

# 土工事における運搬機の動向

山本茂太

土工事における土砂や岩の運搬方法には、公道を走行する10t積みダンプトラックや場内専用の重ダンプトラックなど運搬機による方法と、ベルトコンベアによる連続的な方法など様々な施工法がある。特に場内専用の重ダンプトラックにおいては従来のスクレーパやリジッドダンプトラックに加え、悪路走行に強いアーティキュレートダンプトラックや不整地運搬車も普及してきている。本稿では場内専用の運搬機に焦点を絞り、その種類や特徴について紹介する。

キーワード：運搬機、リジッドダンプトラック、スクレーパ、アーティキュレートダンプトラック

## 1. はじめに

掘削、運搬、敷き均し、転圧といった土工事における一連のプロセスの中で、運搬作業に従事する建設機械は移動距離が長い場合最も多くの台数を占め、またそのサイクルタイムが工事全体の中で占める割合も大きなことが多い。つまり運搬機の作業量の多寡が、工事全体の作業量を決定付ける最も大きな要素となる。

土工事を計画する場合、運搬作業においては下記の点を考慮する必要がある。

1. できる限り最短距離で運搬する
2. できる限り最少回数で運搬する
3. 最少量のエネルギーで最大量の土砂を運搬する
4. 土質や気象条件に対して最適な運搬機を選定する
5. 最大の投資効果を実現する運搬機を選定する

現場に適合した運搬機を選定は、上記の目的を達成することにおいて第一ステップとなる。選定に当たっては、工事の初期段階のみではなく、工事が進捗した段階も見据えて運搬機を選定する必要がある。

また昨今では工事における二酸化炭素排出量の低減が求められており、運搬作業においては上記目的を実現することがますます重要となってきている。

## 2. 運搬機の種類と選定

### (1) 運搬機の種類

現在、土工事でよく用いられている運搬機には、次のような機種がある。

①ブルドーザ

②ホイールローダ（ロード&キャリアー）

③スクレーパ

④アーティキュレートダンプトラック

⑤リジッドダンプトラック

①～③においては、単一の建設機械で運搬だけではなく、土砂の掘削、積込、運搬、敷均といった一連の作業を完結できる。①と②は、本来運搬用の建設機械ではないため、短距離での運搬に用いられるが、③のうちモータスクレーパ（自走式スクレーパ）は比較的高速で長距離の運搬も可能である。

④と⑤は運搬のみを行い、それらへの積み込みを行う油圧ショベルやホイールローダといった積込機、土砂を降ろした後、敷き均しを行うブルドーザなどの補助機械が必要となる。⑤は公道を走行する10t積みダンプトラックと機構が同じであるが、④は車体が屈折する構造となっており、軟弱地や狭隘地の走行に威力を発揮する特殊な車両である。

### (2) 運搬機を選定方法

前項で紹介した運搬機を選定に当たっては、それぞれ運搬対象物の物性や運搬距離を考慮する必要がある。表1、図1に各運搬機の運搬距離に対する適性と現場適用条件を示す。

## 3. 運搬機の特徴

前述した運搬機の中で、土工事において多く活用されているスクレーパ、アーティキュレートダンプトラック、リジッドダンプトラックの3機種について、

表-1 各機種の現場適用条件

	適用範囲と特徴	勾配	備考
ブルドーザ (ブル押し工法)	幅広い対象物と地盤の状態に対応でき、高い機動力がある 単機で作業が可能 専用走路は不要であり、掘削場所、押土場所が変化しても自由に対応可能	最適な勾配は下り 20 ~ 25%	オペレータの技能と運搬距離に左右される短い下り坂アプリケーションで理想的
ホイールローダ (ロードアンド キャリ工法)	ストックパイルや良く発破された対象物 ある程度整備された運搬走路が必要 掘削場所と放出場所が一定した方が効率的 地盤も良好なことが条件となる	通常、勾配は 10% まで	負荷と走行距離 (TKPH) が重要となる
スクレーパ	シングルエンジンタイプは長距離運搬向きでありタンデムエンジンタイプは地盤が悪いところや勾配のある現場向き エレベータリングとオーガタイプは、平坦な積込場であれば補助機無しの単機で作業が可能	シングルエンジンタイプは 15% まで、 タンデムエンジンタイプは 25% まで	土と粘土物質で特に効果的だが、岩混じりの土質でも使用可能 エレベータリングタイプは仕上げ作業にも適用可能
アーティキュレート ダンプトラック	2 軸タイプは、岩混じりの土砂の運搬が可能 3 軸タイプは、土砂の運搬に最適であり、悪路走行性に優れる	通常、勾配は 20% まで	フローテーションと牽引力に特化して設計されている 岩を積載する場合は考慮が必要
リジッド ダンプトラック	幅広い対象物と様々な積込機に対応可能 よく整備された運搬走路が望ましい	連続的な勾配では 8 ~ 10% まで 短距離であれば 20% 程度まで可能	長距離の運搬では負荷と走行距離 (TKPH) が重要となる 適正な積込機との組み合わせも重要

