

# 施工面から見た建設機械の動向と要望

川本 正之

建設機械はその時代のマーケットからの要望、ニーズ、技術のレベル等によって常に進化してきた結果、現在のようになっている。

過去のマーケットからの要望、ニーズ、技術のレベルとは、具体的には作業効率であったり安全であったり環境問題であったり施工方法であったり法規制であったりとめまぐるしく変化してきた。

しかし、これらマーケットからの要望、ニーズ、技術のレベル等は既に確定した訳ではなく今後ともまだまだ変化し、進化していくことに疑問の余地は無い。

本稿では昭和 20 年代以降現在までの具体的な要望、ニーズ、技術のレベル等とそれらを受けた建設機械の進化の内容を対比して振り返ってみたい。

キーワード：労働安全衛生法、無人化施工、雲仙普賢岳、有珠山、第 3 次排ガス規制、第 4 次排ガス規制

## 1. 施工面から見た建設機械の動向

### (1) 論旨

昭和 30 年代後半から機械の進歩は著しく、建設機械の輸入制限が改正され、アメリカの CAT 社の進出により機械の油圧化、それに伴う高性能油圧のポンプの開発により信じられない掘削力、破碎力を持つ機械が次々と投入された。この油圧化（次第に高圧化）により、作業効率が大幅に改善され工期の短縮と施工費の低減がなされた。

その後も、オペレータの安全性を保つ装置をはじめとして機械周囲の作業者に対する安全、公害対策機械および省エネ機械の開発や、さらには機械土工事の無人化・ロボット化に近い土工事機械が出現した。一方、大気汚染や健康保持の観点から、建設機械の排出ガス規制が定められ、第一次・第二次規制適合車の導入が図られてきた。さらに規制強化に適合した第三次適合車の導入が促進されつつある。

昭和 40 年代後半から 50 年代にかけて、機械土工の施工方法と使用機械に大きな変化が起きた。公共事業が次々と発注されるに従い、短期間のうちに大量の土量を掘削・運搬するために、多種多様の機械が生まれ、機械の大型化が進んだ。また同時に建設災害発生も多発し、労働安全衛生法の取締まりも厳しくなり、機械施工の安全性、施工管理のチェックや記録が義務づけられ、今までは機械土工の事故はオペレータの責任で

あったものが、施工管理者である会社経営者の責任を問われるようになってともに、機械製造業者にまで責任が問われるようになってきた。

オペレータの安全性を確保し疲労を軽減するために、運転席の位置や高さを変え楽に運転作業ができるように工夫されてきた。運転操作そのものも楽なものになって、少しの訓練期間でも運転できるようになった。

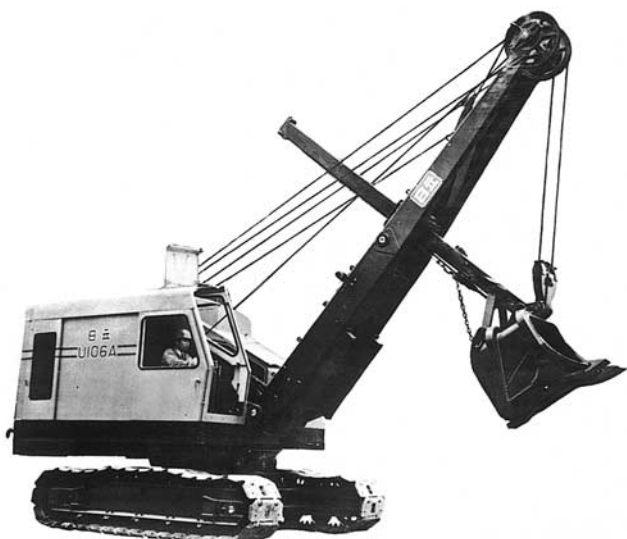
一方、施工方法も上下作業や、すかし掘りが禁止となり、高い所から突き落として下方で積込む作業が同時にできなくなった。掘削機械の横転や転倒防止のために急斜面での掘削作業規制やチェックが厳しくなった。

その結果、下から上へ掘削や積込みをする機械が衰退し、機動・機敏性のあるホイール式の機械が導入され、上から下へ掘削・積込みをする油圧ショベルの使用が多くなってきた。

