

家庭用小型搾油機に関する研究開発

松田晋幸*・藤井謙治*・田村智弘*²・石野隆三*³

Research and development concerning of small oil mill for household use.
Nobuyuki Matsuda, Kenji Fujii, Tomohiro Tamura, Ryuzo Ishino

1. 緒言

近年の健康・食の安全に対する消費者の志向により高級食用油の市場が拡大しつつある。このような高級食用油の製造は品質劣化を防ぐため、一般的な菜種油やコーン油を大量に製造する場合に用いられてきた加熱圧搾や有機溶剤を使用せず、低温圧搾による製法が多く用いられている。また、高級食用油を好む消費者の一部からは「ごま」「えごま」「菜種」などの種子を自らが搾油し、新鮮な植物油を調理に使いたいという要望が増えている。しかしながら、従来の搾油機は少量生産向けの小型搾油機においても、家庭内で調理中に使用するには大きさ、重量、操作に必要な力、メンテナンス性の点において問題が多かった。そこで本研究開発では、家庭内でも使用が可能な小型で操作性・安全性を考慮した搾油機の開発を目的としている。

2. 搾油実験

搾油機を開発するためには搾油条件（圧力、時間、搾油容器の形態）と搾油率の関係を明らかにする必要があるが、搾油条件と搾油率の関係を示す資料は少ない。そこで、本研究では搾油物として「煎りごま」を対象とした搾油条件の異なる搾油実験を行い、搾油条件と搾油率の関係を確認した。図1は搾油実験に用いる搾油容器の概略図を示す。

実験に使用する搾油容器は内径φ30mmのステンレス製のパイプを使用した。側面下部には圧搾された油を排出する穴を設けている。パイプ内に搾油物を充填し、パイプ上部より加圧することで搾油を行う。加圧に当たっては図2および表1に記載した圧縮試験機を用いた。

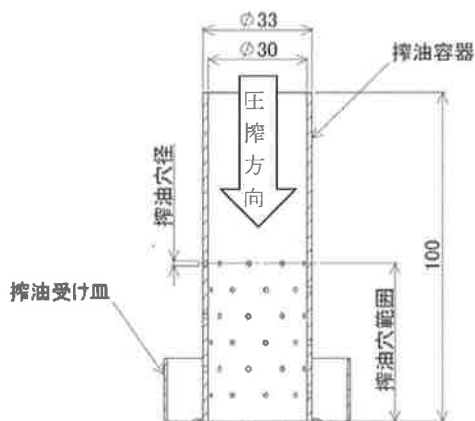


図1 搾油容器概略図



図2 圧縮試験機

表1 圧縮試験機的主要仕様

メーカー名	ミネベア (株)
型式	テクノグラフ TG5kN
最大試験荷重	5000N
試験速度 (圧縮速度)	0.05~1000mm/min

2-1. 搾油容器の形態と搾油率の関係

表2に示す搾油穴数、穴径などの条件の異なる4つの搾油容器について搾油実験を行った。

表2 搾油容器の仕様

1		2		3		4	
外径	33mm	外径	33mm	外径	33mm	外径	33mm
内径	30mm	内径	30mm	内径	30mm	内径	30mm
高さ	100mm	高さ	100mm	高さ	100mm	高さ	100mm
穴数	108	穴数	108	穴数	36	穴数	0
穴径	1.0mm	穴径	1.6mm	穴径	1.0mm	穴径	—
穴範囲	48mm	穴範囲	48mm	穴範囲	24mm	穴範囲	—

