

## II-11. 資源開発 – 生産性向上・環境負荷低減を企図した IoT・AI の活用可能性

## 【要約】

- ◆ 資源開発事業は、生産量を維持・拡大するため、継続的な新規鉱区開発が必要である。新たな開発対象は、技術的難度の低いものから高いものへシフトすることから、開発コストが上昇する傾向にある。
- ◆ IoT や AI の活用は、上記の事業特性に由来するコスト上昇を抑制するための選択肢となり得る。実際に鉄鉱山開発や石油・天然ガス開発の分野では、オペレーションの最適化、安全性や生産性の向上を企図した IoT・AI 等の活用が進められている。
- ◆ 石炭開発について、新規炭鉱開発の内陸部へのシフトや生産効率の低下、人件費の高止まりやサプライチェーン上のボトルネック等の課題解決にあたり、鉄鉱石や石油・天然ガスの開発で進められている IoT・AI 活用事例の応用可能性は大きい。一方で、採掘、鉄道輸送、港湾運営を異なる企業が担う等、石炭開発固有の事業特性に由来する課題も存在する。
- ◆ 石炭開発におけるデジタルイノベーションの活用は、短期的には個別炭鉱での導入から進められることとなろう。また中長期的に、炭鉱・鉄道・港湾に関わる各企業によるコンソーシアムの組成や政府のイニシアティブを通じて企業間の協力体制が構築できれば、IoT・AI を活用してサプライチェーン全体を最適化するプラットフォームの構築や、開発に伴う環境影響の低減、一層の生産性向上も展望できる。

## 1. はじめに

IoT・AI 等の活用は資源開発事業の効率化の手段のひとつ

石油・天然ガス・石炭・鉄鉱石等の天然資源の開発事業は、探鉱から商業生産に至るまで長い期間を必要とする事業である。また、生産開始した資源の埋蔵量は、採掘が進むに従って減退する。従って、資源開発会社は、事業の持続的成長のために、継続的に新規鉱区を探鉱・開発する必要がある。資源の新規開発は、コストや生産効率の観点から、技術的に容易な地域から優先的に進められる。そのため、新たな開発対象は、徐々に難度の低いものから高いものへとシフトし、コストは上昇する傾向がある。斯かる事業特性を有する資源開発事業において、IoT・AI 等の活用は、開発・生産コストの上昇を抑制しつつ、相対的に開発難度の高い地域等で事業展開する際の手段のひとつとして有用である。

資源開発分野では生産性向上やコスト削減に向けた IoT・AI の活用が始まっている

石油・天然ガス開発の分野では、これまでも IT・デジタル技術を駆使し、油ガス田の探鉱・開発・生産の効率化や、大水深等の新たな地域への展開を進めている。例えば、2000 年代前半、原油価格が高値圏で推移した時期、石油・天然ガス開発のフロンティア地域のひとつとして大水深での開発が進展した。その背景には、リモートセンシング技術の向上や深海で作業するための機器の自動化、地質データ・坑井データ等の統合・ビジュアル化などの、IT・デジタル技術の発展や機器の性能向上がある。また、ここ数年の低油価局面においては、AI やビッグデータ、IoT 等の最新技術を生産効率の改善・コスト削減に活用する試みが始まっている。鉄鉱山開発においても、掘削作業の効率化や環境影響の低減、作業の安全性向上等を企図した自動化・無人化機器の導入等の IoT 活用が推進されている。

本章では石炭開発におけるIoT・AI活用の可能性に着目

本章では、石油・天然ガス開発や鉄鉱山開発の分野で行われている生産性向上等を企図した資源開発のデジタルイノベーション事例を踏まえ、主要資源の中でも、IoT・AIの活用余地が残されていると思われる石炭開発産業に着目し、既存の事例の石炭開発事業への応用の可能性と課題、事業者に求められる戦略について考察する。