また製造販売業者も、施工業者が使いやすい機械施工用途に合わせた機種を開発・販売するようになって、オペレータの技量で施工する方法から、施工管理技術者のアイデアで施工する方法に変わってきた。しかしながら、それでも建設災害はなくなるならない。機械の無人化への更なる研究開発が今後の課題である。

### (2) 掘削と積込み

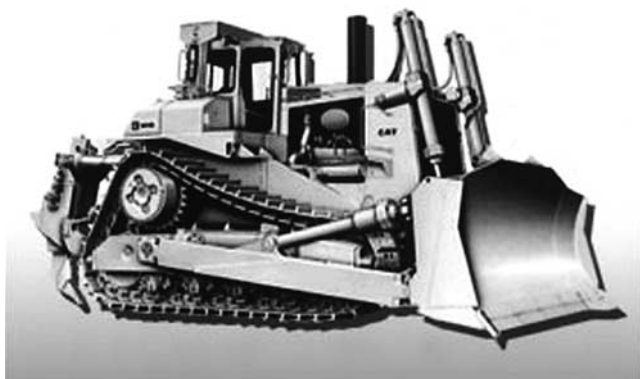
掘削と積込み機械の性能向上は、施工効率の向上と



写真—1 日立 U106 1950年（昭和25）  
昭和20・30年代に大活躍した万能掘削機



写真—2 PC200-1 1980年（昭和55）



写真—3 D10 1988年（昭和63）

施工コスト低減に大きく寄与した。一つ目は1台の機械で2つの作業を同時に出来、工期の短縮とコストの低減が可能になったこと。二つ目は人間に代わる小型機械で狭い場所での作業が可能となり、作業人員の削減と安全性が向上したことである。

一方で、自然環境を破壊しない機械の開発も進み、機械土工事は壊すというイメージが強かった印象から、造るという印象に少しずつではあるが変貌しつつある。

機械で施工しても、人の手で施工した場合と同等の品質で、しかも作業量がアップし、自然環境を可能な限り破壊しない作業が出来るようになったことは、同時に工期短縮や建設コスト低減に貢献する大きな要素である。

### (3) 運搬

#### (a) ダンプトラック

昭和20年代には、手で積んで荷おろしのトロッコや牛車による運搬方法から車両に変わってきた。この時代の車はガソリンエンジン車が主流で、雨が降ったり水たまりの中を走行するとエンジンの調子が悪くなり、止まったりした。

また、当時は車の修理や整備もオペレータが行うことになっていたので、これらの作業ができないオペレータは雇用されなかった。オペレータの技量が車の調子はもとより作業量をも左右する時代であった。

昭和20年代後半には、ディーゼルエンジンを搭載したダンプアップ式の車が販売され、手で積みおろす方法から機械で積んで目的の場所まで運搬し、そこで油圧装置により一気に降ろす方法へと変化した。

昭和30年代に入ると、6t車から7.5～8t車へと大型化されたが、少し道路が軟弱であると走行できなくなるなど、路面の状況、土質によって作業量が大きく変動した。昭和40年代に入ると、8t車は姿を消し10t車（10tダンプ）に移行したが、なかでもツーデフ式（後2軸式）が導入されると、少々路盤が悪くても走行できることから、このタイプが主流となっていた。

1回の運搬量も3～4m<sup>3</sup>から7～8m<sup>3</sup>と倍増し、運搬コストが低減され一般道も走行できることから、現場の規模を問わず使用されるようになった。

10tダンプは、走りの速い“日野”や粘りの“三菱ふそう”、2サイクルの“UD（日産ディーゼル）”、あるいは人気の高かった“いすず”などが、競って製造販売され多用された。

しかし大規模土工事や岩掘削工事では、この10t車もコスト面や耐久性に課題があったため、ボデーが堅牢でかつ大量の運土ができる重ダンプが使用されるようになった。国産の重ダンプとしては、コマツや三菱重工の20tがあったが、いずれも耐久性やブレーキ制御システムに問題があり、外国産のWABCO、

