

油圧ショベル ができるまで

特集
1

製品の ライフサイクルを追う

新興国を中心に世界各地で、都市の高度化が急ピッチで進められている。そんなインフラづくりを担う建設機械。なかでも油圧ショベルは掘削から積み込み、荷役などの作業を一手に請け負う「都市型建機のチャンピオン」ともいわれている。わが国が世界をリードする建設機械はどのように作られるか。油圧ショベルの世界をのぞいてみよう。(編集部)



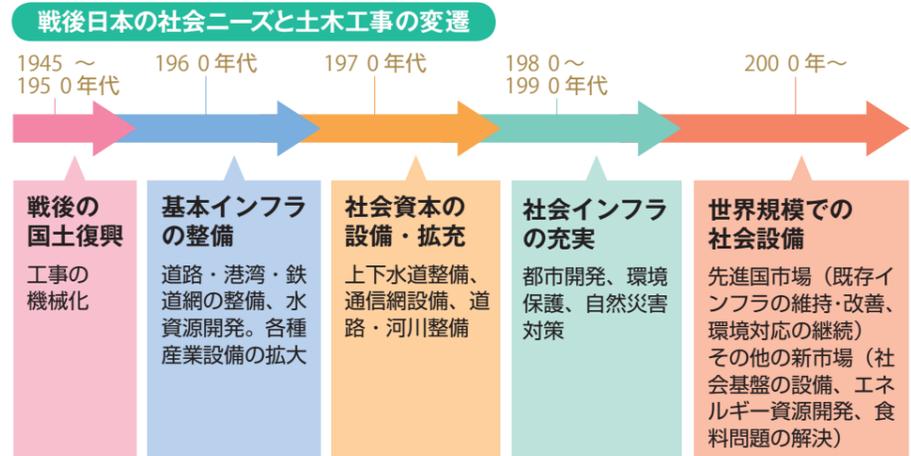
都市のインフラづくりに 威力を発揮する油圧ショベル

建設機械の歴史は、世界そして日本経済の変遷と軌を一にしている。世界では、人力を必要としない建設用機械のルーツは16世紀といわれているが、わが国の場合、近代的な建設機械は戦中・戦後期が黎明期といえる。とくに戦後復興においては、建設機械が果たした役割は非常に大きく、道路や河川、宅地開発などの国土開発型の建設機械である「ブルドーザー」や「ドーザーショベル」が建機の中核を担ってきた。第二次世界大戦が終わった1945年（昭和20年）からわずか19年。「日本の復興」を世界に見せつけた東京オリンピックの開催にこぎ着けたのは、国土を新しく作り上げる道具となった建設機械の存在を忘れることはできない。

東京オリンピック閉幕後の昭和40年代後半から、わが国の開発の中心は土木工事から「都市型整備」にシフトした。それに伴い、建設機械は大形化・多機能化が進み、高層ビルの建設を担う「タワークレーン」、機械式から油圧式に変化した「トラッククレーン」、大型化が一気に進んだ「クローラークレーン」などが市場投入された。世界最大のダンプロトラックがお目見えしたのもこの頃で、その後も「大型化」がキーワードになり、世界のメーカーでは技術革新が急速に進むことになる。昭和50年代は建機の「メカトロ」化が隆盛期を迎える。メカトロとは「機械工学」（メカニクス）と「電子工学」（エレクトロニクス）を合わせた造語で、和製英語である。さまざまな知識や技術を融合させることで、新たな技術革新を生み出すことを指し、建設機械分野の場合、はたとえば油圧ショベルにおいては初めてコンピュータが採用され、エンジンと油圧ポンプのトータル制御が実現。コンピュータで油圧システムを制



▲日本や世界の街づくりに貢献する建設機械。世界最大級のダンプトラック(コマツの930E)。



御することが可能になった。1984年（昭和59年）には小松製作所（コマツ）が省エネ油圧システムにコンピュータを組み込んだ世界初のメカトロを駆使したエンジン制御システム搭載の油圧ショベル「PC200-3」型シリーズを発売。日本のハイレベルなエレクトロニクス技術が世界を凌駕するきっかけになった。現在は安全性や環境性、ICT

