

平成21年度
地産地消型バイオディーゼル燃料
の農業機械長期・安定利用技術
に関するガイドライン
(未定稿)

平成22年3月

社団法人 日本農業機械化協会

はじめに

本会は、地球温暖化による気象災害や砂漠化・水不足の懸念が深まるなか、人口増加や急激な経済成長により、食料と資源・エネルギーの需給の逼迫が懸念されており、中長期的な対応策を構築し着実に実行していかなければならないと考えています。

農林水産省生産局は、環境負荷の低減に向けた農業機械化対策として、1) 環境保全型農業の推進や燃費向上に資する農業機械の研究開発の促進、2) 省エネ運転方法や省エネ農業機械の普及の推進、3) 廃食用油などを由来とするバイオディーゼル燃料などの農業機械における利用の促進を方向付け、平成 20～21 年度に農業生産地球温暖化総合対策事業の中で「地産地消型バイオディーゼル燃料農業機械利用産地モデル確立事業」及び「同事業 団体推進事業」を実施（公募）しました。

上記産地モデル確立事業の実施地区では、農業生産活動に伴う化石燃料由来の温室効果ガス排出量を 3 割程度削減するため、化石由来燃料の農業生産活動に伴う使用量を 3 割程度バイオディーゼル燃料に置換すること、並びに、農業機械の省エネルギー利用技術の普及を図ることを目標としています。

本会は、農業分野における化石燃料由来の温室効果ガス排出量の削減や農業機械の省エネルギー利用技術の普及を具体的に推進するため、上記の団体推進事業に応募し実施して参りました。

この度、平成 21 年度の団体推進事業の成果として「平成 21 年度地産地消型バイオディーゼル燃料農業機械長期・安定利用技術に関するガイドライン」を刊行することになりました。

本書の刊行にご協力を頂きました関係各位に厚く御礼を申し上げますと共に、本書が上記産地モデル確立事業の円滑な推進に役立ち、新たに取り組みされる皆様の参考となることを心よりお祈りいたします。

平成 22 年 3 月

社団法人 日本農業機械化協会
会長 染 英 昭

刊行に当たって

地産地消型バイオディーゼル燃料農業機械産地利用とは、地域で生産した菜種からの食用廃油を地域の農業機械用軽油燃料に代替して利用していこうとするものです。そこでは種々様々な技術が必要になるため、本ガイドライン（技術指針）を作成することになりました。

平成 20 年度は、なたね生産から収穫・搾油・食用油製造までに焦点を当ててガイドラインを取りまとめました。

平成 21 年度は、「B.D.F.製造・品質～農業機械利用技術」に焦点を当て、平成 20 年度現地等調査を補足・充実した現地調査を実施すると共に、平成 21 年 12 月には“全国検討会（フォーラム）”を開催しました。

この全国検討会では、事業実施地区及び先進事例の報告を受けて、試験研究者等による講演やパネルディスカッションにより、バイオディーゼル燃料の製造と品質、農業機械利用への可能性を明らかにし、更に、「バイオディーゼル燃料で地球一周ー世界の B.D.F.事情ー」と題した特別講演により長期の自動車走行が可能であることを、自動車の展示を含めて、理解して頂きました。

本ガイドライン（未定稿）は、昨年度の成果を含め、「なたね栽培～廃食用油回収～農業機械利用」を重点的に取りまとめたものです。

地産地消型バイオディーゼル燃料の農業機械利用には、先達が構築された地域独自のシステムや技術・ノウハウがあると思います。これを異なる地域の方々が学び、応用発達させながら新たな独自システムへと発展させ定着させていく。こんな形で全国に普及していくのではないのでしょうか。

本ガイドラインを更に充実したく、平成 22 年度の該当事業に応募したいと思っています。皆様からのご意見やご提案をお待ちします。

平成 22 年 3 月

社団法人 日本農業機械化協会
専務理事 松本 訓正

平成21年度推進委員会委員

(委員長)

澁澤 栄 東京農工大学大学院農学府農業環境工学専攻・教授

(委員)

薬師堂謙一 中央農業総合研究センターバイオマス資源循環研究チーム・チーム長
後藤 隆志 生物系特定産業技術研究支援センター基礎技術研究部・部長
高橋 正光 生物系特定産業技術研究支援センター評価試験部・部長
中川 泰治 社団法人日本農業機械工業会・常務理事
今井 伸治 社団法人日本有機資源協会・専務理事
松澤 信行 全国農業協同組合連合会生産資材部農業機械課・課長
永江 啓一 全国農業機械商業協同組合連合会・専務理事
工藤 和貴 井関農機株式会社総合企画部業務企画グループ・グループ長代理
小寺 一介 株式会社クボタ機械事業本部・業務部長
井上 幸三 三菱農機株式会社営業本部営業企画部・課長代理
小林 秀夫 ヤンマー株式会社東京支社・企画室長

事業実施経過

平成21年 4月23日 平成21年度事業開始（第1回推進委員会計画着手）

平成21年 5月18日 現地調査項目（案）作成着手

平成21年 5月19日 東北農業研究センター第1回目調査

平成21年 6月 4日 第1回推進委員会

- 1) 平成21年度事業の概要
- 2) 平成20年度事業の進め方
- 3) 今後の日程

平成21年6～10月 現地等調査対象の選定・連絡及び現地調査項目の検討・修正

平成21年 7月10日 農業生産法人（有）角田健土農場（宮城県角田市稲置）調査

平成21年 7月21日 東北農業研究センター第2回目調査

平成21年 8月 7日 JAたきかわ菜の花プロジェクト（滝川市江部乙町）調査

平成21年 8月17日 株式会社エコERC（北海道帯広市）調査

平成21年 9月24～25日 山都町有機農業協議会（熊本県熊本市山都町）調査
平成21年10月 1日 宇都宮市菜の花プロジェクト（栃木県宇都宮市）調査
平成21年10月7～8日 NPO 法人 INE OASA（広島県山県郡北広島町大朝）調査
平成21年10月9～10日 あいとうエコプラザ菜の花館（滋賀県東近江市妹町）調査
平成21年10月20～21日 あわじ菜の花エコプロジェクト（兵庫県洲本市・淡路市）
平成21年10月27日 山鹿市平小城活性化協議会（熊本県山鹿市）調査

平成21年12月10日 全国検討会（フォーラム）開催

- 1) 第1部 事業実施地区及び先進事例報告
(1) 事業実施地区報告、(2) 先進地報告、(3) 事例調査報告
- 2) 第2部 講演
(1) 菜種の収穫・乾燥調製・搾油技術とストレートバージンオイルの燃料利用技術研究
(2) バイオディーゼル燃料の品質と農業機械の運転性能
- 3) 第3部 パネルディスカッションーバイオディーゼル燃料製造・品質と農業機械利用
- 4) 第4部 特別講演「バイオディーゼル燃料で世界一種一世界のB.D.F事情―」
- 5) 省エネルギー農業機械・油糧作物関連機械化技術等のカタログ展示・配布

平成22年 2月 2日 第2回推進委員会

- 1) 平成21年度地産地消型バイオディーゼル燃料の農業機械長期・安定利用技術指針の検討
- 2) 平成21年度農業機械の省エネ利用マニュアルの検討
- 3) 平成21年度事業報告書の検討

平成21年 3月31日 平成21年度事業報告書提出

目 次

平成21年度 地産地消型バイオディーゼル燃料の農業機械長期・安定利用技術に関するガイドライン

I 地産地消型バイオディーゼル燃料の農業機械長期・安定利用技術に	
取り組むに当たって	17
1. 地産地消型バイオディーゼル燃料の農業機械長期・安定利用を可能にするために	17
1) 油糧作物の栽培	17
2) B. D. F. 使用の啓発	18
3) 地域循環システムの構築	18
4) 化石由来燃料の代替	18
2. 地産地消型バイオディーゼル燃料の農業機械長期・安定利用を図るための組織	18
1) 技術システムの組み立て	19
2) サブシステムの組織化	19
3) 地域協議会あるいはネットワークの設置	19
3. 菜種油の生産やB. D. F. 製造のコスト問題に振り回されないために	19
1) 菜種油の生産コスト問題	19
2) B. D. F. 製造のコスト問題	20
3) 地域振興・活性化の効果	21
II 菜種生産技術	22
1. 菜種の国内生産に取り組む理由	22
1) B. D. F. の原料には植物油が適している	22
2) 「菜種」は採油性が高い	22
3) 「菜種」は作りやすい	22
4) 「菜種」の栽培と搾油技術には歴史がある	22
5) 菜種及び菜種油の産地形成への期待	23
2. 菜種の栽培管理技術	24
1) 栽培暦	24
2) 湿害(冠水害)軽減技術	24

(1) 菜種の特長	24
(2) 生育初期の湿害回避	24
(3) 簡易明渠の施工	24
①溝掘機	24
②培土板付きロータリ	25
2) 品種の選定	25
(1) カナダからの輸入菜種	25
(2) 国内の栽培菜種品種	25
(3) 食油用菜種品種の特長	25
①「キザキノナタネ」	26
②「キラリボシ」	26
③「ななしきぶ」	26
(4) その他の品種	26
(5) 東北農業研究センター育成品種の菜種種子の入手先	26
(6) ダブルロー品種	26
3) 生育量の確保	26
(1) 適期播種	27
(2) 播種	27
①播種量	27
②散播（胸掛け式散粒機及び動力散布機）	27
③条播（ロータリシーダー及び小明渠浅耕播種機）	27
④新しい耕耘・播種同時作業法	28
⑤大規模畑作地帯における耕耘・施肥・播種作業体系：スタブルカルチ・バー ティカルハロー・プランター	28
(3) 種子の吸水確保	29
①播種後の覆土作業	29
②レーキ付きアップカットロータリ	29
4) 施肥	30
(1) 基肥	30
(2) 追肥	30
(3) 北海道滝川市における340 kg/10aという高収量の要因	30
①播種前の土壌診断に基づいたpH矯正（石灰でpH6.5に）	31
②圃場の透排水性の改良	31
③連作や窒素肥料の多用を避ける	31
④適期播種、適期収穫の確立	31
5) 雑草防除、病害防除等管理	31

(1) 雑草防除	3 1
(2) 病害防除	3 1
(3) 獣害対策	3 2
3. 収穫・乾燥・調製技術	3 3
1) 収穫	3 3
(1) 収穫適期	3 3
(2) 汎用コンバインの利用	3 3
①使用方法	3 3
②作業性能	3 3
③高刈り菜種の残茎処理	3 4
④問題点	3 4
(3) 大豆用コンバインの利用	3 4
(4) 菜種専用大型普通コンバインの利用	3 4
2) 乾燥・調製	3 5
(1) 粗選別	3 5
①万石あるいは唐箕の活用	3 5
②米麦用円筒式選別機の利用	3 5
③砂篩機の簡易改造使用技術	3 6
(2) 乾燥	3 6
①穀物用循環型乾燥機の利用	3 6
②平型（静置式）乾燥機の使用例	3 7
(3) 粗選別	3 7
①籾用揺動式選別機の利用	3 7
②揺動式籾摺機の活用	3 8
③大豆用ベルト式選別機の利用技術	3 8
④高速ベルト式選別装置	3 9
4. 菜種の生産コスト	3 9
1) 貯蔵・出荷	3 9
2) 菜種生産コスト	3 9
3) 菜種生産コスト対策	4 0
(1) 収量の向上	4 1
(2) 菜種-ヒマワリの作付け体系	4 1
(3) 菜種種子売り渡し価格	4 1
(4) 搾油工程の所有による菜種油と搾り粕の販売	4 1

Ⅲ 搾油技術	4 3
1. 植物油脂の採油方法	4 3
2. 圧抽法によるサラダオイルの製造	4 3
3. 圧搾法による菜種油の製造	4 4
1) 小規模搾油施設	4 4
2) 圧搾法による採油過程	4 4
(1) 破碎	4 4
(2) 圧扁	4 4
(3) コンディショニング	4 4
3) 「なたね油」の製造	4 4
(1) 精製工程	4 4
(2) 「なたね油」の規格	4 5
4. 搾油機	4 5
1) ケージプレス方式	4 5
2) エキスペラー方式	4 5
3) コールドプレス式	4 6
5. 加熱式エキスペラー方式による搾油システム	4 6
1) 加熱式搾油システム	4 6
(1) 中規模システムの代表的例	4 6
(2) 種子加熱温度	4 6
2) コールドプレス式搾油システム	4 6
(1) 中央農業研究センターの例	4 6
(2) 島根県津和野町の農業生産法人の例	4 7
(3) 種子水分と搾油効率	4 7
(4) 製品の品質	4 7
3) 搾油・精製・製品化・販売・搾り粕システムの調査事例	4 7
(1) あわじ菜の花エコプロジェクト	4 7
(2) あいとうエコプラザ菜の花館	4 8
(3) かくだ菜の花プロジェクト	4 8
(4) 株式会社エコERC	4 8
6. 国産菜種油の販売と搾り粕の利活用	4 9
1) 国産なたね油	4 9
2) 地油の利点	4 9

3) 学校給食用	49
4) 菜種油粕の販売	49
5) 菜種油粕の発酵促進材としての利用	49
6) 菜種油粕のペレット化	50
IV 廃食用油の回収	51
① 廃食用油量と利用・廃棄量	51
② 一般家庭廃食用油回収の必要性	51
③ 廃食用油回収の手続き	51
1. 一般家庭・業務用からの回収システム	51
1) 全国的平坦地モデル（平地環境型モデル）	51
(1) 回収システム	51
(2) 回収実績・目標と新しく追加された回収方策	52
2) 中山間地モデル（中山間地域振興型モデル）	52
(1) 回収システム	52
(2) 回収実績・目標	52
3) 島内中山間地モデル（島内環境型モデル）	52
(1) 廃食用油回収システム	53
① 家庭ゴミの分別収集への組み込み	53
② 回収拠点	53
③ 回収日	53
④ 回収方法	53
(2) 全島における廃食用油回収量・処理量・B.D.F. 精製量実績	53
4) 取り組みの比較的新しい実施例（初期モデル）	53
(1) 平坦地における比較的中規模の取り組み例	53
① 回収システムと実績	53
② 回収拠点	53
③ 回収実績	53
(2) 中山間地における比較的小規模の取り組み例	54
① 廃食用油の回収	54
② 原料油の汚れ具合	54
5) 大規模モデル（ビジネス型モデル）	54
(1) 回収方法	54
① 「廃食用油再生利用委託契約」	54
② 回収容器の設置	54
③ 収集	54
④ 集積・回収・再生	54

