

# 土工のあゆみ

## 略史：古代から現代まで

岡本直樹

古代から現代までの土工の歩みを略史としてまとめる。まず、古代から近世迄の土工を概観するが、特に古代の大土工であった前方後円墳にスポットを当てる。近代以降は、明治期の河川改修への機械化土工導入と鉄道施設やダム等の大規模土工を取上げ、昭和初期の大恐慌による衰退期、大戦中の土工機械緊急開発と飛行場設営隊の大編成と蹉跎まで。戦後は進駐軍工事と払下げ機械による機械化土工の習得から、戦後の大土工を平成まで概略的に通観する。各時代の土工機械・工法の変遷と代表的技術者や技術書も付記した。  
キーワード：土工，土師氏，機械土工，機械化施工，土木史，建設機械史

### 1. はじめに

小規模な土工の始まりは、狩猟時代の炊事・竪穴住居・埋葬等の穴掘りで、道具は掘棒程度であった。縄文時代の三内丸山遺跡では道路遺構も発掘されている。農耕が始まると耕起具が発達し、弥生式水稻の灌漑工事では、用水路・堰等が造られ、土工が本格化する。灌漑工事を行うには、技術と組織化、そのリーダーを必要とし、米作による富の蓄積は権力を生む。そこから抗争が生まれて武装化して、集落は環濠で囲まれる。その首長の墓は、丘陵地に弥生式墳丘墓として残された。

### 2. 古代～近世

#### (1) 古墳時代

3世紀中頃から近畿地方に巨大な前方後円墳が現れ始め、5世紀に大王陵の巨大化がピークを迎え、河内(摂津・和泉の分割前)平野に応神天皇陵(誉田山古墳)や世界最大の仁徳天皇陵(大山古墳)等がモニュメント的に出現する。7世紀までに全国に五千基を超える前方後円墳が造られた。図-1の左側に大山古墳と誉田山古墳の地割と尺度(歩)を示す。右は誉田山古墳の等高線である。

大山古墳の面積は世界一で、土量が140.6万 $m^3$ 、誉田山古墳は143.4万 $m^3$ との計算例があるが、基底の位置をどこにするかによって体積は変化する。古代に空前の大土工の陵墓を誰がどのようにして造営したのか? このような巨大な陵墓を築造するには、先端の

設計企画と測量の技術、大量労働力の投入と組織化、運営管理力が必要で、背景の巨大な権力と経済力の支えに加え、技術者集団の存在が窺える。また、立地条件は、強固な地盤に葺石(河原石)と埴輪製作のハニ(黄赤色の土)、盛土材の採取に適した場所の近くである。そして、設計に必要な幾何学知識や物指・コンパス・定規等の製図用具を扱い、設計図を現地に落とす測量技術を有した技術者達が必要である。また、洪積層の掘削には鉄製土工具が不可欠である。弥生時代後期から稚拙な鉄刃農耕具が利用されていたが、古墳時代中期の5世紀中頃には、新鋭の鉄製U字形鍬・鋤刃先・鶴嘴・犁の土工具が使えた。貴重な鉄器は大王や有力首長が占有管理して貸与していた。

盛立法は、天皇陵の発掘調査が行えないので、詳細は不明であるが、発掘できた古墳から盛土材改良や互層盛土、緻密な締固めが行われているのが判っている。1,500年以上も原形を保っている所以である。

