

マイニング市場の動向と機械の電動化

マイニング用トロリー式ダンプトラックと電動式油圧ショベル

宇野 桂一郎

21世紀に入り、新興国、とりわけ中国、インドを始めとする人口大国における急速な工業化を受け、石炭、鉄鉱石等の資源鉱物需要は拡大の一途をたどっている。こういった新興国の経済成長が続く限り、今後も長期的には資源需要の伸びは常態化するという見方が一般的である。生産性を重要視するのは勿論のことながら、市場からは環境に配慮したマイニング機械を求める声が非常に強くなってきている。本稿では、マイニング市場の動向に簡単にふれ、環境に配慮したトロリー式ダンプトラックと電動式油圧ショベルを紹介する。

キーワード：環境、電動式、トロリー、油圧ショベル、ダンプトラック

1. はじめに

世界的な資源需要の伸びをうけ、マイニング機械の需要は確実に伸びており、各メーカーも独自技術を盛りこんだ製品投入をしてきている。電動・ハイブリッド化は環境保護、省エネルギー化に対する有効な技術であり、その技術進歩は顕著なものがある。当然ながら市場要望も年々高まってきている。しかしながら、大型の機械となるマイニング用油圧ショベルやダンプトラックでは、20t級クラスの中型油圧ショベルで応用されているようなハイブリッドシステムは、現在までのところ、高出力でコンパクトな電動機器が現実的ではないことと、連続重負荷で稼働することを考慮すると実用的ではないと考えられている。一方の電動化については、ダンプトラックのトロリー化や電動油圧ショベルなどが実用化されてきている。ここでは、マイニング機械に焦点をあてて、市場の概要を述べ、環境に優しいトロリー式ダンプトラックと電動油圧ショ

ベルについて述べる。

2. マイニングの市場動向

坑内掘り工法（トンネル工法）が主であった鉱山開発において、1960年以降、露天掘り工法が資源大消費地であるアメリカ大陸から世界へ普及した。露天掘り鉱山で使用される全製品市場規模は、2011年度で約1兆円である。昨今の中国の経済の減速、シェールガス開発による石炭等資源価格の変動など、市場動向を注視する必要はあるが、長期的には今後10年間で世界資源生産量は大きく増加すると予想されている。

(1) 露天掘り鉱山の歴史

ドラグライン、機械式ショベルなど、効率的な露天掘り工法に必要な大型掘削機械が開発されてから、露天掘り鉱山が多く開発されるようになった。今日の露天掘り工法での生産量は、全資源産出量の約45%（The

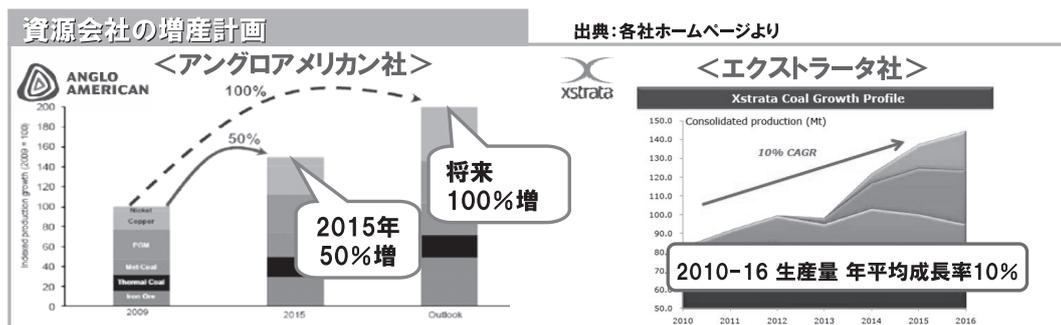
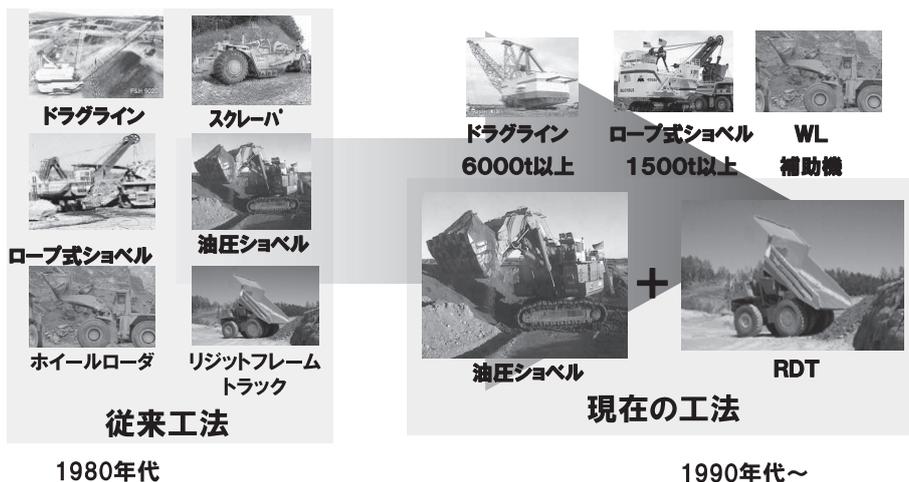