(2) 回収体制	5 5
①市内8万所帯からの回収	5 5
②回収拠点	5 5
③集積所における仕分け	5 5
④仕分け後の廃棄物	5 5
⑤業務用の収集	5 5
(3) 回収量	5 5
6) 調査例以外の取り組み事例	5 5
2. 一般家庭からの回収率向上の方策	5 6
1) 地域住民活動の推進	5 6
2) 回収率向上のための工夫	5 6
(1) 発電機の利用による啓発活動	5 6
(2) 出前講義	5 6
3. 地域内企業との連携	5 6
4. 廃食用油の品質問題	5 7
1) 酸価の許容範囲	5 7
2) 酸価の大きい油を選び分ける方法	5 7
3) 回収システムの中で選び分ける方法	5 7
4) 不適格廃食用油の有効利用技術	5 8
V B.D.F.の製造・品質・供給	5 9
1. B.D.F.の由来、原料及び特徴	5 9
1) B.D.F.の由来	5 9
2) B.D.F.の原料	5 9
3) 原料と保管方法	5 9
(1) サラダ油	5 9
(2) 学校給食からの廃食用油	5 9
(3) 原料ロットを極力大きくすることの必要性	6 0
(4) 廃食用油の保管	6 0
4) B.D.F.の特徴	6 0
(1) 排ガス特性	6 0
(2) 無硫黄分の効果	6 0
(3) 窒素酸化物の抑制方策	6 0
(4) LCAによる軽油との比較	6 0

2. B.D.F. 製造工程	6 1
1) バッチ式・湿式・アルカリ触媒式モデル	6 1
(1) 200L型遠心分離機なし	6 1
①製造工程	6 1
②品質分析例	6 1
③参考データ	6 2
(2) 100L型前処理装置（遠心分離機）使用式	6 3
①製造工程	6 3
②品質分析例	6 3
(3) 100L型前・後処理装置（遠心分離機2台）使用式	6 4
①製造工程	6 4
②品質分析例	6 4
2) 流動式・湿式・アルカリ触媒式モデル	6 5
(1) 製造工程の特徴	6 5
①2回式エステル交換反応工程	6 5
②グリセリン除去工程	6 5
③メタノール除去工程	6 5
④水分除去工程	6 5
⑤遠心分離工程	6 5
(2) 製造能力	6 5
(3) 品質分析例	6 5
3. 乾式アルカリ触媒法によるB.D.F. 製造工程モデル	6 6
1) 100L型乾式アルカリ触媒法	6 6
(1) 製造工程	6 6
(2) 品質分析例	6 6
2) 50L型乾式アルカリ触媒法	6 7
(1) 製造工程	6 7
(2) 品質分析例	6 7
3) 新型乾式アルカリ触媒法	6 8
(1) 製造装置	6 8
(2) 品質分析例	6 9
4) 車載型乾式アルカリ触媒法	6 9
(1) 製造装置	6 9
(2) 品質	6 9
4. B.D.F. 製造工程管理の方法	6 9
1) 前処理	7 0

2) B. D. F. 製造装置	7 0
3) B. D. F. 製造工程の管理	7 0
(1) アルカリ触媒と投入量	7 0
(2) メタノールの投入量	7 0
(3) エステル交換反応	7 1
(4) 分離工程	7 1
(5) 脱メタノール工程	7 1
(6) アルカリ金属類の洗浄工程	7 1
(7) 脱水工程	7 1
5. アルカリ触媒法によらない新B. D. F. 製造技術	7 2
1) S T I N G法B. D. F. 製造装置	7 2
(1) B. D. F. 製造工程	7 2
(2) 処理能力及びランニングコスト	7 2
(3) B. D. F. の利用方法	7 2
(4) 装置費	7 2
(5) 効用等	7 2
2) 過熱メタノール蒸気法B. D. F. 製造装置	7 3
(1) はじめに	7 3
(2) 開発した技術の内容と特徴	7 3
6. B. D. F. の品質	7 4
1) B. D. F. が確保すべき品質規格	7 4
(1) 脂肪酸メチルエステル100%使用時に特に留意すべき事項と その理由	7 4
①動粘度	7 4
②水分	7 5
③メタノール	7 5
④トリグリセライド	7 5
⑤遊離グリセリン	7 5
2) B. D. F. 品質の実態	7 5
(1) 反応不足	7 6
(2) 精製不足	7 6
(3) 低機能製造装置	7 6
3) 品質分析の実施	7 6
4) B. D. F. 品質の安定と向上方策	7 6
(1) 家庭廃食用油とB. D. F. 製造装置	7 6
(2) 製造工程管理担当者の経験を積んだ技術	7 6

(3) 反応率の向上と分離精製の徹底	77
7. B.D.F. の供給	77
8. 副産物の処理方法	77
1) グリセリン	77
2) アルカリ化合物 (アルカリセッケン)	78
3) 廃水	78
VI B.D.F. の農業機械利用技術	79
1. トラクタ等におけるB.D.F. 100%利用の実態及び現地技術	79
1) 利用実態と現地技術	79
(1) 事例	79
(2) トラクタ等への利用促進方策	80
(3) 酸化防止及び冬季使用対策技術 (現地開発)	80
2) B.D.F. 100%使用のリスクと対策	80
(1) 事例	80
(2) 不安感の払拭方策	81
3) トラブル等の発生と対策	81
(1) 事例	81
(2) B.D.F. の特性に基づくフィルター及びノズルの目詰まり	81
(3) 燃焼促進剤利用の可能性	82
(4) 日常点検及び定期点検・整備の励行	83
(5) 二重燃料フィルター方式 (現地開発技術)	83
2. バイオディーゼル燃料の品質と農業機械の運転性能	83
3. 高濃度B.D.F. 等使用者が点検整備上等で留意すべき点	84
1) 日常点検	84
2) 中長期点検	84
3) エンジン出力不足が発生した場合の点検	84
4) バイオディーゼル燃料利用時における留意点	84
(1) バイオディーゼル燃料使用車の限定	84
(2) 季節に応じたバイオディーゼル燃料の使用	85
(3) 定期点検の実施	85
5) その他	85

4. 農業機械へのB.D.F. 利用ガイドライン	85
1) ガイドライン活用の前提	85
(1) B.D.F. の利用が不適切な農業機械には使用しないこと	85
(2) 点検整備等の技術的サポートを受けること（農機販売者の協力）	86
(3) B.D.F. 利用に対応した日常点検を励行すること	86
(4) 定期点検を実施すること	86
2) B.D.F. を使用する前の注意事項	86
3) B.D.F. の保管に関する取り扱い注意事項	86
4) 定期点検項目と部品の交換サイクル	87
5. ディーゼル発電機及びバーナーへのB.D.F. の利用	87
1) 発電機への利用	87
2) バーナーへの利用	87
6. ストレートベジタブルオイル（SVO）の農業機械利用技術（参考）	87
VII B.D.F. 農業機械利用産地モデル	89
1. 平成20～21年度に得られた“菜種B.D.F. 利用産地モデル （菜種地域循環システムモデル）”	89
1) NPO法人・行政一体型モデル（平地環境型モデル）	89
2) 行政主導型モデル（島内環境型モデル）	89
3) NPO法人主導型モデル（中山間地域振興型モデル）	89
4) 農業生産法人主導型モデル（平地油粕利用堆肥生産型モデル）	90
5) ビジネス（企業）型モデル（大規模畑地型モデル）	90
6) 初期モデル	90
2. B.D.F. 農業機械利用産地モデルの管理・運営手法	91
図・写真集	93

平成21年度

地産地消型バイオディーゼル燃料の農業機械長期・安定利用技術 に関するガイドライン（未定稿）

I 地産地消型バイオディーゼル燃料の農業機械長期・安定利用技術に取り組むに当たって

地産地消型 B.D.F. (Bio-Diesel Fuel、バイオ（生物系）ディーゼル燃料) の農業機械長期・安定利用技術に取り組むに当たっては、油糧作物の栽培・収穫・乾燥調製、搾油・販売、廃食用油回収、B.D.F.製造から B.D.F.利用農業生産活動に至る多種多様な工程を担当する組織が必要であり、各工程毎に機械・装置・施設等の整備やその運営が必要になる。

1. 地産地消型バイオディーゼル燃料の農業機械長期・安定利用を可能にするために

B.D.F.の農業機械長期・安定利用を可能にするためには、B.D.F.の品質が農業機械(ディーゼルエンジン)に及ぼす影響を把握して対策技術を明らかにすることが必須の条件ではあるが、その前に“地産地消型” B.D.F.の生産技術を確立することが必要になる。即ち、レストラン・食堂等業務用から出る廃食用油獲得の競争状態となって回収量が減少の一途を呈する状況にあり、一方では、地域の農家(農業機械)による B.D.F.の利用が進まない限り家庭用を主体にした廃食用油の回収を増やせない状況も起きている。

したがって、地域によって条件等は異なるが、地産地消型 B.D.F.の長期・安定利用を目指す地域においては、廃食用油のみ依存でなく、菜種等の油糧作物の栽培も行って原材料の安定確保を図り、更には、菜種油の生産、販売、回収廃食用油の B.D.F.製造、農業機械への利活用といった、地域資源の長期・安定・持続的な循環システムを構築していくことを目指すことを基本とする。この地域循環システムの実現のためには、廃食用油の回収や B.D.F.の使用に当たっては、地域の多くの関係者の理解と協力が不可欠である。このため、

①地域資源の有効利用、システム構築の意義(地球温暖化対策に資することから、地域の活性化への寄与に至るまでの多様な意義)、②B.D.F.の農業機械等利用は化石由来燃料の代替になること、③菜種等油糧作物生産の拡大から B.D.F.使用の啓発・推進に至るまで、等を位置付け、十分な説明と、関係者の理解を得ていくことが重要である。

1) 油糧作物の栽培

単に廃食用油の回収による B.D.F.製造・利用に立脚するだけでは経営の不安定性

が高まっている。このため、地域循環システムとしてことが重要になる。したがって、今後は農家と組んで油糧作物（ここでは主として菜種）を栽培するところからやらないと立ち行かなくなる。

菜種の栽培に当たっては、品種選定、冠水害・湿害回避、適期播種、適期収穫等の栽培・機械作業技術が重要である。

2) B.D.F.使用の啓発

回収された廃食用油から造られた B.D.F.を使用して広く農業生産活動が行われるように啓発していく必要がある。

多大の努力を払って地域内の廃食用油回収率を増大すると、その結果として増大する B.D.F.製造量の地域内消費を促進することが必要になる。この地域内消費の主要な柱になり得るのがトラクタ等農業機械作業による農業生産活動である。今後の石油由来燃料の不安定性に対処するためにも、農業生産活動への B.D.F.利用の促進が重要になる。

3) 地域循環システムの構築

B.D.F.の長期・安定利用を図るために必要となる地域循環システムの構築に主眼を置いて検討することとし、本ガイドライン（技術指針）を作成した。

地域循環システムを確立するためには、種々の組織の連携・協力が必要であり、膨大な工程等技術の組み立てが必要になる。したがって、新たに取組もうとしている地域や取組みを始めたばかりの地域の参考に供したい（ガイド一案内役一になりたい）と考える。

4) 化石由来燃料の代替

1 ha 分の菜種油でおよそ 4 ha 分の水稲用農業機械作業を賄うことができると試算されている。仮に全国の耕作放棄地での菜種生産と B.D.F.製造体制が整えられれば、我が国への化石由来燃料の供給が著しく減少することがあっても農業生産が可能になると考えられる。将来的には石油由来燃料の我が国への供給の不安定性が増すと考えられるが、そのような場合でも農業生産サイドは自らその対処方策を持つことが可能になる。

このような化石由来燃料の代替は農業生産への燃料供給の安定性を確保するばかりでなく、地球温暖化対策に農業側から寄与する多大な方策となることは当然であり重要なことである。

2. 地産地消型バイオディーゼル燃料の農業機械長期・安定利用を図るための組織

地産地消型 B.D.F.の農業機械長期・安定利用技術を確立しようとするれば、先ず菜種

の栽培・収穫・乾燥・調製技術と、B.D.F.の農業機械長期・安定利用技術とを確立する必要のあることは前述の通りであるが、これら二つの技術の間には搾油、廃食油回収及び B.D.F.製造の少なくとも三つの技術または工程がある。したがって、全体としては主として5つの技術あるいは工程から成る技術システムを組むことが必要になる。即ち、

1) 技術システムの組み立て

次の5工程について技術システムを組み立てる。

(1) 菜種栽培・収穫・乾燥・調製、(2) 搾油・販売、(3) 廃食油回収、(4) B.D.F.製造、(5) B.D.F.の利用による農業生産活動。

2) サブシステムの組織化

これら5つの技術システム(体系)を分担するサブシステムを組織する。ただし、5つの内2~3のサブシステムを一つの組織で担当しても良い。サブシステムの担い手としては、(1)及び(5)には農業生産組織(組合)または農業生産法人等が、(2)及び(4)にはNPO法人や農業生産法人、更には会社組織等が、(3)には学校教育活動組織(学校給食の場合)、町内会等の末端行政組織、更にはボランティア団体等が適している。何れの場合にも行政サイドの支援を受けるようにする。なお、近中に利用可能な搾油所やB.D.F.製造所があれば、それを利用(外部委託)することも考える。

ただし、搾油工程の外部委託に当たっては、菜種油搾り粕の効用を考慮に入れた検討が望まれる。

3) 地域協議会あるいはネットワークの設置

通常搾油工程やB.D.F.製造工程を担当する組織が核になるが、種々の地域条件に応じてリーダーが生まれることが必要であり、そのリーダーシップの下にサブシステム間相互の連携を密にするための地域協議会あるいはネットワークを設置して、全体の円滑な運営を図るようにする。また、組織、関係者が多いことから、行政からの指導・協力・支援は極めて重要で必要である。更には、可能な限り大学、試験研究機関、普及支援センター、農業機械メーカー等の関係機関との連携を図り、協力・支援を得ることが望ましい。

3. 菜種油の生産やB.D.F.製造のコスト問題に振り回されないために

1) 菜種油の生産コスト問題

B.D.F.製造・販売のビジネス(企業)化を目指して我が国では大規模と言える事業

展開を図る例が生まれてはいるが、菜種生産の低コスト化は一般的にはかなり厳しいものがある。しかし、国産菜種油（地油）は非遺伝子組み換え菜種による地域特産品として、また、2～3回もしくはそれ以上の繰り返し利用が可能であること等から、かなりの高価格でも売れてはいるが、低コスト化を図って販路を増やしていく努力が求められている。

一方、原料となる地域の菜種生産の持続のためには、生産コストを満たす菜種の買入れ価格の維持（生産者に対する一定の価格補償）が必要であり、これを踏まえた地油販売における販路等工夫努力が必要である。

更には、非遺伝子組み換え菜種を原料とした油分の残存する搾り粕は、良質肥料として結構高値の販売が可能となっている。搾り粕は油に対して重量比で7：3の割合で生ずるので、かなり大きな収益源となり得る。また、このような貴重な収入源である菜種搾り粕を敢えて良質堆肥製造用材料として使用して、有機的米作りに自信を持つ技術例がある。

また、菜の花（ひまわりも）の観光資源としての多大の利用効果が各地で認められている。この他、菜種の緑肥としての鋤き込みによる土作り効果により特徴のある米作りを行う技術例も見られる。

