

2. 建設工事における二酸化炭素排出量削減のための省燃費運転(2)

— 油圧ショベルに対する省燃費運転とその効果 —

Fuel-saving Driving for Reduction of Carbon Dioxide Emissions in Construction Works(2)

— Fuel-saving Driving Method For Backhoe and its Effectiveness —

飯塚孝司* 〇柴田健司**

Takashi IIZUKA* Kenji SHIBATA**

川北雅一*** 高橋賢也****

Masakazu KAWAKITA*** Kenya TAKAHASHI****

ABSTRACT ; More than 70% of the carbon dioxide emitted during the various stages of construction works can be attributed to construction machinery and trucks (including dump-trucks), and emissions of carbon dioxide, especially from construction machinery, account for 1/2 of all emissions.

In this paper, the fuel-saving driving method as a way of reducing the volume of carbon dioxide emitted during the various stages of construction works is described. Next, a comparison is made between cases when the fuel-saving driving method is conducted and cases where it is not conducted, based on the data obtained from the “in-service training.” As a result, improvement in the fuel consumption rate of at least 20% could be confirmed, although this depends on the operators. By introducing details of the training, the usefulness of the fuel-saving driving method is shown.

KEYWORDS ; carbon dioxide emitted、fuel-saving driving method、in-service training

1 はじめに

工事段階で排出される二酸化炭素の約70%強は、建設機械とトラック（ダンプトラック含む）によるもので、うち半分以上は建設機械が排出源になっている。工事現場で稼動する大型建設機械の稼動台数は、油圧ショベル68%、トラクターショベルが16%、クレーンが8%、ブルドーザが8%などとなっており、油圧ショベルの稼動台数（98年時点で約73万台）は飛び抜けて多く、二酸化炭素の排出源としても相当の割合をしめる。この油圧ショベルからの二酸化炭素排出量削減対策として、協力会社のオペレータを対象とした省燃費運転研修会を実施し、省燃費運転法を導入している。省燃費運転研修会は、研修会後の日々の業務に「省燃費運転法」を取り入れてもらうことで燃料消費率向上を図り、結果として二酸化炭素排出量を削減することを目的として実施している。この研修会では「座学研修」と、実地による省燃費運転「実体験研修」の2種類の研修を行っているが、「実体験研修」とは、「座学研修」前後に実際に油圧ショベルをオペレータに運転してもらい、省燃費運転法のポイントを運転に取り入れた場合の省燃費運転効果を自分自身で確認し、理解してもらうために行うものである。油圧ショベルの省燃費運転法とは、①エンジン出力を常時10%ダウンさせ、燃費の改善を図る、②掘削作業時に掘削部を上部、下部に分けた2段掘りとする等、6ポイントからなる。

本論分では、工事段階で油圧ショベルから排出される二酸化炭素排出量削減のための省燃費運転法をまず紹介し、「実体験研修」で得られたデータをもとに、その削減効果について述べるものである。

* (株)大林組地球環境室 Obayashi Corporation Global Environment Department

** (株)大林組土木技術本部 Obayashi Corporation Civil Engineering Technology Division

*** コマツ 建機マーケティング本部 Komatsu Ltd. Construction & Mining Equipment Division

**** コマツ 営業本部 Komatsu Ltd. Costermers Department

2 省燃費運転法の導入、普及

2. 1 省燃費運転実施のための研修について

建設工事において二酸化炭素排出量削減のための省燃費運転法を導入、普及するために、施工協力会社のオペレータを対象とした本運転法の研修を実施している。省燃費運転研修には「座学研修会」と「実体験研修会」の2種類の省燃費運転研修会を用意している。表-2.1に各々の研修会の特徴を示す。「座学研修会」の特徴は、主催者側からすれば会場や日時設定、資料準備は簡単で、受講時間は1～2時間程度と比較的短く、一度の研修会で多数のオペレータを対象に研修可能であるが、短所として研修会参加者一人一人に対する研修効果は低い点があげられる。一方、「実体験研修会」は逆に、実体験のための油圧ショベルへの計器取付けや掘削エリアの造成等の準備に手間がかかり、参加したオペレータに2回の掘削作業を実施してもらうため、研修は1日掛かりと長く、一度に8人程度の研修が限度であり、建機メーカーの協力も必要である。しかし、長所として研修会参加者一人一人に対する研修効果は高い点があげられる。このように研修の種類により一長一短はあるが、研修参加者の省燃費運転の普及を確実なものにするため、油圧ショベルの省燃費運転研修会に関して、研修効果の高い「実体験研修会」を主体に考え実施している。