2-1-1. 搾油穴数と搾油率の関係

搾油容器側に設けた穴の数と搾油率の関係を確認するため、表3の搾油条件Aにて実験を行った。また、図3に結果を示す。

表3 搾油条件A

搾油容器	1, 3, 4
圧縮力	5000N
搾油時間	5分
搾油速度	10mm/分
ゴマ充填量	35g

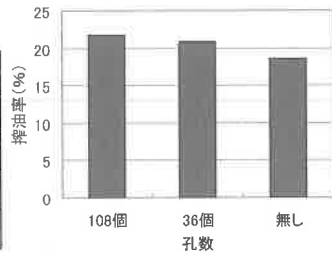


図3 搾油穴数と搾油率の関係

2-1-2. 搾油穴径と搾油率の関係

搾油容器に設けた穴の直径と搾油率の関係を確認するため、表4の搾油条件Bにて実験を行った。また、図4に結果を示す。

表4 搾油条件B

搾油容器	1, 2
圧縮力	5000N
搾油時間	5分
搾油速度	10mm/分
ゴマ充填量	35g

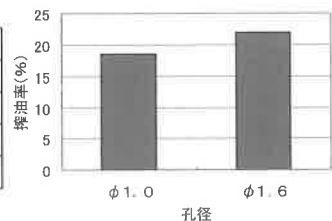


図4 搾油穴径と搾油率の関係

2-2. 圧縮力と搾油率の関係

圧縮力(搾油力)と搾油率の関係を確認するため、表5の搾油条件Cにて実験を行った。また、図5に結果を示す。

表5 搾油条件C

搾油容器	1
圧縮力	2500N, 5000N
搾油時間	10分
圧縮速度	10mm/分
ゴマ充填量	35g

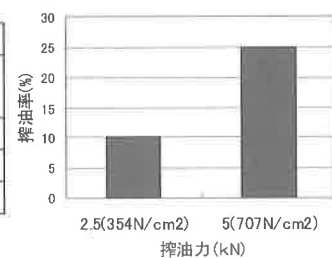


図5 搾油力と搾油率の関係

2-3. 搾油時間と搾油率の関係

搾油時間と搾油率の関係を確認するため、表6の搾油条件Dにて実験を行った。また、図6に結果を示す。

表6 搾油条件D

搾油容器	1
圧縮力	5000N
搾油時間	4.5分, 5分, 7.5分, 10分
搾油速度	10mm/分
ゴマ充填量	35g

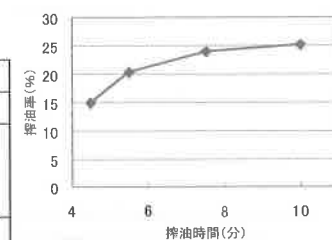


図6 搾油時間と搾油率の関係

2-3. 搾油実験のまとめ

搾油実験の結果、以下のことが分かった。

- ① 搾油穴数が多いと搾油率が若干向上する。
- ② 搾油穴径が大きいと搾油率がある程度向上する。しかし、φ1.6mm以上の搾油穴径では「ごま」が穴から漏れ出すため、搾油穴径はφ1.6mm以下が良い。
- ③ 搾油力を大きくすると搾油率が向上する。
- ④ 搾油時間が長いと搾油率が向上する。ただし、8分以上は搾油率の向上は見られない。

これらの搾油条件と搾油率の関係を元に家庭用小型搾油機の目標仕様を検討する。

3. ユーザビリティに関する検討

3-1. 使用環境と想定されるユーザー

操作性を考慮した家庭用小型搾油機を開発するに当たっては、想定されるユーザーの特性(発揮できる力、体格等)を把握することが重要である。本研究で開発する搾油機は家庭用を目的としており、表7に示すような使用条件を想定している。また想定しているユーザーの人間特性データ¹⁾および人体寸法データ²⁾を表8に示す。

表7 家庭用小型搾油機の使用条件

使用場所	台所(天板高さ850mm)
ユーザー	主婦(20~60代女性)
搾油材料	ゴマ(煎りゴマ)
必要油量	15cc

表8 想定されるユーザーの人間特性・寸法データ

性別	女性
年齢	20~60代
平均身長 (cm)	151.23~158.5
平均体重 (kg)	50.55~54.42
平均肘高さ (mm)	950~990
平均手押し発揮力 (N)	60N (6kgf程度)

表8の手押し発揮力は搾油機での動作とは異なるが、本研究開発では、人間特性データとして得られる最も近い動作のデータとして採用した。

図7に搾油機が使用される環境の概略図を示す。

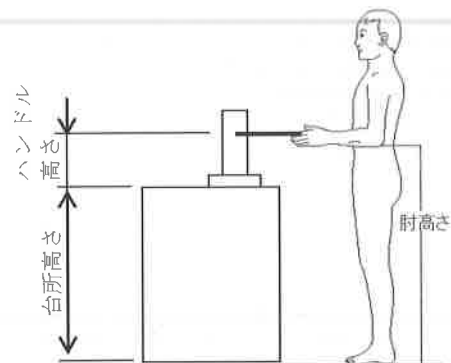


図7 搾油機の使用環境概略図

3-2. UDシートによる検討

前述の家庭用小型搾油機を利用すると考えられるユーザー情報や使用条件、さらに個別タスク（作業手順）を元にユニバーサルデザイン（UD）シート（表9にUDマトリクス、表10にUD設計条件を示す。）を作成し、本研究で開発する小型搾油機の目標仕様の検討に利用する。

