

大形油圧ローディングショベルの稼働実績

Actual Operating Data and Valuation of Large-Size Hydraulic Loading Shovels

大畑正己* Masami Oohata

油圧ローディングショベルは、近年、諸鉱山、碎石場、大形土木工事、製鉄所などでの設備機械として脚光を浴びているが、これら分野の作業に適合するように開発した日立大形製品は、ここ数年間に内外合わせて200台の納入実績を挙げている。

このような現場では、特に長期稼働期間での施工信頼性(稼働時間率)、施工コストにより使用機の評価が左右されるが、油圧ローディングショベルは新鋭機として、その面で近年注目を集めている。日立製品がこれら比較的過酷な現場での掘削積込作業でどのような稼働実績を挙げたかを調査分析した結果、エネルギー効率、作業性能、施工コストなどの面で、トラクタ系製品など従来機に比較して優れた結果を示すことを確認できた。

1 緒言

油圧ショベルは、昭和36年に欧州から日本に輸入されて以来機械式ショベルを駆逐し、更に工法の変化を伴いながらトラクタ系の作業分野をも侵食しながら急成長して、今や我が国での建設機械生産高中の首位を確保し、また自由世界の油圧ショベル生産台数の約半分を日本製品が占めるに至っている。

油圧ショベルは、大部分がバックホウとして発展を遂げてきたが、近年、その大形化の動きとともにローディングショベルが開発され、従来の大形機械式ショベルやホイールローダの作業分野にも進出しつつある。

油圧ローディングショベルは、その合理的な機能から比較的過酷な原石採取、高炉滓処理作業などに進出して、それらの作業の生産性の向上、生産コストの低減、機械設備の省力化などに貢献している。

日立建機株式会社は、昭和40年以来中小形油圧ショベルを自社研究による純国産技術で開発してきた経験をもとに、いち早く大形油圧ショベルの開発に着手し、同時にローディングショベルを製品化し、この需要に対応した。

日立油圧ローディングショベルは現在UH14、UH20、UH30及びUH50の4機種があり、既にUH20、UH30は発売後5～6年を経過して内外で数多くの稼働実績を挙げており、そのうち数台は既に設計寿命を超えるに至っている。ここに、その技術特長を述べるとともに稼働実績について概略を述べ、作業性能、稼働率及び機械経費から換算した施工コストを競合する従来機種と比較した。

表1 日立油圧ローディングショベルの主仕様 日立建機株式会社の大形油圧ローディングショベルの主な仕様を示す。

機種名	UH20	UH30	UH50
全装備重量 (kg)	53,000	73,000	157,000
バケット容量 (m ³)	2.6~3.5	3.7~4.4	8.4~12.0
エンジン出力 (PS)	300	400	800
走行速度 (km/h)	2.5/4.0	2.0	1.9/2.5
最大掘削半径 (m)	9.14	10.70	13.04
最大掘削高さ (m)	9.46	11.34	13.74
水平押し出し距離 (m)	3.55	4.00	4.85
最大押し出し力 (kg)	30,000	35,800	62,000
最大掘り起こし力 (kg)	30,000	38,600	62,000

2 構造と油圧システム

2.1 主な仕様と構造

油圧ローディングショベルは、油圧式ショベルの本体に地上から上の掘削に適した機能をもつ作業装置(ローディングフロント)を架装したフェイスショベルである。表1に日立油圧ローディングショベルの主仕様を、図1に国産最大のUH50油圧ローディングショベルの外観を示す。