造営期間は、大林組の積算では延べ680.7万人の労

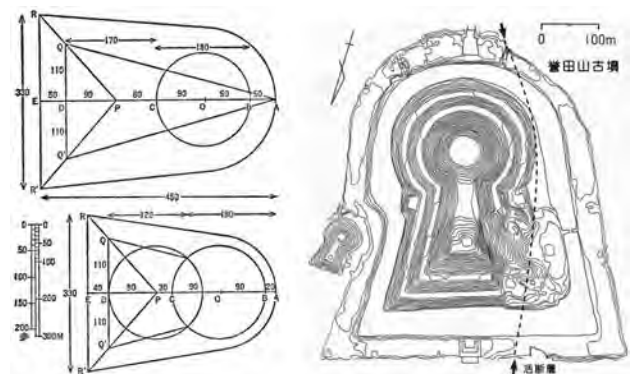


図-1 大山古墳と誉田山古墳

力、工期15年8ヶ月と見積もっている。

このような造営集団として、土師氏がいた。埴輪の製作で知られているが、陵墓の造営から大王の喪葬まで司っていた氏族である。一族は陵墓の適地に居を構え、陵墓群を築造しているの、各地に土師郷がある。土師氏は野見の宿禰を共通の祖とする4系統四腹あり、奈良盆地西北部佐紀の秋篠と菅原の地、河内古市古墳群には北群の河内国志紀郡土師郷と南群の丹比郡土師郷があり、また、モズ古墳群に和泉国大鳥郡土師郷がある。因みに、菅原道真は佐紀菅原の後継である。

地方への前方後円墳の全国展開は、設計図と統一的尺度による造営企画と技術者の派遣があったようだ。



図一2 6～7世紀の大坂



図一3 水城

古代から近世までのその他の大土工は、殆ど灌漑と河川工事である。最古の河川工事は、日本書紀によると仁徳紀11年に、上町台地北部の天満砂堆を開削し、難波の堀江（大川？）を造って南水を直接海に流した放水路工事である。また同年、最古の河川堤防として淀川下流に洪水防御の茨田堤が築堤されている。上町台地の洪積層を横断する大川（堀江）の開削には、鉄製土工具が必要で、誉田山・大山古墳を凌駕する大土工であった。弥生時代から当時の河内湖の周辺は水害との長年の戦いで、土工技術が発達・蓄積していて、大集団の組織化が可能であった。これらが河内平野に巨大古墳が集中している背景であろう。古墳時代の水田開発は、地形に合わせて区画割りしていたが、7世紀に入ると地形と関係なく東西南北の方位に従った水田が造られ始め、こうした地割りが律令制の条里制に発展する。最古のダム形式溜池の狭山池は、616年頃に敷葉工法を用いて築造されていて、731年に行基が改修し、その後も幾度となく改修が繰返され今日に至っている。水城（図一3）は、都城のような本格的防御施設を築かなかつた古代日本の宮都の唯一の例外で、663年の白村江敗戦後の唐・新羅軍来襲に備え、太宰府防衛の水濠と土塁から成っている。

さて、大規模河川工事は奈良時代までは行われていたが、平安朝以降の中世には見るべき工事が無い。中世末から近世初頭にかけては、武田信玄による釜無川の治水、豊臣秀吉の文祿堤、伏見周辺の河川整備、加藤清正の菊池川・緑川下流域治水等がある。

## (2) 江戸時代の施工法

江戸時代も各地で治水工事が行われているが、施工法の例として、角倉了以が慶長11年(1606)に亀山と京都盆地の水運を開いた大堰川改修を紹介する。施工は大石を轆轤索で引き、水中の石はモンケンで、水面上の石は火薬で破碎した。川幅が広くて浅い場所は狭めて水深を深め、瀑は削って緩勾配とし、両岸には船曳道を設けて半年で完工した。その後、富士川や高瀬も開削している。もう1例は、列島東回りと西回り航路の水運ネットワークを完成させた河村瑞賢の淀川河口の安治川開削である。その施工法は、河道敷両端と中間に排水溝を設け、数百台の水車で排水し、掘り下がる万を超える竹箆付梯子を利用し、軟弱地では数万枚の板を敷き詰めて作業した。土砂運搬ではタライ船も利用している。続いて曾根崎川開削と堂島川や本流の浚渫を行い、安治川大湊の繁栄の礎を築いている。

当時の技術書としては、信玄堤（霞堤）や牛柵水制工等で有名な甲州流があり、利根川東遷の伊奈忠次の関東流と吉宗の代の紀州流を幕府が集成している。

## 3. 近代（明治以降）

### (1) 明治期

明治維新政府の政策は、富国強兵・殖産興業（生糸・石炭・造船）の促進である。運輸インフラは、近世からの伝統的水運（沿岸海運と河川舟運）の延長線上で、まず、港湾・運河・河川を改修整備し、この工事に初めて機械力を導入した。また、新交通体系として鉄道敷設を急ぎ、民間投資を仰いで30年程度で列島骨格幹線を完成させた。そして内陸輸送が舟運から鉄道網に移行すると、河川改修も低水工事（通船維持）から高水工事（洪水防御）への転換が要請され、明治29年に河川法が制定され、本格的な機械化土工が始まる。以下、トピック的な大土工と画期となった機械化の導入時期を編年で示す。