2. 2 省燃費運転実体験研修会の手順

省燃費運転実体験研修会の概略手順を以下に示す。まず「なぜ省燃費運転を行う必要があるのか」をオペレータに座学により認識させる。ここで地球温暖化現象のような環境問題は、「現時点だけの問題でなく、未来（子孫）の問題である。」ことを説明するとオペレータが研修の必要性を認識することが確認できている。この講習終了後、オペレータに油圧ショベルに搭乗してから掘削位置までの走行方法や掘削積込み回数等の掘削エリアにおける掘削作業内容を説明する。その後研修会敷地内に設定した実体験のための掘削エリアに移動し、各オペレータに日常通りの方法で掘削積込み作業をし

てもらい、通常運転時の燃費を測定する。次に昼食をはさみ「省燃費運転法」について解説後、再度掘削エリアに移動し、各オペレータに忠実に省燃費運転を取り入れた掘削積込み作業をしてもらい、省燃費運転時の燃費を測定する。最後に各オペレータの通常運転時と省燃費運転時のデータをもとに、いかに省燃費運転法が効果的か解説し、研修会を終了する。表-2.2に油圧ショベルに対する省燃費運転実体験研修会スケジュール例を示す。

表-2.1(a) 座学研修会の特徴

● 準備は簡単
● 時間は1～2時間
● 一度に多数の運転者に研修可能
● 自社内で対応可能
● 効果は低い

表-2.1(b) 実体験研修会の特徴

● 準備に手間がかかる
● 研修は1日掛かり
● 一度に5～8人の研修が限度
● 建機メーカーの協力が必要
● 効果は高い

表-2.2 省燃費運転実体験研修会スケジュール

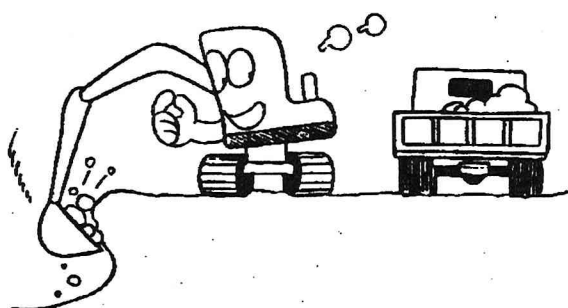
時 間	所要時間 (分)	内 容	会場他	担 当
9:30～9:50	20	開会挨拶、会場説明など	研修室	大木組
9:50～10:10	20	講習「地球環境問題とCO ₂ 」	研修室	大木組
10:10～10:15	5	スタッフ紹介	研修室	コマツ
10:15～10:25	10	研修内容、運転要領説明	研修室	コマツ
10:25～10:35	10	掘削エリア／待機場へ移動	-----	コマツ
10:35～12:35	120	第1回目運転(通常運転) 15分/人x8名/台	掘削エリア	コマツ
12:35～12:45	10	研修室に移動	-----	コマツ
12:45～13:15	30	昼食	研修室	大木組
13:15～13:35	20	講習「CO ₂ 排出削減運転法」	研修室	コマツ
13:35～13:50	15	運転要領説明	研修室	コマツ
13:50～14:00	10	掘削エリア／待機場へ移動	-----	コマツ
14:00～16:00	120	第2回目運転(省燃費運転) 15分/人x8名/台	掘削エリア	コマツ
16:00～16:10	10	研修室に移動	-----	コマツ
16:10～16:20	10	講習「省燃費のためのメンテナンス」 (運転データ整理時間を利用)	研修室	コマツ
15:20～15:40	20	運転データの解説	研修室	コマツ
15:40～16:45	5	閉会挨拶など	研修室	コマツ

