

機械土工のあゆみと近況

岡本直樹

わが国における機械化土工の段階として、明治初期の治水工事への導入期、大正10年から昭和初期の第1次隆盛期、その後の不況と戦時体制下の抑制による凋落期、そして戦時中の緊急開発があった。戦後になって本格的機械化施工が始まり、官から民へ、ゼネコンから専門工事業へとその担い手は変遷してきた。これらの機械化土工の歩みを土工機械の発達史、わが国への導入、国産化、機械の変遷と施工法の変化等を織り交ぜて記す。

キーワード：建設機械史, 土木史, 機械土工, 機械化施工

1. はじめに

機械土工は建設機械の発展と共に歩んでいる。その歴史を概観してみると、建設作業は牛馬や道具の類を利用しては過ぎない苦渋作業が古代以来幾世紀も続いていたが、19世紀になって漸くスチームエンジンを搭載した建設機械が出現した。そして、内燃機関の発明によって建設機械の躍進が始まり、低圧タイヤ・トルクコンバータ・油圧機器等の進歩とともに目覚ましい発展を遂げてきた。機械は大型化・油圧化・タイヤ化を進め、80年代にはエレクトロニクス技術を融合したメカトロ化が進行し、自動化・情報化を推進する新しい技術革新が始まった(図-1)。

土工機械の発達は、図-1のように要素技術の開発と密接な関係にあり、主に米国で開発されてきた。表-1にその画期的土工機械の出現時期を示す。

表-1 土工機械の画期

1838年	蒸気ショベル：W.S.Otis
1885年	牽引式グレーダ：J.D.Adams
1901年	蒸気機関トラクタ：A.O.Lombard
1904年	無限軌道(キャタピラ)：Holt社
1912年	クローラ式パワーショベル
1913年	歩行式ドラグライン：Monighan
1928年	ケーブル・コントロールPCU：R.G.LeTourneau
1928年	モータグレーダ：Caterpillar
1931年	ディーゼルT.T.トラクタ：Caterpillar
1932年	牽引式スクレーパ：R.G.LeTourneau
1933年	トレーラ式ボトムダンプ：Euclid
1938年	モータスクレーパ：R.G.LeTourneau
1945年	ホイルドーザ：LeTourneau
1947年	トルコン駆動のトラクタ：Allis-Chalmers
1947年	MSにパワーシフト：LeTourneau
1948年	全油圧ショベル：Carlo & Mario Bruneri
1952年	エレベータリング・スクレーパ：Hancock
1954年	ターボチャージャを装備：Caterpillar
1954年	湿地ブルドーザ：日特
1955年	トラック・ローダ：Caterpillar
1955年	Zバーローダリンケージ：Hough
1956年	アーティキュレート式ホイルドーザ：Euclid
1956年	重ダンプの原型 ：LeTourneau-Westinghouse
1957年	ローダ・バックハウ：Case
1958年	電気駆動ホイルドーザ：R.G.LeTourneau
1959年	フロントリフトアームのローダ：Cat
1963年	OH.トラクタにオイルディスクブレーキ：Cat
1964年	電気駆動OH.トラクタを開発：Unit Rig
1966年	アーティキュレートダンプ：Volvo
1967年	アーティキュレート式モータグレーダ：Deere
1970年	鉱山用大型油圧ショベル：Poclain
1972年	200TonOH.トラクタ：WABCO
1975年	HSTトラクタ：Deere
1978年	ハイスプロケットのブルドーザ：Cat
1986年	500Ton油圧フロントショベル：Demag
1995年	300TonOH.トラクタ：Komatsu-Dresser

Ton : Shot ton (米トン)

