

建設機械化の歴史

川 本 正 之

今回、日本建設機械化協会から表記の題で、原稿依頼を受けた。先に、「日本建設機械要覧 2007」改定につき、まえがき委員にご推挙をいただき、約 40 ページ程をまとめたところであった。そこからダイジェスト版としてまとめてみた。

キーワード：進駐軍から学んだ建設機械化

1. 江戸時代～大正末期

明治時代以前は、当然のことながら建設機械はまだなく、掘削・運搬はすべて人力によった。よく知られているのは、江戸時代末期、老中首座の水野越前守^{えちぜんのかみ}ただくに忠邦による、下総印旛沼の開鑿工事である。



図一 印旛沼の開鑿工事の風景

明治に入っては、すでに立派な土木技術者が存在し、例えば東京帝国大学には広井勇教授^{いさみ}という橋梁の大家がいて、青山士、八田與一^{あきら}、宮本武之輔、久保田豊等々多くの逸材を育てた。青山士は、大学卒業後パナマ運河に単身乗り込み、ポール持ちから測量技師、さらには設計主任にまで上り詰めた。帰国後は荒川放水路や、信濃川の大河津分水路の自在堰を完成させ、水害や深沼田で苦しむ多くの農民を助け、今日の穀倉地帯へと変貌させた。

八田與一も、当時日本が統治していた台湾に赴任し、^{かなんたいしゅう}今なお「嘉南大圳の父」と慕われ、命日（5月8日）

には追悼式が、毎年烏山頭^{うざんとう}ダムを一望する銅像と墓前で嘉南の農民によって盛大に行われている。これは農民が被る洪水、干ばつ、塩害の三重苦に悩まされていた不毛の地に、灌漑用ダムを造り、灌漑水路総延長1万6千km（愛知用水の約10倍）の給排水路を構築して穀倉地帯へと変貌させ、嘉南60万農民の生活向上を果たした（昭和5年完成）。このダムで、初めてアメリカ・ドイツから大型土木機械を輸入して（事業費の4分の1）、初め嫌がる現場を説得して、人力から機械化施工に代えた日本最初の現場であろう。

宮本武之輔は、青山士の部下で鉄筋コンクリートの第一人者として活躍し、利根川、荒川放水路の設計施工を担当した。信濃川の大河津分水自在堰は、先輩の内務省技師、岡部三郎が設計して完成したが、昭和2年6月の大洪水に見舞われて、自在堰はもろくも激流に陥没してしまった。内務省の威信は大きく失墜、代わって所長（現：北陸地方整備局長）に青山士が、現場の主任技師（現：工事事務所長）に宮本武之輔が投入され完成させたものである。すでに70数年が経過して老朽化が見られ、今年から1km程下流に新しい自在堰の工事を着手している。

明治43年に始まった利根川改修工事は、実に6000万 m^3 の土工量であり、信濃川の大河津分水工事は3000万 m^3 の土工量を消化した。いずれも1年間当たりの平均土工量は300万 m^3 といわれる。したがって、使用した建設機械の数量も現在の大規模工事に比較しても決して遜色なく、例えば、大正6年末における利根川工事用機械としては浚渫船17、引船7、土運搬524、バケット掘削機18、機関車（20t）23、トロ（3 m^3 ）1765、同（1 m^3 ）3650、その他削岩機、ポンプ、杭打機、コンクリートミキサなど多数という記録が残

っている。もって日本の興隆期における先人の、進取の気性と建設合理化への烈々たる気魄が窺えるのである。

2. 大正末期～終戦時

大正12年の関東大震災や昭和初期の世界恐慌に見舞われ、失業者対策事業として、建設工事が大いに興り本格的な公共施設、すなわち河川、道路、鉄道、港湾など質的に飛躍し、この間に建設技術は大きな発達をみたのである。

しかるに建設技術の発達に伴い、当然飛躍すべき建設の機械化は失業救済と相反するとの理由で時の為政者に斥けられ、当時保有していた機械の使用すら禁ぜられ、建設の機械化はここに一頓挫を来した。