## 2. 石炭開発産業を取り巻く環境と課題

### (1) 石炭の位置づけ

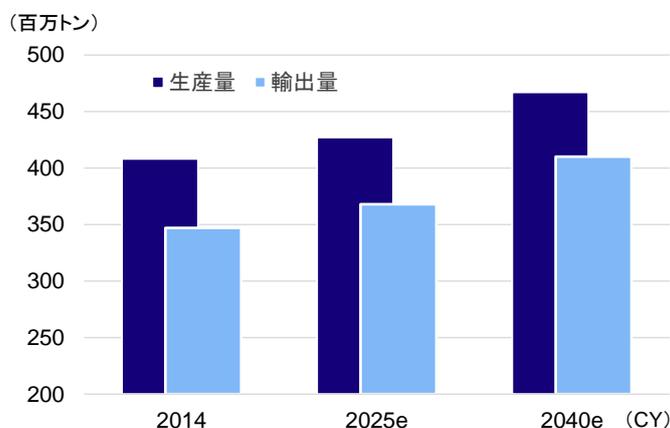
石炭は、日本では経済性・安定供給性に優れた重要なエネルギー源と位置づけ

石炭は、2016年の日本の一次エネルギー消費量の約2割を占める主要なエネルギー源のひとつであり、「エネルギー基本計画」においても、経済性や安定供給性に優れた重要なベースロード電源の燃料として、環境負荷を低減しつつ中長期的に一定程度活用していくエネルギー源と位置づけられている。豪州は、日本の最大の石炭輸入相手国であり、複数の日本企業が同国での石炭開発事業に参画している。

豪州は、2015年時点で世界最大の石炭輸出国

豪州は、高品位な石炭資源を豊富に有し、2015年時点で世界の石炭貿易量の約30%を占める世界最大の石炭輸出国である。国際エネルギー機関(IEA)の長期見通しによれば、豪州の石炭生産量・輸出量は、ともに増加基調が続くものと予想されている(【図表1】)。

【図表1】 豪州の石炭生産量と輸出量の見通し(IEA)



(出所)IEA, World Energy Outlook 2016 よりみずほ銀行産業調査部作成

### (2) 豪州の炭鉱開発における課題

一方で、石炭開発を進めるにあたり、事業採算に影響を及ぼし得る構造的な課題も存在する。

新規炭鉱開発は徐々に難度を増す方向性

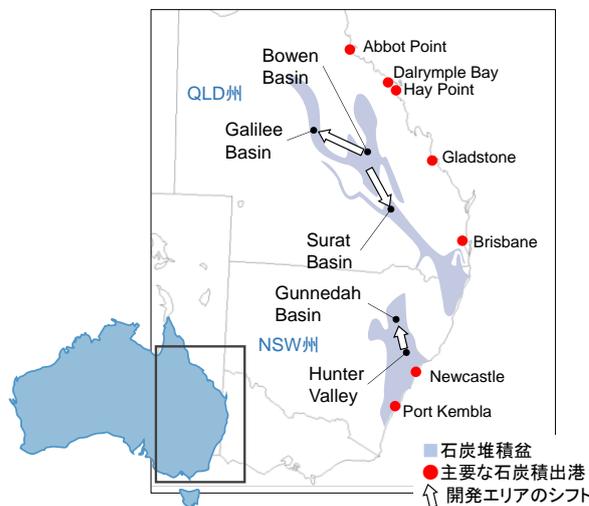
第一に、他の資源と同様、生産開始した資源の埋蔵量が徐々に減退する中、豪州での新たな炭鉱の開発難度は高くなることを見込まれる。

その背景のひとつは、生産地域の内陸部へのシフトである。例えば、豪州における現在の主力石炭生産地域は、New South Wales (NSW) 州では Hunter

Valley、Queensland (QLD) 州では Bowen 堆積盆にあるが、今後は、より内陸側に位置する NSW 州 Gunnedah 堆積盆や QLD 州 Galilee 堆積盆、Surat 堆積盆等で新規炭鉱開発が計画されている(【図表 2】)。炭鉱の内陸部へのシフトは、採掘した石炭の輸送コストを上昇させるのみならず、技術者の鉱山サイトへの派遣費用や人材確保そのものにも影響を与える可能性がある。

