

# 建設機械の燃費評価方法

## JCMAS 燃費試験方法と燃費評価値

田 中 利 昌

現在あらゆる分野で CO<sub>2</sub> 削減が求められており、建設機械業界でも検討が続けられて来た。今般 CO<sub>2</sub> 削減に向けた建機の燃費測定法が規格化され、またそれを利用して世界でも初めての建機低燃費化制度が、国交省で予定されている。本稿は規格化された建機の燃費測定法、ならびにその検討経緯について紹介する。  
キーワード：油圧ショベル、ホイールローダ、ブルドーザ、CO<sub>2</sub> 削減、燃料消費量、試験標準

### 1. はじめに

本件は、以下に述べてあるように平成 12 年に国交省依頼から検討を開始した。作業量を含めた燃費評価は一般的に相対評価で行われており、絶対的評価は世界的に見ても例のない初めての試みであった。そんな中で実車での試験を織り交ぜながら検討を進めてきたが、特に油圧ショベルでは当初からは大幅に変更された形で規格化されており、最新規格の JCMAS（社日本建設機械化協会規格）を見ただけでは疑問に思われる点多々あるかと思われる。したがって以下、どのような検討を行ってきたか少し詳細になるが途中の経過も含め紹介したい。

### 2. 検討のスタート

本件は、国交省から当協会のショベル技術委員会とトラクタ技術委員会（ホイールローダとブルドーザを担当）に対し建設機械の燃費測定法を考えてほしい旨依頼があったことがスタートである。対象は油圧ショベル、ホイールローダ、ブルドーザの 3 機種で、低騒音建機の指定制度と同様の低燃費建機の指定制度を考えたいとのことであった。

各々技術委員会で具体的な検討に入ったが、建設機械は作業をする機械であり、作業内容と作業速度により燃費が大幅に異なってしまうので作業量を考慮した燃費効率で評価することはすぐに意見がまとまった。しかし作業量も評価することになると、実際の土を使った作業や掘削では各メーカーとも評価機を並べ同じ場所・同一オペレータで同時に測定する相対評価が大半であった。土を使う限り、土の含水比や締固め状況

が千差万別で、またオペレータの作業に対する自由度が多すぎて絶対評価は難しいとの結論で、何らかの模擬で評価することとなった。また、掘削等メインの作業だけでなく実際にはその他の種々作業も行われているのでアイドリング等も含めできるだけ実作業を反映した項目で評価することとし、下記のような方針で燃費測定法の検討を開始した。

- ・建機の燃費比較を可能とする業界統一の測定法の確立
- ・作業量を考慮した燃費効率で評価
- ・実際の作業状況を想定し、走行やエンジンアイドリング状態も盛り込む
- ・掘削等は場所や時期、オペレータに影響を受けにくい模擬作業での測定法を確立する

### 3. 模擬作業の検討

油圧ショベルでは掘削の模擬作業として、砕石を用いて実際にダンプトラックに積み込む方法と、バケットに掘削土砂相当の重りを固定し掘削・ダンプ積み動作を行う（以下負荷バケット方式と呼ぶ）、2つの方法が提案され、この2つの模擬作業と実作業との相関性を確認すべく、平成 12 年 10～11 月に各社の 12t クラス油圧ショベル 6 台を集め、富士の日本建設機械化協会 施工技術総合研究所（以下略称の CMI と記す）にて確認テストを行った（写真—1、2 参照）。

結果は砕石を使った模擬動作は実際にテストするとバラツキが大きく、バケットの中に掘削土砂相当の重りをつけて掘削動作を行う負荷バケット方式のほうが良い結果を得られた。また、実作業との相関性も比較的良好であった。負荷バケット方式は、図—1 に示



写真一 12t油圧ショベル

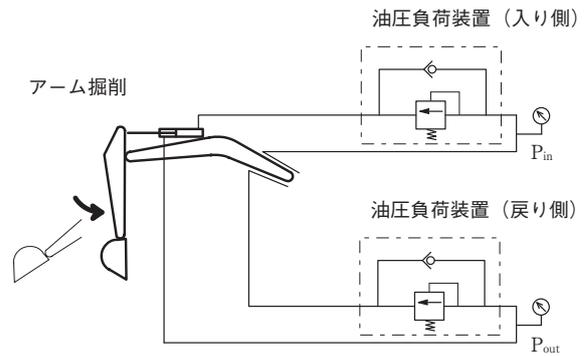


写真二 碎石掘削

すように少し深いところを掘削，90度回転してダンプ積みをする動作を行うものである。このときの掘削深さ（台の高さ）は，油圧ショベルのクローラ前端より45度の斜面傾斜角でバケットの届く深さを実作業上の最大掘削深さとし，この最大深さの1/2を平均的な掘削深さとしてメートル単位で丸めたものである。また，排土の目標とする横バーはその機種に組み合わせられる最も一般的なダンプへの積込みを想定して設定した。