油圧ローディングショベルのアクチュエータは、旋回系、走行系及び作業系の3系統から成り、エンジンから各系統への動力伝達の流れは図2に示すとおりである。

この主構造と動力伝達系統から成る基本的掘削積込機能は、作業機の前方向移動とバケットクラウド動作で被掘削物を掘り

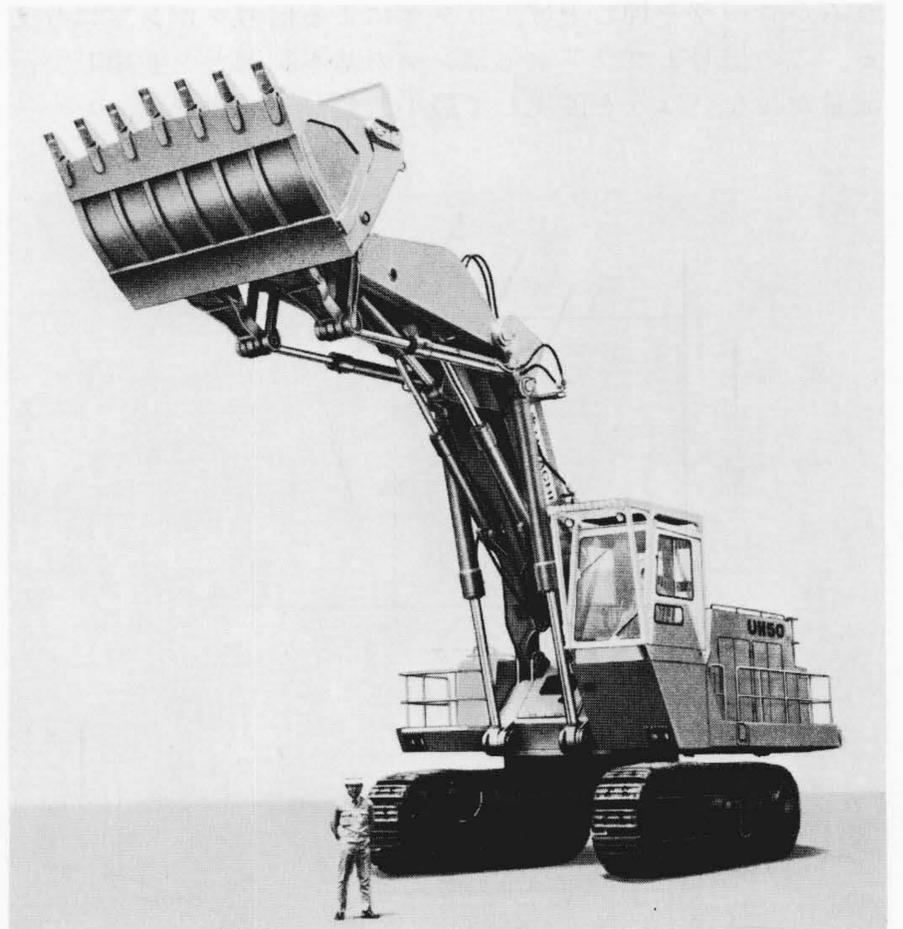


図1 日立UH50油圧ローディングショベル 世界のマイニング市場を目標に開発された国産最大の油圧ショベルである。

* 日立建機株式会社

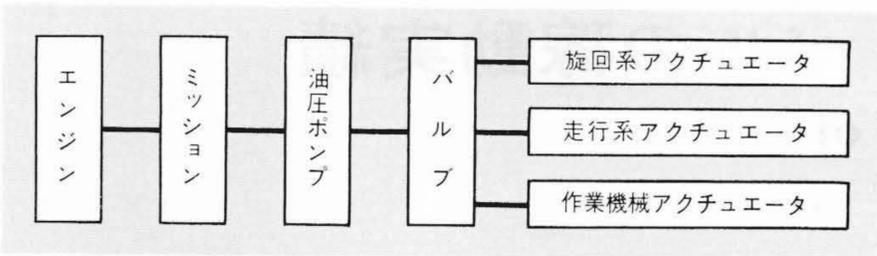


図2 動力伝達系統 エンジンの機械的エネルギーはポンプにより油圧エネルギーに変換され、コントロールバルブで制御し、アクチュエータに伝達される。油圧エネルギーは機械的エネルギーに再変換される。