テレックス、ユークリッド、CATの769・773が多  
用された。因みに、国産の重ダンプの性能・耐久性が  
輸入品と遜色なくなってきたのは、昭和50年代に入  
ってからである。

昭和50年代に入ると、発注工事は益々大型化して  
きたため、一般道を使用しない工事には10t車では



写真一4 佐久間ダムで稼働中のHD150-1  
15t積みダンプトラック、1954年（昭和29）



写真一5 1969年（昭和44）発売CAT769



写真一6 1995年（平成7）発売930E320米トン積みダンプトラック

なく、重ダンプで運搬する方法が採用され、コスト縮  
減と工期の短縮が図られた。また、積み込み機械の大型  
化ともあいまって、さらなる重ダンプの大型化が進ん  
だ。

特にキャタピラー三菱がブルドーザやトラクタショ  
ベル（タイヤ式）とともに運搬機械の販売・サービ  
スを充実させたこともあり、重ダンプを使った工法が多  
用されるようになった。一方、これに追従するように  
コマツも研究開発を進め、世界最大級のダンプを開発、  
世界の「コマツ」になったことは意義深いことである。

最近の工事では、一般道を走行しての運搬および小  
規模の運搬には10tダンプを、一般道路を使用しな  
い中大規模土工事の運搬には重ダンプを使うことが一  
般化されている。しかし後述するスクレーパの使用は  
最近少なくなっているが、現在の10tダンプあるい  
は重ダンプは、ともに快適で運転もしやすく安全性や  
整備の面でも大幅な改良が図られており、車両の異常  
をコンピュータで自動的に管理警告する等の配慮もな  
されてきた。

さらに無人で走行する重ダンプも開発され、一人  
で何台もの車両を運転管理できるようになることも、  
鉱山において既に試験導入されており、実用化も近いも  
のと思われる。



写真一7 D120トラクタに牽引されるRS09  
キャリオールスクレーパ1964年（昭和39）



写真一8 CAT657Eモータスクレーパ  
1989年（平成元）

#### (b) スクレーパ

スクレーパによる運搬には、モータースクレーパと牽引式スクレーパがある。スクレーパは昭和30年代後半から50年代後半まで多用されたが、ダンプトラックが主流となるにつれ衰退し、最近では使用されるケースが極端に少なくなってしまう。土質によって使用が限定されることと、角部の掘削に難があった。

しかし、掘削と運搬を同時に施工でき、大量の土を動かすには最適であった。自力で敷き均しから転圧まで可能であり、非常に効率的でコスト面でも廉価にでき、大きな魅力を持っていた。

#### (4) 転圧

1930年代にプロクターによって締固め理論が発表され、合理的な締固めが行われるようになった。わが国は戦後、米軍監督下の飛行場滑走路工事において初めて、この科学的で合理的な締固め工法を学んだ。

ローラは舗装用機械（マカダムローラやタンデムローラ等）として発達し、その基本構造は長らく変わら

なかったが、油圧駆動装置の発達により昭和40年代に油圧の振動ローラが増加した。国産化は昭和30年代から始まっていたが、大型土工用の10t以上の振動ローラは昭和55年頃まで輸入に頼っていた。一方、タイヤローラは名神・東名高速道路の伸長とともに増加した。

土工用の主力転圧機は、タイヤローラから振動ローラへと変わってきている。羊の群れを利用して締固めた古代工法にヒントを得たシープスフートローラは、戦後わが国でも導入されたが、わが国に多い粘性土でこね返しにより締固め効果が上がらないことが多かった。代わりに昭和40年代後半に輸入された自走式タンピングローラ（CAT825・815）がダムのコア材転圧で活躍した。その後、振動ローラにもタンピングフートタイプが現れた。

ダム工事だけでなく道路・宅地・空港工事などもタイヤローラや牽引式から、自走式振動ローラに変わってきたのは、転圧力・作業量、機動性がよくなり、踏み残しがなく同一均等の力で転圧できることと、故障が少なくなったことも大きい。

