

マイニングダンプトラック

トロリー受電式マイニング用ダンプトラックにおける二酸化炭素 (CO₂) の低減

堀 井 泰

マイニング機においては生産性の向上が重要視されていたが、昨今二酸化炭素排出量の増加に起因する地球温暖化などの気候変動問題が大きく取り上げられてきたこともあり、マイニング機においても環境に配慮した機械を求める声が大きくなっている。

本稿では、環境に配慮したトロリー受電式マイニング用ダンプトラック（以下、トロリートラックという）に焦点を当て、作動原理の説明や二酸化炭素排出量について紹介する。

キーワード：二酸化炭素, CO₂, 排出ガス, 燃費, ゼロエミッション, トロリー

1. はじめに

2015年に合意に至ったパリ協定以降、各国・各企業から排出ガスの削減目標が公表されている。弊社のある顧客を例にとると、2030年までに二酸化炭素排出量を33%低減（2017年比）し、2050年にカーボンニュートラル（二酸化炭素排出量ゼロ）を掲げている。また、製造業者に対しても、各顧客より削減目標に貢献できる製品の供給を求められている。

弊社としても、鉱山業界や顧客が環境問題を継続的な重要課題として取り組んでいること、排出ガスを低減できる製品の供給を求められていることを認識している。本稿で紹介するトロリートラックは、架線下ではエンジンによる発電ではなく架線からの給電で走行でき、二酸化炭素排出削減を実現できる手段として注目されている。

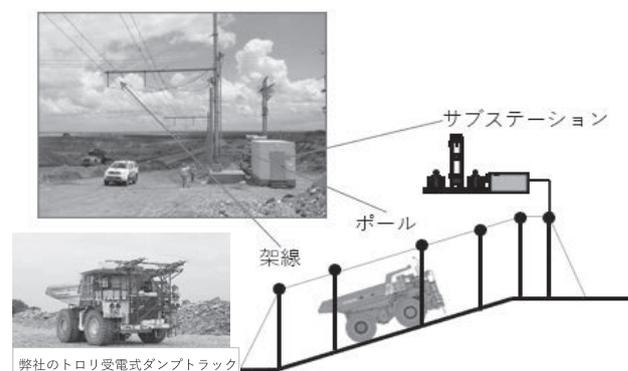
本稿においては、トロリートラックに焦点を置き二酸化炭素排出量がディーゼル仕様ダンプトラック（以下、ディーゼルトラックという）と比較しどの程度低減できるかについて紹介する。

2. トロリートラックとは？

従来のマイニング用ダンプトラックは、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電動モーターを駆動するDCもしくはAC駆動の電動式がある。近年はインバータ技術を駆使したAC駆動式が主流になりつつあるが、いずれの方式も効率の違いはあれどもディーゼルエンジンにて全動力を賄っている。

これに対しトロリートラックは、図—1のように設置された架線（主に積載時の登坂路に設置）からパンタグラフを経由して電力の供給を受けて電動モーターを駆動する。架線からの電力は2,400V-2,600Vであり、これは発電機からの供給（2,000V）より高く、架線からの給電時はディーゼルトラックに比べ走行が速くなり、生産性が向上する。

併せて、架線下では車載のディーゼルエンジンを使わずに電動モーターを駆動するためディーゼルエンジンの回転数が1,900rpm→1,200rpmに制御され、これにより大幅な燃費低減すなわち二酸化炭素排出低減が可能となる。これらがトロリートラックの特徴である。



図—1 トロリー受電式ダンプトラックに必要な設備

3. トロリートラックの利点

トロリートラックにおいては、車体上部の架線から電力を取り込むためのパンタグラフを搭載している。

架線下ではトロリーモード、架線下外ではディーゼルエンジンモードで走行するため、運転席内にモード切り替えスイッチが搭載されている。トラックのオペレータは、架線下でキャブ内に設置されている切り替えスイッチを操作することでパンタグラフが上がり、トラックが架線からの給電を検知するとトロリーモードに切り替わる。トロリーモードにおいては、エンジン回転数が1,900 rpm から1,200 rpm に制御され、左右の走行モーターには架線からコントロールキャビネットを経由して直接電力が供給される(図-2参照)。

トロリーの利点としては下記があげられる。

1. トロリー走行時の速度アップによる生産性向上
2. 燃料消費量低減によるコスト低減
3. 燃料消費量削減による二酸化炭素排出量の低減

トロリー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利点を得ることができる。トロリートラックの導入には、架線やサブステーション(変電設備)などの電力設備の新規投資が必要になるが、(トロリーでの稼働割合にもよるが)一般的に数年でその投資回収が可能となる。

過去のトロリートラックにおいては架線からの電圧が1,700 V-1,800 Vであった主流の時代があり、それよりも昔になるとさらに低い電圧のトロリートラックも稼働していたようであるが、近年は技術の進歩により高電圧化が主流となっており2,400 V-2,600 Vの電

圧を採用したトロリートラックを開発している。

4. ディーゼルトラックとトロリートラックにおける二酸化炭素排出量, サイクルタイム(一工程に要する時間を指す: 積み込み場所→放土場所→積み込み場所へ戻る一工程を指す), 燃費, 生産量の比較

過去に引き合いのあった鉱山情報を基に、二酸化炭素排出量をはじめ燃費, サイクルタイム, 生産量においてディーゼルトラックとトロリートラックとの比較結果を紹介する。

(1) 現場情報の仮想化

自社開発の生産量試算ツール(Mining Production Calculator, 以下MPC)内に現場の道路状況(距離・高低差等)を仮想的に構築し(図-3), 生産量, サイクルタイム, 燃料消費量, 二酸化炭素排出量をシミュレーションした。

