

重機におけるエンジン回転数と燃料消費量の相関関係について

吉田 千智*

Chisato Yoshida

齋藤 貴之*

Takayuki Saito

井上 洸也*

Koya Inoue

1. はじめに

建設業で排出される二酸化炭素の約70%が重機・大型車両の燃料である軽油に起因している¹⁾。そこでエンジン高回転抑制やアイドリングストップによる省燃費運転に着目し、重機のエンジン回転数削減と燃料消費量削減効果について検証実験を行った。

本論文ではエンジン回転数と燃料消費量の相関関係について、エンジン回転数削減における省燃費運転の効果およびエンジン回転数が燃料消費量に与える影響に関する検証結果を報告する。

2. 検証実験

(1) エンジン回転数計測システム

本検証実験にて使用したエンジン回転数計測システムである『N-ECOMS(ネコムズ)』は、Nishimatsu - ECo Optimize Monitoring System(重機エコ最適化モニタリングシステム)の略で、当社で開発を行った、エンジン回転数や位置情報、稼働時間から建設機械をモニタリングするシステムである。(図一1)



図一1 『N-ECOMS(ネコムズ)』システム構成

(2) 燃料消費量測定

本検証実験にて実際に使用された燃料消費量の計測については重機へ燃料を満タンにしてから再度燃料を満タンにした時の給油量を使用した燃料消費量を計算する手法を用いた。

3. 検証実験内容

(1) エンジン回転数削減における省燃費運転の効果

エンジン回転数削減における燃料消費量と作業効率の關係に着目し、検証実験を行った。0.8m³級バックホウを対象とし、残土搬出ダンプトラックへの積込作業を行った。

作業エンジン回転数[rpm]を10%下げた時の、エンジン回転数と燃料消費量の相関としてエンジン回転数[rpm]と燃費[L/h]、その際の作業効率として回転数[rpm]と作業量[m³/h]について調査した。

回転数を以下の3パターンに分けて実験を行った。

①エンジン回転数100% 1750[rpm]

②エンジン回転数90% 1570[rpm]

(最低0[rpm]、最大1750[rpm]とした時の90%)

③エンジン回転数90% 1670[rpm]

(最低1050[rpm]、最大1750[rpm]とした時の90%)

また、1台あたりの10t積ダンプトラック作業量を計測した。作業に要する時間、0.8m³級バックホウの積込回数をそれぞれ計測した。

(2) エンジン回転数が燃料消費量に与える影響について比較検証

本検証実験ではエンジン回転数と燃料消費量を回帰することで関係性を調査した。比較対象として実際の燃料消費量および機械の燃料消費率から導出される燃料消費量を用いた。

対象は土砂積み込み用の1.4m³級バックホウ、土砂運搬用の20t重ダンプトラック、搬入骨材仕分け用の2.0m³級ホイールローダの3種類の重機とした。

4. 検証実験結果

(1) エンジン回転数削減における省燃費運転の効果

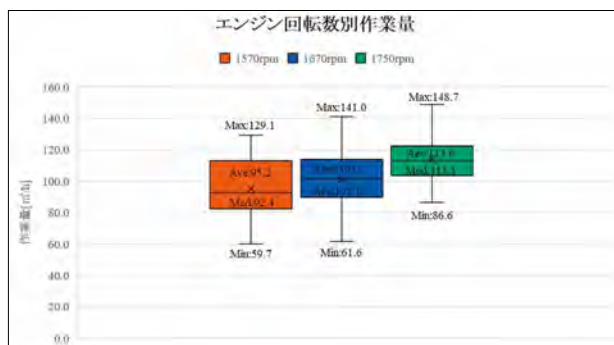
表一1にエンジン回転数が最大であるパターン①作業時から各パターンの燃料消費量削減率を示す。エンジン回転数をパターン①作業時からパターン③作業時にエンジン回転数を低下させた時、21.8%(3.8[L/h])燃費が向上した。また、パターン①作業時からパターン②作業時にエンジン回転数を低下させた時、38.7%(3.0[L/h])燃費が向上した。およそ100[rpm]下げると3[L/h]程度の燃料消費量削減効果があることを確認した。

* 本社 機材部

表ー1 エンジン回転数ごとの燃料消費量削減率

作業日	回転数 [rpm]	エンジン回転数削減率[%]	燃費 [L/h]	燃料消費量削減率[%]	燃料消費量平均削減率 [%]
Day1	1750	0	17.8	0.0	0.0
Day2	(0~1750rpmの100%)	0	17.5	0.0	
Day3	1570	10	11.5	34.9	
Day4	(0~1750rpmの90%)	10	10.1	42.5	38.7
Day5	1670	5	13.9	21.5	
Day6	(1050~1750rpmの90%)	5	13.8	22.0	
Day7		5	13.8	21.8	21.8