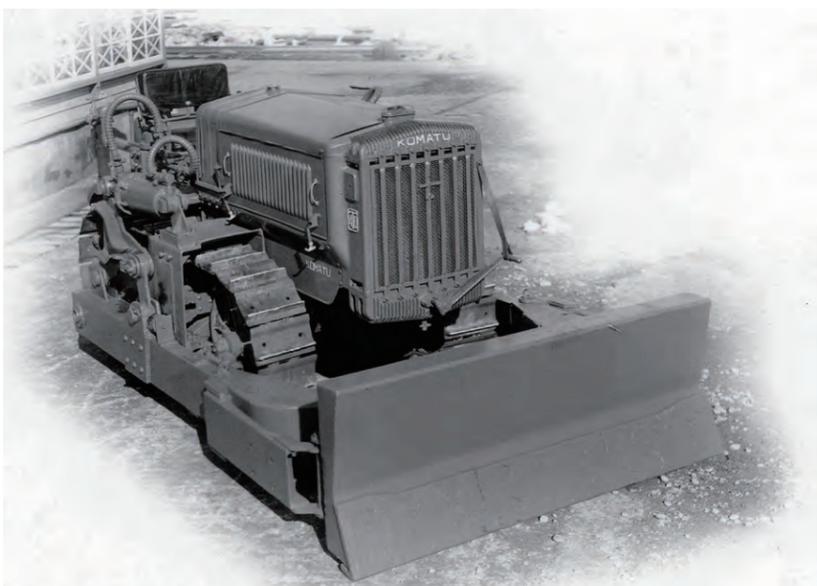
（情報通信技術）など多様なニーズへの対応が求められている。作業効率の向上に向け、大型化の流れは現在も続いており、油圧ショベルやブルドーザーなど世界最大級の製品が市場投入されているほか、狭く住宅が密集する都市でも工事が可能な小型建機のニーズも高まっている。また、安全対策としては転倒時にオペレーターを守る高い剛性を持つ運転

室や不意の操作によって作業機が動かなくなることを防止するロックレバー等の安全装置を備えた製品が登場し、安全かつ操作しやすい建設機械が主流になっている。コマツでは「KOMTRAX」（コマトラックス、機械稼働管理システム）と呼ばれるICTを最大活用したシステムを開発、建設機械の情報を遠隔で

確認することが可能になったほか、2014年秋には自動で整地や掘削作業ができる油圧ショベルを開発し、日米欧の主力市場への投入を開始した。これもさまざまな分野で対応が進むICTをうまく融合させた成果といえるだろう。今やICTと建設機械は切っても切れない存在になっている。

世界は現在、社会資本整備が加速している。新興国では土木工事や都市整備などが同時平行で進められるケースも多く、安全かつ操作性が高く、かつ高機能化を備えた日本の建設機械の需要は高まっている。これは日本の競争力にも直結し、強力な輸出商材の一つになっている。

海外の都市形成で存在感を高める日本の建設機械メーカーだが、国内でもその役割は大きくなっている。「国土強靱化計画」に基づく道路や河川、橋などの老朽設備やインフラの改修工事が本格化しているほか、2020年の東京オリンピック・パラリンピック開催に向けて、東京を中心に新たなインフラ整備も急ピッチで進められている。東日本大震災の復興に際してもフル稼働して東北復興の「隠れた主役」を務める建設機械。これからは「日本創生」の一翼を担うことは間違いない。