表9 UDマトリクス

UD項目	UD設計条件	UDマトリクス
1. 使用目的	家庭用小型搾油機	家庭用小型搾油機
2. 使用条件	家庭用小型搾油機	家庭用小型搾油機
3. 使用環境	家庭用小型搾油機	家庭用小型搾油機
4. 使用頻度	家庭用小型搾油機	家庭用小型搾油機
5. 使用場所	家庭用小型搾油機	家庭用小型搾油機
6. 使用時間	家庭用小型搾油機	家庭用小型搾油機
7. 使用人数	家庭用小型搾油機	家庭用小型搾油機
8. 使用年齢	家庭用小型搾油機	家庭用小型搾油機
9. 使用性別	家庭用小型搾油機	家庭用小型搾油機
10. 使用障害	家庭用小型搾油機	家庭用小型搾油機
11. 使用スキル	家庭用小型搾油機	家庭用小型搾油機
12. 使用コスト	家庭用小型搾油機	家庭用小型搾油機
13. 使用安全性	家庭用小型搾油機	家庭用小型搾油機
14. 使用操作性	家庭用小型搾油機	家庭用小型搾油機
15. 使用メンテナンス	家庭用小型搾油機	家庭用小型搾油機
16. 使用耐久性	家庭用小型搾油機	家庭用小型搾油機
17. 使用環境適合性	家庭用小型搾油機	家庭用小型搾油機
18. 使用デザイン	家庭用小型搾油機	家庭用小型搾油機
19. 使用環境適合性	家庭用小型搾油機	家庭用小型搾油機
20. 使用環境適合性	家庭用小型搾油機	家庭用小型搾油機

表10 UD設計条件

UD項目	UD設計条件	個別タスク	タスクまとめ（設計条件）	設計条件の整理
構造的な検討 使いやすさ 4. 握りが簡単 5. 握りやすい 6. 握りやすい 7. 握りやすい 8. 握りやすい 9. 握りやすい 10. 握りやすい 11. 握りやすい 12. 握りやすい 13. 握りやすい 14. 握りやすい 15. 握りやすい 16. 握りやすい 17. 握りやすい 18. 握りやすい 19. 握りやすい 20. 握りやすい	握りやすい	握りやすい	握りやすい	握りやすい
	握りやすい	握りやすい	握りやすい	握りやすい
	握りやすい	握りやすい	握りやすい	握りやすい
	握りやすい	握りやすい	握りやすい	握りやすい
	握りやすい	握りやすい	握りやすい	握りやすい
	握りやすい	握りやすい	握りやすい	握りやすい
	握りやすい	握りやすい	握りやすい	握りやすい
	握りやすい	握りやすい	握りやすい	握りやすい
	握りやすい	握りやすい	握りやすい	握りやすい
	握りやすい	握りやすい	握りやすい	握りやすい
操作性 1. 操作性 2. 操作性 3. 操作性 4. 操作性 5. 操作性 6. 操作性 7. 操作性 8. 操作性 9. 操作性 10. 操作性 11. 操作性 12. 操作性 13. 操作性 14. 操作性 15. 操作性 16. 操作性 17. 操作性 18. 操作性 19. 操作性 20. 操作性	操作性	操作性	操作性	操作性
	操作性	操作性	操作性	操作性
	操作性	操作性	操作性	操作性
	操作性	操作性	操作性	操作性
	操作性	操作性	操作性	操作性
	操作性	操作性	操作性	操作性
	操作性	操作性	操作性	操作性
	操作性	操作性	操作性	操作性
	操作性	操作性	操作性	操作性
	操作性	操作性	操作性	操作性
メンテナンス 1. メンテナンス 2. メンテナンス 3. メンテナンス 4. メンテナンス 5. メンテナンス 6. メンテナンス 7. メンテナンス 8. メンテナンス 9. メンテナンス 10. メンテナンス 11. メンテナンス 12. メンテナンス 13. メンテナンス 14. メンテナンス 15. メンテナンス 16. メンテナンス 17. メンテナンス 18. メンテナンス 19. メンテナンス 20. メンテナンス	メンテナンス	メンテナンス	メンテナンス	メンテナンス
	メンテナンス	メンテナンス	メンテナンス	メンテナンス
	メンテナンス	メンテナンス	メンテナンス	メンテナンス
	メンテナンス	メンテナンス	メンテナンス	メンテナンス
	メンテナンス	メンテナンス	メンテナンス	メンテナンス
	メンテナンス	メンテナンス	メンテナンス	メンテナンス
	メンテナンス	メンテナンス	メンテナンス	メンテナンス
	メンテナンス	メンテナンス	メンテナンス	メンテナンス
	メンテナンス	メンテナンス	メンテナンス	メンテナンス
	メンテナンス	メンテナンス	メンテナンス	メンテナンス

