2. 油圧ショベルの「省エネモード」を活用した二酸化炭素排出量縮減効果の検討 - 施工現場で今すぐできる地球温暖化対策の提案 -

国土交通省中部地方整備局 中部技術事務所:山崎 茂雄、〇桜田 明彦

山下 好紀、 牧戸 由美

1. はじめに

建設施工分野における地球温暖化対策として、施工 段階における二酸化炭素 (CO2) 排出量の縮減には 建設機械の燃料消費量(燃費)を低減させる取組みが 有効なのは論を待たない。しかし、建設機械に係わる 地球温暖化対策を検討するにあたって必要となる燃費 の絶対的な評価・試験方法は世界的に見ても存在しな いことから、建設機械を低燃費運転することによるC O2縮減の計画にあたって具体的数値目標がたてづら い、また実行した場合の評価には個別の機械の給油量 管理を行う必要があるなど多大な労力を要するものの 相対的な評価しかできないという実態があり、建設機 械に係わる温暖化対策を難しくしている現状があった。 そこで、絶対的な燃費を評価し将来的には低燃費型建 設機械の指定制度等にもつながる燃費試験方法を検討 した結果、現在主要3機種(油圧ショベル、車輪式ト ラクタショベル、ブルドーザ)の燃費試験方法が日本 建設機械化協会規格として暫定的に制定され試行され ている。

本報告は、この燃費試験方法の検討過程で実施した 油圧ショベルの試験運転の際、機種や運転パターンに かかわらず省エネモード選択時には燃費の低減傾向が みられることに着目し実際の施工現場で稼動している 油圧ショベルの燃費調査や各種実態調査等を実施した ところ、油圧ショベルの省エネモード活用が施工段階 の地球温暖化対策に有効であることを確認したので報 告するとともに、今後予想される各種制度の制定を待 たずに実施できる建設機械に係わる地球温暖化対策と して提案するものである。

2. 建設機械の地球温暖化対策と油圧ショベル

2. 1 油圧ショベルのCO2排出量寄与率

建設施工に使用される建設機械の排出ガス対策の効果は保有台数の上位を占める主要3機種の影響が大きいが、保有台数に機械の稼動時間等を勘案したCO2排出量を算出すると、油圧ショベルは全建設機械の50%程度を占めている(図1、図2)ことから、油圧ショベルに対して各種対策をとることが建設施工のCO2縮減効果に有効であるといえる。

2. 2 油圧ショベルの省エネモード

建設機械のCO2縮減技術は各メーカーで取り組まれており、その中心的技術はエンジン回転制御や馬力制御などによる低燃費技術となっている。

これらは特に油圧ショベルで最も多く取り組まれて

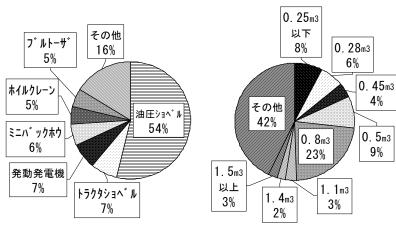


図1 建設機械のCO2排出寄与率

図2 油圧ショベル規格ごとの CO2排出寄与率



写真1 省エネモードスイッチの例

いるところで、代表的な技術として「省エネモード」があげられる。省エネモードはその呼称や選択方式はメーカーで異なるが、メーカの設定しているスイッチ選択等を行ったとき、諸設定の変更や自動制御等によりエンジン回転速度を下げエンジン燃料消費率のよい運転点の運転頻度を高くするなどを行って単位作業量あたりの燃費を低減させる機構のことをいい、0.5 m³級(12t級)以上の標準仕様の油圧ショベルのほとんどに採用されている。

ただし、機械の販売において一般家庭用機器やその 他の汎用機械にみられるような省エネ性能の優位性を 積極的に打ち出している例は少ないようで、現場での 認知度とその活用実態は不明である。

2. 3 省エネモード運転時の燃費低減効果

油圧ショベルの燃費試験方法策定にあたり、試験運転方法を決定するのに必要となる「実作業運転」と「実作業を模した試験のための運転」間の燃費の変動や相関を確認することを目的に掘削積込作業構内試験(以下、構内試験)をおこなっている。この試験は土質の影響を排除するために施工技術総合研究所構内に作業試験場を設け、平成12年度に0.5 m³級(12 t級)を、平成15年度には0.8 m³級(20 t級)の油圧ショベルを対象に、標準モードと省エネモードの両運転モードに対して実施した。

