

## ■オフロード・ダンプトラック



①米ルターナ・ウェスティンハウス（ワブコ）社 LW32ダンプトラック（コマツアメリカ所蔵）②1958年③8気筒ディーゼルエンジン④高荷重に耐えて低重心となる新しいV字型荷台と、ハイドロニューマチック・サスペンションを世界で初めて採用している⑤29トン積み⑥近代オフロード・ダンプトラックの原形となった機種であり、現在でも全てのメーカーが基本設計にこの構造を採用している



①米GM社タイタン33-19ダンプトラック（1974年）（District of Sparwood所蔵写真<sup>4)</sup>）②1974年③同社のディーゼル機関車用V16エンジン（900rpm）で発電機を回して発電する。後輪の左右ホイールハブにはそれぞれ駆動用電気モーターがあり、計4基のモーターで駆動するディーゼル電気駆動である。2基のラジエータは油圧駆動ファンで冷却。タイヤ直径は当時最大の3.6mである④カリフォルニアの露天掘り鉱山で使用⑤318トン積み×3300馬力×48km/h、全長20.4m、巾7.8m、全高6.9m、自重235トン⑥当時世界最大の1台だけ作られたダンプトラックである。性能は優れていたが、GMの電気駆動方式が当時信頼されていないために短期間しか実用されていない（元テレックス社技術者談）。全長が長過ぎて一般の鉱山では走り難いとも言われた。露天掘り用の超大型建設機械としては、短い13000時間（通常はこの約3倍の寿命）の稼働で終わり、その後はコマーシャルフィルム撮影用などに使われ、現在は鉱山近くのカナダの公園に展示されている



①コマツ無人ダンプトラック群930E4（コマツ所蔵写真）②2008年③V16ディーゼルエンジンで発電して電気モーターで駆動。タイヤ直径は3.8mである④豪州の露天掘り鉱山で完全な無人運転により24時間稼働している⑤292トン積み×2700馬力×最高速度64.5km/h、全長15.6m、巾9.2m、全高7.4m、自重210トン⑥世界最大級のダンプトラックを無人化しており、白線もない非舗装路をGNSS（GPSの一種）とミリ波レーダを使って自律走行する。雨による水溜りも通過できて、道路の落石・陥没あるいは他の車両も避けて走る。燃料が減ると給油所へ自動走行する。写真の5台は全て無人の930Eである

## ■ホイールローダ



①米ハフ社油圧式ホイールローダ モデルHS（ハフ・スモールの意味）（R.G. Post氏所蔵写真）②1939年③ガソリンエンジン、油圧シリンダでバケットを上げる構造④土砂などのすくい込みと上げ下ろしに使用する⑤バケット容量0.25m<sup>3</sup>⑥同社創業者F.G.ハフが発明した世界初の油圧式ホイールローダである。フォークリフトに似た形であるが、数年後には現在のホイールローダの形に改良されている



①米ミシガン社ホイールローダ75A（HCEA博覧会、同協会所蔵）②1953年③ディーゼルエンジン④バケットで土砂をすくい上げてダンプトラックに積み込む⑤バケット容量0.86m<sup>3</sup>×80馬力×総重量14トン⑥近年のホイールローダはバケット部が屈曲するアーティキュレート式であるが、この時代は後輪で操舵する。バケット・アームは車体に固定され、そのアームは運転席の横を上下する方式である。そのため運転者がバケットのアームに触れて怪我するおそれがあった。日本では東洋運搬機が1959年に97馬力の85Aを技術導入して製造している



①小松インターナショナル製造KIMCOホイールローダJH90（コマツ所蔵写真）②1972年③ディーゼルエンジン、パワーシフトトランスミッション、4輪駆動④バケットで土砂を掘削してダンプトラックに搭載する。車体屈曲（アーティキュレート）式なので回転半径が小さい⑤バケット容量3.1m<sup>3</sup>×235馬力×総重量17.5トン⑥米インターナショナル・ハーベスタ社から技術導入したホイールローダである。同社での名称はH90である。近年のアーティキュレート式はバケット部と前輪が屈曲するが、この初期のアーティキュレート式では運転室側が屈曲するために運転者の疲労が大きいと言われた。掘削力が強い同社特許のZバーリンク式バケットを装着している



## ●本書刊行に寄せて●

トヨタ産業技術記念館 館長

大洞 和彦

「研究と創造に心を致し 常に時流に先んずべし」。

これは、トヨタグループの創始者である豊田佐吉翁（1867-1930）の遺訓をまとめた「豊田綱領」の一節です。これを現代語に訳すと「卓越した考えや先進技術を世界に広く学び、自ら知恵を絞って自らの力を高め、新たな価値を創造し、いつも世界をリードし続けなければならない」\*1となります。

佐吉翁は幼いころ、手織りだった布づくりを見て、機械を動力化すれば産業として成立し、人々の暮らしが豊かになると信じ、動力織機の発明に生涯を捧げました。その思いは佐吉翁の長男であり、後にトヨタ自動車を創業した豊田喜一郎氏（1894-1952）やその仲間たちに脈々と受け継がれています。

本書をひもといてみれば分かるように、「建設機械」も当初は人間の労働をわずかに助けるものから進歩をし続け、世の中に欠かせぬものとなりました。

喜一郎氏の従弟であり、創業期から近年までトヨタの経営を支えた豊田英二氏（1913-2013）は、1994年6月、トヨタ産業技術記念館を名古屋市に開設するにあたり、こう述べています。

「日本の産業は明治維新以降、急速に発展し、それを支える技術も同様に進歩してまいりました。欧米の先進技術に追いつくため、研究開発に努めた先人たちのなみなみならぬ苦労が技術の進歩をもたらし、それが産業の発展を促したのであります」\*2と。

近年、産業のサービス化や技術のソフトウェアシフトが進み、日本の強みである伝統的な「モノづくり」が輝きを失いつつあるように思います。しかし、モノづくりの原点は「社会や暮らしをより良くしたい」という思いであり、それが技術の進歩につながり、産業や社会の発展に結び付いたことは先に申し上げたとおりです。

「建設機械」も、社会基盤そのものを作り上げるための機械であり、産業です。日本で自動車の有用性が広く認識されたきっかけのひとつは、1923年の関東大震災後の復興事業でトラックが全面的に使われ、その公共性・利便性が広く理解されるようになったからです。災害からの復旧において建設機械が果たす役割に敵うものではありません。

また昨今、ブームと言っても過言ではないSDGs（持続可能な開発目標）ですが、その9番目のゴール（目標）は「産業と技術革新の基盤をつくろう」。その内容は「人々の暮らしや経済成長をささえる、災害に強く丈夫な社会基盤をつくる」「技術革新による産業の発展を推進する」と解説されています\*3。

先人たちが築き上げてきた歴史からの学びは、必ず未来に向かっていくものだと思います。本書をきっかけにして、次の時代を担う方々が、モノづくりで社会を変えていく気概を持っていただけることを心から期待しています。

\*1 トヨタ自動車「社員手帳（第2版）」2021年1月発行

\*2 トヨタ産業技術記念館「ガイドブック（改訂第4版）」2018年4月発行

\*3 EduTown SDGs アライアンス（東京書籍ほか）「SDGs スタートブック」2020年5月発行

## 目次

カラー口絵 建設機械の始まり／トラクタ（ブルドーザの進化）／オフロード・ダンプ  
トラック／ホイールローダ／ショベルの変遷／その他の建設機械／超大型の建設機械

### 本書刊行に寄せて 9

大洞和彦 トヨタ産業技術記念館 館長

### 過去を知り、将来への指針となる書 10

高松武彦 社団法人日本建設機械化協会 前機械部会部会長  
元コマツ 専務取締役 技術本部長

### 建設機械は社会を豊かにする機械である 11

山口 武 社団法人日本建設機械化協会 機械部会部会長  
元日立建機株式会社 常務取締役  
前日立建機ビジネスフロンティア株式会社 代表取締役社長

## 1 はじめに ..... 16

- 自動車以上に高いシェアを占める日本の建設機械 ■建設機械の現状
- 技術革新と今後の動向

## 2 建設器械の時代 18世紀以前 ..... 21

- 人力器械の活躍 ■ルネサンス以降の建設器械 ■牛馬の利用
- 蒸気機関の開発

## 3 建設機械の曙 1801～1850年 ..... 25

- 蒸気機関の普及と性能向上 ■さまざまな蒸気機関の活用

## 4 蒸気トラクタ発達とスエズ運河工事 1851～1880年 ..... 30

- 蒸気トラクタの開発 ■大規模工事と建設機械 ■動力の発展

## 5 100年前の世紀末 1881～1900年 ..... 36

- 新しい建設機械 ■蒸気ショベル・クレーンの発達 ■蒸気トラクタ
- 蒸気機関と代替動力の発達

## 6 クローラの発達史 1860～1910年 ..... 41

- 接地圧を下げる試み ■現代に通じる技術の出現

## 7 多様なエンジンの実用化とパナマ運河工事 1901～1910年 ..... 47

- ガソリンエンジンとハイブリッドの台頭 ■パナマ運河工事と蒸気機関

## 8 日本の建設機械導入と第一次世界大戦 1911～1920年 ..... 52

- 日本の建設機械の導入 ■第一次世界大戦の影響 ■脱蒸気機関の動き

## 9 建機の多様化と恐慌 1920～1930年 ..... 58

- 時代の背景 ■トラクタ ■ショベルの発達
- モータスクレーパとモータグレーダの登場 ■その他の建機機械の登場

## 10 ディーゼルエンジン実用化 1931～1940年 ..... 66

- ヒトラーの台頭と日本の戦争準備 ■ディーゼルエンジン開発
- トラクタのディーゼル化の波 ■ショベルの普及と多様化 ■モータグレーダの動き
- その他の建設機械の動き

## 11 第二次世界大戦前後 1941～1950年 ..... 74

- アメリカの戦前・戦中 ■日独の状況 ■戦後の状況

## 12 建設機械革新の時代 1951～1960年 ..... 82

- 戦後の建設機械の再スタート ■ブルドーザの革新 ■油圧ショベルの開発ラッシュ
- アーティキュレート式とボブキャットの登場
- 電気駆動ダンプトラックの登場と近代化 ■モータスクレーパなどの進歩

### 13 日本の建設機械の進化 1961～1970年 ..... 96

- ブルドーザの発達と日本メーカーの追い上げ ■世界を驚かした水中建設機械
- 日本での油圧ショベルの開発競争 ■ホイールローダの状況
- オフロード・ダンプトラックの進化とアーティキュレート・ダンプの出現
- モータスクレーパ全盛の時代 ■その他の建設機械の状況

### 14 建設機械の変遷とガスタービンエンジンのブーム 1971～1990年 ..... 106

- 大型ブルドーザ日米の戦い ■ブルドーザから油圧ショベル ■ホイールローダの状況
- ダンプトラックのシベリア進出 ■ガスタービンエンジンブーム
- モータスクレーパ需要の突然の減少とアーティキュレート・ダンプの台頭
- ラフテレーンクレーンとバケットホイール・エキスカベータ

