

28. 実作業燃費との比較による JCMAS 油圧ショベル 燃費試験規格の検証

(社)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所 ○稲葉 友喜人
国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課 環境・リサイクル企画室 前羽 利治
(社)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所 佐藤 充弘

1. はじめに

建設機械の低燃費化は、建設施工の地球温暖化対策に欠くことのできない対策である。2000年、国土交通省と建設機械製造各社は、建設機械の低燃費化に向けて主要3機種について燃費試験方法の規格化に着手し、2004年世界で初めてとなる建設機械の燃費試験方法を(社)日本建設機械化協会規格として規格化(油圧ショベル: JCMAS H020, ブルドーザ: JCMAS H021, ホイールローダ: JCMAS H022, 以下これらを「JCMAS 燃費試験」という。)した。そして、2011年4月「低炭素型建設機械の認定に関する規程」(国土交通省)が改正され、JCMAS 燃費試験に基づく燃費基準値が盛り込まれた。

JCMAS 燃費試験は、代表的な作業を模擬する動作の試験項目で構成されているが、必ずしも実際の作業燃費と一致するとは限らない。

そこで、建設機械を代表する油圧ショベルについて、JCMAS 燃費試験の燃費データと、実際の工事で稼働しているときの燃費データを比較し、その違いを検証した。

本稿は、主に「平成22年度建設機械施工における低炭素化技術に関する調査検討業務」(発注者: 国土交通省 総合政策局, 受注者: (社)日本建設機械化協会)によるものである。

2. JCMAS 燃費試験による燃費

2.1 JCMAS 燃費試験の概要

油圧ショベルの JCMAS 燃費試験は、“掘削・積み込み動作試験”, “ならし動作試験”, “走行試験”, “待機(アイドリング)試験”の4種類の試験項目で構成されている。4種類の試験項目には、それぞれの試験項目ごとの結果を一つにまとめるためそれぞれに重み係数が定められており、試験結果を一つにまとめた燃料消費量を「評価値」(kg/標準動作)という。この評価値は、標準動作速度の機械の場合に1時間の消費量を表し、動作が速いほど、時間当たり消費量が少なくなるほど数値が小さくなる。表-1に検討に用いた JCMAS 燃費試験データ数を示す。

2.2 JCMAS 燃費試験評価値の傾向

(1) 評価値の傾向

油圧ショベルの評価値は、図-1に示すようにクラスが大きくなるとそれに伴い大きくなる。この傾向は、0.28m³クラス以上では概ねバケット容量に比例している。(図-3参照)

(2) 評価値のばらつき

排出ガス対策次数別に試験データが複数あるクラスについて、評価値のばらつきを変動係数(標準偏差/平均値)でみると、図-2に示すように0.1程度となっている。

表-1 燃費試験データ数

クラス (m ³)	標準バケットの定格(山積)容量範囲	排出ガス対策次数	
		2次	3次
0.044	0.03m ³ 以上~0.055m ³ 未満	1	1
0.066	0.055m ³ 以上~0.07m ³ 未満	1	1
0.08	0.07m ³ 以上~0.085m ³ 未満	1	1
0.09	0.085m ³ 以上~0.105m ³ 未満	2	2
0.11	0.105m ³ 以上~0.13m ³ 未満	1	1
0.14	0.13m ³ 以上~0.15m ³ 未満	1	1
0.16	0.15m ³ 以上~0.25m ³ 未満	1	1
0.28	0.25m ³ 以上~0.36m ³ 未満	7	10
0.45	0.36m ³ 以上~0.47m ³ 未満	3	5
0.5	0.47m ³ 以上~0.55m ³ 未満	6	7
0.6	0.55m ³ 以上~0.7m ³ 未満	0	3
0.8	0.7m ³ 以上~0.9m ³ 未満	6	11
1.0	0.9m ³ 以上~1.05m ³ 未満	1	4
1.1	1.05m ³ 以上~1.3m ³ 未満	0	3
1.4	1.3m ³ 以上~1.7m ³ 未満	3	6
計		34	57