図3は構内試験における0.8 m³ 級油圧ショベルの「実作業運転」と「実作業を模した試験のための運転」それぞれの燃費の相関図であるが、省エネモード運転時には明確な燃費低減傾向があることがわかる。さらに各機械ごとに詳細に分析した結果、平均値で時間あたり作業量(作業能力)の低下を4~5%程度に抑えつつ燃費を約15%程度低減していることが確認された(図4)。

3. 現場実態調査

構内試験における運転においてその効果が確認された省エネモードが、様々な条件下で多様な作業を行う 実際の施工現場でも同様の効果が発揮できれば施工現場における地球温暖化対策のひとつとなり得ると考えられる。

そこで省エネモードがどの程度利用されているのか

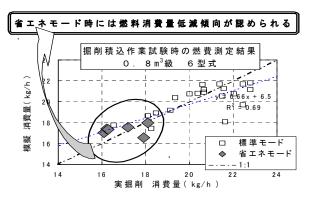


図3 構内試験時の燃費測定結果の事例

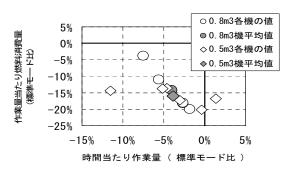


図4 省エネモード時の燃費低減効果

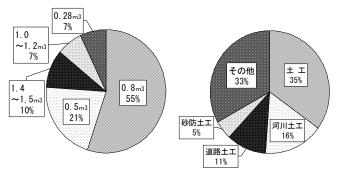


図5 現場で使用されていた油圧ショベルの規格

図6 油圧ショベルが稼動していた工種

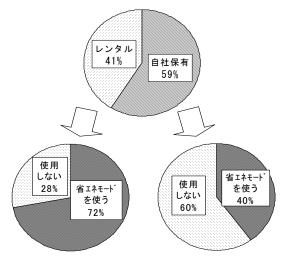


図7 保有形態と省エネモード使用の関係

現場実態を調べると共に、中部地方整備局直轄工事の 2現場においてそれぞれ1台の油圧ショベルを標準モードと省エネモードで各1日運転し燃費の現場確認を 行うこととした。

3. 1 アンケートによる現場実態調査

油圧ショベルが施工現場における一日の運転においてどのような作業を行っているか、また装備されている省エネモードがどのように利用されているか等を把握するため、中部地方整備局が発注した工事の施工現場で稼動している油圧ショベルのオペレータを対象にアンケート調査を実施した(おそらくこの種の現場実態調査は始めてではないかと思われる。)。

各現場とも工事最盛期の中でのアンケート実施となったものの75件の回答を得られたもので、回答の分析結果は次のとおりである。

- ①現場で使用されている油圧ショベルは0.8 m³ 級が約5割を占めている。これは機械の普及率 とも一致している。(図5)
- ②油圧ショベルの稼動していた主工種は土工が約 7割を占めていた。(図6)
- ③レンタル機のオペレータ、運転経験が20年以上のオペレータは省エネモードの使用率が高い傾向がみられた。(図7、図9)
- ④図8に示すように、省エネモードを使用するオペレータは約7割に及ぶことがわかった。ただし、油圧ショベルは1日中同じ作業を継続的に行うことはなく単純な省エネモードの利用割合だけではその有効性を判断できないため、1日

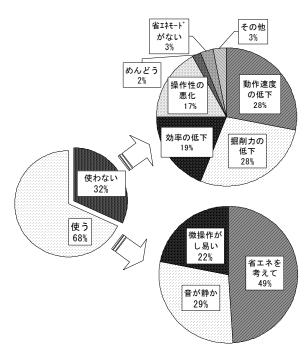


図8 省エネモード使用の有無と理由

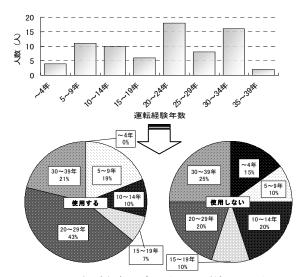


図9 経験年数と省エネモード使用の関係

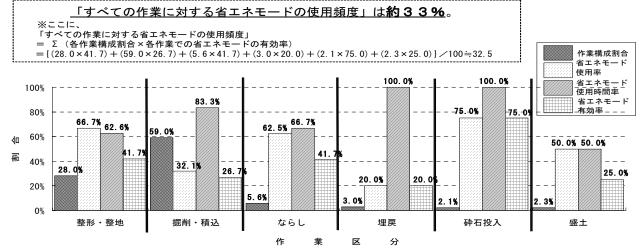


図10 作業ごとの省エネモード使用実態と総作業に対する使用頻度(モードの有効度)