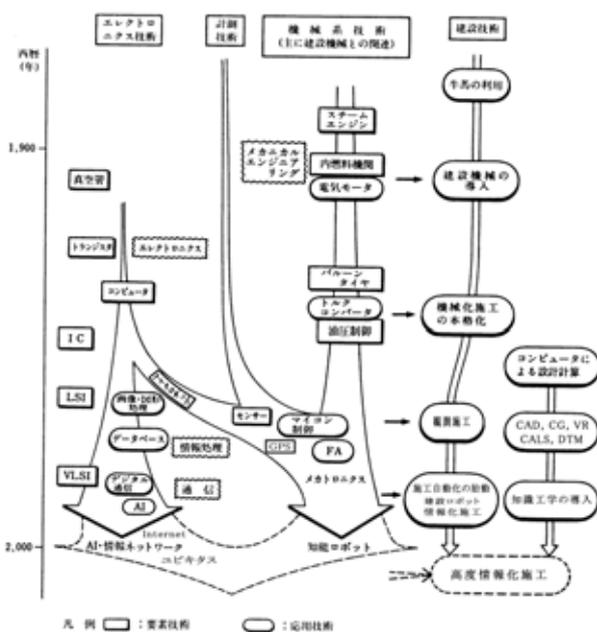


図-1 建設機械の進化

2. 機械化土工の歩み

2.1 明治期

機械土工の歩みをふり返ると明治初期まで遡ることができる。明治期、建設工事の一部に建設機械を導入、機械化はゆるりと進行する。

明治初期から政府は治水に力を入れ、オランダ式低水工事を導入し、明治3年に早くもバケツラダ式浚渫船等をオランダより輸入し、安治川河川改修工事に投入している。

低水工事から高水工事に切り替えてからは、掘削はラダーエキスカベータ、運搬は軽便軌条の蒸気機関車とトロの導入が進む。トロの導入は明治2年に北海道茅沼炭山への輸入が最初であるが、機関車とトロによるアースムービングのスタイルは太平洋戦争まで続くことになる。明治末期からはスチームショベルが輸入され始める。

2.2 大正～昭和初期

大正期も機械化土工は主に河川改修であるが、大正5年～昭和2年に村山貯水池（多摩湖）のアースダム工事が行われ、軽便軌条により資材運搬及び盛立運搬が行われた。締固めには輸入蒸気ローラを使用した。

大正8年には、陸軍が馬匹に代わる牽引用トラクタとしてホルト5tを採用。また同年に鉄道新線工事の機械化計画がまとめられ、11年に上越線建設工事に大規模機械化施工を導入する。大正12年には陸軍が、前述のホルト5tの代替として、わが国初のクローラトラクタ（3t）を試作した。

大正10年頃から昭和初期にかけて、労働力不足から各地で機械化が進展し、昭和に入ると建設機械の内燃機関化が始まる。大正9年～昭和5年に東洋一の灌漑施設となる嘉南大シユと烏山頭ダム（台湾）に米国クローラ式蒸気ショベルを輸入、土運搬は軌道式。昭和2～9年には当時わが国最大級のアースダムとなる山口調整池（狭山湖）工事で、最新のディーゼルショベル、ディーゼルロコ等を輸入する。



写真-1 山口調整池工事の土取場

2.3 昭和7年頃～

昭和7年頃から戦時色のため公共工事が凋落期に入る。不況下の雇用対策のため機械使用を禁止、機械化は中断というより後退する。満州・朝鮮の一部では機械化を続行している。

この時期米国では日本と逆に、ニューデール政策等の不況対策から機械化施工が革命的に進展し、ブルドーザやスクレーパ、モータグレーダ等が出現し発展する。そして、満州国国道局では米国式機械化施工に取組み、ブルドーザ、モータグレーダ、エレベータンググレーダ、セルフローディングスクレーパ等を輸入する。しかし、これらの機械は内地では知られず、米国との差は20・30年位になってしまった。

2.3 太平洋戦争期

太平洋戦争が始まり、南太平洋の飛行場設営競争で、昭和17年に初めてブルドーザ、スクレーパ等の革新的土工機械に出くわし、これらを装備した米海軍設営隊Sea Beesの機動力に圧倒される。急遽、軍主導でブルドーザ等の研究を始め、模倣機械を製作するが、実用的なものは戦後に再挑戦することになる。