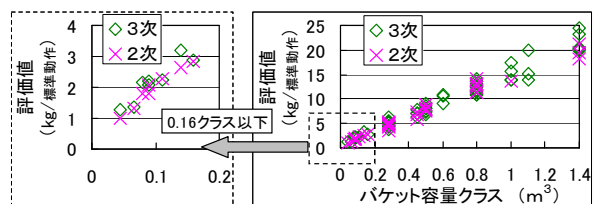


図-1 評価値の傾向

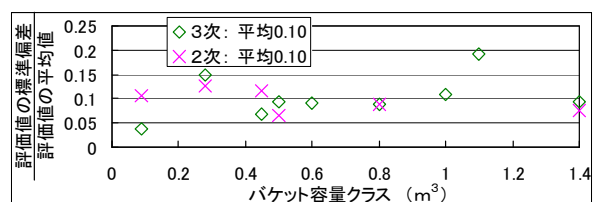


図-2 評価値のばらつき

図-2 で示す評価値のばらつきは、次の理由により“型式の違い”が主因と推察される。

- ・試験データは、基本的に異なる型式の試験機械で構成されている。(ただし、試験データの多い3次基準 0.28m³ クラスと3次基準 0.8m³ クラスには、2台の同型式データが各3型式含まれている。)
- ・上記ただし書きの同一型式6型式の評価値の変動係数は、運転員や稼働時間等の違いで平均0.041となっており、図-2 と比べ小さい。
- ・JCMAS 燃費試験検討時に実施した“掘削・積込み動作試験”の元になった模擬動作試験における運転員違いの変動係数は、次のとおりであり、図-2 と比べ小さい。
 0.5m³：平均0.042 (2~3人/型式×6型式)
 0.8m³：平均0.046 (3~4人/型式×6型式)
 上記の“掘削・積込み動作試験”部分の変動係数は評価値の変動係数とは異なるが、評価値における当該試験項目の燃料消費量寄与率が高い(7割弱)ことから、評価値の変動係数に近いと推察される。

(3) 2つの指標による評価値の傾向

評価値を“バケット容量当たり”と“定格出力当たり”で表したときの傾向を図-3、図-4に示す。後者の表し方は、「国土交通省土木工事積算基準」と同様である。図は、複数の試験データがあるクラスは平均値で、試験データが1台しかないクラスは1台でクラスを代表している。

それぞれの傾向は、次のようになっている。

- ◆バケット容量当たり評価値は、0.28m³ クラス以上とそれ未満の小型(0.16m³クラス以下)のクラスでは傾向が大きく異なっている。0.28m³クラス以上では、概ね一定であるが大型化に伴う若干の燃費低減がみられる。それに対し、小

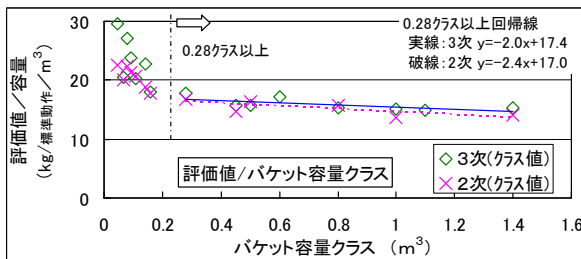


図-3 バケット容量当たり評価値の傾向

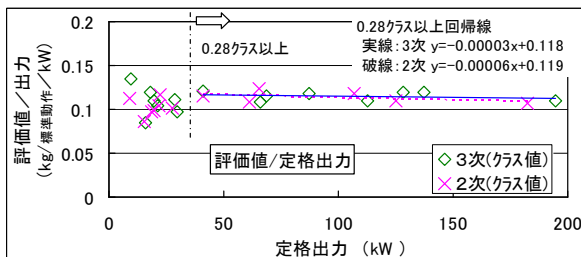


図-4 定格出力当たり評価値の傾向

型のクラスでは、クラスが小さくなるに従い燃費増加の傾向がみられる。

- ◆定格出力当たり評価値は、小型を含めて概ね一定となっている。

3. 実作業時の燃費

3.1 実作業燃費調査の概要

実作業時の燃費は、国土交通省が実施した直轄工事で稼働する油圧ショベルを対象とした調査結果を用いた。

調査期間：2010年10月中旬～11月下旬

調査工種：道路改良工事及び河川工事

調査地域：北海道、東北、関東、北陸、近畿、中国、四国、九州

燃費は、調査期間中の総給油量を、消費した稼働時間で除算した値である。給油量は、次の燃料密度を用いて容積から質量に換算した。

燃料密度：0.8247 g/cm³ (15℃)

各社で実施(2008年3月～2009年8月)