4. 家庭用搾油機の仕様

4-1. 基本構造

前述の搾油実験および想定されるユーザー情報およびUDシートから家庭用小型搾油機の仕様を立案した。

基本構造は図8および図9に示すように3つのプレートおよび3つの支柱で構成された本体構造をもち、最上部のプレートには回転ハンドル部と搾油機本体を固定保持するためのグリップ部を設けている。最上部と中間プレートとの間には回転ハンドルから得た動力を伝達する「ギアユニット（かさ歯車）」を有する。「すべりネジ」は最上部および中間プレートに支持され、「ギア」から得た回転動力を上下運動に変換し、被搾油物を圧搾する。また、図10に家庭用小型搾油機の概略寸法を示す。また本機は安全性を考慮し、ハンドル部の回転トルクを一定値内に制限するための過負荷保護装置（トルクリミッター）を装備している。これにより、搾油機の破壊防止および必要最小限の強度設計により、小型化・軽量化を実現している。過負荷保護装置を用いた場合の詳細な検討および本体の安定性の大きな要因になっているベースプレートの形状については後述で詳しく報告する。

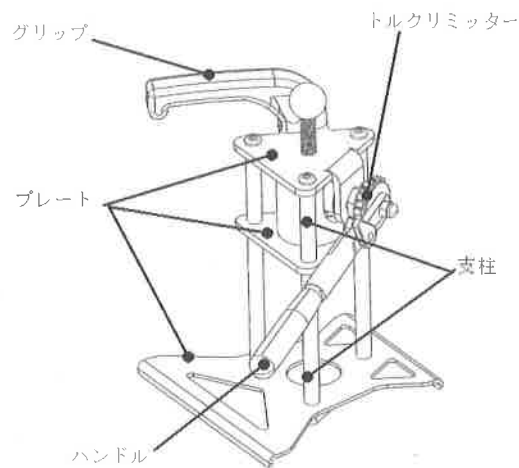


図8 家庭用搾油機の外観図

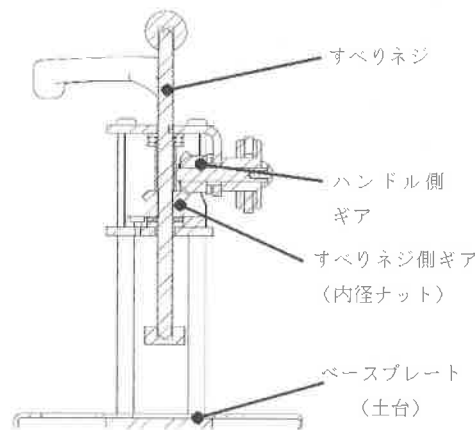


図9 家庭用搾油機の内部構造図

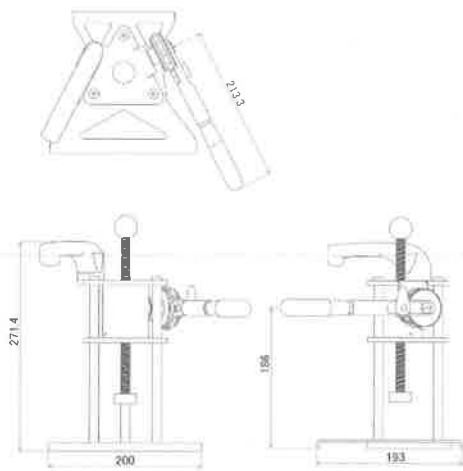


図 10 家庭用小型搾油機の概略寸法

4-2. 目標仕様

表 10 に本研究開発における家庭用搾油機の目標仕様をまとめた。

表 10 家庭用搾油機の目標仕様

項目	目標仕様
1 本体重量	約 3.5 k g
2 大きさ	図 3 参照
3 1 回の搾油量 (目標)	約 7 g
4 搾油容器直径	φ 30mm
5 搾油穴数	108 個
6 搾油穴径	φ 1.5mm
7 搾油穴範囲	48mm
8 1 回の充填量 (ゴマ)	35 g
9 1 回の搾油時間	8 分程度
9 最大圧縮力 (搾油力)	5000N
10 想定搾油率	20% 程度
11 ネジリード	2mm
12 搾油に必要な回転数	約 26 回転
13 操作トルク	10.3N・m 程度以下
14 操作力	約 6kgf 程度以下
15 減速機	すべりネジ式
16 その他	過負荷保護機有り

本体重量・大きさの目標仕様は使用環境や使用目的が類似する製品として、「ジューサー」や「ミキサー」を参考に検討をおこなっているが詳細は本報告では割愛する。

5. 過負荷保護装置 (トルクリミッター) の検討