図-1 大手資源会社の増産計画



図一2 マイニング工法の変化

freedonia Group, Inc. の調査に基づく推計) を占めている。施工法のニーズとともに、鉱山用の大型機械類は主に米国で開発されてきたが、1970年代に登場した大型油圧ショベルは、施工法に革新をもたらし、現在では油圧ショベルとダンプトラックの組み合わせ(ショベル/ダンプ工法)」が主流となっている。20年超の長期償却を前提としたドラグラインなど高価な機械類では、資源市場の変動に柔軟に対応できず、また、1年ごとの短期売買契約、グローバルな資源価格(生産コスト)競争、新規鉱山開発スピードなどへの適合で、今後もショベル/ダンプ工法への市場ニーズは高まると予想される。

(2) 資源ブームと鉱山会社の動向

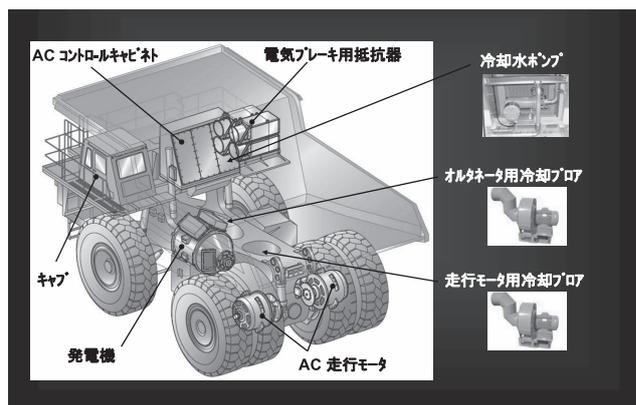
1990年代から2000年初めにかけてのマイニング不況時に、苦しい経営^{かじ}取りの中で鉱山会社の合併寡占化が進んだ。その後の中国、新興国の急激な資源需要から資源価格が高騰し、鉱山会社は大きな利益を得るようになり、更なる積極投資、新規鉱山開発という動きが世界的に起きている。そのため世界的に人材不足が起きており、鉱山会社は製品の製造・供給者に対し、鉱山運営に共同で関わり、機械運行や維持保全などへのソリューションを提供することを要請するようになっている。鉱山の電源設備のインフラを利用したのマイニング機械の電動化は、環境保護、生産効率の向上の二つの目的を解決する手段となっている。

3. トロリー式ダンプトラックと電動油圧ショベル

環境への配慮という観点からの電動化の有効性のほかに、人件費の高騰などにより、資源の生産コストが

上昇する傾向にあるなか、生産性(コスト/トン)のより一層の向上が求められ、マイニング機の電動化はその解決手段の一つとしても注目されており、ダンプトラックのトロリー化と油圧ショベルの電動化の要望は高くなっている。

従来のマイニング用のダンプトラックの駆動方式は、自動変速機を用いた機械式か、エンジンで発電機を駆動し、発電機からの交流出力を整流して走行モータを駆動するDC(Direct Current)方式の電動式が主であった。近年は先進のIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)インバータ技術を駆使したAC(Alternating Current)ドライブ方式が主流になりつつある。図一3にAC電気駆動式ダンプトラックの構成を示す。



図一3 AC電気駆動式ダンプトラックの構成

トロリー式ダンプトラックは、荷を積んで登坂する時だけ、設置された架線から電力の供給を直接受けて、車載のディーゼルエンジンを使わずにACドライブモータを駆動する。これによって燃費は大幅によくなり、登坂時のスピードもディーゼルエンジン式に比べ速くなり生産性も向上する。