これに反して、アメリカにおいてもニューディール政策により、大規模な公共事業が計画されたのは同様だが、合理化精神の旺盛な国柄だけあって、経済性は無視せず、建設は合理化され機械化も大いに発展した。カリフォルニア州の大穀倉地帯では、農機具メーカーとしてホルト社とベスト社が産声をあげていた。大正14年(1925)この両社が合併して、イリノイ州ベオリアにキャタピラー社が設立されたのである。

この結果、第二次大戦では航空機力の戦いであったが、航空基地設営の速度が制空権の先後を決した。ブルドーザ、パワーショベル、スクレーパー、モータグレーダなどを縦横に駆使して、ジャングルを伐開整地し、極めて短期間に基地を完成するアメリカと、人力のみに依存して、極端に言えばモッコとシャベルのみで数ヶ月かからねば仕上がらない、わが国の建設力とでは勝敗の帰趨は明らかであった。



写真一 ホルト社製装軌式トラクタ

3. 戦後の建設機械化

(1) 建設省の設立

内務省の廃止の翌日、昭和23年1月1日、内務省国土局が戦災復興院を統合し、総理庁外局として「建設院」の看板を掲げた。こうして明治10年、内政を総覧する内務省の一部署として、土木部が設置されて以来、初めて他の内政機関と訣別して、土木部門だけの単独行政機関を設立した。

だが、総理庁の外局というポジションは、省内外の期待に応えるものではなかった。国土局の土木・建築系の技術者を中心に、技官の地位向上をめざす運動があり、この運動は早くから技術者の地位を保障する「建設省」の設立を省内外に訴えていた。そして、昭和23年7月3日、建設院は「建設省」に昇格した。ここに初めて建設事業と機械工業とが固い握手を交わすことになったが、これを実現する契機となったのが、昭和23年の発足当初から設けられた「建設機械整備費」であった。

本予算は、わが国の建設機械化史にとっては、正に忘れることのできない画期的な措置であった。すなわち当時の経済安定本部は、建設合理化の有力な方法として建設の機械化を強く推進し、建設力を急速に強化するためには、主要建設機械を工事費から切り離して購入しうる予算措置を必要とするとの結論を得て、昭和23年度より建設省予算として建設機械整備費に付けた。後になって農林省(現:農林水産省)、運輸省(現:国土交通省)に対しても同じ措置をとり、建設機械化の機運は大いに醸成された。



写真二 昭和23年7月 建設省発足

(2) 進駐軍から学んだ画期的な機械化

①最初の進駐軍工事は一入間川飛行場建設

先にも述べたが、第二次大戦は航空機力の戦いであった。日本本土へのB-29爆撃機空爆を少しでも遅らせようと、栗林中将率いる勇猛果敢な2万人の日本軍兵士は、硫黄島（世田谷区の半分にも満たない面積の島）で米軍海兵隊6万人と死闘の36日間を繰り返して散っていった。それは正しく航空機による執拗な空爆から始まったと言われている。

そんな敵国米軍が、日本を占領してマッカーサー最高司令官の下、各飛行場の拡張工事のため、日本人の前に次々と大型建設機械を運び入れて来たのである。そこで、間組は敗戦から社員を食わせんがために、会社が二の足を踏む中、入間川飛行場拡張工事を請負、以来横田・羽田・立川・厚木飛行場の仕事を請負った。

②羽田飛行場工事—本格的機械化施工

羽田飛行場の拡張工事は昭和20年9月から、米軍808建設部隊によって開始された。面積は従来の3.5倍にあたる260万m²に拡張する計画であった（現在：1000万m²）。現場では米軍のダンプトラック、ブルドーザ、ショベル、ターナブルスクレーパなどの大型機械が縦横無尽に活躍していた。当時の現場次長は「その工事のスピーディな進捗振りに興奮すら覚え、当時沈みきっていた自分自身にも尊い生きがいを与えてくれた」と語っている。



