

建設機械省燃費運転の普及活動

乾 寛

地球温暖化の防止及び原油高騰への対応の面から、省燃費運転は避けて通ることのできないテーマとなっており、各建機メーカーにとって、燃費の少ない機械の開発が最重要課題となっている。しかしながら、燃料消費量には運転方法が大きく影響し、最終的に省燃費を実現するためには、運転方法改善への取り組みが不可欠である。したがって、建機メーカーには機械を生産・販売するだけでなく、運転方法についても適切な指導を行い、普及を図ることが求められている。また一方、燃料高騰の中で（最近は落ち着いてはいるが）ユーザにとっても省燃費は最大の関心事である。ここでは、省燃費に対する考え方、省燃費運転方法とその普及活動について述べる。

キーワード：省燃費運転，地球温暖化，CO₂削減，原油高騰，燃費低減，コスト低減

1. 省燃費運転についての考察

(1) 省燃費運転の定義

はじめに、省燃費運転の考え方について明確にしておかなければならない。もちろん、省燃費運転とは燃料を少なくする運転であるが、現実には誤解されていることもある。ユーザからは「1日（1時間）当たりの燃料消費量を少なくして欲しい。」とよく言われる。しかし、時間当たりの燃料消費量を低減させることは非常に簡単である。アクセルを絞れば確実に時間当たりの燃費は低減できる。ただ、そうすれば機械のパワーも低下し、作業量も減少する。一方、大量の作業をすれば必ず燃料消費量は多くなる。つまり、燃料消費量が大きいということは、それだけしっかりと仕事をしている、ということもできる。例えば、1日当たりの燃料消費量が10%削減できても、10日で終わる仕事が2日も3日も延びてしまったのでは省燃費とは言えない。CO₂の総排出量も増加してしまう。反対に1日当たりの燃料消費量が10%増加しても、9日以内で終了すれば省燃費は実現できたことになり、CO₂の総排出量も減少することになる。もちろん、1日当たりの燃料消費量が10%削減でき、かつ作業量の低下が10%以内であれば省燃費運転は達成されたことになる。

つまり、省燃費を論議する場合には時間当たり使用量（ℓ/h）ではなく、作業量あたり使用量（ℓ/トンあるいはℓ/m³）で行わなければ意味がないというこ

とである。具体的な例を表1に示す。例えばダンプへの積込作業で、積込作業比率が50%から80%へ向上すると、時間当たり燃費は約50%増加するが、作業量も同様に60%増加するため、作業量当たり燃費は7%低減し、結果的には省燃費運転となる。

表1 積込作業比率と燃費の関係

事例	積込作業比率 (%)	時間当たり作業量 (トン/H)	時間当たり燃費 (ℓ/H)	作業当たり燃費 (ℓ/トン)
A	50	100 (100)	11.0 (100)	0.1100 (100)
B	80	160 (160)	16.4 (149)	0.1025 (93)

作業時の燃費を20ℓ/H、アイドリングの燃費を2ℓ/Hとすると
 事例Aの燃費 = 20 * 0.5 + 2 * 0.5 = 11ℓ/H
 事例Bの燃費 = 20 * 0.8 + 2 * 0.2 = 16.4ℓ/H

(2) 省燃費と生産コスト

図1に示すように、機械経費の中で燃料費の占める割合は概ね25～30%程度である。この比率は、機械のサイズ、運搬距離や作業内容等の稼動条件によ

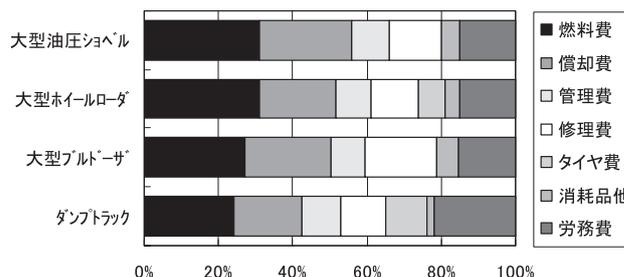


図1 機械経費に占める燃料費の割合

て大きく変動するが、かなりのウェイトを占めている。将来は燃料費の高騰が懸念されており、燃費削減は環境問題のみならず生産コスト低減のためにも避けて通れない課題である。