一方、電動式油圧ショベルは、通常搭載されるディーゼルエンジンを電動モータに変更し、ケーブルから電力の供給を受けて、駆動のすべてを電動モータで賄う。一般に鉱山には電気のインフラがあるところが多く、電動式油圧ショベルを採用することでランニングコストは大幅に向上し、CO₂の排出もなくなるという大きな利点がある。

(1) トロリー式ダンプトラック

トロリー式ダンプトラックは車体上部に搭載されたパンタグラフにより、登坂路に設置された架線に流れる電力を取り込む。その電力でACドライブモータを駆動させるため、電力供給時にはエンジンをアイドリング状態に保つことが可能となる。また車体には制御をつかさどる制御ボックスを搭載し、トロリーモードとディーゼルモードの切り替え制御を行っている。このモード切替制御により、放土現場や積込作業現場及び下り坂などの架線が設置されていない部分では標準機と同様にエンジンで発電した電力で走行可能である。

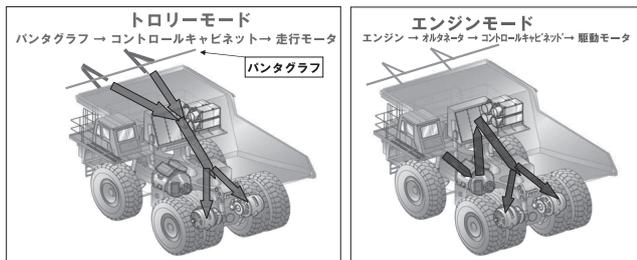


図-4 トロリー式ダンプトラックの動力の流れ



図-5 トロリー式ダンプトラックの外観

最適なトロリー式ダンプトラックを提供するには、トロリー式固有のパンタグラフを含めたダンプトラックの電動モータ等の主要電機品の信頼性、さらに車体システムとしてのチューニングが非常に重要となる。現場

は適切な架線の設置、供給電圧の安定化が必要となる。

ディーゼルエンジン搭載の標準機と比較した場合、トロリー式ダンプトラックの利点は以下のとおりである。

- ① CO₂ 排出量の低減
- ② 燃料消費量の低減
- ③ 登坂能力の向上
- ④ エンジンメンテナンス費用の低減

例えば、燃料消費量について、仮に勾配10%の登坂路を往復した場合、標準機と比較してトロリー式ダンプトラックは燃料消費量を半分程度に低減することができる。また、勾配10%の登坂路で荷を積載した状態で走行する場合は、エンジン式トラックの走行速度は約11 km/h であるが、トロリー式ダンプトラックではその約2倍のスピードでの登坂走行が可能である。これは荷の積み込み場所から放土現場までの移動時間が短縮されることになり、標準機と比較しトラック1台分あたりの生産量の向上につながる。

メンテナンス費用に関しては、前述のようにトロリーモード時にエンジンをアイドリング状態に保つことができるため、エンジン負荷が低減される。それにより、一般的な例として稼働時間を60,000時間まで想定すると、標準機では3回のエンジンオーバーホールが必要となる場所、トロリートラックでは2回で済むことになる。

このように、エンジン負荷を低減できることより、機械自体より排出されるCO₂排出量を低減できる。

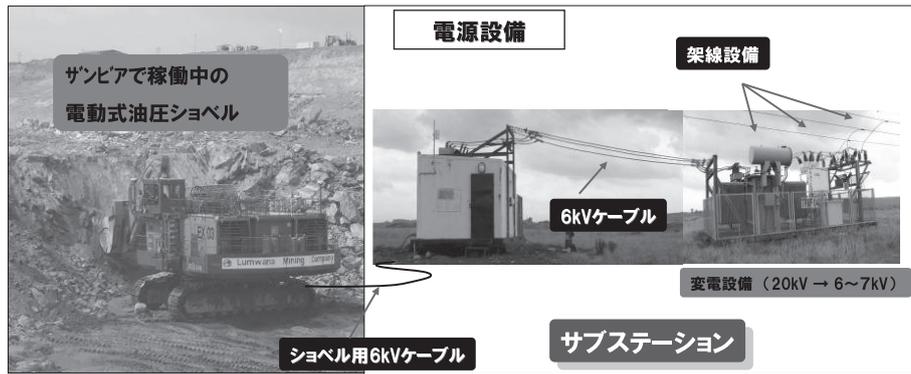
つまり、トロリー式ダンプトラックの導入により、生産面と環境面の双方において大きなメリットを得ることができる。

