圃場実験用のトラクタ燃料計の試作

坂井直樹・春原 亘・高塚清一・

衛藤邦男・角田公正

Tractor Fuel Meter for Field Experiments

Naoki SAKAI, Wataru SUNOHARA, Seiichi TAKATSUKA,

Kunio ETO and Kosei TSUNODA

1 緒 言

エネルギー事情の変化に伴い、「エネルギーの有効利用」ということが、最近いろいろの方面で、研究課題に取上げられるようになってきた。著者らは、トラクタを中心とした一連の圃場作業体系の中でのエネルギーの有効利用をめざした課題に、昭和55年度から取組み始めた。そのために、圃場に投入されたエネルギーの一形態であるトラクタの燃料消費量を、精度高く測定する必要が生じてきた。当初、市販の車両用燃料消費計（以下、燃料計と略称した）の採用を検討してみたが、トラクタにとう載して圃場実験に用いた実績に乏しいこともあり、対象測定範囲や噴射ポンプからの「もどり」について、著者らの目的に適さないものであった。そこで新たに燃料計を試作することにした。

試作にあたって、①圃場での測定に主体を置く、②比較的高精度であり、しかも一作業工程での連続測定が可能、③製作と操作が簡易、などの点を考慮した。従来のトラクタとう載用の燃料計としては、LePoriとStapleton(1965)¹⁾、Reid(1979)²⁾のものが報告されている。70.6 kW(95PS)のトラクタに装備された、Reidの燃料計は、いくつか参考となる点を与えてく

れたが、連続測定時間が全負荷時で3分、1/2負荷時で6分と著者らの場合とは若干目的を異にするものであった。

トラクタとう載用の燃料計についての既往の報告は多くないようであり、本報では、試作燃料計の構造・性能などについて報告する。

2 実験装置と方法

1) 燃料計の構造

試作燃料計の配管系統図を第1図に示す。流路は、①非測定用、②測定用、③補充用の3系統からなっている。測定用タンク T_2 は、透明アクリルパイプ（外径77，内径65，高さ1,030 mm）に10mm間隔で、0～100の目盛を正確に刻んだものである（容量3,400 ml）。測定時には、 T_2 から流出した燃料は三方弁 V_2 ，燃料フィルタ F_1 ， F_2 ，噴射ポンプ P_3 ，噴射ノズル $I_1 \sim I_3$ を通してシリンダ内へ送られる。その時、余剰の燃料は図示された流路に従い、それぞれの箇所へもどされる。なお、停止弁 V_5 ， V_6 は通常閉じられている。 T_2 上部には空気抜き栓を取付けた。

燃料計は40PS級のトラクタ（MF135，エンジン：パーキンズAD3・152，アワメータ表示で1500hr経過のもの）の前部に取付けら

昭和56年4月11日受理

日本農作業研究会第16回講演会で発表

東京大学農学部附属農場，東京都田無市緑町，〒188

Experimental Farm, Faculty of Agriculture, University of Tokyo, Tanashi, Tokyo 188

れた。写真1, 2に全体の様子を示す。

第1図 燃料計の配管系統図

写真1 試作燃料計 (トラクタ前部に装着)

注) 座席上方のフレームは作業動作撮影用の8mmカメラを取付けるためのものである。

2) 圃場での測定の手順

あらかじめ定めておいた水平な計量場所 (著者らの場合, トラックスケールの台上で行った) で, V_2 と V_3 を非測定側に, V_1 を補充側にし, P_2 のスイッチをオンにして, T_2 の所定の目盛位置まで燃料を補充する。開始時の液面高さと液温を測定する。その後, V_1, V_2, V_3 を非測定側にした状態で圃場へ向う。圃場では,

写真2 試作燃料計

実験開始の合図と同時に, V_2 と V_3 を測定側にする。実験終了の合図と同時に, V_2 と V_3 を非測定側にし, そのままの状態です定の計量場所まで走行し, 液面高さと液温を測定する。これらのデータから, 消費量を求めた。

3) 燃料の密度の測定

体積基準で求められた消費量から, 温度の影響を除いた質量基準に換算するためには, 供試燃料の密度が必要となる。そこで, 試料を25mlのピクノメータに満たし, 真空ポンプで脱気後, インキュベータ内に30分間静置し, 4温度段階で各4反復の平均値として, 密度を求めた。