### 15 建設機械の新たな流れ 1990～2010年 ..... 115

- 新しい建設機械の動き ■中国の建設機械 ■建設機械の巨大化
- 盗難対策として登場したテレマティックスの普及、そして建設機械の無人化
- 排出ガス規制による建設機械の変貌 ■低CO<sub>2</sub>建設機械

### 16 建設機械の自動化と環境対応 2011年～今後 ..... 126

- 中国メーカーの躍進とグローバルな企業再編 ■最終の排出ガス規制の結果
- 中小メーカーからの新たな建設機械の提案 ■ダンプトラックの大型化
- 建設機械の自動化と無人化 ■ハイブリッド建設機械 ■電池駆動の建設機械

資料 世界の主要建設機械メーカーの歴史 136 / 建設機械に関する年表 138

参考・引用文献 148 / 謝辞 152 / あとがき 153

増補二訂版あとがき 154

#### ■読者の皆様へ■

建設機械メーカーの変遷をより分かりやすくすることを目的として、本書に登場する企業・人物名（日本を除く）については、各章の本文と写真解説ページにおける初出時に、国名を表記しました。

また、掲載写真・図版等の解説にある〈 〉内は、掲載写真・図版等の所蔵または撮影されているものの所蔵を示します。本書に収録した写真は、著者が撮影した博物館展示車や過去に学術書や関係書籍にて掲載・発表されたものであり、掲載にあたっては米国・欧州など多くの国へDMとメールで転載の告知や許諾等に関する要請を実行いたしました。それに要した期間は数ヶ月に及びます。

しかし、一部の資料・写真においては複数出典されており、また現在解散してしまった会社の製品においては、困難を極めました。建設機械の歴史を語る上で、一枚でも多くの写真の収録を目指しましたが、やむを得ず掲載を断念した写真もありますのでご了承ください。

三樹書房 編集部



# 1 はじめに

## ■自動車以上に高いシェアを占める日本の建設機械

建設機械は碎石場、石灰山等の山中や目隠しされた工事現場で動いているため、一般の方が目にする事は少ない。しかし、自動車よりも複雑でパワフルなこの車両を自分で自由に操って土を掘ったり、岩を削ったりすれば、きっと自動車以上に夢中になることと思う。今日、日本の建設機械は技術的にも営業的にも世界をリードしており、自動車以上の高いシェアを世界のマーケットで占めている。

本書では、建設機械が発明されてから現代までの歴史を紹介するが、その前に最近の建設機械の現状と動向について説明する。

## ■建設機械の現状

2002年からの中国の急激な経済発展や世界的な鉱山需要増加とインフラ整備拡大のため、世界中で図1.1のように建設機械生産が著しく伸びている。2000年以降は1990年代の約2倍の台数の建設機械が販売されている。2008年には米大手銀行の経営破綻による金融危機（リーマン・ショック）で、需要が一時的に落ち込んだが、中国の景気刺激策による建設ブームで元に戻っている。2019年時点で建設機械の世界の販売台数の割合は、日本国内が10%を占め、北米は23%、中国は17%、欧州20%で、残り30%は東南アジア、ロシア、中近東、インド、南米である。

表1.1に世界の主要建設機械メーカーの売上高のランキングの推移を示す。ここでは、2020年3月以降世界的に流行しているコロナ禍の売上高への影響はでていない。No.1は長く米国のキャタピラー社が占めており、コマツ（小松製作所、1991年以降コマツと呼称）は2位を続けている。3位は油圧ショベルが強い日立建機が、スウェーデンのボルボ建機社（乗用車のボルボと元は同じ会社）や米テレックス社（一種の企業再生ファンド）と競い合いながら地位を獲得していた。しかし、2020年には世界最大の農機メーカーの米ジョンディア社が、道路機械専門の独ヴィルトゲン社を買収して建設機械3位に上がってきている。長く4位占めている独リープヘ

ル社はドイツとスイスを本拠地とし、冷蔵庫から航空機まで製造する建設機械メーカーであるが、日本ではクレーン以外の建設機械は売られていない。2010年からは中国の国有企業の徐工集団（徐州工程机械科技、英語の略称XCMG）、民营企业の三一重工（略称Sany）、国有企業の中聯重科（長沙中聯重工科技発展、略称Zoomlion）が順位を上げてきている。中国企業は国外では十分なディーラー網がなく、国内事情による順位の変化が大きい。韓国のドゥサン（斗山）社は2007年の米ボブキャット社の買収が功を奏して6～10位内に入っている。英JCB社はバックホーローダで世界シェア約50%を持つ強みで10位に入ったが、日本ではバックホーローダ自体が使われていない。

日本国内と海外では使用される建設機械の種類は異なっている。図1.2は日本と世界の建設機械の種類ごとのシェアであるが、日本と海外では油圧ショベルとミニショベル（写真1-1、1-2）のシェアは共に約50%程度になるが、海外ではホイール式の油圧ショベルの需要がある。ホイールローダ（写真1-3）、モータグレーダ（写真1-4）とブルドーザ（写真1-6）は海外では大型が多い。日本では近年建設用クレーン（写真1-5）が多くなっている。欧米ではバックホーローダ（写真1-7）、テレハンドラー（写真1-8）、アーティキュレート・ダンプ（写真1-9）、スキッドステアローダ（写真1-10）など多様な建設機械が使われるが、日本における使用は少ない。日本ではロードローラやアスファルトフィニッシャーなどの道路機械はある程度のシェアがある。

日本の油圧ショベルメーカーに限ってもコマツ、日立建機（米ジョンディア・ブランドのショベルを製造）、キャタピラー（日本で設計）、コベルコ建機、住友建機（米子会社LBX社のショベルを製造、米ケース・ブランドのショベルも製造）、加藤製作所がある。ミニショベル（重量6トン未満）についても、前述のメーカー以外にクボタ（世界首位）、ヤンマーそして欧米で有名な竹内製作所などがあり、日本は世界的な建設機械王国である。

## ■技術革新と今後の動向

建設機械にも自動車同様に排気ガス規制があり、1996年の第1次規制から始まり2011年にはガソリン自動車並みの厳しい第4次規制が行なわれている。エンジンは様々な排出ガス浄化装置を着けて大

きくなり、冷却装置はラジエータとオイルクーラの大形化だけでなく大型インタークーラが必要となって建設機械の外観も変わってきている。その他に騒音規制、安全規制、環境規制そしてCO<sub>2</sub>排出（燃費）規制も自動車以上に厳しい。

自動車よりも進んだ技術として、情報通信、自動化と無人化がある。日本の建設機械には標準で携帯電話回線や衛星通信による機械のモニター装置（テレマティックス）が装着されており、盗難防止のための位置確認はもちろん、水温や燃料消費など運転状態が事務所や携帯電話でモニターができ、さらに遠隔操作でエンジン停止も可能である。また、完全無人化されたコマツの290トン積みダンプトラックが海外の鉱山でいち早く使用されている。そして、運転席周りも自動車より一歩進んだ構造になっている。写真1-11は超大型ホイールローダの運転席であるが、メータは全てデジタル化されており、画面切替えて様々な操作を行なえる。超大型車ではステアリング・ホイールは無くなり、ジョイスティック・レバーだけでステアリング操作、前後進、変速と掘削作業の全てを行なえる。

## 本書での単位と用語の取り扱いについて

本書では長い時代にわたる機械性能を表すためにSI単位に統一していない。1990年以前のアメリカではエンジン出力は多くは馬力表示が多い。より古い資料ではエンジン出力馬力と車両のけん引馬力（ドローバ馬力：機関出力の40～90%）でさえも区別されていない。これらの数値を検討できる資料も見つからない場合が多いため、元の資料に記載された値をそのまま示す。近年の車種についてはグロス出力馬力に極力統一している。重量は運転質量（メートルトン）を標準としているが、古い資料では米トン（メートルトンの0.907倍）と区別が明確でないため、元の資料の値をそのまま採用している。速度は前後進のいずれかの最高速度を示した。用語については、基本的に日本建設機械施工協会の用語に従っている。一般にキャタピラーや履帯と呼ぶ足回りはクローラとした。キャブは読者に分かりやすいように運転席とする。ロードローラは振動ローラとタイヤローラの3種類であるが、ここではロードローラを総称とする。昔のラダーエキスカベータはバケットチェーン掘削機としている。

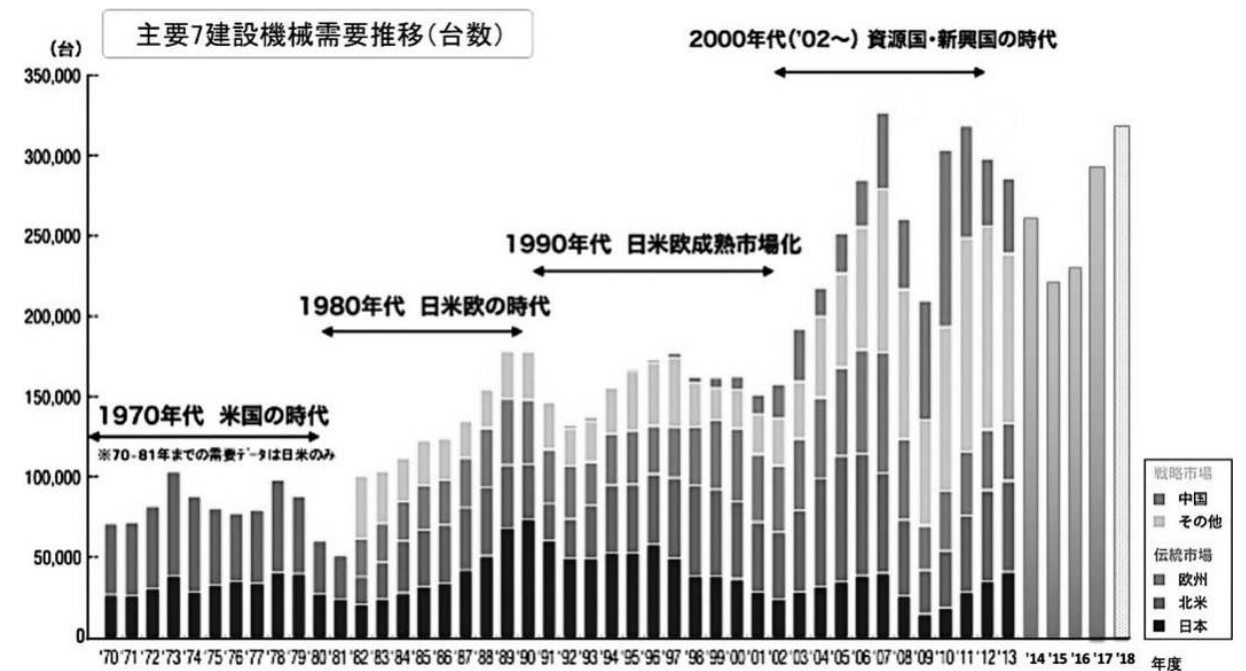


図1.1 世界の主要7建設機械の需要推移（コマツ公表資料<sup>11)</sup>に基づき作成）



ランキング	2010年	2012年	2014年	2016年	2018年	2020年
1	米キャタピラー(CAT)					
2	コマツ					
3	日立建機	ボルボ建機	ボルボ建機	テレックス	日立建機	ジョンディア
4	独リープヘル	日立建機	日立建機	日立建機	ボルボ建機	徐工集団
5	スウェーデン ボルボ建機	リープヘル	リープヘル	リープヘル	リープヘル	三一重工
6	スウェーデン サンドウィック	中国 三一重工 Sany	テレックス	ボルボ建機	徐工集団	ボルボ建機
7	米テレックス	中国 中聯重科 Zoomlion	中聯重科	ジョンディア	ドゥサン	日立建機
8	スウェーデン アトラス	テレックス	三一重工	ドゥサン	三一重工	リープヘル
9	フィンランド メッツォ	韓国 ドゥサン	ジョンディア	徐工集団	ジョンディア	ドゥサン
10	中国 徐工集団 XCMG	米ジョンディア	ドゥサン	英JCB	JCB	中聯重科

