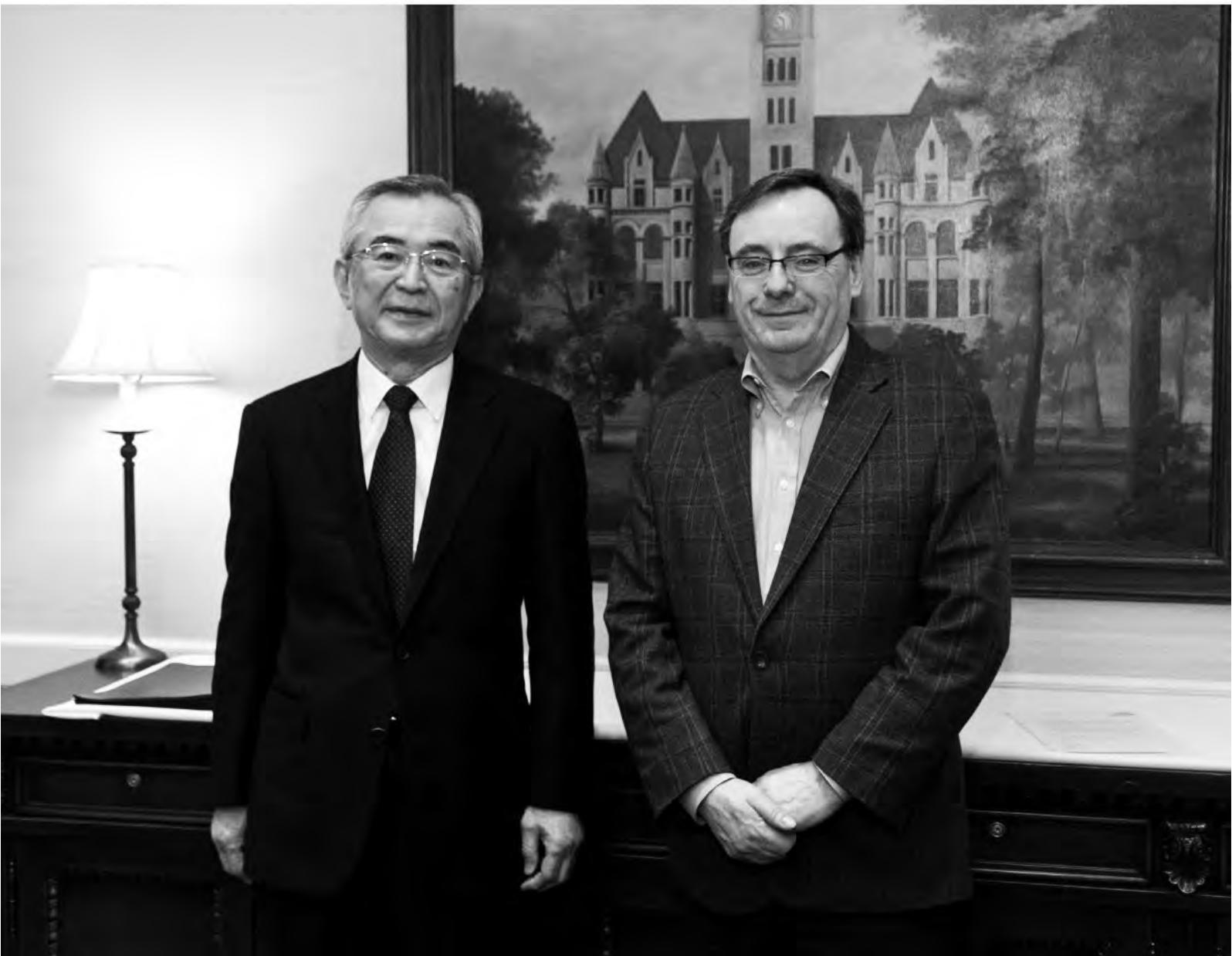
イノベーションのためのリバーバッシング

川村: 確かにさまざまなチャネルを使って新しいアイデアと技術にアクセスすることは重要です。新しいアイデアはどのように生み出され、そしてイノベーションのスピードにどのような影響を与えるのでしょうか？また、3Mではどのようにアイデアの相互交流がなされるのでしょうか？

バックリー: 生み出すべきは、新たなアイデアと成長性を兼ね備えた会社です。すなわちより速く成長し、より多くの

利益を上げ、幅広いイノベーションに関与する企業です。新しいアイデアの回転率を高め、新製品の導入速度をより高めたいと考えています。もし本当に革新を起こせると信じていれば、どの事業部門においても実現できるでしょう。これは革新的な文化を創りあげるために重要な試金石となると考えます。

人々が自分のアイデアを交換して刺激し合うようにすることは、3Mでうまくいっていることの一つです。3Mでは知的財産は共有財産なのです。アイデアと解決策の共有のために、3Mには、困難な技術的問題や生産プロセス上の問題があるときに、「こんな問題を抱えているので、誰か解決策のアイデアを出してくれませんか？」と社内



イントラネットで掲示できるシステムがあります。解決策が生まれたとき、それは社内の全く予想しなかったところから出てくることもあります。

イントラネットに問題を掲示するだけでなく、従業員は「テック・フォーラム」と呼ばれる活動も行っています。これは類似した分野の技術専門家を混ぜ合わせることに特化したコミュニティで、従業員だけで構成されており、経営の干渉を受けることはありません。そういった意味で自発的活動なのです。これは研究者が他の従業員に困難な問題解決のためのアイデアを求める場にもなっています。しばしば他部門が解決策の発見を手助けするだけでなく、時には新たなアイデアが生まれることもあります。オープンなコミュニケーションと相互の信頼関係は、互いに刺激し合う上でとても重要なことです。このようなアイデアの相互交流により、アイデアが異なる製品で使用されたり、予想外の全く新たな方法に目的を変えて使用(リパーピング)されたりするような状況が生まれます。

しかし、新たなアイデアは社内だけで生み出されているわけではありません。3Mで試みた例を1つ挙げましょう。小規模の新しいベンチャー企業に年間2,000万ドルから4,000万ドルの投資をします。通常の事業プロセスでは思い付かないような新しいアイデアを学ぶために新技術を持つベンチャー企業に投資します。そして、これを研究開発に取り込むアイデアの一部として活用します。そうしなければ、以前と同じ社内のアイデアをそのまま再循環させてしまう可能性が高いですからね。新しいアイデアの源を社内に持ち込むことが重要であり、成長のために更なる刺激を与える必要があるのです。これらのわずかな投資により、会社の新しい技術基盤が強化でき、新たな市場への参入機会を創出できます。また、最も重要なことは、これにより会社にスピードと新鮮なアイデアがもたらされたということです。

3Mが日立と大きく異なるところは、研究開発部門が会社全体の収益性に密接に関与していることです。3Mの従業員の視点では、技術は利益を上げることができて初めて成功したと言えるのです。3Mでは絶え間なく新しい製品の売上実績を監視し、収益性の確保を追求しています。利益率80%を達成する製品もいくつか存在します。イノベーションが大きな利益率につながった例をいくつか紹介させてください。

一つ目の例は、産業用研磨剤です。これは、3Mにおいては106年の歴史を持つ事業であり、この製品分野ではイノベーションは不可能だとされてきました。しかし周りを見回すと、机、椅子、ガラス、私の眼鏡や今立っている床など、私たちが目にするほとんど全てのものが直接的あるいは間接的に研磨剤で磨かれていることが分かります。

研磨剤を作る過程には、セラミックを成型して釜焼きをした後、粉碎し、研磨材料をさまざまなサイズの小さな断片に分け、紙やすりに付着させる作業があります。研究者との会話の中で、これらの断片をランダムなサイズや形状にする代わりに、サメの歯のような規格化された形状にすることはできないかという検討を行いました。全ての粒状構造がある程度は持つという、フラクタル特性を使って、それらの断片を自律的に鋭利化させることが可能ではないだろうか。3Mの研究者はこのアイデアを取り上げ、3Mが持つ他の技術と合わせることで、キュービトロンIIという全く新しい研磨剤製品を作り出しました。このイノベーションの前、研磨剤の利益率は十数パーセントでした。それが現在、利益率はその倍となり、製品分野の成長率は25倍になりました。これは多くの人が斜陽事業だと考えていた事業で3Mの研究者があげた見事な成果と言えるでしょう。古い事業や製品であっても、革新が可能であるという事例だと思います。

二つ目の例は、スコッチテープです。スコッチテープは発売後80年を経た現在でも多くの利益を上げていますが、3Mは今でもこの製品を革新する方法を模索しています。米国では、誕生日、パーティ、クリスマスなどに、自分でプレゼントを包む際、テーブルの端にあらかじめカットした接着テープを並べ、そのテープを一つ一つとって貼り付けるというところで行われてきました。私もかつては同じようしていました。そこで3Mは、これと似た作業のできる製品を開発しました。あらかじめ小さくカットされたテープを取り出すことができ、腕時計のように装着したり机の上に置いて使えたりする、スコッチポップアップテープという新商品です。シンプルに思われるかもしれませんが、この新製品ではテープがポップアップするよう、交互に重なった層をケースに作るため、生産プロセスはかなり複雑なものになりました。しかしそれは大変な成功となりました。

既存製品の新しい活用方法と、最初のアイデアを改善する方法を探すというこのアプローチは、3Mにおいては非常に典型的なものです。解決策を求めている課題があるときもあれば、解決すべき課題を求めている技術があることもあるのです。

日立の人材のグローバル化

川村: 日立を完全に国際化するには、取締役レベルだけでなく、執行役レベルや事業部長レベルにおいても、人材を国際化することが重要です。米国の会社では経営陣の構成に多様性を持たせていると思いますが、これは日立とは大きく異なる点です。日立では人材情報のデータベース化と、グローバルな社員業績評価基準を導入しているところですが、こうした日立の人材国際化への取り組みをどのように評価されますか？

バックリー: それは正しい考えだと思います。私は3M

在任期間中に、私の後任者であるイン・スーリン氏と人事部の協力を得て出身国・地域の多様化に高いプライオリティをおいて取り組みました。現在、3Mの経営層の130人の最高幹部のうちほぼ80%が米国出身者ではありません。これにより、単一文化の会社では得られない豊富な議論とビジネス思考が会社にもたらされました。人材はどの会社においても最も重要な経営資源です。日立も従業員が能力を最も発揮できるよう育成していく必要があります。彼らがどこの出身であるかに関わらず、同じことが言えます。米国でも、日本でも、ドイツでも、優れた人材を無条件で獲得できる市場があるわけではありません。従って、国籍、宗教、性別に関わらず日立のビジネスを革新し成長させることのできる人材を自ら育成する必要があります。これは、経営数値の問題ではなく、哲学的な問題です。私たちは日本以外の国々でも有能なマネージャーを獲得できると考える必要があります。そうしなければ、人材開発、育成に関して視野が狭まってしまうでしょう。もし本当にグローバル企業になりたいのなら、人材の採用と開発の考え方もグローバルになる必要があるでしょう。川村さんはこの点についてよくご存知で、強い信念を持っていらっしゃると思っています。

また、急速に変化する世界の中で、日立の経営者が成功を収めるには、グローバルレベルでモビリティを高め、継続的なイノベーションの重要性を認識し、会社にとって賢明なリーダーとして振る舞っていく必要があります。

そのため、日立はあらゆる面で国際化を進める必要があると私は確信します。これを可能にするには、業績評価システムの統合や人材データベースの整備を進め、世界中に隠れている優れた人材を見つけ出す必要があります。こうした人材が持つ技能、資格、経歴を知る必要があります。それができなければ有能な人材を広く活かすことは難しいでしょう。

日立へのもう一つの提案は、英語を社内の共通ビジネス言語とする方針を打ち出すことです。私は英国出身ですので、民族中心主義者だと思われるかもしれませんが。しかし実際に英語は、ビジネスの世界、コンピューターの世界で標準的なコミュニケーション言語になっており、私たちはその事実を認識し受け入れる必要があります。500年前はそれがフランス語からラテン語でしたが、現在は英語です。どのような技術的知識やビジネス開発能力を持っていようと、そしてどこ出身であろうと、力のあるグローバル企業になるためには私たち全てが英語を話すことが必要でしょう。上級管理職になりたいと思っている人たち全員が、共通のコミュニケーション方法を持つ必要があるのです。日立の、世界のあらゆる国の出身者が共通プラットフォームを介して会話するには、共通語はおそらく英語となるでしょう。

会社のフォーマルな場面以外でのチーム形成も間違いなく重要な取り組みです。社内関係を円滑にするための活動の一つとして、従業員の配偶者同伴による交流活動をもつことがあります。幹部同士だけでなく、配偶者と家族同士でも友人関係が形成され、関係性が深まります。これにより社内を持続的な人間関係を織り交ぜることができるのです。私は、3Mの経営陣とその配偶者のためのディナーを自宅で多く開催していました。私は、素晴らしい従業員たちやその家族と交流できるこのような機会を本当に楽しんでいきます。

私生活について

川村:バックリーさんは世界中を飛び回ってご活躍されていると思いますが、ご趣味などありますか？

バックリー:一番の趣味は釣りで、私はフライフィッシングをやります。特にマスとカワヒメマス釣りが好きです。

日々の生活の中で真にリラックスして、仕事のことをすっかり忘れて打ち込めるものの一つです。キャッチ・アンド・リリースしかやりませんので、川から魚を持ち帰ることはありません。魚を釣ったら、そのサイズや重量を記録したり写真を撮ったりした後で逃がしてやります。マスがいる場所はたいてい水がとてもきれいで、環境がとてもよく、本当に美しいのです。日本には多くの山河、清流があって非常に素晴らしいマス釣りができます。

私のイメージする天国には膨大な数の本を所蔵する非常に大きな図書館があります。この図書館では、私の好きなバロック音楽が流れ、外にはマスのいる川が流れているのです。

川村:どうもありがとうございました。率直なご意見をいただき感謝いたします。

編集後記



バックリーさんが会長を務められていた3M社は世界で最もイノベーションの進んだ会社の一つです。社内の風通しが大変よく、開発過程で失敗したものまで全て共有することで、経験を無駄にすることなく、部署を越えて

相互に刺激しあい、そこからPost-it®のような革新的な製品が生み出されてきました。社内で互いに励ましあい、組織の壁を越えた、人の交流を促進することで、社内の雰囲気活性化してきたのです。イノベーションカンパニーという地位を確立しているだけでなく、今年年間約3兆円の売上で、約20%もの営業利益率を記録している会社です。やはり学ぶところの多い優れた会社だと、改めて思いました。

マイニングビジネスの構造変化とイノベーションへの期待

研究第二部 副主任研究員 大西 吾郎

世界的な資源需要の拡大を背景に、ハイリスクハイリターン型の投資戦略によって高収益を維持してきたマイニングビジネスが、資源価格の頭打ちとともに、収益構造の変換を求められている。本稿はマイニングビジネスの特徴ととりまく経営環境の変化を概説し、変化に対応する鉱山会社の戦略と、生産性向上や環境保全に関するイノベーションへの期待について述べる。

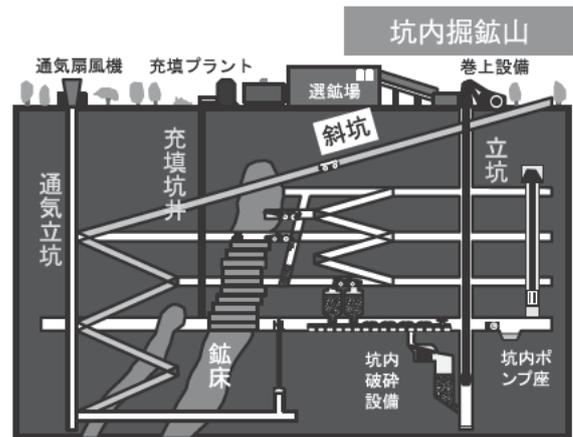
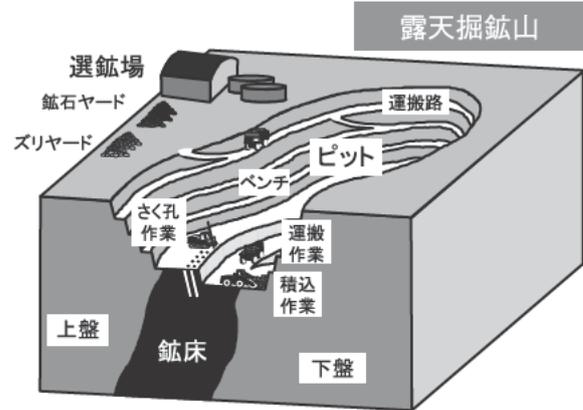
1. マイニングビジネスとは

マイニングビジネスとは、鉱山から鉱石を採掘し、鉱石から有用鉱物を回収して販売する事業である。マイニングビジネスが採掘対象とする資源は、鉄・鉄合金金属、非鉄金属、貴金属、工業用原料鉱物、固体燃料資源に分けられ、原油、ガスは対象に含まない(表1)。とりわけ需要量の多い鉄鉱石や銅は、オーストラリアや南米大陸に多く埋蔵されている。また高額で取り引きされる金やダイヤモンドは、アフリカ大陸の新興国・地域に多く埋蔵されている。採掘方法は大きく2種類に分けられ、地表を切り開いて鉱床を掘削する「露天掘」と、地中に坑道を形成して鉱床を掘削する「坑内掘」がある(図1)。

表1 マイニングビジネスの採掘対象資源

分類	主な資源	主要資源の上位保有国(2011年)	
		生産量	埋蔵量
鉄・鉄合金金属	・鉄鉱石 ・マンガン ・クロム	[鉄鉱石] ①中国 ②オーストラリア	[鉄鉱石] ①オーストラリア ②ブラジル
非鉄金属	・銅 ・ボーキサイト ・亜鉛	[銅] ①チリ ②中国	[銅] ①チリ ②オーストラリア
貴金属	・金 ・銀 ・プラチナ	[金] ①中国 ②オーストラリア	[金] ①オーストラリア ②南アフリカ
工業用原料鉱物	・ダイヤモンド ・炭酸カリウム ・岩塩	[ダイヤモンド] ①ボツワナ ②コンゴ民主	[ダイヤモンド] ①コンゴ民主 ②ボツワナ
固体燃料資源	・燃料炭 ・原料炭 ・ウラン	[石炭] ①中国 ②米国	[石炭] ①米国 ②ロシア

資料：World Mining Congress、U.S.Geological Survey、British Petroleum 資料より日立総研作成



資料：東京大学大学院工学系研究科 山富 二郎教授 作成

図1 露天掘と坑内掘の構造

マイニングビジネスの特徴の一つは莫大な投資が必要なことである。例えば、大規模な鉱山開発の多いオーストラリアのケースでは、同国の資源・エネルギー経済局の公表資料によると、今後採掘予定の鉄鉱石鉱山42件のうち、投資の見積額10億ドル(約1,000億円)以上の鉱山が27件を占めるとされ、そのうち投資最高額は約100億ドル(約1兆円)に上るとの分析がなされている。

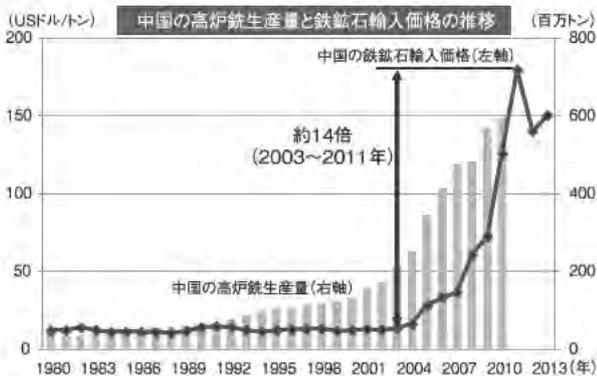
マイニングビジネスの投資分野は主に、①資源が高密度に集まって堆積した「鉱床」の探索、②鉱床からの鉱石採掘、③鉱石からの有用鉱物回収、④鉱山から港への資源輸送になる。特に②鉱石採掘と③有用鉱物回収への投資額が大きく、一般的に上記の分野における投資額の構成比は全体の約4～5割を占める。この

ほか、鉱床は山間部にあることが多く、その場合、操業に必要な電力、水、道路といったインフラや、労働者の居住環境の整備に対する周辺分野への投資も追加が必要となる。また、山を切り開き、坑道を作る際には、環境保全のための十分な投資が求められるほか、採掘においては爆薬を使うことも多いため、作業環境への安全対策を十分に講ずる必要がある。

加えて、マイニングビジネスは、操作ミスなどによる事故発生といったオペレーショナルリスクや、ガスの突出や出水の発生により、鉱山開発や採掘が継続できなくなる災害リスクなどを抱えている。とりわけ人身に関わる事故の賠償と、営業停止による機会損失は甚大である。2010年に発生したチリの落盤事故では、鉱山を所有していたサンエスパン社は倒産に追い込まれた上、元作業員から総額55億ペソ（約8億円）の損害賠償請求訴訟に発展している。

現状、マイニングビジネスは、この莫大な投資とリスクに耐えうる資金力とノウハウを持つ資源メジャーと呼ばれる大手鉱山企業5社（Rio Tinto、BHP Billiton、Vale、Xstrata、Anglo American）により寡占化されている。これらの資源メジャーは、生産量の維持・拡大のために積極的な鉱山開発を行い、M&Aによる経営規模の拡大を進めてきた。

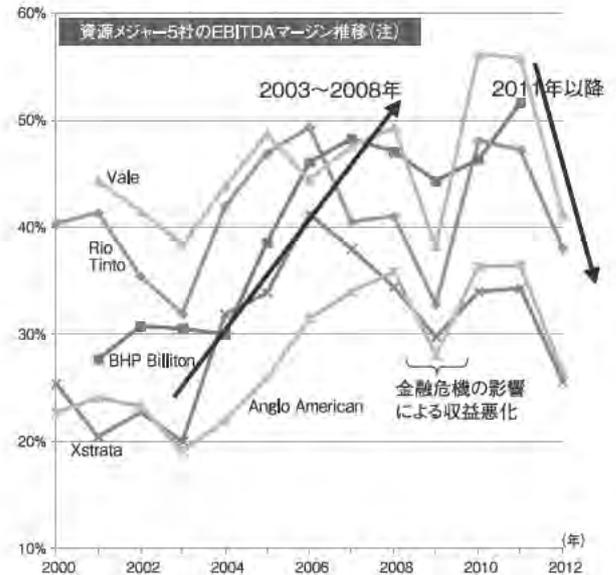
生産量拡大のための積極投資を可能にした背景には、中国を中心とした資源需要の急拡大に伴う資源価格の高騰がある。なかでも鉄鋼需要の急拡大に起因して、中国の鉄鉱石輸入価格（USドル/トン）は、2003年から2011年の期間に約14倍に跳ね上がった（図2）。



