CMI 報告

油圧ショベルの省エネ施工
―省エネ効果の検証試験―

佐藤　充弘・稲葉　友喜人

1. はじめに

建設施工における地球温暖化対策は，機械の燃料等エネルギー消費に係る対策と資材に係る対策が主要なものとなる[1)]。

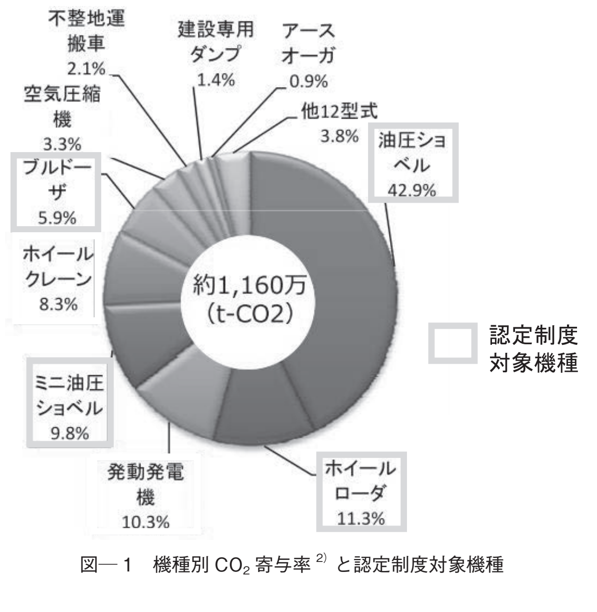
建設機械が消費する燃料の削減を図るためには，機械本体の燃料消費量を低減する方法と施工方法（運転方法を含む）を改善すること（以下，「省エネ施工」とする）で燃料消費量を削減する方法がある。

前者については2013年3月「燃費基準達成建設機械認定制度」（国土交通省）の制定（2014年6月改正）により**図―1**に示す土工主要機種の対策が図られた。

一方，後者の省エネ施工については，一部企業で取り組まれているが普及には至っていない。省エネ施工が普及に至っていない原因の一つに，削減効果が特定の機械のものであったり，定性的であったりして，現場の機械に適用しにくいことが推察される。

そこで，省エネ施工の取り組みの進展を図るため，建設機械を代表する油圧ショベルについて，その代表的な省エネ施工の燃費削減効果を明確にすることを目的に検証試験を実施した。

本稿は，上記検証試験の結果として試験車の全てに効果が確認された4種類の省エネ施工を報告するもので，検証試験は主に「平成26年度 建設機械施工における低炭素化・低燃費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：（一社）日本建設機械施工協会）によるものである。

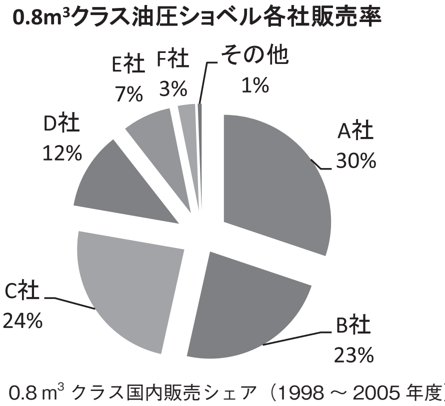


図―1　機種別 CO_2 寄与率[2)] と認定制度対象機種

2. 試験油圧ショベル

試験油圧ショベルは，油圧ショベルを代表するバケット山積容量0.8 m^3（排出ガス2006年規制）とし，**図―2**に示す販売シェア上位4社各1台とした。上位4社の総販売シェアは約9割に達する。

0.8 m^3 クラスは，各土木工事での使用頻度が高く，検証結果の適用性は高いものと考えられる。



図―2　0.8 m^3 クラス国内販売シェア（1998～2005年度）

3. 検証した省エネ施工と試験方法

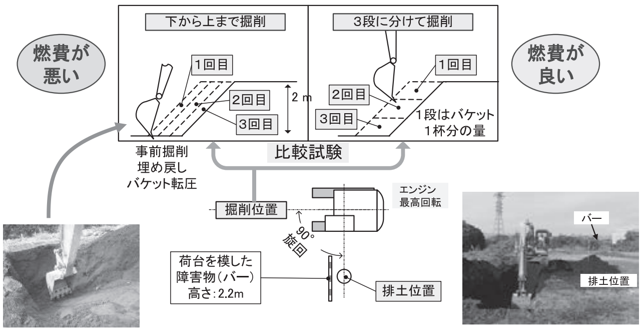
図―3に示すように，油圧ショベルの主要動作である掘削→旋回→排土→旋回（戻り）を1サイクルとして，掘削方法，旋回角度，積込み高さに対する省エネ施工について検証した。また，走行方法に対する省エネ施工についても検証した。