起こし、作業機を上昇させながら上部旋回体を回転させ、バケットを移動して放土積込みを行なうものである。

2.2 日立油圧ローディングショベルの特長

(1) 油圧ポンプ制御(特許第864109号)

油圧ショベルは、掘削など負荷の大きい(高圧の)ときスピードは遅くてよい(低流量の場合)が多く、逆に負荷の小さい放土のときなどは速いほうが効率が良い。したがって、図3に示すようなバリエブル方式のポンプにすれば、必要な最大圧力、最大流量を得るのに最も小さな出力のエンジンでよいことになり、効率が良く現に中大形ショベルの大部分はこの方式を採っている。しかし、この制御方式のプランジャポンプの単なる採用だけでは操作レバー中立時(無作業時)にもポンプ吐出し圧が低くなり、大流量が流れてしまう。この場合、仕事をしないためこの大流量を送り出すエネルギーがそのまま熱に変わりエネルギーロスとなる。日立油圧ショベルは、このようなロスをなくすため図3に示すような外部コンペン制御方式を開発し、プランジャポンプの基本制御に併用している。

これは、制御弁スプールを操作レバーの反対側に伸ばし、図3に示すようなカムを取り付けたものである。この場合、操作レバーを左右に動かしてアクチュエータを作動させると、カムがローラを押し上げ、リンクによる信号をポンプに与える。この信号とプランジャポンプの基本制御とを併用して、流量が少ないほうを優先して最小流量しか吐出せず、レバー

操作してフル作業しているときは、ポンプの基本制御方式により制御されることとなる。このため、中立時には最小流量しか流れず、作業時は必要に応じて大流量が流れるという理想的な制御方式になっている。

(2) ショートパス回路(実用新案登録第912073号)

油圧回路を正常に作動させるには、作動油温を適正に保つ必要がある。したがって、低温時には油温を適正温度範囲まで上昇させるための暖機運転が必要であり、逆に高温運転時は、油温を適正温度範囲まで降下させるためのオイルクーラ回路が必要である。一般的な回路では、油温を上昇させなければならぬ暖機運転時にも、オイルクーラを通り暖機効率が非常に悪くなる欠点がある。この欠点を改良するため、ショートパス回路を開発し採用している。

このショートパス回路は作動油の粘度変化を利用し、自動的に回路が切り換えられようにした。すなわち、高温時は油の粘度が小さいためオイルクーラの油通過抵抗も小さく、ポンプから吐出された油はオイルクーラの中を流れて油温が降下し、油圧タンクにもどる。一方、低温時には油の粘度が大きいためオイルクーラの抵抗が大きく、ショートパスマニホールドの中のリリーフ弁のセット圧を超えて弁が開き、ショートパス回路の油が直接ポンプに吸い込まれ、作業をしない暖機時間を短縮させ、エネルギーロスが少なく効率を向上できる。また、このリリーフ弁はオイルクーラの安全弁をも兼ねている。

(3) 構造物

重要構造物は、自社技術で開発し得た多くのノウハウ(各種フィールドデータからの負荷設定など)を基にしたマイクロコンピュータ利用のF.E.M.(有限要素法)により応力解析し最適構造としている。これにより、極端な剛性変化がなく、負荷がスムーズに流れる構造の低応力設計を可能にし、長時間の過酷な負荷に耐えて耐久性、信頼性を向上させた。特に、作業機フロントは合理的な設計で軽量化を図り、バケット容量/総重量、バケット容量/エンジン出力を比較的大きくとり、作業量などのアウトプットを大きくしている。

(4) 自動水平押し出し機構(特許第904484号)

図4に掘削終わり姿勢を示す。この自動水平押し出し機構の特長は、ブームとアームの間にレベルシリンダを設け、ブームシリンダとそれぞれのボトム側とボトム側、ロッド側とロッド側を連通管で連結し、バケットシリンダの取付けピンBをブーム上に設け、リンクA、リンクBを介してバケットをチルト及びクラウドさせる構造とし、ピンA、B、C、DとピンC、D、E、Fがそれぞれ四辺形を形成する構造にした。

