

油圧ショベルをベースにした林業専用機の開発

林業現場における生産性／安全性向上の技術

藤田 修平

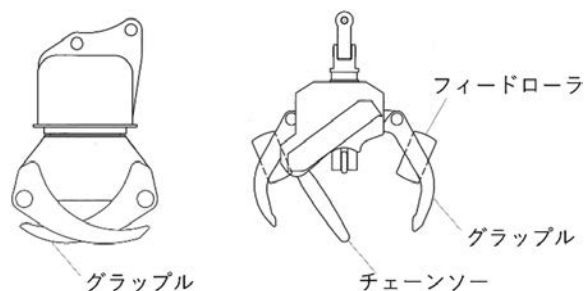
本稿では、伐採期を迎え、今後ますます重要度が高まる日本国内の林業現場で使用されている油圧ショベルをベースにした林業専用機の開発事例を紹介する。まず、国内林業現場を取り巻く環境について述べる。次に今回開発した林業専用機の仕様を説明する。そして、本開発機において木材伐出量を増やす生産性向上の取り組み／重量のある木材を扱う林内作業における安全性向上の取り組みの詳細内容を述べる。

キーワード：林業、油圧ショベル、生産性、安全性

1. はじめに

日本は国土の7割が森林面積を占める森林大国である。その多くが戦後に大規模植林されたものであり、現在伐採期を迎えている。近年、木の成長が伐採量を上回っており、森林資源の備蓄量が増加している状況である。日本の森林の特徴として、その多くが山地に分布しており、森林から木材を伐採し、搬出するまでの一連の作業は傾斜地で行われている。また、伐採対象となる木も直径50センチメートルを超える大径木になっており、1本あたり200kgを超える重量物である。傾斜地での作業に加え、重量物を扱うことから伐採作業に従事する作業者の肉体的な負担は大きく、重篤な災害が発生する傾向にある。労働災害の発生率を表す千人率では、全産業2.2に対して、林業は減少傾向ではあるものの20.8となっている（表—1）。一方、日本全体の労働人口は今後も減少する見込みであり、一人あたりの生産性を高めることがより重要になってくる。

林業での生産性、安全性の向上を目的として、高性能林業機械の導入が進んでいる。その中には油圧ショベルをベースに林業用アタッチメントを装着した機械も多く含まれている。林業用アタッチメントは、木材の伐採工程／集材工程／造材工程など素材生産作業に対して、立木を伐倒するフェラーバンチャをはじめ、



図—1 グラップル（左）とプロセッサ（右）

丸太にする造材作業を行うハーベスタ／プロセッサ、丸太を運搬車両に積込むグラップル、集材作業を行う地引ウインチなどが使われている（図—1）。

本稿では、油圧ショベルをベースに林業専用機として開発したSK75SR-7F（以下本開発機）の生産性／安全性向上の取り組みについて紹介する。

2. 本開発機の特徴

本開発機は、国内の林業で多く使用されている0.25 m³クラスの油圧ショベルをベースにしており、山林内での間伐現場および作業道の幅に制約がある現場など0.45 m³クラスで侵入できないような狭所に侵入することが可能である（図—2）。本開発機の主要諸元を表—2に示す。

林業用アタッチメントで重量のある丸太を扱うこと

表—1 労働災害の発生千人率（休業4日以上・平成31年／令和元年）

	全産業	製造業	鉱業	建設業	運輸業	林業	商業	金融業	農業	漁業
平成31年／令和元年	2.2	2.7	10.2	4.5	6.5	20.8	1.9	0.7	5.2	7.3

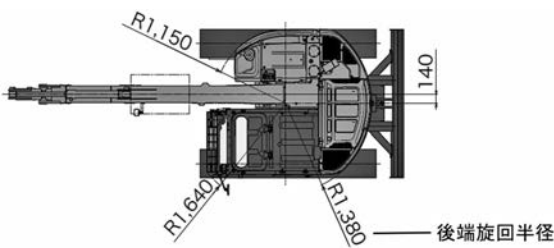
を想定し、車体後部のカウンタウエイトは、車体安定度を向上させるため標準機に対して 350 kg 増量したウエイトを標準設定とした。また、増量ウエイトは鋳物による形状の自由度を生かし、内側に増肉することで標準機と同じ後端旋回半径を実現し、狭所での旋回を可能にした（図—3、4）。