しかしながら、経費全体から考慮すると別の側面が見えてくる。前述した例の詳細を表一2に示す。事例Bに示すように、1日当たりの燃費が10%増加しても9日で作業が完了すれば、総燃費はほぼ同じである（省燃費は1%達成される）が、それにも増して、生産性が向上するため生産コストが低下するのである。機械経費全体に占める燃費の部分（約30%）が10%増加するが、償却費、管理費等他の経費はほとんど増加しない（厳密にはそうではないが）。したがって、この場合の時間当たり機械経費の合計は $30\% \times 1.1 + 70\% = 103\%$ となり、3%アップにとどまる。それに対して1日当たりの生産量は11%増加するため、7%以上のコスト削減が実現できるのである。

さらに頑張って仕事をし、1日当たりの燃費が40%アップにもなって、作業が8日で終了した場合を考慮してみる（事例C）。この場合、トータル燃費は12%の増加となり全く省燃費とは言えない。しかし、事例Bと同様に機械経費を求めると、この場合の方が生産コストは10%も有利となる。もちろん、省燃費の観点からは勧められる話ではないが、コスト低減も重要なファクターであり単純に無視するわけにもいかない。

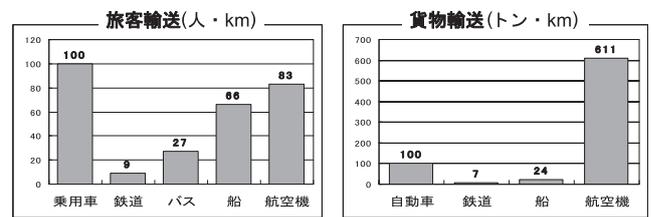
表一2 作業能力と燃費、生産コストの関係

事例	全体作業量 (トン)	1日当たり燃費 (ℓ/日)	稼働日数 (日)	総燃料 (ℓ)	1日当たり経費		1日当たり生産量 (トン/日)	生産コスト (円/トン)
					燃料費 (指数) (円/日)	その他 (指数) (円/日)		
	①	②	③	④ = ② * ③	⑤	⑥	⑦ = ⑤ + ⑥	⑧ = ① / ③
A	1,000	100	10	1,000	30	70	100	1.00
B	1,000	110	9	990	33	70	103	0.93
C	1,000	140	8	1,120	42	70	112	0.90

(3) 省燃費と経済合理性

別の観点から省燃費を考えてみる。図一2に示すように、人の移動に関しては、乗用車が最も効率が悪いかかわらず、鉄道、バスへのシフトはほとんど進んでいない。貨物輸送に関しても、最も効率の悪い航空機輸送が増大している。このような状況の中で強制的に省燃費措置をとると、かえって経済合理性を逸脱することになりかねない。建設機械でも同様のことが言える。作業量を稼がなければならないときは燃費を犠牲にしなければならない場合もある。いたずらに

省燃費に固執することなく、少なくとも、無駄な燃料消費を無くする、というスタンスで省燃費運転の普及活動を進めている。



(出典：文部科学省原子力百科事典ATOMICA)

図一2 旅客、貨物の輸送効率

2. 省燃費運転のための現場環境整備

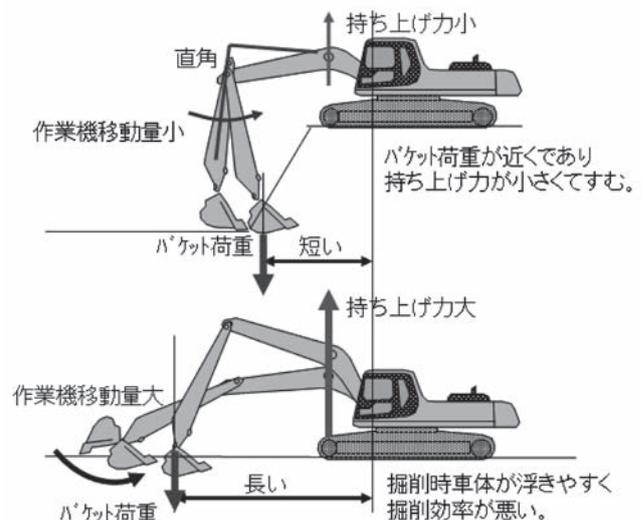
機械別の具体的な省燃費運転方法については、日本建設機械化協会からすでに小冊子「省エネ運転マニュアル」が発行されている。したがって、具体的な方法については割愛するが、その運転方法を実行するためには、そのための現場造成が必須である。