写真-3 ターナブルスクレーパ

地盤の凸凹を削り取って、これを収容・運搬し、所定の場所で捨土することができる土木機械。前に結合されたトラクターが牽引する。

米軍の責任者に、自分たちも機械作業に従事したい旨を進言して、機械班を編成し特別教育を受け助手程度の技術を習得、さらにメカニック部隊も編成して教育を受けた。

4. 建設機械の施工法の変遷

(1) 重機械施工法の始まり—丸山ダム

木曾川中流の岐阜県加茂郡八百津町丸山に位置する

発電所は、戦時中着工されたがすぐ中断していた。戦後の電力再編成の結果、関西電力の帰属と決まり、昭和26年新会社の第1号工事として再着工の運びとなった。

この工事で間組は、他社に先駆けて土木工事における重機械化施工を実践する機会を得、この丸山を嚆矢として、機械化施工法は佐久間ダムで本格化するのである。

①重機械による骨材採取とダム掘削

骨材採取には、日立の電動式ショベル1号機（掘削量1.2 m³）1台、同2号機（0.6 m³）2台、ブルドーザは、東日本重工業（現：三菱重工）製1台、小松製2台、キャタピラー製1台、ダンプトラックは、いすゞ製と日野製8 t車24台が導入された。ショベルはこの他にアメリカ製ビサイラスショベルの中古1台を使用し、工事最盛期にはブルドーザ5台、ショベル7台、キャリオールスクレーパ3台が配置された。ダンプトラックについては、この当時わが国の自動車メーカーも4t積み程度のものは既に製造していたが、土木工事にはそれでは小さいため、いすゞ、日野両自



写真-4 ダンプトラックの威力

ダンプトラックが従来のトロ線にとって代わって絶大な威力を発揮。



写真-5 丸山ダム



写真—6

神戸製鋼の電気ショベル、小松製作所のブルドーザ、油谷重工のブルショベル、いすゞ自動車のダンプトラックなど国産重機が使用された。

動車に特注して8t車を製作させた。このダンプトラックは荷台が三方転の珍しい型のものであった。しかし、運搬路整備まで手が回らず、砂利道を疾走する8t積みダンプトラックはよく故障し、24台のうち常時稼動していたのはその半数くらいだったという。

ダム掘削は、木曾川の締切りとともにただちに始められた。工事は河床部掘削土のズリ出し道路をつくることから始められ、パワーショベル2台とブルドーザ1台、ダンプトラック8台が配備された他、デリッククレーンやトロッコなど従来の工法も併用され三脚デリックも設置された。

昭和27年6月1日、第1号ダンプトラックがズリを積んで稼動を開始した。その時堰堤工事係として現場にいたFは「いざ出発という時、ブウアーという万歳の声が聞こえ、はっとして仰ぐとダム右岸や道路やそばにあった吊橋に社員や労働者が黒山になって、いっせいに万歳をしている。われわれ河床でも感極まって一緒に万歳を叫んだ。初めて重機械を使用した時の感激は忘れられない」と述べている。これこそが日本における、人の手から機械に変わった瞬間であった。

ところで、なぜ間組は業界のトップを切って重機械施工を実践しえたのだろうか。前にも述べた通り、一つには進駐軍工事でいち早くその技術を学び取っていたことがあるが、さらに重要なのは、OMスクールを開設してオペレータ養成に努めたことなどであった。同時に発注者である関西電力の理解、指導、協力によるところも大きかった。重機械施工という着実な時代の流れを、発注者も業者も、的確に把握し取り組み実践したのである。「日本の重機械化施工は、丸山においてその緒に就いたことを忘れてはならない」と記されている。

(2) 本格化する重機械化施工—佐久間ダム

重機を駆使した仮排水路締切り工事

昭和28年5月には、早くも仮排水路トンネルの掘削が開始された。トンネル延長787mと850mのもの2本。左岸の岩質が悪いため、これらを右岸に並行して設ける。内径はともに10m、掘削断面の直径は11.2mに及び、仮排水路としては未曾有の大口径トンネルであった。

アメリカのアトキンソン社の技術援助を受け、工事には大型ジャンボが初めて導入された。ジャンボは全断面掘削に用いられる画期的な機械であった。コンクリートの巻立てにも、従来の自然流下式に代わる工法が導入された。型枠には移動式のスチールフォームを用い、コンクリートポンプによって全断面を一挙に巻立ててしまう。その工法には日本の技術者も目を見張った。