2. 3 油圧ショベルに対する省燃費運転

油圧ショベルの省燃費運転法とは、①不要なアイドリング運転の防止、②油圧リリーフの防止、③エンジン回転数を下げるエンジンパーシャル運転、④掘削位置を高く保つ高位置掘削、⑤旋回角度最小運転、⑥エンジン回転数を下げて走行するエンジンパーシャル走行の6ポイントからなっている。油圧リリーフとは、油圧回路の上限圧以上に油圧が上昇したとき、圧力調整弁が開いて油が作動油タンクに戻ることをいう。表-2.3、に油圧ショベルに対する省燃費のポイントを示す。実体験研修ではオペレータに通常③、④、⑥の効果を体験させている。図-2.1、図-2.2に省燃費運転のポイント中の二例を図示して示す。

表-2.3 油圧ショベルに対する省燃費のポイント

●省燃費のための運転	
①不要なアイドリング運転の防止	アイドリング運転はエンジン始動直後と停止直前の5分間は必要ですが、長時間のアイドリング運転は燃料を無駄に消費します。油圧ショベルはアイドリング運転時にも油圧ポンプでオイルを循環させており、20トンクラス車で1時間に約0.76リットル消費します。1日1時間のアイドリング運転時間を節約し25日/月で1年間稼動した場合、228リットルの燃料節約となります。
②油圧リリーフの防止	掘削する土砂の反力が大きい場合、操作レバーを引き続けても作業機は動かずに油圧はリリーフしています。油圧リリーフ時の燃費(28リットル/時間)は、90°旋回積込み作業を行った場合(25リットル/時間)より燃料を多く消費し、油圧リリーフすればするほど無駄になります。油圧リリーフ状態での作業時間を1日1時間減少させたとすれば、25日/月で1年間稼動した場合、8,400リットルの燃料節約となります。
③エンジンパーシャル運転(エンジン回転数を下げる)	同じ掘削積込み作業の場合、エンジン回転を下げたほうが、エンジン回転を最大にしたときより燃費は少なくなり燃費効率は向上します。 エンジン回転を10%下げることにより燃費は12%少なく、燃費効率は4%良くなります。
④高位置掘削(掘削位置を高く)	切羽の法尻(低い位置)より法肩(高い位置)に向かって、土砂をすくい込んでくる法尻掘削の場合、サイクルタイムが長くなりアーム・ブームの動き量が多い分、燃料の消費が多くなります。切羽の上部を先に掘削し、次に下部を掘削する上部・下部掘削の場合、サイクルタイムの短縮と燃費・燃費効率を向上することにつながります。上部・下部掘削は法尻掘削に比べサイクルタイムで12%早く、時間当たりの作業量は6%大きく、燃費効率は8%良くなります。
⑤旋回角度最小運転	ダンプ積込みの際、旋回角度が大きければ、積荷の移動量が多いためサイクルタイムが増加します。角度を小さくして積み込めばサイクルタイムは早くなり、時間当たりの作業量が増加し、燃費効率を向上することにつながります。
⑥エンジンパーシャル走行(エンジン回転を下げる)	エンジン回転を下げて走行すると、最高回転にしたときより燃費が少なくなり燃費効率を向上させることにつながります。エンジン回転を10%下げることによって車速も19%ダウンしますが、燃料は25%削減でき、また燃費効率は8%向上します。
●省燃費のためのメンテナンス	
①エンジンエアクリーナ	外筒エレメントの清掃、交換によるエレメントの目詰まり防止
②燃料フィルタエレメント、燃料ホース	日常点検、定期的な交換による管理
③エンジンオイルの粘度	気温に適合した粘度のオイルの使用
④エンジンオイル・フィルタエレメントの定期的な交換	