資料：IMF「Primary Commodity Prices」および World Steel Association 統計より日立総研作成

図2 中国の高炉鉄生産量と鉄鉱石輸入価格の推移

2008年の金融危機前後まで、資源需要の急拡大に供給が追いつかない状況が続き、マイニングビジネスは掘ればもうかる時代であった。図3が示すように、資源メジャー5社の収益率はその間拡大を続けた。



注：EBITDA = 利払い前税引き前減価償却前利益
EBITDA マージン = EBITDA / 売上高

資料：各社 IR 資料より日立総研作成

図3 資源メジャー5社のEBITDA マージン推移

2. 経営環境の変化

資源メジャーの収益性は、金融危機後に悪化したのち2010年にいったん回復したものの、その後大幅に低下している。その主な背景には以下に述べる2つの経営環境の変化がある。

2.1 資源価格の頭打ち

経営環境の変化の一つ目は、鉄鉱石、銅、石炭需要の低迷である。国際通貨基金（IMF）は2011年後半の中国経済失速を理由に、これら鉱物資源価格の中期的な低迷を予測している（図4）。



資料：IMF「Primary Commodity Prices」より日立総研作成

図4 資源価格の推移

2.2 コストの上昇

経営環境変化の二つ目は、操業コストの上昇である。これには、鉱山開発・採掘費用と租税負担の上昇の2つの観点がある。

(1) 鉱山開発・採掘費用の上昇

これまで「露天掘鉱山」は、生産性と安全性から、深度が浅く掘削が容易な鉱床を選んで開発が進められてきた。鉱山開発が拡大した現在では新規開発する多くの鉱山は鉱床の深度が深くなる。鉱床にたどり着くまでにより多くの土や岩を取り除かなければならず、掘削コストが増加している。既存の鉱山も今後掘削が進むにつれて深度が深くなるため、採掘方法を費用がかかる露天掘から坑内掘へ変える動きがある。この点に関しては後の山富論文で詳しく解説している。

また、鉱石に含まれる有用鉱物の比率を示したグレードと呼ばれる指標が、銅や金などの鉱石で低下している。これは、グレードの高い鉱床の開発がほとん

どし尽くされたことを意味する。一定量の有用鉱物を回収するために、より多くの鉱石を掘削しなければならず、労働投入量に対する生産高の低下、設備投資に対する回収期間の長期化につながっている。

(2) 新たな課税の導入による租税負担の上昇

2010年にオーストラリア政府が超過利潤鉱業税を提案したことを契機として、資源各国政府が、財政健全化などを目的とした課税強化を進める動きが世界中に拡大している。オーストラリア政府による超過利潤鉱業税は、従来の法人税とは別に鉱山会社の鉱物資源の売上利益に対して課税するものであり、鉄鉱石および石炭事業の利益が7,500万豪ドル（約75億円）以上の企業を対象としている。2011～2012年には、世界15カ国以上の資源国で、生産量、売上高、利益など各国政府が定めた課税基準に基づく鉱業ロイヤリティ（鉱業権の原所有者（国そのほかの公共団体）が鉱山開発事業者の利益に対して課する権益使用料）の新規導入や料率の引き上げが発表された。

米国調査会社ユーラシア・グループはこの資源国政府による課税強化の傾向を「Pragmatic resource nationalism」と呼び、マイニングビジネスにおける大きなリスクであると指摘している。これは、国が強力な権力を行使し、資本国有化、外資排除を進める従来の「国家資本主義」とは異なるアプローチであり、後のReddy論文で具体例を挙げて解説している。

3. 環境変化に対応する鉱山会社の戦略と課題

資源価格の頭打ちとコスト上昇の状況下において、鉱山会社は安定的な収益を確保するために、従来の投資拡大を軸とした戦略から、オペレーティングコストの低減と生産性向上による効率性重視経営へと戦略の方向性の切り換えをはかっている。

例えば、BHP Billitonは経営指標を従来の「生産量」から「投下資本額あたりの生産量（Capital efficient tone）」（ROAに近い指標）に変更、Anglo Americanは既存設備の稼働率を改善する「Asset Optimizationプログラム」を立ち上げている。鉱物資源開発の周辺業務の効率化の動きも活発化している。例えば、Valeは鉱山から港までの自社輸送インフラの効率運用に着目し、ROI向上に取り組んでいる。また、Xstrata

は全社規模でエネルギー効率改善などによるインフラのオペレーティングコスト削減に取り組んでいる(表2)。

表2 資源メジャー5社の戦略

会社名	生産性向上に向けた戦略
BHP Billiton	・ 重視する経営指標を、「生産量」から「Capital efficient tone」に変更。投下資本額あたりの生産量最大化による収益性向上に注力
Anglo American	・ 保有する機械、設備の稼働率を改善し、収益性を向上させる「Asset Optimizationプログラム」を全社推進
Vale	・ 鉱山から港湾までの輸送効率化を収益性向上の重要課題と位置付け、自社所有の鉄道、港湾ターミナルの生産性向上を推進
Xstrata	・ 調達の見直し、エネルギー効率改善、設備処理能力向上によるコスト低減に注力 ・ コスト削減やプロセス最適化により収益性向上を図る「Organic Growth Project」を全社推進
Rio Tinto	・ 生産性改善の重視と、コスト削減の推進 ・ 個々のベストプラクティスを世界で共有

資料：各社 IR 資料より日立総研作成

4. イノベーションへの期待

通常、安全性の向上と、生産性の向上はトレードオフの関係にある。例えば、ダンプトラックの転倒、接触、転落を防ぐためには、可能な限り低速で走行させることが最も確実な対策であるが、時間当たりの出荷量は減少するため、生産性が下がる。生産性の向上を目指す鉱山会社では、このトレードオフの解決が課題となっており、これを技術的に実現するイノベーションへの期待が高まっている。

トレードオフの解決に向けて現在進められている取り組みの一つが、無人化と自動化技術の採用である。例えば Rio Tinto は「Mine of the Future™」をコンセプトに掲げ、先進技術の導入によるマイニングビジネスでのイノベーション創出を目指している。露天掘

鉱山でのダンプトラックの無人化・自動化により安全性向上と人件費削減だけでなく、運行ルートや速度の最適化による生産性向上も同時に実現可能となる。

この無人化・自動化の技術はダンプトラックだけでなく、坑内掘の機械向けにも有効である。坑内掘の場合は、露天掘鉱山以上に労働環境が厳しく、前述したチリの落盤事故のように、災害が発生した際の被害が甚大である点から、無人化による安全確保の必要性が極めて高い。また、坑内掘は空間的な制約から、使用可能な機械のサイズと台数に制限があるため、生産性の低さが課題であり、自動化による機械運用の最適化への期待が高い。

鉱山での技能労働者不足の問題に関しても、対応が必要となろう。詳細は後の片山論文で解説がされているが、高技能労働者の高齢化が進む中、人材育成は喫緊の課題になっている。ここにおいて、無人化技術の活用が技術伝承の課題解決につながる可能性を持つと考えられる。

環境保全についても、収益性とのトレードオフの解決を実現するイノベーションへの期待が大きく、日本企業の強みである環境技術が生かせる分野である。水やエネルギーなどのインフラの無い新興国や、よりへき地で鉱山経営を行う際には、環境に優しく、かつ投資を抑えて水やエネルギー利用をすることが重要である。例えば、水不足地域の鉱山では水のリサイクルの導入が重要となる。貴重な水資源の保全とともに、大量消費する水の調達コスト削減も可能となると考えられる。

マイニングビジネスの経営環境に変化が生じたことで、収益構造の転換が求められ、安全確保、環境保全との両立が必要とされている。日本企業が製造業の分野で培ってきた、生産性と安全性を両立させるノウハウの適用を通じて、マイニングビジネスにイノベーションをもたらす機会が広がっている。

マス・マイニング

東京大学 大学院工学系研究科
教授 山富 二郎

CONTENTS

1. 鉱物・非鉄金属資源の開発
2. マス・マイニング
3. 露天掘から坑内掘へ
4. わが国の資源開発技術の可能性

(やまとみ じろう) 1949年生まれ。東京大学工学部卒工学博士。1976年東京大学工学部助手、1983年秋田大学鉱山学部講師～助教授、1990年東京大学工学部助教授、1994年東京大学工学部教授、1995年東京大学 大学院工学系研究科教授。主たる教育研究分野は資源開発工学（マイニング・エンジニアリング）と岩盤工学。

日立総研より資源開発をテーマに原稿執筆の依頼を受けたとき、とまどいを感じた。がしばらくして、日立グループは日立鉱山から生まれたのだと思い当たった。明治38年、久原房ノ助が当時の赤沢鉱山を買収して日立鉱山と改め、経営に乗り出す。その後、同じ銅鉱山で先行する古河の足尾銅山、住友の別子銅山に対抗する新興銅山に成長していく。日立鉱山内の修理工場が日立製作所の起源であった（有沢, 1994）。著者自身も、東京大学工学部資源開発工学科の学生であったときに、当時の日本鉱業（現在のJX日鉱日石金属）の日立鉱山に行き、坑内坑外施設を見学している。三年次に、石油資源開発の現場と銅山の現場を実見して、卒論研究の講座を選択するのであるが、日本鉱業に勤めていた先輩の歓迎を受け、石油資源よりも銅山の採掘現場、特に坑内に興味を持った。

1985年のプラザ合意から始まる急速な円高によって、国内の金属銅山の多くが閉山した。その中に日立銅山も含まれる。その後、円高基調と資源価格の低迷が続き、銅物・エネルギー資源の大部分を海外からの輸入に頼るわが国にとっては供給不安の少ない安定した時代が続いた。しかし、21世紀を迎え、BRICSと呼ばれる新興国の経済発展と需要拡大により、資源価格の高騰が2003年～2004年から始まり、お金を出せば資源を購入できるという時代は終わった。

図1は、オーストラリア連邦政府の資源・エネルギー経済局（BREE: Bureau of Resources and Energy Economics）が公表している資源価格の統計データを使って作成したものである。1990年以降2012年末までの月平均価格を、2000年1月の価格（US\$）を1とする指標として表現した。2003年あるいは2004年以降、銅物・エネルギー資源の価格は急上昇し、2008

年秋のいわゆるリーマンショック（世界金融危機）により暴落したものの、2009年後半から価格回復に転じた。2011年には、原油（WTI）を除き、2008年暴落前の価格を超えて最高値を記録している。2011年の最高値は、2000年1月の価格に対して、原油が4.70倍、金が6.24倍、銅が5.35倍、鉄銅石が9.57倍、一般炭が4.70倍、原料炭が8.16倍であった。ヨーロッパの金融危機が懸念され始めたこともあって、2012年には価格の低落が、特に石炭と鉄銅石に見られるようになった。しかし、金と銅の価格は依然として高いものがある。

銅物資源のなかでも非鉄金属資源を中心に、今後の動向を技術革新の観点から眺めてみたいと思う。

1. 銅物・非鉄金属資源の開発

1.1 資源開発ビジネスの特長

銅物・エネルギー資源のうち、固体資源を経済的に採掘する場所が銅山（Mine）である。銅山は、有価銅物が経済的に採掘できるまで濃集した銅床の近くに設けられるのであるから、一般のビジネスと異なり、事業を展開する場所（立地条件）を選ぶことができない。また、これに関連して莫大な投資額を必要とすることも、資源開発ビジネスの大きな特徴といえる。それを示すものが、表1である。

南米のチリは世界最大の銅生産国であるが、表1には、1990年代に開発された大規模露天掘銅山の開発に要した初期投資額などが示されている（澤田, 2005）。また、表1の下半分（薄墨を施した部分）は市販の銅山データベースを使って作成したもので、2008年の埋蔵量と銅品位、銅石（Ore）の採掘量、金

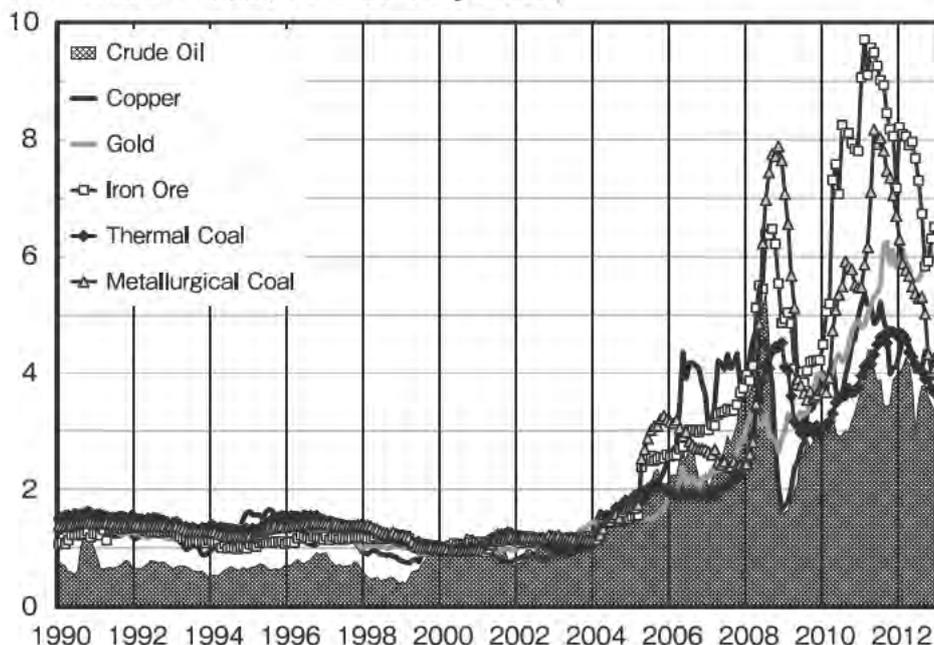
属銅の生産量、銅生産量で見た世界ランキング、鉱石の銅品位と、銅1ポンド (lb) 当たりのキャッシュコストを示した。銅価格は資源ビジネスの世界では1ポンド当たりの価格が通常使用されるので、コストの単位も\$/lb Cuとした。

表1のキャッシュコストには、鉱石の採掘費、鉱石の処理費、出荷費、製錬/精錬手数料、ロイヤルティ

が含まれているが、減価償却や利払いコストは含まれていない。ちなみに、2008年の年平均銅価格は3.16\$/lb Cuであった。

表1にある Escondida は世界最大の銅鉱山で、標高3,000mのチリ・アタカマ高地に所在するが、Collahuasi と Los Pelambres の標高は4,000mを超えている。新規開発案件はインフラの未整備な高地・

Normalized Prices (1.0 = January 2000)



資料：BREE 公表資料より作成

図1 原油・金・銅・鉄鉱石・一般炭・原料炭の月別価格動向

表1 チリの大規模露天掘銅鉱山の開発例

Mine	Reserves & Cu Grade		Investment	Production	Discovered Year	Approved Year	Start-up Year
	(10 ⁶ t)	(Cu %)	(10 ⁶ \$)	(Cu 10 ³ t)			
Escondida	2,158	1.23	835	847	1981	1987	1990
Collahuasi	1,959	0.91	1,792	320	1979	1994	1998
Los Pelambres	934	0.77	1,360	327	1969	1997	1999
La Candelaria	404	0.95	569	320	1986	1992	1994
El Abra	940	0.49	N/A	227	1972	1995	1996
Mine in 2008	Reserves & Cu Grade		Production			Cash Cost	
	(10 ⁶ t)	(Cu %)	(Ore 10 ³ t)	(Cu 10 ³ t)	Rank	(Cu %)	(\$/lb Cu)
Escondida	7,201	0.65	89,451	1,250	1	1.37	0.82
Collahuasi	3,143	0.81	42,377	464	3	1.18	1.04
Los Pelambres	1,479	0.62	49,932	339	7	0.76	1.01
La Candelaria	339	0.58	21,500	202	15	0.79	1.19
El Abra	881	0.42	42,000	166	19	0.40	1.69

資料：上半分は (澤田 2005) より作成、下半分の薄墨部分は Raw Materials Group、Minecost.com のデータベースより作成

僻地へと移り、初期投資額が膨らんでいる。JX 日鉱日石金属と三井金属鉱業らが共同出資を行って立ち上げたパンパシフィック・カッパー社（以下、PPC）は、2010 年から、アルゼンチン国境に近いアンデス山中で Caserones の開発を進めており、その投資額は 30 億ドルに達したと発表されている（PPC 2011）。100%日本企業（75% PPC、25% 三井物産）の手になる新規鉱山であるが、標高は 4,200～4,600m、埋蔵量は 10 億トンを超えるものの銅品位は 0.32%と低い。しかし、一方で剥土比が低く、酸化鉱はリーチングに適した鉱石であること、水源を確保しているなどの利点を持っており、2013年3月に電気銅の出荷を始めた。

資源開発ビジネスは、さまざまなリスク、高いリスクにさらされている。ビジネスの対象となる鉱床の“Grade & Tonnage”、すなわち、鉱石品位の高さはいかばかりか、採掘できる埋蔵量はどれだけあるかを、地表からのボーリング調査などを基に、鉱床の“Grade & Tonnage”を試算する。しかしながら、鉱石のサンプルは露出した鉱床の表面、ボーリング（試錐）で回収したコアからしか得られないので、開発案件の経済性評価結果には、不確実性／誤差という形でリスクが内在する。事前に得た地質情報から、鉱床全体を把握することができないという同じ理由で、予見できなかった断層／破碎帯が出現したために、鉱床の延長を追跡できなくなったり、岩盤が不安定となって採掘空間の崩壊や不時出水などが誘引され、操業の中断／放棄が起きる可能性を持っている。また、鉱山の操業期間は長期にわたるが、その間の需給動向や価格や為替の変動を予測することもできない。

リスクは鉱山の操業中だけでなく、表1に示されるように鉱床が発見されてから操業が始まるまでの長い準備期間の中にも胚胎している。初期投資額が相対的に少ない Escondida と La Candelaria は準備期間が 10 年未満であるのに対して、Collahuasi と Los Pelambres のそれは 19 年と 30 年となっている。また、準備期間が長いほど、経済情勢に変化が起きてプロジェクトに対する影響が大きくなる。また、鉱床の探鉱経費、環境アセスメント、許認可申請などの負担が重いにもかかわらず、収入が一切見込めないため、開発を手がける企業はその体力（耐力）が問われる。さらには、環境保全だけでなく、独自の伝統と文化／慣習を有する地域社会との関係を友好に保つ必要があ

り、これが損なわれると大きなリスクとなる。

資源開発を手がける企業には、リスクに耐えうる体力／資金力が求められるが、技術力もちろん必要である。資源探査や無人化システムに高度な先端技術が必要とする一方で、実用化され広く普及した技術を集め、効率的で安定的なシステムを組み立てる技術力も必要である。海外の鉱山会社の中には、わが国の情報通信技術（ICT）に注目して、鉱山操業への活用・導入を積極的に進めているものがある。

1.2 資源開発に必要とされる技術

鉱山では、鉱床から鉱石を掘り出す作業（Mining）と、掘り出した鉱石から有価鉱物を取り出すための選鉱（Mineral Processing）と呼ばれる作業が行われる。銅の代表的鉱物に黄銅鉱（Chalcopyrite）があるが、これは CuFeS_2 という化学組成を持つ硫化鉱物である。銅鉱石には有価鉱物である黄銅鉱以外に、石英や長石などの価値を持たない鉱物（脈石鉱物）も含まれている。銅鉱石中の銅品位（銅の含有率）は、Raw Materials Group のデータベースによると、平均で 0.72% であるから、物流のコストを考えると鉱山の選鉱場（Mill, Concentrator）で有価鉱物と脈石鉱物の選別を行って、有価鉱物だけを集めて、製錬所に出荷することが望ましい。選鉱場で選別され、有価鉱物が濃集したものを精鉱（Concentrates）と呼ぶ。一方、脈石鉱物を主体とするものを廃滓あるいは尾鉱（Tailings）と呼び、鉱山内の堆積場に保管したり、採掘跡の空洞を埋める材料として使用される。有価鉱物と脈石鉱物はその物理的あるいは物理化学的性質の違いを利用して選別される。比重・磁性・誘電性・色彩の違いなどが利用されるが、硫化鉱物の場合、最も効率的な選別法は鉱物表面の疎水性・親水性の違いを利用する浮遊選鉱法（Flotation）である。黄銅鉱などの硫化鉱物は浮遊選鉱によって回収されるが、銅鉱物には硫化鉱物でないものもあり、これらには現状の浮遊選鉱法が使えないのでリーチング（Leaching）が行われる。希硫酸などを使って鉱石中の銅を溶かし出し、有機溶媒を使って銅イオンを抽出した後、電解採取し、鉱山で電気銅を作って出荷する。これは SX/EW（Solvent Extraction and Electro-Winning）と呼ばれ、鉱山から産出する銅の約 20% が SX/EW によって回収されている。現在、黄銅鉱への適用が大きな技

術開発課題となっている。

対象となる鉱石が石炭や岩塩のように刃物で機械的に掘削できる場合と、銅鉱石・金鉱石・鉄鉱石のように、爆薬の力を借りなければ採掘できない場合がある。英語圏では、前者を“Soft Rock Mining”、後者を“Hard Rock Mining”と呼ぶ。日本では、金属鉱床を対象とした鉱石の採取＝採鉱を金属採鉱と呼ぶが、金属鉱物を含んだ鉱石は、粘土質など特殊なものを除いて、機械掘削には適さない。さく岩機（鑿岩機）によって鉱石に孔をあけ（Drilling）、その中に爆薬をセットして、発破する（Blasting）。英語の“Hard Rock Mining”は金属採鉱を意味すると考えてよい。ウランは金属元素であるので、一般に、ウラン鉱床の採鉱は金属採鉱と見なすことができる。しかし、カナダのサスカチュワン州北部にある高品位ウラン鉱床はウラン鉱物が粘土質の岩盤に含まれているので刃物による機械掘削、高圧ジェット水流による掘削が行われているので、このケースは“Hard Rock Mining”とは呼べない。