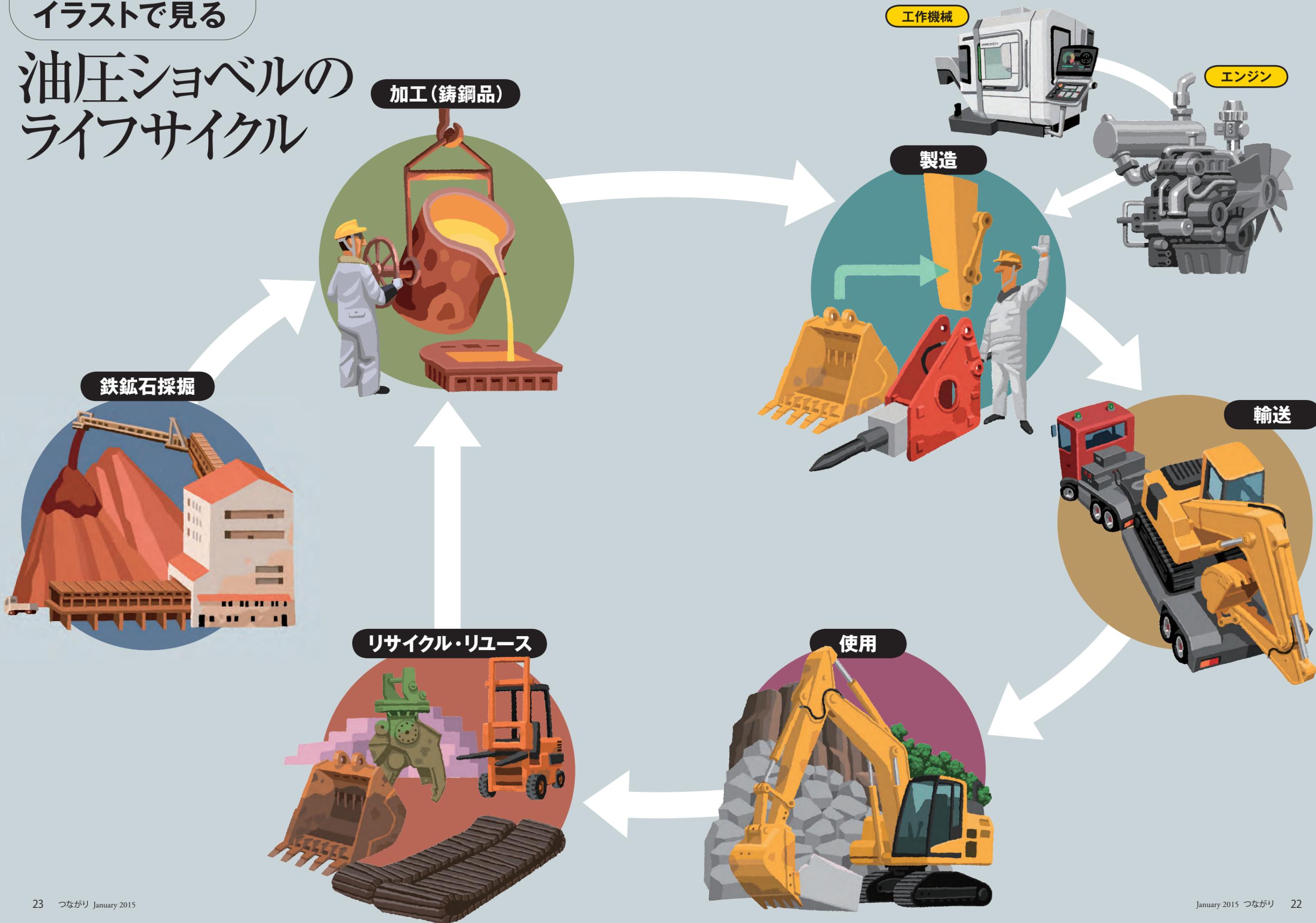
▲かつての「名機」は機械遺産として名前をとどめ、建設機械の歴史は経済成長と歩調を合わせる。



▲コマツの中型油圧ショベル「PC200」シリーズ。ロングセラー製品になっている。

イラストで見る

油圧ショベルの ライフサイクル



製品のライフサイクル 「環境対応」をキーワードにした素形材開発

どんな製品にもライフサイクルがある。製品の原料となる資源を「加工・変換」することで原材料が生み出され、原材料はプレス機などさまざまな工作機械や工具、熟達した技能、いわゆる「匠の技」による「加工・製造」の工程を経て、最終消費者に「輸送・配送」される。顧客に愛され活用された商品はやがてその使命を終え、廃棄される運命をたどる。しかし、製品の一生はそれだけでは終わらない。廃棄物の一部は回収され、新たな原材料として再び、製品としての役割を見出される。すべての製品はライフサイクルの中で輝き続ける。