(1) 油圧ショベル

バックホーは本来下方掘削を前提として設計されている。さまざまな省エネ運転方法が紹介されているが、ダンプのベッセル高さ程度の掘削、積込ベンチを造成し、その位置で油圧ショベルが作業できるような現場環境としなければ実現は困難である。

そうすることによって、

- ①大きな掘削力を発揮できる。
- ②作業機の移動量が少なくてすむ。
- ③ツースが掘削方向に向きやすい。



図一3 作業位置による作業効率の違い

④ブームの持ち上げ力が少なくてすむ。
等の状況により省燃費運転が可能となる。

(2) ホイールローダ

ホイールローダは移動しながら掘削、積込を行うが、全体重量のうち運搬する岩石あるいは土の重量は15～25%程度しかない（大型になるほど比率は小さくなる）。言い換えればほとんどのエネルギーが自重の移動のために消費されているのである。このために、移動距離をできるだけ短縮することが省燃費に直結するわけであるが、そのためには、

- ①ダンプトラックをできるだけ切羽に近づけることができるような切羽展開。
- ②スムーズに前後進移動できるようなベンチ内フロアの平坦化。
が必要である。

また、同様の理由から積込回数を少なくすることも効果的である。10トンダンプの4隅にきっちりと積むために4回積んでいたのを積み込み方法を改善して3回にして効果を上げた例もある。大型バケットを装着し1回で積んでいる例もある。使用方法にかなりの制約条件があるが、確実に省燃費が実現している。

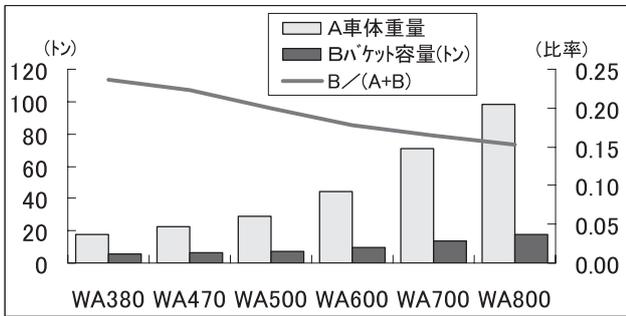


図-4 バケット容量と車体全体重量の比率

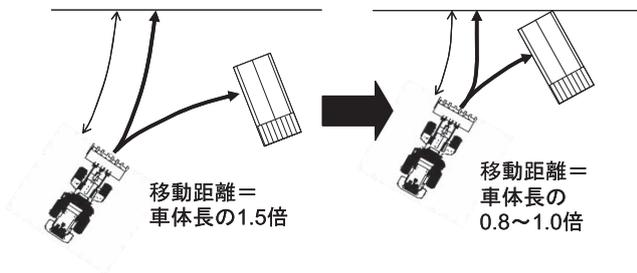


図-5 ダンプをできるだけ切羽に近づける切羽展開

(3) ダンプトラック

ブレーキを踏むことはエンジンが発生したエネルギーを無駄に捨てていることであり、できるだけ

レーキを踏まずに一定速度でスムーズに走行することが省燃費運転のポイントであるが、そのためには走路整備が必須である。オペレータにいくら省燃費運転を指導してもそれなりの環境整備ができなければ無理である。逆の言い方をすれば走路整備がしっかりできれば省燃費運転は自然と実現できる。

ホイールローダと同様にダンプトラックの場合も運搬効率は良くない。運搬時はエネルギーの約半分はダンプ自体の運搬に費やされ、帰りは空なのですべての燃料がダンプ自体の移動に費やされる。つまり全エネルギーの3分の1程度しか有効に使用されていない。さらに走路抵抗は燃料消費量に直結する。締め固められた走路の走路抵抗は3～4%程度であるが、泥濘地状態となると8～10%に上昇し、作業量当たり燃費は2倍程度に跳ね上がる。このことから走路整備がいかに重要かが認識できる。