さく孔／発破（Drilling and Blasting）の後、破砕された鉱石をショベルやローダなどの積込機を使ってかき集め、トラックなどの運搬機の荷台に積みかえ、鉱石を採掘作業場から運び出し、次のさく孔／発破の準備に取りかかる。鉱山は鉱石採取を、野外で行う露天掘鉱山（Surface Mine）と地下で行う坑内掘鉱山（Underground Mine）に大別されるが、坑内掘鉱山の作業空間は制限されるので、車高の低い機械類、折れ曲がった通路を通過できるように車両が前後に分かれた機械類が使われる。中でも、積込／運搬／荷卸しの重作業を一台で行うLHD（Load-Haul-Dump）が普及している。

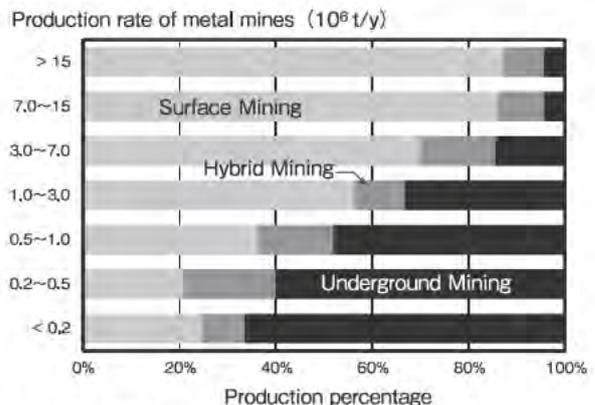
採鉱作業をサポートするものとして、岩盤を安定に保つ岩盤補強技術、作業の安全性をモニタリングし作業を行っている人員の安全と衛生を確保する技術、給電・給水システムを円滑に保持する技術も必要である。坑内掘鉱山の場合は、採掘した空間を安定に保つための支保（Supporting）、空洞を埋め戻す充填（Backfilling）、坑内に新鮮な空気を送る通気（Ventilation）を行うための技術が加わる。

1.3 露天採鉱 vs 坑内採鉱

Raw Materials Groupのデータベースにある2010年の鉱石採掘量を使用して、金属鉱山の露天掘

（Surface Mining）と坑内掘（Underground Mining）の現状を比較した。その結果が図2である。世界の金属鉱山のすべてがRaw Materials Groupのデータベースに登録されているわけではない。登録されていても、データの一部が欠損している鉱山もある。特に、中小規模・開発途上国の鉱山にそのケースが多い。例えば、2010年の鉱石採掘量が収納されている銅鉱山は125山あって、金属銅の総生産量は1,213万トンとなっている。アメリカ地質調査所（USGS）は2010年に世界の銅鉱山から産出された銅量を1,610万トンと発表しているので、Raw Materials Groupのデータベースは銅鉱山の75.3%をカバーしていると考えられる。金鉱山と鉄鉱石鉱山について、同様の手法でカバー率を推定すると、金鉱山は60%、鉄鉱石鉱山は63.8%となる。

図2では、操業規模別に、2010年に採掘した鉱石総量に占める露天掘と坑内掘の比率を示した。露天掘は薄灰色で坑内掘は黒色で塗り分けたが、露天掘と坑内掘の両方を行っている鉱山もあるので、これらは濃灰色で塗った。操業規模は、図2に示す7クラスに分けたが、年間の鉱石採掘量が300万トン未満のクラスは中小鉱山、300万トン以上のクラスは大型鉱山と見なせるであろう。中でも1,500万トンを超えるものを、本稿ではマス・マイン（Mass Mine）と見なし、その動向について、より詳しく解説する。操業規模の大きい鉱山ほど、露天掘の占める比率が高い。これに対して、坑内掘は、中小規模の鉱山に多いことが分かる。坑内採鉱は、安全性を確保するために鉱床の一部を掘り残す。しかし、露天採鉱はコストを顧みなければ、鉱床をすべて掘り尽くすことができる。すなわち、



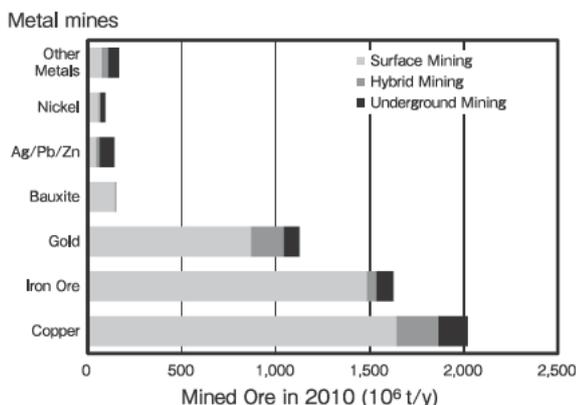
資料：Raw Materials Groupのデータベースより作成

図2 露天掘・坑内掘金属鉱山の操業規模別採掘量比較

100%の採掘実収率を達成することができる。鉱床の深さ、鉱石・岩盤の強さにより坑内掘の採掘実収率は異なるが、安全性・経済性とのバランスが重要である。すなわち、安全性・経済性を重視すると採掘実収率が犠牲となるので、三者がほどよく調和した採掘実収率を設定し、採掘空間と坑内採掘システムを設計する。

露天採掘は、経済性・安全性・生産性・実収率、出鉱調整の容易さ、さらには作業環境についても、坑内採掘に対して優位な立場にある。露天掘鉱山には大型鉱山機械の導入に対する制約が少ないが、坑内掘鉱山は大型機械類が出入りする空間の寸法・断面積が岩盤条件（安全性）・掘さくコスト（経済性）によって制限される。鉱床規模が大きいほど、大型機械類を活用した露天採掘にスケールメリットが働き、生産性が高くコストの安い採掘・生産システムが実現しやすいので、露天採掘の優位性が顕著となる。

金属鉱山であっても、鉱種によって、露天採掘と坑内採掘の比率が異なる。これを示したのが、図3である。この図では、総採掘量で露天掘と坑内掘を比較している。銀/鉛/亜鉛鉱山を除いて、坑内掘が占める比率が低い。かつて、南アフリカの金鉱山に代表されるように金採掘に占める坑内掘の比率は高かったが、低品位金鉱石からの金回収技術が実用化された1980年代以降、露天掘金鉱山が増えている。また、図3から、銅・鉄鉱石・金鉱山の採掘量が飛び抜けて大きいことがわかる。鉄鋼の世界消費量は15億トン/年に達しようとしているが、銅の年間消費量は2,000万トン弱、金は2,500トン前後であることを考えると、銅鉱石の採掘量が鉄鉱石の採掘量を上回っていることは興味深い。金属消費量にはリサイクル起源のものが含まれる



資料：Raw Materials Group のデータベースより作成

図3 金属鉱山の鉱種別の採掘量比較

し、使用したデータベースにすべての鉱山が含まれているわけではないが、鉱石中の金属品位の違いが反映されたものといえる。鉄鋼の市場規模は銅をはるかに凌駕するものであるが、こと、鉱山に関しては、銅鉱業の活動が勝っている。

2. マス・マイニング

2.1 マス・マイニングとはなにか

マス・マイニングは大規模な露天掘・坑内掘採掘を指す。Brown (2004) によれば、マス・マイニングの規模は、露天掘では、粗鉱生産量が年間1億トン以上、坑内掘では年間3,000万トン以上とし、石炭鉱山を除外している。

Raw Materials Group のデータベースから、2010年の鉱石採掘量が1,500万トン以上を記録した金属鉱山をリストアップしたがものが表2である。本稿ではこれらをマス・マインと呼ぶことにする。マス・マインとして、銅鉱山は44山あり、その合計銅生産量は929万トンで世界生産量の57.7%を占める。マス・マインと分類される金鉱山は18山あって、合計産量は世界生産量の14.5%、鉄鉱石鉱山は26山あって、世界の鉄鉱石生産量の40.5%を占める。銅鉱石はその生産量の過半数がマス・マインからであることがわかる。この他に、ポーキサイト鉱山から3鉱山がリストアップされている。表2には、マス・マインの名前、国名、粗鉱生産量、粗鉱品位を示した。銀/鉛/亜鉛鉱山とニッケル鉱山には、年間鉱石採掘量が1,500万トンを超えるものがないが、その中で最大のものと、国内最大の石灰石鉱山である高知県・鳥形山も含めた。

色分けによって、露天掘（白）か坑内掘（黒）か、を示しているが、露天掘と坑内掘の両方を行っているマス・マインを灰色で示した。これらより、マス・マインのほとんどが露天掘鉱山であることがわかる。露天掘鉱山は鉱石だけでなく、その周辺の岩盤（ズリ）も採掘する必要がある。したがって、露天掘鉱山が採掘する（さく孔/発破+積込/運搬）鉱石とズリの総量は、表2にある数字の数倍に達する。

このように、現状ではマス・マインの中で、露天掘鉱山は坑内掘鉱山に比して、圧倒的に優勢である。Mass Copper Minesのうち、El Teniente（チリ）、KGHM（ポーランド）、Zhezkazgan（カザフスタン）

表2 Mass Mines in 2010

	Mine	Country	10 ⁶ t/y	Grade		Mine	Country	10 ⁶ t/y	Grade
1	Yanacocha	Peru	59.4	0.80 Au g/t	1	Morenci	USA	125.0	0.22 %Cu
2	Paracatu	Brazil	42.7	0.45 Au g/t	2	Toquepala	Peru	88.8	0.35 %Cu
3	Muruntau	Uzbekistan	37.0	3.00 Au g/t	3	Grasberg	Indonesia	84.0	0.83 %Cu
4	Zijinshan Au	China	35.0	0.51 Au g/t	4	Escondida	Chile	71.9	1.37 %Cu
5	Penasquito	Mexico	31.2	0.27 Au g/t	5	Caridad Mine	Mexico	62.7	0.28 %Cu
6	Veladero	Argentina	30.7	1.51 Au g/t	6	Los Pelambres	Chile	58.2	0.76 %Cu
7	Round Mountain	USA	30.3	0.50 Au g/t	7	Chuquicamata	Chile	58.0	0.85 %Cu
8	Boddington	Australia	26.6	1.00 Au g/t	8	Radomiro Tomic	Chile	53.9	0.66 %Cu
9	Fort Knox	USA	25.7	0.79 Au g/t	9	Bingham Canyon	USA	53.6	0.53 %Cu
10	Newmont Nevada	USA	25.4	2.50 Au g/t	10	Lomas Bayas	Chile	49.1	0.30 %Cu
11	Tarkwa	Ghana	22.7	1.00 Au g/t	11	Collahuasi	Chile	49.1	1.09 %Cu
12	Lenzoloito Placer	Russia	22.0	0.60 Au g/t	12	El Teniente	Chile	47.0	0.97 %Cu
13	Telfer	Australia	21.9	1.10 Au g/t	13	Ray	USA	44.9	0.23 %Cu
14	Cresson	USA	20.6	0.43 Au g/t	14	Batu Hijau	Indonesia	43.4	0.00 %Cu
15	Lagunas Norte	Peru	20.1	1.34 Au g/t	15	Highland Valley	Canada	42.5	0.27 %Cu
16	Kemess South	Canada	18.7	0.27 Au g/t	16	Cerro Verde	Peru	41.0	0.71 %Cu
17	Cadia Hill	Australia	17.5	0.71 Au g/t	17	Zaldivar	Chile	40.6	0.58 %Cu
18	La Herradura	Mexico	16.6	0.81 Au g/t	18	Bagdad	USA	40.0	N/A
1	Hammersley	Australia	112.7	N/A	19	Alumbrera	Argentina	37.4	0.45 %Cu
2	Vale Northern	Brazil	101.2	N/A	20	Antamina	Peru	36.5	1.00 %Cu
3	Robe River	Australia	59.6	N/A	21	Sierrita	USA	34.5	0.28 %Cu
4	Sishen	South Africa	51.2	N/A	22	Cuajone	Peru	31.4	0.60 %Cu
5	Gusevogorskoye	Russia	50.0	15.5 %Fe	23	Kalmakyr	Uzbekistan	30.1	0.39 %Cu
6	Yandi	Australia	48.7	N/A	24	El Abra	Chile	30.0	0.49 %Cu
7	Itabira Fe	Brazil	48.0	N/A	25	KGHM Mines	Poland	29.3	1.88 %Cu
8	Lebedinsky	Russia	47.4	34.0 %Fe	26	Quebrada Blanca	Chile	27.4	0.56 %Cu
9	Area C	Australia	45.5	N/A	27	Erdenet	Mongolia	26.1	0.54 %Cu
10	Mikhailovskiy	Russia	44.2	39.5 %Fe	28	Aitik	Sweden	25.6	0.27 %Cu
11	Sarbayskoye	Kazakhstan	43.6	N/A	29	Nchanga Leach	Zambia	25.0	1.00 %Cu
12	Mt Wright Fe	Canada	39.3	N/A	30	Andina	Chile	23.8	1.00 %Cu
13	Chichester Range	Australia	38.8	N/A	31	Zhezkazgan Mines	Kazakhstan	23.3	0.82 %Cu
14	Mt Newman	Australia	37.8	N/A	32	Ok Tedi	Papua New G	22.2	0.84 %Cu
15	Hope Downs	Australia	31.7	N/A	33	La Candelaria	Chile	22.0	0.70 %Cu
16	Severny	Ukraine	30.6	26.0 %Fe	34	Kansanshi	Zambia	21.5	1.30 %Cu
17	Kostomuksha	Russia	30.2	29.2 %Fe	35	Chapada Cu/Au	Brazil	19.2	0.41 %Cu
18	Poltavskaya	Ukraine	28.9	N/A	36	Gabriela	Chile	19.0	0.86 %Cu
19	Stoylensky	Russia	27.5	N/A	37	Los Bronces	Chile	18.9	1.00 %Cu
20	Kiruna	Sweden	26.7	N/A	38	Cerro Colorado	Chile	17.1	0.73 %Cu
21	Novokrivorozhsk	Ukraine	23.1	33.4 %Fe	39	Lumwana	Zambia	17.0	1.00 %Cu
22	Gole Gohar	Iran	18.4	N/A	40	Mission Complex	USA	16.7	0.50 %Cu
23	Kovdorsky	Russia	16.8	24.9 %Fe	41	Salvador	Chile	16.5	0.61 %Cu
24	Malmberget	Sweden	16.1	N/A	42	Safford	USA	16.0	0.44 %Cu
25	Minntac	USA	16.0	N/A	43	Spence	Chile	15.2	1.38 %Cu
26	Qidashan	China	15.0	N/A	44	Gibraltar	Canada	15.0	0.33 %Cu
1	Huntly & Willowdale	Australia	33.0	Bauxite		San Cristobal	Bolivia	14.0	Ag-Pb-Zn
2	Weipa	Australia	18.6	Bauxite		Talvivaara	Finland	13.3	Nickel
3	Trombetas	Brazil	17.0	Bauxite		Torigatayama	Japan	12.2	Limestone

資料：Raw Materials Group の鉱山データベースより作成

のみが坑内掘鉱山である。しかし、表2で3位にランクされていて、現在、露天掘と坑内掘の両方を行っているインドネシアのGrasbergが2016年には完全な坑内掘鉱山に切り替わる予定である。

第7位のチリのChuquicamataも深部の鉱床を採掘するため2018年に坑内掘に移行する計画を進めている。表2にリストアップされた露天掘の鉄鉱石鉱山・金鉱山には、現在のところ、坑内掘への移行予

表3 Top 15 Copper Mines in 2010

	Mine	Country	Type	Start-up	Reserves		Production		
					(Mt)	Cu (%)	Ore (Mt)	Cu (%)	Cu (kt)
1	Escondida	Chile	SF	1991	7,201	0.65	71,880	1.37	1,086.8
2	Grasberg	Indonesia	SU	1973	2,523	0.97	84,000	0.83	609.0
3	Chuquibambilla	Chile	SF	1915	883	0.83	57,950	0.85	530.0
4	Collahuasi	Chile	SF	1998	3,143	0.81	49,120	1.09	504.0
5	KGHM Mines	Poland	UG	1963	710	2.26	29,300	1.88	426.0
6	El Teniente	Chile	UG	1912	1,459	1.00	47,000	0.97	403.6
7	Los Pelambres	Chile	SF	1999	1,479	0.62	58,181	0.76	384.6
8	Radomiro Tomic	Chile	SF	1998	2,029	0.49	53,930	0.66	375.3
9	Antamina	Peru	SF	2001	803	0.93	36,507	1.00	325.0
10	Cerro Verde	Peru	SF	1977	3,977	0.39	41,000	0.71	312.3
11	Bingham Canyon	USA	SU	1906	915	0.46	53,551	0.53	249.8
12	Batu Hijau	Indonesia	SF	1999	820	0.40	43,370		246.0
13	Sar-Cheshmeh	Iran	SF	1974					240.0
14	Morenci	USA	SF	1942	3,647	0.22	125,000	0.22	233.0
15	Los Bronces	Chile	SF	1958	2,182	0.53	18,909	1.00	221.4

資料：Raw Materials Group のデータベースより作成

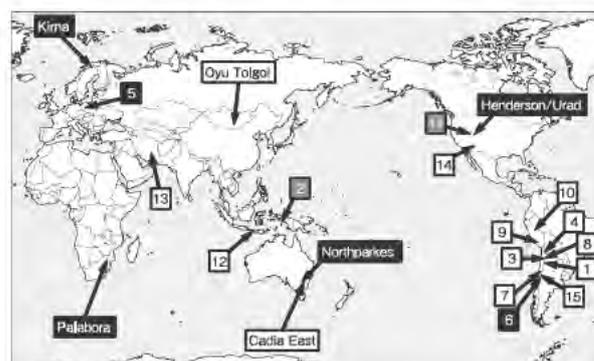
定は見られないが、坑内掘で最大の鉄鉱石鉱山である Kiruna（スウェーデン）は 1907 年に露天掘で操業を始めたが、北極圏内に位置するため、厳しい気候条件を理由に、1957 年に坑内掘に移行した。また、金鉱山で第 17 位にランクされているオーストラリアの Cadia Hill 露天掘鉱山を操業している Newcrest Mining 社はその近くにある Cadia East 鉱床で、2012 年から坑内掘による大規模な操業を始めている。

このように、マス・マインの中で露天掘から坑内掘へ移行するもの、坑内掘の新規マス・マインが登場しようとしている。

2.2 大規模銅鉱山

表 2 では、鉱石採掘量の大きなものから鉱山のランクが付けられていたが、銅鉱山について、鉱石から取り出した金属量でランキングを行ったのが、表 3 で、産銅量で世界の Top 15 である。そして、図 4 の世界地図にこれら Top 15 の銅鉱山の所在を示した。図 4 の四角枠で囲った数字は表 3 のランキングの数字である。産銅量で世界最大の銅鉱山はチリの Escondida である。資源メジャーの BHP Billiton が 57.5% を支配し、Rio Tinto が 30%、日系企業が 10% の出資を行っている。図 4 には、表 3 に記載された 15 の銅鉱山以外に、本稿で取り上げた鉱山の位置も示した。

第 5 位の KGHM（ポーランド）と第 9 位の Antamina を除いた 13 の銅鉱山は斑岩銅鉱床

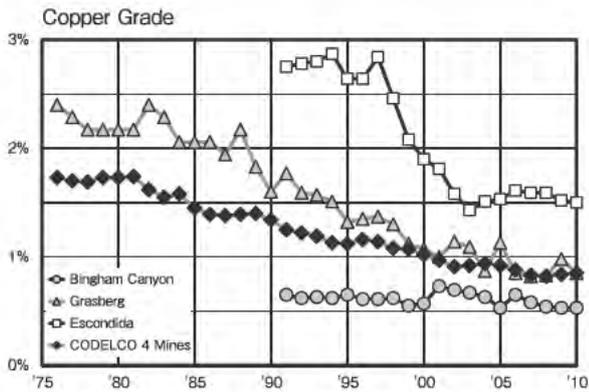


資料：http://www.sekaichizu.jp/ よりダウンロードした地図より作成

図 4 世界の Top 15 にランクされた銅鉱山の位置および本稿で取り上げられた鉱山の位置

(Porphyry Copper Deposit) と呼ばれる低品位で大規模な銅鉱床が稼行対象となっている。斑岩銅鉱床は環太平洋の北米・南米・オーストラリア・インドネシアなどに分布していて、北米・南米の斑岩銅鉱床には副産物としてモリブデンをとるものも多く、モリブデンの鉱床としても重要である。一方、オーストラリア・インドネシアの斑岩銅鉱床は金に富むものがあり、表 3 の Grasberg と Batu Hijau は銅から得られる収入が最も多いので、銅鉱山に分類されている。しかし、2010 年の産銅量で Grasberg は世界最大の金鉱山であり、Batu Hijau は第 13 位の金鉱山でもある。

斑岩銅鉱床の近代的な開発は 20 世紀初頭から始まる。蒸気機関を使ったパワーショベルが登場し、低品



資料：Raw Materials Group のデータベースなどより作成

図5 代表的な銅鉱山の粗銅品位の変化

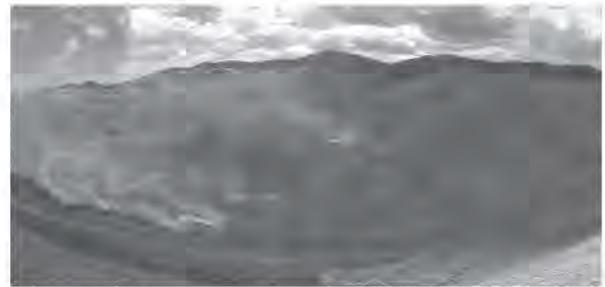
位大規模鉱床の開発が可能となった。表3には、この頃に開発された鉱山が三山含まれている。すなわち、アメリカ・ユタ州の Bingham Canyon、チリの El Teniente と Chuquicamata である。

世界の銅消費を支える斑岩銅鉱床であるが、その銅品位は徐々に低下している。図5は代表的な斑岩銅鉱山であるチリの国営銅公社 CODELCO (Corporacion Nacional del Cobre de Chile) が経営する4鉱山 (Andina, Chuquicamata, El Teniente, Salvador) と、Escondida, Grasberg, Bingham Canyon の粗銅品位の変化を示している。近年の世界銅消費は1年間で約3%ずつ増加している (日本メタル経済研究所, 2012)。銅量で60万トン弱の増加となる。一部はリサイクルリングで、もう一部は既存鉱山の増産でまかなえるとしても、表3で6位~10位にランク付けされる30~40万トンの産銅量を生み出す大規模新規鉱山が、毎年、誕生する必要があることを意味している。