タイヤローラやコンパクタは自重だけの転圧力で機動性に欠け、少し含水比が高かったり、少し雨が降ったりすると作業不能となる。振動ローラは少々悪条件でも施工を可能とし、転圧跡が平坦になることから排水効果も生まれ普通土の転圧に使用されるようになってきた。転圧機の変化は大きく重い自重式の機械から、軽くて小さいが大きな転圧力を発揮する自走式振動ローラに変わってきた。施工能力UPと雨天後の施工再開が早くなって、作業用途が拡大してきた。

#### (5) 無人化施工の建設機械

無人化とは、人間が立ち入ることのできない危険な作業現場において、遠隔操作が可能な建設機械を使用し、作業を行うことをいう。したがって、無人化を導入する最大のメリットは、災害発生時における応急対策工事や復旧工事において工事従事者を土石流の二次災害に巻き込まれる恐れがある地域に立ち入らせることなく、安全に施工が可能なことである。ただ、施工管理、品質、コスト、工程については、全て有人作業が優れていることは言をまたない。

雲仙普賢岳において、1990年11月から1995年5月まで続いた、活発な噴火活動は、大規模な溶岩ドームを形成し、大量の火山堆積物を噴出した。

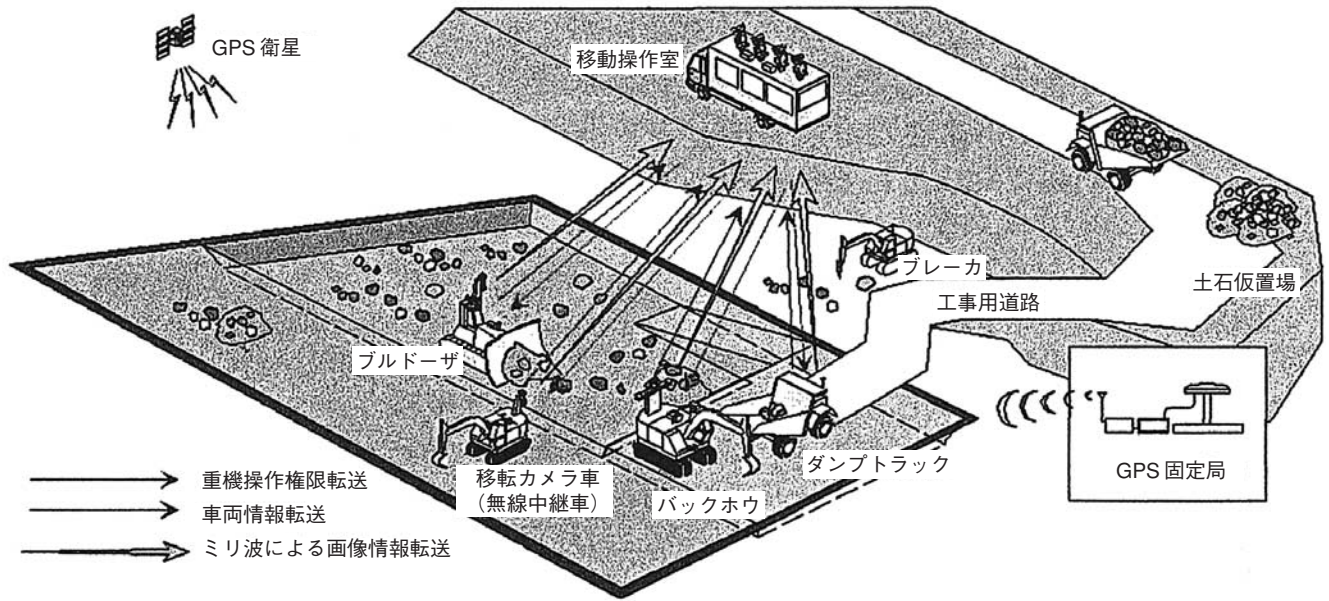
周辺地域は、火砕流、土石流に幾度も襲われ、特に、1991年6月の火砕流は、死者、行方不明者合わせて43名という大惨事になった。いつ火砕流が襲って来