明治2年 北海道茅沼炭山に軌条を敷きトロを導入  
 明治3年 安治川（淀川河口）浚渫に蘭製100坪鋤簾船（バケットラダー浚渫船）を民部省土木司が2隻輸入、本邦建設機械の嚆矢となる。



明治3～5年 新橋～横浜の鉄道敷設工事

わが国初の新橋～横浜間の鉄道敷設工事は、兵部省の反対などから高輪海岸（現在の品川駅付近）で海上築堤とし、ハッ山・御殿山を土取場として埋立てた。土工はパイスケ、モッコ、牛馬車を使用している。入江迂回を避けるための桜木町の埋立（明治3年6月～年内完工）は、高島嘉右衛門が請負っている。資金はポンド借款、技師長はE.Morel（英）である。明治13年 平野富二がドコービルの軌条を初輸入、レールと枕木を一体化した簡易軌条（図一4）で、工事用の仮設軌条として人トコ用によく使われる。



図一4 ドコービルの簡易軌条と鍋トコ



写真一1 Decauble 5tSL



写真一2 エキスカベータ

明治の土工技術書としては、大島貞益の「百科全書土工術」を明治10年に文部省が印行、15年には大島圭介が訳書「堰堤築法新按」を出版している。この頃までの建設機械の導入は、港湾や低水工事での各種浚渫船、隧道工事での削岩機、道路工事にローラ、琵琶湖疎水事業（明治18～22年）等での軌条トロッコの採用が行われている程度であった。明治26年にショベル、スコップ等の国産化を始め、28年に蒸気ローラを輸入している。そして、31年にドコービル5t機関車（写真一1）を大井川改修に投入している。

明治32年～ 淀川改修工事

初の本格的な機械化施工となった淀川改修工事では、沖野忠雄が邦人初の河川改修計画を作成、工事を3工区に分け、下流の佐太～海口16kmが第1工区の「新淀川放水路」で開削区間となる。土量570万m<sup>3</sup>、堤防築立31km、この大土工を6年で完遂するため、浚渫船6隻、仏製ラダーエキスカベータ（120m<sup>3</sup>/h：写真一2）×3台、20t機関車×6台、30ポンド軌条と半坪（3m<sup>3</sup>）木箱トコ660台、仏ドコービルの9ポンド軌条と5勺（0.3m<sup>3</sup>）鍋トコ760台等を投入した。工区主任三池貞一郎が陸上の機械化土工を指揮し、河川土工機械化の濫觴となる。この時期に導入されたラダーエキスカベータと軽便の土工機関車（鍋トコ牽引）

との組合せが、昭和30年代まで続く河川土工のスタイルとなる。

明治33年～ 利根川改修工事

利根川第I期改修の銚子～佐原（42km）は、明治33～42年に行われ、蘭製各種浚渫船を輸入、9ポンド鉄枕軌条、木造7勺トコ3,600台を投入した。第II期改修の佐原～取手（52km）は、明治40年に着手され陸上機械化施工も始まり、第III期改修の取手～芝根（110km）も併行して明治42年に着工された。第III期改修時の投入機械は、ラダーエキスカベータ16台、土工用20t蒸気機関車を17台使用し、掘削数量2億1,400万m<sup>3</sup>となり、パナマ運河1914年開通時の掘削量1億8,000万m<sup>3</sup>を上回った。因みに、III期改修では1.5tダンプトラック（ケーブル式バーチカルホイスト：図一5の左写真）が導入されている。

明治42年6月～大正11年 信濃川大河津分水

明治42年に機械化施工で再開された大河津分水工事は、掘削土量2,878万m<sup>3</sup>、投入機械は、独LMG製80tラダーエキスカベータ（略してエキスカ、1,200m<sup>3</sup>/10h）×12台、40tエキスカ×4台、英国製