2.3 剥土比

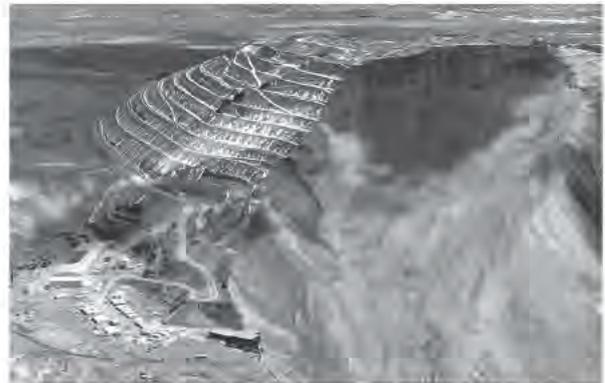
図6aは、アメリカ・ユタ州のソルトレイク・シティの郊外にある Bingham Canyon 鉱山の露天掘採掘場の写真である。鉱床が地表に露出しているか地表に近いところにある場合は、地表から採掘が行われる (露天採掘)。写真に示されるように、鉱床と周囲の岩盤は、ベンチ (Bench) と称する階段を持った播針状に採掘される。1906年に採掘が始まった Bingham Canyon の露天採掘場は深さが1.2km、直径が4.4kmの巨大な窪地、すなわち、オープンピット (Open Pit) となっている (図6a)。

露天採掘は、ピットを安定に保つため、鉱石の他に



資料：著者撮影

図6a Bingham Canyon のオープンピット

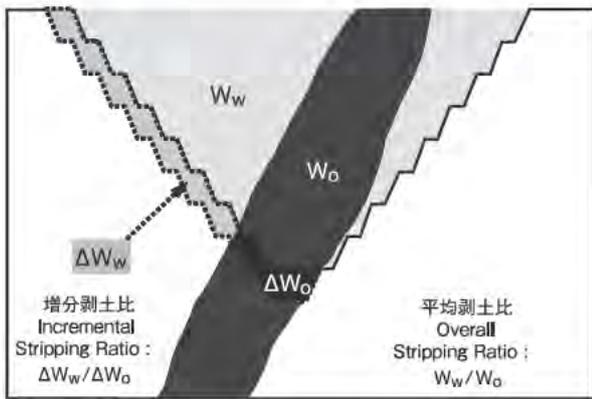


資料：Kennecott Utah Copper のホームページよりダウンロード

図6b Bingham Canyon のオープンピットで発生した崩壊

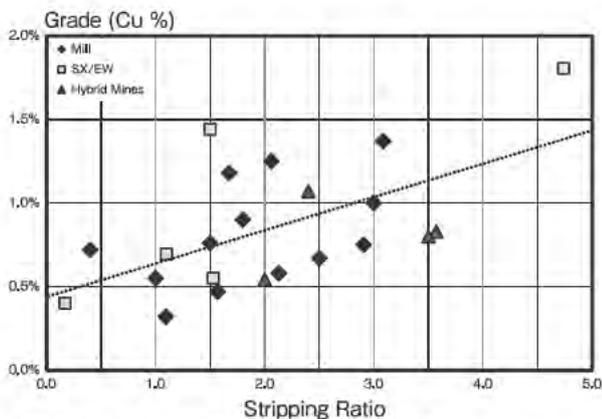
ズリも採掘しなければならない。図6bは、Bingham Canyon を操業している Kennecott Utah Copper 社が発表したピット崩壊の写真である。現地時間で、2013年4月10日の夜9:30に発生した。ピット変形の観測を行い、ピット崩壊を警戒していたので、事前に避難し、人的損害は発生しなかった。本稿執筆中に発生したものであり、崩壊量、原因などはまだ発表されていない。

単位の鉱石を採掘するために取り除かなければならないズリの量を、剥土比 (Stripping Ratio, Waste/Ore Ratio) と呼ぶ。剥土比を解説する図面として、図7を作成した。ある深さまでピットを掘り下げたときに回収できるズリ (W_w) と鉱石 (W_o) の比を平均剥土比 (Overall Stripping Ratio) とする。さらに1ベンチ分、ピットを深く掘り下げると鉱石 (ΔW_o) を回収できるが、これを採掘するためにはズリ (ΔW_w) も回収する必要がある。両者の比 ($\Delta W_o / \Delta W_w$) を増分剥土比と呼ぶ。金属鉱山では、剥土比をズリと鉱石の質量比 (重量比) で表して使用するが、石炭鉱山ではズリは体積 (m^3)、石炭は質量 (t) で表すのが慣習となっており、剥土比の単位として、 m^3/t を使っている。



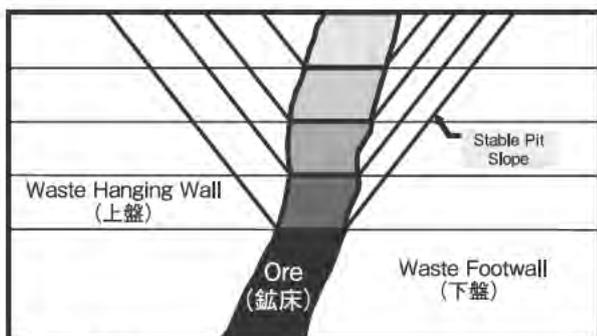
資料：著者作成

図7 剥土比の定義



資料：Minecost.com のデータベースより作成

図8 大型露天掘銅鉱山の銅品位と剥土比の関係



資料：著者作成

図9 露天掘銅鉱山のピット深さと剥土比の関係

Minecost.com より大型露天掘銅鉱山の操業データを購入手、研究に使用している東京大学大学院工学系研究科の村上 進亮准教授の協力を得て作成した銅品位と剥土比の関係を図8に示す。両者は正の相関関係を有している。経済的に採掘できる鉱石の下限品位をカットオフ品位 (Cutoff Grade) と呼ぶが、露天掘銅鉱山では鉱石とズリの採掘コストが増加すると、カット

オフ品位は上昇する。鉱石以外に採掘しなければならないズリの量は剥土比とともに増加するので、剥土比の大きな露天掘銅鉱山ほど、カットオフ品位が大きくなる。カットオフ品位以上の銅を含むものが銅鉱石であるから、採掘の対象となる銅鉱石の品位はカットオフ品位以上のものである。このように図8を説明することができるが、剥土比だけでなく、鉱石の採掘コストが地質条件や操業条件によって変化し、銅鉱石に含まれる副産物の品位と価値によっても、カットオフ品位は変化するので、銅品位と剥土比は正の相関を示すものの、多少のばらつきを持っている。

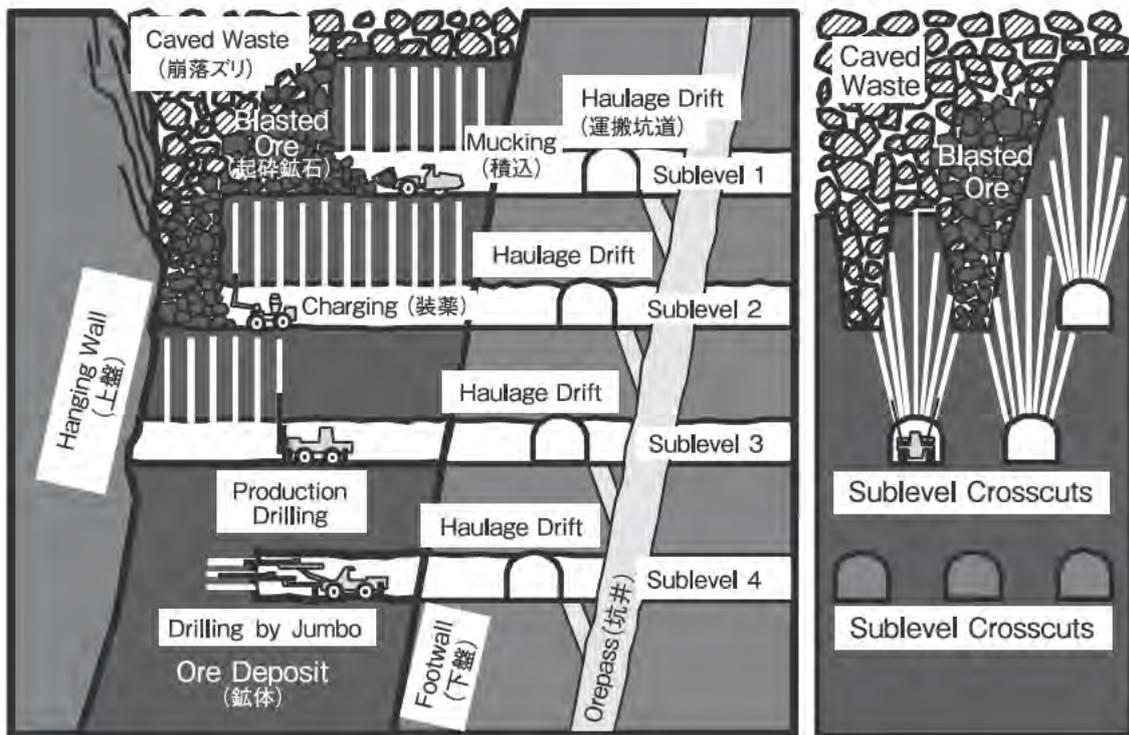
露天掘銅鉱山のオープンピットは深くなるほど、剥土比が大きくなる。これを、図解したのが図9である。銅鉱石を採取するために取り除くべきズリの量が多くなって、露天採銅の経済的な優位性が失われる。

3. 露天掘から坑内掘へ

3.1 MassMin (International Conference on Mass Mining)

“MassMin” と呼ばれる大規模坑内採銅に関する国際会議が、4年ごとに開かれている。国際会議は大学や研究機関の所属者が集うものが多いが、MassMinには、銅山会社、各種コンサルタントとソフトウェアハウス、銅山機械とプラントメーカーの技術者が多数参加しており、発表も彼らのものが多い。著者が関心を持ったのは2000年にオーストラリアのプリズベンで開催されたMassMin 2000からである。その後、チリのサンチャゴでMassMin 2004、スウェーデンのルレオでMassMin 2008、そして昨年、2012年6月にカナダのサドベリーでMassMin 2012が開催された。MassMin 2012の報告などを用いながら、大型露天掘銅鉱山が露天掘から坑内掘へ移行する潮流に代表されるマス・マイニングの動向と将来について、ここで考えてみたい。

世界的な傾向として、“Hard Rock Mining” では、大規模坑内採銅が近年注目されている。その代表的なものがBlock Caving、Sublevel Cavingと呼ばれるケービング法による坑内採銅である。坑内採銅では、採掘作業を行っている空間 (Stope、日本語では切羽) を維持するため、採掘実収率を犠牲にして鉱床の一部を掘り残し、鉱床の上に乗っている上盤 (Hanging



資料：著者作成

図10 Sublevel Caving

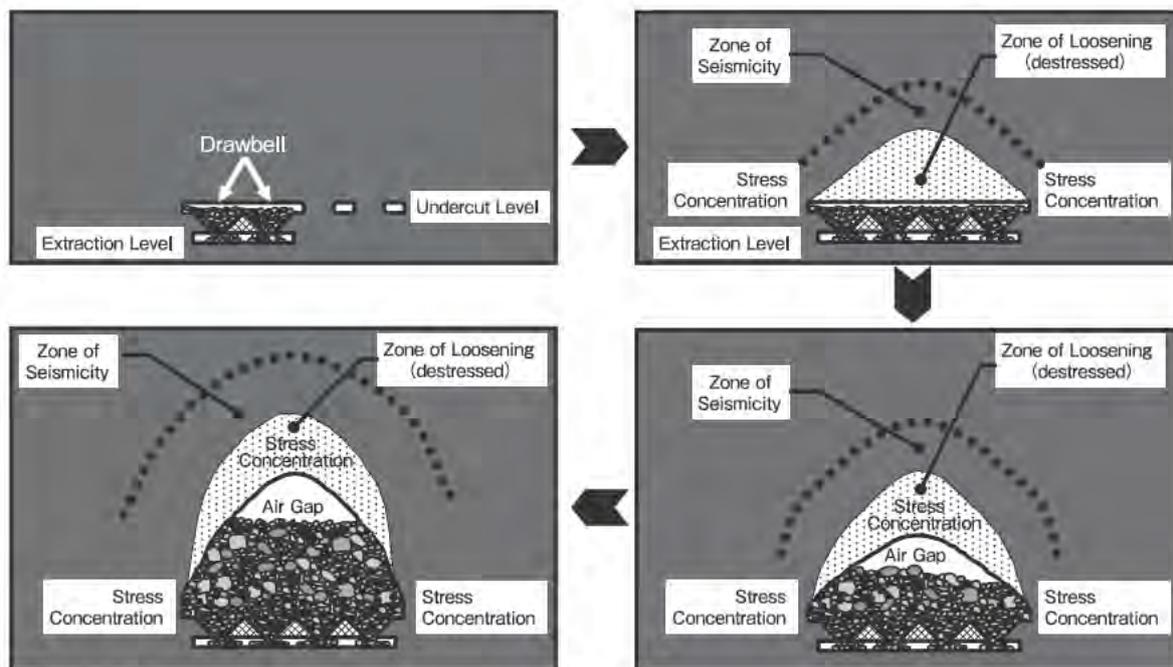
Wall)あるいは天盤(Roof)を支える。鉱石と上盤/天盤が強くて亀裂などが多く含まれていなければ、掘り残した鉱石、すなわち鉱柱(Pillar)だけで十分である。しかし、鉱石と上盤/天盤の強度が不十分で、亀裂を多く含む場合には、木柱や鋼柱など人工的な支え(支保、Support)を施して切羽の崩壊を防ぐ。時には、鉱石を掘り出した切羽を選鉱廃滓、ズリ、土石などで埋め戻す。すなわち、充填を行う。前者を無支保採鉱法(Unsupported Mining)、後者を支保採鉱法(Supported Mining)と呼ぶが、第三の採鉱法がケービング法(Caving)である。

ケービング法は、鉱石あるいは上盤/被覆岩(Cap Rock)を発破を使わずに、コントロールしながら(意図的に)崩落させる坑内採鉱法で、採掘が進展すると、地表陥没が発生する。石炭鉱山の大規模集約的な坑内採炭法として、長壁式採炭法(Longwall Mining)が普及しているが、自走柱と呼ばれる大がかりな支保で天盤を支えるので支保採鉱法と見なされることが多い。自走柱を前進させて採掘跡(石炭採掘では払跡)の天盤を意図的に崩落させるので、ケービング法と見なすこともできる。

3.2 Sublevel Caving

図10は、スウェーデンの坑内掘鉄鉱石鉱山であるKirunaで行われているSublevel Cavingを模式的に描いたものである。Kiruna鉱山はスウェーデン北部の北極圏内にあつて、世界最大の坑内掘鉄鉱石鉱山である。Kirunaの鉱石は燐(リン)を含んでいて鉄鋼原料に適していなかったが、1878年にイギリスでトーマス法が発明され、スウェーデン北部の鉄鉱石資源が鉄鋼原料として注目された。大消費地であるヨーロッパに近いという利点を持っている。難工事の末、1899年にノルウェイ領の不凍港ナルヴィックと結ぶ鉄道を完成させ、1910年、露天採掘が始まった。鉱床は傾斜が50°~60°、厚さが80m~160m、長さ4km、深さ2kmまで鉱床が続くとされている(Sainsbury and Stöckel, 2012)。冬季の厳しい気候も理由にあつて、1957年に坑内掘に早めに移行した。Kiruna鉱床の上盤側には、キルナの市街地が広がっており、採掘の影響が現れ始め、市街地の移転が検討されている。

Sublevel Cavingは、急傾斜の鉱体もしくは大規模鉱床に適しており、Kirunaのように、露天掘から坑内掘に移行する鉱山に事例が多い。鉱体の下盤(Footwall)から上盤に向かって鉱体を横切る水平な



資料：著者作成

図 11 Block Caving

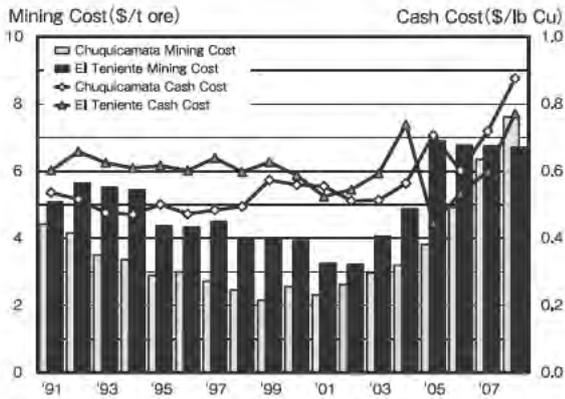
クロスカット (Crosscut) を掘さくする。クロスカットは千鳥型に配置されるが、2つ上位のクロスカットまで上向きの長孔穿孔を行って、各クロスカットの分担領域にある鉱石を発破し、上盤側から下盤側に後退しながら、鉱石の抽出を行う。上部から下部へと採掘が進んで鉱石を抜き取った空洞が大きくなると、上盤の崩落が起きて空洞を埋めるようになる。したがって、ある程度採掘が進むと、上盤の岩石が鉱石に混じって鉱石積込口に現れるので、予め決められた管理基準以上のズリが現れたならば、抽出を打ち切って下盤側に後退し、次の発破を行う。クロスカットの掘進、さく孔、装薬、発破、抽出を独立に行うことができるので、高度なシステム化が可能である一方、上盤の Cavability、長孔穿孔と発破の精度、鉱石抽出のコントロールと品位管理が要求されるので高い技術レベルが必要である。

3.3 Block Caving

Block Caving は第一次世界大戦後、アメリカ南西部の斑岩銅鉱床の採掘に使用され、低品位大規模鉱床に適した手法であることが認められた。その後、北米のモリブデン・赤鉄鉱・ニッケル・石綿鉱山、南アフリカのダイヤモンド鉱山などに用いられるようになった。

た。Sublevel Caving と異なり Block Caving は鉱石を発破するのは、Lift と呼ばれる鉱体 / 鉱画下部のアンダーカット (Undercut) を行うときだけで、アンダーカットレベルより上の鉱石は自重、上位鉱石の重量あるいは応力再分配によって破壊し、アンダーカットレベルから Drawbell を介して、抽出レベル (Extraction/Production Level) に流動する。Drawbell の底面、すなわち抽出レベルには、Drawbell に流入した崩落鉱石を抜き出すための出口が2カ所設けられていて、LHD が崩落鉱石を抜き取り、運び出す。この抜き取り口 (Drawbell の出口) をドローポイント (Drawpoint) と呼ぶ。図 11 に模式的に描いたように、ドローポイントからの鉱石の抽出を始めると、Drawbell 内の崩落鉱石がドローポイントに向かって動き出し、アンダーカットレベルに落ちていた鉱石が Drawbell に向かって流れ出す。アンダーカットの上にあった鉱石は支えを失って、亀裂が走り崩落を始める。鉱石の崩落が上部に伝わり、最終的には鉱体 (Lift) 全部とその上部にある被覆岩の崩落を起こして地表陥没を生じる。

Block Caving は坑内採鉱法の中で採掘コストが最も安い採鉱法であり、しかも、露天掘に匹敵する大規模生産が期待できる。図 12 は、チリの CODELCO 社が経営する露天掘の Chuquicamata と Block Caving



資料：Minecost.com のデータベースより作成

図 12 Chuquicamata と El Teniente のコスト比較

による坑内掘の El Teniente について、鉱石 1 トン当たりの採鉱コストと、銅 1 ポンド当たりの採鉱～選鉱～精鉱出荷コストに製錬 / 精錬手数料を加えたキャッシュコストを比較したものである。図 12 の “Mining Cost” は鉱石 1 トン当たりの採鉱コストであるが、露天掘の Chuquicamata の採鉱コストはズリの採掘コストも含んだ数字である。すなわち、鉱石とズリの採掘に要した全コストを鉱石の採掘量で除した数字である。1991 年～2008 年の間、Chuquicamata の剥土比は 1.5～2.5 の範囲で変動しているので、正味の鉱石採鉱コストは、図 12 から読み取れるものの 1/2.5～1/3.5 ということになる。図 12 より、この 2 鉱山に関しては、“Mining Cost (\$/t ore)” と “Cash Cost (\$/lb Cu)” は、Block Caving に必要なコストは露天掘なみに安いことが確認できる。

近い将来に、露天掘が経済的な限界に達すると予想されると、Block Caving による坑内採鉱の検討が始まる。その先駆といえるものが、表 2 や表 3 にリストアップされていない南アフリカ唯一の銅鉱山である Palabora である (Severin and Eberhardt, 2012)。1964 年から露天採鉱を始めたが、1996 年に坑内掘の開発を決定し、2002 年に露天掘を終了し、地表から 800m の深さにある露天掘ピット底から、さらに 400m の深さにアンダーカットレベルを設けた。2001 年から Block Caving を始め、2004 年に露天掘ピットに地表陥没を生じ、Block Caving への移行を完了した。当初は Cavability (後述) が悪いと予想され、鉱体の Footprint (底面積) も十分に大きいとは言えず、その成否に関心が集まっていた。

Aguayo らによる MassMin 2012 の講演 (Aguayo,

et.al., 2012) では、Chuquicamata のピットは深さ 800m で、1 日当たりのトラックによる総運搬距離は 35,000km に達するとのことであった。そして、2004 年の剥土比は 2.4 であったが、2009 年には 2.9 に増加し、このまま露天掘を続けると 2018 年には剥土比が 5 に近づくと予想している。2018 年に、Block Caving による出鉱を開始し、2025 年にはフル出鉱の 1 日当たり 14 万トン进行している。