(1) 掘削に関する検証試験

掘削に関する省エネ施工の一つに“深堀りするときは，何段かに分けて掘削する方が効率的”[3)] とされている方法がある。この方法の効果を確認するため，**図―4**に示す比較試験を行った。

分 類	試験方法	燃費の良い動作 [3]
① 掘削方法	サイクル 掘削 ↓	深掘りするときは、何段かに分けて掘削
② 旋回角度	旋回 ↓	旋回角度は、できるだけ小さく
③ 積込み高さ	排土 ↓ 旋回（戻り）	油圧ショベルをダンプトラックの荷台高さ程度に配置して積込み
④ 走行方法	走行	高速度段にしてエンジン回転を抑える

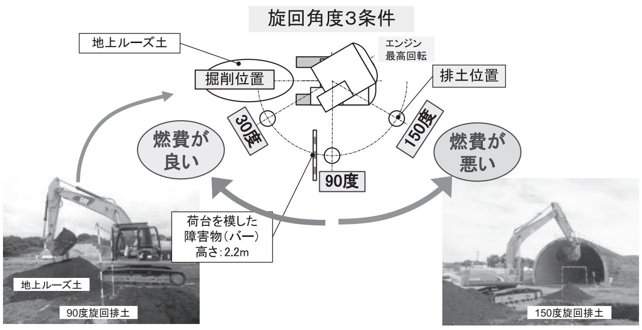
図―３　検証した省エネ施工



図―４　掘削方法に関する検証試験方法

（2）旋回に関する検証試験

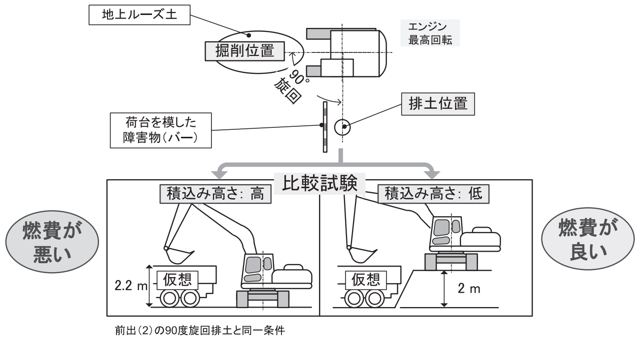
旋回に関する省エネ施工として“ダンプトラックは，油圧ショベルの旋回角度ができるだけ小さくなるように配置する”[3] とされている。旋回角度の燃費への影響を確認するため，**図―5**に示す３条件で試験を行った。



図―５　旋回に関する検証試験方法

（3）積込みに関する検証試験

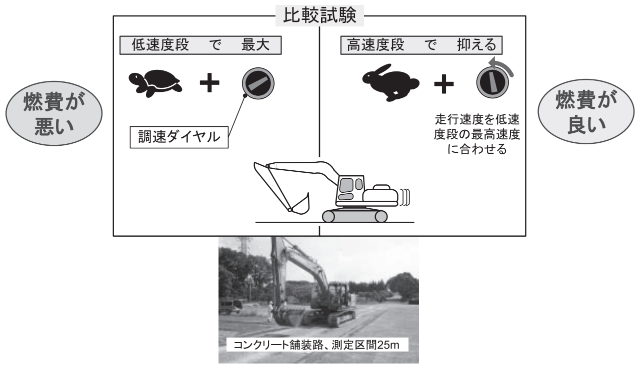
積込みに関する省エネ施工として“ベンチカット工法等では，掘削切羽の高さをダンプトラックの荷台高さ程度に設定して上段から積み込む”[3] とされている方法がある。この方法の効果を確認するため，**図―6**に示す比較試験を行った。



図―６　積込みに関する検証試験方法

（4）走行に関する検証試験

走行に関する省エネ施工として“待機場から作業場所への移動など，長距離走行を行う場合は，走行変速段を高速段にして，エンジン回転を抑える”[3] とされている方法がある。この方法の効果を確認するため，**図―7**に示す比較試験を行った。