頑丈さ、堅強さが売り物の建設機械だが、その秘密は最適な素形材の採用という要素が大きく影響している。加熱して溶かした金属を型に流し込み、冷えて固まったのち、型から取り出した金属である鋳物が一般的に用いられているが、建機の場合

「鉄系鋳物」（鋳鋼・鋳鉄）が多く採用されている。鋳鋼品はおもに建機の足回りに利用される一方、鋳鉄品はエンジン部品や油圧バルブといった基幹部品に使われている。

とくに素形材の核となる鋳鋼は、部品の形状自由度が高く、板金溶接構造と異なり応用集中部の多い部品や衝撃的負荷応力のかかる部分に特に有効活用されてきた。しかし、建機の大型化により、材料の合金鋼化が避けられず、溶接構造部品としての大型鋳鋼品や高強度鋳鋼をつくるのが課題となった。世界を代表する建機メーカーであるコマツでは、高性能な「ポロン鋼」の開発と実用化を実現した経緯がある。ポロン鋼はブルドーザーのリッパーパーラケットや高度な耐衝撃特性や耐摩耗を要求されるプロテクターなどに採用された。

現場レベルでの研究開発を重ね、常に進化している建機の素形材だが、

2000年代に入ると、「環境対応」が重要なキーワードになる。大量生産・大量消費という効率至上主義から地球のサステイナビリティ（持続可能性）を追求する必要性が増し、建機においても排ガス対応や省エネ性が一層強く問われることになる。コマツを中心としたメーカー各社では環境対応製品の開発を急ぐことになる。

環境性を重視しながら、実際に開発された技術や製品は数多い。コマツは2008年に世界初となる「ハイブリッド油圧ショベル」を市場投入した。同社独自のハイブリッドシステムは、旋回した車体が速度を落とす際に発生するエネルギーを、旋回電気モーターによって電気エネルギーに変換。キャパシタ（蓄電器）に蓄えたのちに、これを加速時の補助エネルギーとして活用する。このシステム実現によって、窒素酸化物（NO_x）や二酸化炭素（CO₂）の

排出量削減はもろろんのこと、燃料消費量においても、従来の同じクラスの油圧ショベルに比べ、20%の低減を達成した。これらのハイブリッ

ドシステムにおける主要コンポーネントは自社開発、自社生産していることも特筆される。積み重ねてきた技術や経験が製品に生かされていると

いえよう。

リサイクルという視点での取り組みも欠かせない。たとえばコマツでは、1998年にリサイクル可能性のさらなる向上を目指して、「リサイクル可能な定義基準」を策定、①リサイクルしやすい材料を使用する②リサイクルしやすい構造を採用する③リサイクルされた材料の活用を心がける④環境負荷物質の使用を削減する—という4つの目標を掲げ、リサイクル活動を徹底している。この成果は目覚ましく、代表的な20トクラスの油圧ショベル（PC200-10）では全体の99.2%がリサイクル可能になっている。

油圧ショベルなどの建設機械は、最適な素形材から熟達した生産現場で製品に育て上げられ、顧客のもとで製品としての機能を思う存分に発揮し、その後役目を終えた後には、再びリサイクルされて、原材料として新たな製品に生まれ変わる時を待つ。建設機械においても、製品のライフサイクルは着実に生み出されている。