この機構の作動特性は、アームシリンダによりアームを押し出すと同時にレベルシリンダが伸ばされ、ロッド側の油が連通管によりブームシリンダのロッド側に流れ込み、レベルシリンダ(1本)の伸び量の半分だけブームシリンダ(2本)が縮み、アーム先端が上昇することなく前方に押し出される。このとき、バケットの掘削角度はアーム、バケットシリンダ、リンク類で形成される四辺形により、アーム押し出しブーム下げ動作に無関係に、地表に対し一定角度を保つことができる。この作業機構は、その作業成果から海外でも高く評価されている。

この日立油圧ローディングショベルの掘削力 $F(\text{kgf})$ の関係式は、次の(1)式で示される。

$$F = \frac{l}{m} P + \frac{n}{m} Q \dots\dots\dots (1)$$

ここに l : ピンAとアームシリンダ中心間の距離(mm)

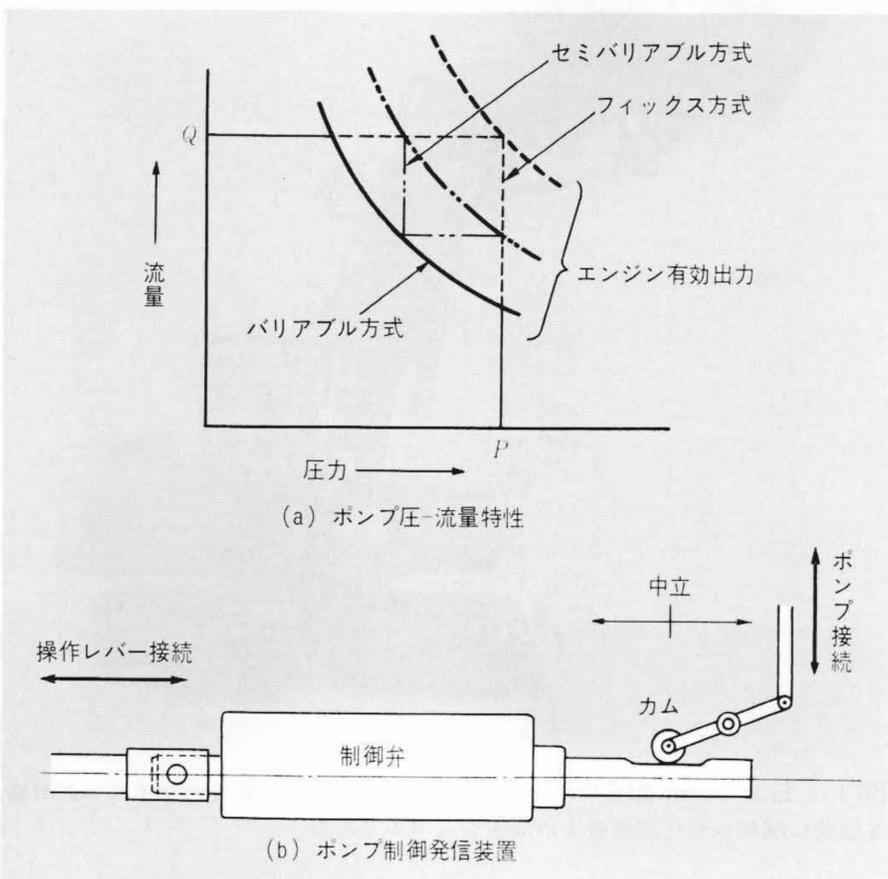


図3 外部コンペン制御 バリエブルプランジャポンプの基本制御に、日立独特の外部コンペン制御を併用した理想的な制御でエネルギーロスが少ない。

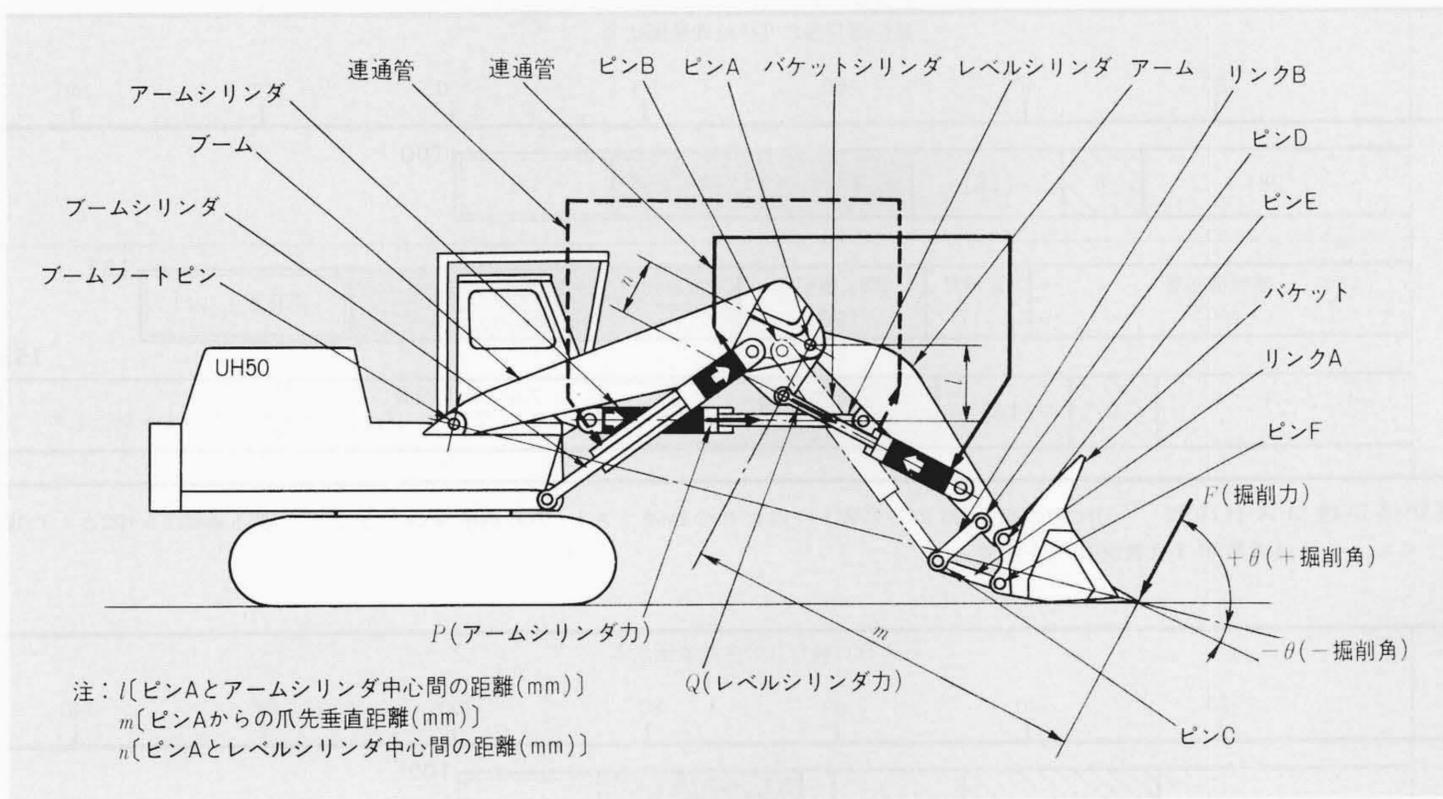


図4 自動水平押し出し機構 日立油圧ローディングショベルの掘削終わり姿勢で、掘削力Fはアームシリンダ力Pとレベルシリンダ力Qの合力である。

- m: ピンAからの爪先垂直距離(mm)
- P: アームシリンダ力(kgf)
- n: ピンAとレベルシリンダ中心間の距離(mm)
- Q: レベルシリンダ力(kgf)