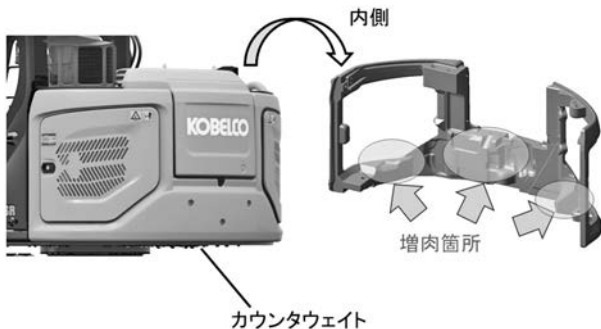
図—2 本開発機（グラブリング装着仕様）

表—2 本開発機の主要諸元

		本開発機
エンジン定格出力	kW	51.5
エンジン定格回転数	rpm	2,100
エンジン最大トルク	N・m/min-1	292
運転質量	kg	8,300
機械全長	mm	5,840
機械全高	mm	2,550
機械全幅	mm	2,300
最低地上高	mm	320



図—3 本開発機の旋回半径



図—4 増量カウンタウエイトの外観と内部の増肉箇所

3. 生産性向上の取り組み

(1) エンジン制御の見直し

山中での伐採作業は、日没後、あたりが暗くなると中断せざるをえないことから、限られた作業時間で生産量を高める必要がある。林内作業に従事するユーザーからも燃費よりも生産量を重視したいという声があった。そのために、本開発機では、作業の1つ1つの速度を高めるため、ブーム／アーム／バケット／旋回／走行などの油圧ショベルの持つ個々のアクチュエータの作動速度を向上させる必要があり、標準機（SK75SR-7）のエンジン開発段階から、本開発機の作動速度向上を見込んだ開発を行った。これにより、エンジン定格出力は、従来モデル（SK75SR-3EF）に対して、25.6%アップし、エンジンの定格出力を最大限活用できるよう、標準機に対してエンジン回転数とエンジン制御を改善した。これらの変更により、アクチュエータの作動速度の向上を実現した。

特に林業現場で高い評価をいただいたものは、走行登坂速度の向上である。林内の作業道は未舗装、傾斜地、曲がり道などが多く、走行時には、油圧ショベルの油圧ポンプが高圧になり、エンジンにパワーが求められる。本開発機では、前述のエンジン制御の改善に加え、走行制御の細かい変更により、急傾斜地の登坂走行で従来モデル比2倍まで走行速度を上げることができた。

エンジンの制御変更は、伐採作業に使う林業用アタッチメントの速度向上にも有効であった。特に、ハーベスタ、プロセッサなどの造材用アタッチメントは大流量の作動油を必要とする。これらの造材用アタッチメントは、木材を高速で送り、枝打ち用ナイフに枝を当てるためのフィードローラ、および丸太切断のため毎分数千回転するチェーンソーが装備されている。フィードローラとチェーンソーが有負荷時でも高速回転を続けるためには、油圧ショベルの油圧ポンプが高圧な状態でも、流量を落とすことなく供給し続ける必要がある。この点が、走行登坂と共通している。

(2) ハーベスタ／プロセッサ専用配管

標準機と同じ配管径のまま、造材用アタッチメントのハーベスタ／プロセッサを使用すると、圧力損失が大きく、エンジン定格出力アップした分を大きくロスしてしまう。圧力損失は作動油の発熱になり、油温上昇による油圧機器のシール類への影響を考慮する観点からも望ましい状態ではない。そこで、本開発機では、標準機に対してポンプから造材用アタッチメント行きの配管および、造材用アタッチメントからタンクに戻

る配管をサイズアップした。配管サイズアップにより、圧力損失は低減され、ハーベスタ／プロセッサ使用時に従来モデル比30%以上多くの流量を供給することができるようになった(図-5)。また、主要なハーベスタ／プロセッサの取付条件を満足するレベルの背圧とすることができた。

(3) 冷却性能向上

高圧状態の油圧ポンプから大流量を供給し続けると、エンジン冷却水および油の発熱が増加する。エンジン出力をアップした状態で、長時間の連続作業を可能にするため、エンジン冷却水、作動油の冷却能力も同時に向上させた。具体的には冷却用ファンの回転数を増加させ、吸気口および排気口のガードにスリットを設けた(図-6)。これらにより、冷却器に当たる風量が増え、ラジエータ、オイルクーラといった冷却器をより効率的に冷却することができた。さらに本開発機では、従来モデルから冷却器にフィルターを設置した構造を採用しており、冷却器にごみが直接付着しにくく、フィルターに付着したごみも短時間で清掃できるため、長時間の連続作業が可能になっている(図-7)。