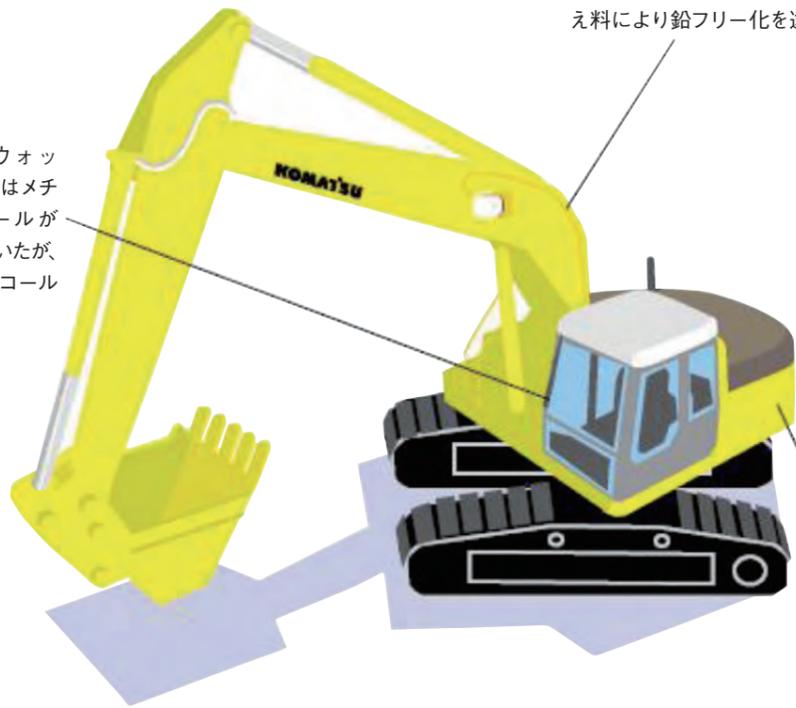
（参考文献）月刊「素形材」（素形材センター刊）2007年10月号「建設機械用素形材の変遷と今後の素形材への期待」

製品の環境負荷の低減

作動油ホースに非塩素ホースを導入

ウィンドウォッシャー液にはメチルアルコールが使用されていたが、エチルアルコールに切り替え

建設機械のワイヤハーネスには、材料の熱安定性のために微量の鉛が加えられていたが、鉛代替え料により鉛フリー化を達成



6価クロム（亜鉛めっきなど）、カドミウム（ろう剤など）、水銀（液晶バックライトなど）完全禁止



▶ 鋳物が数多く採用されている。（リアケース）

▼ 鋳物技術の高さがうかがえる。（シリンダーブロック）

▼ 油圧ショベルはさまざまな部品で構成される。（モーターケース）



◀ 優れた素材や工具、そして熟達した「技」が融合して、高い製品力を生み出している。

油圧ショベルができるまで

大阪市枚方市の中心部から北東に約2km。コマツの大阪工場が姿を現す。1952年に操業開始、敷地面積は54万5000m²、建物面積17万7000m²に達する巨大工場には約2800人のスタッフが従事している。コマツの主力製品である中型油圧ショベル「PC200シリーズ」の生産とともに、大型ブルドーザーの一種生産拠点として、生産・開発・生産技術の3部門が一体となり、品質と信頼性が高い製品を生産し続けている。また、海外17工場の「マザー工場」に位置づけられており、欧米やアジアの「チャイルド工場」を支援する役割も担っている。最新の生産技術はこの大阪工場から世界に発信されるというコマツの「心臓部」ともいえる。では、建設機械の代表格である油圧ショベルはどのように作られているのか。コマツの大阪工場での中型油圧ショベルの製造工程を見てみよう。



レボフレーム組立工程

油圧ショベルの本体は「自走式の下部走行体」（下部機構）と、その上に乗った「360度の旋回可能な上部旋回体」（上部機構）、そしてこの本体に「交換可能な作業機装置」（フロントアタッチメント）が組み合わされ、一つのマシンが構成されている。数万点ともいわれる油圧ショベルの部品はほとんどがコマツの協力工場で作られ、この大阪工場でも組み立てられる。

上部と下部機構はそれぞれ同時平行で組立作業が進められるが、まずは上部機構から見始める。ここでは「レボルピングフレーム」（レボフレーム）の組み立てから始まる。レボフレームとは、やがてエンジンやキャブなどが装備される上部旋回体のボディを指す。自動車の製造ラインとは異なり、ゆっくりラインを流れるレボフレームにはさまざまなパーツが組み入れられていく。