- ・全長: 5,320 m
- ・掘削鉱物: 金
- ・トロリーライン1: 長さが1,325.3 m, 平均勾配は8.4%
- ・トロリーライン2: 長さが491.5 m, 平均勾配は8.4%

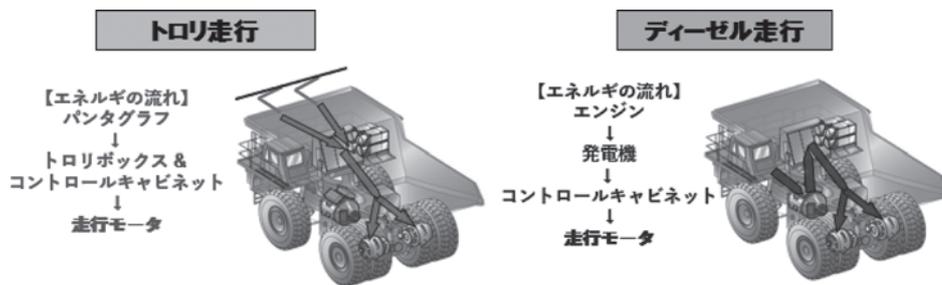


図-2 トロリー受電式ダンプトラックのエネルギーの流れ

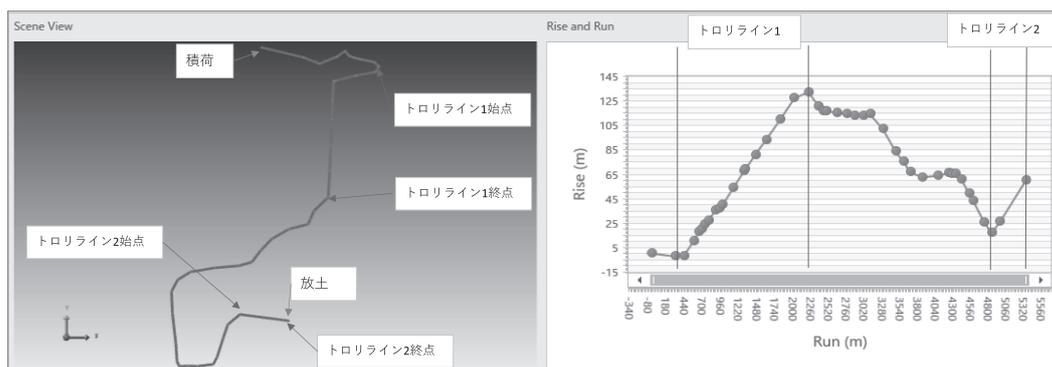


図-3 ホールロードとトロリーラインの可視化

Run Number	Fleet Configuration Name	二酸化炭素排出量 (kg/h)	燃費 (L/h)	サイクルタイム (min)	必要台数 (台)
	トローリ機の結果	359.59	143.26	24.61	10.00
	ディーゼル機の結果	613.46	244.41	29.84	12.00

図一4 MPCによる二酸化炭素排出量などの計算結果

- ・走行抵抗：2%勾配登坂路相当
- ・年間目標生産量：54,000,000 メトリックトン
- ・年間目標稼働時間：6,000 時間
- ・目標稼働率：90%

(2) MPCでのシミュレーション比較結果

試算時使用した機械はいずれも自社のトローリトラック EH4000AC-3（許容積載重量：214 トン）とマイニングショベルである EX5600-7（ローダーバケット仕様）である。

比較対象機種として、ディーゼルトラック EH4000AC-3（許容積載重量：221 トン）を用いた。

図一4が計算結果である。

(a) 二酸化炭素排出量 & 燃費の比較

二酸化炭素排出量：約 41%低減

燃費比較：約 41%低減

トローリ走行時はエンジン回転数を 1,900 rpm から 1,200 rpm に下げて走行できることが低減に寄与している。トローリラインの長さが長いほど低減が可能。

(b) サイクルタイムと生産量の比較

サイクルタイム：約 18%低減。

年間目標生産量における必要トラック数：ディーゼルトラック 12 台に対してトローリトラックは 10 台で達成可能

トローリライン 1, 2 においては、走行速度がディーゼルモード時に比べ約 2 倍の速度で走行可能であり、これによりサイクルタイムが低減でき、生産量の増加に寄与している。

5. おわりに

今後、マイニング機械においては電動化がさらに加速し、二酸化炭素排出量を完全に抑えることのできるゼロミッションを謳った機械、例えばバッテリートラックやショベル等が開発されてくるものと考えられ、顧客においてもそのような機械を求める声も強くなると思われる。そのため、エンジンレス・フル電動ダンプトラックの ABB 社との共同開発契約をプレスリリースしている（2021 年 6 月 23 日）。

今後ともその流れに遅れを取ることなく、環境にやさしく顧客の満足や社会貢献できるマイニング製品の開発・製造を、一層積極的に行っていく所存である。

JCM/A

《参考文献》

- 1) バリ協定に関するホームページ
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/tokushu/ondankashoene/pariskyotei.html>
- 2) 建設機械施工誌（2012 年 12 月発行）：マイニング市場の動向と機械の電動化
- 3) 弊社発行プレスリリース（バッテリートラック）に関するホームページ
https://www.hitachicm.com/global/jp/news-list_jp/21-06-23j/

【筆者紹介】

堀井 泰（ほりい やすし）
日立建機㈱
マイニング事業本部 営業技術サポート部
技術課長