における油圧ショベルの作業構成や作業項目毎 の省エネモード利用割合、作業項目ごとの省エ ネモード使用時間割合について整理を行った。

その結果、図10に示すように1日の運転における作業時間割合は掘削・積込作業が高いが作業区分に対する省エネモードの使用率や使用時間率は低いこと、ならしや埋戻し作業ではこの逆の傾向があること、総作業あたりの省エネモード使用率(省エネモードが有効な割合)は約33%となることがわかった。これは、掘削・積込作業にあたっては省エネモード利用による「掘削力の低下や動作速度の低下」等を嫌うオペレータが多いことを表していると考えられ、図8に示す省エネモードを使わない理由とも整合しているといえる。

アンケートの結果、油圧ショベルのオペレータの多くに省エネモードは認識され利用もされているものの、 充分にその有効性が発揮されるような活用となっていない実態が明らかになった。

3. 2 実現場における燃費確認調査

3. 2. 1 調査概要

構内試験と実現場における燃費や作業性の差異を確認すること目的として、中部地方整備局発注工事のうち2件の河道掘削工事における掘削・積込み作業において、標準モード使用時と省エネモード使用時の燃費やサイクルタイムの違いを調査した。なお、調査の実施条件は次のとおりである。

調查条件

- ○調査対象油圧ショベルは0.8m³級とした。
- ○機種・型式の対象は、構内試験を行った6機種とし このうちの任意の2機種とした。
- ○調査は、省エネモード運転作業を1日、標準モード 運転作業を1日を交互に繰り返し給油量、サイクル タイム等を計測した。
- ○エンジン回転速度、排出ガス温度の測定はセンサー を取付けて自動取込した。
- ○オペレータは、1現場1人に固定した。
- ○アイドリング制御機構(オートデセル)は、調査期間中「OFF」に固定した。
- ○走行速度段は、長距離移動を含め低速度段とした。
- ○稼働中のエンジン回転速度の調整は最高位置とした。なお、待ち等は最低位置でもよいこととした。
- ○エアコンは、未使用とした。

3. 2. 2 調査結果

①燃費の測定結果

2現場における各油圧ショベルの給油量は表1に示すように省エネモードでの作業時は明確に減少していることから省エネモードの効果は明らかである。しかし、掘削・積込作業を対象として調査しているものの日々の作業構成や作業土量も変化するなど作業内容は同一ではなく単純な給油量では省エネモードの効果は評価できない。そこで、対象機種の各現場での掘削・走行・アイドリング等の動作区分ごとに構内試験で得た時間あたり燃費に基づく検証を行うと共に、構内試験時におけるエンジン回転、エンジン負荷との差を補正するなどし各機械の時間あたり燃費を比較した結果、図11に示すよう構内試験時と同等以上の燃費低減効果を発揮していることが確認できた。

②サイクルタイム

油圧ショベルの「掘削→旋回→ダンプトラックへの 積込み→旋回」という一連の作業手順をサイクルタイムとして計測した結果、両現場の油圧ショベルとも省 エネモード運転時は標準モード運転時に比べ1秒程度

表1 各油圧ショベルの給油量

機種	燃料補給量		燃料縮減率
1成 1里	標準モード時	省エネモード時	※ 科雅 減 辛
Aバックホウ	148 L	115 L	22%
Bバックホウ	159 L	127 L	20%