レボフレームの組み立ては13の工程を経る。騒音対策向けの吸音材の取り付けから始まり、キャビンが乗せられる。それに続いてメインバルブの取り付けだ。油圧ショベルはさまざまな装置が油の力で動くが、メ



▲上部旋回体のボディとなる「レボフレーム」。ここから油圧ショベルの製造が始まる。

レボフレーム組立工程

インバルブは油圧ポンプにより圧力が加わった油を受け入れ、それぞれの装置に導く重要な役目を果たしている。メインバルブが取り付けられると、次は作動油タンクが装備されると。作動油タンクはポンプやモーター

ターといった油圧系統で使用される液体を溜めるタンクであるが、単に液体を収容するだけでなく、適正な油温の維持や汚染防止、油中の気泡の分離などの機能を備えている。そしてエンジンの取り付け。油圧

ショベルの心臓部といわれるエンジンはほぼすべてコマツの小山工場（栃木県）で生産されている。高性能なエンジンを慎重に取り付けて、次は「外装」と呼ばれるカバーを装着する。ラジエーターなど

を守る役割を果たす。各工程は2、3人の熟練した作業員が受け持ち、手早く、そして慎重に取付作業が続けられる。同社の高いものづくりの姿を見ることが出来る。



▲レボフレームにキャビンなどさまざまな機能が付加されていく。



▲メインバルブを取り付ける。



▲レボフレーム組立工程は、熟達した作業員が慎重に作業を進める。

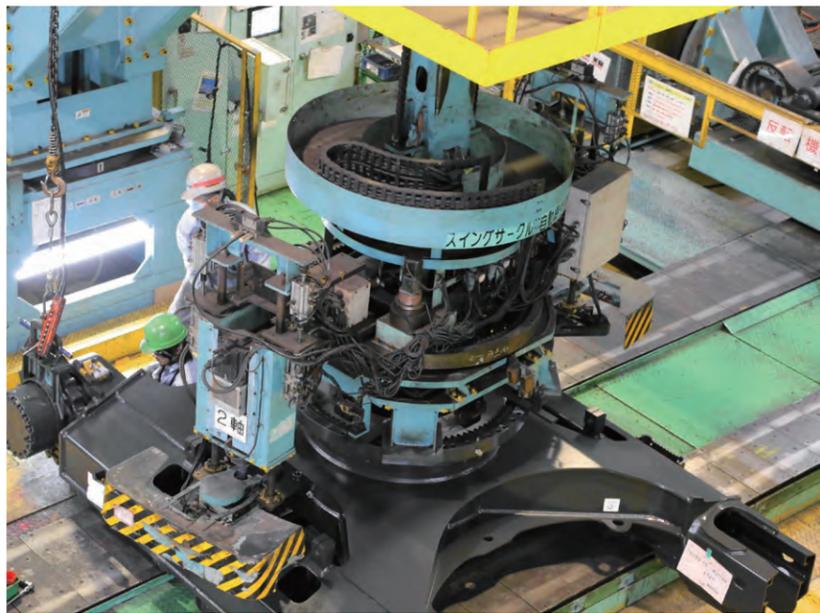
トラックフレーム組立工程

次に「トラックフレーム」と呼ばれる下部機構の組立工程を見てみる。戦車でお馴染みの覆帯（クローラー）が巻かれたトラックフレームに、走行モーターやアイドラー（遊動機）、ファイナルドライブ（終減速）などを装備していく。



▲下部機構の主役となる「トラックフレーム」。見るからに頑健な雰囲気を醸し出す。

トラックフレームに最初に装備されるのがトラックローラー。車体の重さを分散させるとともに、覆帯が円滑に回転するよう取り付けられるパーツである。マシンの最下部におかれるため、この装備には巨大なトラックフレームを180度反転させ