図―７　走行に関する検証試験方法

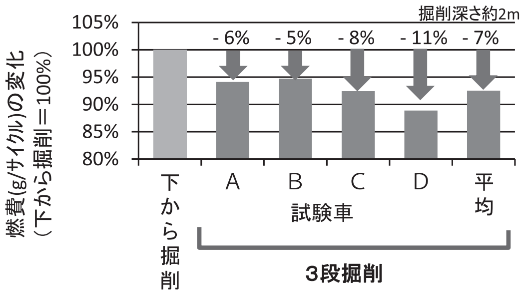
4. 検証結果

省エネ効果の評価は，同じ仕事量を処理したときの消費量で行うのが適当である。現場では土量当たり消費量で評価するのが現実的であるが，掘削土量は土の密度や固さなどの変動要素を含むので評価尺度として適当ではない。そのため，掘削積込み作業についてはサイクル当たり消費量（g/ サイクル）で評価した。サイクル当たり消費量は，バケットに入る土量を一定と見なした仕事量当たり消費量に相当する。走行については走行距離当たり消費量（g/m）とした。

（1）掘削手順の改善による省エネ効果

（a）試験結果

深さ２m を掘削した事例として，３段に分けて掘削



図― 8 掘削方法の改善による省エネ効果

した場合，下から上まで掘削した場合と比較して平均7％燃費（g/ サイクル）が削減した（**図― 8**）。

（b）省エネ効果の分析

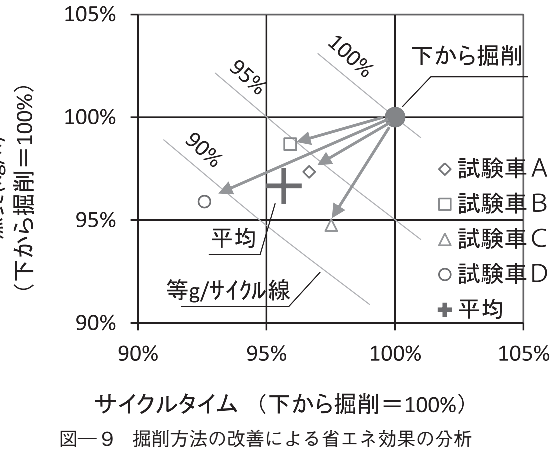
燃費の評価に用いたサイクル当たり消費量は，値が小さくなる要素として次の2項目があり，これらの積がサイクル当たり消費量になる。

・時間当たり消費量（g/s）の減少

・サイクルタイム（s/ サイクル）の短縮

サイクル当たり消費量が小さくなる現象の中には，時間当たり消費量の減少が大きければサイクルタイムが延びている場合もある。サイクルタイムの延びは，工事においては施工能力の低下に繋がることから，サイクルタイムと時間当たり消費量の変化を調べた。

結果は**図― 9** に示すとおりであり，サイクル当たり消費量がサイクルタイムの短縮と時間当たり消費量の減少の両方で削減していることが分かる。



図― 9 掘削方法の改善による省エネ効果の分析

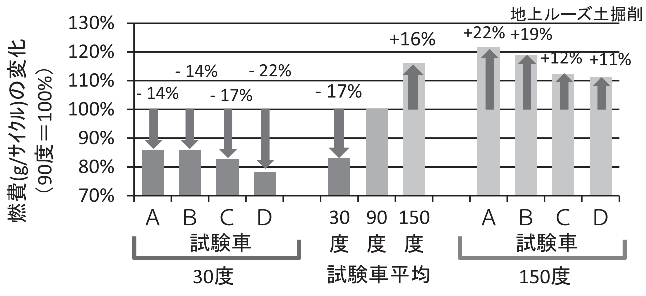
（2）旋回角度を小さくしたときの省エネ効果

（a）試験結果

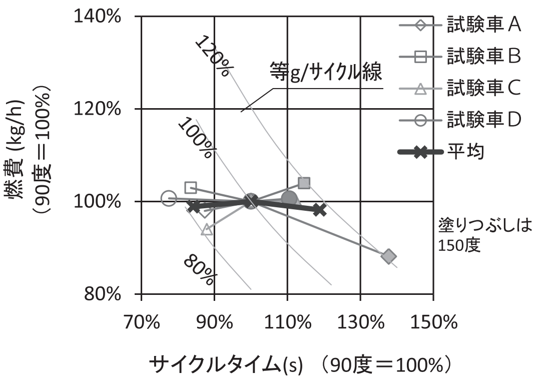
30度旋回の場合，90度旋回と比較して平均17％燃費（g/ サイクル）が削減し，150度旋回の場合，90度旋回と比較して平均16％燃費（g/ サイクル）が増加した（**図― 10**）。