4) エンジン回転数の測定

室内測定の場合には, PTO軸の回転数をタコメータで測定し, 減速比の値を用いてエンジン (クランク軸) 回転数に換算した。

3 結果と考察

1) 燃料の密度

供試燃料 (軽油, 以下同じ) の密度の測定結果を第2図に示す。なお「メーカーによる測定」数値を同図にプロットしたが, 0.2%程度の違いで本測定値と一致していた。

2) 燃料計の性能

(1) 測定値の精度

試作の燃料計は閉鎖系であるため, 測定値の

第2図 供試燃料（軽油）の密度

精度は主に、目盛の読取り精度に依存しているものと考えられる。

メスシリンダによる体積の測定値を基準として、燃料計の読みとの整合性をみた結果を第3図に示す。液温の影響は顕著でなく、両者はきわめて良好な直線関係を示している。回帰式を求めると、

$y = 34.41x + 0.24$ （決定係数 $r^2 = 1.000$ ）

ここで、 y ：メスシリンダで求めた体積， ml
 x ：燃料計の目盛の読み，—

となった。

つぎに、液面高さの影響（同じエンジン回転数でも、液面の高低により消費量が異なるかど

第3図 燃料計の目盛のキャリブレーション

うか），及び測定値の再現性について調べた。

液面高さ(A)を3水準，エンジン回転数(B)を3水準，反復数3の要因実験を行った。ここで、Aについては、開始時の目盛で30, 60, 90とした。測定時間は各10分間とし、その間に液温1回，回転数3回の測定を行った。1水準計27個の回転数データから、各水準での平均回転数（rpm）を求めると、 $B_1: 588$, $C.V.=1.6\%$, $B_2: 1134$, $C.V.=0.7\%$, $B_3: 1640$, $C.V.=0.9\%$ であった。得られた結果を第1表に示すが、消費量に及ぼす液面高さの影響については有意差が認められなかった。

第1表 エンジン回転数と液面高さについての要因実験結果

液面高さ 回転数	A ₁	A ₂	A ₃
	30	60	90
B ₁ rpm 588	60.5 g	60.7	63.5
	60.5	63.4	60.7
	60.5	57.7	60.7
B ₂ 1134	132.4	141.1	135.7
	132.4	135.4	132.7
	132.4	132.5	132.7
B ₃ 1640	212.4	212.7	236.3
	212.4	230.0	221.9
	212.4	215.5	219.1

注1) 数値は10分間当りの消費量(g)

2) 液面高さは目盛の数値

つぎに、 B_i 水準で各10分間の平均消費量(g)を求めると、 $B_1: 60.9$, $C.V.=2.8\%$, $B_2: 134.1$, $C.V.=2.2\%$, $B_3: 219.2$, $C.V.=4.0\%$ であった。消費量のC.V.は、エンジン回転数の変動などの不可避的な影響を受けた結果としての数値であることを考えると、ほぼ良好な再現性が得られていると理解された。

また、試作の燃料計は目盛の1/10（約3.4 ml）まで読取り可能であるが、仮に1/10目盛の読取り誤差があったとしても、例えば100 mlの変化量に対して3%，1,000 mlの変化量に対して0.3%の誤差にしかすぎない。

(2) 圃場での供試例と測定可能な範囲

第1表の結果から、定格回転数（測定値で

1,640 rpm)における平均の消費量を求めると、
無負荷で約 1,300g/hr となる。従って、試作
燃料計の連続測定可能な時間は計算上、

$$\frac{3,440 (ml) \times 0.832 (g/ml)}{1,300 (g/hr)} \approx 2.2 (hr)$$

となる。

試作した燃料計は、東大附属農場の実験圃場

(火山灰土壌の15aの畑)において供試された
が、その測定結果の一部を第2表に示す。燃料
消費量から求めた連続測定可能な時間と面積を
みると、作業間の違いは大きく、例えば耕うん
と施肥を比べると、連続測定可能な面積で約12
倍の違いがある。

ほぼ定格回転数に調整してから作業を開始し

第2表 実験圃場での作業の測定例 (作物:青刈トウモロコシ, 面積:15a)