過負荷保護装置を採用するにあたり、ツバキエマソン社製のトルクリミッター (TL200 シリーズ) が大きさ・性能の面で本研究の搾油機に適合していることから、搾油機の試作機に組み込み、実用化への検討を行った。

5-1. 動力伝達系設計値の確認

本研究の搾油機では減速機構にすべりネジを採用している。下記の式 (1) および式 (2) は、すべりネジの推進力とナットに加えるトルクの関係を示している。本搾油機においては、ナットに加えるトルクが搾油時に作業者がハ

ンドルに加えるのに必要な操作トルクとなる。表 11 に本研究の試作機に用いたすべりネジの仕様を示す。

$$T = \frac{F \cdot L}{2\pi \eta} \quad \dots \text{式 (1)}$$

T: 負荷トルク
F: 圧縮力 (推力)
L: リード
η: ねじ効率

$$\eta = \frac{1 - \mu \tan (d)}{1 + \mu / \tan (d)} \quad \dots \text{式 (2)}$$

μ: 動摩擦係数
d: ネジリード角

表 11 試作 4 号機のすべりネジ部仕様

項目	記号	値	備考
ネジリード	L	2mm	
推進力 (圧縮力)	F	5000N	搾油実験より決定
ネジリード角	d	3° 18'	リード 2mm ネジの有効直径 11mm の時の値
動摩擦係数	μ	不明	金属の無潤滑動摩擦係数の値
トルク (推定値)	T	—	5000N の推力を得るのに必要なトルク

5-2. 過負荷保護装置を用いた圧縮力測定実験

前述の式 (1) (2) のみでは、動摩擦係数が不明なため、すべりネジの推進力 (圧縮力) から操作トルクを算出することはできない。また、その他の部品においても摩擦部分が多く有り、すべりネジ部の動摩擦係数のみを明らかにしても、実際のトルクと圧縮力の関係は算出できない。そこで、本測定実験では、過負荷保護装置の伝達トルク (= 操作トルク) 設定値を任意に設定し、そのときの推進力 (圧縮力) を測定することで、実際の操作トルクと推進力 (圧縮力) の関係を求めた。(図 13 参照) 推進力の測定には「引張圧縮試験機」を使用し、図 11 に示すように引張圧縮試験機と試作機の間には緩衝材として φ 60mm 高さ 60mm のウレタン材を用いて、すべりネジが上昇する推進力を圧縮力として測定した。また、伝達トルクを調整後、図 12 に示すようにハンドルの回転中心から 175mm の部分をバネばかりを用いて力を加え、過負荷保護装置が機能する点 (リミッターに挟まれた歯車が滑り出す瞬間の力) を過負荷保護装置の伝達トルク設定値として測定した。