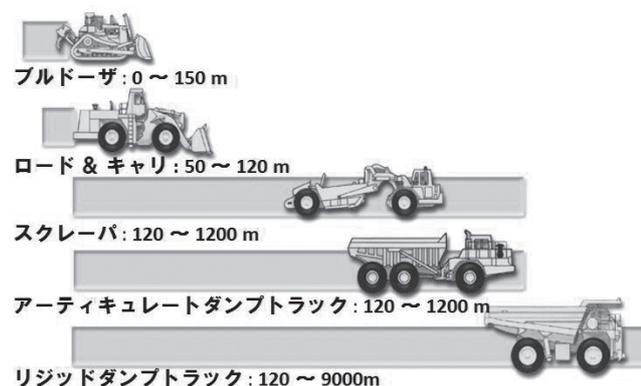


図-1 運搬機の運搬距離による適正



写真-1 初期のモータスクレーパ

その起源や特徴、最近の技術動向について記述する。

(1) スクレーパ

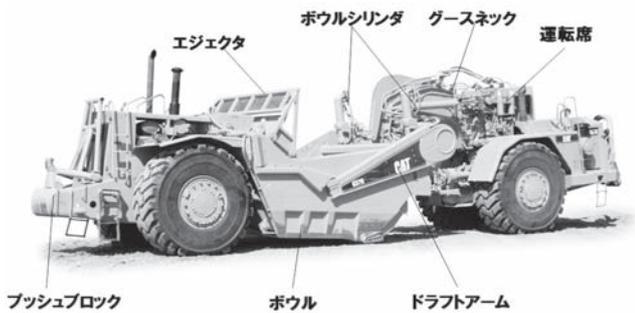
1932 年、初の牽引式スクレーパが開発されて以来、掘削・積込・運搬・敷均の一連の作業サイクルを 1 台でこなせる自己完結的な建設機械として、スクレーパは国内でも宅地造成工事など多くの現場で活躍した。粘土質や砂質の土砂を、1,000 m 前後までの中距離で運搬する場合に威力を発揮する。軟弱地など走行抵抗の大きな路盤での走行にも適している。

しかし開発が進み、現場環境が急勾配で岩掘削が多くなるにつれて活躍の場を失い、現在国内ではその姿を消しつつある。現場間輸送のための分解が非常に困難なことも、国内で使用をためられる原因の一つと

なっている。

スクレーパには、スクレープドーザ、キャリオールスクレーパ(牽引式スクレーパ)、モータスクレーパ(自走式スクレーパ)の三種がある。運搬距離が短距離である場合、小回りの利くスクレープドーザ、キャリオールスクレーパが優位である。運搬距離が長く、大土量を高速で運搬する場合には、モータスクレーパが優位となる。

モータスクレーパは更に、搭載するエンジンの数でシングルエンジンタイプとタンデムエンジンタイプに大別される。シングルエンジンタイプは燃費に優れ、長距離の運搬に向いている。タンデムエンジンタイプは、大きな勾配がある現場や、軟弱地などけん引力を必要とする現場に向いている。モータスクレーパを例にとって、その特徴や作業方法について詳述するが、



図一 2 モータスクレーパの各部名称

作業の基本的な流れはどの機種もほぼ共通である。

掘削・積込の方法には、ボウルと呼ばれる積載部分の先端を地面に押し付けて単機で掘削・積込を行う方法の他、補助機のプッシャ用ブルドーザに後ろから押しもらって積み込む方法、モータスクレーパを2両連結してお互いのけん引力を補うプッシュアンドプルと呼ばれる方法がある。これらの方法を適宜選択することによって、より硬い地盤に対する掘削積込も可能となり、またサイクルタイムも短縮することができる。積込終了後は、エプロンを閉じてボウルを地面から離れた状態で、運搬に移る。