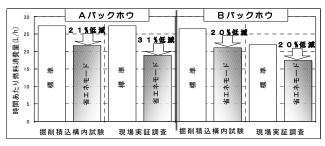


図11 調査機種の省エネモードの効果

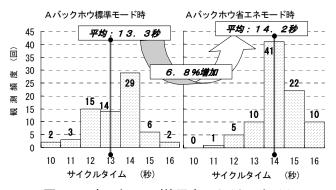


図12 省エネモード使用時のサイクルタイム

これまでの構内試験による省エネモード効果(平均値)					
棚	サイクルタイ ム	時間あたり作 業量	時間あたり燃 料消費量	作業量あたり 燃料消費量	
0.8m3	5 %増	4%減	18%減	14%減	
0.5m3	4 %増	4%減	19%減	16%減	
		調査結果からられている省			

図13 省エネモードの使用効果

(割合としては7%程度) サイクルタイムが増加していた(図12)。ただし、時間的にはわずかであり、また現場での作業状況を観察したところ大きな作業能力の低下はみられず、標準モード作業日と省エネモード作業日の作業土量も大きな変化はみられなかった。

4. 省エネモードの二酸化炭素排出量縮減効果

4. 1 省エネモードの燃料消費量低減効果

現場調査の結果、実現場における省エネモードの有効性は構内試験時と同等であることが確認できたことから、図13に示すようにこれまでの構内試験等で得られている数値を平均化し、0.5 m³級と0.8 m³級油圧ショベルの省エネモード使用時は15%の燃費低減効果があると評価することができるものと考えられる。

4. 2 省エネモードの二酸化炭素排出量縮減効果

油圧ショベルの省エネモード利用による燃費低減効 果が施工現場のCO2排出量の縮減にどの程度影響するのか、平成16年度における中部地方整備局発注工 事をモデルに試算した(試算は建設投資額と建設機械 の稼働が比例関係にあると仮定している)。

試算の結果、平成16年度の中部地方整備局直轄工事において0.5 m³級と0.8 m³級の油圧ショベルが省エネモードをフル活用すれば、約80,000 t-CO2の推定排出量からさらに約2,500 t-CO2の排出量縮減が期待できる試算結果が得られた。これは中部地方整備局が実施する工事からの推定CO2総排出量の約3%にすぎないものの、年間走行距離10,000 Kmのガソリンエンジン自家用車で考えた場合1,350台分の縮減量に相当するもので、CO2吸収のための必要森林面積に換算すればナゴヤド

- ①中部地方整備局における排出量の推定値 中部地方整備局発注工事における排出量
- =((建設業の軽油消費量×排出係数)/全国建設投資額 ×中部地方整備局事業費
- = $((2,639 \times 2.64) / 325,231) \times 3,742 = 80,160$ $\Rightarrow 80,000 (t-002)$
 - ここで、建設業の軽油消費量=2,639 (千kL)
 - ※「総合エネルギー統計」(平成12年度:資源エネルギー庁)による
 - 排出係数=2.64 (Kg-CO2/L)
 - ※「地球温暖化対策地域推進計画策定ガイドライン」(環境省)による
 - 全国建設投資額=325,231 (億円)
 - ※ 国土交通省公表資料(平成12年度)による 中部地方整備局事業費=3,742 (億円)
 - ※ 中部地方整備局記者発表資料(平成16年度)に
- ②上記排出量のうち油圧ショベルからの排出量推定値 油圧ショベルからの排出量
 - =中部地方整備局発注工事における排出量 ×油圧ショベルの寄与率
- =80,000×0.32=25,600≒25,000 (t-C02) ただし、油圧ショベルの寄与率はその効果を確認 済みの0.5 m³級、0.8 m³級の寄与率(図2) である。
- ③油圧ショベル(2機種)省エネモードの100%活用効果 調査結果により33%の活用にすぎない油圧ショベル の省エネモードが100%活用されればその向上割合 は67%となる。

したがって、

1 0 0 %活用効果=25,000(t-C02)×15%×67% =2,512≒2,500(t-C02)

ーム約125個相当の面積に相当するものでその効果 は高いと考える。

5. 省エネモードを活用した地球温暖化対策

5. 1 施工現場での積極的な活用に向けて

施工現場においては、作業性が落ちる等の理由から 油圧ショベルの省エネモードが十分活用されていない 現状があるが、「建設現場で今すぐできる環境対策」 として省エネモードの積極的な使用は極めて有効であ ることがわかった。