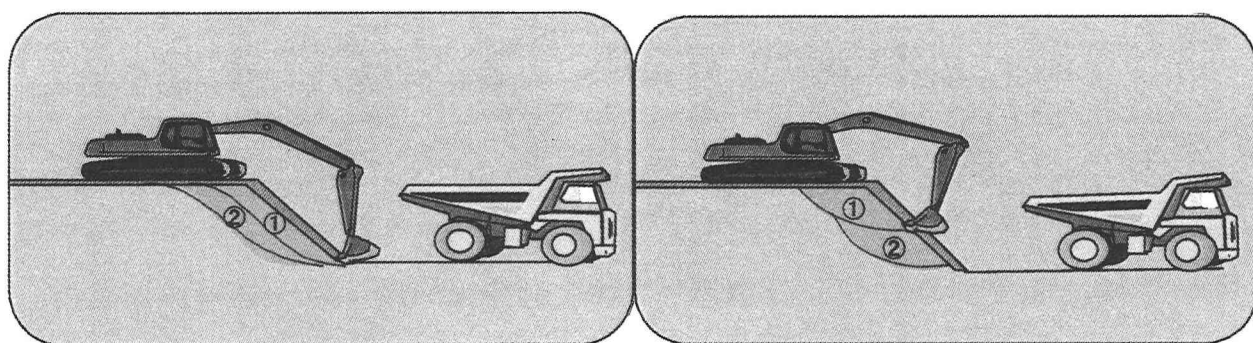


90° 旋回積込み作業
1時間行った場合、25リットル消費



アームリリース
1時間行った場合、28リットル消費

図-2.1 油圧リリースの防止



①法尻掘削
サイクルタイム長い
アーム・ブーム動き量 多い分燃料消費多い

②上部・下部掘削
サイクルタイム短縮
時間当たり作業量と燃費・燃費効率の向上

図-2.2 高位置掘削（掘削位置を高く）

2. 4 掘削積込み作業時の燃費効率

表-2.4、図-2.3に20t 油圧ショベルによる土砂の掘削積込み作業時のエンジン回転数と燃費、燃費効率の関係を示す。土砂の掘削積込み作業は、ショベルとダンプは同一盤上で、旋回 90°、5 杯積込み時の条件のもとで実施した。ここで燃費効率とは、燃料1リットル当たりの作業量(ton)を表したものの「燃費効率=作業量/燃費」で、数値が大きいほど効率が良いことになる。

エンジン回転数をフルスロットル位置より下げると作業量は減少するが、燃費、作業効率とも向上する。作業量の低下を考慮すると、エンジン回転数を 10%程度のダウンさせたときが最も効果的なようである。

表-2.4 エンジン回転数と燃費、燃費効率の関係

エンジン回転数	フル	-10%	結果	作業条件
燃費	100	88	12%削減	ダンプ 同盤 90° 旋回 5 杯積み
作業量	100	93	7%減少	
燃費効率	100	104	4%向上	

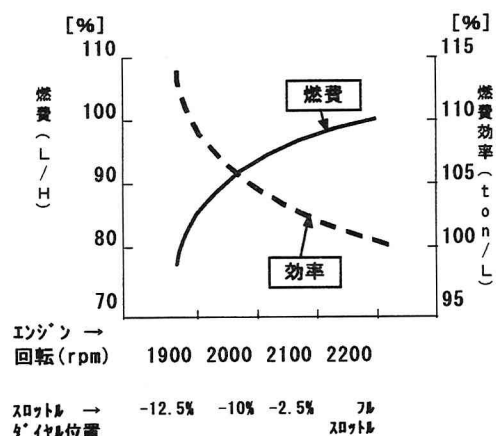


図-2.3 エンジン回転数と燃費、燃費効率

3. 実体験研修会における省燃費運転の効果

3. 1 使用重機および実体験コース

表-2.2に示したような実体験研修会スケジュールに従い研修を実施した。ここではその中の研修コースにおける省燃費運転導入前後の運転結果について述べる。この研修会における実体験研修参加人数は8名で、実体験研修で使用した油圧ショベルはコマツ PC200-7 (20t, 0.8m³)である。