図一5 利根川改修I・II・III期区分図



写真一3 高地部掘削のLMG製エキスカと土工機関車



写真一4 初輸入のショベル



写真一5 初国産のエキスカ

46t蒸気ショベル Steam Navy (600 m<sup>3</sup>/10 h: 写真一4) × 2台を導入して、東洋一の大規模機械化土工となる。主任技師は新開寿之助が担当。80tエキスカは、上向き、下向き掘削が可能で、40tエキスカは下向き掘削のみである。土砂部をエキスカで、軟岩部を蒸気ショベルで掘削した。運搬は20t機関車 + 3m<sup>3</sup>積土運車 × 25両を一列車とし、20t機関車20台と10t機関車2台、3m<sup>3</sup>木箱トロ × 1,700両、人力ドコビルは、0.3m<sup>3</sup>鉄製鍋トロ × 2,000両を使用。平地部の掘削は、40tエキスカ4台による搔上げ掘り、高地部掘削は、左岸EL.15m以上は人力掘削(人力トロ運搬)、その他は80tエキスカ3台による2・3段搔上げ掘り、山間部掘削は、左岸は急峻で殆ど人力掘削、上流EL.12m以下と下流EL.24m以下は80tエキスカ3台を使用。右岸のEL.66m以上は人力掘削トロ運搬で3m高さ毎の階段状に掘削した。機械掘削はEL.57m～12mに掘削深度12m毎の掘削線を設け、EL.12m以上は搔下げ掘削、EL.12m以下は搔上げ掘削。蒸気ショベル2台、80tエキスカ11台(3台は高地部より流用)、40tエキスカ1台(平地部より流用)。爆破穿孔は当初は人力による突タガネであったが、大正5年以降は15馬力石油発動機式可搬空気圧搾機と汽力65馬力固定空気圧搾機によりジャックハンマを使用した。因みに、Steam Navyは初輸入の蒸気ショベルで、40tエキスカ2台は、輸入機を模倣した初国産の新潟鉄工製(写真一5)である。

#### 明治44年末～品川操車場敷地造成工事

鉄道工事の機械化土工の嚆矢となる大規模造成工事を大丸組(鈴木辰五郎)が請負う。大井の浅間台丘陵の土砂を採取して、田町・品川沿線地先の海面を埋立て、埋立地に品川駅を移設し、操作場を建設する。大井掘削跡地は車輛工場敷地として新橋工場を移す。埋立地185,391立坪(1,114,000 m<sup>3</sup>)、大井工場敷地盛土28,655立坪(172,000 m<sup>3</sup>)掘削はスチームショベル × 2、運搬がコッペル社製9t機関車C形(新製) × 5、67才(1.8 m<sup>3</sup>)土運車200両、1列車20両編成、18ポンド軽便軌条を投入する。施工に2年2ヶ月を要す。因みに、この時のコッペル機関車1台は現存し、頸城鉄道資料館に保存されている。

#### (2) 大正～昭和初期

大正期も大型土工は、主に河川改修である。この時期に第一次世界大戦(1914～1918年)が勃発し参戦、この大戦が日本の産業界に大繁栄をもたらし、大正の後半から昭和はじめにかけての工業化を躍進させ、建設機械化をも進めることになる。

大正4年に、Bucyrus社の軌道式スチームショベルを世界屈指の露天掘炭鉱である南満州鉄道の撫順炭鉱に初輸入。大正5年には、蒸気ショベル(鉄輪)を大倉組が輸入、山陽製鉄所工事の土取作業に投入。大正5年～昭和2年の村山貯水池(多摩湖)のアースダム工事では、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。クローラ式のスチームショベルは、大正7年に荒川改修工事に輸入された。写真一6はその頃初輸入された軌道式蒸気ドラグラインで、利根川と阿武隈川改修に投入された。大正10年には、呉海軍工廠の開削工事に世界最大級の超大型ストリップングショベル Bucyrus 225B (6yd<sup>3</sup>全旋回型337t: 写真一7)等を輸入。