これに対し他社油圧ローディングショベルは、レベルシリンダ力Qを除く次の(2)式で表わされる。

$$F = \frac{l}{m} P \dots\dots\dots (2)$$

したがって、日立油圧ローディングショベルは、作業機の重量と掘削作業の外力F(バケット爪先とブームフットピンとを結ぶ線に対し、+θ側の場合の外力)のブームシリンダボトム側支持圧がレベルシリンダに連通し掘削力を発生するので、掘削機能面での効果が大きくアウトプットを最大30%程度増加する。

3 日立油圧ローディングショベルの稼働実績

代表的な掘削積込機械として、ほかに機械式ショベル、トラクタ系積込機(トラクタショベル、ホイールローダ)があるが、日立油圧ローディングショベルは、昭和48年にUH14を発売以来現在までに、国内外の鉱山をはじめ碎石、土木、製鉄などの分野で4機種合計200台(別に大形バックホウは1,200

台)が稼働している。稼働実績では、施工法、作業扱い物、稼働時間及びオペレータの技量によりかなりの差が出ているが、以下に代表的な幾つかの作業での稼働実績を述べる。

3.1 国内石炭露天掘り鉱山におけるUH30の稼働実績

本機は昭和50年7月に北海道空知炭鉱に納入されて以来約5年半を経過し、累計稼働時間1万6,000時間を超えたが、今なお表土処理作業に従事している。図5にこれまでの実績を示す。

当鉱山の出炭量は年間35万tで、表土の処理量はその約15倍に達する。石炭の露天掘りでは表土の処理速度が出炭量を左右するが、本機は長期間にわたりフル稼働しながらなおかつ高い稼働率を残している。しかも、大形トラクタ系積込機に比べ表土1m³当たりの作業コストが40~60%も安く、生産量の増大とコスト低減に寄与している。

なお、今日までに同鉱山関係でUH20が10台納入された。

3.2 国内製鉄所におけるUH20の稼働実績

昭和50年10月に高炉滓処理機として納入した本機は、製鉄所の1日24時間就業体制の下でフル稼働しており、既に累計稼働時間1万6,500時間を超え、更に2万時間を目指して稼働を続けている。図6にこれまでの実績を示す。

高炉滓処理は高熱、粉塵、水蒸気、有毒ガスなどを伴い、

機種名(調査時稼働時間) 〔作業量(作業サイクルタイム) 稼働率(年間稼働時間)〕	発破破碎風化泥板岩混じり土砂1m ³ 当たりの処理単価比率					
	20	40	60	80	100	120
UH30(16,000h) 〔435m ³ /h(23s) 92.5%(3,200h/年)〕	(29)	(13)	(25)	(2)	(23) (タイヤ費なし)	(8)
5.0m ³ ホイールローダ(15,100h) 〔295m ³ /h(53s) 97.5%(2,590h/年)〕	(33)	(14)	(49)	(2)	(27) 修理費(タイヤ費含む)	(17) 労務費
5.4m ³ ホイールローダ(12,400h) 〔255m ³ /h(50s) 98.0%(2,010h/年)〕	(38)	(17)	(45)	(2)	(30)	(10)
4.5m ³ ホイールローダ(6,267h) 〔250m ³ /h(48s) 86.0%(1,790h/年)〕	(47)	(21)	(48)	(2)	(31)	(13)

図5 国内石炭露天掘り鉱山における石炭表土処理コスト比較 UH30の石炭表土1m³当たりの処理コスト(ブルドーザ押し発破破碎風化泥板岩混じり土砂のダンプトラック積込単価)を100とした場合の他重機による処理コスト比率である。小括弧内数字は経費別比率を示す。