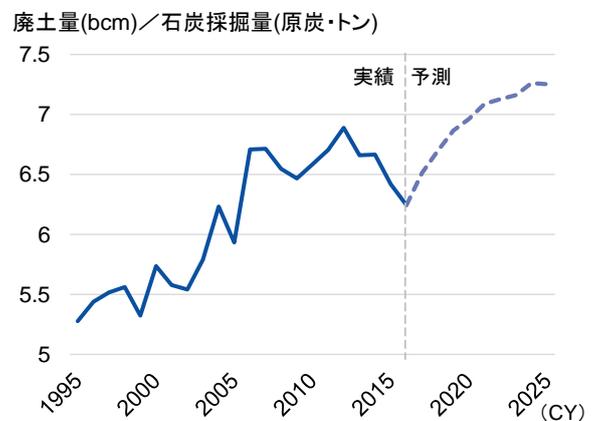
また、開発が進むにつれ、より生産効率の低い炭鉱に開発案件がシフトする傾向もみられる。例えば、豪州の露天掘り炭鉱における剥土比<sup>1</sup>は上昇傾向にあり、生産コストの上昇に繋がるものと考えられる(【図表 3】)。

【図表 2】 豪州石炭開発エリアのシフト



(出所) Australian Government Department of Industry, Innovation & Science よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 3】 豪州における露天掘り炭鉱の剥土比の推移



(出所) Wood Mackenzie, Australia Coal Supply Summary よりみずほ銀行産業調査部作成

(注) 豪州で操業中・計画中の露天掘り炭鉱の剥土比の加重平均

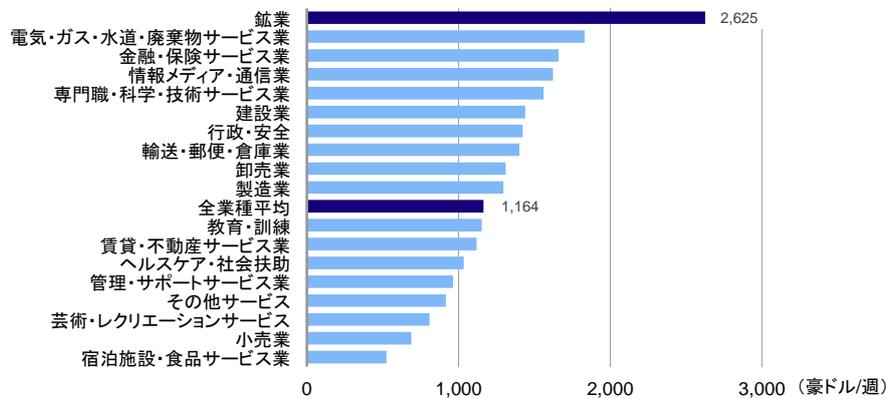
豪州の鉱業就労者の人件費は上昇基調

第二に、人件費の高騰が挙げられる。石炭を含めた鉱業は、豪州で最も賃金の高い産業である(【図表 4】)。

2011 年から 2016 年にかけて石炭価格の下落が続いていた中、豪州の石炭開発事業者は、採算性の低い炭鉱の閉山や新規プロジェクトの延期、人員削減も含めたコスト削減に取り組んできた。しかしながら、豪州の鉱山開発における熟練技術者の高年齢化や、上述した炭鉱の奥地化によって人材確保の難度が増していること等を背景に労働力不足の問題は残存しており、鉱業就労者の人件費は全産業平均を上回るペースで上昇基調が続いている(【図表 5、6】)。

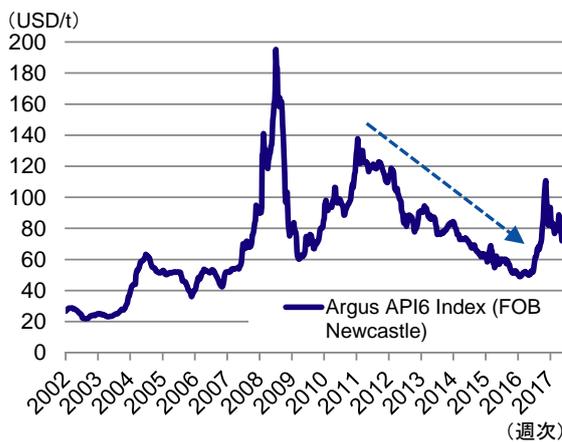
<sup>1</sup> 石炭採掘にあたり炭層を覆う土や岩石(表土)を剥取る作業を剥土といい、廃土量を石炭採掘量で除した数値を剥土比と呼ぶ