写真一6 初のドラグライン



写真一7 呉海軍工廠の225B

第一次大戦において自動車とトラクタの軍事的有用性が確認され、陸軍が砲牽引トラクタとしてホルト5tを大正8年に輸入して、重砲連隊に配備しているが、黎明期の手動ブルドーザも同連隊に配備されていた。また、自動車の普及に伴って道路法が大正9年に公布され、大正12年の関東大震災では都内の貧弱な道路網が甚大なる被害の原因となり、震災復興でも不通になった鉄道に代わり自動車が活躍したことで、道路整備の重要性が認識された。

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施工が浸透・普及し、小型蒸気ショベルが多数導入されていた。更に、関東大震災の帝都復興事業では、昭和5年までの継続事業として土地区画整理や街路・運河・公園等を整備、これらの工事に大々的に最新の土工機械(写真一8)を輸入している。



写真一8 独トラクタ、バケットローダ、クラムとトラック

#### 大正13年～嘉南大圳・烏山頭ダム工事

大正9年から着工していた東洋一の灌漑工事となる



台湾の嘉南大圳・烏山頭ダム工事（堤長 1,273 m, 堤高 56 m, 堤体積 297 万 m<sup>3</sup>, 技師：八田與一）に、本格的機械化土工を大正 13 年から導入した。ダム盛立には、射水によるセミハイドロリックフィル（半水成式）工法を採用する。



写真-9 烏山頭排水開渠掘削



写真-10 スプレッタ

投入機械は、クローラ式蒸気ショベル（Bucyrus 大型ショベル 5 台, Marion 小型 2 台, ドラグライン 2 台）、独ヘンセル社製 56 t 機関車 12 台, 13.5 t・10 t 国産機関車, 16yd<sup>3</sup> エアーダンプカー（トロ）100 台, 60 封度軌条 21 哩, スプレッタ 1 台, ジャイアントポンプ（450 馬力 2 台, 420 馬力 2 台, 200 馬力 1 台）等を輸入している。注目すべき投入機械は、大型 56 t 機関車と敷均に採用したヨルダン・スプレッタ（写真-10）である。

都市計画法による最初で戦前唯一の周辺工業団地が、大正 15 年に中川運河開削（248 万 m<sup>3</sup>）の掘削残土を利用して造成されている。昭和に入ると建設機械の内燃機関化が始まり、ガソリン機関車やディーゼルショベルが輸入され、トラック運搬も増加する。

昭和 2～9 年 山口貯水池（狭山湖）工事

当時わが国最大級のアースダム（150 万 m<sup>3</sup>, 堤長 691 m）となる山口調整池（狭山湖）工事でも、最新のディーゼルショベル、ディーゼルロコ（写真-11）等を輸入する。昭和 4 年 4 月に堤体掘削に着手、堤体盛立は 5 年 3 月に開始し、2 千人が昼夜 3 交代で 2 年 4 ヶ月かけて盛立を完了した（720 立方坪／日）。また、初めて盛土材の物理的・力学的試験による管理（写真-12）が行われ、蒸気ローラ（英製 10 t × 2, 米製 8 t × 2, 補助英製 6 t × 1, 写真-13）により締固めた。資材運搬に軽便鉄道線を敷設、運土も鍋トロを使用し、盛体内の線路は 18 封度軌条, 250 間 × 15 線を敷設。最新の内燃機関建設機械を輸入。ディーゼルショベルは 1.5yd<sup>3</sup> × 3 台, 3/4yd<sup>3</sup> × 1 台, スチームショベルは 3/4yd<sup>3</sup> × 2 台, 5/8yd<sup>3</sup> × 1 台, Bucyrus 製ショベル計 7 台。ガソリン機関車 × 15 台, 2 合積ダンプカー（トロ）× 300 台, アリスチャルマ製ゲーツ式クラッシャ（能力 20 t）を投入。