表1.1 世界の建設機械メーカーの売上ランキングの推移 (KHL Group/ International Construction 資料<sup>12)</sup> から作成)

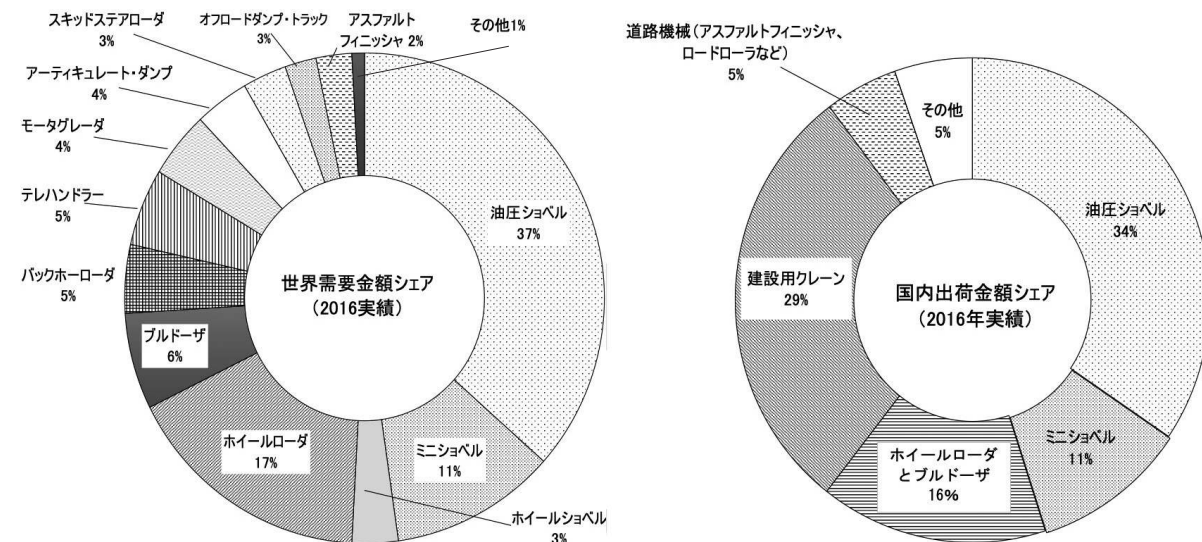


図1.2 国内と世界の建設機械マーケットの比較 (日本建設機械工業会資料<sup>13)</sup>、Route One Publishing (London) 資料<sup>14)</sup> による)



写真1-1 油圧ショベル (日立建機所蔵) 日立建機ZX200X-6の例を示す。いすゞ自動車製5.2リッター・ディーゼルエンジン175馬力により、油圧駆動で重量20.7トンの車体と容量0.8m<sup>3</sup>のバケットを動かす。油圧による強力な掘削力に加え、情報通信技術 (ICT) により3次元 (3D) 設計データに基づいて半自動で高精度掘削ができる。居住性は乗用車並みである。左右クローラを逆回転させてスピターン (超信地旋回) もできる。



写真1-2 ミニショベル (クボタ所蔵) クボタのRX-306E型の例を示す。26馬力のクボタ製3気筒ディーゼルエンジンにより、油圧駆動で重量3.2トン、容量0.09m<sup>3</sup>の小型バケットを動かす。都市部の狭い現場でも作業できるように、バケットブームを運転席横に装着して掘削する超小旋回タイプである。



写真1-3 ホイールローダ (コマツ所蔵) コマツWA470-10型の例を示す。コマツ製11リッターディーゼルエンジン295馬力を搭載する。自動変速機に油圧駆動を組み合わせた無段変速のHMT (ハイドロメカニカル・トランスミッション) により、車両重量24.8トンの車体を速度3~38km/hで動かす。バケット容量は3.6~5.2m<sup>3</sup>と大きく4輪駆動で25°の登坂能力を持つ。掘削力は油圧ショベルよりも小さいが早いスピードで作業できる。



写真1-4 モータグレーダ (米ジョンディア社所蔵) ジョンディア社772GP型の例を示す。ジョンディア製9リッターディーゼルエンジン275馬力を搭載し、前進7速、後進7速の独自のHST (ハイドロスタティック・トランスミッション) により最高速度45.5km/hで走る。6輪駆動と4輪駆動の2形式があり、重量25トンで3.7mの長さのブレードで土を均すことができる。後車体後部にはスカリファイアと言う3本爪の掘削装置を付けている。ブレードで地面を削る時に、車体がブレードからの力で左に曲がるため前輪を傾けて (リーニングと言う) 直進する。



写真1-5 ラフテレーンクレーン (タダノ所蔵) タダノCREVO GR-250N G4の例を示す。米カミズ社製6.7リッターの273馬力ディーゼルエンジンと自動変速機により重量26トンの車体を最高速度49km/hで走らせる。未舗装の現場や狭い場所にも入れるように4輪駆動であり、4輪操舵により回転半径は小さくできる。ブームは4段の伸縮式で長さ30mまで伸びる。ブーム横に装着されているジブ (腕) を伸ばすと45mの高さに達する。吊り荷は最大で25トンである。クレーン使用時には車体の前後左右4本のアウトリガー (油圧シリンダ式安定脚) を広げて、転倒を防ぐ。

写真1-6 ブルドーザ (キャタピラー社所蔵) キャタピラー社D6型の例を示す。キャタピラー社製 9.3リッターのディーゼルエンジン219馬力を搭載する。前進4速・後進4速の自動変速機により、車両重量22.2トンを最高速度11.7km/hで走らせ、幅3.3mのブレードで土砂を押し。ブルドーザの登坂能力は30°であるが、登坂できない崖や坂は自分で削って、木を押し倒しながら道を作って進むことができる。車体の長さは5.4mであるが、スピターンできるため自動車と同じ位の旋回半径で回転できる。車体後部にはリッパと言う岩石破砕用の爪を装着することができ、油圧ショベルでは砕けない硬い岩を破砕できる。





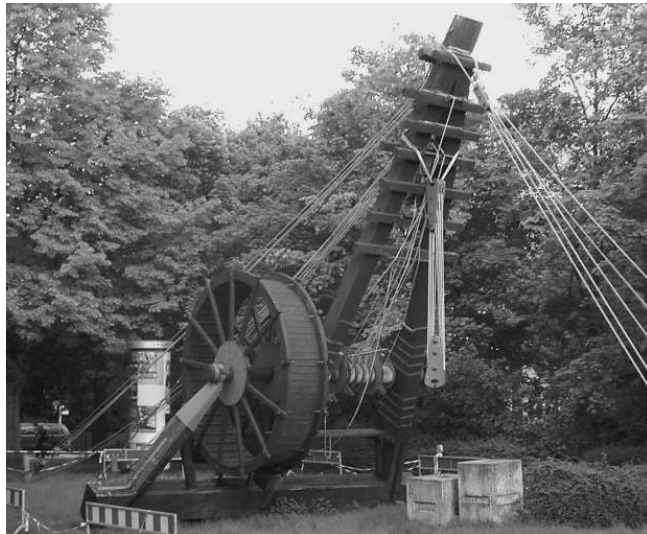


写真2-1 古代ローマ時代のウィトルウィウス (Vitruvius) の人力クレーン復元機 (独ボン市所蔵、Wikipedia<sup>25)</sup>) ローマ時代の建築家ウィトルウィウス (紀元前30年頃) の描いたレリーフ (石版の浮彫り) を基に復元されたクレーンである。クレーンの車輪中に作業員4人が入って回転させ、複数の滑車によりロープを巻き上げて約3トンの石材を吊り上げることができる。クレーン高さは10.4mで、レリーフではクレーン上部に2人の作業員が乗って作業指示をしている様子も描かれている。

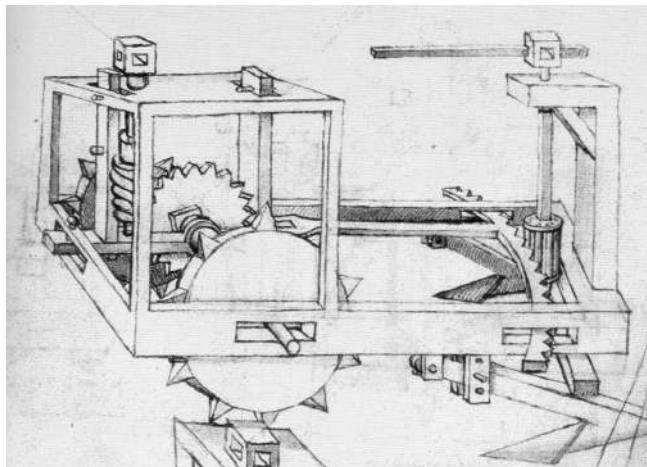


図2.3 F. デ・ジョルジオのリッパー付き建設車両 (1450～1490年) (Institute and Museum of The History of Science 公開図<sup>26)</sup>) 岩などの建設用などに設計されたと思われる。デ・ジョルジオはこの他にも自動車に似たステアリングや駆動機構を持った車のスケッチも残している。

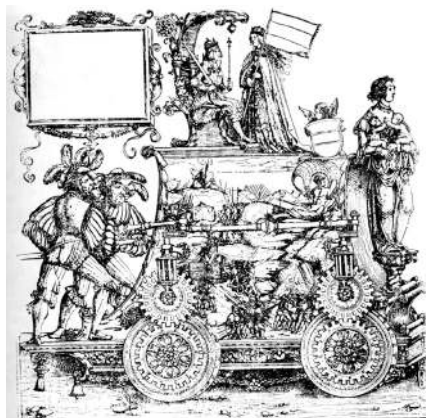


図2.4 独マキシミアン皇帝の凱旋の山車 (1519年)<sup>27)</sup> 欧州を広く支配していたハプスブルグ家のマキシミアン皇帝の凱旋に使われた山車で、デ・ジョルジオの設計に似た駆動方式になっている。2人の兵士がねじを回して車体を駆動する。