こうして、トンネルのコンクリート打設が昭和29年3月上旬に完了し、3月28日仮締切り工事が決行された。

この日、上流の平岡発電所では運転をストップし、取水口を締切って天竜川の流れをダムによって完全に遮断した。しかし、支流からはかなりの水量が流れ込んでくる。一体どのくらいの時間で天竜川の流れを締切ることができるのだろうか。電源開発株の永田理事は1日半、アトキンソン社の技術者は2日間で可能とした。これに対し、開発会社の技術顧問であった土木界の重鎮、大西英一（元日本発送電総裁）は1～2週間はかかると見た。

仮締切りにも重機械が総動員された。上流右岸に土砂を満載した9台のダンプトラックが待機し、その隣にはブルドーザとパワーショベルが控える。平岡で止水してから5時間後、天竜川の水量が目立って減ってきた。真夜中の12時、爆破、通水のベルが押された。仮排水路トンネルの入り口に築かれたコンクリート堰堤が粉々になって飛び散るまもなく、天竜の水はドット音を立ててトンネルに流れ込む。すぐさまダンプトラックは川岸に向かって走り、次々に土砂を空けブルドーザがそれを川の中に押し出す。天竜の流れはその土砂を下流へ押し流そうとする。

水流と重機械の激しい攻防戦の末、午前0時55分ついに天竜川は完全にせき止められた。重機械の威力とそれを駆使した技術力は、当代一流の技術者たちの予想を裏切り、わずか55分で仮締切り工事を完了させた。今の人たちには考えられないことかも知れないが、当時はまだその程度であったのである。



写真—7 天竜川を締切る

河水は仮排水路へと導かれさすがの天竜も川底を見せる。締切りは一瞬のうちに終り重機施工の力量を発揮した。



写真—8 佐久間ダム

1日も早い戦後の復興を待ち望んで完成（昭和31年10月15日）した佐久間ダム。最近撮影した写真（平成16年）。

(3) わが国初のロックフィルダムの機械化施工 —御母衣ダム

(a) 御母衣の立地条件とロックフィルダム

平家の落人集落で知られる岐阜県の御母衣は、庄川のの上流部に位置する。庄川は飛騨高原に源を発する中級規模の河川であるが、多量の積雪と降雨による豊富な水量に恵まれ、しかも流れは一気に日本海に注ぎ落差もとりやすい。こうした御母衣に着目した電源開発(株)は、ダム建設地点の調査を開始した。その結果、右岸に相当規模の断層と、岩質脆弱な地盤が存在することが判明し、アメリカに技術者を派遣したり、外国からダムの権威を招聘するなど検討を重ね、ついに日本初のロックフィルダム建設に踏み切ったのである。

御母衣ダムの規模は堤高131m、堤延長405m、堤体積は795万 m^3 。当時の言い方にならえば「新丸ビルが35個も入る」わが国最大の構造物であり、マスコミは「20世紀のピラミッド」と形容した。また発電所も、ほぼ同時期に着工された奥只見と並んで、電

源開発(株)としては初めての大規模な地下発電所であった。佐久間発電所で協力関係にあったアメリカのアトキンソン社と技術援助契約を結び、昭和32年5月着工に踏み切った。

(b) 800万 m^3 に及ぶ材料の採取・運搬そして盛立てロック材をはじめとする堤体材料の採取と運搬、そしてダムの盛立ては御母衣ダム建設のハイライトともいべき大工事である。しかもこれらがほぼ同時並行に進められるため、とりわけ材料の採取と運搬は全工程に決定的な意味をもった。

工事は昭和33年6月に開始された。ロック材の採取場はダム上流約2.5kmの庄川左岸の急峻な花崗岩地帯であった。採取工事はすべて大発破によって行われ、総所要量のうち88%が坑道式大発破、残りの12%がベンチカット式大発破によって掘削された。

遮水壁に使用する土質材料については、アトキンソン社に大いに助けられた。現場ではさまざまな「粘土」を採取してきてアトキンソン社の技術者に見せ判断を仰いだが、彼らの返事はいつも「ノー」であった。そ