写真—9 タンデム大型振動ローラ BW141D-4AM



写真—10 シングルドラム土工用振動ローラ BW213PDH-4



図一 除石工 遠隔操作システムの事例

るかも知れない現場に重機を搬入することは、まさしく人間が立ち入れない場所である。

1992年4月に建設省雲仙普賢岳復興工事事務所が開設され、本格的な復旧工事が計画されたが、火砕流、土石流の危険が予測されるエリアでの除石、砂防堰堤の工事を安全に施工するために、初めて無人化施工を取り入れる準備がなされ、関係者が度重なる検討会を開催、実現に向けての努力が払われた。そして雲仙普賢岳の大爆発後の災害復旧工事に導入されたのが、国内最初である。

建設機械である、ブルドーザ、油圧ショベル、大型ダンプトラックを駆使して作業を行うが、もちろん当初から思うような作業など出来るわけではない。ベテランのオペレータであっても、訓練に訓練を重ねてようやく一人前の作業が出来るのである。あくまでもテレビ画面を見ての遠隔操作である。

次に施工されたのが、有珠山の応急対策工事である。2003年3月31日に噴火が始まった有珠山は、火災予知連絡会議の的確な指導のもと、住民は犠牲者もなく避難した。また、幸いにも噴火期間も短く、4月12日には、火山予知連絡会議が「大規模な噴火を示す兆候はない」との見解を示し、翌日から避難地域の一部解除が始まった。

しかし、住民の一時帰宅が始まった太平洋側板谷川周辺では、土石流の危険性が指摘され、また避難が継続していた洞爺湖側西山川周辺でも、火山灰排出用流路工を、崩落した橋桁が塞ぎ、その機能が果たせず火山堆積物が大量に住宅地域に流れ込んでいることが確認された。



写真一 11 操作室状況



写真一 12 油圧ショベル、重ダンプ、ブルドーザによる無人化施工

このため、応急対策工事として、板谷川の貯水池と西山川の崩落した橋桁撤去および堆積土砂の除去を無人化施工で実施することを現地調整連絡会議で決定した。有珠山の場合、実験工事（雲仙普賢岳）の実績が生かされ、「超遠隔」の本格的な施工ができたが、現場の「見通し」が大変悪かった。「超遠隔」に使用できる無線機の新規製作、未経験分野の施工計画等を、不休の作業で行った結果、準備期間半月で5月1日に着手し成果を上げることができた。

現在までに、無人化施工の実績ある工種としては、土工事、除石、築堤（掘削・積込・運搬）、小割、転圧がある。

また、最近では無人バックホーとGPSを組み合わせて、施工と測量が同時に可能なシステムや無人ブルドーザとGPSを組み合わせた排土板の自動制御を行うシステムなどが採用され始めている。近い将来自律型建設機械の開発も近いことであろう。

## 2. 施工面から見た建設機械の要望

### (1) 排ガス規制への対応

これだけ公共事業も民間土木工事も冷え切った世の中になり、当然大型土工事は極端に減っている。一方、低入札での競争が激化し、下請け専門工事業にしわ寄せが来ているのも現実である。

現場では、低入札現場には監督官も目を光らせ、現場要員の大幅な補充（元請も下請も同様）・施工を仕様書片手にびしびしと管理・指導されているのが現状

である。こういう状況にあって、京都議定書による排ガス規制が国土交通省によって指導されている。

重機械は1997年の第1次排ガス規制に始まり、2006年度よりは第3次排ガス規制に入っており、さらには2011年ごろには著しく厳しい第4次排ガス規制がスタートすることも巷間話題となっている。こういう厳しい時期に、新たに機械（排ガス規制合格車）を買い替えるということは、当協会（重機械土工事業）会員としても、なかなかこの時期に国の方針に答えられないのが現実である。

### (2) 重機械の使用燃料について

重機械の燃料は、官側の積算は当然軽油で行われている。また、第3次排ガス規制車の使用も軽油である。しかしそれ以前の重機械には、軽油以外を使用しているものもある。さらに民間工事の場合、元請が安価で仕事をさせるために軽油以外の使用が黙認されているのが現状である。

こういう状態をいつまでも続けることは賢明なことではない（環境問題を考えるとき）。専門工事業から見ると発注者側の理解を要望し、現実に見合った積算を取り入れて貰うよう翻意を促すものである。 JICMA

【筆者紹介】

川本 正之（かわもと まさゆき）  
社団法人 日本機械土工協会  
技術委員長