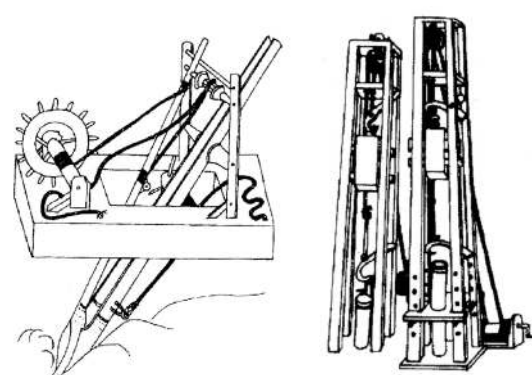


図2.1 伊G. フォンタナのリッパー (1420年)<sup>22)</sup> 土中の岩を持ち上げて除去する器械で、ブルドーザのリッパーの元祖ともいえそうである。 図2.2 伊F. デ・ジョルジオの杭打ち機 (1450～1490年)<sup>22)</sup> 要塞や城壁等を築くために考案されたと思われる、レオナルド・ダ・ヴィンチも類似の杭打ち機のデザインを残している。動力化されれば20世紀初頭でも使える構造である。

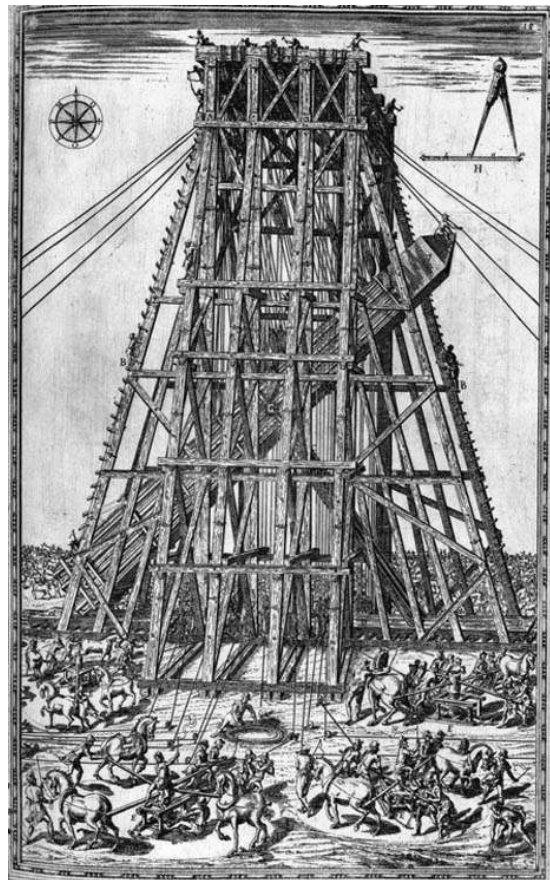


図2.5 伊D. フォンタナによるオペリスク移動工事 (1586年) (National Library of Portugal 所蔵本より<sup>28)</sup>) パチカン市国のサン・ピエトロ寺院前にある高さ25.5m重さ375トンのオペリスクを一度横倒しにして240m移動して再び立てる大工事であった。800人の作業員、140頭の馬と40の巻き上げ機によりオペリスクを吊り上げて移動している。人馬の合計馬力は約380馬力と推定され、現代の400トン吊り超大型クレーン車の出力326～550馬力と同じになる。

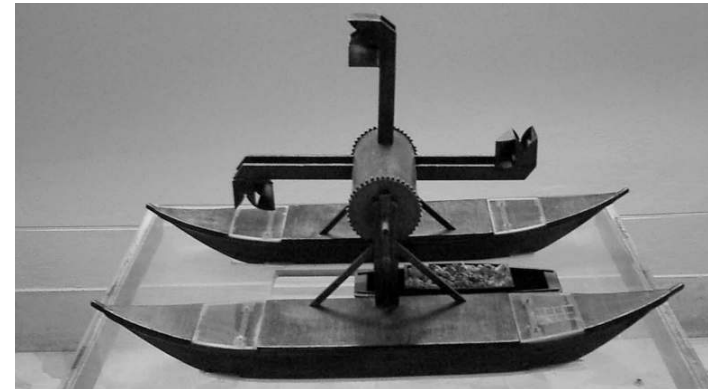


写真2-2 伊レオナルド・ダ・ヴィンチの浚渫船 (1490～1515年) (Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia "Leonardo da Vinci" 所蔵<sup>28)</sup>) 川底や港の堆積した土を、回転するバケットでさらい小舟に載せる。ダ・ヴィンチが指導を仰いだ13歳年上のイタリアのフランシスコG. マルチーニが発明した浚渫船を改良しているが、実用化されたかどうかは明らかでない。

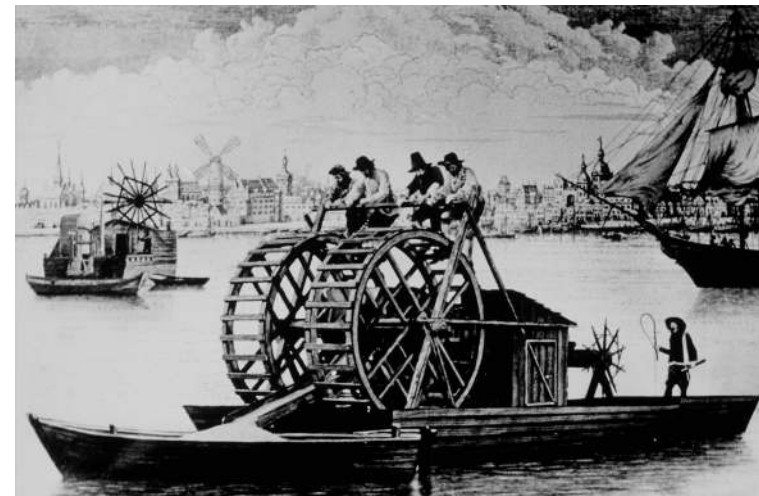


図2.6 オランダ・アムステルダム港の人力浚渫船 (1600年代) (オランダ建設環境省所蔵図<sup>29)</sup>) 4人で回転させる2基の踏み車で、船後方の水中にあるバケットチェーン (鎖で連結した多数のバケット、写真3-2参照) により港湾の泥を浚って、前方の小舟に積んでいる。左前方に見える船も人力浚渫船である。当時は大航海時代の後期にあたり港湾の浚渫による整備が大型帆船のために必要であった。



写真2-5 仏セヌ川工事の人力クレーン (1768年) (Deutsches Museum 所蔵) 写真2-4と同じ現場で使用されたクレーンである。ここでは、人が車輪の中に入って駆動する大型クレーンも使われている。

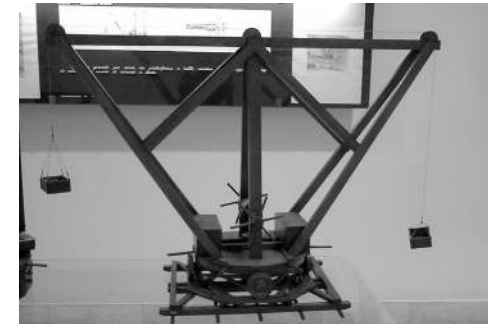


写真2-3 伊レオナルド・ダ・ヴィンチのクレーン (1470～1510年) (Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia "Leonardo da Vinci" 所蔵) 片側の箱にはバランス用のおもりを入れ、もう一方の箱に土砂を入れて巻き上げるクレーンである。車輪による旋回部は、現在の油圧ショベルなどのスイングサークル装置の前身とも言える構造になっている。

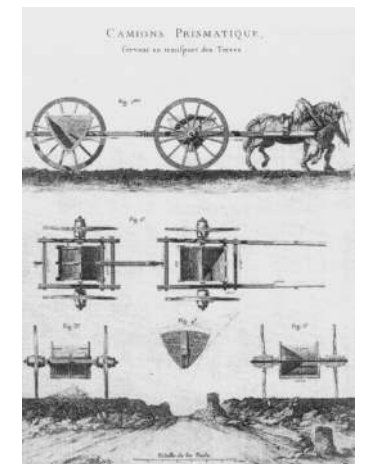


写真2-4 仏ダンブ装置付き荷馬車 (1770年)<sup>21)</sup> 仏土木技術者ペロネがセヌ川工事に発明した土木用荷馬車で、プリズム型荷台を傾けて石材などを容易に下ろすことができる。また、車体の中間で折れ曲がるアーティキュレート式のため小回りが利く。

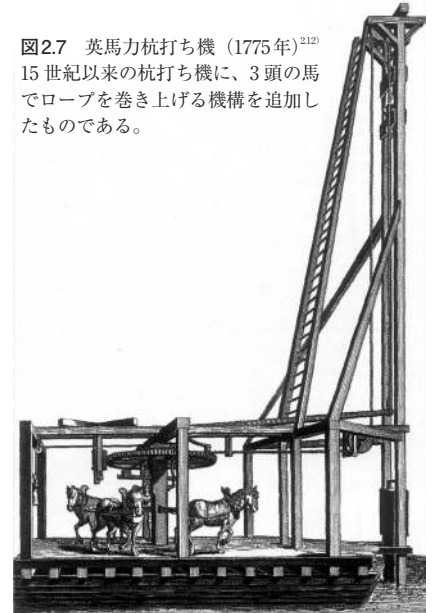


図2.7 英馬力杭打ち機 (1775年)<sup>21)</sup> 15世紀以来の杭打ち機に、3頭の馬でロープを巻き上げる機構を追加したものである。





写真11-4 独フェルディナント・ホルシェ設計の Maus 戦車タイプ205 (1944年)<sup>113)</sup> ガソリンエンジンと直結した直流発電機でモーター駆動する試作戦車で1750馬力、188トンという大きさであるが実用性がないため2台の試作に止まる。これらにはジューペンの潜水艦や電気シヨベルなどの技術が利用されている。



写真11-5 鐘淵ダイゼル工業7.5トン押均機 (1943年) (日産ディーゼル所蔵写真 (平野宏氏提供)) 性能が良いブルドーザと評価が高い。独ユンカース社特許に基づく3気筒垂直対向ピストンエンジン (写真10-4参照) 90馬力を搭載して、重量は10.3トンである。この他に5トン、15トンの押均機があった。戦時中は鐘淵紡績の工場で約150台が製造され、戦後も一時生産されたが占領軍 (GHQ) により生産中止させられている。押均機は海軍の呼称である。