以上のように、搾り粕の収益源としての活用をはじめ、菜種の生産コストを継続性の観点から分配して、数字には現れない経済効果も含め、関係者の理解を得ていくことが必要である。

2) B.D.F.製造のコスト問題

廃食用油の回収で製造した B.D.F.は軽油価格の乱高下に振り回されてきた。一般的には歓迎される軽油価格の低下は、それより10円/リットルは安くないと買ってくれないと言われる B.D.F.の販売・利用を難しくする。農業では免税軽油の使用が許されるので、この場合は价格的な開きが大きいため B.D.F.が受け入れられないということが大きい。

しかし、B.D.F.は“カーボンニュートラル”の燃料であり、地球温暖対策に有効な再生可能エネルギーであると言い得る。“地球に優しい”エネルギーであると言っても良い。その上、S（イオウ）を含有しないのでSO_x（硫黄酸化物）を排出しない、PM（粒子状物質）の排出を減少するという長所を有し、“人に優しい”燃料であると言うこともできる。これらのことから、“自然エネルギー”と同等の評価を与えられてしかるべきものと言うことができる。

化石由来燃料は、今後高止まりする可能性が高いとの予想もある。B.D.F.の長所等の一層のピーアールや、B.D.F.製造のコスト削減努力、安定価格での安定供給努力が必要となっている。

3) 地域振興・活性化の効果

地産地消型 B.D.F.の農業機械長期・安定利用技術—地域循環システム—に対してコストや収益性といった経営的視点を強くし過ぎると、菜種生産の高コスト問題や化石由来燃料の著しい低下に負けてしまう。経済性・収益性に負けない、“地産地消型”即ち地域循環システムを作っていくためには、地域ぐるみの取り組みを必要とし、地域の条件を踏まえた関係者の理解と工夫が必要になる。

そのため、地域循環システムの構築に取り組むに当たっては、行政機関から会社、学校、家庭までを含む地域社会の様々な構成要素間の連携・協力・協議・話し合い等を持つことが必要となって、そこから各種の“つながり”、“相互支援の思い”、“地域と人を大切に思う心”等が生まれる。地域循環システムが動き出すと、地域で人・物・金が回る仕組みができるようになり、多様な働き口が生まれ、新たな地域産業が興されて地域を活性化することができる。新たに取り組み始めた地域から年月を経た地域まで、調査した多くの地域で“地域興し”、“地域活性化”の効果を得られている。

II 菜種生産技術

1. 菜種の国内生産に特に取り組む理由

およそ以下の通りである。

1) B.D.F.の原料には植物油が適している

1900年に落花生（ピーナッツ）油をルドルフ・ディーゼルがディーゼルエンジン用燃料として使用した（SVO：ストレート・ベジタブル・オイル）ことでも分かるように、ひまわり油、菜種油や大豆油等の植物油をディーゼルエンジン用燃料とすることは、燃料を加熱して供給する等の方策によって可能である。この植物油をメタノールとのエステル交換によって脂肪酸メチルエステルに変換すると、動粘度が軽油に近くなる。また、ディーゼルエンジン用燃料としては、高圧縮された空気内に吹き込んだ時に燃料自体が着火する特性（セタン価）の高いことが求められる。この脂肪酸メチルエステルのセタン価は軽油と同程度に高いので、エステル交換によって植物油をディーゼルエンジンに適した燃料にすることができる。

2) 「菜種」は採油性が高い

国内で栽培される油糧作物としては「菜種」、「ヒマワリ」、「ゴマ」、「落花生」等がある。これら油糧作物の中でも「菜種」は“アブラナ”とも呼ばれるように、単位面積当たりの油収量で比較的大きい部類に入る。一般的に得られる収量の比較において「落花生」（菜種の1割減程度）や「ヒマワリ」（同2割減程度）よりも多く、ゴマ（同4割減程度）や「大豆」（同6割減程度）はかなり少ない。（国外の油糧作物としては、「アブラギリ」や「オイルパーム」がよく知られている。これらは「菜種」よりも採油性が高く、「アブラギリ」で菜種の1.5倍程度、「オイルパーム」は同5倍程度と断然多い。）

3) 「菜種」は作りやすい

「菜種」は耐湿性が強く、種子もF1でない（毎年再生できる種子が手に入る）ということで「ヒマワリ」よりも格段に作りやすい等、その栽培が我が国の自然に合っており、地域で取り組みやすい作物である。また、ヒマワリの安定生産には、高湿度条件では頭状花（種子部）が罹病しやすく、腐敗に至る場合もあること、コンバイン収穫時に綿毛が機体内の円滑な流れの支障となりやすいこと等、国内では未だ難しい点がある。

4) 「菜種」の栽培と搾油技術には歴史がある

江戸時代に入ってから菜種油を採るために油菜が広く全国的に作付けされるようになった。以来、菜の花畑が唱歌や俳句で誰もが知っている程に懐かしい日本の風景

となってきた。このように、菜種は古くから全国的に作られてきたが、従来品種はWHO（勧告1977）で心臓病によくないと言っているエルシン酸を多く含んでいたために、無エルシン酸の品種やそれから製造された安価な菜種油が海外から入ってくると、我が国の菜種生産は大打撃を受けるに至った（菜種の作付面積：1957年26万ha・1961年大豆輸入自由化・1971年菜種輸入自由化→1990年以降1,000haを切る）。そのために搾油施設は数えられるほどに少なくなったが、それでも搾油技術は国内に残されており何とか地域で取り組むことができる。

5) 菜種及び菜種油の産地形成への期待

今ではエルシン酸を含まない菜種品種を東北農業研究センターで育成しているので、全国各地に“菜の花プロジェクト”が発足しているように、再び国内各地に菜種及び菜種油の産地形成が行われることが期待できる。我が国は毎年200万t強輸入（国内生産約1,000t）し、その内の約80%がカナダ産で、そのほとんどが遺伝子組み換え菜種である。国内では遺伝子組み換え菜種は栽培されていない。したがって、菜種油の自給率向上にも資することができよう。

2. 菜種の栽培管理技術

最初に取り組むことになる菜種の栽培管理技術について、栽培とその機械化技術の要点、事例、問題点とその解決方法を掲げるので、これに沿って技術設計に取り組む。栽培と機械化技術の一例を図1、図2及び表1に掲げる。

これらに見られる通り、機械化栽培体系としては、

- ①石灰・基肥散布、溝掘り、耕耘等播種床造成作業、②播種、(覆土)、(除草剤散布)、
- ③追肥、④収穫

の順に行われる。ただし、耕耘・施肥・播種同時作業で行う方法もある。

ここでは、④収穫以前の栽培と機械化技術の要点について述べる。

1) 栽培暦

菜種の栽培については、通常各地域に適した栽培暦があるので、これに基づいて作業等を計画・実施する。その一例を図3に掲げる。ただし、同じ地域であっても北部・南部や平地・山地等によって変わり得るので、計画・実施に当たっては農業改良普及センター等の指導を受けるようにする。

2) 湿害(冠水害)軽減技術

(1) 菜種の特性

菜種は耐湿性の強い油糧作物であるが、油は酸素がないと分解できないので、水をかぶって種の周りに酸素がないと発芽がかなり阻害される。このため、生育初期に湿害(冠水害)を受けると被害が大きくなる。

(2) 生育初期の湿害回避

一方、菜種は水田転換畑のような水田跡に作付けされることが多い。したがって、生育初期の湿害(冠水害)の回避が特に重要である。そのためには、菜種の作付けには本暗渠が施工された圃場を用いて、弾丸暗渠あるいはサブソイラー等を施工して高い地下排水性を備えた圃場にした上で、更に地表面排水性を備えるために簡易明渠を施工する。

(3) 簡易明渠の施工

簡易明渠の施工には溝掘機を使用する方法と、培土板付きロータリを使用する方法とがある。

①溝掘機

通常のトレンチャーによる掘削より浅い、簡易溝掘り用の機械を使用する。

図1右側中央及び図4下に細長いエクステンションを付けたプラウ式溝掘機による作業が見られる。これは、比較的浅い小明渠を作る麦用の栽培技術(広幅

の畝立て一平畝一栽培)の応用として行われる。ただし、麦の場合より更に地表面排水性が高まるように、枕地に平行する、いわゆる額縁明渠も施工する。(写真3参照)

プラウ式溝掘機では溝の片側に土が盛り上がるので、この後のロータリ耕耘でできるだけ均す。しかし、縦横方向の溝が突き当たる部分では片方の溝が土で遮られることになる(手直しが必要になる)。これに対して、掘削土を砕いて放出することで土の盛り上がりを作ることなく、溝への排水の邪魔をしない方法として、ロータリディッチャー(図5)がある。ただし、湿潤な粘質土壌の作業には不適當である。

これらの溝掘機は中規模から比較的大規模まで適用可能で、けん引作業であったりP T O軸所用動力が大きかったりするので、多少大きめのトラクタが必要になる。

②培土板付きロータリ

小規模から比較的中規模まで適用可能な溝掘り方法としては、ロータリのリヤ一カバー中央部に培土板を取り付ける方法がある。通常は写真1にあるように、ロータリそのものに培土板を取り付けて、耕耘と同時に溝を開ける。したがって、ロータリ1行程毎に1本の溝ができる。これに対して写真2にあるのは、培土板直前のロータリ爪以外は取り外して使用する方法である。これは、ロータリ耕耘後に溝開けを行う作業方法である。したがって、ロータリの作業幅に係わらず必要とする畝幅に合わせて溝を開けることができるが、二度手間にはなる。(写真4参照)

2) 品種の選定

(1) カナダからの輸入菜種

カナダから輸入される菜種は「カノーラ」と称され、心機能に障害をもたらす恐れのあるエルシン酸を含まず、家畜の甲状腺肥大の原因物質となり得るグルコシノレートの内容量が低い、いわゆるダブルロー品種である。しかし、除草剤耐性等の遺伝子組み換え品種である等により、我が国での栽培には不適當である。

(2) 国内の菜種栽培品種

国内で栽培する菜種品種としては、東北農業研究センター育成の無エルシン酸品種「キザキノナタネ」、「キラリボシ」及び「ななしきぶ」が推奨される。

(3) 食油用菜種品種の特性

国内で栽培する食油用菜種品種の特性は、表2の通りである。

①「キザキノナタネ」

「キザキノナタネ」(なたね農林47号)は体も大きいので収量性が高く、耐寒雪性、菌核病抵抗性共に強い。やや晩生であり、東北地方北部から北海道一円に適する。関東地方では成熟期がやや遅く、梅雨に遭遇しやすい傾向がある。北海道の秋播き用として力を発揮するであろう。

②「キラリボシ」

「キラリボシ」(なたね農林48号)は、体は「キザキノナタネ」より若干小さく早生(中生)である。東北地方南部の平坦地が適地である。北海道の春播き用として、また、関東地方などの梅雨が来る地方にも使える。

③「ななしきぶ」

「ななしきぶ」(なたね農林49号)は、成熟期(中生)及び耐寒雪性・菌核病抵抗性(共にやや強い)は「キラリボシ」と同様であるが、収量性はそれより多い。関東以西が栽培適地で、東北地方南部小雪地帯にも適する。

(4) その他の品種

以上の3品種の他には「アサカノナタネ」(なたね農林46号)と「菜々みどり」を挙げることができるが、前者は菌核病に弱く、耐寒雪性も中程度で、後者は搾油用ではなく野菜(ナバナ)として青森県内で栽培されている。何れも東北農業研究センター育成の無エルシン酸品種である。

(5) 東北農業研究センター育成品種の菜種種子の入手先

東北農業研究センターが育成した菜種品種の種子の入手先は、表3及び表4の通りである。

(6) ダブルロー品種

「キラリボシ」は国内初、現在では唯一のダブルロー品種であり、搾り粕が飼料用にも適する。しかし、鳥害に会うことがあるとされる。一方、「キザキノナタネ」は(苦味があるらしく)イノシシ等の食害を受けにくいと言われる。

東北農業研究センターでは各地域に適した、収量性の高い、ダブルロー品種の育成を行っている。

3) 生育量の確保

北海道では春播きもあり得るが、菜種は通常、国内では秋播きする越冬作物であるので、冬の寒さを如何にして乗り切るかということが菜種の栽培で一番の問題になる。関東地方の場合でも、1月の霜柱による凍上害があったり、 $-5\sim-6^{\circ}\text{C}$ という低温が来て枯死することもあるので注意を要する。

(1) 適期播種

越冬前生育量を確保するため、関東地方では10月下旬(24~30日位、平均気温が15℃程度の時期)までに播く。それ以降になると、枯死、凍上の影響が大きくなる。寒冷地、積雪地では更に(できるだけ)早く播種する。例えば、北海道(滝川、十勝)では平均気温が20℃前後となる8月下旬が目安であり、東北地方北部で9月上旬、南部と北陸地方では9月下旬が播種適期の目安である。一方、九州(平地)では11月上旬が播種適期とされるが、開花期頃にいわゆる菜種梅雨(多雨)に会うと菌核病の被害が大きくなりやすいため、むしろ早播きは避けるようにされる。

(2) 播種

①播種量

菜種は厚播きが可能で、条播(条間33cm)による試験では500g/10a程度の播種密度で行われているが、一般的に散播では条播より50%以上増しの播種密度(1kg/10aほど)で播く。密植による減収はないと考えてよい。

②散播(胸掛け式散粒機及び動力散布機)

散播のための播種作業には、極小規模用としては胸掛け式散粒機(図2左上参照)が使えるが、動力散布機(散粒機)による方法が安価な機械で低コストに行うことができる。畦畔ホース式動力散布機(散粒機)による作業状況の一例を図4(2)(下図)に、その出芽状況を写真3に示す。中規模適応技術と思われる。また、通常動力散布機による作業状況を写真5に示す。畦畔から中央に向かって飛散させるが、散布種子の到達点に散布者以外の1人が付く必要がある。両方式とも、中央部分が手前側より薄く(少なく)なりやすいことに注意する。また、散播方式は低コストであるが、作業時の風の影響が大きいことと播種精度の低いことが難点である。

小規模から中規模まで適応可能と考えられる。

③条播(ロータリシーダー及び小明渠浅耕播種機)

条播のための播種作業には、通常麦等に使用されるロール式播種機とロータリを組み合わせたロータリシーダーを使うことができるが、菜種種子は麦よりかなり小さいのでロールを改造する必要がある。改造の方法等を中央農業総合研究センターバイオマス資源循環研究チームが図6のように示している。また、条播(図10参照)は散播(図2中央上参照)に比べて精度の高い播種方法であり、このような高精度播種の方法を同チームが図7のように示している。