（b）省エネ効果の分析

掘削手順の改善による省エネ効果と同様，サイクル



図― 10 旋回角度を小さくしたときの省エネ効果



図― 11 旋回角度を小さくしたときの省エネ効果の分析

当たり消費量（g/ サイクル）の変化の内訳として，サイクルタイムと時間当たり消費量の変化を調べた。

結果は**図― 11** に示すとおりであり，大まかに見ると，試験車に関わらずサイクルタイムの変化が大きく，時間当たり消費量の変化は小さい。したがって，旋回角度の変化がサイクル当たり消費量に与える影響は，サイクルタイムの変化が支配的であることが分かる。

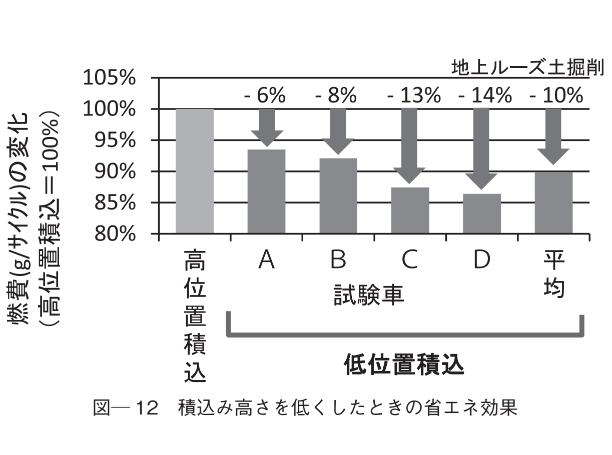
（3）積込み高さを低くしたときの省エネ効果

（a）試験結果

油圧ショベルをダンプトラックの荷台高さ程度に配置して積込み高さを低くした場合，ダンプトラックを油圧ショベルと同一面に配置したときと比較して平均10％燃費（g/ サイクル）が削減した（**図― 12**）。

（b）省エネ効果の分析

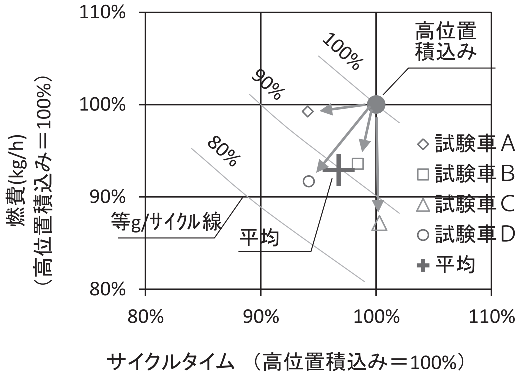
掘削手順の改善による省エネ効果と同様，サイクル



図― 12 積込み高さを低くしたときの省エネ効果

当たり消費量（g/ サイクル）の変化の内訳として，サイクルタイムと時間当たり消費量の変化を調べた。

結果は**図― 13** に示すとおりであり，積込み高さを低くした場合のサイクル当たり消費量の減少の内訳は，サイクルタイムの短縮が効いている試験車（A），時間当たり消費量の減少が効いている試験車（C），および両方が効いている試験車（B,D）があり，試験車で異なることが分かった。

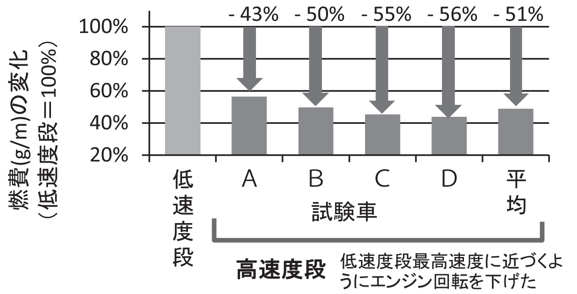


図― 13　積込み高さを低くしたときの省エネ効果の分析

(4) 高速度段にしてエンジン回転を抑えたときの省エネ効果

（a）試験結果

高速度段にして低速度段の最高速度までエンジン回転を抑えた場合，低速度段最高速度で走行したときと比較して平均 51 ％燃費（g/m）が削減した（**図― 14**）。



図― 14　高速度段にしてエンジン回転を抑えたときの省エネ効果

（b）省エネ効果の分析

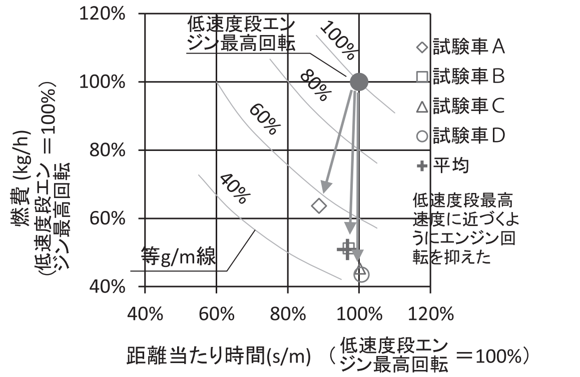
燃費の評価に用いた距離当たり消費量は，値が小さくなる要素として次の２項目があり，これらの積が距離当たり消費量になる。