インドネシアの Grasberg も、現在、露天採掘中の Grasberg 鉱床の下部を Block Caving によって採掘する計画を進めている。2004 年から、長さ 6km の鉄道トンネル並みの斜坑などインフラ工事が始まっている。現在、Grasberg は露天掘から 16 万トン / 日、DOZ 鉱床の Block Caving から 8 万トン、昨年出鉱を開始した Big Gossan 鉱床から 0.7 万トン / 日、合計で 24.7 万トン / 日の鉱石を掘り出している。2016 年に Grasberg は露天掘を終了し、完全な坑内掘鉱山に生まれ変わる。Grasberg Block Caving の Footprint は巨大で面積は 70 万 m²、ドロポイントが 2,400 カ所も必要となる。Grasberg 鉱床下部の Block Caving がフル生産に達するまで生産量が落ちるが、Grasberg Block Caving はフル生産の 1 日 16 万トンの達成を 2022 年に目指す (Brannon, et.al., 2012) (Casten, et.al., 2012)。Grasberg Block Caving 以外の坑内掘と併せると、1 日 24 万トンあまりという現在の生産量に回復する。

3.4 Cavability

鉱石や岩石が Caving 法に適しているか否かを Cavability (ケーバビリティ) という用語で表す。Cavability には、割れ目系・亀裂系の方向・密度とこれらの組み合わせが強い影響を持っていると考えられる。しかしながら、割れ目の間隔が密であり過ぎると、アンダーカットを始める前に流動が起きて開坑作業を困難にする。また、抽出レベルの維持も難しい。

Block Caving では、崩落のし易さだけでなく、崩落した鉱石が適度な大きさに砕かれること (破碎粒度: Fragmentation) も求められる。機械化の進んでいなかった初期の Block Caving では、鉱石は重力によって下部のレベルに自然に流動する程度まで、細かく破碎される必要があった。しかし、1976 年に操業を始めたアメリカ・コロラド州の Henderson モリブデン

鉱山は、その当初から LHD による鉱石の搬出システムを導入した。これがきっかけとなって、重機の搬出・運搬能力の大きさを生かして、Fragmentation の悪い鉱石（崩落鉱石の粒度が粗い）への適用範囲が広がった。

同じ Caving 法である Sublevel Caving に比べて、Block Caving の採鉱コストは安い。しかし、Sublevel Caving に比べると Block Caving の方が適用範囲が狭く柔軟性に欠ける。鉱石が崩落しにくい、ズリ混（周りの岩盤が崩れ鉱石に混入する現象）の恐れが多い、鉱床の Footprint が小さい、形状が不規則である場合などは、Sublevel Caving の方が優れている。露天掘から Block Caving に移行した鉱山の中には、部分的に Sublevel Caving を行ったり、Sublevel Caving から始めて、その後に Block Caving に移行したものがある。

Block Caving を適用する鉱床が深い場合には、水平地圧が大きくなって鉱石の崩落が阻害されると予想される。一方で、水平地圧は、露天掘ピットあるいは既存の崩落跡との間の相互作用による冠鉱柱の不安定性を招く可能性を高める。特に、世界最大の坑内掘鉱山である El Teniente では、山はねの問題が起きている。また、斑岩銅鉱床の宿命として、深部化とともに、二次鉱から初成鉱に採掘の対象が移るので、Cu 品位の低下が避けられない。斑岩銅鉱床の鉱石は網目状に亀裂が発達していて、熱水の通った後に銅鉱物が沈着したものである。一般に、初成鉱の方が亀裂の発達が少なくなるので、Cavability が悪く、Fragmentation が劣化する傾向にある。

重機による抜鉱により Block Caving の適用範囲は広がったが、Cavability と Fragmentation は以前よりも劣化する傾向にある。この対策として、対象鉱体の Pre-conditioning がある。Pre-conditioning は、Caving の対象となっている鉱体に対して、長孔さく孔を行って爆薬を装填（そうてん）し、起爆する。一般の発破は鉱石・岩石を砕くことを目的とするが、Pre-conditioning の発破は拘束下の発破（Confined Blasting）であるため亀裂の生成が目的である。もう一つの手法は、水圧破碎（Hydraulic Fracturing）である。生産力が減退した原油坑井を再生させるため、アメリカで油層に人工的な亀裂を水圧破碎によって発生させたのが起源とされる。水圧破碎は坑井 / ボアホールの亀裂を発生させたい区間の両端をパッカーで封印し、水圧をパッカー間に作用させて坑井・ボアホー

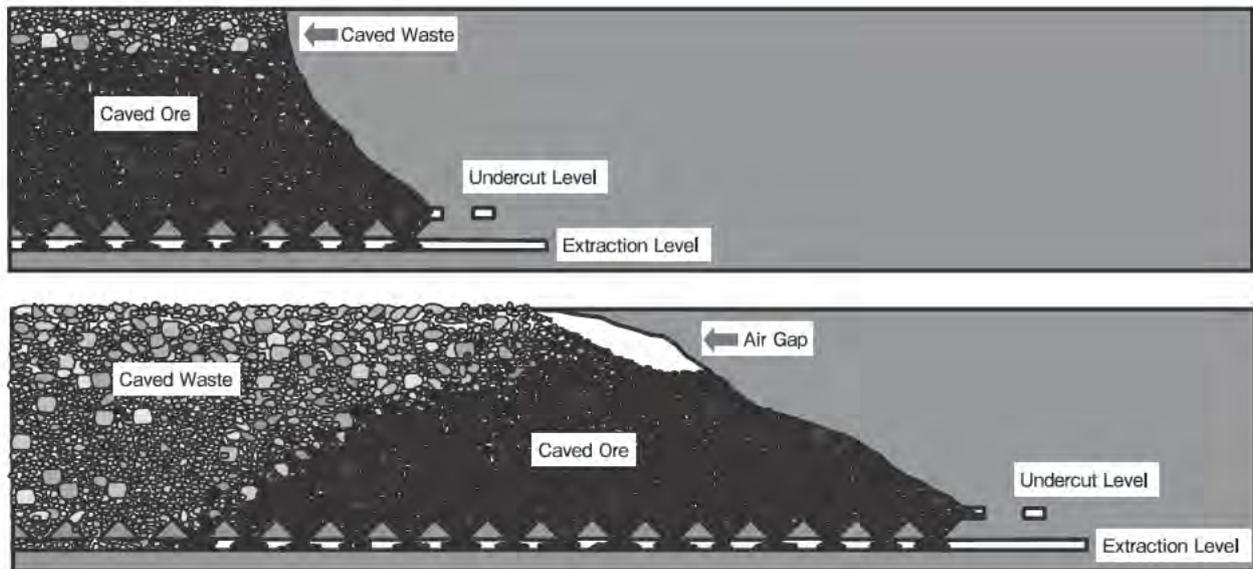
ルの孔壁に亀裂を作り、水圧をさらに作用させて亀裂を地層内部に成長させる。日本では地熱資源の開発に用いられたが、近年、注目を集めているシェールガスの開発でも、浸透率の低い頁岩（けつがん）層を水圧破碎によって人工的に亀裂を入れ天然ガスの回収を促進させるために使われている（Catalan, et.al., 2012）。

Block Caving は、一般に、アンダーカットの開始からフル生産まで数年を要する。この期間を Block Caving では“Ramp-up”と呼んでいるが、“Ramp-up”の期間を短縮し、同時に Fragmentation を向上させ Cavability を改善するため、Pre-conditioning を積極的に導入する傾向がある。Cadia East 鉱床の Block Caving でも、鉱床が深くアンダーカットレベルが地下 1,200m となるので、水圧破碎と長孔発破を先行して実施した。21 本のボーリング孔を掘削し、水圧破碎により 1,182 枚の亀裂を発生させた。また、23 孔で 75 トン強の爆薬を使った長孔発破を実施した。

3.5 Panel Caving

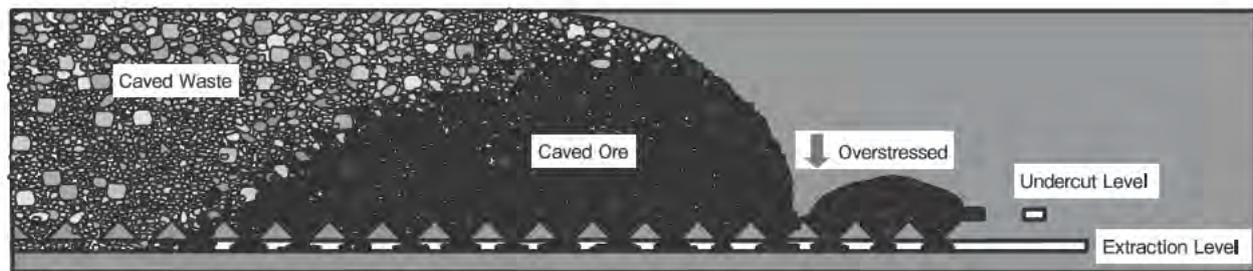
Block Caving の対象となっている鉱床が十分に大きい場合には、アンダーカットが進んでケービングが誘導され、ケービングが地表まで達した後も、Block Caving を続ける。これを Panel Caving と呼んでいる。図 13 の上の図は、鉱石の抜鉱を続けると鉱床上部の岩石（被覆岩）も崩落を始め、地表までケービングが伝わった状態を示している。地表陥没が起きると、後述する Air Blast の危険性がなくなり、Block Caving の操業は安定化する。Panel Caving が適用できる鉱体は、図 13 の下の図にあるように、同図では鉱体の右へ、アンダーカットを続ける。ドロポイントにズリが出現するとそのドロポイントからは抽出を終了する。下図の左側の状態である。鉱石の抽出をうまくコントロールして、早期のズリの出現を避け、Air Gap の発生に注意しながらアンダーカットを続ける。

前述した Cadia East で、Panel Caving の対象となっている鉱体が二つあるが、そのうちの一つは、Footprint の幅が約 250m、長さが 1,200m、ケービング高さが 800m となっている。モンゴルの南ゴビ州で、Oyu Tolgoi という名の鉱山が操業を始めようとしている。露天掘と Panel Caving による坑内掘を予定している。アンダーカットの深度は約 1,300m で、鉱体の Footprint は 200m × 1,200m の広がりを持ち、



資料：著者作成

図 13 Panel Caving



資料：著者作成

図 14 Henderson で発生した抽出レベルの崩壊

Caving の誘導に十分な大きさを持っている (Sinuhaji, et al., 2012)。Cadia East も Oyu Tolgoi も、地表まで 1,000m を超える高さの鉱体と被覆岩を崩落させようというもので、その成否が注目される。

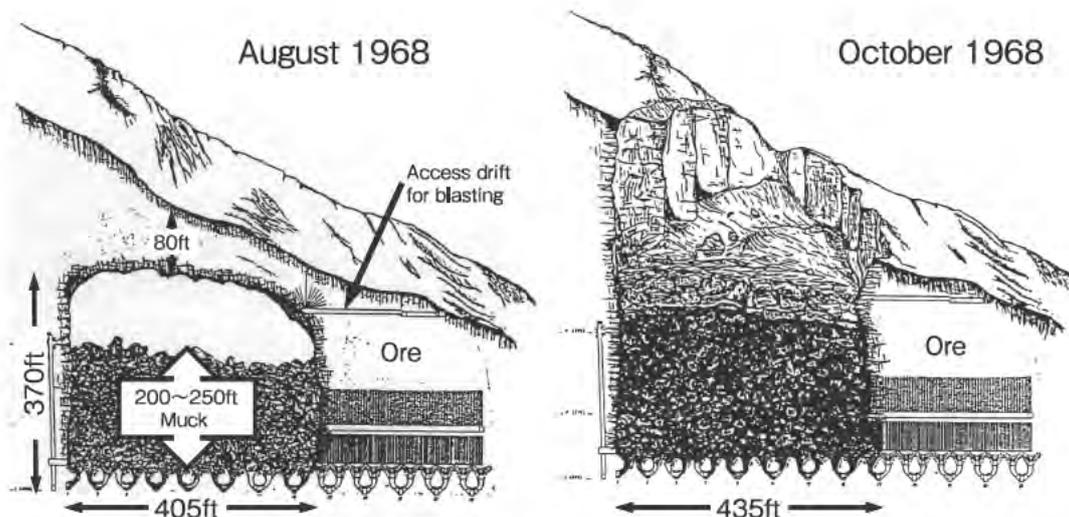
アメリカの Henderson は Panel Caving を行っているが、抽出レベルを保護していた鉱柱が合計で 90m 近くが崩壊し、2010 年 3 月から 11 カ月間、崩壊箇所周辺の操業がストップした (Carlson, et al., 2012)。モリブデンの需要増加 (価格高騰) に応えるため、従来の Panel Caving 領域の外側、低品位のために採掘の対象となっていなかった部分へアンダーカットを拡大させることになった。抽出レベル崩壊の原因は明確となっていないが、低品位鉱石は強度が強いため、図 14 にあるようにケーピングを起こさなかった。周りの鉱石のケーピングが進んで、低品位鉱石部分が取り残され、過重な荷重が鉱柱に作用し大崩壊を起こしたと推定されている。鉱石・ズリである岩盤の性状はそ

もそも不均質であるから、いままで順調に進んでいても、突然、予期しなかった障害にぶつかるリスクが存在する。Henderson の場合、ドローポイントをコンクリートで充填 (じゅうてん) し、抽出坑道の鉱柱をロックボルトで補強し、生産の再開に成功した。しかし、抽出レベルの放棄につながる危険性ははらんでいた。

3.6 Block Caving が抱えるリスク

Block Caving は露天掘に匹敵する低コスト・大規模生産を可能とする。しかし、ケーピングを維持し制御することは難しく、採鉱にシステムの柔軟性がない。また、Cavability が好ましくなかったり、抽出コントロールに失敗すると、生産中断の危険性 (リスク) が高くなる。

図 15 はアメリカ・コロラド州の Urad 鉱山で発生した大崩壊の様子を描いたものである (Kendrick, 1970)。Urad は、1976 年に操業を開始した前述の Henderson に隣接した地域で、輝水鉛鉱 (MoS_2) を、



資料：Kendrick, 1970に掲載された図面より作成

図15 Uradで発生したケービング停止と大崩壊

1960年代にBlock Cavingで採掘していた。図15に示した鉱体（鉱量約1200万トン、品位0.3% Mo、120m幅×360m長×300m高）の採掘が1967年7月より始まった。しかし、ケービングが地表に届かない状態が続いたので、長孔発破などを試みた。図15の左の図は大崩落が起こる2カ月前の状態、約24mの厚さを持った岩盤アーチが残っていた。アーチは発破で落ちず安定していたが、1968年10月、大崩壊し、圧風/爆風（Air Blast）を発生させ、厚さ60～75mと推定される崩落鉱石の堆積物を突き抜け、坑内に残っていた人員・機材をなぎ倒し、直径約150mの陥没跡が生じた（図15の右）。

Ross and Van As (2012) は、Block Caving 鉱山が経験した鉱山災害の大きなものとして、Air Blast、Mudrush（泥流突出）、Inrush（不時出水）をあげている。Mudrush/Inrushは坑外あるいは坑内にたまった泥や水が、Block Cavingの抽出レベル、ドロポイントにあふれ出すことによって、人員・機材に被害を及ぼすことを指す。集中豪雨に見られる鉄砲水・土石流と同じで、泥をとまなうものをMudrushと考えてよい。これらは、Block Cavingに固有な災害ではなく、坑内掘鉱山に起こりうる災害であるが、Block Cavingは地表陥没を伴うので、起こりうる可能性が高いといえる。1970年にザンビアのMufilira鉱山では、廃滓（はいさい）ダムが地表陥没の影響を受け、泥水45万m³が坑内に流入し89名が犠牲となっている。インドネシアのGrasbergは南緯4度の赤道近く

にあり、標高4,000mの山岳中にあるため、年間3,000～5,000mmの降水量を持つ。Grasberg坑内掘はたびたびMudrushに襲われている。そのため、ドロポイントからの鉱石抜き出しに遠隔操作のLHDを使用している（Jakubec, et.al., 2012）。

Ross and Van As (2012)によれば、最近100年間で、複数の犠牲者を出したAir Blastが報告されているのは、Uradとオーストラリア・NSW州のNorthparkesの2件だけである。2件で9名の犠牲者が出た。Block Cavingを行っていたNorthparkesのE26/Lift 1でAir Blastが発生し、4名が亡くなったのは、1999年11月24日であったが、南米チリのSalvadorで同じ年の12月5日にAir Blastを伴う崩落があったが、犠牲者は出なかった。

NorthparkesのE26鉱体の上部Lift 1（高さ480m）のアンダーカットは1995年に始まったが、1997年9月にアンダーカットが終了しても地表までケービングが伝わらず、アンダーカット終了によってケービングも停止した。その後、1,500回の水圧破碎で250～300万トンの崩落を誘導した。また、長孔発破によって、さらに、270万トンを崩落させたが、ケービングは地表に達するまでに至らなかった。しかしついに、1999年11月24日、大崩落が起き地表陥没を引き起こした。崩落量は1,300万トン、Air Gapの体積は400万m³と推定されている。

Air Blastはまれな災害であるが、ケービングが地表に達するとき起き、地表陥没はBlock Cavingで

避けることのできないものであるから、Air Blast 発生リスクを必ず伴っている。鉱体の中を伝わるケーピングによって、鉱石・岩石が破壊し微小地震を発生するのでケーピングの進展を観測できる。もっと、直接的には空孔 (Open Hole) を掘さくしておき、これらから、ケーピングの高さ、崩落した鉱石堆積物の高さなどを観測する。これらモニタリングと Pre-conditioning によって、Air Blast の危険性/リスクを回避/抑制する。

4. わが国の資源開発技術の可能性

わが国の資源開発企業を育てた国内の鉱床は中小規模で、マス・マイニングの対象となる大型の鉱床は存在しなかった。しかし、小柴・東京大学特別荣誉教授のノーベル物理学賞受賞につながったニュートリノ観測は岐阜県神岡鉱山の地下 1,000m の大空洞で行われた。現在、観測規模を大幅に拡大し、100 万 m³ を超える空洞を掘さくする計画が進んでおり、わが国の技術者にも大空洞掘さく技術が受け継がれている。また、秋田県北部の黒鉱鉱山で培われた軟弱岩盤中の高品位鉱床の採鉱技術、札幌近郊の豊羽鉱山で行われていた岩盤温度が 100 度を超える高温岩盤中の高品位鉱床の採鉱技術、土木分野のトンネル掘進機やシールド掘進機、炭鉱の保安技術など、海外の鉱山へ適用できる技術を有している。また、複雑鉱の選鉱技術、世界トップレベルの坑廃水処理技術も見落とせない。今後、良質な鉱石が不足し、低品位化が進む一方で、有害元素・放射性元素を持つ鉱石が増えると予想される。わが国の選鉱・環境技術は、これら難処理鉱の現地処理にも生かされるはずである。資源開発技術について、現在の潮流を見てきたが、わが国の資源開発技術が活躍できる余地が多く残っている。

最後に、鉱山のコストデータを快く提供された東京大学 大学院工学系研究科の村上 進亮准教授に謝意を表す。

参考文献

Aguayo, A., et.al., 2012 : "Multi-lifts Production scheduling at the Chuquicamata Underground project", Proc. of MassMin 2012 (Sudbury)
 有沢 広巳, 1994 : "日本産業史", 日本経済新聞社

Brannon, C.A., et.al., 2012 : "Design Update of the Grasberg Block Cave Mine", Proc. of MassMin 2012 (Sudbury)
 Brown, E.T., 2004 : "Geomechanics: The critical engineering discipline for mass mining", Proc. of MassMin 2004 (Santiago), pp. 21-36
 Carlson, G.K., et.al., 2012 : "Henderson's Successful Rehabilitation of a Collapse Production Drift: A Case History", Proc. of MassMin 2012 (Sudbury)
 Casten, T., et.al., 2012 : "PT Freeport Indonesia - Transitioning to 240,000tpd from Underground Mining An Overview", Proc. of MassMin 2012 (Sudbury)
 Catalan, et.al., 2012 : "An "Intensive" preconditioning methodology developed for the Cadia East panel cave project, NSW, Australia", Proc. of MassMin 2012 (Sudbury)
 Jakubec, J., et.al., 2012 : "Mudrush Risk Evaluation", Proc. of MassMin 2012 (Sudbury)
 Kendrick, R., 1970 : "Induction Caving of the Urad Mine", Mining Congress Journal, Vol.56, pp.39/44
 日本メタル経済研究所, 2012 : カッパー データブック 2012 年 4 月
 PPC, 2011 : "チリ国「カセロネス銅・モブデン鉱床開発プロジェクト」の投資額について", <http://www.ppcu.co.jp/news/index.html>
 Ross, I.T. and VamAs, A., 2012 : "Major Hazards Associated with Block Caving", Proc. of MassMin 2012 (Sudbury)
 Sainsbury, B-A and Stöckel, B-M, 2012 : "Historical Assessment of Caving Induced Subsidence at the Kiirunavaara Lake Orebody", Proc. of MassMin 2012 (Sudbury)
 澤田 賢治, 2005 : "銅鉱業における採鉱活動の役割と戦略", メタル経済研究所報告書
 Severin, J.M. and Eberhardt, E., 2012 : "Influence of Stress Path during the Transition from Open Pit to Block Cave Mine: A Palabora Example", Proc. of MassMin 2012 (Sudbury)
 Sinuhaji, et.al., 2012 : "The Development of Lift 1 Mine Design at Oyu Tolgoi Underground Mine", Proc. of MassMin 2012 (Sudbury)

Global Trends on Resource Nationalism

Divya Reddy*

Director

Global Energy & Natural Resources

Eurasia Group

** Please note that the views expressed in this presentation are my own, and do not necessarily represent the opinion of Eurasia Group.*

** Divya Reddy is the head of Eurasia Group's Global Energy & Natural Resources practice. She covers metals and mining, biofuels, and climate change. Divya holds a master's degree from Georgetown University. Prior to joining Eurasia Group, she worked at the Council on Foreign Relations and at Bear, Stearns & Co.*

1. Introduction

Governments across the globe are reassessing their policy priorities to ensure growth while addressing fiscal imbalances that emerged during the downturn that followed the 2008 financial crisis. In this context, several governments in minerals-rich countries have taken a more interventionist approach to the mining sector in recent years, which had been enjoying record profits on the heels of surging commodities demand from emerging Asia. The combination of a booming resources sector and weaknesses in other parts of the economy fuelled populist pressure and resource nationalist policies targeted at mining companies in both emerging and industrialized countries alike.

At the same time, governments will have to balance their desire to extract more revenue from the mining sector to fund their budgetary priorities against a need to maintain an overall investor-friendly environment that ensures ongoing investment, revenues, and job creation in the sector. So while headlines would suggest a blanket wave of resource nationalism in the mining sector globally, the reality is more nuanced, and varies considerably from country to country depending on domestic political and economic conditions.