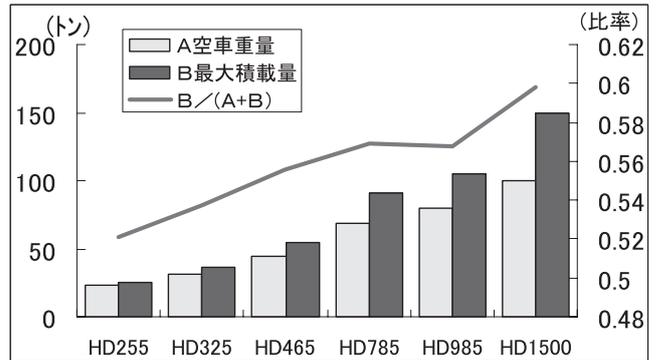


図-6 積載重量と車体全体重量の比率

また、図-7に示すように平坦地を往復するよりは、5～6%の積下り走路で往復の方がエネルギーは少なくてすむ。これは、降坂惰性運転時、燃料消費量がゼロになることから言えることであるが、実際に、ダンプトラックのスピードアップとあいまって30%の燃費低減を実現しているユーザもある。こういった走路が採用できる現場は限られると思うが、部分的に

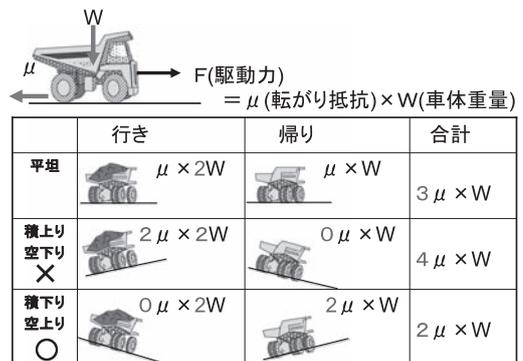


図-7 運搬状況による駆動力比較

も採用を検討する価値はあると思われる。

3. 普及活動

普及活動については、納得して省燃費運転を実現できるように、下記項目に重点をおいて実施している。

- ①座学だけでなく、できるだけ機械に乗って省燃費運転を体感していただく。
- ②講習前と講習後の燃料消費量を測定し、改善結果を確認していただく。
- ③ただ、単にトータル燃費を測定するだけでなく、個別作業要素ごとの燃費を測定し、きめ細かい改善を図る。(最近の機械は燃料噴射量等の測定装置を内蔵しており、簡単にアウトプットできる。)

デモセンターにはプロのオペレータが常駐しており、ユーザの希望に応じて省燃費運転講習会を実施している。また、状況によってはユーザの現場で実施する場合もある。2001年から実施し、今までに50余社、約220名のオペレータに実施している。また、燃費測定を含まない「省燃費講習会」も、各地域の販売店と協同で実施し、ユーザから評価を得ている。

以下、普及活動の実例について述べる。

(1) 油圧ショベル

テクノセンタでの掘削、積込作業例である。軽負荷作業でありパワーを抑えたモードで作業したため作業量は減少するが、それ以上に燃料消費量も低減し、結



写真1 油圧ショベル省燃費運転講習

表3 油圧ショベル省燃費実績

作業内容		燃費量 (ℓ/H)	作業量 (トン/H)	燃費率 (ℓ/トン)
積込作業 ・軽負荷モード使用 ・上部から下部へ 順番に掘削	講習前	21.1 (100)	453.1 (100)	0.047 (100)
	講習後	18.7 (89)	438.7 (97)	0.043 (91)

果的に平均約9%の省燃費が達成された例である(オペレータ5名の平均値)。

(2) ホイールローダ

ユーザの稼働現場で実施した例である。中型ホイールローダでの積込作業では2%程度しか省燃費効果は出なかったが、積込回数を減らすことにより、15%の省燃費効果が得られた。理論的には25%以上の効果が見込まれるはずであったが、積込・荷切り作業に時間がかかったためであり、作業に慣れればさらなる低減が期待できる。走行に関しては走路整備を行い車速をアップし、作業量を増やすところによって約10%の省燃費が達成できた(オペレータ14名の平均値)。



写真2 ホイールローダ省燃費運転講習

表4 ホイールローダ省燃費実績

作業内容		燃費量 (ℓ/H)	作業量 (トン/H)	燃費率 (ℓ/トン)
積込作業 ・軽負荷モード使用 ・オートシフトの活用	講習前	20.6 (100)	379.2 (100)	0.054 (100)
	講習後	19.8 (96)	373.4 (98)	0.053 (98)
積込作業 ・上記作業+ 積込回数の減少 4回→3回	講習前	18.8 (100)	281.3 (100)	0.067 (100)
	講習後	21.4 (114)	375.0 (133)	0.057 (85)
L&C(走行のみ) ・軽負荷モード使用 ・オートシフトの活用 3速→4速	講習前	22.0 (100)	338.0 (100)	0.065 (100)
	講習後	21.5 (98)	365.0 (108)	0.059 (90)