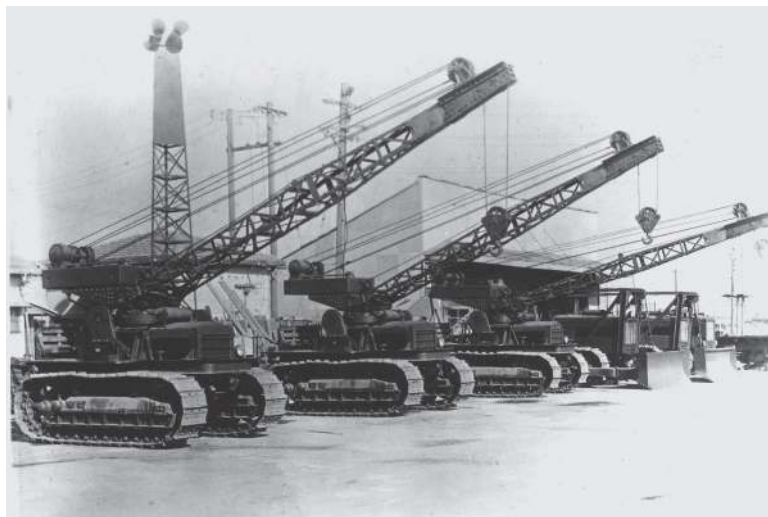


写真11-6 加藤製作所20トン吊りクローラクレーンとブルドーザ (1943年) (加藤製作所所蔵写真 (安藤正紀氏提供)<sup>114)</sup> 100馬力、重量10.5トンのKST12型ディーゼルトラクタを改造して20トン吊りクレーンとブルドーザを製作している。このブルドーザは約60台が生産された。

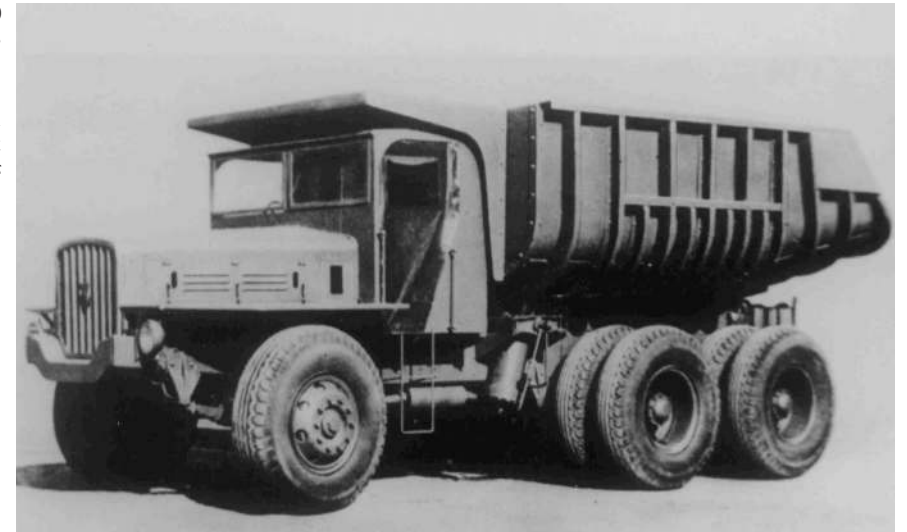


写真11-7 ザーゼル自動車工業TH20 鉱山用トラック (1943年)<sup>115)</sup> 現いすゞ自動車の20トン積みの国産初のオフロード・ダンプトラックである。110馬力エンジン、前進5速・後進1速のトランスミッションで2重鋼板ベッセルを持つが、油圧ポンプ製造が間に合わず10台の生産に終わった。



写真11-8 神戸製鋼所120-K電気シヨベル (1942) (神戸製鋼所所蔵) 米ビサイラス社製を参考として日立製作所の120-Hと共に開発された。バケット容量は3.0m<sup>3</sup>、重量120トンと大きく南満洲鉄道の撫順炭鉱向けである。米国製よりも性能が良いと採用されたが、戦時中のワイヤロープの品質の悪さには悩まされたようである。



写真11-9 小松製作所試作「トヘ車」軍用ブルドーザ (1945年) (コマツ所蔵写真<sup>97)</sup>) アメリカ軍の飛行場建設の機械化部隊に対抗するためにブルドーザの製作命令があり、4種類の大砲けん引車がブルドーザに改造されて、あわせて80台が生産されている。柔らか過ぎるクローラのため土を押し作業には向いていなかったようである。





写真13-1 西独ドイツ (Deutz) 社DK75Bブルドーザ (1961年) (Jason T. Ryan氏所蔵) 同社製の空冷65馬力エンジンを搭載した中型ブルドーザである。アメリカでは、砂塵が舞う露天掘り鉱山などでは、空冷エンジンの耐久性が損なわれる問題があり、欧州以外には普及していない。

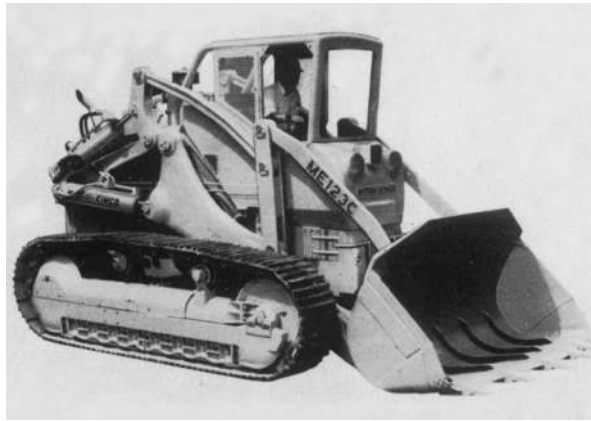


写真13-2 三井造船が技術導入した米エイムコ社123Cドーザショベル (1968年) (日本工業出版所蔵写真<sup>127</sup>) 100馬力リヤエンジン式のドーザショベルで、1961年に初期型が開発されている。前方視界や重量バランスではフロントエンジン式よりも良いが、運転席横をブームが動き乗降性に難がありそうである。



写真13-3 英JCB社HST式112クローラローダ (1968年) (JCB所蔵) 世界初の油圧駆動 (HST) 式クローラローダであり、リヤに77馬力エンジンを積み重量9.7トンである。エンジンで油圧ポンプを駆動し、油圧モーターでクローラを動かすシンプルな構造であるが、円滑に旋回でき、スピニングも容易で運転しやすい特徴を持つ。ドーザショベルはショベル容量が大きいので作業時の前後のバランスを取るためリヤエンジンとしている。その後、一時世界的な油圧駆動ブームを起こすことになる。



写真13-4 小松製作所D50A-11マルA車 (1963年) (コマツ小山工場所蔵) キャタピラー三菱社D4ブルドーザに対抗するため、オーバーホール時期を従来の3000時間からキャタピラー車並みの5000時間に「マルA対策」と称する活動が行なわれている。この対策では96台の試作車を作りボルト1本まで新規に作り直し耐久性と信頼性をアップしている。この話は米国経営学修士 (MBA) の教材にもなり世界的に有名である。

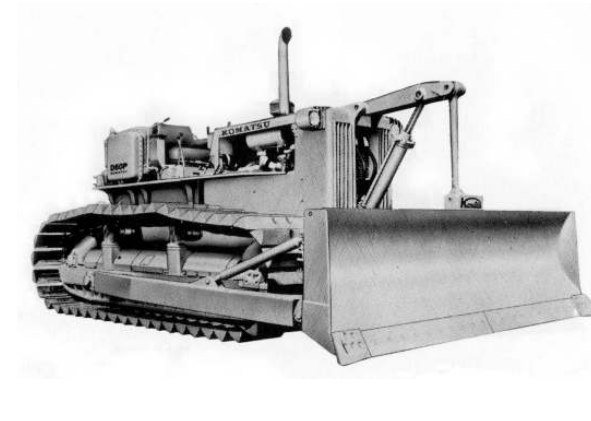


写真13-5 小松製作所D60P-3湿地ブルドーザ (1968年) (コマツ所蔵) 車重15.5トンで140馬力の米カミンズ社技術提携によるエンジンを搭載している。ブレードを車両前面の中心にある1本の油圧シリンダで上下する珍しい形式である。後に米ユークリッド社も同じ1本シリンダ方式のブルドーザ82-40 (290馬力) を発売しているが、両車とも運転者には人気がない。



写真13-7 日立製作所T20Bブルドーザ (1968年) (日立建機所蔵) 同社最大のブルドーザで車重20.2トン、185馬力の自社製ディーゼルエンジンを搭載している。

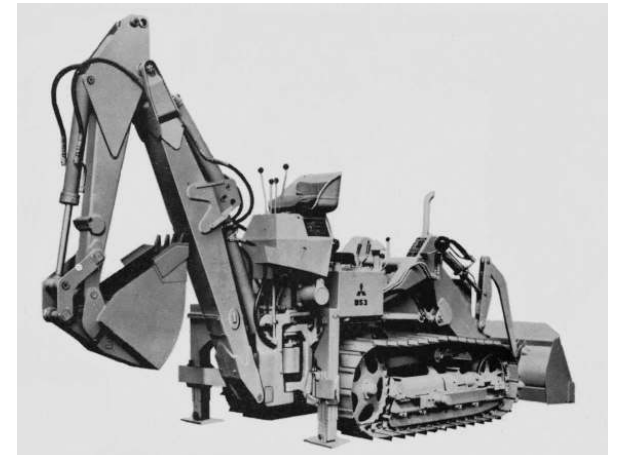


写真13-6 三菱重工バックホー装着BS3ドーザショベル (1968年) (日本工業出版所蔵写真<sup>127</sup>) 重量3.3トンで32.5馬力の三菱エンジンを搭載しており、バケット容量は0.3m<sup>3</sup>である。三菱重工が製造してキャタピラー三菱が販売している。1960年代には日本で油圧バックホー付きの建設機械が普及しており、これが後に油圧ショベルに運転者が抵抗なく乗り換える素地になった面もあると思われる。



写真13-8 日本国土開発水中ブルドーザ (1968年) (日本建設機械化協会所蔵写真<sup>133</sup>) 世界初の水中ブルドーザ試験車である。陸上のエンジンで油圧ポンプを回し、陸上からの長い油圧ホースで動力を伝える。



写真13-9 小松製作所水陸両用D155Wブルドーザ (1973年) (筆者撮影) 270馬力エンジンを搭載しシュノケールにより吸排気を行なう。エンジンの冷却は前部の熱交換器で行なって水深7mまで作業できる。海外向け含め36台しか作られなかった。写真左の人間が無線操縦をする。1969年には初期型のD125Wが開発されている。撮影は2006年相模川河口である。



LR13000や2013年発売の中国徐工集団（XCMG）の4000トン吊りのXGC88000が最大級のクレーンである。

図15-1は1900年からの最大級の建設機械の重量の推移である。2000年以降、全ての機種で大型化は飽和している。ドラグラインとバケットホイール掘削機（BWE）は鉱山規模による限界、電気ショベルと油圧ショベルはユーザー側のコスト負担による限界、ダンプトラックとホイールローダはタイヤサイズによる限界があり大型化が進まなくなったと思われる。ブルドーザは大型の需要が減ったためである。油圧ショベルと電気ショベルを比較すると、油圧ショベルは機動性が高く生産性が上がるが、車両価格の高い電気ショベルは耐久性と経済性が優れていると言われる<sup>151)</sup>。