写真一 2 プッシャー工法



写真一 3 プッシュアンドプル工法

運搬においては、スクレーパは比較的広範な土質の路盤を走行可能であるが、モータスクレーパを長距離や高速で運用する場合は、よく整備された運搬走路を準備することが望ましい。

土砂の排出作業は、他の運搬機に対するスクレーパの大きな優位点の一つである。スクレーパはボウルに

積載した土砂を、エジェクタで押し出すことによって、短時間で均一な厚さに土砂を排出することが可能である。このため、敷き均しの補助機を最小限とすることができる。

最近のモータスクレーパにおける技術動向であるが、他の機種と同様に年々強化される排出ガス規制に対応して、環境対策型エンジンが搭載されている。またトランスミッションなど各部が電子制御化され、オペレータの運転環境も省力化と居住性の向上が図られている。情報化施工への対応も進んでいる。

未だ国内には導入されていないが、海外では掘削・積込方法の派生形としてエレベータタイプとオーガタイプのモータスクレーパも存在する。これらは、通常のモータスクレーパと比較して掘削・積込の能力が向上しているため補助機を不要とし、更に広範な土質への適用が可能となっている。エレベータタイプにおいては、敷き均しの精度も向上するため、道路や造成工事の仕上げ作業に用いられることもある。

国内では姿を見なくなったスクレーパであるが、海外ではまだまだ主要な運搬機の一つとして活用されており、平坦で広大な造成地を縦横無尽に走り回る姿を見ることができる。



写真一 4 最新型モータスクレーパの運転席



写真一 5 オーガタイプスクレーパ

## (2) アーティキュレートダンプトラック

アーティキュレートダンプトラックは、車体に屈折と回転が自在なアーティキュレーション機構が加わったことから誕生した。世界で最初の生産は1966年と

されている。



写真—6 初期のアーティキュレートダンプトラック

アーティキュレートダンプトラックは、モータスクレーパやリジッドダンプトラックと比べ、幅広いアプリケーションを持つ。油圧式アーティキュレートステアリングの採用により、車体が長いにもかかわらず同クラスのダンプトラックより最小旋回半径が小さく、また幅員も同クラスのダンプトラックに比べ狭い。前部のトラクタ部と後部のトレーラ部の接続部分で、車体が屈折および回転する機構となっているため、タイヤの地盤への追従性が向上している。基本的に全輪駆動であり、必要に応じて駆動軸や車軸を直結するデフレック機構を備える機種もある。そのため最大登坂能力も高い。これらの特徴によって、軟弱地を含む様々な土質で走行可能である。また降雨後のリジッドダンプトラックでは走行が難しい状況でも走行可能であり、天候に左右されない稼働率の高い運搬機械として位置づけられる。車体が細長く、狭隘な地形でも運用できるので、ゴルフ場や宅地造成工事といった土工事の他、各種土工事の準備工事など幅広い工事に適用が可能である。近年、モータスクレーパにとって代わり、普及が進んでいる。



写真—7 最新型アーティキュレートダンプトラックの外観

最近では、荷台にエジェクターと呼ばれる土砂排出装置を装備したアーティキュレートダンプトラックが登場している。これは、荷台を上昇させることなく車体に載せたまま、排出板が前方から後方へ移動することで積載している土砂を排出する機構である。利点としては、素早い土砂の排出によるサイクルタイムの短縮、荷台を昇降させることが無くなるため安全性が向上、走行しながら排出することが可能なため一定厚さでの撒き出しが可能となり敷き均しの補助機が削減できる、といったことが挙げられる。この機構により、アーティキュレートダンプトラックは、モータスクレーパに劣らない撒き出し作業も可能となった。