An analysis of recent trends in the mining sector globally suggests that governments continue to pursue resource nationalistic policies, but are now forced to undertake closer consultation with mining companies to ensure a more pragmatic approach to policy changes. Looking ahead, a further downturn in commodities prices will tilt the power balance in the direction of mining companies, which will have more leverage to push back against onerous new fiscal terms. However, a recovery in prices—especially during a period of ongoing uncertainty in the global economy—could very well bring a new round of resource nationalist moves by governments.

2. Definition and drivers

Resource nationalism can be broadly defined as action by a host government to increase the state's share of rents from the domestic natural resources sector, on behalf of domestic interests—whether national champions, political elites, or the public as a whole.

Resource nationalism can take several forms, but generally falls under five categories: changes to taxes and royalties; revisions to regulatory regimes; changes to contract terms, including to ownership structures (this could entail nationalization as an extreme outcome); promotion of national champions at the expense of foreign investors; and domestic market obligations or beneficiation requirements to promote industrial policy goals.

Fundamentally, a number of factors drive resource nationalism in the mining sector and offer useful signposts for companies to monitor when assessing their exposure to this type of risk. These include:

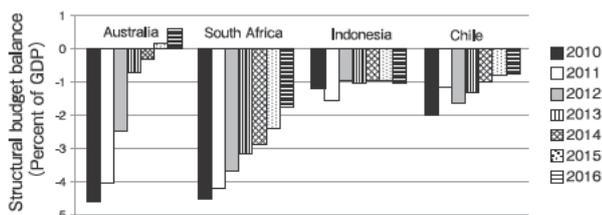
- The fiscal position of the government, which informs how much of its budget needs to be financed with additional revenues from the sector
- The role of the mining sector in the economy, which indicates the degree of a government's revenue dependence on mining companies
- The broader commodities price environment—during periods of high prices, governments are more inclined to extract greater rents
- An administration's track record, which provides an indication of how populist or investor-friendly it is
- The presence (and clout) of a national mining champion that might seek a greater share in mining activities
- The level of development of a country—very poor countries with historic underinvestment might offer more favorable investment terms, whereas developing countries that have seen a recent spate of investor interest might be more inclined to extract more rents from the

sector

- Dynamics between the central government and states, as well as sectarian tensions, will dictate the level of sub-sovereign pressures a company might experience

3. Outlook under current commodity price environment

In practice, governments in recent years have been pursuing “pragmatic” resource nationalism by paying more attention to balancing their fiscal take while also ensuring ongoing investment into the mining sector. In contrast to previous bouts of resource nationalism, governments are more sensitive to the downside of the commodities price cycle and concerned with maintaining global competitiveness. As such, resource nationalist policy changes pursued by governments in the past two years have generally not driven away investment, but that condition will depend heavily on whether commodities prices are able to hold up. As commodities prices have fallen from their 2011 highs through 2012 and into 2013, governments, while not backing away from resource nationalism, will be even more likely to ensure that their policies remain pragmatic and moderate. Yet the mining sector will continue to contend with additional resource nationalist policies as amid weaker economic conditions, mining companies are still viewed as generally profitable and therefore will still be seen as an easy target for additional revenue extraction.



Source: International Monetary Fund, World Economic Outlook Database, April 2012

Figure 1: Structural budget balance, select producing countries

4. Recent examples of resource nationalism

Since a surge in minerals demand primarily from a rapidly growing China drove a major upturn in the commodities price cycle starting in 2009, governments have since passed a number of resource nationalist policies to increase their revenues from a profitable mining sector. As a review of some of these policies suggest, however, policymakers have generally strived to strike a pragmatic balance between additional fiscal or regulatory demands and

ensuring a favorable investment environment. Nonetheless, each country’s policies will primarily be driven by domestic political, economic, and social realities, so the degree of resource nationalism will vary from country to country.

Australia:

Australia is generally considered to have one of the most transparent and stable regulatory regimes for mining. Yet even developed countries like Australia are not immune to resource nationalist policies. After her election in 2010, Prime Minister Julia Gillard made returning the budget to surplus a top priority for her government. In order to achieve that goal, the government passed a Minerals Resource Rent Tax (MRRT) on large iron ore and coal companies, which passed in late 2011 and took effect in July 2012. The MRRT, however, is actually a significantly milder version of former Prime Minister Kevin Rudd’s original and highly unpopular Resource Super Profits Tax. Gillard’s revisions, which came about following intense negotiations with Australia’s three largest miners—BHP Billiton, Rio Tinto, and Xstrata—included slashing the headline tax rate and raising the profits threshold at which the tax takes effect. The negotiated settlement on final terms demonstrated a more pragmatic approach taken by the Gillard government compared to her predecessor’s proposal. Yet, Australia’s move in this direction can be viewed as the trigger for the most recent bout of resource nationalism globally as it provided other countries with the confidence to pursue similar measures.

Peru:

Recent developments in Peru offer a clear example of pragmatic resource nationalism. During the campaign season leading up to June 2011 elections, then-candidate Ollanta Humala promised to extract greater rents from the mining sector through the imposition of a windfall profits tax. Humala’s rise rattled investors and led to concerns about a major tax grab. After assuming office, though, Humala pursued close negotiations with mining companies and in late August announced an agreement with mining companies on additional taxes. The government shifted away from a royalty system based on sales to one based on operating profits, a move supported by the industry. Companies without stability agreements would pay between 1% and 12% of profits, while those that previously signed stability contracts pay a special mining burden tax of

between 4% and 13.2%, depending on operating margins. The overall tax level and the government's willingness to consult with mining companies shows a degree of moderation and restraint that eased investor concerns.

Chile:

Nationwide demands for increased social spending prompted Chilean President Sebastian Pinera to introduce a tax reform package last year that hiked the corporate tax rate from 17% to 20% indefinitely (following a temporary hike to fund earthquake reconstruction that was set to expire in 2013). This move was preceded by developments in 2010 when the vast majority of medium- and large-sized mining companies voluntarily agreed to pay higher royalties for three years in return for a six-year extension of the tax stability period that began in 2005 and ran through 2017, also to fund reconstruction. Through this deal, mining companies can lock in a 4%-5% royalty rate through 2023 and avoid a variable rate of 5%-14% from 2018 onward, depending on operating margins.

Indonesia:

In March 2012, the Indonesian government announced the decision to force foreign mining companies to divest at least 51% of their ownership within 10 years of starting operations. The announcement illustrates the growing trend toward resource nationalism in Indonesia that is likely to increase ahead of 2014 elections and probably continue beyond. The government has also embarked on full scale contract renegotiations with mining companies to increase government revenue by altering royalty schemes. In addition, the government imposed a 20% export duty that took effect in May 2011 on 65 categories of unprocessed ore to promote more domestic value-added processing, but that measure was struck down as unconstitutional by the Supreme Court. More recently, prompted by fears over a loss of revenues from falling exports, the government backed away from plans to ban exports of low-calorie coal (meant to promote domestic processing), although eventually the government will move to limit exports in favor of domestic consumption.

Zambia:

Despite more populist rhetoric during the election campaign in 2011, Zambian president Michael Sata did not steer Africa's top copper producer toward aggressive

resource nationalism that had concerned investors. In particular, Sata decided to forego a dreaded windfall profits tax, which was viewed as the most onerous option on the table by mining companies. In the end, Sata's consultations with mining companies, donors and tax experts convinced him that a royalty increase would be more palatable to investors and easier to enforce. While the chamber of mines wanted to hold the royalty increase to one percentage point, the Sata government opted for doubling royalties from 3% to 6% after extrapolating likely impacts on miner profits.

5. Future trends in resource nationalism

Looking forward, despite a more recent downturn in commodities prices, governments across the world continue to eye additional revenues from the mining sector through forthcoming resource nationalist policies. Future measures, however, will have to contend with a more credible risk of investment withdrawals by mining companies.

Democratic Republic of Congo (DRC):

Resource nationalism will likely be a significant problem for copper producers in the DRC, where the government will try to pass a tough new mining code this year, when the current mining code's stabilization period expires, with higher royalties and taxes likely. State equity stakes in future projects could be modeled on Guinea's recent changes to grant the state 15% free-carry in projects and the option to buy an additional 20%. On top of this, weak rule of law and widespread corruption produces an extra layer of provincial rents (in part because the central government refuses to let producing provinces retain 40% of their revenues, as stipulated in the constitution).

Brazil:

The Dilma Rousseff government is poised to shortly present its new regulatory framework for the mining sector, probably through an executive decree. The proposed changes will increase state control over the sector by imposing stricter timeframes for investments and requirements for value-added processing and minimum local content. In addition to nearly doubling current royalty rates, probably through a sliding scale mechanism allowing for variations based on mineral category, the administration is also expected to broaden the sector's tax base and create a special participation tax, which would go directly to the federal government.

India:

The Indian government is hoping to introduce the Mineral Development and Regulation (MMDR) Act to parliament this year, although it is currently stuck in a standing committee amid broader parliamentary gridlock. The bill requires coal mining companies to share 26% of their profits with local communities, while miners of all other categories of minerals must share an amount equal to 100% of their royalty payments. This profit-sharing provision, which could add material costs to companies' operations, is intended to ease access to vast mineral deposits where mining activities have resulted in clashes with indigenous communities, particularly in eastern coal mining states.

Mongolia:

Mongolia is also seeing a rise in resource nationalism, with parliament considering an onerous mining law that will apply to new projects at some point after the June presidential election and the government maintaining pressure on Rio Tinto's Oyu Tolgoi project. The government is demanding Rio Tinto explain cost overruns at Oyu Tolgoi, and more extreme lawmakers are advocating contract revision. The debate will play out in the near term, and while Rio Tinto could face tax revisions, changes to the mine's ownership structure are not likely. The new Minerals Law will expand the state's role in the extractive sector and give the government more authority to dictate the terms of future mining agreements. While President Ts. Elbegdorj champions the law, ultimately compromise on some of the more onerous proposals currently in draft form is likely as the government will need to seek approval from opposition parties to pass it.

South Africa:

In addition to a major uptick in labor unrest, while South Africa has shaken off the specter of outright nationalizations in the mining sector, the government is planning to make amendments to the Minerals & Petroleum Resources Development Act that will probably take a least a year to move forward. The revisions will introduce explicit beneficiation requirements and export restrictions as part of its designation of certain minerals like coal and iron ore as strategic commodities.

Mozambique:

Revisions to Mozambique's 2002 Mining Law are currently before the cabinet, and the legislation should pass through parliament by June 2013. The revised law is unlikely to introduce significant changes to the fiscal regime, leaving existing royalty rates and mining taxes unchanged. It does, however, attempt to limit miners' exclusive rights to exploration and production by shortening the duration of exploration licenses and requiring production to commence within 48 months of granting a concession. It may also increase the domestic ownership requirement in new mining ventures from 5% to 10%. This domestic ownership requirement is toward the lower end of the 5% to 20% range for domestic ownership included in the 2011 Public Private Partnership law, helping to placate foreign miners' concerns about the scope of local participation.

6. Implications

An analysis of the above case studies on both recent and upcoming examples of resource nationalism suggests that governments across the board will continue to attempt to extract higher rents from the mining sector. In particular, as long as global economic conditions remain relatively weak and governments look to plug budgetary shortfalls as a result of more fiscal stimulus, the mining sector will continue to be an attractive target for additional revenues.

Nonetheless, especially in light of weaker commodities prices since 2011, governments will be more sensitive to squeezing companies too much and driving away much-needed investment. As companies announce further spending cuts and project cancellations, these worries for governments will grow. As a result, resource nationalist policies applied with moderation and a pragmatic approach that ensures ongoing investment in the sector will generally prevail. At that point, companies will need to make assessments on projects based on the cumulative cost profile as well as market conditions and profitability.

It should also be noted that each country will offer a unique set of risk circumstances based on its political, economic, and social situation. Given that the types and degree of resource nationalism can vary substantially, understanding the specific political and economic characteristics of each producing market is critical for mining companies to assess their level of exposure to this type of risk.

金属鉱業界が直面する技能労働者不足

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
バンクーバー事務所副所長 片山 弘行

(かたやま ひろゆき) 1971年京都市生まれ。京都大学工学部資源工学科卒業、京都大学大学院工学研究科資源工学専攻修士課程修了。1996年に前身の金属鉱業事業団に入団後、主として国内非鉄金属探鉱、探鉱技術開発に従事。2002～2003年、米国ユタ大学留学。金属鉱業事業団から独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構に改組後の2004年からは、海外非鉄金属探鉱に従事。主として物理探査および資源量評価、北米のJV探鉱案件を担当。2010年からバンクーバー事務所駐在、北米の金属鉱業に関する投資環境などの情報収集・分析、北米探鉱案件の発掘・評価などを実施。

CONTENTS

1. 現状分析
2. 今後の動向
3. 産学官の取り組み
4. まとめ

中国など新興国の旺盛な金属需要を背景に、2000年以降、世界各地で資源獲得競争が激化し、それに伴い資源関連の人材獲得競争も激しさを増している。

資源開発は学際的な側面が強く、その開発にあたってはさまざまな技能を有する労働者や技術者が必要とされるが、カナダや豪州といった資源国では、世界的な人材獲得競争の激化も相まって、これら技能労働者の不足が深刻化している。その背景には、資源産業が低迷していた1990年代にこれら技能を有していた労働者の多くが金属鉱業界から離職、また新たな人材を育成すべき大学も資源教育を縮小したことなどにより、資源産業に新たに供給される人材が減少していたことが大きな要因とされる。さらには、熟練技能労働者である第二次大戦後間もないベビーブーム世代の退職により、今後、金属鉱業界における技能労働者不足はより深刻度が増すと予想されている。このようなことから、産業界のみならず、鉱業を自国経済の柱としている資源国政府にとっても、世界における競争力を維持するための技能労働者の不足解消は重要な問題と認識されている(片山, 2012)。

本稿では、資源国のうちカナダを例に、深刻化する鉱業部門の技能労働者不足の現状と今後の動向、さらには技能労働者不足の解決を目指した産学官の取り組みについて概観したい。

なお、本稿は筆者個人の見解を示すものであり、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構の見解ではないことを付記しておく。

1. 現状分析

1.1 カナダ鉱業部門における雇用情勢

カナダ鉱業協会(Mining Association of Canada)によると、カナダ国内における金属・非金属鉱業部門の雇用者数は約32万人(表1)であり、これは労働者の54人に1人が金属鉱業に従事している計算となっている。このうち、鉱業・砕石業は約57,000人で、約27,000人が金属鉱業、約23,000人が砕石などの非金属鉱業、約7,000人が石炭鉱業に従事している(Mining Association of Canada, 2012)。

表1 カナダにおける金属鉱業関連の労働者数(単位:人)

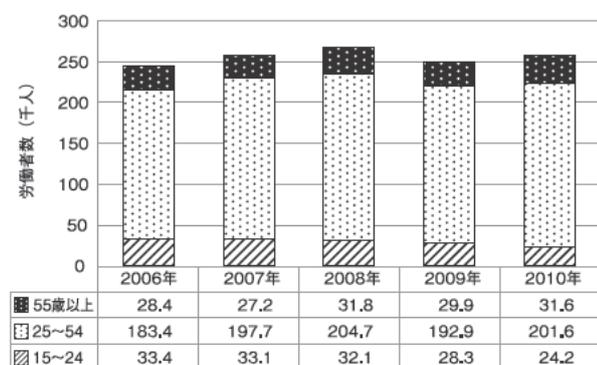
	鉱業・ 砕石業	非金属 鉱物 製造業	未加工金 属製造業 (製錬業)	加工金属 製品 製造業	金属鉱業 関連合計
2009年	52,429	48,711	59,413	147,808	308,361
2010年	52,532	49,687	61,098	144,485	307,802
2011年	56,669	49,405	61,845	152,378	320,297

資料:F&F 2012, The Mining Association of Canada

石油部門も含む資源産業全体に従事する労働者の年齢構成を見ると、2010年時点では全体の12.3%に相当する31,600人が55歳以上となっている(図1)。鉱業部門の平均退職年齢(59.5歳)が全体平均(62歳)よりも若い傾向を勘案すると、今後1～3年で約30,000人が退職する計算となる。

カナダの鉱業部門は他業種と比較して平均賃金が高く(表2)、賃金面だけを見ると非常に魅力のある業種ではあるが、女性や移民の就業率は他業種と比べて著しく低い。一方で、多くの金属鉱山は、先住民が伝

統的に狩猟・採取・漁労活動で利用してきた土地に位置することが多く、その補償の一環としての先住民雇用が鉱山開発の鍵となることから、他業種と比較して先住民就業率が高いことに特徴を有する（表3）。



資料：CANSIM Table 282-0008, Statistics Canada

図1 資源産業に従事する2010年世代別就業者数

表2 カナダにおける産業部門平均別賃金（CAN\$/週）

	林業	鉱業	製造業	建設業	金融・保険業
2009年	853.28	1353.08	917.07	1048.51	1035.97
2010年	948.38	1425.06	960.43	1066.08	1049.45
2011年	974.12	1436.44	981.45	1091.42	1064.35

資料：F&F 2012, The Mining Association of Canada

表3 就業者全体に対する割合

	鉱業部門	産業全体
女性	14%	47%
移民	8.70%	21%
先住民	6.75%	3.07%

資料：Canadian Mining Industry Employment and Hiring Forecasts 2011, MiHR

1.2 技能労働者不足から想定されるリスク

監査法人大手のErnst & Youngは、例年、金属鉱業におけるビジネスリスクをランキング形式で発表している。近年、世界各国で鉱業ロイヤリティなどの課税強化、原材料輸出から高付加価値製品輸出への強制など、いわゆる資源ナショナリズムの高揚が顕著であり、最新版の「Business risks facing mining and metals 2012-2013」においても、この資源ナショナリズムはビジネスリスクの第1位として挙げられている。しかしながら、技能労働者不足も顕著なビジネスリスクとして過去数年にわたって上位を占めており、

最新版においても第2位にランク付けされている。

報告書では、技能労働者不足がもたらす影響として、鉱山からの生産量の減少、プロジェクトの遅延・中断、雇用コストの上昇、労働市場のグローバル化に伴う海外労働者受け入れと国内・地元雇用を優先する政府・コミュニティとのあつれきが懸念されるとしている（Ernst & Young, 2012）。

2. 今後の動向

カナダ鉱業部門が直面する人的資源問題について、各ステークホルダーと強調して啓発活動を行っている業界団体の鉱業人材協議会（Mining Industry Human Resources Council、以下 MiHR）は、その活動の一環として2011年に発表した労働市場予測（Canadian Mining Industry Employment and Hiring Forecasts）において、2011～2021年の今後10年間で金属鉱業部門が必要とする労働者数を分析している。

本報告書によると、カナダ鉱業部門における雇用情勢は金属価格と強い相関があり、新興国の需要に基づく金属価格の高値推移を想定すると、技術革新による生産性向上を勘案しても、今後10年は引き続き安定的な雇用が期待されるとしている。一方で、今後10数年かけて起こるベビーブーム世代（およそ1946～1965年頃誕生）の退職を受けて、新たに金属鉱業部門が雇用しなければならない労働者数は、これら退職者の充足分と合わせて、2021年までの累計で約112,000人と推定している。すなわち金属鉱業部門は、10年間で10万人以上の新たな労働力を確保しなければならないこととなり、人材の確保が継続的に必要であることが示されている。

さらに本報告書では、鉱業部門が求める人材のうち、どの技能・職種が必要とされているかを分析している。表5にカナダにおいて今後10年間で必要とされる職種別雇用者数予測の上位3種を示す。本予測では重機オペレータなど採掘現場で必要とされる技能を有する労働者が最も必要とされている。本表に示す上位3職種のみで約1.8万人、すなわち鉱業部門全体が必要とする労働者数である約11.2万人のおよそ16%を占めており、これらの技能労働者の獲得に関しては、他職種よりもさらに厳しさが増すものと思われる（MiHR, 2011）。

表4 鉱業部門が2021年までに必要とする累計雇用者数
(単位:人)

全労働者数 (増減)	退職者数	鉱業部門 離職者数	累計新規必要 雇用者数
-1,000	67,080	45,940	112,020

資料: Canadian Mining Industry Employment and Hiring
Forecasts 2011, MiHR

表5 職種別の新規必要雇用者数予測
(累計、単位:人) (上位3種)

	2013年	2016年	2021年
生産作業員	2,540	3,905	6,960
重機オペレータ	2,210	3,415	5,795
トラックドライバー	1,820	2,940	4,955

資料: Canadian Mining Industry Employment and Hiring
Forecasts 2011, MiHR

MiHR 及び Ernst & Young の報告書の双方において、技能労働者不足に対する解決策として、給与のみではない個々のニーズに合わせた福利厚生 の提供、鉱業部門のブランド化、キャリアプロモーション、次世代のための教育プロモーションといった新たな人材確保戦略、女性や移民といった鉱山業では未だ少数派となっている労働者層の雇用および先住民のさらなる雇用、鉱業に類似または補完的な技術を有する産業（石油、ガス、製造業など）からの人材確保を提言している。

3. 産学官の取り組み

3.1 産業界

技能労働者の獲得は、操業現場を有する鉱山会社にとっては一刻の猶予もならない深刻な問題である。投資顧問会社の BDO International 社は、2013年3月発表の調査で、取材した鉱山会社役員の79%が技能労働者不足はビジネスに深刻な影響を与えると回答し、50%が労働者の代替として新たな鉱山技術の導入を考えており、30%が新たな鉱山技術が収益性を改善させるなどの良好な影響をもたらすと回答していると報告している。事実、各鉱山会社も、さまざまな方法で技能労働者の獲得に取り組んでいる一方で、新技術、特に自動化技術の採用により技能労働者不足の軽減を図る企業が出始めている。

Rio Tinto 社は、同社が豪州で操業している鉄鉱山からの鉄鉱石輸送を自動運転による鉄道輸送に切り替える計画を2012年に発表している。本計画は、2014

年から5億1,800万ドルを投じて、1,500km離れたパースの制御室から操作する鉄道により、内陸の鉄鉱山から1,500km離れた港湾施設まで鉄鉱石を輸送するものであり、本計画により2015年までに鉄道輸送量を最大60%増強させることができるとしている。他方、この投資により同社の鉄道輸送に従事する労働者の約半分が配置転換などの影響を受けると言われている。また、2013年3月には、同社の露天採掘鉱山で複数稼働している無人トラックの導入を拡大する予定であることも発表している。