その後，何とか掘削時の負荷を再現できないか検討を重ねた結果，図一2に示すようにアーム引き時（掘削時）には油圧負荷がかかり，アーム伸ばし時にはフリーとなるリリーフバルブ回路をアーム回路に組み込む方法が考案された。アームの戻り側のリリーフバルブはバケット内に重りをつけたアームが先に落下して息つく現象を防止する働きがあり，アームの入り口側のリリーフバルブはアームの動きに伴う負荷変動を吸収して油圧ポンプの負荷圧を一定にする。その入り口側圧力は油圧ショベルのアーム掘削力各社平均値の70%となるよう設定することとした。

上記の油圧負荷装置を実際に12tの油圧ショベルに装着して実験した結果，実際の掘削時に近い動きが再現でき良好な結果を得られたので，最終的な確認を



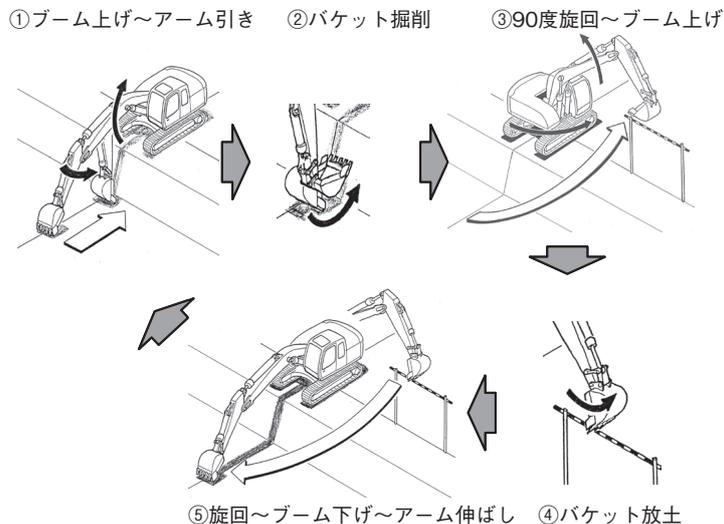
戻り側設定圧 P<sub>out</sub>：模擬動作開始姿勢を空中で保持できる圧力の180%以上の圧力とし，動作にいきつきのないことを確認する。

図一2 油圧負荷装置

すべく平成15年9月に6社6台の20tクラス油圧ショベルを前回同様，富士のCMIに集め確認テストを行った（写真一3～5参照）。その結果，基本的には良好であったものの，油圧負荷装置の取り付けは1機種ごとに検討・設計が必要で相当な労力を必要とし，また小型機種では取り付け場所もないなど現実的にはかなり難しいことがわかってきた。また，あわせて掘削模擬動作において最後の排土から最初のスタート姿勢に戻るべくアームを伸ばす（図一1の⑤）と，重りのつ



写真一3 20t油圧ショベル



図一1 油圧ショベル掘削模擬動作



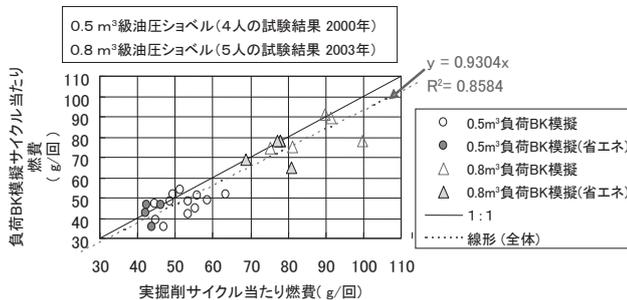
写真-4 模擬動作



写真-5 実掘削

いたバケットの重量で車体がふらつき場合によっては危険な状態になりかねないことも判明した。通常の油圧ショベルでは排土後でバケット空荷であり、仮に土砂が入っていてもバケット開口部が下を向いたこの姿勢では土砂は下に落ちこのような状態にならないが、今回の模擬動作では掘削土砂相当の重りをバケットに固定しているために発生したものである。この2つの大きな問題点を検討し、最初の問題については油圧負荷装置を外し、またバケットの重りを外して空荷とすることを検討した結果、実作業との相関性は図-3に示すように影響を受けないことが確認できたので、このバケット空荷で行う方法を最終案とした。