【図表 4】 豪州の業種別平均週給(2016年11月)



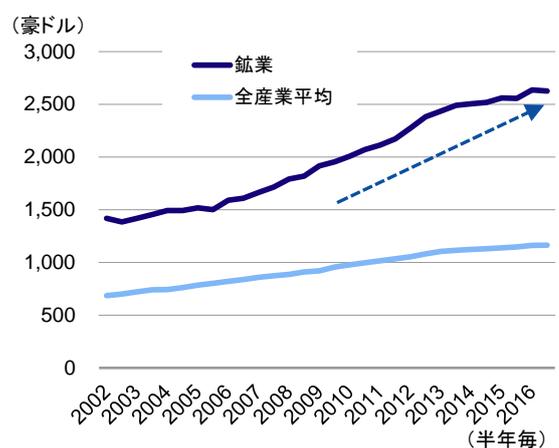
(出所) Australian Bureau of Statistics よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 5】 豪州産一般炭スポット価格の推移



(出所) Argus Media Limited, *Argus/McCloskey's Coal Price Index Report* よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 6】 豪州平均週給の推移



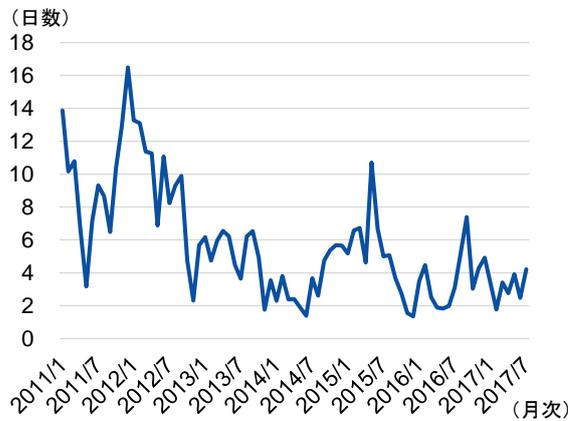
(出所) Australian Bureau of Statistics よりみずほ銀行産業調査部作成

豪州石炭積出港における滞船等のサプライチェーン上の制約に起因する課題が存在

第三に、石炭積出港での滞船等、サプライチェーン上の制約に起因する課題も存在している。QLD 州では、2011 年から 2012 年にかけて、生産量の増加に輸送インフラ整備が追いつかず、Newcastle 港をはじめとする主要石炭積出港でのバルク船の滞船日数の長期化が大きな問題となった。その後の鉄道・港湾インフラの能力増強により、状況は改善したものの、引き続き滞船問題は残存している(【図表 7】)。Newcastle 以外の主要な石炭積出港の中には、現在でも平均 2 週間程度の滞船が発生している場所も存在する(【図表 8】)。今後、豪州が新規炭鉱開発および輸出拡大を目指すにあたり、輸送インフラのボトルネック解消は不可欠である。

IoT・AI の活用は、これらの豪州での石炭開発事業の採算性に関する諸課題に対するソリューションとなり得る。デジタル技術の活用により、生産性向上や鉱山サイトにおける労働集約度の低減、サプライチェーン効率化等が実現すれば、豪州の石炭開発事業の事業採算性の向上、競争力強化に繋がる可能性がある。

【図表 7】 豪州 Newcastle 港の平均滞船日数推移



(出所) Port Authority of New South Wales よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表 8】 豪州主要石炭輸出港の平均滞船日数

港湾名	平均滞船日数
Abbot Coal Terminal	14日
Hay Point Coal Terminal	14日
Dalrymple Bay Coal Terminal	13日
Gladstone (RG Tanna Coal Terminal)	5日
Gladstone (Wiggins Island Coal Terminal)	9日
Brisbane (Fisherman Island)	1日以下
Newcastle (PWCS Terminals)	4日
Port Kembla	1日以下