写真-2 米海軍設営隊SeaBees

2.4 戦後（昭和20年代）

軽便軌条による機関車とトロによる戦前の土工スタイルは、戦後からブルドーザ、スクレーパ工法等に革命的に変わることとなった。まず、米軍の払下げ機械でこれらの機械化施工を始め、建設省直営工事等で国産機械を育成した。

戦後最初の機械化は農林省が食糧増産のため緊急開拓155万町歩の機械化開墾（5年計画）に乗出し、トラクタ6,000台の調達を予定した。払下げのD6, D7, TD14, HD18の他、特殊物件（旧陸海軍の持ち手）のトラクタを活用し、小松、三菱重工他が国産化に乗出すが、22年のブラウン旋風で頓挫する。

昭和22年に米軍がD7等の払い下げを開始し、小松は戦中試作のトラックを原型とするブルドーザD50を完成する。またこの年、ブルドーザ工事(株)が大阪で発足した。昭和23年には建設省が発足し、建設機械整備費が認められ、24年に各地方建設局に機械整備事務所(モータプール:仙台、東京、名古屋、大阪、広島、松山、久留米)を設置した。24年に発足した国鉄も同年に東京操機工事事務所設立し、総裁直属として全国の施工機械を集中し、機械化施工部隊を統括的に機動運用した。また、24年頃からの10年間に発電・洪水調整・農業用等のダム建設が活発化した。

昭和25年には(社)日本建設機械化協会が設立され、建設省にも建設機械課が発足し、建設機械化3ヶ年計画が立てられる。一方、朝鮮戦争の勃発により米軍の建機払下げは中断する。

26年には9電力会社が発足し、戦時中断していた丸山ダム工事を間組が機械化施工で再開し、ダム機械化施工の先鞭を付けた。また同年には、日本国土開発(株)が建機賃貸から出発している。後に機械土工大手専門工事業者となる企業の多く(山崎組、壺山組、富島組、丸磯組等)もこの頃前後に発足している。

27~29年には国鉄(東京操機)が信濃川発電所(山本山調整池)を機械施工で築造する。そして、28年の朝鮮戦争終了に伴って、米軍横浜技術廠がD7等のブルドーザ約3,000台を放出した。昭和28~31年には、米アトキンソン社の指導で佐久間ダムの機械化施工が行われた。



写真-3 信濃川発電所コア締固め

2.5 昭和30年代

昭和30年代は、大手ゼネコンが建設機械部門を拡充し、機械保有が発注者からゼネコンに移る。

昭和32~35年に、初の大規模ロックフィルダムである御母衣ダム工事が行われ、昭和33年には名神高速道路が起工し、道路公団が輸入機械を施工会社に貸与した。昭和33~38年に黒四ダム工事が行われ、昭和35年の池田内閣発足で所得倍増計画を推進し、その後の高度成長期へ繋げる。

一方、昭和36年に新三菱重工が仏シカム社の技術提携により初めて油圧ショベル(Y35)を国産化し、昭和37年には日本車輛が独Menck社からの技術導入でスクレープドーザSR62を国産化した。昭和38年には新キャタピラー三菱が設立された。

この頃からトラクタローダが増加し、積込機がケーブル式ショベルからローダに替わり始める。

2.6 昭和40年代

昭和40年代に入ると機械保有のゼネコンから専門工事業者へのシフトが顕著となってきた。

昭和40年に東名高速道路が起工、油圧ショベルと湿地ブルドーザの増加が目立ってくる。

昭和44年にブルドーザ工事(株)が青木建設に改称、46年には(社)日本機械土工協会が発足した。昭和47年になると田中内閣が発足し、列島改造ブームとなる。昭和47~50年に世界初の海上空港となる長崎空港工事を発破急速施工。また、昭和48年に日本国土開発(株)の機械土工部門が分離独立して国土開発工業(株)となった。

昭和49~55年の新秋田空港工事では、超高盛土にゾーン型盛土を初採用し急速施工を行う。

2.7 昭和50~64年

昭和51年に油圧ショベルが生産額でブルドーザを抜き、50年代にブルドーザは激減する。トラックローダも50年代前半に激減し、ホイールローダと油圧ショベルが取って代わる。