この方法は図6にあるように“小明渠浅耕播種機”と称されて研究開発中のものであり、耕耘・施肥・播種・覆土・鎮圧・小明渠作溝を同時に行う。

中規模から比較的大規模に適応すると技術と思われる。

④新しい耕耘・播種同時作業方法

新しい耕耘・播種同時作業方法として次の二つが試みられている。

a 2山成形式ロータリ播種機

一つは、写真5に見られるようにロータリに小粒用播種機（ここでは4条用）を搭載して、写真6に見られるように耕耘後の畝が2山になるように耕耘爪の向きを配列し、2山の4側面に種子をばら播き落とすようにする方法（2山成形式ロータリ播種機）である。滋賀県東近江市（あいとうエコプラザ菜の花館）で試行されていた。これによって、溝掘りプラウで作溝した広幅畝による栽培方法では播種直後の大雨による冠水被害を回避できないような天候条件にも対処できるように考えられている。実際、写真7に見られる通り、培土板で開けられた溝でかなりの排水をしつつ、ロータリ1行程毎にできた2山で播種部分の排水が行えている。こうすることによって、台風による大雨に遭って広幅畝の圃場は種子が泥をかぶって窒息死する（播き直しが必要になる）と思われる状態になったのに対して、この2山方式の方は、写真8に見られるように、土塊がかなり粗いこともあって、かなり被害を軽減できていると見られた。比較的小規模から中規模まで、強排水性を持たせられる方法として有望と考えられる。

b チゼルプラウシーダー

もう一つは、写真9に見られるソイルクランブラとかスタブルカルチと称される破碎耕耘を行いつつ施肥・播種（散播）する方法（チゼルプラウシーダー）である。後ろにあるかごローラで若干の均し・覆土を行うようである。菜種栽培の省エネルギー化を図る方法を開発する目的で、東北農業研究センターで研究されている。半履帯式トラクタを使用することによって、比較的高速度・高能率な耕耘・施肥・播種を行い得るが、水田転換畑での菜種播種状態は丁度写真8のようになると考えられる。中規模から大規模向きの省エネルギー的作業技術として期待できよう。

⑤大規模畑作地帯における耕耘・施肥・播種作業体系：スタブルカルチ・パーティカルハロー・プランター

以上は水稻跡地に菜種を作付けする場合の播種床造成・播種作業技術であり、北海道十勝地方の大規模畑作地帯で行われている高能率・高精度な耕耘・施肥・播種作業技術を次に挙げる。これは畑地の作業技術であるが、水田の作業に対しても示唆に富んでいると思われる。

先ず耕耘作業であるが、緑肥等の鋤込み以外は長い間使われてきた（はつ土板）プラウが使われることは少なくなって、写真10のようなスタブルカルチ（かごローラ付き）と称される破碎式の耕耘用機械による作業が一般的になっ

ている。即ち、昔から畑地における標準的耕耘法として行われてきた反転耕起法がほとんど行われなくなっている。

次に写真11にあるバーティカルハロー（かごローラ付き）で碎土・均平化を図る。作業後の畑は写真12のようになる。ただし、これは菜種専用大型コンバイン収穫後にハローを掛けたのであり、菜種を作付けする時は小麦等の収穫後に行うことになる。写真12で注意すべきは、菜種が均一に発芽していることと、この後もう少し置いてからロータリ耕を行い、菜種を絶やして輪作用の他作物の播種をすることによって除草剤を使わなくて済むようにしているということである。このようなことは、菜種専用コンバインによる著しく損失の少ない収穫が行われるため落ち種が極めて少ない上に、ロータリによる（上下層の）攪拌耕やプラウによる反転耕を行わないために地表に落ちた種子が土中に埋没されないことによると考えられる。水田転換畑で菜種収穫後にロータリ耕を行ったところ、3回繰り返して耕耘しても菜種種子の発芽が多くて困ったという所があり、一例を、これほどの落ち種による菜種の生育状況は珍しいが、写真14に示す。

ロータリ耕後の最後に、写真13に見られるプランター（点播機）で溝切り施肥・覆土・鎮圧・傾斜目皿式播種・覆土・鎮圧される。非常に高精度な播種が行われ、播種量は約300～400g/10a、出芽数100～200本/m²とされる（北海道立十勝農業試験場）。

（3）種子の吸水確保

①播種後の覆土作業

排水性を重視して粗い土塊上に散播し、数日置いて適当な深さに土をかぶった種子だけが発芽すれば良い（播種量を多くすれば良い）という考え方で行うことも多いことは先に述べた通りである。しかし、一般的に水稻後の裏作として菜種を作付けする場合には、畑作物の播種・覆土に適する碎土程度を得ることが特に難しいので、播種前に1回耕耘するなどして碎土性、覆土深の確保に努めることが望ましい。菜種の場合、適正な覆土深は20±10mm（図7参照）とされており、覆土深が3cm以上にならないようにする。このため、播種後にロータリハローまたは水田ハローで深さ2～3cmの耕耘・攪拌を行う（写真15参照）。中規模対応技術である。

②レーキ付きアップカットロータリ

プラウ耕起後に逆転ロータリで施肥・播種・耕耘・覆土を同時作業する方法が行われることもある（レーキ付アップカットロータリ—図8—は肥料と種子を篩い分けて耕耘土表層に持ってくるので、麦の全面全層播き方式に使用すると施肥量・播種量を2～3割ほども減らせることが知られている。

最近では北陸の重粘度地帯における野菜作用として、レーキ（熊手）付きアップカット（逆転）ロータリを利用した最新技術開発が行われている。比較的中規模に対応可能な方法と思われるが、逆転ロータリであるためトラクタにけん引抵抗が作用し、また、レーキ（熊手）と称する篩い分け装置に湿潤な土壤が付着して目詰まりを起しやすいため、軟弱な圃場条件での作業には不適である。

4) 施肥

(1) 基肥

菜種は1粒の重さが5mg程度と非常に小さいので、窒素栄養分が必ず必要で、基肥（窒素6kg/10a程度）の施用（ブロードキャスター図4（1）上参照、中～大規模適応一等による散布）は必須である。例えば、15-15-15化成肥料を10a当たり1.5袋（30kg）～2.5袋（50kg）入れる。必要な場合には、ホウ素及び石灰も施用する。石灰は施用量が多いので、施肥・播種以前に施す。石灰の施用は通常ライムソーワで行う（大きさによって比較的小規模から大規模まで適応する）。写真16（ただし、導管ホースのない状態）にあるような、トラクタ前装式の施用機を用いるとロータリ耕耘と同時に施用することができる。小規模適応技術である。菜種の根は肥料焼けをしやすいので、散播なら全面全層施肥、条播の場合は少し離して施す、更には施肥量を少なくするというように、肥料焼けを起こさないで生育を確保するようにする。

(2) 追肥

菜種の生育経過は、関東では、1月の下旬から花が分化し始めて、3月から4月にかけて乾物重の増加が非常に大きくなる。そのため、3月頃に窒素を施すと、乾物重の増加にも寄与し、葉の色が濃くなって光合成量が多くなる。また、花を作る時には細胞分裂を起こすので、タンパク質、窒素を多量に必要とする。その助けにもなるので、3月頭の追肥が有効である。窒素追肥は、例えば動力噴霧機（小規模適応）等による硫酸の散布で行うとよい。ブームスプレーヤ（写真17参照）（中～大規模適応技術）を使用すれば、能率的な作業を行い得る。

北海道滝川市の場合には、早春から開花前までに2～3回に分けて窒素成分で10～12kg/10aを施す。肥料には、1回目は尿素、2回目は硫酸を用いている。

(3) 北海道滝川市における340kg/10aという高収量の要因（滝川市経済部農政課 坂本康雄—最新農業技術 作物 vol.1、257-262、2009.2、農山漁村文化協

会より)

ナタネは石灰吸収量が多く、発芽時の過湿状態は発芽率の低下に結びつく。高収量の要因としては、次のような努力と栽培技術の向上が高収量の一番の要因である。

①播種前の土壌診断に基づいた pH 矯正 (石灰で pH6.5 に)。

これは pH 矯正だけでなく、ナタネの石灰吸収を補う意味もある。滝川市の土壌は地区によって異なるため、pH を 1 上げるために必要な石灰 (炭カルを施用) の量は約 200～400 kg/10a と幅が広い。

②圃場の透排水性の改良

排水不良のところは明渠の設置やサブソイラによる心土破碎を行う。

③連作や窒素肥料の多用を避ける

菌核病が発生しやすくなるので、連作を極力回避し、窒素肥料の多用も避ける。

④適期播種、適期収穫の確立

適期播種と適期収穫に努める。

以上のような栽培・作業技術の励行と普及によって、平成 20 年度滝川市で全面積 250 ha の平均収量で 340 kg/10a の実績を上げることができた。

2008 年度産ナタネは転作田が半分を占めるようになり、収量においては畑、転作田もほぼ同量であった。

5) 雑草防除、病害防除等管理

(1) 雑草防除

菜種にもヒマワリにも適応する除草剤としてトリフルラリン剤があるので、播種時に土壌表面処理する (動力噴霧機等による覆土後処理、写真 17 参照)。ただし、この剤はイネ科雑草が対象で、広葉雑草に対しては効果が薄い。広葉雑草が出た場合は、条播方式であれば大豆用の中耕機等を用いて早めの機械除草をするしかなく、散播の場合には除草作業を行えない。

北海道滝川市の場合には、出芽時期が 8 月下旬から 9 月初めで、除草剤は使わないため、9 月に入って雑草が生えてくると、多い場合は根雪になる前にカルチベータにより中耕除草する。融雪後にもナタネの生育と同時に雑草も出てくるので、必要に応じて開花期までに中耕除草を 2～3 回行う。

(2) 病害防除

ナタネもヒマワリも菌核病という土壌病害に罹病する。これは開花期に雨が来ると激発する。この対策としては、水田転換畑であれば、水稲と輪作することとかなり防除できる。例えば、3 年位のブロックローテーションで防除している地区、最低 3 圃式を行って水稲と 3 年に 1 回回すと有機物が入って土も良

くなってきたとする地区、水稻—ナタネ—の3年5作輪作体系で連作障害回避と菜種の雑草化の抑制効果を図れるとする研究例を挙げることができる。

また、北海道では1年1作の輪作体系に組み入れることで対処している（北海道滝川市の場合は5年5作の輪作—ナタネ1年目の次は6年目—に組み込まれる）。

なお、アブラムシの大発生が見られても適正な農薬がない等、菜種の栽培には使用を認められた農薬がほとんどない。

(3) 獣害対策

中山間地における獣害が激しくなっている。獣害対策は難しいが、例えば、キザキノナタネを作付けるとイノシシの食害を受けなかったとされ、管理の手間がほとんどかからない点で菜種が有利な作物と見られている。

3. 収穫・乾燥・調製技術

1) 収穫

(1) 収穫適期

コンバインで収穫する時期は、手刈り収穫の場合よりも1週間程度遅らせる。外見的には、莢が退緑した時がコンバイン収穫期になる(写真18参照)。これは、菜種が莢で光合成をするためである。コンバイン収穫時期が早過ぎると緑の莢が残っていて脱粒損失(扱ぎ残し)が増加する上に、菜種の水分が高いと黒い種の中に青い種や赤い種が混じって品質の悪い油が取れるものになってしまう。莢の退緑は主茎よりは分枝で遅いので、コンバイン収穫では全ての莢が退緑した後に収穫すべきである。したがって、我慢して一呼吸(2~3日)置いて全ての莢が茶色になってから収穫する。しかし、遅過ぎると鳥害を受けることがあるので、各地における機械収穫適期の判断方法を工夫する必要がある。例えば、ひわ鳥が菜種を食べに入ってくるのを見ていて判断するという人がある(遅くなると食害を受ける量が多くなるので収穫適期は1週間位とされる)。

また、北海道滝川市では「収穫適期は、主茎の穂先から3分の1の部分の莢中の種子が、5~6粒黒色に変わった成熟期。コンバインでの収穫は、成熟期後10~15日が適期である。(略)脱粒直後の子実は、水分15%前後である。」(阪本康雅：既出文献)

(2) 汎用コンバインの利用

菜種の収穫は小麦の場合と同様に長梅雨に当たることもあるので、収穫適期が来れば一気に収穫してしまいたい。そのため、収穫機には一般に汎用コンバイン(写真19)が使用される。刈り幅・エンジン出力で1.5m・35~36PS、2.1~2.6m・90~98PS、3.6m・145PSの機種があり、中規模から比較的大規模まで適応する。

①使用方法

東北農業研究センター(澁谷幸憲：市販機械を利用した収穫・調製・選別法、最新農業技術 作物 Vol.1, 237-241、農山漁村文化協会、2009.2)が行った汎用コンバインの菜種収穫用使用法は、次の通りであった。

「普通型コンバインの利用に際して、脱穀部の部品交換や選別部の唐箕風量の調整などを実施する。東北農研が持つ刈り幅1,446mmの汎用(ダイズ・ソバ・ムギ用)コンバイン(K社製ARH380)の場合、刈取り部、脱穀部、グレンタンク部内の穀粒および刈り桿の通過部分に、ムギ・ソバ用の底板を取り付け、更に、脱穀部こぎ胴回転数をムギ仕様(836rpm)、受け網をソバ仕様(直径20mm格子受け網)とした。」

②作業性能

「ナタネ収穫時の調査結果によれば、作業精度は、走行速度 0.79~0.84m/s、穀粒流量 1,201~1,307kg/h の条件下で、刈取り部損失 1.6~4.1%、脱穀部損失 4.6~6.3%、総損失 6.2~10.4%で、作業能率は 4.0h/ha であった。」

③高刈り菜種の残茎処理

「刈り残された茎については、アップカットフレールモアにより細断でき、その作業能率は 4.3h/ha であった。」

④問題点

上記の通り汎用コンバインによる菜種収穫時圃場損失は多くて 10%程度となったが、10%を優に超える損失が発生していたと推察された作業例が幾つか認められた。今仮に 10%としても、収量が 200kg/10a の場合、20kg/10a の落ち種が起きたことになる。これは、散播で播種量が多い場合に比べても、1桁大きい播種密度に相当する。落ち種の発芽・生育を考えると、これは問題である。コンバイン収穫実収量の増加の点からも、圃場損失のできる限りの低減対策が必要とされる。

もう一つのコンバイン収穫作業時の問題点として、写真 20に見られるような、菜種の茎等が詰まりを起こすことがあった。この写真で見ると、菜種は分枝が多くて結構強いので、スクリー式抜胴に対する回転抵抗が大きくなるためと考えられる。この他、揺動板の所に詰まるということも聞かれた。これらは何れも刈り幅 1.5m 程度・エンジン 30PS 級において発生するが、刈り幅 2m 程度・エンジン 90PS 級では詰まらなかったと言われる。エンジンが 30PS 級である場合は、特に実収量が 240kg/10a 以上と多い条件では、作業速度（コンバイン内を通過する全流量）の低め調節に努めるようにする必要がある。