Vale 社が操業しているカナダ・サドベリーのニッケル鉱山である第114鉱体では、試験的に Rail-Veyor Technologies Global 社の坑内簡易軌道鉄石輸送システム Rail-Veyor を導入している。これは軌道式貨車とベルトコンベア方式の両者を融合したシステムであり、別の制御室から簡易軌道貨車に積載した鉄石を地上などの貯鉄場まで無人で運搬することが可能なものである。本システムはトラックレスマイニングにおける坑内レイアウトの柔軟性は担保しつつ、生産性を向上させるものとし、採掘現場が深部化する近年の坑内鉱山においては、通気や労働者の安全性を考慮すると投資資本は相対的に安価になるとうたっている。

一方で、新技術の採用で、新技術に対応した異なる技能を有する労働者の雇用が必要となるなど、新たな問題も提起されている。

3.2 大学

昨今の鉱業部門における技能労働者不足を受けて、資源系人材を育成する大学側にも新たな動きが出始めている。既にブリティッシュ・コロンビア大学の Norman B. Keevil Institute of Mining Engineering やトロント大学の Lassonde Institute of Mining のように、従来の資源系学部の枠だけにとどまらない学際的研究・教育機関の設立により、包括的な資源系人材の育成に取り組んでいるが、2012年にはサドベリーに位置するローレンシアン大学が Goodman School of Mines を設立、サドベリーという多数の金属鉱山が操業する地の利を活かした学際的資源教育にて、即戦力となる人材の育成に取り組むなど、カナダ全土において資源系教育の更なる充実が図られている。

3.3 政府機関

資源産業を経済の柱としているカナダにとって、世界における競争力維持のためにも、技能労働者の確保支援および育成は重要な課題である。

資源開発は先住民が伝統的に利用してきた遠隔地に位置することが多く、これら先住民コミュニティの経済基盤の確立、遠隔鉱山での技能労働者確保のためにも先住民の積極的な雇用が必要とされる。カナダ連邦政府の人的資源・技能開発省 (Human Resources and Skills Development Canada) は、2010年に先住民に対する技能開発・職業訓練の促進を目的に5年で総額2億1,000万ドルの技能・パートナーシップ基金 (Skills and Partnership Fund) を立ち上げた。本基金は、鉱業関連産業に従事しようとする先住民企業もしくはコミュニティが実施する技能開発・職業訓練プロジェクトに対して補助金を交付するものであり、先住民の鉱業部門への就労促進を図っている。多数の先住民が居住するブリティッシュ・コロンビア州では、先住民による先住民鉱業訓練協会 (British Columbia Aboriginal Mine Training Association) が組織されており、州政府は本協会と協調するなど、先住民の鉱業に関する職業訓練活動を積極的に支援している。未開発の大規模鉱床地帯として注目を集めるオンタリオ州北部 Ring of Fire 地域では、本地域の開発促進も兼ねて、同州政府が地元先住民コミュニティに対して、重機の操作など鉱山操業の際に必要な技能の修得を支援している。このようにカナダにおいては、経済基盤の脆弱な先住民コミュニティの経済的自立を促す方策として政府が積極的に先住民への職業訓練を支援しているが、この背景には、遠隔鉱山における労働者確保に加え、鉱山開発の際に必要な環境影響評価において先住民との協議が不可欠であり、しばしば協議がおろそかであったがゆえに頓挫したプロジェクトも多く、それを回避するため先住民を労働者としてプロジェクトに関与させ、十分な協議を促す意図もある。

天然資源が豊富で多数の金属鉱山が操業しているケベック州には、資源系学部を有する複数の名門大学が存在し、既に多くの資源系人材を輩出しているが、同州政府は2011年に州立鉱山教育機関 (Institut national des mines) を設立、政府自らが鉱業界と大学との調整を行うことで連携強化を図り、鉱山会社が

求める人材と資源系大学が輩出する人材とのミスマッチを解消するとしている。

一方で、外国人労働者の受入に関しては問題も生じている。人的資源・技能開発省では、カナダ人と永住者で特定の技能労働者を充足できない場合に限り、カナダの雇用主に対して外国人労働者を一時的に雇用することを認めるプログラムを有している。しかし、最近、本プログラムにより坑内掘石炭鉱山の労働者として中国人労働者201名を雇用しようとした Canadian Dehua International Mines Group 社に対して、カナダ人の雇用を奪うものとして労働組合が反発、訴訟問題に発展するなどのあつれきが生じている (大北, 2013)。

4. まとめ

鉱業部門における技能労働者不足は、世界で深刻化している問題である。カナダでは今後10年間で10万人以上の技能労働者が必要と予測され、また、民間企業による積極的な技術開発により、労働者に必要とされる技能も変化を遂げていくことが予想されることから、本問題の解決にあたっては長期的な戦略が必要とされる。そのためには産学官が連携する必要があるが、カナダにおいては MiHR などの連携機関による啓発・支援活動が有効に機能していると言えるだろう。日本も資源獲得競争に必要な資源系人材を長期的な視野に基づいて産学官で連携して育成すべき時期に来ているのではなかろうか。

参考文献

- 片山弘行; カナダ鉱業における労働市場とその展望; 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 カレント・トピックス 12-04号, 2012
- The Mining Association of Canada; F&F 2012, Facts & Figures of the Canadian Mining Industry
- Ernst & Young; Business risks facing mining and metals 2012-2013
- MiHR; Canadian Mining Industry Employment and Hiring Forecasts 2011
- 大北博紀; カナダ鉱業における臨時外国人労働者問題; 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 カレント・トピックス 13-10号, 2013

Voice from the Business Frontier
 日立オーストラリア社 社長 石原均氏

資源大国オーストラリアの政治経済動向



石原 均 (いしはら ひとし) 氏
 1954年東京都生まれ。1978年日立製作所入社。1990年日立カナダ社カルガリー事務所所長。2001年日立アジア社(シンガポール)産業機器部長。2007年日立産機システム国際事業部。2010年4月より日立オーストラリア社社長に就任し、現在に至る。



Q1. 2000年以降、マイニングビジネスが急成長してきたオーストラリア経済の現況についてお聞かせください。

そもそも「オーストラリアとは、どのような国なのか」を理解している日本人が意外と少ないのではないかとことを日頃感じています。特に年配の方々は、オーストラリアといえば羊毛あるいは乳製品の産業が盛んであるといったイメージしか持ち合わせていないような印象です。実際には、オーストラリアは、この22年間にGDPが成長し続けており、世界の先進国の中でリーマンショックの影響もほとんど受けていない唯一の国です。また、2006年から2011年の間、人口が年率1.7~1.9%増加しており、それに伴ってインフラ整備が今後さらに必要になっていく見込みです。

特に西オーストラリア州では鉱業生産が伸びており、5年間で人口が14%増加し、新しい町づくりが行われています。このようにオーストラリアでは、都市開発に関わるインフラ投資が活発に行われており、金融業界などでは「デベロップング・デベロッパドカンントリー(発展途上の先進国)」とも呼ばれているようです。

オーストラリアの直近の経済概況は、2012年のGDP成長率が3.6%で、2007年の4.8%以来の高い伸びでした。これをけん引しているのは資源関連のインフラ投資であり、2011年から2年連続で30%台の成長率でした。2012年半ばから、中国など新興国の成

長率が低下して、鉄鋼石や石炭の価格が下がり、物量も減っていることから、2013年のGDP成長率は投資下方修正の影響も受けて2%後半ぐらいになると予測されています。これまでと比較すると低下していますが、日本など他の先進国に比べると高い成長率といえます。

長期的に見ても、資源需要はなくなることはなく、またオーストラリアには多様な資源がそろっていることも強みだと思います。今、少し動き出しているのがウランです。現政権は原子力発電はやらないと言っていますが、ウランの輸出については前向きに検討しているようです。

Q2. 東アジア地域包括的経済連携(RCEP)など、東アジアを中心とした広域経済連携に対して、オーストラリア国内では、どのような議論が展開されていますか。

オーストラリアの産業構造は、金融、電力、通信、法律、教育などのサービス業が8割を占め、残りが鉱業と農林水産業です。自国向けの消費財に関する製造業は、ほとんどないに等しく、広域経済連携によって失うものがあまりないため、積極的に進めているようです。

2国間の経済連携に関しては、ニュージーランド、チリ、米国、シンガポール、タイ、マレーシアとの間で既に協定を発効済みであり、今は日本、韓国、インド、インドネシア、中国、中東諸国と交渉中です。日本との交渉では、牛肉、小麦、砂糖、乳製品の全面解放を求めており、米に対する要求はありません。日本側は鉱物資源と食料の確保が命題になっていますから、米への要求が含まれない点で、オーストラリアとは相性がいいようです。

オーストラリア国内においては、RCEPや環太平洋パートナーシップ(TPP)に関して、騒がれている様

子はあまり見受けられませんが、今後プラスに作用するという見方が強いと思います。

Q3. マイニングビジネスは、産業全体の中での割合は少ないながらも影響力が大きいとのことですが、オーストラリア経済と雇用には、どのような貢献をしているのでしょうか。

オーストラリアの2013年度の投資計画1,524億豪ドル（約14兆5千億円）のうち、鉱業への投資が3分の2を占めています。失業率は5%台ですが、資源が豊富な西オーストラリア州に限れば4%ほどであり、これはやはり鉱業が雇用を支えている証しです。鉱山のトラックの運転手などは、仕事内容は体力的に厳しいですが、年収が高いため、男女問わず、若者に人気があります。

Q4. オーストラリアは資源大国としての地位を着々と築いてきていますが、その背景には、どのような強みがあるとお感じですか。

オーストラリアの資源大国への歩みは、日本への石炭、鉄鉱石の輸出を通じて、日本の経済成長を支えたところからスタートしたようです。戦後、資源や食料の安定供給・確保を目的とする「日豪経済合同委員会会議」という民間の委員会が設立され、昨年50周年を迎えました。興味深いことに、これだけ長期にわたって続いている民間の委員会というのは他にはないそうです。日本側のメンバーは、現在では食糧関係者は減り、鉄鋼、電力、商社、銀行など、資源を取り扱う企業が中心です。一方、オーストラリア側のメンバーは大手鉱山会社を中心です。つまり日本が資源の需要側、オーストラリアが供給側という組み合わせになっており、このような関係が構築されている点がオーストラリアの鉱業の強みの一つと言えます。

もう一つの強みは、経済成長に伴い資源需要が増加するアジアの新興国と地理的に近い点です。ブラジルにも大きな鉱山会社がありますが、アジアへの距離が遠い分、価格も上がってしまいます。

また、石炭や鉄鉱石の品質が良いことや、鉱物資源

の種類が多様であること、法律や金融の制度面が確立されておりリスクが少ないことも、強みになっていると感じます。

Q5. 現在、オーストラリア政府は、マイニングビジネスの育成に向けて、どのような取り組みを行っていますか。

オーストラリア政府の貿易促進庁などが、海外からの投資を積極的に誘致し、鉱業育成を支援してきました。投資家へのビザの発給や、助成金などの優遇措置も、投資のインセンティブになっているのではないのでしょうか。

また、産官学連携での鉱業育成も行われています。大学が鉱業に関する研究所を持っていて、会社の設立も行っています。オーストラリアはそのような活動をするための環境が整っており、われわれ、外資系からみて必要なことは、すでに進められているように感じます。

Q6. そのような中で、オーストラリア政府が導入した炭素税と鉱物資源利用税（Mineral Resource Rent Tax）のマイニングビジネスへの影響はいかがでしょうか。

炭素税と鉱物資源利用税は、2011年に制定され、2012年7月1日から施行された物であり、現政権が財政赤字を克服するために強引に導入したという面があります。

炭素税は発電事業を対象にしているため、オーストラリアの全ての鉱山プロジェクトがその影響を受けます。特にマグネタイトなどの製造過程では大量の電力を消費することから、これらの業種では多大な影響を受けることになります。ディーゼル税の還付についても、2012年7月1日から道路以外で使用されるものについては想定炭素排出量に基づいて還付額が減額されることから、鉱山プロジェクトでコスト増の要因になっています。

炭素税はトップ250社という限られた範囲から徴収するというところでスタートしました。当然それは消費

者への価格に転嫁されており、去年、わが家の電気代も突如 18%ぐらい上がってしまいました。

鉱物資源利用税は、鉄鉱石と石炭を対象に導入され、2012年は20億ドル、今後4年間で91億ドルの歳入を見込んでおり、鉱山会社のコスト増となっています。その影響は、鉄鉱石、石炭の投資対象としてのオーストラリアの相対的な魅力低下や、鉱物資源利用税の影響を受けない別の資源への投資増加といった形で現れているようです。

ただし、現状では資源価格の下落の影響で鉱山会社が大幅減益になったことから、税収入は当初見込みの20億ドルから7.5億ドルに留まる見込みです。

現政権の労働党は「12年度は財政黒字」という目的を果たせなかったこともあって、とても評判が悪く、今年9月の選挙も苦戦と伝えられています。野党の自由派は、炭素税の廃止を訴えていますので、選挙結果次第では、これらの政策が大きく変化することも考えられます。

鉱山会社の利益を財政にどう転嫁させるかは、そのときどきの政権の考え方であり、今後も変わり続けるものだと思います。

Q7. オーストラリアのマイニングビジネスが今後も継続的に成長していく上で、注目すべきポイントをお聞かせください。

一つ目のポイントは、鉱山会社の生産性向上とコスト低減です。オーストラリアでは、鉱業は他の産業と比べ、従業員あたりの生産高が最も高いのですが、しかしその推移を見ると、2003年まで上昇した後、以降は現在まで30%も低下し続けています。

豪州鉱物資源評議会の2012年の報告書によると、2000年代半ばの時点では、オーストラリアの約3分の2の石炭鉱山が、世界平均よりコストが低かったのですが、現在は半分以上の石炭鉱山が、世界平均よりもコストが高くなっているそうです。また、鉄鉱石に関しても同様の傾向であり、西オーストラリア州のピルバラ地区で古くから操業されている一部の鉱山を除いて、コスト面での優位性を失っているそうです。

この改善が大きなポイントになります。過去数年間は資源価格が上昇傾向でしたので、コストが上がって

も回収が可能でした。そのため、オーストラリアの労働協約には、生産効率を上げようという規定がなく、賃金を上げると同時に労働効率も上げるということは一切してこなかったのです。また、労働党政権は、労働者の条件について甘い傾向がありました。今そのツケを鉱山会社も感じており、改善に向けて取り組み始めております。

鉱山へソリューションを提供する側にとってはチャンス到来といえるでしょう。今までのように掘っているだけで利益が上がっていた時期には、話を聞いてもらおうと思っても門前払いという状況でしたが、今はお客さんも耳を傾けてくれています。

二つ目のポイントは、資源価格です。原料炭、一般炭、鉄鉱石ともに、10年前の価格と比べるとまだ高いレベルにありますが、ピークに比べると大幅に下落し、生産量も低下しました。しかし、現在の予測では、今後数年間の生産量は比較的堅調であるという見方がされています。クィーンズランド州政府はオーストラリアでの石炭の生産量が今後2年間で12%増加、鉱山会社BHP Billitonは、西オーストラリア州における鉄鉱石の生産量が今後4年間で25%増加すると見込んでいます。

資源価格はこの10年間ほぼ周期変動をしつつ小幅な動きだったのが、リーマンショックや中国の需要変動によって振れ幅が大きくなっています。とはいえ、中国以外の周辺国の需要などを考えると、堅調な鉱物資源の需要増加が期待できるのではないのでしょうか。

三つ目のポイントが豪ドルの為替レートです。2003年から2011年で、豪ドルは52%も上がり、現在も上昇傾向にあります。それによって輸出で得られる豪ドルベースの収入が落ちる一方で、国内の豪ドル建てコストは変わらないため、鉱山会社にとって非常につらいところです。

この状況に対応するために、鉱山会社はコストを下げる、あるいは製品ポートフォリオを見直して、価格が上がっている金やダイヤモンドなどに投資先を変えるなど臨機応変にアプローチしていく必要があるかもしれません。そういう意味でも、鉱物資源の種類が豊富であることは心強いですね。

Q8. 最後になりますが、日立グループのオーストラリアにおける事業の歴史と、今後の事業機会についてお聞かせください。

日立オーストラリアは1983年設立で、今年で30周年を迎えました。その間、日立製作所の事業として、家電、半導体、液晶パネル、ハードディスクドライブ、電力プラント、鉄道など、幅広く展開してきました。事業再編により、現在では電力プラント、交通、産業機器、液晶プロジェクタ事業に注力しています。電力プラントについては、1980年代半ばからの10年間で石炭火力プラント向け発電設備を12基納入したのですが、今は炭素税や環境問題があり、再生可能エネルギー、ガスタービンに需要が移行しつつあります。

グループ会社では、日立建機がしっかりと足場を築いて、主要マーケットの一つとして、鉱山会社にも入り込んでいます。情報系では、日立データシステムズが、銀行、官庁、大手企業などの顧客基盤を築いています。日立工機、クラリオン、日立物流も進出しています。

今後オーストラリアで伸長が見込まれ、かつ日立グループの事業機会として有望な分野として、オイル・ガス、マイニング、再生可能エネルギーにターゲットを絞り、事業機会発掘のため、昨年西オーストラリア州のパースに事務所を新設しました。社会インフラ関連の浮き沈みの激しいプロジェクト型ビジネスを支えるため、量産系ビジネス、サービスビジネスの拡大も目指していきます。

Voice from the Business Frontier

日立建機オーストラリア社 代表取締役 David Harvey 氏

オーストラリア・マイニング業界の課題と動向



David Harvey (デイビット・ハーヴィー) 氏 1960 年生まれ。1987 年日立建機の代理店であった Cableprice Corporation 入社。1995 年丸紅 Construction & Mining Equipment 社入社。1999 年日立建機が同社の経営権を取得、保守メンテナンス担当取締役就任。2003 年営業・地域統括取締役、2009 年 COO 就任を経て、2011 年代表取締役就任、現在に至る。



日立建機オーストラリア (HCA) のデイビット・ハーヴィー氏は長年オーストラリアのマイニング業界に携わってこられ、2011 年日立建機オーストラリア社の代表取締役に就任されました。今回ハーヴィー氏に、オーストラリアのマイニング業界の特色、求められる技術を中心に話を伺いました。

Q1. はじめに、日立建機オーストラリアにおける鉱山機械事業の歴史と事業内容についてお聞かせ下さい。

HCA は、Blackwood Hodge 社として 60 年前に設立されました。1994 年にオーナーが丸紅、日立建機、タダノになり、1999 年には日立建機が持ち株を増やして経営権を取得し現在に至っています。

現在、オーストラリア全土に 22 支店の販売・サポートのネットワークが広がっており、このほかに 3 カ所の修理・再生センターがあります。

当社は小規模な会社としてスタートし建設業界向けの事業を中心にビジネスを展開してきました。1990 年代後半は経営的に困難な時期も経験しましたが、2000 年代初頭に鉱物需要が増加するにつれて当社の経営状態も良好になりました。2000 年以降は順調に成長し、競争力も高まり、日立建機の日本国外の代理店としては、最大の事業規模を持つようになりました。昨年度は、初めて売上高 10 億ドルを達成し、大きな

節目となりました。

日立建機はオーストラリアでの鉱山機械販売に関して長い歴史があります。1975 年に販売代理業者 Domino Equipment 社を通じて掘削用ショベル UH20 を輸出したのが始まりです。その後 1980 年代前半にはより大型の機械を輸出するようになりました。UH801 を皮切りに EX1000、EX1800、EX3500 の大型ショベルを輸出してきました。これらは Blackwood Hodge 社を経由して市場に投入してきましたが、鉱山会社から保守・サポート体制強化の要求が強まり、1994 年に販売代理業者を買収する決断をしました。その後、当社の事業は順調に拡大し、現在では鉱山用油圧ショベルの市場シェアは約 50% になりました。

鉱山会社向けのもう一つの主要製品としてダンプトラックがあります。3 年前に発売したリジッドダンプトラックは日立 AC 電気駆動システムをはじめとした日立グループの技術を搭載した素晴らしい製品です。日立建機は他の製品同様、本製品の製造ラインに巨額の投資を行っています。拡販体制は構築済みで、さらなる技術改善に向けた開発も進めています。

Q2. オーストラリアのマイニング業界の現状についてはどのように見ておられますか？

昨年のオーストラリアにおけるマイニング分野の総投資額は約 1,300 億ドルでした。その約半分が資源開発への投資です。オーストラリア同様、世界中で資源開発への投資が行われています。各国で輸出可能な資源量が増加しました。その結果、多くの資源の価格は下落しましたが、鉄鉱石の価格はいくらか戻ってきており、石炭も改善しつつあります。

現在オーストラリアは採掘コストが高い国となっています。これは、政府によって二つの税金が新たに追加されたためです。一つは炭素税、もう一つは鉱物資源利用税です。鉱物資源利用税は鉱山会社が上げた利

益に対して課税されるものです。

オーストラリア国内での採掘コストが増加したため、鉱山会社は資金の一部を採掘コストが低い他国へ回しています。ですが、オーストラリア内での投資が完全になくなったわけではありません。以前と比較して小さい額ではありますが、鉱山会社は依然として投資を続けています。オーストラリアは資源豊かな国です。鉱山会社は韓国、中国、日本、インドなど市場に近い利点を生かすため、国内でのビジネスを引き続き拡大していくでしょう。

Q3. オーストラリアのマイニング業界の競争力を高めるためには、政治的リスクを下げるのが重要であるとした報告書*をオーストラリア鉱山協会が発表しました。報告書は鉱山会社への課税には政策の一貫性が必要と強調しています。これについてどうお考えですか？

現在オーストラリアには、ある程度の政治的リスクがあります。通常より早いタイミングで連邦選挙を行うことを政府が発表したからです。選挙日の予告はだいたい実施日の8週間前に行うのが通常ですが、今回は7カ月前の予告となりました。多くの承認プロセスが連邦選挙後をにらんで、保留状態になっています。例えば現政権は議会の過半数をわずかに上回っているだけですので、緑の党など野党の支持を得る必要があるかもしれません。そのため、資源部門への新たな政府支出に対しては熱心ではありません。