したJCMAS燃費試験時の燃料63サンプルの平均値。

表-2に検討に用いた実作業燃費データ数を示す。JCMAS燃費試験との整合を図るため、省エネモードを使用している機械は検討対象から除外した。

調査期間中の稼働時間は、図-5で示すように多くの機械が十分に長い。したがって、多くの機械の燃費は、その現場条件における平均的な値を表していると推察される。

表-2 実作業燃費データ数

クラス (m ³)	標準バケットの定格(山積)容量範囲	排出ガス対策回数		
		1次	2次	3次
0.09	0.085m ³ 以上～0.105m ³ 未満	0	0	2
0.11	0.105m ³ 以上～0.13m ³ 未満	0	1	0
0.14	0.13m ³ 以上～0.15m ³ 未満	0	1	0
0.16	0.15m ³ 以上～0.25m ³ 未満	0	1	1
0.28	0.25m ³ 以上～0.36m ³ 未満	1	6	3
0.45	0.36m ³ 以上～0.47m ³ 未満	1	3	0
0.5	0.47m ³ 以上～0.55m ³ 未満	1	8	3
0.6	0.55m ³ 以上～0.7m ³ 未満	0	0	0
0.8	0.7m ³ 以上～0.9m ³ 未満	2	20	23
1.0	0.9m ³ 以上～1.05m ³ 未満	0	0	0
1.1	1.05m ³ 以上～1.3m ³ 未満	0	0	0
1.4	1.3m ³ 以上～1.7m ³ 未満	0	1	1
1.9	1.7m ³ 以上～2.4m ³ 未満	1	2	0
計		6	43	33

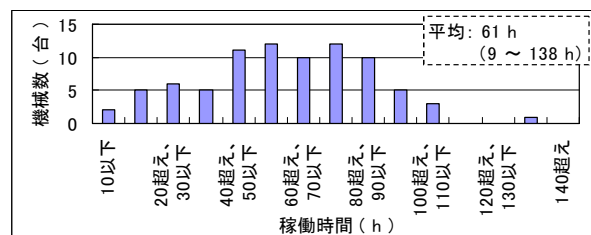


図-5 実作業燃費調査期間中の稼働時間

3.2 実作業燃費の傾向

(1) 実作業燃費の傾向

油圧ショベルの実作業燃費は、評価値同様図-6に示すようにクラスが大きくなるとそれに伴い大きくなる。ばらつきは大きいが大まかな傾向としては、評価値と似ている。しかし、クラス平均で見ると傾向に違いがある。評価値との違いについては、(3)で記述する。

(2) 実作業燃費のばらつき

排出ガス対策次数別に燃費データが複数あるクラスについて、燃費のばらつきを変動係数で見ると、図-7に示すように平均0.25となる。この値は、評価値におけるばらつきの2.5倍になる。