写真—9 遮水壁材採取現場

ダム上流3.5km地点の山腹で、パワーショベル（ピサイラスエリー150B）により遮水壁材の採取は順調に進んだ。



写真—10 土質遮水壁の締固め

基礎部幅99.4mの土質遮水壁の築造は、盛立てと締固めのくり返し。シーブスフートルローラーが活躍する。



写真—11 御母衣ダム全景

昭和36年10月、わが国初のそして最大のロックフィルダムを完成。ダム建設史に輝かしい実績を記録する。

して彼らが自ら探し出してきたものは風化した花崗岩だった。このような材料が遮水壁に使えるとは電源開発(株)の技術者も信じられなかったという。

勿論、風化花崗岩をそのまま使うわけではない。風化花崗岩は密度や剪断強度は大きい、透水性が高いという難点がある。また粘性土質は、透水性はあるが含水比が高く十分な締固めができない。ともに単独では遮水材として使えないが、これらをDG75：粘土25の割合で混合すると良質な遮水壁材が得られたのである。

次に運搬であるが、主役は80台のダンプトラックであった。ロック材の採取現場では、大発破によって破碎されたロックが3台のパワーショベルによって休むまもなく22tダンプに積み込まれる。ダンプは平均10m³のロックを満載して疾走する。ダム材料の総量は約800万m³に達し、一地点からの一日の運搬量は1万～2万m³に及んだ。

膨大なダム材料の運搬を可能にしたのは「高速道路」と呼ばれた専用道路であった。この道路建設もアトキンソン社の提案によるもので、ダンプのスピードアップにより、運搬の回転時間を在来道路使用の場合と比べて約4割カットし総工費を大幅に低下させた。

専用道路は左岸のロック運搬用道路2.5kmと右岸の遮水材運搬用道路3.5kmの2本。幅員は15mであり基礎に厚さ1.5mのロックを敷き詰めた砂利道であった。そのために常に路面材料を補給し、モーターグレーダによる維持補修を行い車体への衝撃を低減させた。さらに砂塵によるエンジンへの悪影響を防止す

るために常時散水するという周到さであった。

現在私たちが実際に実行していることであるが、この時から引き継がれているということである。

(4) さらに大型化した重機械施工—黒部川第四ダム

関西電力が富山県の黒部川に計画した、黒部川第四発電所である。日本の尾根といわれる中部山岳地帯。3000m級の^{がが}巖々たる山並みが連なり、一年の半分は5mを超す雪に埋もれてしまう北アルプス一帯は、きびしく人間を拒絶する秘境である。黒部川は北アルプス中央部の^{わしぼたけ}鷲羽岳に源を発し、その流れは立山連峰と後立山連峰との間を縫い、宇奈月を経て日本海へ注ぐ全長86kmの川である。

(a) 人力で資機材を運搬し、大町トンネル工事に着手

黒四ダムが建設された御前沢は、立山と針の木岳の断崖絶壁に囲まれた急峻な渓谷である。ダム地点に達するには、立山の一の越峠(標高2700m)ルートと、大町側の針の木峠(標高2541m)ルートの二つしかない。

しかも両ルートとも急勾配で、かつ冬季には積雪にはばまれ工事資機材の大量輸送はまず不可能である。このため関西電力では、大町側の扇沢からダム側の赤沢まで、針の木岳の下を幅員5～6mのトンネルをぶち抜き、工所用資機材を運搬する計画を立てた。

富山地方鉄道立山線の終点^{せんじゅがはら}千寿ヶ原を拠点に、美女平を経て^{みだがはら}弥陀ヶ原の追分小屋までトラックで運搬し、ここから人力により立山の一の越を越え、急斜面を下って、ダムサイトの資機材集積場にいたる25kmがその道のりである。荷を背負って運ぶ人たちを、現地では^{ごうりき}ボッカ(強力)と呼ぶ。富山県の岩嶺寺・芦嶺寺(ともに立山)の山案内人たちを採用したが、地元だけでは足りず、富士山の強力たちも招き、最盛期には女性を含め400名ほどのボッカを雇った。