また、連続造材作業では、ハーベスタ／プロセッサからタンクに戻る作動油の温度は高温状態となる。作動油を冷却するため、オイルクーラを通す油圧回路とした。

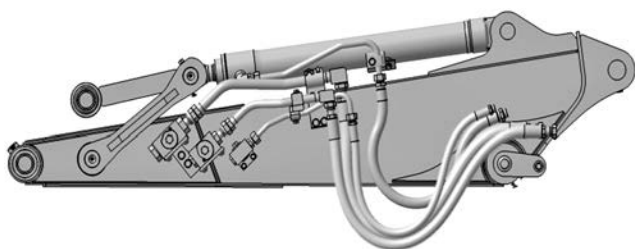
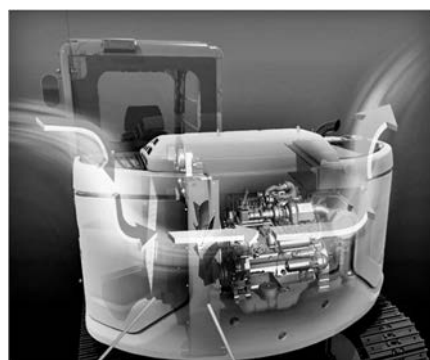


図-5 サイズアップし圧損低減した配管



図-6 スリットを追加したガード



フィルター 冷却器
(ラジエータ、オイルクーラ)

図-7 ラジエータ前のフィルター

4. 安全性向上の取り組み

(1) 周囲確認カメラの設定

立ち木の残る間伐現場、道幅のせまい林道での稼働は常に周囲の安全確認を行う必要がある。本開発機では周囲状況確認を行う手助けとして機体の左右および後方に最大3機のカメラを装備した(左カメラはオプション装備)。カメラは1台でより広い範囲を確認できるよう広角のものを使用し、周囲の障害物との干渉による破損を防止するために、本体から大きく飛び出さないガード内に埋め込む構成とした(図-8)。本体右前に搭載されたパイプガードも右カメラの撮像範囲に写りこまないような形状にした(図-9, 10)。カメラ画像を確認しやすくするためのモニターは10インチの大型モニターを採用した。



図-8 左右カメラ、後方カメラ



図-9 右カメラとパイプガード

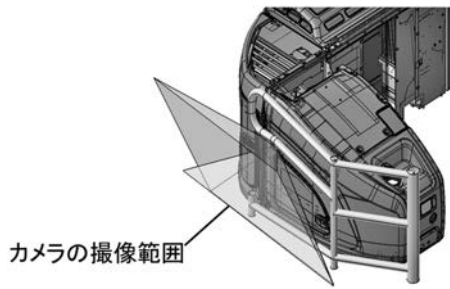


図-10 パイプガードとカメラの撮像範囲



図-13 マフラーテールパイプカバー (拡大図)



図-11 カメラ画像 (左) と合成画像 (右)



図-14 吸気口カバー (拡大図)

3つのカメラで撮影した画像は、単体の画像表示と合成した大きな1つの画像表示に切替え可能とした(図-11)。

(2) 木の葉の侵入防止、失火対策

林内で稼働する機械には各部の隙間から本体内部に木の葉等が入り込む可能性がある。また、木の葉等が高温になるマフラーテールパイプに直接接触すると火災の原因にもなる。そのため、各ガード等の開口には金網を貼り付け、木の葉等が本体内部へ侵入しにくい構造とした(図-12)。

マフラーテールパイプには、全体を覆う金属製のカバーを設置した(図-13)。吸気口の上に木の葉や雪などが堆積することを防ぐために、屋根付きのカバー

を設定した(図-14)。そして、運転席内に初期消火用の消火器を標準装備した。

5. おわりに

本稿では、油圧ショベルをベースとした林業専用機の開発における取組みを紹介した。今回紹介した生産性/安全性向上の取組みは、林業現場での情報収集に着想を得たものである。今後ますます重要度が高まっていく、日本の林業分野の発展に対して、その一助となるよう引き続き開発に取り組んでいく。

JCMA

《引用文献》

- ・林業労働災害の現況 (林野庁ウェブサイト)
- ・業種別死傷年千人率 (厚生労働省ウェブサイト)

【筆者紹介】

藤田 修平 (ふじた しゅうへい)
 コベルコ建機㈱
 ショベル開発部 環境機械開発グループ
 アシスタントマネージャー



図-12 林業専用ガード