満州や朝鮮では機械化の取組みが旺盛で、特に世界屈指の規模を誇る撫順炭鉱では早くから機械化に取組



写真-11 ディーゼルショベルとプリマウス



写真-12 粘土試験所



写真-13 蒸気ローラ

み、採掘機械設備は世界無比となっていく。神戸製鋼は、撫順炭鉱に輸入された Bucyrus 社の電気ショベル（写真-14）に刺激を受けて、模倣開発に着手して昭和 5 年に、50K 型 1.5 m<sup>3</sup> 電気ショベルを初国産して、その後 120K（3 m<sup>3</sup>, 175 t：写真-15）、200K 型（4 m<sup>3</sup>, 300 t）を加えて、18 年までに 16 台を撫順炭鉱に納車し、満州各地に合計 46 台を出荷した。



写真-14 撫順炭鉱 200B



写真-15 神鋼 120K

昭和 7 年頃～

昭和初期、大恐慌による失業匡救事業として公共事業が活発化し、建設技術が大いに発達する。しかし、雇用確保のため機械化は中断してしまう。そして、昭和 6・7 年頃からの戦時体制で、時局匡救事業も 9 年までで打切られ、公共事業は不急不要事業として凋落期に、建設機械化は中断というより後退してしまう。

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飛躍的に発展し、ブルドーザやスクレーパ、モータグレーダ等の革命的土工機械が出現する。また、プロクターの締固め理論も発表された。そこで、満州国道局では米国式機械化施工に取組み、ブルドーザ（写真-16）やグレーダ、3 連牽引スクレーパ（写真-17）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・



写真一16 満州国道局のBD



写真一17 3連スクレーパ

30年位になってしまった。

### (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遭遇し、これらを装備した米海軍設営隊（写真一18）の機動力に圧倒される。急遽、軍主導でブルドーザ（写真一19）等の研究を始め、建設機械の模倣による緊急開発を開始し、陸海軍共に飛行場設営隊・設定隊の緊急増設と機械化を図り、18年後半から前線へ続々と派遣するが、その装備の多くは輸送船共々撃沈され、戦力化を果たせなかった。機械化施工の成功例は、18年2月に海軍103設営隊の鹵獲建設機械によるワケデ島の飛行場建設位である。



写真一18 米軍設営隊



写真一19 国産ブル

## 4. 戦後

### 昭和20年代

昭和20年8月、進駐軍によるGHQ一般指令第1号として全国の飛行場と航空施設の保持が命令され、飛行場改修工事が始まる。直ちに進駐軍の所有機械を投入して、羽田飛行場拡張工事を手始めに、入間・伊丹飛行場、横田・立川・厚木基地工事等が続く。これらの工事に携わった民間施工会社が、機械化施工を習得する契機となった。機械化施工のテキストとして“Use of Road & Airdrome Construction Equipment”が使われ、邦文技術書としては、23年に特別調達庁の隅田基生が「設営工事ニ使用サレル米国製土木機械ニ就テ」をガリ刷で出版している。

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台の調達を計画した。払下げの米軍ブルドーザの他、特殊物件（旧陸海軍の手持ち）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した。

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ロ車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)が大阪で生まれた。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を設立し、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）もこの前後に発足している。関東地建モータプールの伊丹康夫所長が、「建設機械施工法便覧」を27年に著して機械化土工を網羅する。27～29年には国鉄東京操機が信濃川発電所（山本調整池：写真一20）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。



写真一20 信濃川発電所池内掘削とコア締り



## 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。「機械化土工必携」を国鉄東京操機の小林秀雄が昭和 30 年に上梓し、翌 31 年に近畿地建モータプールの齊藤義治元所長が、「建設機械施工法」を出版している。同年に「道路土工指針」も発刊され、機械化土工のバイブルとなる。また、R.L.Peurifoy 著“Construction Planing, Equipment & Methods”が発刊され、この 2 版の訳書を伊丹康夫が昭和 41 年に出版している。昭和 32 年には土木学会監修 種谷実著「機械化土工」が出版される。そして、31 年に道路公団が名神高速道路の土工定規を、32 年には土の締固め基準、土工排水基準を作成し、名神高速道路を起工した。公団は輸入機械を施工会社に貸与している。ダム関係では、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、33～38 年には黒四ダム工事が行われた。34 年に伊丹康夫著の「建設機械の運営管理と経費の算定資料」が刊行され、機械土工積算の座右の書となり、「建設省積算基準（黄本）」が公表されるまで改訂を続けた。昭和 35 年発足の池田内閣では、所得倍増計画を推進し、その後の高度成長期へ繋げた。また、36 年に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、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。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。