また、昭和52年に三菱重工がコンボ社(旧シカム社)と提携解消。以降、油圧ショベルメーカー各社が技術提携を解消し、国産技術により輸出強化に乗り出す。そして、昭和55年頃からマイクロプロセッサ搭載によるメカトロニクス化が進行する。

昭和50年代後半にトラックローダが油圧駆動(HST)化し、リアエンジンによってバランスを改善、新しい需要開拓を図った。

昭和56年に寒河江ダム工事に77tダンプをダム工事で初採用。そして、昭和末期には鳥形山石灰鉱山で無人ダンプ(コーナキューブ補正)を実現した。

2.8 平成期

平成元年～4年には、世紀の大工事といわれた関西新空港工事向け土砂搬出（加太・阪南）工事が始まり、135tダンプが初採用された。また、平成6年から雲仙普賢岳の災害復旧工事で無人化施工（群遠隔操作）が始まった。

連続運搬システムでは、平成8～11年に常陸那珂港北埠頭埋立工事で、3,200m³/h級と2,000m³/h級各2台のBWEとシフトブルコンベアによる施工が行われた。平成10年には、第二東名工事で厚層締固めが始まり、GPSによる締固め管理、ダム用大型機械の投入による合理化施工が道路工事で進められた。そして、平成12年には情報化施工の初の実証試験工事が小山市のR4バイパス改良工事で実施され、ダム工事、空港工事に展開されている。



写真-4 常陸那珂港北埠頭埋立工事のBWE

3. 施工機械と施工法の変遷

施工機械と施工法の移り変わりをふり返ってみる。明治初期は、ラダー式浚渫船で積込み、運土船での運搬。明治30年頃から高水工事に変わって、ラダーエキスカベータ積込みで、運搬は軽便軌条のトロッコを機関車牽引。積込は明治末期から蒸気ショベルが導入されるが、レール式運搬は太平洋戦争まで続く。

3.1 積込機とダンプトラックの変遷

戦後、ブルドーザ、スクレーパ工法が導入され、土工事は革命的に変わる。また、レール式に代わってショベル&ダンプ工法が導入されるが、積込はケーブル式ショベル（万能掘削機）のみであった。ローダが登場し、積込機の主流はトラックローダ、ホイールローダへと交代した。ケーブル式万能掘削機は、クラムシェルと軟弱地用のドラグラインが残ったが、ドラグラインも油圧バックホウの普及と共に姿を消していった。クラムシェル

だけが、今日もクローラクレーン等に装着され開削工事に使われている。

昭和50年代には油圧ショベルの普及と共に切崩ブルを必要としないバックホウに置き換わった。積込主体のローディングショベルも一時導入されたが、掘削力不足から建設業では支持されなかった。当初、10t車はバックホウ積込み、重ダンプにはホイールローダ積込みであったが、バックホウの大型化により、重ダンプでもバックホウ積込が主流となり、ホイールローダの優位性は機動性のみとなってしまった。

現在、国内土木工事で使われる最大のダンプトラックは90t級で、その積込の油圧ショベルは190t級である。135～120tダンプは、関空期工事で使われたのみで、分解組立、回送を考慮すると90t級ダンプが土木工事での限界であるようだ。海外では、最大の油圧ショベルが900t級、重ダンプは360t級が露天掘鉱山で活躍している。



写真-5 190tショベルと90tダンプ（谷浜造成）

3.2 スクレーパ

一方、スクレーパ系については、戦後、払下げのルターナのキャリオールやターナブル（モータスクレーパ）が導入され、その後に国産化も進んだ。また、メンク社の技術導入により国産化したスクレーブドーザは、日本の国情にマッチし軟弱地で活躍した。

スクレーパは、宅地造成等の面土工で大いに威力を發揮したが、開発が進むと立地条件が丘陵地から急峻な山へと変化していった。このためスクレーパ工法に不向きな急勾配、岩掘削が多くなり、スクレーパは衰退して現在殆ど生産されていない。代わって現在では、急勾配、軟弱地に強いアーティキュレートダンプが普及している。近距離では、同様にクローラダンプも用いられている。