● 実掘削と模擬作業(負荷バケット付き)との相関



● 負荷バケットと空バケットとの相関

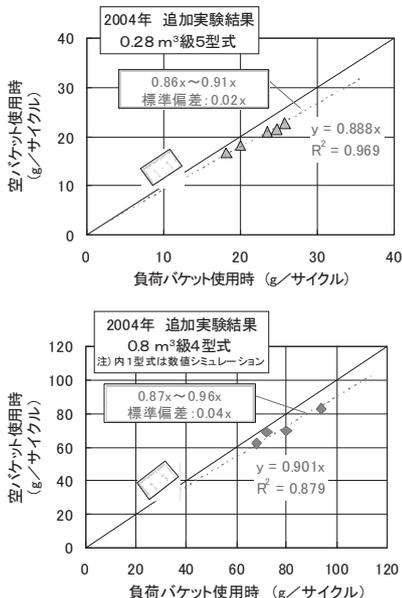


図-3 実掘削と模擬作業の相関性

油圧ショベルでは掘削作業だけでなく均しや整形・仕上げ作業も良く行われるがその模擬として図-4に示すようにバケット空荷で均す動作を空中で繰り返すことにした。

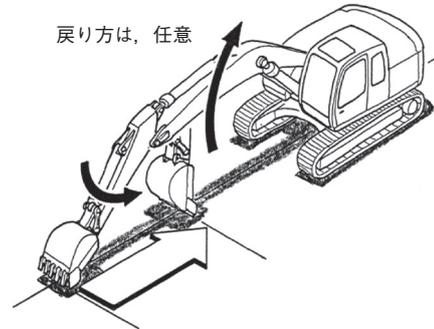


図-4 均し動作

ホイールローダ、ブルドーザの模擬作業は比較的スムーズに決まった。ホイールローダの掘削・積み込み作業は、図-5に示すようにバケットに土砂分の重りを固定し、V字掘削動作を行うこととした。このときに掘削の模擬としてはアクセルフルの状態ブレーキを踏み走行ストールさせることにより再現させた。また、積み込みについては、当初ダンプの荷台を模したバーを越えてダンプ動作することとしていたが、バケットに重りが固定されているために、機械の破損、或いは危険な状態になる恐れがあるためこれもダンプ動作はせず、2秒間停止してダンプ動作の代わりとした。

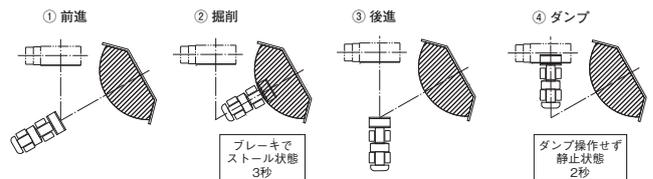


図-5 ホイールローダの模擬動作

もう1つのホイールローダの代表的な作業であるロード&キャリア作業(掘削後走行して離れた場所に排土する)については、重りのついたバケットつきで停止から加速、決められた距離を走行して燃費測定している。

ブルドーザについては掘削・押土の模擬として従来から行われていた牽引試験にて測定することになった。

油圧ショベルでは、走行、アイドリングも追加し、掘削、均しとあわせ4つの作業で代表することとし、ホイールローダとブルドーザについてもアイドリングの項を追加し、表-1に示す項目を測定することにした。

表一 1 JCMAS 測定項目と評価値

油圧ショベル (JCMAS H 020)	ホイールローダ (JCMAS H 022)	ブルドーザ (JCMAS H 021)
①掘削積込 模擬作業試験 作業量当りの燃料消費量 (g/回 50%)	①掘削積込 模擬作業試験 作業量当りの燃料消費量 (g/t 75%)	①牽引試験 (掘削運土作業) 作業燃費 (g/kwh 85%)
②均し動作試験 動作回数当りの燃料消費量 (g/回 10%)	②運搬走行試験 (ロード&キャリアー) 走行距離当りの燃料消費量 (g/m 15%)	②アイドリング試験 燃料消費量 (kg/h 15%)
③走行試験 走行距離当りの燃料消費量 (g/m 10%)	③アイドリング試験 燃料消費量 (kg/h 10%)	
④アイドリング試験 燃料消費量 (kg/h 30%)		
作業の時間割合		
①～④項をまとめた総合評価値	①～③項をまとめた総合評価値	①～②項をまとめた総合評価値
上記の時間割合に則り、クラス毎に決められた標準作業に必要な燃料消費量で評価 (g/標準作業)	上記の時間割合に則り、消費した燃料を①と②の作業量で割った値で評価 (g/t)	上記の時間割合に則り、消費した燃料を最大けん引出力 (kW) で割った値で評価 (g/kwh)