## 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くる。また、油圧ショベルと湿地ブルドーザの増加が目立ってくる。44 年にブルドーザ工事株が青木建設に改称している。45 年に“Cat Performance handbook”を発行。46 年には(株)日本機械土工協会が発足した。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。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、大型自走式タンピングローラでシルト岩を破碎転圧して急速施工を行った。この工事の詳細は、46 年出版の太田・藤田著「超高盛土と大土工」にまとめられている。

## 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 年に三菱重工がユニボ社（旧シカム社）と提携解消。以降、油圧ショベルメーカ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。54 年に建設省建設大学の京牟禮和夫講師が、新しい機械土工の要約テキストを「機械土工の施工計画」と改題して出版。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。50 年代後半には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したが、需要復活に至らなかった。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マイコン制御（コーナキューブ補正）の無人ダンプを実現した。

## 平成期

「土工入門」を土質工学会が平成 2 年に刊行して、工種や用語を平易に解説している。世紀の大工事といわれた平成元年～4 年の関西新空港工事向け土砂搬出（加太・阪南）工事では、135t ダンプ（写真—21）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、3,200 m<sup>3</sup>/h 級と 2,000 m<sup>3</sup>/h 級各 2 台の BWE（写真—22）とシフトブルコンベア等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、12 年には情報化施工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、空港工事等の大規模土工に展開されて、その後は小規模土工へも普及し、現在はドローン測量を含めた i-Construction に発展している。



写真—21 加太 135tDT



写真—22 常陸那珂港工事の BWE

## 5. 土工機械と工法の変遷

土工機械と施工法の変遷をまとめてみる。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よって、ラダーエクスカーバタ積込みで、運搬は軽便軌条のトロッコを機関車牽



図一七 軌条工法の組合せ

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（図一七）。

### (1) 積込機とダンプトラックの変遷

戦後、ブルドーザ、スクレーパ工法が大々的に導入され、土工事は革命的に変わる。また、レール式に代わってダンプトラック工法が主流となるが、積込はケーブル式ショベル（万能掘削機）のままであった。ローダが登場すると、積込機の主流は昭和40年頃からトラックローダ、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200t級である。135～120tダンプは、関空I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、800t級油圧ショベル、360t級重ダンプが露天掘鉱山で活躍している。

### (2) スクレーパ工法

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（写真

一23）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発揮したが、開発が進むと立地条件が丘陵地から急峻な山へと移っていった。このためスクレーパ工法（写真一23）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多用されている。



写真一23 スクレーブドーザ



写真一24 モータスクレーパ

## 6. おわりに

わが国の土工の古代から現代までを要約的に通観した。古代からの人土工は、明治になって機械化を果たし、今日のGNSS・3D-CADを利用した情報化土工に発展した。近年はi-Constructionの旗印の下、ドローン・写真測量・LiDAR技術を加え、クラウド管理に発展して、更にAI・5Gを加えて新たなステージに上りつつある。AI利用はまだ画像処理の段階であるが、制御の中核に座り、更に上位の施工計画も担えるようになれば、自動化土工も夢ではなくなる。更なる技術加速に期待したい。

JICMA

### 【参考文献】

- 1) 講座・日本技術の社会史6 土木、永原・山口、'84.10
- 2) 巨大古墳、森浩一、'85.4
- 3) 王権誕生、寺沢薫、'08.12
- 4) 土木と文明、合田良實、'96.3
- 5) 機械化土工のあゆみ、岡本、土木施工、'09.8
- 6) 工事用の軽便軌条小史、岡本、建設機械施工、'14.5
- 7) 土の史跡、岡本、建設機械施工、'15.8
- 8) 河川改修小史、岡本、建設機械施工、'18.5
- 9) 土木の機械図鑑2ブルドーザ、岡本、土木学会誌、'19.2

### 【筆者紹介】

岡本 直樹（おかもと なおき）  
（一社）日本機械土工協会