(出所) CoalinQ よりみずほ銀行産業調査部作成  
(注) いずれも 2017 年 8 月 15 日時点の平均滞船日数

### 3. 資源開発におけるデジタルイノベーションの可能性

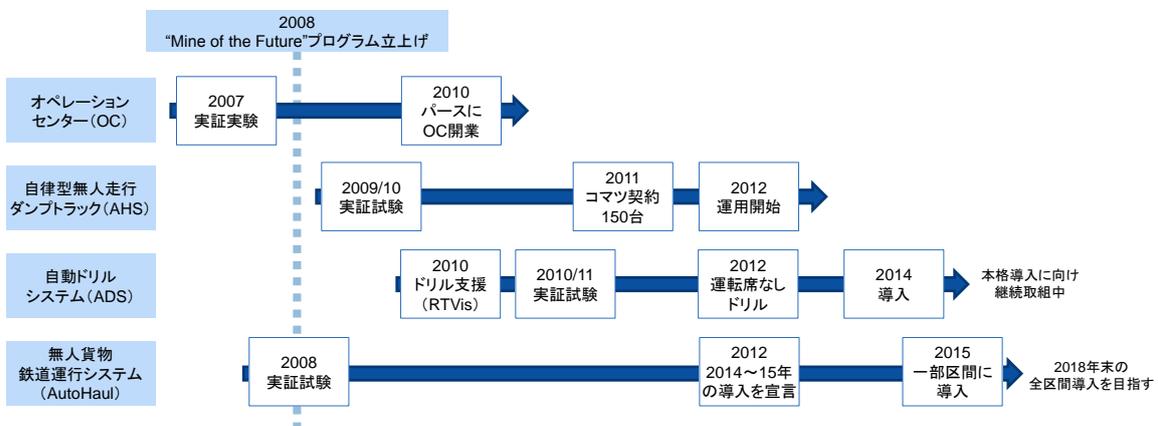
本節では、鉄鉱山開発および石油・天然ガス開発における IoT・AI 活用の先行事例を紹介し、石炭開発事業への応用可能性に関する課題を整理する。

#### (1) 鉄鉱石・石油・天然ガス開発における IoT・AI の導入事例

Rio Tinto は鉄鉱山操業の自動化や集中管理により鉄鉱山操業を効率化

Rio Tinto は、2008 年に鉄鉱山開発への IoT 導入でオペレーションの効率化、安全性向上、環境影響の低減を企図した“Mine of the Future”プログラムを開始した。このプログラムは、同社の主要鉄鉱山が存在する豪州 Pilbara 地区における、①オペレーションセンター (Operation Center, OC) での鉄鉱山操業の集中管理、②無人走行ダンプトラック (Autonomous Haulage System, AHS)、③自動ドリルシステム (Automated Drilling System, ADS)、④無人貨物鉄道運行システム (AutoHaul) の導入の 4 つの取組みで構成されている (【図表 9】)。