総合評価値の計算詳細は、各々JCMAS規格の解説部を参照ください。

### 4. 評価値について

測定法については上記で固まったが、指定制度等の具体的な運用のためには各作業の測定値を1つにまとめて評価値とする必要がある。油圧ショベルの場合には4つの測定項目があるが、個々の作業の割合は各社データ平均値をベースとし、その後JCMAS改定時に最近普及してきた遠隔稼働情報のデータにて見直した。油圧ショベルの評価値は標準的な機械で作業の時間割合に相当する掘削模擬回数や均しの回数、走行距離をクラス毎に決め、アイドリングを含めたこの標準動作に必要な燃料の総量にて評価することとした。このときに必要となる標準的な機械のサイクルタイムや走行速度は各社測定値の平均値を元に設定している。

一方、ホイールローダやブルドーザではクラスごとの仕様・車格が油圧ショベルほど揃っておらず、クラスごとの区分も明確でないため標準的な作業を決め難く、またより広い範囲で評価できる様、ホイールローダでは、時間割合で決められた作業を行い、その燃料

消費量を作業量で割った作業量あたりの燃料消費で評価することとし、ブルドーザの場合は燃料消費量を牽引仕事量で割ったものを評価値とした。したがって油圧ショベルとホイールローダ・ブルドーザでは、評価値そのものの意味が全く異なるので注意を要する。普及台数や機種ごとの使われ方、各メーカーの仕様・車格の相違で以上のようになったとご理解願いたい (表一 1 参照)。