図-3.1に実体験研修コースを示す。研修コースは

(1) 走行エリアと、(2) 掘削積込みエリアに分かれており、実体験研修時の運転内容は、走行エリアにおいては20mの平坦路走行(写真-1)、掘削エリアにおいては写真-2に示すようなダンプ位置が油圧ショベルより下盤の条件で、90°旋回掘削積込み作業(2杯積み)である。各エリアでは運転中の燃料消費量が計測されている。また掘削した土砂は、ダンプに積み込まれた後、作業量を把握するため掘削した土砂の重量が計測される(写真-3)。なお、省燃費運転時には、走行エリアではエンジンパーシャル走行を、掘削積込みエリアではエンジンパーシャル運転と高位置掘削を実施してもらい、各オペレータにその効果を確認してもらう。実体験研修時には重機メーカーの指導員が同乗しており、燃料使用量計測とともに省燃費運転時には運転法の指導も実施している。

3. 2 運転結果

表-3.1に走行エリアにおける各オペレータの燃料使用量、燃費、および燃費効率等を示す。当然の結果ではあるが、エンジンパーシャル走行を行うことにより燃料使用量が平均で約30%少なく、燃費効率でみると、約47%増加しており省燃費運転の効果が表れている。パーシャル走行しているにも関わらず、所要時間が減少しているのは、通常運転時に6人が速度段Lo・Mi

(No.6・7のみHi使用)を使用していたが、省燃費運

転時には速度段Hiを指導したためである。油圧ショベルの全作業時間に占める走行時間の割合は大きくな

いが、エンジン回転数を抑えた運転が、非常に効果的であることが明らかになった。

図-3.2に掘削エリアにおける各オペレータの燃料使用量、掘削土量(仕事量)、および燃費効率を示す。オペレータにより個人差があるものの、掘削積込み作業時にエンジンパーシャル運転と高位置掘削を実施することにより、燃料使用量が平均で約20%少なく、燃費効率でみると、約26%増加しており省燃費運転の効果が表れている。またエンジンパーシャル運転を採用することにより掘削積込みの作業量は減少することが予想されたが、3人のオペレータを除き作業量が増加している。これは、上部・下部掘削の高位置掘削の採用により掘削土量が増加したためと考えられる。さらに法尻掘削の場合と比べ、掘削時の負担が少なくなったため、油圧リリーフが防止でき、結果として作業時間も若干短くなったのではないかと考えられる。この



写真-1 走行エリア



写真-2 掘削エリア



写真-3 掘削土量の計測

ようにエンジンパーシャル運転と同時に高位置掘削を実施することにより、単位掘削土量当たりの燃料使用量を減らしながら、作業量の増加を図ることも可能であることを示唆した結果となっている。

4. おわりに

油圧ショベルの省燃費運転は、クローラークレーンやラフタークレーン、重ダンプとともに建設工事におけるCO₂排出量削減のために2001年度から新たに取り入れたものである。今後はトラック同様、大型建設機械についても省燃費運転研修を実施し建設現場に取り入れて行く予定である。