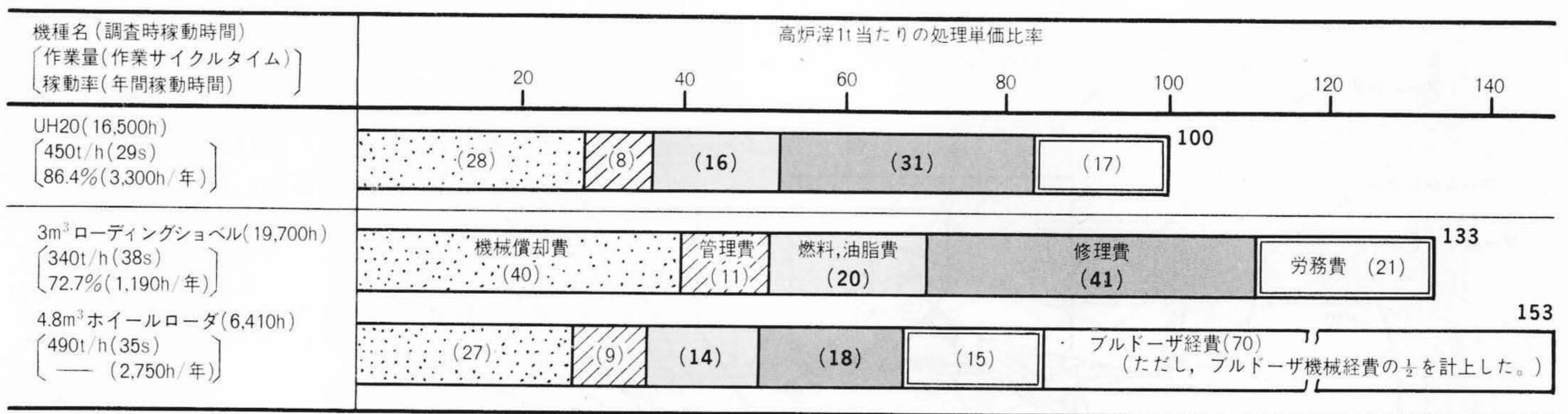


図6 国内製鉄所における高炉滓処理コスト比較 UH20の高炉滓(のろ処理)1t当たりの処理コスト(のろ掘削ダンプトラック積込単価)を100とした場合の他重機による処理コスト比率である。小括弧内数字は経費別比率を示す。