(b) アルプス越え雪上作戦

気温が上がり雪がしまってきた、昭和32年4月1日未曾有の雪上輸送作戦が開始された。まず前年秋に追分小屋に運んで整備したブルドーザで、一の越を越え御山谷へ至る雪上輸送道路をつくる。ブルドーザが急峻な斜面を登り始める。しかし、除雪しながらの走行は予想外に時間を食い、室道平に着いたのは追分を出発して8日後の4月9日の夕刻であった。室道平・一の越間は急勾配のため、途中でスイッチバックの地点を設けた。ここで濃霧と吹雪に見舞われたりしたが、4月13日標高2700m一の越の頂に勇姿を現した。

つづいて一の越から、御山谷越冬基地へ下り、ここから黒部川沿いに標高1350mの御前沢へ進む。この延長距離は7km。途中30度の急勾配で300m余の



写真一12 ブルドーザのアルプス越え
昭和32年の春先、残雪を利用して重機械を自走させ、アルプス越えを敢行する快挙をなし遂げた。



写真一13 立山トンネルの横坑
黒部側延長1578m。工事は標高2315mの断崖の横坑掘削から始まる。ズリ運搬のダンプは、絶壁に設けた道路をバックで横坑に入る恐怖の連続である。

部分を除雪して蛇行道路を作り、立ち往生を繰り返し川を雪で埋めて渡るなどしながら、一週間後の4月20日ついにブルドーザは御山谷に到着、雪上輸送ルートが開通した。ナポレオンのアルプス越えを彷彿させる快挙であった。

他に方法がなかったとは言え、この雪上輸送の決行は一見無謀とさえ思えるが、実は国内外のブルドーザ・メーカーの意見や、地元の人たちの知恵を借りるなど、事前の綿密な研究・調査を重ね万全の準備態勢を整えた上での断行であった。ブルドーザの到着は現場の士気を一気に高め、迎え掘に、また仮排水路掘削にめざましい効果を発揮したのである。

その後、この大町トンネルは未曾有の破砕帯に拒まれ、約1年間の闘いの中でトンネル工事のあらゆる施工法が試され、今日の世界に冠たるトンネル技術確立していった。このような経緯を経て、昭和36年6月5日過酷な自然を克服し、記念すべき竣工式を迎えたのである。

敗戦によって打ちひしがれた国土を再建するためには、産業復興のための工場への電力供給が全てであっ

た。そのために、丸山ダムから始められ、佐久間、御母衣、そして黒四へと次々水力発電所を建設し、あの輝かしい奇跡だとも言われている高度経済成長へと繋がっていったのである。

5. 道路建設分野から他分野に発展した建設の機械化

このように各地の大型ダム建設で培われた建設の機械化は、やがて日本の高度経済成長と相まって、名神高速道路に始まる日本の高速道路建設の夜明けと共に発展・進展を遂げた。また、高速道路のみならず新幹線工事や各地の大型ニュータウンの造成工事さらにはコンビナートの埋立て工事、飛行場造成拡張工事、ゴルフ場造成工事へと拡大していった。

さらには、各メーカーの重機械改良への取組みによって、特に油圧化による格段のパワーアップに繋がり、それに伴い安全性・居住性・操作性が追及され、効率の良い機械、また一段と小型化や大型化が進んできたのが現実である。

6. おわりに

日本の土木技術はこのような建設機械を駆使しての施工法を確立して、国内外の工事に携わり実績を積み上げてきた。最近のアルジェリアにおける高速道路6車線の400kmを、工期40ヶ月で日本のゼネコンJVが受注したとのこと。

これは当初3～4番札であったが、最終的には技術競争に競り勝ち受注にいたったと聞いている。大土工事あり、トンネル・橋梁もあるとのこと、灼熱の太陽の下、日本の優秀な土木技術を遺憾なく発揮せられ、もちろん厳しい工期を守って他の工区に負けない優秀な品質と安全管理で竣工されることを願ってやまない。 JICMA

《参考文献》

- 1) 株式会社 間組：間組百年史
- 2) 社団法人 日本建設機械化協会：日本建設機械要覧2004
- 3) 新キャタピラー三菱株式会社：新キャタピラー25年史
尚、詳細については、拙著：重機械による施工法の変遷（機械化協会発行）をご覧下さい。

【筆者紹介】

川本 正之（かわもと まさゆき）
（社）日本機械土工協会
技術委員長