【図表 9】 Rio Tinto “Mine of the Future”の取組み



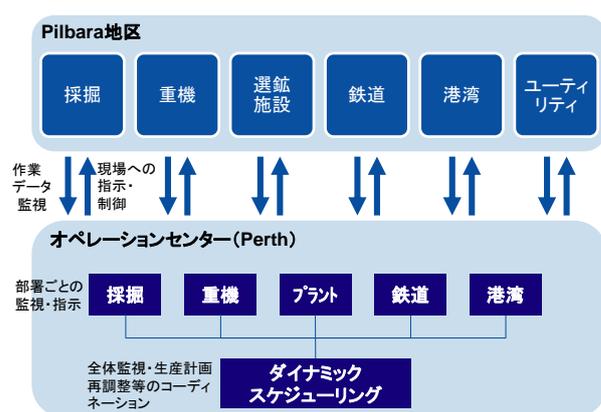
(出所) Rio Tinto HP、IR 資料等よりみずほ銀行産業調査部作成

Rio Tinto によれば、ダンプトラックや鉄道、ドリルシステム等の設備・機器の無人化・自動化は、重機等の燃費向上に加え、鉱山サイトにおける労働集約度を低減し、作業の安全性向上や人員確保問題を改善する効果を上げている。例えば、無人走行ダンプトラックは、2017年1月時点でPilbara地区で稼働するダンプトラックの約2割に導入されており、これは導入しない場合と比較して300人以上のドライバー削減に貢献すると言われている。仮に全面導入された場合、Pilbara地区の労働力(約11,000名)の約14%に相当する規模の人員費抑制効果をもたらすと試算される。また自動ドリルシステムは、Pilbara地区の一部鉱山で試験導入されており、掘削作業の効率化や生産性・安全性の向上に貢献している。更に、無人貨物鉄道運行システムは、運転士交代等による停車時間の削減、スムーズな加減速による車両への負荷軽減・平均運転速度の上昇などの効果を上げている。

こうした無人ダンプトラック、無人貨物鉄道、自動ドリルシステム等のIoT導入は、複数の鉱山サイトの遠隔集中管理にも役立っている。Rio Tintoのオペレーションセンターは、Pilbara地区から1,500km離れたPerthに設置され、Pilbaraにおける採掘、選鉱、鉄道、港湾、重機の各工程を監督するとともに、全体の生産計画・メンテナンススケジュールを統合的に管理する部署が調整役となって、工程間の連携不足による非効率なオペレーションを削減している(【図表10】)。斯かるサプライチェーン全体の最適化は、鉱山サイトにおける生産性向上のみならず、ダンプトラックの渋滞、列車の待機、滞船等のロスタイムを削減することで、大規模な設備拡張投資を伴わずに輸送インフラの処理能力を拡大する効果をもたらしている。

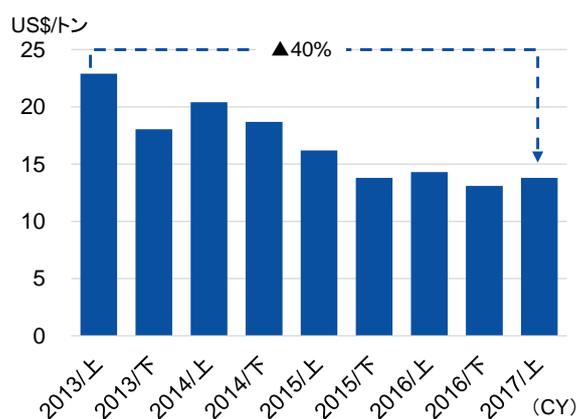
Rio Tintoによれば、“Mine of the Future”プログラムの推進により2017年上期のPilbara地区の鉄鉱石生産に斯かるキャッシュコスト<sup>2</sup>は2013年上期対比約40%低下した(【図表11】)。

【図表10】 Rio Tinto オペレーションセンターにおける 鉱山操業の集中管理



(出所)JOGMEC「平成28年度海外炭開発高度化調査」等よりみずほ銀行産業調査部作成

【図表11】 Pilbara 地区における鉄鉱石生産 キャッシュコストの推移



(出所)Rio Tinto IR 資料よりみずほ銀行産業調査部作成

<sup>2</sup> キャッシュコストとは、鉱物資源の生産・出荷に関わる生産量単位あたりのコストの合計で、採掘費・選鉱処理費・輸送費・港費・人件費・ロイヤリティ等の直接費および販管費等のキャッシュアウトを伴うものをいう

シェール開発事業者は IoT・AI を活用した生産性向上・コスト削減の取組みを加速

石油・天然ガス開発の分野では、米国でシェールオイル・シェールガスを生産する主要な独立系石油開発会社のひとつである Devon Energy が、2012 年から IoT と AI を組み合わせた独自のデータマネジメントツールの開発を開始した。その後、Devon Energy は、原油価格の低迷を受けたコスト削減・生産性向上を強化するにあたり、テクノロジー活用の取組みを加速させている。