・時間当たり消費量（g/s）の減少

・距離当たり走行時間（s/m）の短縮（速度の増加）

走行方法の比較は，走行速度が合うように試験したものであるが，エンジン調整ダイヤルのステップの関係で必ずしも走行速度が一致していないため，その影響を調べた。

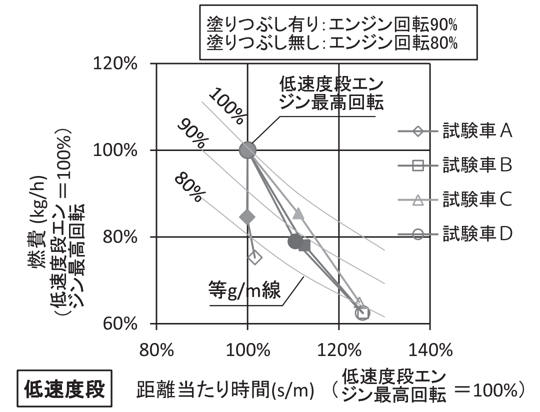
結果は**図― 15** に示すとおりであり，試験車（A）に走行速度の設定誤差が見られるが，時間当たり消費量の大幅な減少に比べて十分に小さいことが分かる。



図― 15　高速度段にしてエンジン回転を抑えたときの省エネ効果の分析

（c）低速度段でエンジン回転を抑えた場合の変化

作業中の走行は，低速度段の使用が多いことから，低速度段でエンジン回転を 90 ％と 80 ％に下げた条件を追加して燃費の変化を調べた（**図― 16**）。



図― 16　低速度段でエンジン回転を抑えたときの変化

エンジン回転を 80 ％まで抑えて走行したときの走行距離当たり消費量は，全ての試験車で 20 ％程度の削減効果が確認された。試験車（A）については，走行速度を落とさずに時間当たり消費量を下げる制御を行っていた。

5. おわりに

今回の検証試験は排出ガス後処理装置の装着を要さない排出ガス 2006 年規制車（3 次基準車）で実施したものであるが，2 次基準車と 3 次基準車の燃費差は小さい[4] ことから，2 次基準車に適用しても大きな違いは生じないと推察される。したがって，今回確認し

た削減効果は，多くの現場に対して省エネ施工の取り組みを推進するための資料として有用な成果と考える。

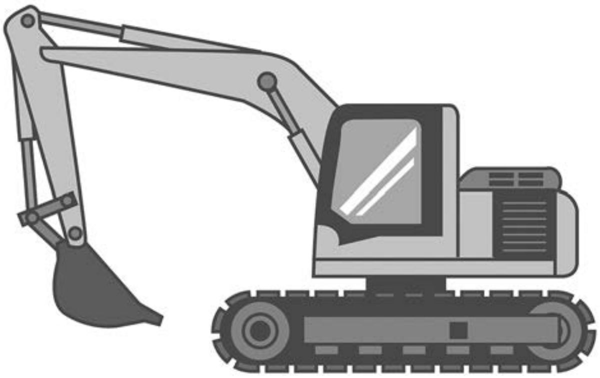
しかし，今後は燃費基準達成建設機械認定制度で認定された低燃費の排出ガス 2014 年規制車の普及が進むと予想される。認定車は，大幅な燃費低減を達成するためにこれまでの制御方法などを見直す可能性もあり，今回確認した削減効果が適用できない可能性があることから，排出ガス 2014 年規制車の普及を待って見極める必要があると考える。

J C M A

《参 考 文 献》

1）㈳日本建設機械化協会：地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル，pp.6，2003 年 6 月
2）国土交通省：平成 24 年度 建設施工の地球温暖化対策検討分科会 配布資料，pp.20，2013 年 2 月
3）㈳日本建設機械化協会：地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル，pp.9 ～ 15，2003 年 6 月
4）稲葉，前羽，佐藤：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，平成 23 年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集，pp.132，2015 年 11 月

[筆者紹介]

佐藤　充弘（さとう　みつひろ）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所　研究第三部
上席研究員

稲葉　友喜人（いなば　ゆきと）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所　研究第三部
主席研究員