4. 業界の近況

4.1 企業規模

大手機械土工業者の1972・73年（昭和47・48年）頃の施工規模をみると、業界1～9位の完工高は91～30億円であったが、25年後の1997年に1位企業で764億円のピークを迎え、2000年の業界1～9位は587～112億円となり、72年から3社が消滅して順位も大きく入替わっている。また、機械土工の減少に伴い各社とも多角化を進めているので、その売上に占める土工事額は少なくなっている。

4.2 業界の取組み

平成4年以降のバブル崩壊後、日本経済は長期不況に喘いでいるが、財政構造改革により公共事業の縮減が続いていて、大規模土工市場が急激に萎み、機械土工業界は危機的状況に突入している。

こんななか日本機械土工協会では、機械土工工事業イノベーション戦略として、第5次機械土工工事業構造改善計画（計画期間：平成16～18年度）を策定し、構造改善計画、なかでも戦略的経営革新事業を通じて、会員企業の競争力を強化、経営基盤を確立を目指している。

4.3 機械保有

機械保有は、機械の維持補修、高稼働率の維持、労務管理等様々な問題を抱えることになる。このため、ゼネコンから専門工事業への機械保有シフトが昭和40年代に起こった。専門工事業大手においても早くからこれらの機械保有リスクを外注化で避け、重層化を進める企業があったが、他方でそれらのリスクを克服し、自社保有直営施工が可能な企業は高収益を約束された。

しかし、その後の人件費の高騰は構造的変化をもたらし、オペレータの常備からオペリースへの転換が始まった。また、整備員人件費の高騰が定期修理を困難にし、機械の耐用年数を縮め、故障修理も外注修理への依存が高くなった。

そんななかでの工事量の急減は、自社保有からリース、レンタル、パイバック、外注等への依存を強め、機械保有は重層化・多様化してきている。

また、国際的な会計基準（減損会計等）への転換等によりユーザの資産保有形態に大きな変化をもたらす原因となっており、自社保有をやめ、レンタル、リースに頼る傾向が強まっている。それらの結果、近年はリース・レンタル業者の機械保有が過半を占めている。

5. おわりに

わが国の建設機械化史はいくつも上梓されているが、焦点を少しずらして機械土工の視点で、明治期からの歩みをふり返ってみた。今日の機械土工業界の近況も若干記したが、紙面の都合上書ききれなかった建設機械整備、将来（近未来風景）、重機土工の安全、超大型機の最新情報、土工機械史の詳細等については、参考文献11～15）を参照されたい。

機械土工業界の環境は一層厳しさを増しているが、多角化、業態変更の取組み等で、各社とも変革期を乗り越えようと必死の努力している。一方、情報化・自動化技術の進展による新しいアースムービングの形態への夢も見えつつある。

<参考文献>

- 1) 常田・芝崎：建設技術の高度化の現状と課題，土木技術資料第31巻2号， 89.2
- 2) W.R.Haycraft:Yellow Steel, 00.2, Illinois
- 3) 加藤三重次：建設機械史， 82.3, 建機協
- 4) 建設機械化の20年， 69.5, 建機協
- 5) 小松製作所五十年の歩み： 71.5, 小松製作所
- 6) 新キャタピラー三菱25年史， 91.2, SCM
- 7) 日立建機30年史， 01.6, 日立建機
- 8) 村山・山口貯水池建設工事写真集， 95.10, 武蔵村山教育委員会
- 9) 久保村圭助：鉄道建設・土木秘話， 05.6, 日刊工業新聞
- 10) 日vs米 陸海軍基地， 00.10, 学習研究社
- 11) 岡本，神倉：わが社の建設機械整備と課題，建設機械， 05.2
- 12) 岡本：大規模土工の近未来風景，建設の機械化， 03.1
- 13) 岡本，村上，金津：大型重機土工における安全対策，建設の施工企画， 05.3
- 14) 岡本：MINExpo2004見聞記，建設機械， 05.4
- 15) 土工教室/土工機械史，
<http://www.yamazaki.co.jp>