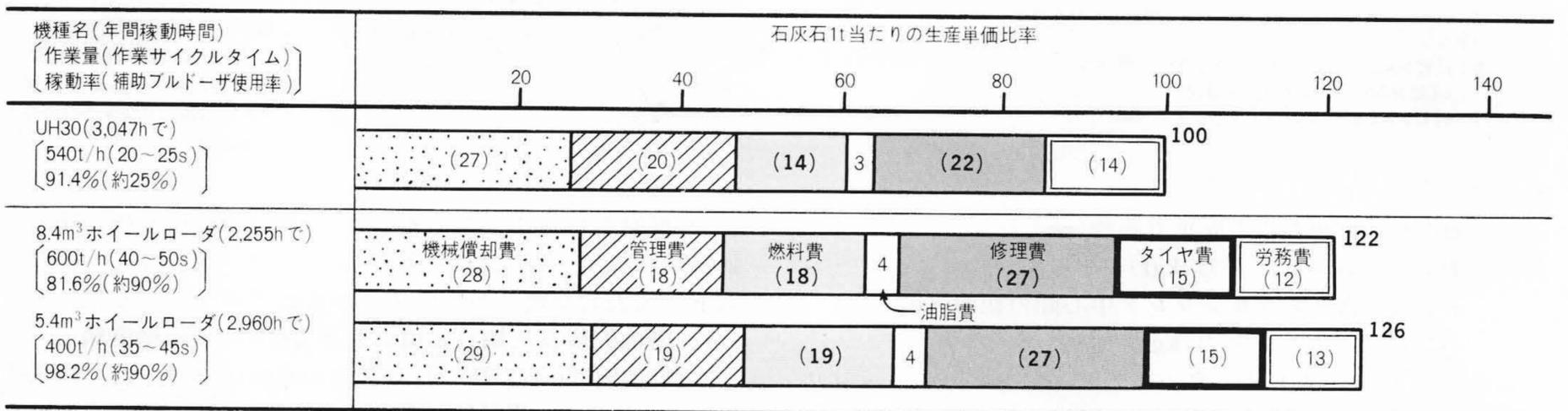


図7 国内石灰石鉱山における石灰石生産コスト比較 UH30の石灰石1t当たりの生産コスト(発破破碎石灰石ダンプトラック積込単価)を100とした場合の他重機による生産コスト比率である。小括弧内数字は経費別比率を示す。

機械にとっては非常に過酷な条件下での作業であるが、他の油圧ローディングショベルや大形ホイールローダに比べて、作業能力が大きく、高い稼働率を示している。また、高炉滓1t当たりの処理コストも30~50%低減できた。

なお、その後同製鉄所には従来機の更新用にUH20が2台、他の製鉄所にも3台納入された。

3.3 国内石灰石鉱山におけるUH30の稼働実績

国内石灰石鉱山へ初めて出荷したUH30は、昭和53年3月から稼働を開始しており、図7にこれまでの実績を示す。

石灰石はセメントの原料になるもので、その生産性増大と生産コストの低減が、製品価格に大きく影響してくる。本機の稼働時間はまだ短いですが、従来のホイールローダ工法に比べて補助ブルドーザの使用率を大幅に削減でき、かつ石灰石1t当たりの生産コストを約20%低減している。

なお、その後他の石灰石鉱山にUH30及びUH50を各1台ずつ納入した。

これらの実績から、油圧ローディングショベルの特長、すなわち(1)バケット容量の割に機体重量及び掘削力が大きく、作業サイクルタイムが早いので適応土質範囲が広く、また効率の良い掘削積込みができる。(2)走行せず旋回だけで掘削積込みが行なえるので、運転操作が楽で疲労が少ない。また、地盤を荒さず軟弱地の作業にも適する。(3)バケットの掘削方向を自由にコントロールできるので、被掘削物に対し合理的な掘削ができる。(4)作業半径と掘削高さが大きく、掘削力も強いのでベンチカット掘削に適し、発破岩の浮き石処理や攻め出し作業ができ、補助ブルドーザの使用頻度を大幅に減少できる。(5)走行せずにフロント動作と旋回だけで作業を行なうので、足まわり、本体の損傷が少なく維持修理費は安く耐用寿命も永い。しかも、燃料消費量も少なく経済的である。

などが実証できた。

4 結 言

日立油圧ローディングショベルの主な仕様・構造、特長と稼働実績の一端について述べたが、油圧ローディングショベルは他の掘削積込機に比べてまだ歴史が浅く、今後の発展のためには更に数多くの実績を積み重ねる必要がある。しかし、以上述べてきたように油圧ローディングショベルの本質的な優れた機能は各方向から注目されており、海外でも石炭をはじめ諸鉱山への導入が活発化しつつある。また、機械の大きさもしだいに超大形化する傾向にある。

これは、油圧ローディングショベルがショベルダンプ工法での掘削積込機として、作業能力が発破岩などで2倍のバケット容量をもつトラクタ系積込機に匹敵すること、ベンチカット掘削では補助ブルドーザの使用を大幅に削減でき、また浮き石処理や攻め出し作業も1台でできること、などで汎用性が高く、生産コストの低減に貢献できること、修理費や燃料費が安く、また運転が楽なため労務管理の改善にも役立つこと、などの点から期待されるゆえんである。

最後に、本機の稼働実績をまとめるに当たり、貴重な実績データを提供いただいた関係各位に対し、深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 宮川：ローディングショベルUH30の稼働状況，石灰石，p. 29~33 (昭54-9)
- 2) 一山：高効率化設計の油圧回路，油圧化設計，第12巻，第2号，p. 38~41 (昭53-9)