Devon Energy のデータマネジメントツールは、AI による予測的分析や処方的分析<sup>3</sup>の技術を活用したシステムで、例えば、3D 地震探査データや生産レポートを分析することにより、エンジニアが掘削候補地の中で最も有望な地点を判断する作業を支援している。また、開発・生産に利用する資機材にセンサーを取り付ける等の IoT 化を行い、センサーから収集した位置情報、作業スピード、振動、圧力・温度の変化等の大量のデータをリアルタイムで分析することにより、掘削作業のボトルネックの発見や、機材故障を未然察知・メンテナンスして突発的な作業中断防止に貢献している。

Devon Energy は、テクノロジーの活用により、掘削・井戸完成に斯かる単位あたりコストの削減(2017 年時点で 2014 年対比▲40%超)や石油・天然ガス生産量拡大(活用しない場合と比べて生産量が 2%増加)等、一定の成果を上げている。

## (2) 石炭開発における IoT・AI 導入にあたっての課題

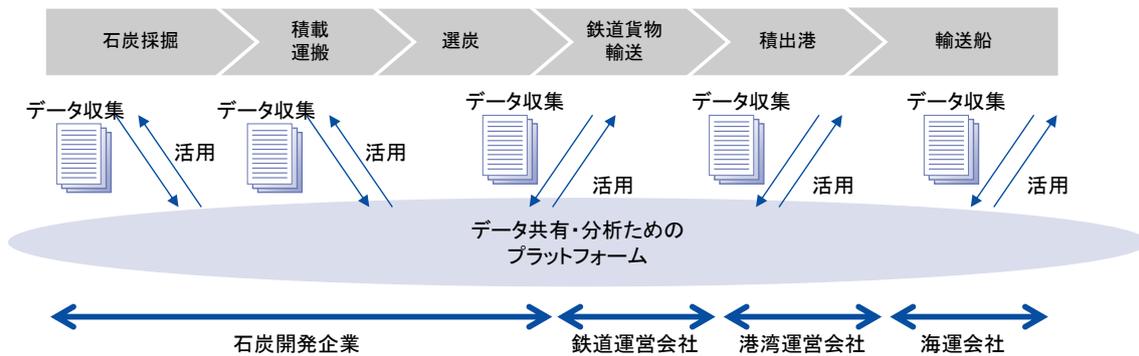
石炭開発への IoT・AI 導入には、固有の課題も存在

石炭開発は事業特性や生産・出荷フローに他の資源との類似性があり、前述の IoT や AI の活用事例が応用できる可能性が高い一方で、石炭開発事業への IoT・AI 導入には固有の課題もある。

まず、石炭開発では多くの場合、生産から出荷まで複数の企業が関わることが挙げられる。前述した Rio Tinto の場合、同社が鉱山サイト運営から鉄道輸送、港湾オペレーションまでの垂直統合した自社設備を保有していることで、サプライチェーンを通じた操業最適化のプロジェクトを自社完結で推進できた。一方、石炭開発においては、採掘から出荷までをそれぞれ別個の開発会社、鉄道会社、ターミナル運営会社が担っているケースが多い。そのためサプライチェーンを通じた最適化を実現するには、各社が収集したデータの収集・共有・活用に際して、データ出力形式やシステム環境、情報管理上のコンフリクト等に関する会社間の調整が必要である(【図表 12】)。

<sup>3</sup> 予測的分析(Predictive Analytics)とは、大容量の非構造的なデータを機械学習させることで、一見して分からない一定の関連性や傾向を導き出し、将来をスコアや確率で予測する分析。処方的分析(Prescriptive Analytics)とは、予測的分析で導かれた予測結果を活かして一定の目的達成のために次に行うべき意思決定のための最適な選択肢を導く分析。

【図表 12】石炭開発のサプライチェーン最適化に向けた IoT 活用イメージ



(出所) みずほ銀行産業調査部作成

そして、石炭開発においては、採掘に伴う可燃性ガス発生による火災・爆発の危険があることから、鉄鉱山開発よりも高い水準の安全性が求められる点も課題である。但し、デジタルイノベーションの活用により安全性が確保された重機等を導入できれば、むしろ作業現場における事故・災害を減らし、操業の安全性を高められるメリットもある。