(3) 大豆用コンバインの利用

汎用コンバインよりは小型の大豆用コンバイン（図 9）を麦用仕様として利用されることがある。比較的小規模～中規模適応技術と思われる。ただし、スクリーコンベアの受け板を孔のないものにする等、菜種仕様に交換して使用する。また、菜種の収穫ではファンの速度を遅くして（風量を小さくして）種を外へ出さないようにし、その代わり夾雑物も種子と一緒に入って来るので、夾雑物はこの後の乾燥・調製のところで除去していくことにする。

淡路島内の棚田状水田向けに刈り幅 1.5m 程度・36PS の汎用コンバインが菜種用として導入されて活用されているが、小区画・小規模対応として小形自脱コンバイン並の普通型コンバインの登場が待望される。

(4) 菜種専用大型普通コンバインの利用

北海道十勝畑作地帯（帯広市を中心とする 3 町村：豊頃町・更別村・大樹町）

において大規模な菜種の栽培・生産が行われている（図10、平成20年度作付け面積100ha、5ヵ年計画目標250ha）。

ここで稼働しているコンバイン（写真21）は、菜種専用にしたヨーロッパ（ドイツ）製大型普通コンバインである。

このコンバインの最大の特徴は、両サイドカッター装備及びフロントテーブルの90cm前出し可能式であり、その他には刈高さ自動追従機能及び機体自動水平制御機能がある。主に前者の二つ、とりわけフロントテーブルを90cmも前に出すことができる点で、菜種収穫時の落ちこぼれ損失の減少を図れると考えられる。北海道のように300kg/10aの高収量を上げる圃場条件では、これは大きいことと思われる。

北海道立十勝農業試験場の調査によれば、通常作業速度5km/h程度で、収穫損失は0.4%と極めて少なかった。

帯広を中心とした3町村を自走（ヘッダーは取り外して本機けん引のトレーラに搭載）で移動し、同一箇所内では1日に20haを収穫するとのことである。

今後、大豆・そば用コンバインを菜種用とする場合の参考にしなければならない点が多くある。問題は価格面であろう（写真21のものは5,000万円弱とされる）。

2) 乾燥・調製

コンバイン収穫物から莢や茎等を除去する粗選別、菜種を水分8%位に乾燥する乾燥及び細かい屑や塵を除去する精選別の3工程より成り、これらの工程を適切に機械化して省力的に行うことが重要である（図11参照）。機械化の一例が図12に挙げられている。

(1) 粗選別

①万石あるいは唐箕の活用

倉庫に眠っていた“万石”や“唐箕”と称される古い米麦用選別機の活用によって、菜種のコンバイン収穫物（写真22にその一例を示す）を粗く選別することができる。写真23は万石式糶摺機で、糶摺り用ロールの間隙を最大限に広げて素通りさせて万石部分だけを利用することにより、粗選別機として使用している。万石や唐箕の使用に当たっては、ファンの回転を止めて網目揺動選別だけを行う（風選は使用しない）。

中古の機械を使用するので、経済的である。小規模から中規模まで適応可能である。

②米麦用円筒式選別機の利用

米麦用円筒（シリンダー）式選別機が菜種の粗選別機として利用できる。写

真24にその全景を、また、写真25に円筒（シリンダー）部分を示す。ただし、後述するように一つの導入事例では、菜種が生の状態では選別できなかったため、乾燥後にこの選別機で粗選別している。

これは、円筒に無数に開けられたスリットの幅（隙間）が2mmであるのに対して、菜種の直径が1.7～2mmであり、また、菜種はその油分のために塵等が付着しやすいので、2mmの隙間からの通過が容易でないためと考えられる。後述するように、3mm程度の隙間が適すると思われる。ただし、スリットの縦方向の長さがかかなり大きいため、分枝等の細片が抜け落ちる可能性が考えられる。したがって、逆に選別精度の低下が生じるかもしれない。

中規模から大規模まで適応可能である。問題は、菜種は油分があつて塵等が付着しやすいので、油糧作物専用になってしまうことである。

③砂篩機の簡易改造使用技術

東北農業研究センターでは、写真26に見られる砂篩機の金網を菜種用のやや細かい物に張り替えて菜種用粗選別機とする方法を提示している。砂篩機は横方向揺動式であり、①の縦方向揺動式及び②の回転式と異なる。金網を張り替えた砂篩機の半円筒状篩を写真27に示す。この篩は、網目3.0mm、線径1.0mmである。この改造砂篩機の支持脚の下に下駄を履かせて若干傾斜を強めて使用する時の選別性能データは、選別能率3t/h、篩下除去量2.85%（湿重比）とされる。写真28に粗選別後の菜種（乾燥機に張り込む時）の状態を示す。

（2）乾燥

乾燥所要時間及び作業省力化の点から穀物用熱風式循環型乾燥機の利用が一般的である。

一方、生状態の菜種に熱風はかけたくないということから、除湿加温送風する方法が用いられることがある。

また、同様の視点から除湿空気を送風し、省力性の点でも工夫改良された平型乾燥機が使用される例もある。

①穀物用循環型乾燥機の利用

- a 穀物用循環型乾燥機の中でも横掛け8層式と称される循環型（写真29）が、粒が細かくて密度が高くなりやすい菜種の乾燥によく利用される（図9参照）。

また、最近では省エネルギー（燃費）の点での有利性から遠赤外線乾燥機（写真30）の利用が増えている。

機種を選定及び設置台数によって中規模から大規模まで適応する。

- b 循環型乾燥機の使用に当たっては、異物を取り除く目的で装備されている排塵機の送風を止めて、菜種が排塵機から外へ排出されないようにする。

また、機種によっては機内の送風路途中に菜種の飛散防止板を装備する等の措置が必要である。更に、菜種の乾燥時はゴミが溜まりやすいので、こまめに掃除することが肝要で、特に、乾燥終了・排出完了後は排風室内の飛散した菜種を掃除・回収する（東北農業研究センターの実施例では、乾燥終了後の機内清掃時に、機内残として総乾燥量の0.8%の量を回収した）。

- c 東北農業研究センターでは、穀類汎用乾燥機で菜種を穀物水分計（高周波容量式）表示値8%まで乾燥した際の、標準法（105°C24h法）水分値と乾燥機備え付けの水分計の籾モード表示値との関係を示した回帰線図を得た。生産地では、この関係線図を低水分側に外挿して、菜種の水分が8%になると推定される乾燥機付属水分計表示値13.7%より若干低めの水分値を設定水分として、乾燥機の自動運転を実施している例が多い。

②平型（静置式）乾燥機の使用例

- a 通常は張り込み時及び、特に排出時における作業の省力性に難点があるが安価であることから、一般的な平型乾燥機（網目0.5mm程度のネットを底に敷く）が使用されることはある。
- b 張り込み・排出時の作業性をの点で工夫改良された平型（静置式）乾燥機使用例を次に挙げる。

写真31に静置式乾燥用コンテナが示されており、この乾燥用コンテナにコンバインから収穫物を排出してトラックで搬入後、フォークリフトでこのコンテナを下ろして乾燥場所に設置する。乾燥後は、このコンテナの底が傾斜されているのでフォークリフトでダンプ式に下ろすことができる。

乾燥機としての使用状態は写真32の通りである。乾燥用コンテナ左右2段3連の合計12連式静置型乾燥機である。除湿機より出た空気を吸い込んで中央風洞に圧送し、ここから各コンテナの底へ分送する。当然、コンテナ1台でも乾燥することができる。

このような大がかりなものからフレコンバッグ1袋で乾燥作業を行うものまであるので、機種の選定次第で小規模から大規模まで対応可能である。

(3) 精選別

菜種のような小粒種子を精度良く選別できる方法は、風力選別を使用できないため、これまで一般的には良い方法が見つけれないで困っていた（図8参照）。しかし、籾用揺動式選別機の適用の試みや、大豆用ベルト式選別機の適用技術が開発されるに至った。

①籾用揺動式選別機の利用

写真33に籾用粗選別機と精選別機を連結した状態で菜種の選別作業を行っ

ている例（あわじ菜の花エコプロジェクト）が挙げられている。これは（１）粗選別②米麦用円筒式選別機の利用の所で述べたように、菜種が生の状態では

粗選別できなかつたために、止むを得ず取られた処置と思われる。ここで用いられている精選別機は写真３４に示すように、無数の凹みを付けられた板が多段に配置されて縦方向に揺動する。凹みに入った種子は運び上げられ、凹みの上に跨るような大きな物は硫化する。

しかし、凹みの大きさが籾用に作られているので、菜種には合っていない。そのため写真３５に見られるように、菜種に対しては選別精度が若干劣ると思われる。また現場で見られたように、塵等が付着して凹みを塞ぐようになるので、掃除をこまめに行わないと選別精度に変化が生じると考えられる。

中規模から大規模まで適用することができる。

②揺動式籾摺機の活用

これに対して、揺動式籾摺機の選別装置を上手く使うと、細かいゴミをきれいに選別できるという技術が見出されている（有限会社角田健土農場）。これは、揺動式籾摺機から揺動式選別装置以外の部分（籾摺りロール及びファン）を取り外して（写真３６）、揺動板（７層）の角度を緩い方へ調節する、という方法である。ただし、やはり塵等の付着は起こっているのが認められた。

この技術は、揺動式選別装置単体では市販機がないので、現状では中古品を取り寄せて分割・利用するより方法がない。中古の機械が手に入れば経済的に行い得る小規模～中規模適応技術である。

③大豆用ベルト式選別機の利用技術

東北農業研究センターは写真３７にある大豆用ベルト式選別機による菜種の精選別技術を開発した。このベルト式選別機の原理が図１３に示されている。このように、広幅ゴムベルトが３段に配置されていて、ベルトに載った物を運び上げるようになっていて、種子のように丸くて転がりやすい物は硫化して、ベルトに対する接触力の大きな物は運び上げられる。第１選別ベルト及び第２選別ベルトから硫化した物が製品口に出て、第３選別ベルトから硫化した物は２番口へ、第３ベルトで運び上げられた物が屑出口へ出る。東北農業研究センターでは、

- ア 第１選別ベルトへの菜種の供給をできるだけ均一に広げられるようにするため、写真３８に示すようなシュート（樋）延長アタッチメントを試作して取り付ける、
 - イ ベルトの傾斜を 12° に調節する、
 - ウ 大豆用粒径選別シリンダーを取り外す、
- という改良・利用技術を明らかにした。

供試された大豆選別機のカタログ表示能力510kg/h に対し、菜種では50kg/h 程度であるが、投入口の改良により100kg/h はいくようにされた。

製品口に出た物を写真39に示す。このように選別精度は手選別に劣らない程と思われる。また、粗選別段階で出た残さをこのベルト式選別機で処理した時の屑出口及び製品口に出た物が写真40に示されている。このように、再処理装置としても有効である。

中規模に適応する高精度な菜種選別技術である。大豆用ベルト式選別機が既に導入されている所であれば（あるいは利用させてもらえる所であれば）、延長用シュートを簡単に製作できるので、経済性の高い技術になる。

なお、東北農業研究センターでは製品出口の菜種により高品質の菜種油を製造すると共に、2番口等から排出される菜種も搾油して燃料とする、いわゆるストレート・ベジタブル・オイルとして利用する技術開発研究を行っている。

④高速ベルト式選別装置

写真41に見られる大型のベルト式選別装置で、ヨーロッパ製と思われる。前述の大豆用ベルト式選別機と異なる点は、ベルトが1層で三次元方向に傾斜していることである。広幅で高速回転するベルトの下手の上方に投入された乾燥後の材料は運び上げられる時に、茎等はベルトの上側に載ったまま移動し、菜種（種子）は下側に転がりつつ運び上げられる。三次元方向に傾斜したベルトの上側（写真41では手前側）の出口は3分割されていて、上側は屑出口で、下側が精選された種子の出口になっている。中央3分の1は元の投入口へ戻されて再選別される。

写真41に見られるように、かなりの流量で選別精度も結構高い。大規模適応技術である。

4. 菜種の生産コスト

1) 貯蔵・出荷

精選された菜種は、多くの所で麻袋（50kg）（写真42）あるいは紙袋（図11参照）に詰めて一時貯蔵後、搾油行程を持たない場合は搾油所等へ出荷される。北海道十勝帯広における大規模経営（会社）の場合には、農家別に金網製の大型コンテナに詰めて積み上げ、貯蔵している（写真43）。随時搾油工程へ出すことにより、一年を通じて菜種油の製品を届けられる。また、後熟の狙いもあるとされる。なお、出雲市の景山製油所では常温で半年貯蔵するが、帯広市のこの会社（株式会社エコERC）では乾燥後50日位置くとされる。

2) 菜種生産コスト

農家による菜種の生産コストを言う場合には、表5の調査報告（東北農業研究セ

ンター)がよく用いられる。これによると、収穫・乾燥・調製までの「生産費」は10a当たり約20,000円で、出荷経費(10a当たり収量200kgとする)を加えると約27,000円である。

表5 ナタネ生産の10a当たり収支 (東北農業研究センター調査事例)

項目	金額(円)	備考
収入		
出荷額	19696	収量200kg、等級は全てBと仮定
国庫助成	23176	25kg当たり2897円
合計	42872	
支出		
種苗費	304	800g
肥料費	3294	化成肥料40kg
収穫料金	8500	コンバイン7500円、運搬料1000円
乾燥調製料金	4800	水分含量20%と仮定
農機具費	3000	油代など
出荷経費	6888	紙袋代・保管料・手数料など
合計	26768	
収支	16104	

(青森県横浜町農協からのヒアリングによる、2006年、川手ら)

「国の助成金なし」ならば→10a272kg以上で収支プラス

もう一つの調査報告(北海道立十勝農業試験場)によると、十勝管内の農家における「物財費」及び「労働費」はそれぞれ10a当たり17,970円及び4,555円で、「生産費」が22,525円であった。なお、出荷費用は12円/kgであった。収量は300kg/10a程度と考えられるので、出荷経費を加えると10a当たり約26,000円になる。

したがって、農家における「菜種生産費」は10a当たりおよそ20,000～23,000円程度と考えられる。

また、出荷方法により出荷経費は大分差があるが、出荷(売り渡し)までの経費は10a当たり約27,000～30,000円程度と思われる。

3) 菜種生産コスト対策

表5の場合の売り渡し価格はおよそ100円/kgであったので、本州での目標収量である200kg/10aの場合には、10a当たり7,000円から10,000円ほども赤字になる。

一方、北海道滝川市の場合で見ると、菜種の販売価格は1俵(50kg)当たり4,290円であったので、収量300kg/10aでは売り渡し収入約26,000円となり、

これほどの高収量であってもやはり生産者（農家）は赤字である。

したがって、下記に述べるような菜種生産コスト対策に取り組むことが必要である。

(1) 収量の向上

圃場管理及び栽培技術の励行・普及により、本州における平均値としてのコンバイン収穫実収量200kg/10a及び北海道における300kg/10aを確実に得ることが必須である。更には、これらを250kg/10a及び350kg/10aに高める努力が必要であり、これらが実現可能性の高いことは現場実証によって知られている。