図ー2に1台あたりの10t積ダンプトラック作業量に要する作業時間[s]を1台あたりの積込土量3.8[m³]にて除算したものを各エンジン回転数で比較したグラフを示す。エンジン回転数をパターン①作業時からパターン③作業時にエンジン回転数を低下させた時、平均11.0%(12.5[m³/L])燃料消費量[L]あたりの作業量[m³/L]が低下した。また、パターン①作業時からパターン②作業時にエンジン回転数を低下させた時、平均18.4%(18.4[m³/L])燃料消費量[L]あたりの作業量[m³/L]が低下した。



図ー2 エンジン回転数別作業量

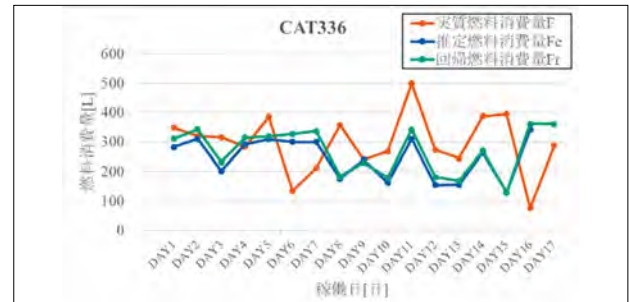
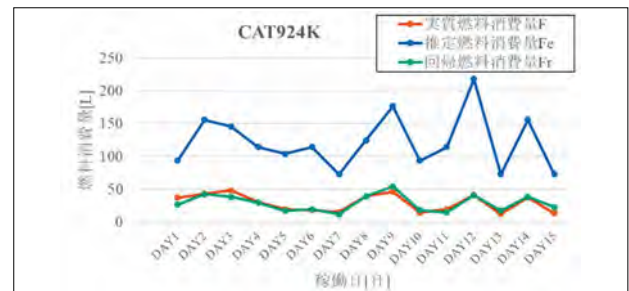
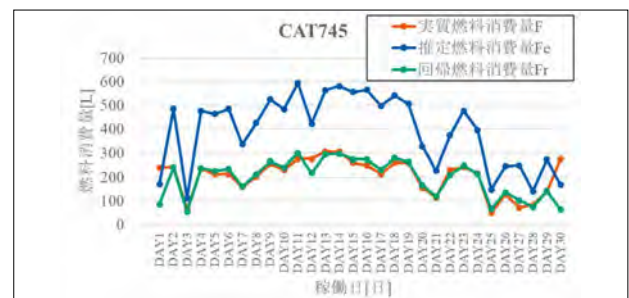
(2) エンジン回転数が燃料消費量に与える影響について比較検証

実燃料消費量 F, 回帰分析により求めた燃料消費量 Fr, 推定燃料消費量 Fe を各重機において比較した。

特に図ー3～図ー5に燃料消費量比較を示す。実際の燃料消費量 F (赤線) と回帰燃料消費量 Fr (緑線) の波形に着目すると類似性が認められるため、燃料消費量とエンジン回転数は相互関係にあり、比例関係に近いことが示される。図ー3より、バックホウは、実際の燃料消費量との比例関係が他の重機2つと比べ相関関係が低いことが挙げられる。他重機と比べバックホウにはアクセルワークがなく、エンジンを動力に作用するのは油圧システムのみである。そのため、油圧システムへのエンジン回転数と燃料消費量関係には他の要素への検討が必要と考えられる。

また、各重機における実燃料消費量 F との相対誤差について、バックホウでは F との相対誤差 29.11%, F との相対誤差 35.25%, ホイルローダでは F との相対誤差 13.35%, F との相対誤差 370.36%, 重ダンプでは F と Fr の相対誤差 21.54%, F との相対誤差 55.95%であった。いずれにおいても、F との相対誤差は 20%前後 (±10%以内) であり、より相対誤差が低く正確な値を示している。

データ数を増やし、回帰を繰り返し行うことで、より正確な値を考えると考えられる。

図ー3 1.4 m³ 級バックホウ (CAT336) 燃料消費量比較図ー4 2.0 m³ 級ホイールローダ (CAT924k) 燃料消費量比較

図ー5 40t 重ダンプ (CAT745) 燃料消費量比較

5. 結論

本実験ではエンジン回転数に着目し、燃料消費量について検証を行った。今回の結果を受けて、重機の大きさや機種によらずエンジン回転数が燃料消費量に密接に関係することが認められた。また、比例関係も見取れることから、メーカーや重機によらず、容易にかつ正確に燃料消費量を推定することが可能である。

建設業界における CO₂ 削減には電動機械やハイブリッド機械の導入等、機械側で対策されることが多いが、本検証においてエンジン回転数の制御 (= 省燃費運転) が、効果的であることが検証されたと考える。ユーザー (施工) 側が実施可能な対策である省燃費運転をさらに発展させ、今後は作業効率と省燃費性を両立させるための手法を確立していく必要がある。

参考文献

- 1) 日本建設業連合会:「わたしたちにできる地球温暖化防止」, pp.10, 2019 年