(3) 2つの指標による実作業燃費の傾向

評価値と同様に実作業燃費を“バケット容量当たり”と“定格出力当たり”で表したときの傾向

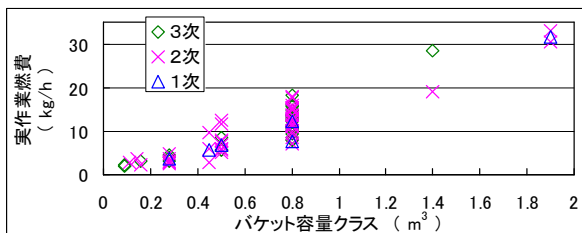


図-6 実作業燃費の傾向

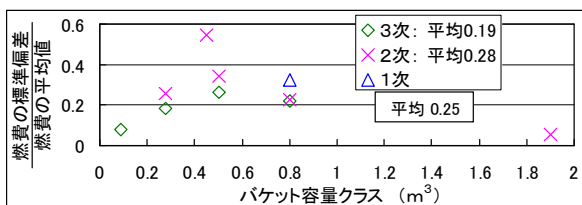


図-7 実作業燃費のばらつき

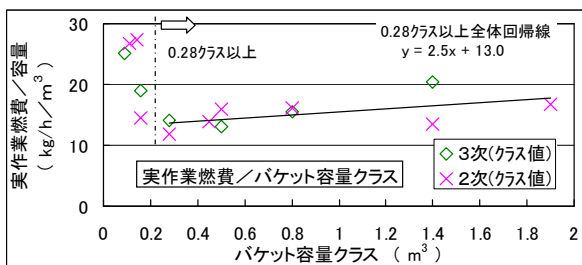


図-8 バケット容量当たり実作業燃費の傾向

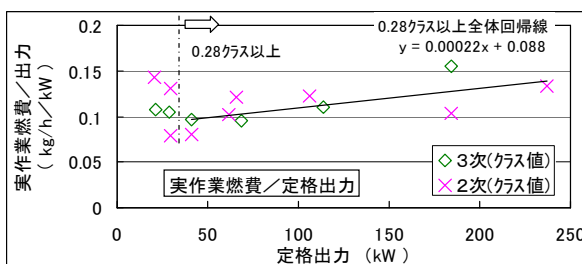


図-9 定格出力当たり実作業燃費の傾向

を図-8、図-9に示す。図は、複数の燃費データがあるクラスは平均値で、燃費データが1台しかないクラスは1台で代表している。排出ガス対策1次機械は、データが少ないので除外した。

それぞれの傾向は、評価値の傾向との違いとして、次の特徴がある。

- ◆バケット容量当たり燃費、定格出力当たり燃費、共に評価値の傾向とは異なり0.28m³クラス以上で大型化に伴う増加がみられる。

(4) 実作業における動作時間割合

前述の実作業燃費と評価値の違いに影響していると考えられることの一つに、図-10に示す実作業とJCMAS燃費試験の各動作の時間割合の違いがあげられる。

図は、実作業とJCMAS燃費試験における掘削・積込、ならし、走行等の動作の時間割合を比較したものである。

JCMAS燃費試験における各動作の試験項目の重み係数は時間割合に相当するもので、全クラス共通の値として設定されている。しかし、実作業ではクラスごとの動作時間割合は一様ではない。図が示す実作業におけるクラスごとの動作時間割合は、次のような特徴がある。

- ◆掘削・積込は、0.45 m³、0.5m³クラス以上で大型化に伴う時間割合の増加傾向がある。

- ◆ならしと走行は、0.45 m³、0.5m³クラス以上で大型化に伴う時間割合の減少傾向がある。

なお、JCMAS燃費試験のアイドル割合が実作業と比べ大きくなっているのは、JCMAS燃費試験の重み係数は待ち等のアイドルの他、作業中に含まれる多数の瞬間的な操作レバー中立状態等を含んでいるためである。

4. JCMAS燃費試験評価値と実作業燃費の関係

図-11は、評価値と実作業燃費の両方のデータがあるクラスについて、評価値と実作業燃費を対比して示したものである。また、図-12は、評価値に対する実作業燃費の比(図-11のデータを用いて算出。)を表したものである。

図-11における横軸の評価値の範囲(図中横線)の縦軸位置は当該クラスの実作業燃費の平均値を示し、縦軸の実作業燃費(図中マーク)の横軸位置は当該クラスの評価値の平均値を示している。

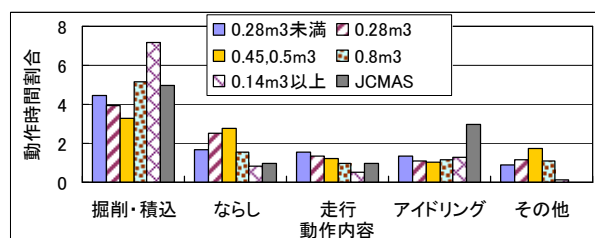


図-10 実作業におけるクラスごとの動作時間割合

図-12 で示す評価値に対する実作業燃費の比は、データのばらつきとデータ数等を考慮して排出ガス対策2次機械と3次機械をまとめると共に、0.16m³クラス以下の機械、0.45m³クラスと0.5m³クラスの機械をまとめたものである。

平均化した評価値と実作業燃費には、次の関係がみられる。

- ◆油圧ショベルを代表する0.8m³クラスは、良く一致している。
- ◆0.28m³クラス以上では、0.8m³クラス付近を中心に大きいクラスでは実作業燃費の方が大きく、小さいクラスでは実作業燃費の方が小さくなる傾向がある。

5. 油圧ショベル全体としての燃費

今回の検討に用いた実作業燃費と評価値を、次の既存資料の燃費と比較することで、その妥当性を確認した。

建設機械の燃費を示す既存資料として「国土交通省土木工事積算基準」(以下、「積算基準」という。)があり、そこで示される燃費は工事費の積算だけでなく排出ガス量の算出にも活用されている。