工 程	作 業 機	作 業 時 間				圃場作 業効率 %	燃 料			連続測 定時間 (推定) min	連続測 定面積 (推定) a
		作 業	その他	合 計	比 率		消費量	比 率	毎時消 費量 g/hr		
		min	min	min	%		g	%			
耕うん	14" x 2 ブラウ	34.6	9.6	44.2	24.3	59.9	2,590	38.6	3,324	49	17
砕土(1)	18" x 24 ディスクハロー	7.3	2.0	9.3	5.1	60.8	634	9.5	4,061	41	68
砕土(2)	同 上	5.6	0.8	6.4	3.5	77.2	512	7.7	4,237	35	84
均 平	ツースハロー	3.1	0.5	3.5	1.9	68.2	199	3.0	3,101	48	216
播 種	4条コーンプランタ	7.6	1.6	9.2	5.1	83.3	265	4.0	1,731	98	162
施 肥	4条施肥機	6.9	2.2	9.0	5.0	76.5	217	3.2	1,645	119	198
防 除	8.6m ブームスプレイヤ	3.0	4.5	7.5	4.1	32.7	100	1.5	1,622	208	429
中 耕	2条ロータリーホー	20.7	6.0	26.7	14.7	63.8	783	11.7	2,652	97	55
収 穫	フォーレージャーベスタ	26.0	7.0	33.0	18.2	74.0	1,403	20.9	2,514	67	31
伴 走	トラレーラ	—	—	33.0	18.2	—	—	—	—	—	—
合 計		—	—	181.8	100.0	—	6,703	100.0	—	—	—

注) 作業時間の「その他」は、回行・補給・圃場内調節の合計。 伴走は推定値。

た耕うんの場合 (作業中は1,300 rpm 程度に低下した)、毎時消費量は 3,300g/hr と、無負荷時に比べて2.5倍増の消費量であった。このような違いは、負荷に応じて比例制御の動作をする燃料噴射ポンプ内のガバナの動きによるものと考えられた。

つぎに、燃料計の最小測定可能な面積を調べた。作業機としてロータリブラウ (耕幅 1,700mm) を用い、エンジン回転数や耕深を一定とした条件下で、燃料消費量などを測定した。なお、均一な条件が得られるように事前にロータリブラウで耕うんしておいた圃場を供試した。測定結果を第4図に示すが、良好な条件下ではロータリ耕うんの場合、0.2a (本機では約10m走行分) まで測定可能であった。

以上の結果から判断して、試作の燃料計は圃場での燃料消費量に関する諸問題を究明してゆ

く道具の一つとして、充分利用可能と考えられた。燃料計をトラクタの前部に装着したことの違和感を当初心配したが、オペレータはじきに

第4図 燃料計の測定可能な最小面積

慣れた様子で各作業は通常とほとんど変わらなく行われた。現在、圃場での実験を継続中であり、各種データの蓄積を待ってから、改めて作業別の燃料消費量などについて報告する予定である。

この研究は、昭和55年度文部省科学研究費エネルギー特別研究「農業におけるエネルギーの有効利用」の一環として行われたものである。また、MSK東急機械株式会社、ルーカス・サービス株式会社には、試作燃料計の配管系統の点検をしていただいた。記して謝意を表する。

4 摘 要

簡易な構造にかかわらず比較的高性能な、トラクタ用燃料計を試作した。各種の室内と圃場での試験から、以下の結果が得られた。

- 1) 燃料計の目盛の読みに及ぼす液温の影響はほとんどみられず、読みの直線性は良好であった。
- 2) 単位時間当りの消費量に及ぼす燃料計の

液面高さの影響はほとんどみられなかった。

- 3) 途中の燃料補充なしで連続測定可能な限界は、重作業の耕うんの場合、時間で50分、面積で17 a、軽作業の施肥の場合、それぞれ120分、200 aと推定された。

- 4) ロータリ耕うんの場合で測定可能な最小面積を求めると、耕うん面積と燃料消費量との間には直線関係があり、最小0.2 a分の測定ができた。

5 参考文献

- 1) W. A. LePori and H. N. Stapleton (1965) Event Markers for Use in Field Test Measurement of Power. Agriculture Engineering 46(10) : 572.
- 2) J. T. Reid(1979) A System for Measuring Tractor Fuel Use on Small Plots. Transactions of the ASAE 22(1) : 57.

S u m m a r y

The authors made the fuel consumption meter mounted on a tractor for field experiments.

The following results were obtained from the serial experiments.

- 1) Fuel temperature hardly effected on reading scales of the meter.
- 2) Liquid level of the meter hardly effected on measuring quantity of fuel consumption.
- 3) When fuel consumption was measured without adding fuel in the midst of experiments, maximum measurable time and area were estimated 50 minutes and 17 ares in plowing, 120 minutes and 200 ares in fertilizing.
- 4) When fuel consumption was measured in rotary plowing, minimum measurable area was 0.2 ares.