図 11 圧縮力測定状況



図 12 トルク設定値測定状況

5-3. 圧縮力の測定結果

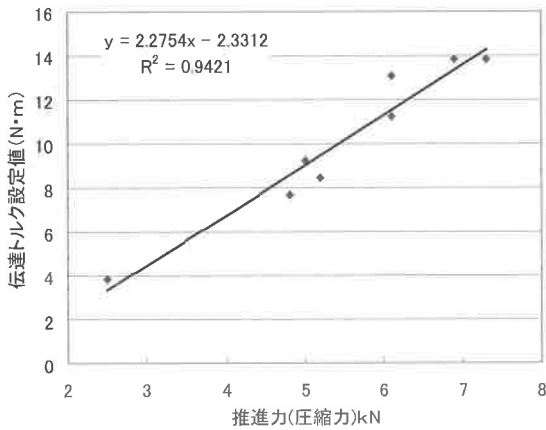


図13 伝達トルク設定値と推進力（圧縮力）の関係

図13に示すように、伝達トルク設定値と圧縮力の測定値においては比較的相関性の高い近似直線式 $y = 2.2754x - 2.3312$ (相関係数 0.9421) を得ることができた。この近似式を用いて目標仕様である圧縮力 5000N を得るための伝達トルクを算出すると 9.04N・m (ハンドル部に加える力は 5.3kgf) となり、当初想定した搾油機仕様の操作トルク 10.3N・m以下を十分に満足でき、作業性に問題は無いと考えられる。

5-4. 搾油実験

表12に過負荷保護装置による伝達トルク設定値毎の搾油実験条件と結果を示す。

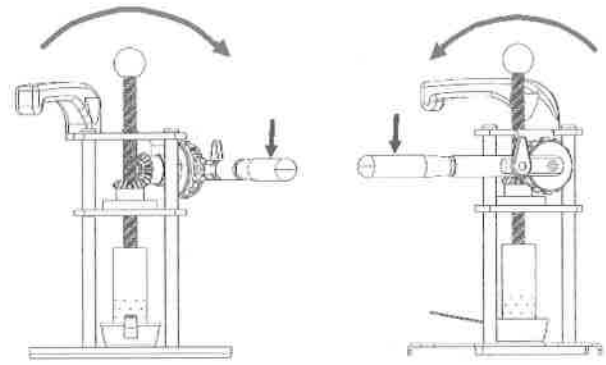
搾油実験の結果、ほぼ目標仕様(表9)通りの結果を得ることが出来た。

表12 搾油実験結果

	1回目	2回目
ゴマ充填量	煎りゴマ 35g	煎りゴマ 35g
圧縮力 (操作トルク)	5.3kN (9.7N・m)	6.2kN (11.8N・m)
搾油時間	2分(1分で最大圧縮力へ到達, 1分は圧縮力を維持)	2分(1分で最大圧縮力へ到達, 1分は圧縮力を維持)
搾油容器仕様	内径φ30mm, 搾油孔φ1.5mm (96個)	内径φ30mm, 搾油孔φ1.5mm (96個)
搾油量 (搾油率)	6.8g (19.4%)	7.1g (20.3%)

6. 搾油機の安定性に関する検討

搾油機は図14のように搾油作業時にハンドルに力を加える(赤矢印)ことにより、ハンドル側へ傾き(青矢印)搾油機の安定性が失われる。そこで本研究開発では搾油作業時に搾油機にかかる力のバランスを検証し、安定性を向上させるためのベースプレートの形状を検討した。



正面 左側面

図14 搾油時の本体バランスの状況

6-1. 搾油作業の手順および作業状況

搾油作業は軽負荷時にはハンドルを手前方向に回転させることですべりネジを高速に降下させる。また、搾油物の圧縮が進み負荷が大きくなった時は、ラチェット機構を用いて図15のようにハンドルを上下に繰り返し動かすことで、すべりネジを降下させることができる。すべりネジが降下(圧縮)するのは、ハンドルを上から下へ操作した時のみである。このような搾油作業による搾油機のバランスを検証するに当たり、図16に示すようなハンドル位置の異なる3つの状態について検証を行った。