#### ■盗難対策として登場したテレマティックスの普及、そして建設機械の無人化

2000年頃には建設機械を現場から持ち去り、現金自動預け払い機（ATM）を破壊して現金を盗む事件が頻発していた。これに対抗して、コマツがGPSを利用して建設機械の位置と動きを遠隔地でモニターできるコムトラックを標準装備したことをきっかけに、世界中の建設機械メーカーが同様のシステム（テレマティックス）を装備することになった。特に中国では、車両の月賦の支払いをしないユーザーに対して、コムトラックによりエンジンを遠隔停止させて支払いを迫る使い方で急速に普及している。このような技術がその後自動化や無人化の技術にも寄与することになる。

写真15-17は完全無人運転で擦れ違う2台のコマツ930Eの稼働現場写真である。頻繁にあるルート変更や土砂を積んだり捨てたりする場所は、遠隔の管理センターから指示する。その後のダンプトラックの運転と、人や自動車と接触事故を起こさない判断は完全に自動化されている。燃料が無くなると自動的に給油所に行くようになっている。大型ダンプトラックの無人化により衝突や転落事故は完全に無くなっている。

#### ■排出ガス規制による建設機械の変貌

2006年から特に厳しくなった排ガス規制は、建設機械の形さえ変えつつある。前述のキャタピラー社ホイールローダ992Gの例で紹介しているように、インタークーラー、オイルクーラーやラジエータ冷却のために車体に孔が開けられるようになっている。写真15-18は日立建機のホイールローダであるが、車体後ろの冷却装置部分の横幅が拡大されている。コマツは新設計のブルドーザを2007年から導入し始めた。写真15-19はこのシリーズの中の1機種である。排出ガス規制対応により大きくなった冷却装置類を、エンジンと分離して後ろに設置している。これにより前方視界が格段に改良できている。後凹部のはね上げ式油圧駆動ファンによって、ラジエータの砂塵清掃も容易になっている。

#### ■低CO<sub>2</sub>建設機械

燃料を大量消費する建設機械は温暖化（CO<sub>2</sub>排出）対策が自動車以上に必要である。写真15-20は土砂を押す新しいブレード形状（シグマドーザ）を採用して燃料効率を25%改善した大型ブルドーザである。中小型のブルドーザやホイールローダについては、全ての建設機械メーカーでは低燃費化のため自動変速機方式から電子制御の油圧駆動方式（HST）に変更されて、燃費（CO<sub>2</sub>排出量）を減らしている。写真15-21は小型HST式ホイールローダの例であり、燃費は10%低減している。

一層の燃費改善のため、自動車と同様にハイブリッド化も進んでいる。コマツは世界に先駆け2008年に、旋回用電気モーターとキャパシタを採用したハイブリッド油圧ショベルPC200-8を発売した（写真15-22）。燃費を平均25%低減できる。同年、住友建機も特殊仕様であるが20トン級のハイブリッド油圧ショベルを導入している。2010年にはコベルコ建機がハイブリッド油圧ショベルSK80Hを発売している。写真15-23はキャタピラー社が開発した、ディーゼルエンジンで発電して電気モーターで走るブルドーザD7Eで、インバータ制御により燃費を30%向上している。いずれの車両も価格が標準車の1.5倍以上になっている。



写真15-1 コマツD85MS-15対人地雷除去機（2007年）（コマツ所蔵写真）もともと頑丈なクロウラとブレードを持つ246馬力の大型ブルドーザを改良した、新しい建設機械の1種で5台生産されている。車体の前に着けた突起のあるローラで対人地雷を爆発させる。防弾運転室を備えるが、実際の処理作業はラジコンによる遠隔操作で行なう。



写真15-2 英JCB社537ロード・テレスコピック・ハンドラー（1994年）（JCB所蔵写真）106馬力エンジンを搭載し、7トンの荷を12mの高さまで上げることができる。欧米では良く使われ始めているが日本では殆ど使用されない。コマツ、米キャタピラー社、米ケース社、米ボブキャット社、独リープヘル社なども生産している。



写真15-3 コマツPC75UU-2E超小旋回ミニショベル（1995年）（コマツ所蔵写真）回転半径を小さくして狭い道路で作業できるようにした油圧ショベルで、紫色塗装が国内外で大ヒットする。筆者がこのミニチュアをドイツに持っていき「仕事用の塗装でない」と怒られたが、フランスに持っていき「センスのよい建設機械だ」とショーケースに飾られ女性職員が集まる騒ぎになった。55馬力、車重7.9トンでバケット容量は0.29m<sup>3</sup>である。なお、このモデル以前の世界初の超小旋回型油圧ショベルPC28UUは1987年発売されている。





写真16-1 中国広西柳工機械社 (LiuGong) 936D 油圧ショベル (2011年) (筆者撮影) 2020年売上げ世界19位の国有企業の油圧ショベルである。重量37トン、280馬力である。ホース配管が雑で稼働年数約3年の割に劣化があるように見える。



写真16-2 中国三一重工有限公司 (Sany) SY425C 油圧ショベル (2012年) (三一重工所蔵) 世界3位まで上がった民間企業の油圧ショベルで、重量42.5トン、約330馬力である。日米欧のコンポーネントを採用して製品品質は日本製と同等と言われるが、価格は日本製より2割くらい安い。写真はカタールでの港湾工事現場の様子である。

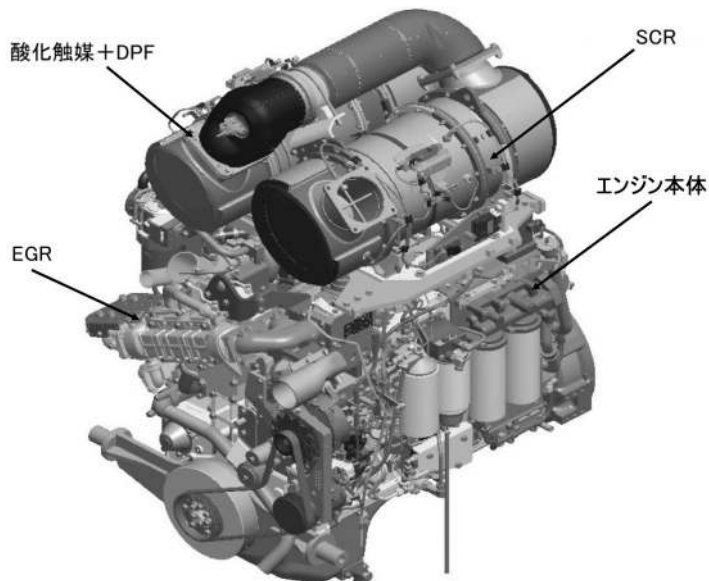


図16.1 排出ガス2014年規制に対応するディーゼルエンジン (2016年) (コマツ所蔵<sup>16.1)</sup>) コマツ製の15リッター400馬力級の大型エンジンの模式図である。排出ガス浄化のため排気再循環 (EGR)、酸化触媒、ディーゼルパーティキュレート・フィルタ (DPF) と選択的触媒還元装置 (SCR) を取り付けたことで、エンジン高さが1.5倍にも増えると同時に車体価格も跳ね上がっている。筆者も開発に一部関わったが、航空機用の高価な材料を採用することとなった。一方、ターボチャージャーからの吸気を冷やすアフタークーラーが必須となり、作動油用オイルクーラーとラジエータも大型化したために強力な油圧駆動式冷却ファンを採用することが一般化している。



写真16-3 米キャタピラー社320E油圧ショベル (2011年) (筆者撮影) 排出ガス2014年規制対応の155馬力エンジンを搭載した、重量20.7トン、バケット容量0.8m<sup>3</sup>の油圧ショベルである。排出ガス処理のために、エンジンと冷却装置がある車両後部 (マシンキャブ) の厚さが大きくなっている。この傾向は他社の油圧ショベルも同じであるが、同社デザイン戦略によりマシンキャブの大きさが強調されている。筆者も運転席に座ってみたが、後方は少し圧迫感があるが車体後部のモニターがあるため視界は十分である。



写真16-4 独リープヘル社L566Xホイールローダ (2016年) (リープヘル社所蔵) 272馬力、重量23.9トン、油圧駆動 (HST) により速度40km/hで走行する。標準のバケット容量は3.3m<sup>3</sup>であるが、ここでは木材をつかむログ・クランプを着けている。一般にラジエータは後部に着けられるが、この機種は冷却装置を運転席の後部左 (黒い孔部分) に置き、右側格納されている大型の油圧駆動ファンで左孔から外気を吸い右孔から熱気を排出する。これにより砂塵の侵入が減ると言う。後部に突き出ている太いステンレス筒は、排気とエンジン室の熱気を抜くためである。左前方は313馬力のL580Xホイールローダである。



写真16-5 英JCB社280スキッドステアローダ (2010年) (JCB所蔵) 84馬力、重量8.1トンでバケット容量0.47m<sup>3</sup>である。一般的なSSLは運転席の両側にリフトブームがあるため、乗降するのが面倒であり、作業時には視界がブームで遮られる問題がある。このSSLはJCB社独自の片側1本のブームでバケットを支えているため、乗降が容易になり視界も良い特徴がある。



写真16-6 英JCB社ハイドラディック110Wホイール式油圧ショベル (2016年) (JCB社所蔵) 4.4L、109馬力のJCB製EcoMAXエンジンを車体下部に積み、油圧駆動 (HST) で重量11トンの車体を速度40km/hで走らせる。全輪操舵式で狭い場所でも小回りが利く。エンジンや油圧駆動部は下部車体にあるので安定性が高く、視界が良いのが特徴である。バケット容量は0.25m<sup>3</sup>と小さい。



◆建設機械に関する年表

年代	海外	日本	関連する発明・社会情勢・巨大工事など
紀元前900年 西暦400年	・紀元前431年バルテノン神殿建設などでも滑車を使った大型クレーンが使われたと言われる ・紀元前30年ウィトルウィウスの大型クレーン		・紀元前2530年エジプト ギザピラミッド完成（以下竣工） ・紀元前431年ギリシャ バルテノン神殿竣工 ・紀元前485年中国 京杭大運河工事開始 ・紀元前312年ローマ 水道橋建設開始
<b>科学の暗黒時代</b>			
1420	伊 G. フォンタナの岩石排除器		
1450	伊 F. ジョルジオの杭打ち機、人力浚渫船		
1480	レオナルド・ダ・ヴィンチの人力浚渫船、掘削機、回転クレーン		
1561	オランダ人力浚渫船		
1578	J. ベッソンの浚渫船、バケットコンベア、クレーン、ローラ		
1586	伊 D. フォンタナがサントピエトロ寺院のオペリスクを超大形クレーンで建てる。907名の作業者と75頭の馬を使った大工事		
1599			オランダ S. ステピンの風力自動車発明
1681			仏ルイ14世のミディ運河工事開始（地中海・大西洋間240km、高低差190m）
1705			英ニューコメン揚水用蒸気機関
1734	オランダ馬力浚渫船		
1735	スペイン・ガッローネ浚渫船		
1738			仏エコールポルテクニク設立（国立土木学校）
1750	英3輪幅広の高負荷馬車		
1767			英 J. ワット蒸気機関実用化
1769			仏キュニョーの蒸気砲けん引車
1770	英 R.L. エッジワースのクローラ特許		
1776			アメリカ独立
1780	英馬力浚渫船		
1783			仏ダバン蒸気外輪船発明
1790		工楽松右衛門が杭打ち船・岩石運搬船・浚渫船発明	
1798			R. トレヴィシックが高圧蒸気機関を発明
1801	英 T. ジャーマンがクローラ試作		R. トレヴィシックが最初の蒸気自動車を発明
1802			仏英海峡トンネル構想
1803	英 R. トレヴィシック蒸気浚渫船		R. トレヴィシック蒸気機関車・蒸気自動車発明、米 O. エバンス高圧蒸気エンジン開発
1804	英 R. トレヴィシック蒸気クレーン		
1805	米 O. エバンス蒸気水陸両用掘削車試作		
1807	スペイン A. ベタンコート蒸気浚渫船（クレーンも装備）		米フルトン実用蒸気船商業運行
1815			英 J. マガダムがマガダム道路（碎石による舗装）の発明