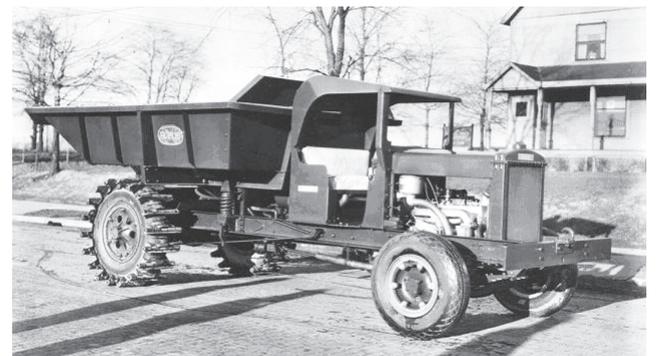


写真—8 エジェクター機構

### (3) リジッドダンプトラック

リジッドダンプトラックの起源は、1934年にコマースハルトトラックをベースに開発された石炭運搬用リアダンプトラックだと言われている。

性能、機能からみると、現在のリジッドダンプトラックの原型ができたのは1950年代であり、トルクコンバータ付きトランスミッションとハイドロニューマチックサスペンションが採用された。その後、大型化と運転居住性向上の要望に伴い、1970年代に発売された46t積みリジッドダンプトラックでは、電子



写真—9 初期のリジッドダンプトラック



写真-10 斜め階段が標準装備された最新型 46t 積みリジッドダンプトラック

制御式フルオートマチック式トランスミッションが採用され一般的となった。安全性の点では、エマージェンシーブレーキとエマージェンシーステアリングがほとんどの機種で標準装備されるようになったほか、高い位置にある運転席への昇降用に、斜め階段が標準装備されている機種も出てきている。

他の機種と同様、対環境性向上がより重要になってきており、エンジンを始めとする車輛の各装置の電子制御化も進んでいる。リジッドダンプトラックは土工事だけではなく、世界各地の露天掘り鉱山でも多く稼働しているが、それらの鉱山では車輛各部の電子センサーを利用して車輛の稼働状況をリアルタイムで監視するシステムが構築されている。併せてGPSを活用することで各車輛の位置や積載量なども管理可能となっており、きめ細かな採掘管理や車輛の維持費用の低減を実現している。国内の土工事でも、積載量の計測機能を出来高の管理に利用している現場が出てきている。

また鉱山では、150t以上の積載量を持つ超大型のリジッドダンプトラックが活用されているが、これらではモータで駆動する電気式の機種が多い。2006年現在、鉱山で稼働する約4,000台のリジッドダンプトラックのうち、50%弱が電気駆動式となっている。電気駆動式には、交流と直流の二種類があるが、近年は交流タイプがほとんどとなっている。電気駆動式は従来のメカニカル駆動式と比較して一般的に、機械的な摩耗部品が少なくなるため維持費用の低減と燃料消費

量の低減が期待できる。また交流タイプは直流タイプと比較し、低速でのトルクの向上、最高速度の向上、モータの維持費用の低減といった点で優れる。なお、メカニカル駆動式は上り勾配や回転抵抗が大きい現場での使用が多く、電気駆動式は下り勾配が多い。

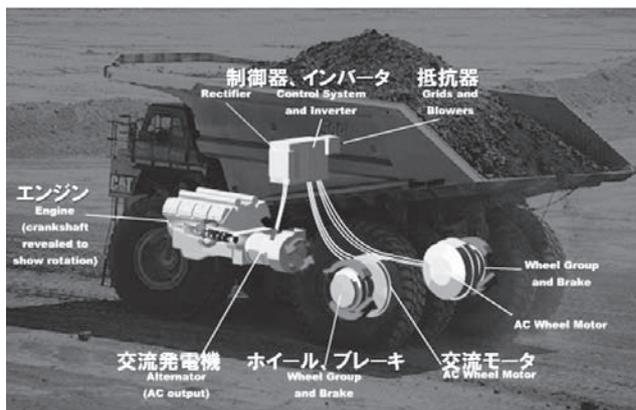


図-3 電気駆動式リジッドダンプトラックの概念図

#### 4. おわりに

土工事で活用される運搬機について、運用に対する考え方と代表的な機種に関する情報を紹介した。

今後、土工事における二酸化炭素の排出量低減がますます求められることが予想されるが、運搬機は移動距離、移動速度が建設機械の中でも最も大きい機種であり、現場での稼働台数も多いため、その効率的な運用が工事全体の二酸化炭素排出量低減に大きく寄与すると考えられる。鉱山では既に無人で稼働する運搬機の導入が始まっており、情報化施工の進展に伴って土工事でも無人での運用が可能となる日が近いと思われる。

本稿が、現場でのより効率的な運搬機の運用に資すれば幸いである。

JICMA

【筆者紹介】

山本 茂太 (やまもと しげた)  
キャタピラージャパン(株)  
直販部 主任