積算基準では燃費を“定格出力当たり”として油圧ショベル全体を一つの値で示していることから、積算基準に合わせ燃費の指標を“定格出力当たり”とすると共に、クラスごとの燃費を下式により油圧ショベル全体の燃費にまとめた。

計算に用いた各クラスの二酸化炭素(以下、「CO₂」とする。)排出量寄与率を図-13に示す。

$$F_{EX} = \sum (F_i \cdot W_{fi}) / \sum W_{fi} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 F_{EX} : 油圧ショベル全体の燃費
 F_i : クラス*i*の平均燃費
 W_{fi} : クラス*i*のCO₂排出量寄与率
 F_i がない場合: $W_{fi} = 0$

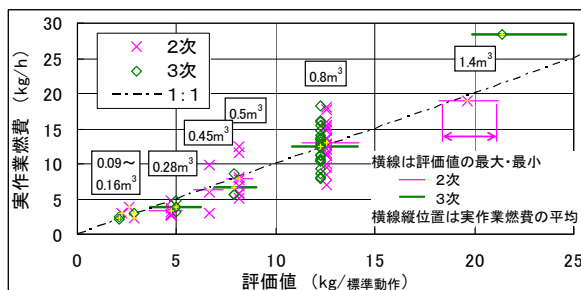


図-11 評価値と実作業燃費の対比

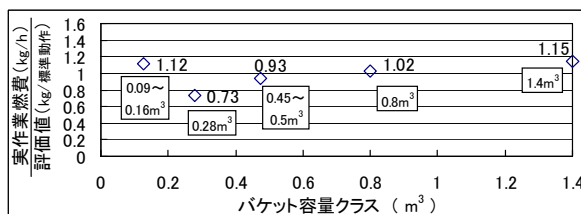


図-12 評価値に対する実作業燃費の比

各クラスのCO₂排出量寄与率は、既存資料¹⁾で示された3区分の寄与率を、各クラスの“型式ごとの総販売台数と定格出力の積(排出ガス対策2次機械)”の和で按分することで求めた。

積算基準燃費との比較結果を、図-14に示す。

図が示すように比較結果に大差はなく、検討に用いた実作業燃費と評価値は概ね妥当なものと推察する。

なお、積算基準燃費は、次のとおり処理した。

- ・積算基準掲載燃費に含まれる“油脂費等”は、軽油費の20%²⁾と仮定して軽油量(掲載燃費/1.2)に換算した。
- ・積算基準見直し年は、見直しに要する期間を見込み改正年の2年前とした。
- ・容積から質量への換算には、実作業燃費に適用した燃料密度を用いた。

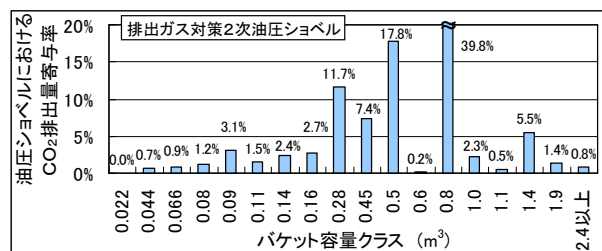


図-13 各クラスのCO₂排出量寄与率

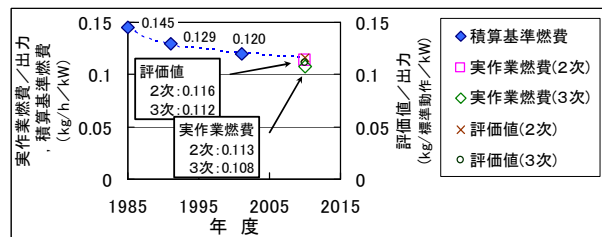


図-14 積算基準燃費と評価値および実作業燃費の比較

6. おわりに

0.28m³~0.8m³クラスに関しては、データの数があるのでそれなりの確かさで検証できたが、0.16m³クラス以下と1.4m³クラス以上についてはデータを増やして今回の結果を再確認する必要がある。特に、0.16m³クラス以下については、JCMAS燃費試験データそのものが少なく、今後のデータ収集を必要とする。

また、評価値のばらつき要因については、まだ調査検討すべき事項が残っており、今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 国土交通省：平成22年度 建設施工の地球温暖化対策検討分科会 配布資料，pp.4, 2011年2月
- 2) 建設省土木研究所：道路環境影響評価の技術手法，土木研究所資料，第3742号，pp.151, 2000年10月