同時に、コンバイン収穫時における圃場損失を極力低減する技術開発が望まれる。

(2) 菜種—ヒマワリの作付け体系

中央農業研究センター（茨城県つくば市）では菜種の後にヒマワリを作付けて収益性を高める研究を行っている（水稲—ナタネ—ヒマワリの3年5作の輪作体系、連作障害の回避及び菜種の雑草化の抑制効果を兼ねる）。また、滋賀県東近江市あいとうエコプラザ、兵庫県あわじ菜の花エコプロジェクトにおいても菜種の後にヒマワリを数ヘクタール作付けることを始めた。

なお、東北農業研究センターは、そばの収穫前に、開発した立毛間播種機で菜種を播種するそば—なたね作付け体系を確立しようとしている。

農業機械・装置・施設の汎用利用によって、コストの低下を図ることも重要である。

同時に、規模拡大によるコスト低減に努める必要がある。

(3) 菜種種子売り渡し価格

海外と比較するような我が国における菜種の低コスト生産には難しい面が多い。そこで、国産菜種は非遺伝子組み換えで無農薬栽培による特産品であるということで、北海道のようにロットの確保により交渉力を得て、150円/kgの売り渡し価格を得ることができている。規模拡大によるロット確保により、本州でもこのようにすることができるようにする必要がある。

(4) 搾油工程の所有による菜種油と搾り粕の販売

国産菜種は非遺伝子組み換えで無農薬栽培による特産品であるということで、搾油工程を自前で持つことができると、菜種油“地油”は現在でもかなり高い価格で売られている。

更に、国産菜種の搾り粕も後述するように結構高く売れており、菜種の収益性

改善に大きく寄与することができる。また、搾り粕を高品質堆肥製造源に利用したり、菜種の一部を鋤込むことで土作りを行って、特徴のある米作り（高値販売）を行うことで収益性の改善が図れるとする事例もある。

Ⅲ 搾油技術

1. 植物油脂の採油方法

植物種子等から油を取り出す方法には、大きく分けて抽出法と圧搾法がある。抽出法は、化学的処理により油分を溶かし出す。圧搾法は、圧力を加えて油分を搾り出す方法である。

また、圧搾法で油分を取り出した後に、抽出法で残りの油分を抜き取る方法がある。これは、圧搾法と称され、大変効率的な採油方法である。大量生産方式に向くので、国内の食品工場化した大規模製油工場で行われている。

これらに対して、圧搾法は製油所と呼ばれるような小規模搾油施設で行われている。

2. 圧搾法によるサラダオイルの製造

最近では港湾施設の近くに巨大な製油工場を造り、輸入してきた菜種をタンカーからサイロに移して圧搾・抽出後に精製等を行ってサラダオイル（表6参照）として商品化する。サラダオイルを作る一般的な工程（圧搾法）は、原料選別→コンディショニング→前処理（細砕）→圧搾→ヘキサンのような溶媒を使って抽出→目的に合わせて精製・濾過・脱ガム・洗浄・脱色・脱酸等を行って油として売り出す。

地油の規格（なたね）

表1 なたね油脂の日本農林規格

区 分	基 準		
	なたね油	精製なたね油	なたねサラダ油
一 般 状 態	なたね特有の香味を有し、清澄であること。	清澄で、香味良好であること。	清澄で、香ざわりよく、香味良好であること。
色	特有の色であること。	同左	黄色 20 以下、赤 2.0 以下であること。（ロビボンダ法 133.4mm セル）
水分及び夾雑物	0.20%以下であること。	0.10%以下であること。	同左
比重（25/25℃）	0.907～0.919であること。	同左	同左
屈折率（25℃）	1.469～1.474であること。	同左	同左
冷 却 試 験	—	—	5 時間 30 分清澄であること。
酸 価	2.0 以下であること。	0.20 以下であること。	0.15 以下であること。
け ん 化 価	189～193 であること。	同左	同左
よ う 素 価	94～126 であること。	同左	同左
不 け ん 化 物	1.5%以下であること。	同左	同左

表6 なたね油の規格（中央農業総合研究センターバイオマス資源循環研究チーム）

3. 圧搾法による菜種油の製造

1) 小規模搾油施設

1960年頃には全国に多数あった小規模搾油施設は、探すのが大変なくらいに減ってしまった。今では、菜種を生産しても搾油に出す所を探すのに苦労するほどである。しかし、最近では「国内にて処理能力30～100kg/h程度の搾油機を入手することができる。これらの搾油機を用いて域内搾油を行うことで、域内でなたねの栽培・収穫・乾燥・調製・搾油までを一貫して行うことができ、地域ブランドの食用油の生産、バイオ燃料原料の生産、さらに、搾油粕等の副産物のカスケード利用が可能となるなど、資源循環型社会システムの構築に貢献することができる。」(加藤 仁：バイオマス利用を目的とした油糧作物のカスケード利用、農業機械学会誌 Vol.72、No.1、13-17、2010.1)

2) 圧搾法による採油過程

圧搾法による採油過程は、およそ次の通りである。

原料種子に前処理を施した後、圧搾して圧搾粗油と搾り粕を作り出す。

前処理としては主に次のような方法行われる。

(1) 破碎

材料を細かく砕いて搾油効率を高める。

(2) 圧扁

ロール等により材料を扁平状に押しつぶして、搾り出しやすくする。

(3) コンディショニング

焙煎や蒸煮を行って、油粘性を低下させて圧搾効率を高める。

小規模施設に求められることは、採油効率が高いこと、貯蔵性が良いこと、方法が簡単であること、ということになる。そのため、前処理における破碎や圧扁工程を省略する場合が多い。また、焙煎や蒸煮等のコンディショニングを行わないで搾油する事例も見られる。

3) 「なたね油」の製造

(1) 精製工程

圧搾粗油に必要な応じて精製処理を加えて植物油を製造し、副産物として廃液・澱が出る。精製処理は主として濾過、脱酸、脱色等であるが、これら

の中でも濾過は大抵の所で行われる。濾過の方法としては、通常はタンク内に1～2週間程度貯留して重い水分等を下層に沈め、上澄み液の油を取り出して、次にフィルタープレスで濾過する。この濾過後に湯洗を行うこともある。このように、小規模搾油施設では精製も沈殿・濾過・湯洗といった簡易なことが多い。

(2) 「なたね油」の規格

国内の小規模搾油施設では、規格の緩い“地油”を生産することになる。これは、農林規格では「なたね油」として区分されている。その規格(表1)はかなり緩くて、なたね特有の香味を有し清澄であること、特有の色であることとか、水分、酸化に注意すれば、規格に合った油を作ることができる。そこで、小規模施設(圧搾法)では、乾燥・調製(精選)した菜種原料を物理的な圧搾のみで搾って黄色い油を取り出す。これに簡易な精製処理を加えれば「なたね油」の規格に合うものができるので、これを販売に移している。

なお、搾油所の開設に当たっては当該地域保健所の指導を受けることが望ましい。

4. 搾油機

搾油方式には大規模工場で行われる圧抽法と小規模施設で行われる圧搾法とがある。ここで扱うのは後者である。これにはケージプレス方式とエキスペラー方式があり(図14)、更にエキスペラー方式には種子加熱式とコールドプレス式とがある。

1) ケージプレス方式

ケージプレス(玉締め)方式は円筒の中に種子を入れてジャッキのようなもので直接圧力をかけるという方法で、摩擦熱が小さく、圧搾後の油への夾雑物の混入が少ない(きれいな油が絞れる)という長所があるが、回分式(バッチ式)であるため生産効率が低いという短所を有する。

小規模適応技術である。

2) エキスペラー方式

エキスペラー方式は連続式であるため生産効率が低いという長所を有するが、摩擦熱が大きく、圧搾後の油への夾雑物の混入が多いという短所がある。

我が国の小規模搾油施設で使用されている多くのものが加熱式エキスペラー方式であり、エキスペラーによる圧搾では水分8%位が丁度良いと言われているが、菜種の種子水分が低いほど、また、種子温度を高くする(加熱する)ほど圧搾率が増加するという特性がある。

機種を選択によって、我が国では中規模から大規模まで適応可能である。

3) コールドプレス式

コールドプレス式（図15）には主として輸入機（例えばドイツKEK社製）が使用される。この機械は、水分7～8%の種子を加熱なしに効率よく圧搾できる。ただし、摩擦熱によって比較的短時間に結構温度が上がる。

機種を選択によって、我が国では中規模から大規模まで適応可能である。

5. 加熱式エキスペラー方式による搾油システム

国内の中規模搾油施設では多くが加熱式エキスペラー方式による搾油システムを使用している。

1) 加熱式搾油システム

(1) 中規模システムの代表的例

中規模加熱式搾油システムの代表的例は次の通りである。

焙煎機（写真44）（ガス加熱85℃あるいは籾殻炭化プラントの排熱を利用したスチームケトル87℃温水加温）→搾油機（写真45）（搾油能力：約30kg 菜種重量/h、約3割：油、約7割：搾り粕）→沈殿槽（図16参照）（水分除去）→フィルタープレス（写真46）→（精製処理）→瓶詰め

(2) 種子加熱温度

加熱式エキスペラー方式では種子を事前に加熱して油を出やすくしなければならず、85℃が一番温度的には良いとされているが、120℃位まで上げて大丈夫ではないかという研究結果が得られている。余り上げ過ぎると焙煎臭、焦げ臭が出てくる。

2) コールドプレス式搾油システム

(1) 中央農業総合研究センターの例

中央農業総合研究センターでは、圃場で乾燥した菜種を唐箕選程度で精製して搾油機（コールドプレスマシン）にかけ、出てきた圧搾粗油をタンクに入れる。1，2週間程度沈下させ、上澄みだけをフィルタープレスを通して菜種油を作り地油として使う。エキスペラー方式は連続的に種を投入して、カスも油も連続的に出てくるので非常に生産効率が高い。ただ、摩擦熱が大きいため種の微粒な粉とか滓とかが混ざるので、その後の濾過が必要になる。

(2) 島根県津和野町の農業生産法人の例

「島根県津和野町の農業生産法人では、バイオ燃料を目的に休耕地や水田転換畑にナタネを栽培し、自前のコールドプレスにて搾油し、軽油代替燃料製造に取り組んでいる。搾油施設はコールドプレスとフィルタプレスのみの簡易な施設であり、24時間当たり700kg程度のナタネの搾油が可能である。」(加藤 仁：既出文献)

(3) 種子水分と搾油効率

エキスペラー方式で一番問題なのは種子水分で、6～7%が一番良い。それ以下では摩擦熱が上がり過ぎて種が少し焦げてくる。搾油機それぞれに適した種子水分があると思われるが、それでも10%、11%位になると途端に搾油効率が低下する。摩擦熱が十分に上がらず、種から油を取り切れないということによる。

(4) 製品の品質

できた油の酸価に関しては規格ぎりぎりであるが(図16参照)、海外ではコールドプレスという油の枠組みがあり、酸価が4以下であればよいということなので、国内でもこのような規格ができれば十分商品化できる。

なお、コールドプレスの場合は、焙煎等やや高温の加熱を行わないので、油糧種子の独特の風味を失わないという利点がある。

3) 搾油・精製・製品化・販売・搾り粕システムの調査事例

(1) あわじ菜の花エコプロジェクト

写真47：焙煎機、放熱を防ぐために断熱材が巻かれている。

写真48：搾油機(エキスペラー式)、出口のところで濾紙により一次濾過する。

写真49：濾紙の使用前後状態。

写真50：濾紙の汚れ状態。

写真51：搾り粕搬送機(搾油機と合わせた配置設計を要す)、油粕販売30～50円/kg。

写真52：フィルタープレス。

写真53：湯洗いタンク及び製品タンク、右手に瓶詰め室があつてパイプにより送られる。

写真54：瓶詰め室内の菜種油製品、販売価格1200円/830g、780円/460g。

写真55：淡路島産なたね油“菜の花の恵み”(販売価格付き)。

写真56：なたね油とひまわり油（これから市販化の検討）。

写真57：乾燥・調製・搾油・瓶詰め工程管理者（一人）。

(2) あいとうエコプラザ菜の花館

写真58：稼働中の搾油機（エキスペラー式）。

写真59：搾り粕の状態。

写真60：愛東産菜種の油粕、1袋6kg 550円（税込）。

菜種油：750円/490g、菜の花畑：1400円/940g。

(3) かくだ菜の花プロジェクト

写真61：NPO法人かくだ菜の花プロジェクト製油工房（不要になったプレハブをもらい受けて新品同様に角田健土農場で作り直した）。

写真62：菜種搾り粕（手で握ると粉状に崩れる）、油粕は堆肥製造用（高温発酵促進材）や野菜畑用肥料として使用する。

写真63：菜種油製品室（整理・整頓・清掃されている）。

写真64：製品室内（長靴に履き換えて入った搾油室から更にスリッパに履き換えて製品室に入る）。

写真65：油容器（角の丸いものを使用する）。

写真66：地油の調理場（加熱処理鍋等）、角田駅内売店製品価格1200円/640g。

(4) 株式会社エコ ERC

写真67：搾油精製フロー図。

写真68：ロール機（圧扁機）。

写真69：クッカー（1回搾り時50℃位、2回搾り時120℃位）。菜種本来の香りや酵素成分を損なわないコールドプレス（常温圧搾）製法で行う。

写真70：搾油機（英国製エキスペラー式、300kg/h、35kW）。最終油脂肥料（2回搾り粕）70円/kg（菜種生産農家向け）、100円/kg（長いも栽培農家向け）、ペレット化を検討中。

写真71：脱ガム装置、廃水処理施設あり、ガムは肥料にしたり、飼料のタンパク源としての添加剤にする。

写真72：瓶詰め機、天ぷら用：1800円/1.65kg、1200円/815g、680円/440g、生食用（サラダ用）：エコリーナ2700円/1.65kg、945円/270g、630円/kg、地油3.3円/kgで名古屋方面へ出荷。

6. 国産菜種油の販売と搾り粕の利活用

1) 国産なたね油

瓶詰めされた国産の菜種油は、非遺伝子組み換え種子を無農薬で栽培した菜種の油（地油）として“道の駅”等の身近な売店で販売されている。販売価格は、大瓶になるほど安いですが、現地調査した4か所の天ぷら用中瓶程度の価格は1L当りに換算しておよそ1,300～1,600円、平均1,450円である。生食（サラダ）用としては、一例ではこの倍以上も高い値段で売られている（3.3円/kg \div 3.0円/Lの例）。

2) 地油の利点

飲食店や家庭での食用油としての利用の増加を図る必要がある。そのため、地油である菜種油は2～3回、あるいは、それ以上も繰り返して使うことができる利点のあることをアピールする。

3) 学校給食用

学校給食用として1斗缶で1000Lを配給している例があるが、輸入なたね油に比較して3倍位の高価格になる点がやはり問題である。児童の健康問題等を考慮した公的助成が望まれる。