年代	海外	日本	関連する発明・社会情勢・巨大工事など
1820	英リード市蒸気クレーン製造会社設立		
1825	英 G. ケイレイのクローラ試作		米エリー湖運河工事開始
1828			英ガーニー蒸気バス商業運行
1830	仏 T. ド・ガームントがトンネルボーリングマシン発明		英スチープンソン蒸気機関車ロケット号定期運行
1831			英 J. ヘンリー 電気モーター発明、米 C.H. マコーミック刈取り機発明
1834	米 W.S. オーティス蒸気ショベル発明（特許取得1839年）		
1839			米グッドイヤーが加硫ゴム発明
1845	英クレイトン・シャトル社ポータブル蒸気機関を量産開始		英 R.W. トムソン空気入りタイヤ特許
1846	英 B. ボイデルがシュー付き車輪の特許（クローラの1種、実用化は1862年）、米フィラデルフィア市でポータブル蒸気機関製造		
1853			英グリーンズ開発、欧州クリミア戦争勃発、日本ペリー来航
1858	米 W. ミラーがクローラ試作、英 B. ボイデルが馬けん引のシュー付き車輪式ポータブル蒸気機関を実用化		
1859	英 T. エイベリング自走式蒸気機関（トラクタ）発明・量産開始、米 E.W. ブレイク碎石機（ジョークラッシャ）発明		仏スエズ運河工事開始（1869年まで）、英超大型蒸気帆船グレートイースタン号22000トン進水
1860	仏 M. バレゾンとルーモンがそれぞれロードローラを発明・実用化、仏 A. クーブレがバケットチェーン掘削機を発明		英ベッセマー転炉発明、これにより大量の鋼鉄製造開始、鉛バッテリー発明
1861			米マサチューセッツ工科大設立、米南北戦争勃発
1862	英 B. ボイデルのシュー付き車輪蒸気トラクタ開発	肥田浜五郎がオランダで浚渫船を購入	
1863			米フラッシュボイラー式高性能蒸気機関発明、仏 C. ルノアールガソリン自動車試作
1865			英赤旗法施行、米 F.W. テーラー工具鋼発明、佐賀藩の蒸気船試作
1867	英エイベリング・ポッター蒸気ロードローラ発明、英 R.W. トムソンがソリッドゴムタイヤ式蒸気トラクタ発明		
1868			明治元年
1869		肥田浜五郎がオランダ製蒸気浚渫船を組み立て、横須賀製鉄所内の浚渫や横浜駅土地造成工事に使用	米スタンダード石油設立、スエズ運河開通
1875			オーストリア S. マルクスがガソリン自動車発明
1876	米 J.I. ケースが蒸気トラクタ製造、独リューベック（LMG）社がラダーエキスカベータを製造		日世界初の工学部（工部大学設立、後の帝国大学工科大学）設立
1877	米車輪付きスクレーパー開発、英ラズトン社蒸気ショベル開発、米ウエスタン・ホイール・スクレーパー社（後のオスティン社）グレーダ開発		独ニコラス A. オットーが4サイクルのガソリンエンジン発明



## ● 参考・引用文献

- (口絵) 1) 青柳正規編『世界美術大全集－古代地中海とローマ』小学館、Vol.5 1997  
(口絵) 2) <http://www.hcea.net>  
(口絵) 3) <http://www.jcmanet.or.jp>  
(口絵) 4) <http://www.sparwood.bc.ca/titaninf.htm>
- 1.1) 「コマツ決算説明会資料」小松製作所 2014～2018  
1.2) KHL Group/International Construction, *Yellow Table: World's Top 50 Construction Equipment Manufacturers*, (2010-2020)  
1.3) <http://www.cema.or.jp/general/statistics/index2.html>  
1.4) *Global Report Construction Equipment 2018*, (Route One Publishing, London, 2018)  
2.1) R.S. Kirby et al., *Engineering in History*, (Dover Publications Inc.,1990)  
2.2) ベルトラン・ジル (山田慶児訳)『ルネサンスの工学者たち』以文社 2005  
2.3) ウォルター・アイザックソン (土方 奈美訳)『レオナルド・ダ・ヴィンチ』文藝春秋 2019  
2.4) NHK『人間は何を作ってきたか 交通博物館の世界 3 船』日本放送出版協会 1980  
2.5) <https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Roemerkrans.jpg>  
2.6) <http://www.imss.fi.it>  
2.7) 会田俊夫、松原俊二『歯車の技術史』開発社 1970  
2.8) [www.museoscienza.org](http://www.museoscienza.org)  
2.9) *Della trasportazione dell'obelisco Vaticano et delle fabbriche di Nostro Signore Papa Sisto V, fatte dal caualier Domenico Fontana architetto di Sua Santita*, (Roma, 1590)  
2.10) [https://beeldbank.rws.nl/MediaObject/Details/DWW\\_historisch\\_door\\_menskracht\\_aangedreven\\_baggermolen\\_331290](https://beeldbank.rws.nl/MediaObject/Details/DWW_historisch_door_menskracht_aangedreven_baggermolen_331290)  
2.11) デルク・ビューラ編著 (中井博・栗田章光・海洋架橋調査会訳)「Brückenbau 博物館で学ぶ橋の文化と技術」鹿島出版会 2003  
2.12) P. Atheheme, L' Evolution Des Batteurs de Pieux, (Charge Utile Magazine No.134)  
2.13) 大蔵常長『農具便利論 3 卷』、1822 (国立国会図書館デジタルコレクション)  
2.14) 『風を編む海をつなぐ』高砂市教育委員会、2013
- 3.1) Francis Trevithick, *Life of Richard Trevithick, with an account of his inventions*, (E. & F.N. Spon, London, 1872)  
3.2) R. H. Thurston, *A History of The Growth of The Steam Engine*, (D. Appleton and Company, 1878)  
3.3) [http://fundacionrotava.es/pynakes/lise/betan\\_acuar\\_fr\\_01\\_1796/](http://fundacionrotava.es/pynakes/lise/betan_acuar_fr_01_1796/)  
3.4) 門脇重道『技術発達のメカニズムと地球環境に及ぼす影響』山海堂 1992  
3.5) [http://en.wikipedia.org/wiki/Goldsworthy\\_Gurney](http://en.wikipedia.org/wiki/Goldsworthy_Gurney)  
3.6) <https://blackcablondon.net/tag/aime-thome-de-gamond/>  
3.7) 加山昭『アメリカ鉄道創世記』山海堂 1998  
3.8) Railway Journal and Mechanics' Magazine, (1, 16, p265, 1843)  
3.9) <http://www.dundeecity.gov.uk/photodb/>
- 4.1) L.T.C. ロルト著 (高島平吾訳)「ヴィクトリアン・エンジニアリング」鹿島出版会 1989  
4.2) Louis Figuier, *Les Merveilles De La Science ou description populaire des inventions modernes par Louis Figuire*, (Google Books, p422, 1867)  
4.3) <http://uk.geocities.com/briandhutchings/>  
4.4) Elspeth Wills, *Scottish Firsts*, (Mainstream Publishing, 2003)  
4.5) 久米邦武編『特命全権大使米欧回覧実記. 第2篇 英吉利国ノ部』博聞社 1877  
4.6) 金井圓・石井光太郎『神奈川の写真誌 明治前期』有隣堂 1979  
4.7) [https://nl.m.wikipedia.org/wiki/Bestand:Excavating\\_the\\_Gent\\_and\\_Terneuzen\\_canal.png](https://nl.m.wikipedia.org/wiki/Bestand:Excavating_the_Gent_and_Terneuzen_canal.png)

- 4.8) <http://www.gracesguide.co.uk/File:Im1899EnV87-p261.jpg>  
4.9) <http://www.gracesguide.co.uk/File:Im1868v26-p42.jpg>  
4.10) アメリカ連邦交通省編 (別所正彦・河合恭平訳)『アメリカ道路史』原書房 1981  
4.11) <https://www.geograph.org.uk/photo/3890281>  
4.12) [http://en.wikipedia.org/wiki/SS\\_Great\\_Eastern](http://en.wikipedia.org/wiki/SS_Great_Eastern)  
4.13) 『自動車の誕生：パイオニアの時代』トヨタ自動車トヨタ博物館 1991  
5.1) <http://www.cameroncountyhistorical.commission.org/>  
5.2) 渡辺耕策『各種建設機械図説』理工学社 1961  
5.3) <http://www.lindahall.org/>  
5.4) Barbara Thrasher, *Earth Movers*, (Crescent Books, 1997)  
5.5) <http://www.linkbelt.com/>  
5.6) T. Berry, *The first hydraulic excavator*, (OEM off-highway, Nov. 24, 2014)  
5.7) [http://denverlibrary.org/photo\\_gallery/](http://denverlibrary.org/photo_gallery/)
- 6.1) Anh Tuan Le, *Modelling and Control of Tracked Vehicles*, (Doctor Paper of University of Sydney, 1999)  
6.2) The Farmers Magazine, (Google Books, vol.6, p478-479, 1837)  
6.3) R.B. Gray, *The Agricultural Tractor 1855-1950*, (American Society of Agricultural and Biological Engineers 1975)  
6.4) <http://armor.kiev.ua>  
6.5) <https://www.thehenryford.org/collections-and-research/digital-collections/artifact/89793/>  
6.6) The CATERPILLAR Tractor, (Scientific American, 98, 20, p345-346, 1908)  
6.7) W.R. Haycraft, *Yellow Steel*, (University of Illinois Press, 2000)  
6.8) G. Bonmartini, *Meccanica dei Sistemi suolo-Veicolo Mechanics of Soil-Vehicle System*, (Proc. 1st Inter. Conf. on Mechanics of Soil-Vehicle Systems, Torino, 1961)
- 7.1) Erick Eckermann 著 (松平廉平訳)『自動車の世界史』グランプリ出版 1996  
7.2) <http://www.menckundhambrockarchiv.de/Ubersicht/ubersicht.html>  
7.3) <http://www.oldengine.org/members/ruston/front.htm>  
7.4) <http://www.pancanal.com/eng/photo/index.html>  
7.5) <http://www.northeast.railfan.net/home.html>  
7.6) <http://www.asme.org/Communities/History/>  
7.7) <http://www.nebraskatransportation.org>  
7.8) <http://www.citroenet.org.uk/miscellaneous/hydraulics/hydraulics-2.html>  
8.1) K. Haddock, *Giant Earthmovers - An Illustrated History*, (MBI Publishing, 1998)  
8.2) 信濃川大河津資料館資料  
8.3) 『新潟鐵工所四十年史』新潟鐵工所 1934  
8.4) <http://cletrac.org/index.html>  
8.5) 亀井寅雄『タンクと自動車』三省堂 1931  
8.6) [http://www.oldengine.org/members/sbarr/show\\_reports.htm](http://www.oldengine.org/members/sbarr/show_reports.htm)  
8.7) <http://www.bseps.org.uk/>  
9.1) <http://www.lanz-bulldog-homepage.de/src/tech/gluehkopfmotor.html>  
9.2) <http://www.malyshevplant.com/>  
9.3) C.H. Wendel, *Nebraska Tractor Test since 1920*, (Crestline Publishing, 1993)  
9.4) <https://www.atlasobscura.com/places/camp-5-museum>  
9.5) <https://ja.wikipedia.org/wiki/ホルト五屯牽引車>  
9.6) 田村幸夫, *Improvement of Crawler Tractor Traction*, (SAE paper 810925, 1981)  
9.7) 小宮山哲郎監修『コマツ社内歴史資料』小松製作所 2001