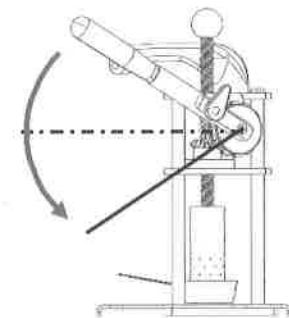
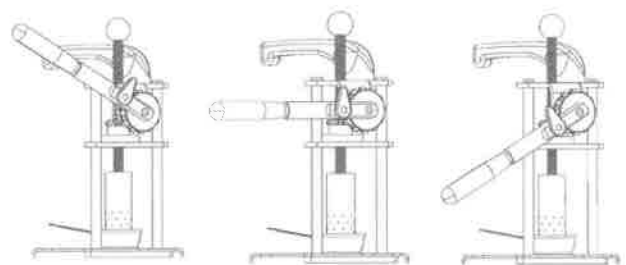


図15 搾油時のハンドル操作



①上30° ②水平 ③下30°

図16 搾油作業時のバランスを検証する3つの状態

搾油作業時に効率的にハンドルを回転させるには、理論的にはハンドルの長手方向に対して直角方向に力を加える必要がある。しかし、実際の作業者の操作方法を観察す

ると、図17のようにハンドルに対して真上から鉛直方向へと力を加える状況が多いことが分かった。このことから、搾油機に加わる力のバランスを検証する際には、図17のような鉛直方向の力が加わることを想定した。

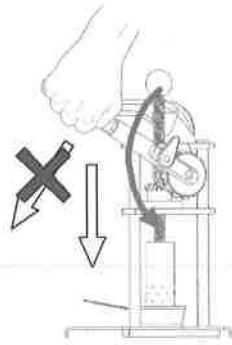


図17 ハンドル操作の状況

6-2. 搾油作業時の搾油機の重心点の算出

3D-CADの重心計算機能を利用して、前述の3つの状態について搾油機の重心位置を算出した。ハンドルに加える力はハンドルの回転中心から175mm(取手の中央部)の部分に過負荷保護装置の設定値から5.3kgfとした。

(CAD内にてハンドル部に5.3kgのウェイトを加えて算出。)

前記条件にて算出した搾油作業時の重心位置座標を図18に示す。ハンドル位置の状態に関わらず、赤丸で示す部分に集中しており、作業時の搾油機のバランスを向上させるためには、重心位置が支持可能なベースプレート(土台)とする必要がある。図19に安定性を考慮したベースプレート形状を示す。

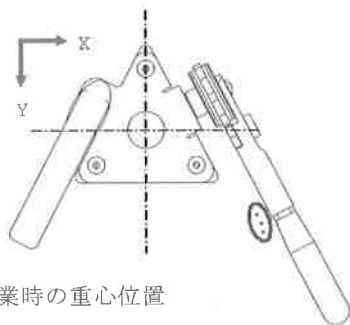


図18 作業時の重心位置

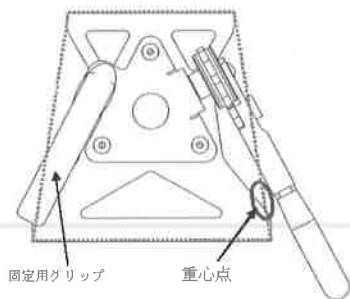


図19 安定性を考慮したベースプレート

本検討では図19に示すように、重心点が支持可能で必要最小限のサイズとなるようにベースプレート形状を検討した。(青点線内は重心点の支持可能な範囲) また、実際の使用時に多少のバランス変動が生じて、固定用グリップを作業者が使用する事で、十分な安定性が得られると考えられる。

7. モニター評価

本報告における研究開発の以前から家庭用小型搾油機の開発は行われており、本研究の試作機のベースとなる試作機が存在している。(図20および図21を参照)

以前よりの研究開発においても、これら試作機に対してモニター評価を実施していたことから、本研究の試作機についても、同様のモニター評価を実施し、本研究にて検討・提案した仕様の効果について検証する事とした。

7-1. 評価条件

評価は以下の項目について行った。

- ①ハンドル操作の重さ
 - ②搾油時の安定性
 - ③デザイン(意匠)に対する印象
- それぞれの項目について「良い」「許容可」「悪い」の3段階で評価した。

試作1号機および3号機のモニターテストは、それぞれの試作機が完成した当時に行われている。(各試作機を一同に並べて評価したものではない。)