4) 菜種油粕の販売

搾油工程でおよそ油3に対して7の重量割合で生ずる搾り粕は畑等の上質な肥料になるため、通常は菜種油粕肥料として結構高く売ることができる。東北農業研究センターの調査（野中章久氏）によれば、50～100円/kg位で売り渡されており、平均的には75円/kg位である。現地調査を行った3点の事例では、1kg当たり30～50円、92円、70円（菜種栽培農家向け）～100円（長いも栽培農家向け）となっていて、東北農業研究センターの言う75円/kgで十分販売できると考えられる。

5) 菜種油粕の発酵促進材としての利用

もう一つの菜種油粕の利用方法として、これを堆肥に混ぜると発酵の起爆剤になって高温発酵を起こし、育苗土になるくらい良好な堆肥を造ることができるとしている。この堆肥で土作りをし、その土で作った米を特産品とすることで十分な代価を得ることができるとしている。

堆肥の具体的な製造方法は、概略次の通りである。

土手等で草刈りしたもの（木は入れないこと）を農場敷地内に置いてもらう→2t車6m³位のトラックにして3,000台分刈り草を集積する→籾殻を畜産（肉牛）

農家に供給して踏ませたものを引き取る→これらをパワーショベルで混合する→菜種油粕をかける（多少油分が残っていた方が紋枯菌が死滅する）→最後に食用油を搾り粕に混ぜて使う→3ヶ月間（12月～3月）本気になって堆肥を造る（週に1回は切り返しを行わないと自然発火する）。

こうして造った堆肥は、草と籾殻を原料にしているので、肥料としてよりは土を良くする効果が高い。

菜種油粕は10aに1袋30kg播くと効果が出てくる。最終的には20ha分位にはなる。田植え時の活着用肥料を入れるが、後には入れない。水稻（ひとめぼれ、コシヒカリ）収量7.5～8俵、これ以上ないというほど美味しい米になるということである。この他、キャベツに入れると味の良いものにできると言う。

6) 菜種油粕のペレット化

東北農業研究センター（澁谷主任研究員）は、搾油後の菜種油粕を容易にペレット化する技術を開発した。この技術は、図17に見られるように、菜種搾油残さを破碎後水分30%弱に調製し、米糠用ペレット成形機に供給すると、容易にペレットに成形できるというものである。ペレットにすることによって、菜種油粕は粒状肥料と同様にブロードキャスターで能率的に散布できるようになる。

北海道十勝地方のような大規模畑作地帯では、粉状よりはペレットの方が散布作業に著しく適する。(株)エコERCで油粕のペレット化の方向を検討しているのは、このためと考えられる。

IV 廃食用油の回収

①廃食用油量と利用・廃棄量

現在の B.D.F.製造方法はそのほとんどがアルカリ触媒法であるため、B.D.F.製造用の原料は植物性の食用油となる。国内における年間食用油消費量は 240 万 t 程度と推定され、その内、菜種油は 200 万 t 強であると思われる。国内消費量の内、大半（200 万 t）は外食産業及び食品工業向けであり、一般家庭用は 40 万 t 程度とされる。これらから廃食用油として出るのは、いわゆる事業系が 35 万 t 程度、一般家庭が 20 万 t 程度とされる。この内、レストラン、ホテル、社員食堂、給食センター等から回収される業務用が年間約 30 万 t 以内とされている。

事業系から出る廃食用油の内、大半は飼料用として利用され、廃棄されるのは 4 分の 1 程度である。一方、一般家庭から出る廃食用油のほとんどがゴミとして廃棄されている。

②一般家庭廃食用油回収の必要性

以上のことから、ここで扱う“地域循環システムの確立”のためには、学校給食や各種食堂等の地域内業務用からの廃食用油の回収を徹底することは当然であるが、何よりも一般家庭からの回収を確実にするシステムの確立が大切になる。一例として、平成 20 年には日本最大と称していた北海道の B.D.F.製造（乾式アルカリ触媒法）・販売会社は、札幌市内の業務用廃食用油の回収に依存し過ぎたために、回収が有料となるなど廃食用油の獲得競争となって著しく不安定化し、事業を継続できなくなった。

③廃食用油回収の手続き

廃食用油の取り扱いに当たっては、「廃棄物の処理および清掃に関する法律」で排出・収集運搬に伴う責務等に対して規制を受けていることに注意する必要があるので、行政部局等（県・市町村等）と十分な連携調整等を行う必要がある。また、回収業務を行うに当たっては、例えば再生利用業個別指定証の発行を受けるなど、行政サイドから認定証を出してもらおう方法を取って、不必要な摩擦を避ける活動が望まれる。

1. 一般家庭・業務用からの回収システム

1) 全国的平坦地モデル（平地環境型モデル）

廃食用油回収への取り組み歴が 30 年以上になる地域においては、回収方法等が以下のように行われている。

(1) 回収システム

我が国で一番古くから取り組まれている地域で、全国のモデル的地域である。廃食用油の家庭からの回収率が 30% に達すると言われているが、図 18～21 に見られる 4 通りもの方法を重ね合わせて回収作業を行っている。

地域住民やシルバー人材センターによるボランティア活動、ガソリンスタン

ド集積の場合も好意によるもので無料で行われる。

(2) 回収実績・目標と新しく追加された回収方策

市内の家庭・学校給食から出る廃食用油の年間発生量約10万L(推計)→家庭系:自治会・公共施設回収・GS回収(市内13か所に回収拠点設置)・その他、学校給食:市内全域から回収、市内各地区に設立された「まちづくり協議会」の活動として回収の動きが芽生え→平成20年回収量3万2千L:約30%(毎月約2,500Lを回収)→目標:5割、5万L回収へ。

平成21年度(9月1日)より“ちょこっとバス”による回収:11路線に全て回収ボックスを載せる→運転手が受け取って回収(大体は500ccペットボトル)、1回乗車券200円に対し100円の割引券を渡す(“ちょこっとバス”の利用率を高める狙いもある)。

2) 中山間地モデル(中山間地域振興型モデル)

2000年に廃食用油の回収に取り組み始めた地域で、中山間地域であるため、その取り組みには平坦地の場合よりも多くの苦勞を伴う。

(1) 回収システム

図22の廃食用油回収システムを構築している。各家庭には透析用容器を配布したり、天ぷら油用ポリ容器で回収所や小学校に置いたポリタンクに集めて、図23のような回収車(軽4輪、FRP製タンク積載)で回る。広域環境施設組合より「再生利用業個別指定証」が出されている。

(2) 回収実績・目標

図23のような回収車で2週間に1回位回って、一月に1,000L程も集まる(満タン1,200L、走行距離100km程)。2007年で13,000L程度の回収であり、2006年以降伸び悩んでいるのが見て取れる。

なお、ここでは地域住民からの廃食用油の回収率60%を目標にして推進している。

3) 島内中山間地モデル(島内環境型モデル)

2002年に廃食用油回収への取り組みを開始した地域で、島であるため、まとまりやすいことはあるが地区・圃場等全てが狭小であるので、その取り組みには苦勞が多くなる。

ここでは2002年に「菜の花エコプロジェクト推進会議」を設立して、廃食用油回収・B.D.F.精製等のモデル地区として2市で実施後、全島普及を決めて取り組んだ。

(1) 廃食用油回収システム

島内全戸からの回収可能体制を敷いている。

①家庭ゴミの分別収集への組み込み

洲本市では市内全域で家庭ゴミの18分別収集を実施しており、その内の一つを「廃食用油」に定めて拠点回収している。

②回収拠点

町内会単位での回収拠点が162か所あるほか、リサイクルセンター「みつあい館」には市全域から持ち込むことができる（透明ボトルでひどいものは職員が省いてくれる）。

③回収日

岩屋地区では毎月1回各家庭からペットボトルで搬出してもらっていたのを、平成21年からは第2・第4土曜日に天ぷら油回収（月2回の収集）とした。

③回収方法

揚げ粕を取り除いてからペットボトルに移し、回収コンテナ（ポリタンク、写真73）に入れる。

(2) 全島における廃食用油回収量・処理量・B.D.F.精製量実績

(H15) 2,100L・1,150L・1,090L、(H17) 4,810L・4,200L・3,990L、(H19) 11,729L・9,000L・8,550L。

平成21年から5地区314か所回収拠点、49,500人約2万所帯、B.D.F.製造量9,000～10,000L位、全島ではこの2倍22,000L位となる（島内で有効利用する方法が必要である）。

4) 取り組みの比較的新しい実施例（初期モデル）

(1) 平坦地における比較的中規模の取り組み例

市環境部ごみ減量課資源化グループによる廃食油資源化モデル事業の実施例である。平成19年12月に本格稼働を始めた。

①回収システムと実績

賞味期限切れの未開封油は封を開けずにそのまま、使用済みの食用油は冷ましてカス等を軽くこしてからペットボトルに詰めてふたをきっちり締めて、回収ボックスにボトルのまま入れる。

福祉団体が回収拠点（31か所）や協力学校（20校）から回収する。ペットボトルで回収した廃食用油は、B.D.F.製造装置に隣接する作業場で障害者5人ほどが流し場の上で分別して、ポリタンクに集める（写真74）。

②回収拠点

近くの拠点回収協力店（スーパー等 11 店舗）または市回収施設（地区市民センター等 20 か所）へ持って来てもらう。

③回収実績

平成 20 年度廃食用油回収量：21,027L（一般家庭から 13,329L、小中学校から 7,698L）、モデル地区内回収協力度約 8%（京都市約 10%）。

（2）中山間地における比較的小規模の取り組み例

平成 15 年に設立した有機農業協議会による実施例である。“水田におけるカルガモ農法”等有機農業に関心の高かった農家の間に B. D. F. 製造・利用の機運が高まり、廃食用油の回収が始められた。

①廃食用油の回収

収集業者（兼業農家、町の認定証を出してもらっている）がポリタンク（写真 75）を置いて回り、月 2 回位集めて回る。学校も事務所へ持って来てくれて、業務用で 200～300L/月回収しているが、一般家庭が集めきれていない。

②原料油の汚れ具合

- a 汚れ具合：色紙の変化 0～4.0。
- b 酸化度：AV チェッカーを使用して酸化度を測定する（触媒量を決める）。

5）大規模モデル（ビジネス型モデル）

北海道十勝地方で菜種油生産・B. D. F. 製造会社に取り組んでいる廃食用油の回収システムは、以下の通りである。

（1）回収方法

①「廃食用油再生利用委託契約」

廃食用油の再生を廃棄物処理・清掃に関する法律に従い、適正に行うために契約を結ぶ。

②回収容器の設置

排出量や設置場所等を相談の上、回収容器を設置してもらう。回収容器は無料で貸し出す（各種サイズ：家庭用 2L・10L・20L、業務用 120L・300L・560L）。

③収集

貸し出した回収容器に、天かす等の異物が混じらないようにして油を集めてもらう。古くなった未使用油も回収する。

④集積・回収・再生

個人で集めた油は回収拠点の容器に入れてもらう。集まり具合で回収頻度を設定し、会社で計画的に回収する。回収したものは分別して、B. D. F. として再生利用する。

(2) 回収体制

①市内8万所帯からの回収

十勝エネルギーネットワークで歩き回って、帯広市8万所帯から1年目30t回収（10数%）、平成21年8月現在60t回収。

②回収拠点

帯広市内スーパー48か所に各家庭より持参してもらい(ペットボトル)、トラック1台で収集する(写真76)。500mL1本で3ポイント(円)がもらえる(生協・スーパー等のポイントカード)(写真77)。

③集積所における仕分け

本社敷地内の一角にある作業場で、熟練者1人がトラックから運び下ろしたペットボルの山を1本ずつ流し場にあける(写真78)。この時、一瞬のうちに劣化(酸化)した天ぷら油を見分けて廃棄する。酸化し過ぎた廃食用油を絶対に入れない自信があると言う。

④仕分け後の廃棄物

廃棄するペットボトル等の山と不適格オイル用ドラム缶が写真79に見られる。これらは、廃棄物処理業者に渡されるが、劣化オイルであっても有用な利用方法があると考えられる。

⑤業務用の収集

バキュームカーで行う。

(3) 回収量

全道的に回収を行っている。札幌生協が帰り便で廃食用油を回収する。平成23年目標900tに対して現在、生協600t、帯広200tなので残り100tとなっている。5年計画で1,040kLとしている。

6) 調査例以外の取り組み事例

現地調査を行った廃食用油の回収・利用の取り組み事例以外にも、表7のような取り組み事例がある(表7の注書きにある文献「富樫辰志氏」より)。この中でも京都市は、国内では最大の取り組み事例であり、多くの地区でモデルとしている所である。ここでも地域格差が大きいために、一般家庭からの回収がそれほどは進んでいないことが課題とされている。

表7 廃食用油の回収・利用の取り組み事例

	廃食用油の回収	B.D.F.の利用方法	実施主体・予算	今後の課題等
京都市	約90%は食堂・ホテル等の事業所から回収し、一般家庭からは回収地点950箇所	100%B.D.F.使用のごみ収集車220台と20%混合のバス80台に使用	京都市 環境省・農水省の予算補助	地域格差 税制優遇措置

所（2006）、年間
1,370kL 回収

諫早市	複数の事業所から年間2,450L回収	トラクタ等でB.D.F. 100%を使用、グリセリン・廃水は堆肥に混合（1%）して利用	廃食用油回収業者 公的資金はなし	コスト試算で年100万円の赤字、ただし人件費の検討の必要
松本市	松本市内の5地区で市職員や共立学舎職員が850L/月（約10kL/年）を無料奉仕で回収	B.D.F. 100%を学舎のディーゼルワゴン車で使用、松本市は700L/月を買い取りごみ収集車で利用、グリセリンは製紙工場が無料引き取り（重油との混合燃焼）	社会福祉協会の授産施設 国・県の補助	回収地域の拡大による回収量の増加

注) 富樫辰志：廃食用油の利活用、最新農業技術 作物 vol. 1、247-251、2009.2
より抜粋（一部略）

2. 一般家庭からの回収率向上の方策

1) 地域住民活動の推進

ボランティア活動だけに頼るのではなく、自治会活動の一環としての廃食用油回収への取り組みを促していく。更に、市内各地区には「まちづくり協議会」等を設立して廃食用油の回収を活動の一つの柱に位置付けてもらうなど、地域住民による積極的な参加を引き起こしていく必要がある。この時、行政側の協力・支援・指導・助言が必須であり、行政との一体的運営が重要である。

2) 回収率向上のための工夫

(1) 発電機の利用による啓発活動

家庭からの回収率を高めるためには、住民の関心を引き上げる必要がある。そのための一つの方法として、B.D.F. で発電機（写真80）を動かして、“光の祭典”等の行事で、地域住民・市民の集まる所で、電気を賄うことを行って、廃食油の活用から、ひいては環境問題に対して身近に感じてもらうようにしている。

(2) 出前講義

学校で回収する場合にも、児童が実際に廃食用油から B.D.F. を作ってみるという出前講義を行い、更にそれをゴーカート（写真81）の燃料タンクに入れて走り回らせることにより、児童教育を通して廃食用油の回収と環境問題への関心を著しく高めている所がある。