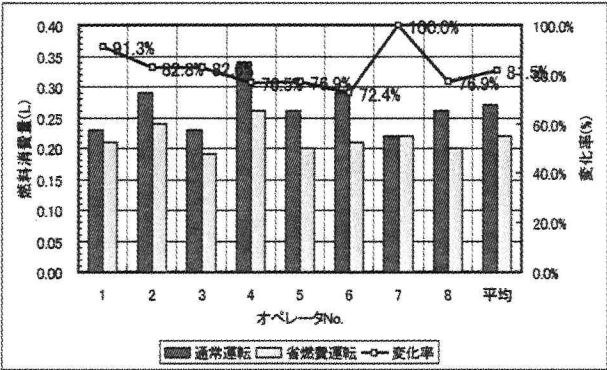


図-3.2(a) 各オペレータの燃料消費量

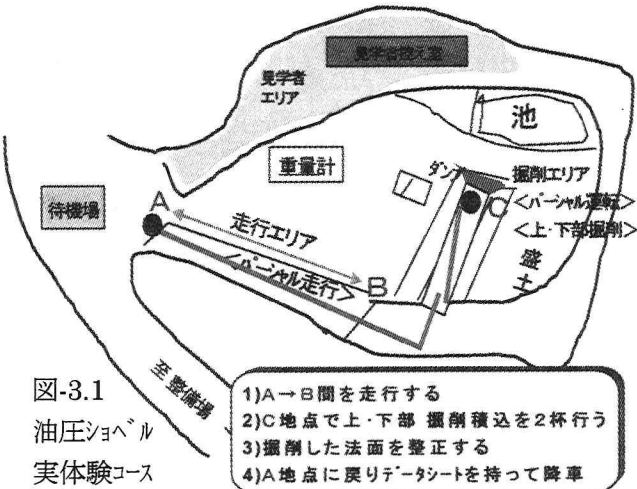


図-3.1

油圧ショベル
実体験コース

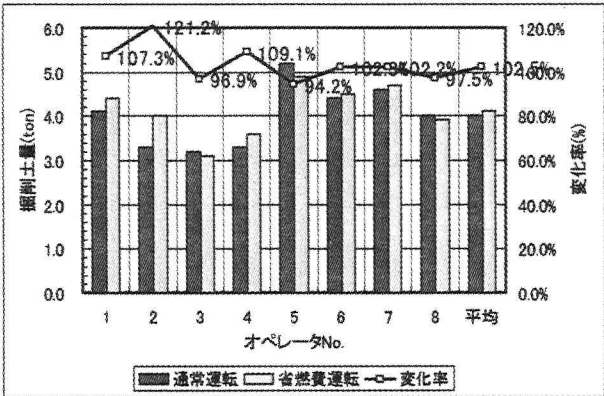


図-3.2(b) 各オペレータの掘削土量

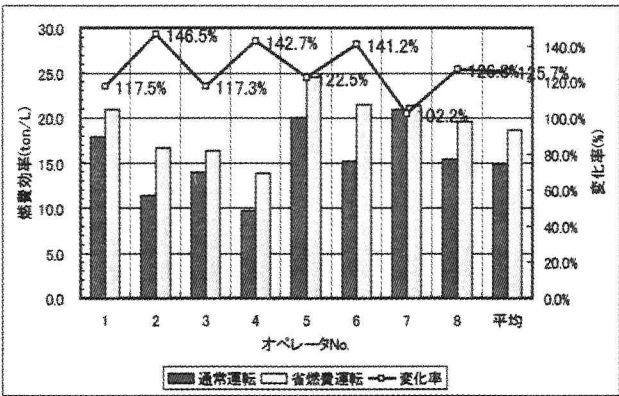


図-3.2(c) 各オペレータの燃費効率

表-3.1 走行エリアにおける各オペレータの燃料使用量、燃費、および燃費効率等

NO.	速度段		燃料消費量 (L)			所要時間 (秒)			平均車速 (Km/H)			燃費効率 (Km/L)		
	通常	省燃費	通常	省燃費	変化率	通常	省燃費	変化率	通常	省燃費	変化率	通常	省燃費	変化率
1	Lo	Hi	0.14	0.10	71.4%	27	15	55.6%	2.7	4.8	180.0%	0.14	0.20	140.0%
2	Lo	Hi	0.12	0.10	83.3%	25	14	56.0%	2.9	5.1	178.6%	0.17	0.20	120.0%
3	Lo	Hi	0.13	0.10	76.9%	28	15	53.6%	2.6	4.8	186.7%	0.15	0.20	130.0%
4	Mi	Hi	0.13	0.09	69.2%	17	14	82.4%	4.2	5.1	121.4%	0.15	0.22	144.4%
5	Mi	Hi	0.14	0.09	64.3%	18	14	77.8%	4.0	5.1	128.6%	0.14	0.22	155.6%
6	Hi	Hi	0.12	0.09	75.0%	15	14	93.3%	4.8	5.1	107.1%	0.17	0.22	133.3%
7	Hi	Hi	0.11	0.09	81.8%	14	14	100.0%	5.1	5.1	100.0%	0.18	0.22	122.2%
8	Mi	Hi	0.13	0.09	69.2%	17	14	82.4%	4.2	5.1	121.4%	0.15	0.22	144.4%
			0.13	0.09	69.2%	20	14	70.0%	3.6	5.1	141.7%	0.15	0.22	146.7%