その他、油圧ショベルのクラス分けは国土交通省の損料表の区分をベースとしている。

以上のような経過で、規格としては2回の改定を経て最終的に

JCMAS H 020：土工機械—エネルギー消費量試験方法  
—油圧ショベル

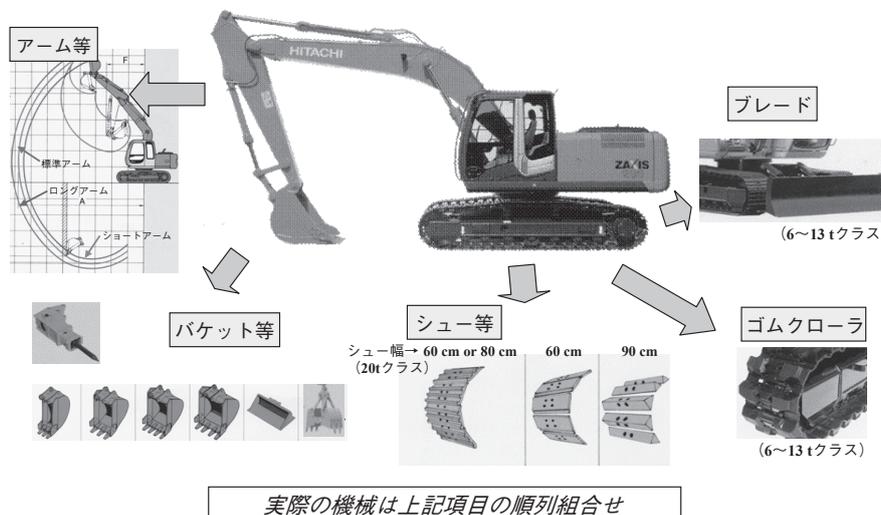
JCMAS H 021：土工機械—燃料消費量試験方法  
—ブルドーザ

JCMAS H 022：土工機械—燃料消費量試験方法  
—ホイールローダ

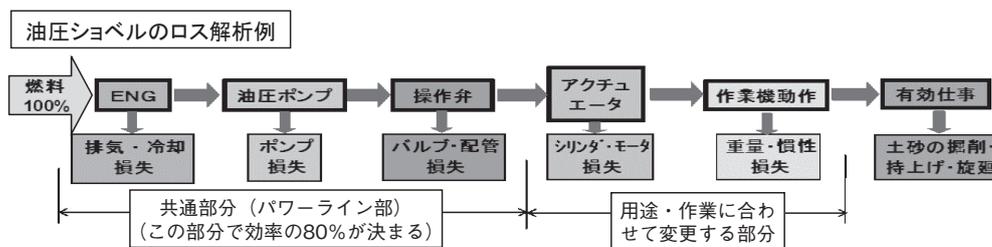
として規格化されている。なお、この最終版は2010年度版であり、油圧ショベルには、今回の記事では触れていないがハイブリッドショベル等も測定できるような項目が追加されている。

### 5. ファミリーについて

建設機械は一般的に様々な仕様で使われることが多く、特に油圧ショベルの場合は図一6に示すようにバケット部、フロント、足回り等が千差万別で、また、バケットやフロントは現場や作業によって変更することも珍しくない。厳密に言えば燃費はそれぞれの仕様で異なるが、各々の仕様にて燃費を測定し、基準



図一6 油圧ショベルのバリエーション例



図一七 油圧ショベルのロス解析

等を決めることはあまりにも組合せの数が多く実際には不可能である。また、機械の燃費解析を行うと、図一七に示すようにエンジン—油圧ポンプ—コントロールバルブのいわゆるパワーライン部で燃費の80%が決まってしまうといわれており、パワーラインが同一なら同一機種（以下同一機種の範囲をファミリーと呼ぶ）とみなして機種をまとめることとした。同一ファミリー内でも仕様により燃費は異なるがパワーラインが改良され燃費が良くなればファミリー機も同様の比率で燃費が良くなると推察される。

## 6. 現状レベルの測定と燃費基準

以上の検討を踏まえ、関係各社に協力をお願いし、平成20年から21年中にかけて、油圧ショベルで61機種、ホイールローダで32機種、ブルドーザで16機種の測定を行い現行機の燃費レベルを把握した。このときには富士のCMIに立会いをお願いし、測定の問題点確認、測定法細部までの統一と結果の確認を行った。

このデータを元に、各クラスのトップランナーを100%とし、100%以上の低燃費の機械、100～85%、85%未満の3段階に分けた建機の燃費基準が、2011年2月に開かれた国交省の『建設施工の地球温暖化対策検討分科会』で了承された。対象は油圧ショベルが標準バケット容量0.28～1.4m<sup>3</sup>クラス、ホイールローダがエンジン定格出力40～230kW、ブルドーザがエンジン定格出力19～300kWで、排ガス規制により燃費レベルが異なることが予想されるので、基本的に2014年規制対応機からとしている。国交省による認定制度詳細については、本号の別記事にて記載されているのでそちらを参照願いたい。なお、2014年規制対応機発売までの経過処置として、対象機種の現行機（排ガス3次対応機）はカタログへの評価値記載方法、2011年規制対応機については、カタログへの評

価値と燃費レベルの表示として、☆数表示方法を決めている。

（燃費レベル100%以上：☆☆☆、85～100%：☆☆、85%未満：☆）

## 7. ISOへの提案

全世界的なCO<sub>2</sub>削減の機運の中で、ISOの部会においても建機のCO<sub>2</sub>排出量の表示や低燃費化のために燃費測定法が議論されている。日本からはこのJCMASを提案しており、JCMASの模擬動作による測定法と実掘削で測定する2案を中心に討議されている。本件に関しては本誌の2010年11月号P67の部会報告にて詳細報告されているので興味のある方は参照されたい。

## 8. おわりに

本件は当初、日本建設機械化協会のショベル技術委員会とトラクタ技術委員会が中心となって検討していたが、その後、両委員会と両委員会の属する機械部会、ならびに製造業部会合同で、作業燃費検討WGが作られ総合的な検討を進めてきた。長期間携わっていただいた両委員会ならびにWGのメンバー、および国交省の関係者に感謝する次第である。JCMASの本測定法は、これから国交省の制度や各メーカーの開発の中で実際に使われるもので、実用化は今からスタートするといえる。実際の使用の中で新たな問題点や意見により更なる改良が必要になると思われるので、今後も皆様のご指導とご協力をお願いしたい。

JCMAS

【筆者紹介】

田中 利昌（たなか としまさ）

(株)日本建設機械化協会

製造業部会・機械部会 作業燃費検討WG

リーダー