(3) ダンプトラック

ユーザの稼働現場で実施した例である。積上りの場合は、かなりの燃料を消費する。従って、下り時に定速惰性運転を行っても効果はほとんどでないが、積下

りの場合は、20%の燃費削減が達成できた。この場合は惰性運転の効果とともに、車速アップによる運搬量の増加も大きく影響している（個別測定値）。



写真-3 ダンプトラック省燃費運転講習

表-5 省燃費実績

作業内容		燃費量 (ℓ / H)	作業量 (トン/H)	燃費率 (ℓ / トン)
積り上り運搬 ・波状運転の禁止 ・惰性運行（下り）	講習前	59.7 (100)	250.8 (100)	0.238 (100)
	講習後	58.6 (98)	255.3 (102)	0.230 (97)
積り下り運搬 ・惰性走行（下り） ・5%走路勾配 （ブレーキ不要）	講習前	47.7 (100)	860.0 (100)	0.055 (100)
	講習後	38.0 (80)	860.0 (100)	0.044 (80)

(4) KOMTRAX データの活用

KOMTRAX とは車体各部に装着されたセンサーから燃費、圧力、異常情報等さまざまなデータを発信、蓄積するシステムであるが、蓄積されたデータは省燃費運転提案にかなり有効に活用できる図-8に示す「省エネ運転支援レポート」では

- ①エンジンは回っていても仕事をしていない状態が300時間以上（全体の26%）を占めている。
- ②全体の90%が軽負荷作業であるにもかかわらず、軽負荷モード運転が全くなされていない。

等の稼働実績が示されているが、今までの使用方法を改善することにより確実に燃費低減を実現できる。このように、ユーザの使用状況が長期間にわたって正確に記録されているため、個々のユーザ毎に個別の運転方法の改善を提案することができる。IT 機器の普及により実現した新しいサービス提案であるが、この種の提案は説得力もあり効果的でもあり、今後ますます活用を進めなければならない。

株式会社 様 KOMTRAX 省エネ運転支援レポート

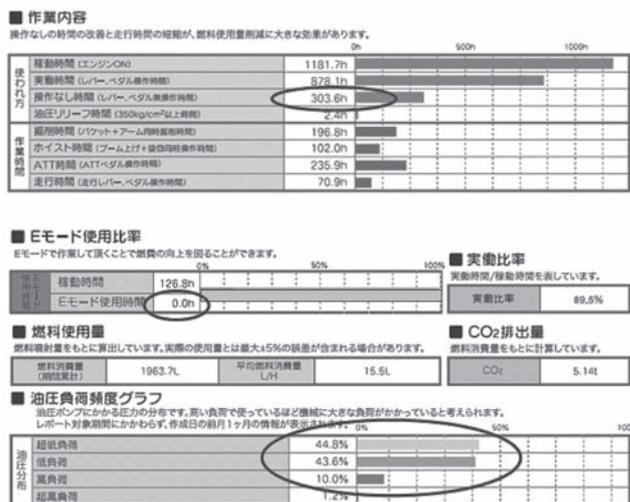


図-8 省エネ運転支援レポート

4. おわりに

省燃費運転の普及には、実際に燃費が良くなることを体得してもらうことが必要であるため、講習前と講習後の作業量当たりの燃費測定を原則としている。しかしながら、作業量の正確な測定が困難であるため、なかなか正しい作業量当たり燃費も得られにくくばらつきも大きい。燃費差を正しく把握する場合は、積載重量を固定したまま燃費を測定する場合もあるが、実際には、燃費は作業方法、稼働環境条件等にも大きく影響され、同じような作業をしたつもりでもデータは大きくばらつく。また、省燃費運転の効果が他の現場でも同様の効果を発揮するとは限らない。しかし、活動の目的は、省燃費データを詳しく取るのではなく、無駄な燃料消費を削減して、少しでも温暖化防止、コスト削減に貢献することである。オペレータが燃費低減の傾向を確認し、今後の運転に反映することである。そのためには、省エネ運転ができていくかどうかを、オペレータが運転しながら確認できる燃費計や負荷レベル計を建設機械全機種に装着することが望まれる。今後とも省エネ運転の普及を促進していきたい。

J|C|MA

【筆者紹介】

乾 寛 (いぬい ひろし)
株式会社小松製作所
営業本部サービス企画部
鉱山採石グループGM