尚、被験者数は1号機:26名, 3号機:19名, 本研究試作機:14名となっている。(本研究の試作機を評価した被験者14名は1号機, 3号機の評価も実施している。)



図20 試作1号機外観



図21 試作3号機外観

7-2. モニター評価結果

図22に「ハンドル操作の重さに対する評価」、図23に「搾油機の安定性に対する評価」、図24に「デザイン(意匠)に対する評価」の結果を示した。

※試作2号機も製作したが、コンセプトの異なる試作機であったため、モニター評価には加えていない。

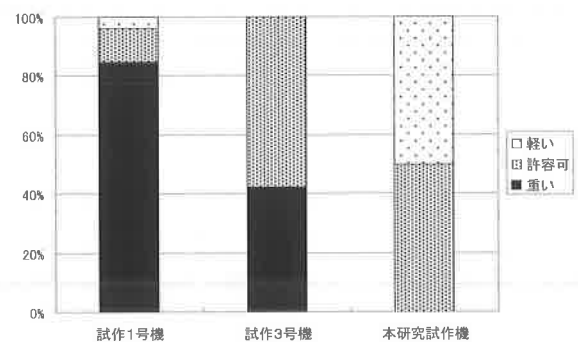


図22 ハンドル操作の重さに対する評価

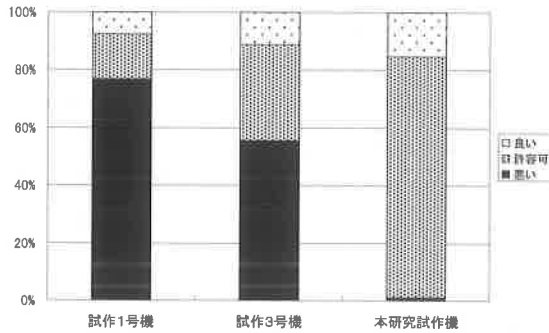


図 2 3 榨油機の安定性に対する評価

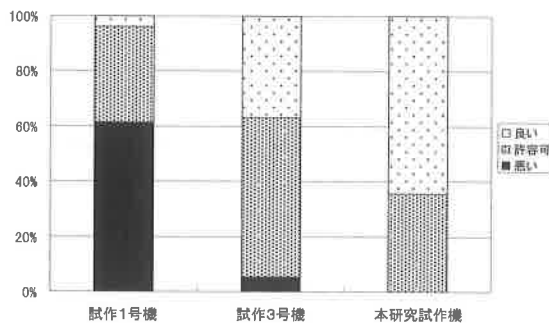


図 2 4 デザイン（意匠）に対する印象

7-3. モニター評価のまとめ

① ハンドル操作についての評価

本研究の試作機においては作業者が力を加える操作トルクの当初目標であった $10.3\text{N}\cdot\text{m}$ （ハンドル部で 6kgf 程度の力）以下を実現しており、またハンドル操作の重さに対する評価も向上していることから、過負荷保護装置を採用する事による悪影響は無いと考えられる。

② 安定性に関する評価

搾油作業時の安定性については、作業時の重心位置を考慮したベースプレート形状に変更したことで、安定性の評価は向上しており、否定的な意見も非常に少ないことから、本ベースプレート形状での安定性は実用レベルにあると考えられる。

③ デザイン（意匠）に与える影響

デザイン（意匠）に対する印象については評価が向上しており、過負荷保護装置の採用、ベースプレートの形状変更によるデザイン（意匠）への悪影響も無いことが分かった。

8. 結言

本研究により、小型・軽量化に加え操作性・安全性に配慮した家庭用小型搾油機という従来の搾油機には無い、「新しい製品コンセプト」の試作機を完成することが出来た。

図 2 5 に本研究で試作した家庭用小型搾油機を示す。



図 2 5 家庭用小型搾油機の試作機の完成写真

参考文献

- 1) (独) 製品評価技術基盤機構、NITE 人間特性データベース 操作力グラフ手で押す・引く力を参照 <http://www.tech.nite.go.jp/human/jp/contents/cdata/coperation/operation-g.html>
- 2) 人間生活工学研究センター、設計のための人体寸歩データ集、日本出版サービス、(1996)