## ●謝 辞●

写真・図・情報などのご提供を頂きました次の皆様と各会社、博物館、出版社に心から感謝申し上げます。このたびの増補二訂版では、トヨタ産業技術記念館館長の大洞和彦様に文章を頂き、心より御礼申し上げます。さらに本書の編集にあたりご指導を頂きました三樹書房の小林謙一氏、山田国光氏、木南ゆかり氏、武川明氏に御礼申し上げます。旧版に関しては同社近野祐一氏のご尽力を頂きました。また、英国大使館の勤務経験がある妻真知子の海外転載交渉の協力で心から感謝します。

(順不同・敬称略) 安藤正紀、今泉岳司、平野芳、大釜詠子、齋藤はるの、定森岳人、水野慎吾、黒田ゆき、丹沢恵、谷岡健一郎、谷川優一郎、熊婷、平塚洋一郎、鈴木英隆、高松武彦、山口武、浅野邦彦、溝口孝遠、村上誠、萩山兼希、岡部信也、増渕秀人、川本正之、原啓一、寒川篤志、坪根秀章、佐藤敏彰、田中利昌、西村良純、鈴木光世、館岡潤仁、土田祐久、高橋則仁、桜本実、勝敏行、平野宏、知識光弘、井上法子、岡田正、伊藤浩二、難波義久、田丸正毅、豊田久里夫、丸山純、山田透、金山登、滝沢広司、佐々木英俊、大森重美、宇佐美夏子

(No particular order, honorifics omitted)

Thomas Berry, Nicole Schaefer, Tim Gentle, Andy Brown, Geoff Hadwick, Chris Boyens, Nigel Chell, Brian O' Sullivan, Jaap Boelens, Alberto Relancio, Andrew Tweedie, Heike Sammarco, Dale Hardy, Rohan Lamb, Wafaa Ghali, Jay Huang, Nick Drew, Taylor Nunnikhoven, Yuri Tarasov, Jani Käkälä, Peter Grimshaw, Jason Ryan, Stuart Allan, Gordon Smith, Franz Bentgens, Mark Hardwick, Mark Dietz, Julian Harrop, Caroline Davis, Stefan Cerchez, Gordon Smith, Bruce Chapman, Vasiliy Chobitok, Stefan Bongartz, Janet Ragland, Blake Malkamaki, Roman Astakhoff, Norman Rozeff, Dr. Herbert Crosby, Teresa Arosemena, Danny Dwyer, David Kett, Nicolas Janberg, Dave Hutnyak, Barbara Biffle, Sandy Rutter, Mr. Margrit Prussat, Manuela Oliveira, Ray Hooley, Brian Hutchings, Philippe Fritz, Jim Orr, Barbara Hafok, Bernhard Weidemann, Robert Post, Bruce Bradley, Fred Kowalcyk, Gregory Soukup, Graeme Blaikie, Mark Simiele, Jackie Graziano, Ross Fleming, Marvin Bistram, Lisa Marine, Dr. Patricio Saiz, Bill Lang, Webmarketing team of Mecalac, Contactus team of Doosan

## ●あとがき●

日本では欧米と異なり、建設機械の歴史に関する図書は、ほとんど見たことがないため、建設機械に係わる人間として不便に感じていました。そんな折りに、海外の科学・自動車博物館を多く訪ねるチャンスを得て、約20年前から展示されている昔の建設機械を写真に撮り、集めることができました。これをもとに社内誌に解説記事をまとめたり、日本建設機械化協会の方々に記事のご意見を伺ったりして内容の充実をはかり、本書をまとめることになりました。

本書は、蒸気機関が発明されて以来の様々な建設機械について、歴史の資料としてまとめています。建設機械をご存知ない方も読めるような、わかりやすい解説を心掛けましたので、本書により建設機械を身近に感じて頂ければ幸いです。



コマツ D60P-6ブルドーザ (1970 年式、高松武彦氏所蔵写真) 155 馬力、重量 17 トン  
従来の機種に比べて 1.6 倍の土砂を押す性能があったベストセラー車である。他機種が 3 ~ 4 回モデルチェンジする間も、この機種はそのまま改良もせずに他を圧倒する性能であったと設計者で本書の推薦者でもあった高松氏は述懐した。車両の姿に設計者の自信がにじみ出ているような気がする。



## ●増補二訂版あとがき●

初版のあとがきにも記しましたが、以前日本には建設機械の歴史に関する図書がなかったため、建設機械に携わる者としていつか書籍としてまとめられたらと考えていました。また長年、筆者は「誰が建設機械を発明したか」という疑問を持っていましたが、誰に尋ねても納得できる答えは得られませんでした。幸いにも約30年前より海外の科学・自動車博物館を度々訪ねるチャンスを得て、展示されている昔の建設機械を写真に撮り集めることができました。これを元に社内向け技術誌に建設機械の歴史の解説記事をまとめたり、日本建設機械化協会の方々にご意見を伺ったりして、2008年に本書を取りまとめ出版することができました。それから10年が経過して、建設機械の技術進歩、製造メーカーや社会環境の大きな変化がありました。昔の建設機械についての調査も一層の進展がありましたので内容を大きく正確に見直しております。建設機械の発明者も読者にご紹介できるようになりました。

本書は蒸気機関が発明される以前の建設器械の時代にまでさかのぼって資料をまとめています。私が2019年の博士号取得のために学んだシステムズエンジニアリングでは「木を見て森を見る」と言う原則があります。本書によって歴史を知り「木や森の成り立ち」まで悟って、建設機械の未来も予測できることを期待しています。建設機械をご存知ない方も読めるような解説を心掛けましたので、本書により建設機械を身近に感じ、興味を持って頂ければ幸いです。



コマツ不燃性作動油仕様PC300LC-6 油圧ショベル（2000年式、筆者撮影）230馬力、重量32トン製鉄所から出る1200℃の鋳滓（スラグ）を掻き落とす専用の油圧ショベルである。車両火災を生じないために、筆者らが水40%を配合した不燃性作動油を使用できる様に改良した世界初の油圧ショベルである。先進的な技術を注ぎ込んだが、残念ながらわずか数台しか売れなかった。全力を尽くした思い出の機種である。



著者紹介

## 大川 聰 (おおかわ・さとし)

1946年横浜市生まれ。1969年慶應義塾大学工学部を卒業。(株)小松製作所入社。以後、技術研究所、エンジン開発センター、本社商品開発室、建機研究所、システム開発センター、研究本部などで勤務。全ての建設機械に使われるエンジン、自動変速機、油圧機器、作業機用の装置・部品・材料の改良開発と、燃料・潤滑油の研究開発に従事。また、難燃性潤滑油仕様の特種油圧ショベルの開発にも携わる。これらの研究開発と同時に建設機械の発達史を研究して現在に至る。2008年コマツ退職。

この間に(社)日本建設機械化協会(現日本建設機械施工協会)の機械部会油脂技術委員長(1992~2005年)と建機環境負荷低減チーム副リーダー(2年間)を務める。日本油空圧工学会の新作動油委員会主査を3年間務め、米国自動車技術者協会(SAE)のアジア運営委員会グループリーダーは1996~2005年の間務める。1988年コマツ社長表彰受賞、1997年(社)日本建設機械化協会奨励賞受賞。

2014年より慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究所の研究員として、システムモデリング言語(SysML)により建設機械の作動を記述して問題点を解析する研究を行なう。2019年9月に「建設機械の駆動システムでの潤滑油類が起因となる故障への対策—システムズエンジニアリングアプローチからの再考」の論文により同大学より博士号(システムズエンジニアリング学)を取得。現在は日本建設機械施工協会の『建設機械要覧』編集委員会の委員であり、その中の「建設機械化の歩み」執筆を歴任。

英文の学術論文についてはSAEと米材料試験協会(ASTM)で、“Hot Tube Test”-Analysis of Lubricants Effect on Diesel Engine Scuffing,” SAE Technical Paper 840262 (1984) や、“Piston Pump Failures in Various Type Hydraulic Fluids” ASTM Selected Technical Paper 1339 (2001) など全10件を報告。邦文の学術論文は、Synthesiology誌1件である。英文の技術発表は、SAE 5件、Product Lifecycle Management (PLM)国際会議1件など全15件である。邦文の解説論文と発表は全53件であり、その内5件は建設機械の歴史に関する解説で、日本建設機械施工協会誌、月刊土木技術誌などに発表。日本建設機械施工協会の規格原案作成は「建設機械用油圧作動油」JCMAS P041や「建設機械の環境負荷低減技術指針」JCMAS H06など全5件、特許申請件数は全26件。著書に日本トライボロジー学会編、編集委員長大川聰『産業用車両の潤滑』養賢堂(2012)がある。

# 写真で読み解く 世界の建設機械史 蒸気機関誕生から200年

著者 大川 聰

発行者 小林謙一

発行所 三樹書房

URL <http://www.mikipress.com>

〒101-0051 東京都千代田区神田神保町1-30

TEL 03(3295)5398 FAX 03(3291)4418

印刷・製本 シナノ パブリッシング プレス

©Satoshi Ohkawa/MIKI PRESS 三樹書房 Printed in Japan

※本書の一部、または全部、あるいは写真などを無断で複写・複製(コピー)することは、法律で認められた場合を除き、著作者及び出版社の権利の侵害になります。個人使用以外の商業印刷、映像などに使用する場合はあらかじめ小社の版權管理部に許諾を求めて下さい。

落丁・乱丁本は、お取り替え致します