政府は財政収支を黒字化しようと苦勞しており、公共投資には多くの制約が設定されています。

炭素税と鉱物資源利用税の運用方針に関する議論も混沌(こんとん)としています。最大野党はこの二つの税金を共に廃止するとしています。仮に政権交代が起これば、税金が廃止される可能性もないとはいえません。

Q4. 鉱山会社にとって、中長期的なビジネス上の課題は「業務効率の改善」「熟練した人材の確保」「環

* Minerals Council of Australia 「Opportunity at risk: Regaining our competitive edge in minerals resources」

境保護の強化」だと思いますが、これらについての見解を伺えますか？

効率改善のために、鉱山会社は生産性の高い機器の採用に積極的ですが、同時に安全性や稼働コストにも関心を持っています。自律制御や機械の遠隔操作にも取り組んでいます。オーストラリアは人件費が極めて高く、強力な労働組合があり、鉱山会社は雇用問題を抱えることがあります。

さらに、オーストラリアではマイニング業界の人材が不足しています。最近では、新規プロジェクトの建設工事や開業準備のために、海外から多くの人材を受け入れられるように、かなりの数の短期間就労ビザが発行されています。日立建機でも保守事業のために、英国とアイルランドの人材を活用しています。

鉱山会社では、鉱山技師、機械オペレータ、機械工、電気技師などの専門職の人材が不足しています。人材確保のために高給を払うこととなり、コストが上昇しています。これはオーストラリアのマイニング業界で投資が減少している原因の一つになっています。鉱山会社が運営コストを抑えることができなければ、マイニング業界は競争力を失い、やがて低迷するでしょう。

日立はオーストラリアの鉱山会社の運営効率向上に貢献できる製品を多く持っており、その果たすべき役割は大きいと私は考えます。

また、近年、オーストラリアでは環境保全に対する意識が高まっています。日立は燃費が良く、リサイクル可能な部材を採用した製品を生産しており、その技術は鉱山会社のこうした要求に応えることができます。日立建機には、必要な電力の一部を作業サイクルの中から回生エネルギーとして作り出すことができるハイブリッドショベルがあります。そのほかの鉱山機器も同じ機能を採用しています。

Q5. 世界におけるオーストラリアのマイニング業界のポジションと役割についてどうお考えですか？

オーストラリアの人材は、インドネシア、モンゴル、アフリカなど世界中どこにでも働きに行きます。アフリカや南米でもオーストラリアの鉱山技師が大勢働いています。オーストラリアの鉱山技師は高い専門性を

持っている」と業界で認識されているからではないかと思えます。

オーストラリアはマイニング技術の開発でも世界をリードしており、新しいことに挑戦する姿勢があります。積極的にコスト削減に取り組むことで、より良い採掘方法を模索しています。オーストラリア企業が開発した効率的な採掘方法は、他国に輸出され、他地域の鉱山経営の効率改善の手助けにもなっています。また、オーストラリアではマイニング業界への環境規制が厳しく、採掘方法、騒音、公害対策などいろいろな点で制約があります。このような中、環境規制強化を始めた他国の事業者は、規制に対応するノウハウもオーストラリアのマイニング業界から得ています。

オーストラリア人は安全性についての関心が高く、どの鉱山会社と話をしても最初の話は安全性です。我々の会社と同様に、従業員にけがをさせないという方針を掲げています。従業員が安全に作業を行い、けがをしないようにすることにかかなりの時間を割いています。このため、安全性の高い機器が多く開発されてきました。これはオーストラリアの鉱山会社が機器メーカーに高い安全性を求めた結果です。

こうした安全性に関する考え方は、機器メーカーの生産販売活動にも求められます。鉱山会社は我々のような機器メーカーを訪れて安全意識の有無を確認します。もし鉱山会社の求める安全対策要求に従えない場合には、取引は中止されてしまいます。

さらに、大手鉱山会社による国際的な共同委員会 EMESRT (Earth Moving Equipment Safety Round Table) が、本部を置くオーストラリアを中心に、定期的に会合を開催しています。EMESRT では、大手鉱山会社が、操作の安全性、機器の転倒、火災などの潜在的リスクを軽減する設計仕様について話し合っています。複数の鉱山会社のメンバーで構成された代表団が、機器メーカーを直接訪れ、同様の議論をすることもあります。競争相手であっても鉱山会社同士で、安全性の問題については協力し合うのです。

Q6. 資源によっては採掘方法が露天採掘から坑内採掘に移行する傾向があります。オーストラリアにおける現在および将来の採掘方法の動向・トレンドについてお聞かせ下さい。

鉱床にアクセスしにくくなった場合や、鉱床の厚さがわずか1~2メートルほどになった場合などは坑内採掘に移行します。しかし、坑内採掘の採掘コストは高く、露天採掘と比べると生産性は低いため、露天採掘の代わりに坑内採掘へ移行する傾向にはありません。坑内掘鉱山はたくさんありますが、露天掘鉱山のような速さで開発は進んでいません。

坑内採掘は非常に危険な仕事です。専門家でないと作業ができません。過去5年間の大きな採掘事故を見ると、坑内採掘での事故がほとんどです。人々が閉じ込められたり、ガス爆発があったりで、露天採掘の方がはるかに安全です。

今後、鉱山会社は自動運転技術の採用、運営コストの削減、保守メンテナンスの改善に力を入れていくと考えます。そのため、より運用効率が高い、環境に配慮した機器を求めています。良い例が、無人運転のダンプトラックや鉄道です。自律制御技術によって危険な場所での無人作業が可能になります。操作者が危険にさらされることなく、熟練人材が不足している地域でも作業可能となります。

エンジニアの代わりに機械自体がリアルタイムで問題をレポートするなど、自律制御は保守メンテナンス業務においても有用です。鉱物をきちんと運搬できているか、適切な運搬路となっているかなどを確認するための技術的な取り組みも行われています。日立はWenco社の技術を活用して鉱山内でのすべての機械採掘状況管理や保守管理を行うことができます。問題が発生したら衛星通信でレポートするサービスもありますので、すぐに確認することができます。多くの人に機械の監視をさせるよりも中央で管理する方がより効率的です。問題がまだ小さうちに修正し、生産に大きな影響を与えずに済むような技術もあります。

Q7. 鉱山会社は今後どのような経営戦略をとっていくべきでしょうか？

鉱山会社は効率が高く持続可能な運営方法を日々探し求めています。近年、マイニング事業が環境へ及ぼす影響について市民の懸念が高まっています。鉱山会社は以前にも増して強く世論を意識するようになりました。そのため、鉱山会社は環境負荷低減に向けた取

り組みの情報発信に力を入れています。鉱山会社は政党や政府とも連携し、株主だけでなく、地域社会に貢献していることも強調しています。鉱山会社は今後もCSRを強化し、地域社会との共存を重視していく必要があります。日立の経営方針とも共通性があると考えます。

鉱山会社には大きな研究開発部門がありますが、いろいろな大学や機器メーカーとの連携を拡大していく必要があるでしょう。例えば、BHP Billiton 社も Rio Tinto 社も技術開発と生産プロセス改善に重点的に取り組んでいます。



12th Five-year Plan of India – Emphasis on Social Infrastructure to Boost Economic Growth

India Office
Ajay Kumar Airan

In India, Five Year Plans are considered very important as they set objectives and the roadmap for economic development of the country. Several policy decisions, including the union budgets and the monetary policies of the Reserve Bank of India (RBI), are prepared to help achieve the Plan targets. The Plan’s importance can be understood from the fact that the Prime Minister of India is the Chairman of the Planning Commission that develops, executes and monitors the Plan.

1. Introduction of the 12th Five-year Plan

The latest 12th Five Year Plan (2012-2017) was approved at the end of December 2012. Its motto is “Faster, Sustainable, and More Inclusive Growth,” and in order to achieve growth, it has set the following targets:

- Annual average GDP growth rate of 8.2%, a rate that is higher than the 7.9% growth rate of the 11th Plan.
- Growth rate of 10% for the manufacturing sector.
- Infrastructure investments to be 9% of the GDP, compared to 7.1% in the 11th Plan.
- Create 50 million new jobs in non-agricultural sectors.

2. Huge Emphasis on Infrastructure Development

The main highlight of the Plan is its target of US\$ 1 trillion for new investment in infrastructure (Table 1).

Table 1: 12th Plan – Infrastructure Investment Targets (cumulative)

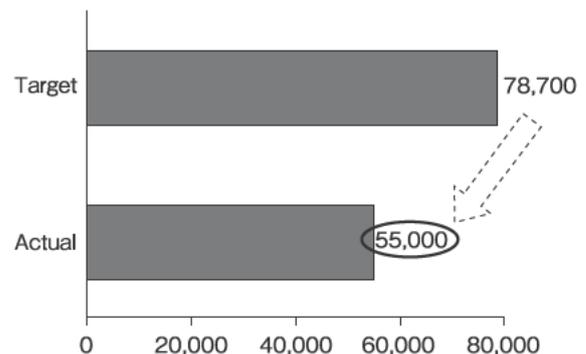
Sector	US\$ Bn	Share (%)
Power	331	32.3
Roads & Bridges	176	17.2
Telecom	172	16.8
Railways	118	11.5
Irrigation	92	9.0
Water Supply & Sanitation	46	4.5
Ports	36	3.5
Oil & Gas Pipelines	27	2.6
Airports	16	1.6
Storage	11	1.0
Total	1,025	100

Source: Planning Commission, Government of India (2012)

This target looks ambitious as it is double the target of the 11th Plan, which itself fell short of target (estimated to realize 92.8% of the target infrastructure investments). It has a huge focus on social infrastructure – power, transport especially railways, water supply & sanitation, which matches with the focus areas of Hitachi’s business.

2.1 Power (US\$ 331 billion)

The 12th Plan has set a target to increase India’s power generation capacity by 88,000 MW, which is almost 42% of the current capacity (210,500 MW), by 2017. About 80% of this target capacity is coal-based. So, achieving this target will be a challenge, because India has a shortage of domestically produced coal. In fact, power sector fell short of target by 30% in the 11th Plan also (Fig. 1). To promote alternative sources, the Plan targets to add renewable capacity of 30,000 MW, a significant increase in the current capacity (24,500 MW). It has a special focus on wind (15,000 MW) and solar (10,000 MW) energy.



Source: Planning Commission, Government of India (2012)

Figure 1: 11th Plan – Additional Power Generation Capacity (MW)

In order to make power transmission and distribution (T&D) efficient, the Plan focuses on the following areas:

- Develop technologies for transmission lines of 765 KV & 1000–1200 KV, and gas insulated substations.
- Promote smart grids through a number of pilot projects, phased installation of smart meters, and extend Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system to 100 additional towns.

2.2 Railways (US\$ 118 billion)

India has the world's fourth largest rail network with a total 64,000 km of track. But, it does not have any high-speed rail lines capable of supporting speeds greater than 200 km/h. Recognizing this, the 12th Plan has a goal to complete feasibility studies for six identified high-speed corridors (Table 2), undertake at least two detailed project reports and develop one corridor for construction. But, it will take several years as massive funds are required to build a high-speed network, and civil & safety standards also need to be upgraded to run these trains.

Table 2: 12th Plan – Six High-Speed Rail Corridors

Corridor	Km.
Delhi–Agra–Lucknow–Varanasi–Patna	990
Pune–Mumbai–Ahmedabad	650
Chennai–Bangalore–Coimbatore–Ernakulam	649
Hyderabad–Dornakal–Vijaywada–Chennai	644
Delhi–Chandigarh–Amritsar	450
Howrah–Haldia	135

Source: Planning Commission, Government of India (2012)

There is a plan to complete two Dedicated Freight Corridors (DFCs) on the eastern and western routes at an estimated project cost of US\$ 19 billion. This will help in the transportation of coal and steel on the eastern corridor, and containers for commodities on the western corridor. The Plan focuses on modernizing signaling systems with advanced technology and developing systems to improve safety. These technologies will address safety concerns for the Indian Railways, which has been plagued by rail accidents. In fact, during 2007–2011, of 177 rail accidents that occurred globally, 15% happened in India alone.

2.3 Water Supply & Sanitation (US\$ 46 billion)

Rapid urbanization, increase in population, and industrial growth have put severe stress on water resources. To address this challenge, the 12th Plan focuses on water management systems by pursuing the following initiatives:

- Enforce water returns (like annual tax return) and water audits for industrial users to promote water conservation technologies.
- Promote industrial reuse and recycling of wastewater through incentives and regulatory frameworks.

According to industry estimates, if the current pattern of demand continues, about 50% of the demand for water will

be unmet by 2030. Therefore, implementation of planned policies will be essential for water conservation.

2.4 Other Key Measures

- Increase the oil refining capacity by 100 MMTPA (million metric tonnes per annum); formulate policy for exploration and production of shale gas.
- Implement Electronic Toll Collection (ETC) system for all 150 toll plazas on the National Highways.
- Invest US\$ 660 million to improve Air Navigation Services (ANS) and air safety infrastructure.

3. Policy Developments

3.1 Initiatives for Manufacturing Growth

To boost manufacturing, the 12th Plan emphasizes policy initiatives such as reforms in the land acquisition process, setting-up NIMZs (National Investment and Manufacturing Zones), encouraging technology and R&D investments from the private sector, and pursuing policies to improve the skills of workforce. To address environmental concerns, the Plan proposes to expand the scope of the Perform Achieve and Trade (PAT) program to promote energy efficiency, and create a Green Technology Fund to promote the development of green technologies.

3.2 Focus on Private Sector Investments

The Plan focuses on increasing the role of private sector through models such as Public-Private-Partnership (PPP). Its target is to increase private sector investments from 38% of total infrastructure investment in the 11th Plan to 48% in the 12th Plan. More private investments will help address the problem of insufficient government funding due to India's high fiscal deficit (5.9% of GDP in 2011-12).

4. Conclusion

The Plan emphasizes infrastructure growth and capacity building to achieve faster economic growth. For this, it stresses policy reforms to facilitate investments. However, due to sluggish economic conditions, financing challenges, and policy paralysis, it is likely to miss its US\$ 1 trillion investment target. The HRI India Research Group will continue to monitor the progress and achievements of the 12th Five Year Plan.

THE INTENTION ECONOMY -When Customers Take Charge- By Doc Sears

研究第二部 研究員 丸山 晴子

多くの会員カードを持ち歩くことも、膨大なバーゲン情報の海に溺れて時間を費やすことも無くなる日がくるかもしれない。今後、数年間のうちに、企業が顧客の情報を管理する企業主導型の「アテンション・エコノミー（関心の経済）」から解放され、顧客自らが何を、いつ、どこで、いくらで、どのように入手するのかを選択できる「インテンション・エコノミー（意思の経済）」が到来するという。著者であり、Linux Journal 誌の Senior Editor を務める Doc Searls 氏は、この「インテンション・エコノミー」がもたらすビジネスの将来を示しながら、そこに向けて、われわれ企業が何をすべきか、その方向性を示唆している。

1. アテンション・エコノミーの課題

現在は、売り手である企業が顧客の関心(アテンション)を引こうとするアテンション・エコノミーがビジネスの世界において主流である。著者はまず、この従来型経済が抱える問題をいくつか指摘している。

1.1 一方的な広告

著者は、現在の広告を、企業の単なる当て推量で行われる、一方向の情報伝達手段でしかないと主張する。近年、急速に普及しているオンライン広告では、ウェブサイトの閲覧履歴を追うことで顧客の嗜好(しこう)情報を収集・分析し、情報発信する手法が多く見られる。しかし、企業は、顧客の関心に合致した広告を提供しているつもりでも、顧客にとっては、プライバシーの侵害となる場合もある。また顧客は情報分析に関与できない。そのため、関心分野に関して正確ではない情報を基に作られている場合が多いことを指摘する。広告は依然として顧客の関心に基づいて作られておらず、顧客にとっては避けたい対象になっているという。

1.2 一方的な同意契約

ウェブ経由で、商品・サービスを取引する際は、標準化された契約の使用が一般的となった。例えば、ゲームのアカウントを取得する場合、必ず規約画面で「同

意」ボタンをクリックしなければならないが、顧客は「同意するか、やめるか」のどちらかの選択肢しか存在しない。これを付合契約と呼ぶが、事前にリスク要因を読んで合意したとしても、企業は契約条項を事後に変更できるため、結局、ユーザはすべてのリスクを無条件で負うことになってしまう。

1.3 ロイヤリティーの喪失

多くの企業が、顧客に商品やサービスを繰り返し購入してもらうことを目的に、会員カードやクーポンなどを活用するロイヤリティープログラムを実施している。しかし、著者はこのプログラムへの依存は、逆に顧客の企業に対するロイヤリティーを喪失させることになることを指摘する。例えば、メールで小売店のクーポンが送られてくるが、著者の経験によれば、割引対象商品は普段飲まないコーラや特定ブランドの牛乳だけであったり、印刷が必要か、否かが、不明確であったりする。顧客の関心に合致する内容ではない上に、割引内容や条件が不明瞭であるという。クーポンに書かれた内容を理解するために時間を割くくらいなら割引しない方が良いと主張しており、顧客が商品を繰り返し購入しようという仕組みにはなっていないことを指摘する。

2. 顧客を解放する VRM

アテンション・エコノミーが抱える問題により、結果的に企業は顧客を遠ざけてしまっているばかりか、無駄なコストの増加につながっている。アテンション・エコノミーが抱える問題を解決するためには、顧客の実態に即した情報を随時把握する必要があるが、それには企業が顧客の情報を管理するためのツールである CRM (Customer Relationship Management: 顧客関係管理) だけでは不十分であると著者は指摘する。例えば、企業は、CRM システムを使用して顧客データを管理しているが、必ずしも顧客のさまざまな情報を常に収集、更新しているわけではない。結果的に各社は顧客の実態にそぐわない情報を保有している可能性

がある。また、顧客側の立場で考えれば、情報に変更が生じた場合は、個別に企業側に訂正を依頼しなければならず、顧客にとってこれらの確認作業は煩雑なものになる。このような問題を解決するためには、顧客が中心となって個人の情報を管理するための VRM (Vender Relationship Management : 企業関係管理) ツールの開発が必要であるという。VRM は、顧客が主体的に自分の情報を管理、発信する仕組みを持つ。企業の CRM と顧客の VRM を組み合わせることにより、企業と顧客の双方向の関係が構築できるという。既に VRM と呼べる例として挙げられるのが電子メールである。現状の電子メールは、自分のメールアドレスを主体的に保有管理できる。そして、誰もが好きなメールサーバやメールクライアントを選択でき、顧客の意思により、いつでも置き換え可能である。また、電子メールにより、どこにいても、世界中の人々と情報のやり取りができる。ただし、電子メールは相手にメッセージを送るツールにとどまっている。

最終的に VRM が目指す方向性は、顧客自身が管理する情報を基に、商品やサービスを最も有利な条件で買い、さらには品質や品揃えなどの改善を企業側に要求できるなど、個人が意思 (Intension) を発信できる世界の創出である。

3. 企業と顧客の共創

今後、VRM を使って明確な意思を示し、サービスや商品の選別を行う顧客が登場した時、企業はどのように対処していけばよいだろうか。著者によると、企業の姿勢としてモデルとなるのが米国の人気食料品小売店トレーダー・ジョーズである。同社は、顧客との対話を重視することで、広告や会員カード、割引クーポンなど余計な販促の仕掛けなしに、成功を収めているという。例えば、同社のマネージャーは店舗を歩き回り、そこで顧客から商品の良い点、悪い点を聞くなど、顧客からの情報のフィードバックを積極的に得ようとしている。さらに、食通の人材を社内人材だけでなく顧客からも登用するなど、顧客参加型での商品の専門家の育成を進めている。顧客とのコミュニティを形成し、商品のパッケージを開けて顧客と一緒に味わったり、語らったりするケースもあるという。その中で得られた、顧客の意思 (Intension) を参考に、自社ブランドの商品・サービスの開発・改良が行われ

ている。つまり、同社は、販売の仕掛けに無駄なコストをかけず、人と人とのやり取りを重視し、真に価値ある商品やサービスを提供することで顧客を喜ばせているのである。本著では、企業に対し、顧客との密な対話による共創関係の構築こそがインテンション・エコノミーに必要不可欠であるとしている。

4. インテンション・エコノミーの到来に向けて

インテンション・エコノミーは、まだビジョン普及、技術開発段階に過ぎない。現在、ハーバード大学の Berkman Center は「project VRM」を立ち上げ、オープンソース環境での VRM ツール開発を進めており、著者もこれに参画している。本書では、project VRM の活動を紹介しつつ、インテンション・エコノミー実現には、VRM ツールの開発と普及が鍵を握ると解説している。しかし、現実的には、このようなソフトウェアツールの開発のみならず、情報の利活用を進めるための施策が必要となろう。

例えば、ヘルスケア分野では、患者自身が管理できる PHR (Personal Health Record : 個人健康記録) など、VRM のコンセプトを持つツールの開発が他の産業に先行して行われてきたが、現時点では必ずしも普及していない。これは、ヘルスケア関連の既存システム間の互換性が低く、連携性を欠いていることが一因として挙げられる。このような状態では、患者が意思 (Intension) を事業者側に発信したとしても、互換性の無いシステムへは伝わらず、また事業者間での情報連携も進まない。企業がオープン性を受容し、既存システム間のデータ互換性を進め、情報を共用できるようにすることが必要である。さらには、患者から「データを活用して、健康を維持したい」という声を発信するためのインセンティブをどのように設定するのかといった課題も存在すると評者は考える。システム開発というハコモノに加えて、制度やサービスのあり方などの仕組みを考えることで、インテンション・エコノミーの実現のスピードが加速すると考えられる。

日立 総研

vol.8-1

2013年5月発行

発行人 白井 均
編集・発行 株式会社日立総合計画研究所
印刷 日立インターメディアックス株式会社
お問合せ先 株式会社日立総合計画研究所
東京都千代田区外神田四丁目 14 番 1 号
秋葉原 UDX 〒 101-8010
電話：03-4564-6700（代表）
e-mail：hri.pub.kb@hitachi.com
担当：主任研究員 田中 英俊
<http://www.hitachi-hri.com>

All Rights Reserved. Copyright© (株)日立総合計画研究所 2013（禁無断転載複写）
落丁本・乱丁本はお取り替えいたします。

日立 総研

www.hitachi-hri.com