今回の検討により省エネモード活用時の燃費低減効果を15%と定量化することができたことから、省エネモード運転時間あたりのCO2排出縮減量は次式で求めることができる。

CO₂縮減量 (Kg-CO₂)

燃料消費率 × 稼動時間 × <u>0.15</u> × 2.64 (L/Kw-h) (h) (1-0.15) (Kg-CO₂/L)

本式における燃料消費率は、建設機械損料表などで 公開されている値を使用すれば使用機械が特定できな い施工計画段階においても稼働時間を計画するだけで CO2排出縮減量を予測できる。

これまで、施工現場におけるCO2排出量縮減効果は事前計画が難しくまた実施後の効果を求めるには施工単位ごと、施工機械ごとの細かな給油量管理が必要だったことと比べると、時間管理だけでCO2排出縮減量が定量化できるので、今後工事発注機関においては技術提案などでの評価項目としての活用や発注仕様書での義務付け等に活用できるものと思われ、また、施工者にとっても事前に省エネモード活用による排出量縮減効果予測等により環境に配慮した施工計画の立案や技術提案が可能となると考えられるなど活用メリットは大きいものがある。

なお、活用時には省エネモード活用時間管理が必要となるが、オペレータを時間管理の煩わしさから解放するためには、近年各社が開発を進めている「建設機械稼働管理システム」(各社呼称は異なる)の利用や既存のタコグラフ等を利用する方法等が考えられる。また、簡易な方法として省エネモードを選択するスイッチ等の電気信号を利用して回転灯の点滅させるなど外部表示を行うことによる確認も考えられる。これは施工中の現場の監督的役割の技術者が省エネモードの使用状況を低コストで常時確認できるだけでなく、発注者・施工者双方が施工現場の温暖化対策に積極的に取組んでいることを社会的に容易にアピールするツールともなるもので、効果的な方法であると考えられる。

5. 2 地球温暖化対策の推進にむけて

京都議定書が2005年2月に発効し、建設施工分野におけるCO2排出量縮減対策としては、今後燃費試験方法の確立による燃費性能を絶対値として評価することによる各種対策技術の推進や機械指定制度などの温暖化対策が進むと思われるが、解決すべき課題も多いと思われる。そこで各種制度制定までのつなぎ措置として、建設機械の省エネモードの機能を考慮した

機械の評価制度や各種の省エネ運転技術の向上に取り 組むことは比較的短期間に実施できるだけでなく一定 の効果も得られるため有効であると考えられる。

また、各機械メーカにあっても、油圧ショベルの省エネモード機能搭載機をさらに増やしたりその効果を向上させるとともに他の建設機械への省エネモードや低燃費運転モード等の搭載を進めるとともに、施工者やオペレータ等エンドユーザに対する積極的なPRを行うなどの取り組みを強化することも省エネモードの活用、ひいては建設施工分野における地球温暖化対策を推進する大きな原動力となるものと期待される。

6. おわりに

今回全機種ではないものの油圧ショベルの省エネモード使用効果を一定に評価できたことから、相対的な評価にはすぎないものの省エネモードを活用した運転を行うことがこれまでより一歩進んだ温暖化対策に寄与できることになるものと考える。今後可能であれば今回直接確認できていない規格についての効果の評価や現場での実績の積み重ねによるCO2縮減効果評価方法の精度向上に取組みたい。

建設施工分野における地球温暖化対策は、建設機械に係る対策以外にも多様な手法が考えられるが、建設施工現場の第一線にたつ発注者・施工者双方の技術者におかれては、まずは「どんな現場でも1台は稼動している油圧ショベル」を利用した新たな投資が不要で手軽に実施できる施工現場の温暖化対策として、省エネモードの活用に積極的に取組んでいただくとともに、地球温暖化対策の一手法として広く普及するなど、本報告が建設施工における地球温暖化対策推進の一助となれば幸いである。

最後に、中部地方整備局各事務所並びに各施工現場の関係者の皆さま及び施工技術総合研究所のご協力により本報告をとりまとめることができたことを記し、 謝意を表します。

参考文献

- 1) 「建設施工における地球温暖化対策の手引き」、(社) 日本建設機械化協会 (平成15年7月)
- 2)「地球温暖化対策省エネ運転マニュアル」、(社) 日本建設機械 化協会(平成15年6月)