さらに、費用対効果も IoT・AI 導入の論点となり得る。Rio Tinto の Pilbara 地区は、地区内に 15 の鉱山を擁する大規模な開発エリアであることが、IoT・AI の導入を可能にしたものと思料される。無人ダンプトラックや資機材へのセンサー設置、データの収集・分析、統合的な管理システムの構築には相応の設備投資が必要と考えられ、十分な導入効果を得るには一定以上の開発規模が必要となる。

#### 4. インプリケーション

最後に、石炭開発分野における IoT・AI 活用の方向性と事業者求められる戦略について述べる。

短期的には、個別炭鉱における IoT・AI 導入のポテンシャルが大

まず、個別の炭鉱における取組みは、技術面・安全面等の課題が解決されれば短期的に実現できる可能性が高い。具体的には、①採掘された石炭の品位や生産量、積載・運搬のタイミング等の、情報のリアルタイムな収集・分析による選炭処理<sup>4</sup>工程の高度化・最適化、②自動化・無人化機器の導入、日々の操業データの生産計画や重機・設備のメンテナンス計画への反映等による炭鉱サイトでの労働集約度の低減や生産性向上、③センサー・カメラ等による高度なモニタリングを通じた採掘現場における作業安全性・環境保全水準向上等が考えられ、個別炭鉱における事業採算性の向上に IoT・AI 活用余地は大きい。

<sup>4</sup> 選炭とは、採掘した石炭(原炭)から、岩石等の不純物を除去し、粉碎、ふるい分け、性質の異なる複数の炭層から生産した石炭の混合等により、所定の粒度や品質スペックに適合した精炭へと加工する処理工程

中長期的な取組みとしてIoT・AIを活用したサプライチェーン全体の最適化を展望

さらに、中長期的な取組みとして、コンソーシアム組成や政府のイニシアティブによって、隣接する複数の炭鉱や鉄道輸送、港湾に関わる企業間の協力体制を作ることができれば、スケールメリットを享受しつつIoT・AIを活用したサプライチェーン全体を最適化するプラットフォームの構築、及び更なるコスト削減効果の発揮も展望できる。

IoT・AI活用は、日本企業が参画する炭鉱の競争力強化に資するものと期待される。石炭開発事業に参画する日本企業には、鉱山開発向け重機のIoT化でグローバルな強みを持つ日系建機メーカー等と協働することで、サプライチェーンを通じたデータ収集・分析のためのプラットフォーム構築を主導することも可能である。また、JOGMEC等の政府機関がG to Gのアプローチにおいて果たす役割も期待される。石炭調達のほぼ全量を輸入に依存する日本にとり、石炭開発事業の生産コスト低減、安定操業は石炭資源の安定的かつ競争力ある調達に繋がるものと思料される。

但し、石炭は他の一次エネルギーと比較して温室効果ガス排出量が多いため、石炭産業には安定的・経済的な調達・利用と同時に環境負荷低減に努めることが求められている点には留意が必要である。石炭利用に係る環境負荷低減の課題には、利用段階での環境対策や燃焼効率改善等の技術開発が主要な対策であるが、開発・生産段階においても、炭鉱操業へのIoT・AI導入により、重機の燃費向上や開発に伴う水質汚濁・有害ガス溶出の防止・抑制等、環境保全の強化が可能と考えられる。IoT・AI活用を通じた石炭開発事業の環境負荷低減や生産性向上に期待したい。

みずほ銀行産業調査部  
資源・エネルギーチーム 井上 陽子  
藤江 瑞彦  
yoko.inoue@mizuho-bk.co.jp

©2017 株式会社みずほ銀行

本資料は情報提供のみを目的として作成されたものであり、取引の勧誘を目的としたものではありません。本資料は、弊行が信頼に足り且つ正確であると判断した情報に基づき作成されておりますが、弊行はその正確性・確実性を保証するものではありません。本資料のご利用に際しては、貴社ご自身の判断にてなされますよう、また必要な場合は、弁護士、会計士、税理士等にご相談のうえお取扱い下さいますようお願い申し上げます。

本資料の一部または全部を、①複写、写真複写、あるいはその他如何なる手段において複製すること、②弊行の書面による許可なくして再配布することを禁じます。