(2) 電動式油圧ショベル

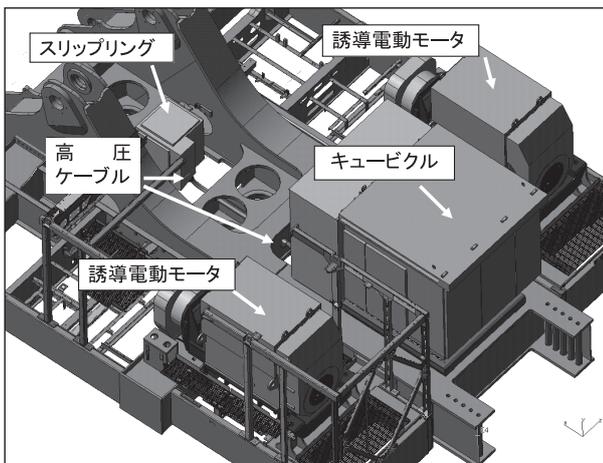
マイニング用電動式油圧ショベルの市場は現時点でマイニング用油圧ショベルの出荷台数のうち10%にも満たないが、直近の2年から3年で電動式油圧ショベルの引き合い数は約2倍に増加し、今後も電動式油圧ショベルの需要は拡大するものと見込まれている。

本稿で紹介する超大型電動式油圧ショベルは、標準機であるエンジン式油圧ショベルに対して原動機を3相誘導電動モータに換装したものであり、アクチュエータは全て油圧機器である。図-6に500t級電動式油圧ショベルの主要電動機器の構成を一例として示す。また下記に機器の概要を示す。

- > 原動機は高電圧3相誘導電動モータ（左右2基）
- > モータの起動停止を制御し高電圧機器の状態をモニタするキュービクル
- > 電源を供給する高圧ケーブル



図一七 電動式油圧ショベルの稼働現場



図一六 電動式油圧ショベルの機器構成

(電源→スリップリング→キュービクル→モータ)
 >上部旋回体と走行体のケーブルを回転可能に
 接続するスリップリング

エンジン式と比較し、電動式油圧ショベルは以下の
 利点がある。

- ①ショベル本体からは排ガス (CO₂) が出ない
- ②消費電力が軽油に比較し安価である
- ③オーバーホール費用を低減できる
- ④エンジンオイルやフィルタなどの廃棄物が発生しない
- ⑤低騒音・低振動である

エンジン式に比較し、電動式油圧ショベルのトータ
 ルのランニングコストは1/2程度であることから、特
 に燃料価格の高い国・地域においては、顧客側のコス
 ト低減に貢献できる。図一七に電動式ショベルの稼
 働現場例を示す。

電動式油圧ショベルは、常にプラグインした状態
 で使用される。したがって、送電設備を必要とし、ケー
 ブルがあることによって長距離の移動に手間がかかる
 などのデメリットもある。

しかし、環境問題とトレードオフ関係にある鉱山開

発において、電動式油圧ショベルは環境負荷低減とい
 う面で優位性があり、さらに電源供給のためのインフ
 ラが整った鉱山では、ランニングコスト面において顧
 客に対し極めて有益なメリットを提供できる製品であ
 ると考える。

2011年末までの納入先はアジア・アフリカ・ロシ
 ア CIS (Commonwealth of Independent States: 独立
 国家共同体) 地域が大半を占めているが、排ガス規制
 が厳しくなるにつれ、今後はアメリカ地域からも需要
 が増えてくるものと考えられる。

4. おわりに

ここで述べた、トロリー式ダンプトラックと電動式
 油圧ショベルは、今後さらに需要が高まると予想され、
 メーカーとしてはより一層の効率化、省エネルギー化を
 図っていく必要があると考えている。機械の電動化で
 は、生産性向上のためには鉱山の電源設備が密接に関
 係する。今後は機械単体の提供からさらに進化し、鉱
 山全体の効率的運営、環境保護に寄与する提案をおこ
 なっていく所存である。

JCMMA

《参考文献》

- 1) 「新興国で需要が高まる電動式大型油圧ショベルの開発と市場開拓」, 日立評論 Vol.91 No.6 (2009年6月)
- 2) 「大規模露天掘り鉱山向け超大型油圧ショベル, ダンプトラック」, 日立評論 Vol.93 No.2 (2011年2月)
- 3) 「マイニング機械の変遷と電動化における今後の展開」, 日立評論 Vol.94 No.5 (2012年5月)

【筆者紹介】

宇野 桂一郎 (うの けいいちろう)
 日立建機㈱
 営業統括本部 マイニング事業本部 技術サポート部
 部長