▲円形の大型装置である「スイングサークル」の取り付け。

るといふ迫力満点の場面が見られる。次に待ち構えるのがスイングサークルの取り付けだ。スイングサークルとは上部機構が360度旋回できるようにする円形の大型装置。内歯歯車のついたインナーレース、アウターレース、それらをお互いに回転

トラックフレーム組立工程

させるボールベアリングなどから構成される。

その後、スィベルジョイントと呼ばれる装置が取り付けられる。シヨベルがどんなに機体を回転させてもホース類が絡まないのが不思議だが、それはスィベルジョイントがあつてこそ。特殊な装置が機能を発揮して絡みを防いでいる。スィベルジョイントはスィングサークルの真ん中に

設置される。

そしてクローラーをトラックフレームに巻く工程が始まる。走行状態を選ばず、どんな足場の悪い土地でも作業をこなせる油圧シヨベル最大の武器と言えるが、スィングサークル内にグリスを注入した後に、この工程を迎えることになる。クレーンに吊るされた覆帯が徐々に巻きつけられ、張り具合などが調整されていく。



▲「クローラー」をトラックフレームに巻きつける。どんな足場でも作業を可能にする秘密はここにある。

メインライン工程

レボフレーム、トラックフレームそれぞれのラインが、ここで1本のメインラインに統合される。さまざまな部品が取り付けられ完成した上部と下部機構が晴れて合体することになる。別々のラインで作られていた油圧シヨベルが一体化する。

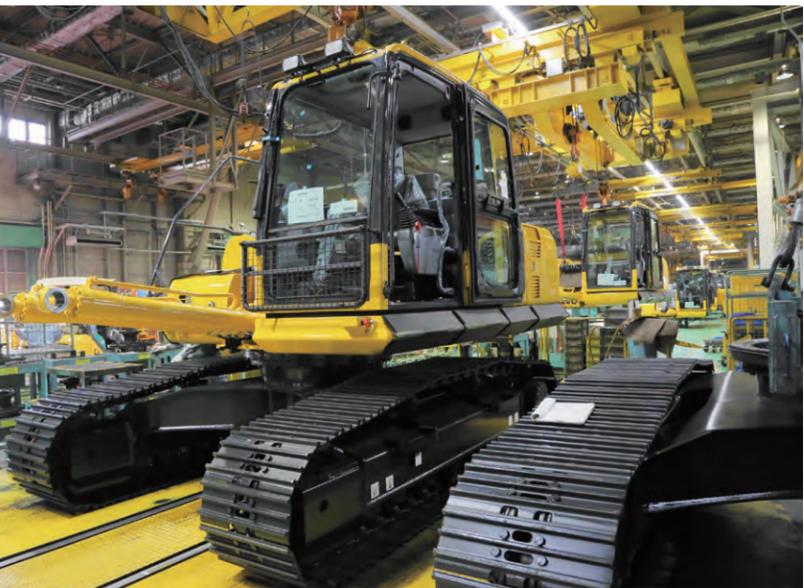
ドッキングが終わると、旋回力を増すとともに、その速度を適正に減速する役目を担う「スィングマシナ



▲メインライン工程ではレボフレームとトラックフレームを合体させる。

リー」やシリンダー、カウンタウエイトなどが装着される。カウンタウエイトは簡単に言えば「重り」であり、油圧シヨベルは前方に重いフロントアタッチメントを取り付けるだけに、後部に重さをつけることでバランスを保つことができる。これにより、油圧シヨベルは前のめりにならず、安定して作業することが可能になるわけだ。

◀上部と下部機構が一体化した油圧シヨベル。完成は間近だ。



▶お馴染みの「クローラー」。強さと柔軟さを併せ持つ。

メインラインを経て、自分の力で走行することが可能になったマシンは、フロントアタッチメントを装着する工程に達する。フロントアタッチメントとは「作業機装置」のことであり、掘削や積み込み、荷役と

ができる。作業の目的に合わせてフロントアタッチメントを交換することで、破碎や解体などの広範な作業が可能になる。ここではブームの取り付けから始まる。人間の身体にたとえれば「上腕」にあたるのがブームで、根元の

部分をピンで固定する。そして最後に、ブームに「前腕」といえるアームを取り付ける。これもブーム同様、ピンで固定されて上腕と前腕が一体化する。仕上がった油圧ショベルは、規定のスピード・機能を発揮することができるとが厳重な点検・検査で

確認された後、出荷される。「手」にあたるバケットは、ユーザーに届けられてから装備されるケースも多いという。世界に誇るコマツの油圧ショベルはこのような高度な技術を駆使し、作られている。
〔取材・写真協力〕コマツ



▲実際に作業するための「腕」となる「フロントアタッチメント」を取り付ける。



▲完成した油圧ショベル。何台も並ぶ姿は壮観だ。



▲完成した油圧ショベルはトラックに荷づけされ、出荷される。

Iwasaki Akio
岩崎章夫氏
 株式会社小松製作所(コマツ)
 執行役員大阪工場長に聞く

「長年、「コマツ」ブランドを堅持しています。その秘訣は。」

当社のスローガンは「品質と信頼性」を掲げています。製品の高い品質はもちろんです。故障した際にもきめ細かなサービスや保守などを含めたトータル信頼性を追求しつづけています。先人を含め、われわれが常に品質と信頼性を心がけてきた結果が、高いブランド力を守り続ける最大の理由だと思えます。

「生産現場ではさまざまな職人の技が発揮されています。技術の伝承はどのように進めていますか。」

「全社挙げて「技能を尊重する文化」を

醸成することが大切です。幸いわが社では現場の作業者を大事にする文化が根づいています。工場においても、技能向上委員会を設置し、それぞれの責任者が課題解決に取り組んでいるほか、『匠の社』と名付けた技能教育施設を設けており、ものづくりに必要な技術・技能を教育する環境を創り出しています。



●GNSS アンテナ

●ICTセンサー
 コントローラー
 ●作業機
 コントローラー
 ●GNSS
 コントローラー

▲ICTを駆使したコマツのICT油圧ショベル。自動制御が可能になった。

といえるだろう。

ICT建機で先行するコマツは今後、Webサービスを通じて、現場における建設機械の稼働情報および作業の進捗状況などの施工情報の効率的な一元管理を実現する方針で、ICT施工のトータルソリューションを提供するビジネスモデルを深化し、新たな価値創造を目指す意向だ。

理由は。競争力の維持という側面が大きいですが、この大阪工場では生産だけでなく、開発そして生産技術の開発を進めています。現場イノベーションの実現や品質性能の向上は日本国内でしかできず、それを世界の各拠点に発信しています。わが社は単なるグローバル企業でなく、「日本発のグローバル企業」を目指しているだけに、競争力を維持し続けるには日本国内での取り組みは今後も欠かせません。

TOPICS
 トピックス
ICT油圧ショベル

ICTを駆使したショベルが活躍します。コマツは2014年秋、ICT油圧ショベル「PC200i-10」シリーズを開発、日米欧の主力3市場で導入を開始した。この油圧ショベルの最大の特徴は作業機の自動制御を可能にしたこと。ICT(情報通信技術)を駆使したことで、新時代の建設機械を生み出した。

なぜ自動制御が可能なのか。その秘密は「インテリジェントマシンコントロール」と名付けられたシステムにある。「GNSS(汎地球航法衛星システム=グローバル・ナビゲーション・サテライト・システム)と基準局から得たバケット刃先の位置情報を、施工設計データに照らし合わせながら

作業機(ブーム・アーム・バケット)の操作を制御することが可能になった。世界初のシステムで、コマツでは2013年に開発した「ICTブルドーザー」に続く、ICT建機の第二弾である。

自動制御機能が実現したことで、さまざまなメリットが見いだせる。一つが作業効率の向上だ。先進のマシンコントロール技術により、自動整地アシスト、自動停止制御、最短距離制御がもたらされ、掘削から仕上げ作業まで掘りすぎを気にせずに掘削することが可能になった。作業現場における人手不足が指摘されるなか、作業効率を大幅に高める油圧ショベルはICT融合の大きな成果