3. 地域内企業との連携

工場内（入口等）に従業員の家庭用廃食用油回収ボックスを設置し、回収した廃食用油で製造したB.D.F.を原価（例えば1L当たり80円）で企業が購入して、B.D.F.で工場内のフォークリフト等を稼働する。企業等はカーボンクレジットへも視野に入れてかなりの関心を持っているので、今後は廃食用油回収対象の拡大策として有望である。

従業員による回収を普及していきたいとする実施例が見られる。

4. 廃食用油の品質問題

「廃食用油の品質項目としては、外観（20℃）・水分・夾雑物・酸価・ヨウ素価・けん化価・色などが重要である。・・・廃食用油分析事例をみると、・・・酸価と水分含量はいずれの場合も廃食用油が大きな値を示しており、・・・BDF原料としての廃食用油品質は・・・最も重要なのは酸価であり、通常は5以上であればBDF燃料としては適さないとされている。」（以上、富樫辰志：既出文献より抜粋・引用。）

1) 酸価の許容範囲

未使用油の酸価は通常0.1以内であり、使用後の油の酸価が1.0前後であることからすると、酸価が5以上という油は相当に劣化した油と考えられる。酸価値がどれくらいまでならB.D.F.の製造に回してよいかということは、よく分かっていないと思われる。酸価とB.D.F.製造・品質との関係を明らかにすることは、今後に残された課題である。

なお、全国バイオディーゼル燃料利用推進協議会の「バイオディーゼル燃料の製造・利用に係るガイドライン」においては、廃食用油の酸価の規格値を5.0mg-KOH/g以下にすることが適当と考えられる、とされている。

2) 酸価の大きい油を選び分ける方法

酸価を測る方法はあるが、ポリタンク1個毎に、ましてやペットボトル1本毎に測ることには無理がある。

現地では、ペットボトルに入れられたまま回収して、集積場で熟練者がかなり厳しく選び分けている事例があったが、一般的にはそのような熟練者を何時までも置いておくことはできない。色・臭い等熟練者の判別方法を調査して明らかにし、誰でもできる簡単な方法を作ることが必要であろう。

3) 回収システムの中で選び分ける方法

一般家庭ではペットボトルに入れて回収拠点に置かれたポリタンクに集めることが多い。ポリタンクに入ってしまうと、廃食用油の品質を即座に選び分けることは難しくなる。したがって、ペットボトルの段階で、ポリタンクへ入れる前に判別する必要がある。回収拠点でそのようなことができる人を育てて、配置することを考えることが必要になる。

なお、原料タンク 1 基分のようにロットを大きくすれば、かなり B. D. F. 原料（廃食用油）の均一化を図れるとする現地事例もあるが、それでも収集される廃食用油の品質のばらつきを問題にしており、B. D. F. 製造後の品質分析でたまに異常値が出ることになる。

業務用の場合には、話し合い等によって品質の確保がある程度できると思われる。

4) 不適格廃食用油の有効利用技術

B. D. F. 製造に回すには適しないと判定された廃食用油であっても、廃棄物処理業者等へ渡してしまうのは望ましくない。廃食用油は古くなっても植物油であるので、微生物分解の促進剤として大変効果的である。堆肥や汚泥等の発酵促進剤として有効利用方法が必ずあると考えられる。

V B.D.F.の製造・品質・供給

1. B.D.F.の由来、原料及び特徴

1) B.D.F.の由来

B.D.F. (Bio Diesel Fuel=バイオディーゼル燃料) とは、菜種油等の植物系油、廃食用油や動物性油脂など生物由来の油脂を原料として製造されたディーゼルエンジン用燃料のことである。

ディーゼルエンジンは、R. ディーゼル (独) が19世紀末に落花生油を燃料として、圧縮熱で燃料に点火するエンジン (内燃機関) として発明したものであり、当初は B.D.F.を燃料とした。しかし、落花生の生産は不安定であり、一方ではヨーロッパで油田が発見されて軽油等の鉱物油が手に入るようになって、ディーゼルエンジン用燃料は化石燃料へと移行した。しかし、近年は地球温暖化対策として再び B.D.F.が注目されている。

2) B.D.F.の原料

B.D.F.の原料となる主な植物油は、ナタネ油、ヒマワリ油及びダイズ油であるが、植物油は軽油と比較して動粘度が非常に高い (一桁違う) ので、これ (いわゆる“バージンオイル”) を燃料として使用すると、燃料噴射ポンプに析出物が付着してエンジンに不具合の発生が懸念される。このため、多くの所で行われている湿式アルカリ触媒法で述べると、油脂にメタノールと触媒 (KOH 等) を加えてエステル交換反応を起こし、粘度の低い脂肪酸メチルエステル (Fatty Acid Methyl Ester=略称 FAME) とグリセリンに分離してグリセリンを除去し、更に脂肪酸メチルエステルを水洗処理して触媒を除去し、また、メタノールを除去することで軽油に近い物性にしたものが B.D.F.である。

3) 原料と保管方法

(1) サラダ油

「B.D.F.の原料としては、融点の低い植物性油またはその廃食用油が望ましい。一般にヨウ素価の低い油は酸化し難く、高い油 (大豆油等) は酸化し易い。国内の一般家庭で多く使用されているサラダ油は大豆油とナタネ油の混合であることが多く、その脂肪酸組成は全国的に大きな差は見られず、ヨウ素価もおおよそ規格の範囲内であるとの報告がある。

(2) 学校給食からの廃食用油

学校給食からの廃食用油が原料となることが多い。この場合、地域によっては米糠油を用いていることが多い。米糠油は酸化しにくいと言われているが、一方で遊離脂肪酸が多く、B.D.F.化には不向きであるとも言われる。したがって、学校給食からの廃食用油を原料に使用する場合は注意する必要がある。

ある。

(3) 原料ロットを極力大きくすることの必要性

融点の高い動物性油脂、酸化し易い魚油及び酸化劣化が進んだ粗悪な原料は、使用を避けた方が良いが、混じっているなどで止むを得ず使用する場合は通常の廃食用油と混合し、極力希釈することが望ましい。

(4) 廃食用油の保管

高水分の廃食用油は腐敗する能性があることから長期の保管は避けるべきである。短期の保管においても、酸化劣化、腐敗及び夾雑物混入を避けるため、遮光及び密閉可能な容器を用いて高温を避けることが望ましい。」

(以上、「農業機械への B.D.F.利用ガイドライン」、社団法人日本農業機械化協会・社団法人日本農業機械工業会、平成20年9月より引用。)

4) B.D.F.の特徴

B.D.F.の原材料は植物なので、大気中の二酸化炭素の量に対しては中立（カーボンニュートラル）である。更に B.D.F.は、そのまま捨てると環境汚染になる廃食用油をリサイクルして作ることもできるため、環境負荷を二重に減らすことができる燃料である。

また、B.D.F.は軽油に比較して次のような長所を有しているとされる（新短期規制以前の車両の場合とされる）。

(1) 排ガス特性

不燃化炭素、一酸化炭素、浮遊粒子状物質の排出を効果的に減らすので、排ガスがスモッグを形成する可能性は軽油の半分くらいである。

(2) 無硫黄分の効果

硫黄分を含まないので二酸化硫黄等硫黄酸化物が排出されないの、排気ガスには刺激臭がない。

(3) 窒素酸化物の抑制方策

窒素酸化物の排出は増える場合もあるが、エンジンタイミングの調節により軽油より少なくすることができる。また、吸着剤によって容易に減らすことができる。

(4) LCA による軽油との比較

LCA (Life Cycle Assessment) において軽油の4倍ほども効率的なエネルギー源である（軽油は精製等に多大のエネルギーを要する）とする報告があ

る。

2. B.D.F.製造工程

現在実用されている B.D.F.製造装置はほとんどがアルカリ触媒式のもので、これには湿式と乾式があるが、湿式が多くの中で使われている。湿式の中でも比較的小規模装置で行えることからバッチ式（回分式）が多いが、流動式（連続式）のかなり大規模な装置も稼働している。また、乾式については、“一般的に行われている水洗浄方式に比べ高品質のバイオディーゼル燃料を安定して製造できるのに加え、水による洗浄を行わないため排水をほとんど出さない”という長所を挙げて、小規模装置が多く使用されている。かなり大規模な装置も稼働を始めたが、廃食用油回収の不安定性から事業が中断されるに至った。

ここでは、国内で用いられているバッチ式及び流動式・湿式・アルカリ触媒法による B.D.F.製造装置について述べる。

1) バッチ式・湿式・アルカリ触媒式モデル

(1) 200L型遠心分離機なし

①製造工程

バッチ式・水洗浄式・アルカリ触媒方式の B.D.F.製造装置（国内では大きい方の 200L 型）を中心とする、遠心分離機なしの場合の B.D.F.製造工程の一例を写真 80～85 に示す。

この場合の B.D.F.製造工程管理は、およそ次の通りである。

[B.D.F.製造工程管理の例]

1 日目：廃食用油 200 L + 水酸化カリウム 3.2 kg、メタノール 40 L
90 分加熱攪拌

2 日目：静置沈殿 20 時間 → 副産物グリセリン 50 L

水洗浄 1 回目 → 副産物アルカリ水 40 L

水洗浄 2 回目 → 副産物アルカリ水 40 L

計 2 時間

静置沈殿 20 時間 → 脱水 → B.D.F. 180 L

(廃食用油の約 90% が B.D.F.になる)

②品質分析例

平成 20 年と 21 年の 2 回の B.D.F.品質分析例は表 8 の通りであった。これによると、水分で協議会規格を超えることがあったが、それ以外は良い結果が得られている。

廃食用油原料の品質のバラツキと対処方策が問題点として上げられている。

表8 200L型遠心分離機なしで製造されたB.D.F.の品質分析例

分析項目		(1)	(2)	協議会規格
密度 15℃	g/ml	0.884	0.885	0.86-0.90
動粘度 40℃	mm ² /s	4.47	4.492	3.5-5.0
流動点	℃	-7.5	-7.5	—
目詰まり点	℃	-7	-9	—
10%残油残留炭素分	質量%	0.31	0.30	0.30以下
セタン指数	—	61.9	61.7	51以上
水分	ppm	486	822	500以下
引火点 (COC)	℃	188	184	120以上
硫黄分	ppm	5未満	3未満	10以下
酸価	mgKOH/g	0.17	0.20	0.5以下
モノグリセド量	質量%	0.46	0.12(0.48)	0.80以下
ジグリセド量	質量%	0.18	0.03(0.19)	0.20以下
トリグリセド量	質量%	0.03	0.00(0.04)	0.20以下
遊離グリセリン	質量%	0.00	0.00	0.02以下
全グリセリン	質量%	0.15	0.15	0.25以下
メタノール	質量%	0.01未満	0.01未満	0.20以下
アルカリ金属類 Na	mg/kg	<1	<1	合わせて
アルカリ金属類 K	mg/kg	2.4	2.7	5以下
ヨウ素価	—	115	113	120以下

備考) (1) : 平成21年2月。(2) : 平成20年9月。

③参考データ

B.D.F.の製造を外部に委託している所については、その製造工程（湿式アルカリ触媒法、8時間で200L製造）の細部が不明であるが、平成21年度に廃食用油400Lを提供してB.D.F.製造量360Lを戻してもらい、品質分析に出した結果として表9が得られている（“協議会モニタリング規格”のみ抜粋）。

これによると、水分と全グリセリンが協議会モニタリング規格をかなり超えていることが分かった。ただし、これでも今のところB.D.F.利用で別に問題は起こっていないということである。

表9 外部委託プラントにより製造されたB.D.F.の品質分析例

分析項目	単位	分析結果	協議会モニタリング規格
動粘度	mm ² /s	4.881	3.5—5.0
水分	mg/kg	932	500以下
メタノール濃度	wt%	0.01未満	0.20以下
全グリセリン	wt%	0.52	0.25以下

備考) 採取年月日：平成21年8月11日

(2) 100L型前処理装置(遠心分離機)使用式

①製造工程

100L バッチ式・水洗浄式・アルカリ触媒方式で遠心分離機を前処理装置としている B.D.F.製造工程の一例を写真88～93に示す。

この場合の B.D.F.製造工程管理は、およそ次の通りである。

ア 濾過

回収した廃食用油は、10日間位貯留して沈殿分離後、ざるこしをして、更に布こしを行ってからドラム缶に貯える。

イ 遠心分離機処理

これを、前処理装置として設置した遠心分離機にかける(100L×3hr×2～3回処理する)。これを原料タンクに貯える。

遠心分離機をこのように使うと、写真94～96に見られるように、遠心分離用部品内部に著しい汚れが発生・付着する。このため、交換部品を用意して置いて、汚れを掃除する間も遠心分離機を作動できるようにする。また、遠心分離機の使用に当たっては、こまめで十分な清掃管理が必要である。

ウ 攪拌混合タンク工程

原料タンクから原料100Lを入れ、これにメタノール18Lと KOH1,600gを加えて、65℃ヒーター加温しつつ1.5hr攪拌する。

エ 反応器下部タンク工程

1次タンク上澄み液→グリセリン抜き(メタノール・KOH 込み)→洗浄水を加えて攪拌混合→2次タンク上澄み液→洗浄水抜き(0.5hr×3回)→廃液(白濁水)→攪拌混合へ戻して80℃ヒーター加温・減圧→100℃は上がり蒸気となって蒸発→製品タンクへ。

②品質分析例

遠心分離機使用の有無別に調査された品質分析の例を表10に示す。その結果は、およそ次の通りである。

ア 協議会モニタリング規格には概ね適合しているが、水分値で上回ったことがある。

イ 残留炭素、酸化安定性及びセタン価においてEU規制値に不適合となっていた。また、脂肪酸メチルエステル量がやや不足していた。

ウ Kが異常に高く出たことがあった。

エ 遠心分離機の使用による効果は明らかでなかった。(B.D.F.製造における前処理装置として使用しているため、反応効率の向上には役立っても製品品質には明らかな効果が出なかったものと考えられる。)

表 10 100L 型前処理装置使用式により製造された B.D.F. の品質分析例

No.	測定分析項目	単位	EU 規制値	分離機		
				不使用	使用	使用
				酸化防止剤		
				なし	なし	あり
3	動粘度 (40℃)	mm ² /s	3.5~5.0	4.450	4.446	4.442
5	水分	ppm	500 以下	340	520	300
7	10% 残留炭素	%	0.30 以下	0.38	0.77	0.41
8	酸化安定性(110℃)	hr	6.0 以上	1.0	0.8	1.9
17	セタン価	—	51 以上	53.0	49.9	49.0
20	アルカリ金属 Na	mg/kg	合わせて	<2	<2	<2
21	アルカリ金属 K	mg/kg	5 以下	<2	11	<2
25	夾雑物	ppm	24 以下	2	17	3
30	ヨウ素価	gl/100g	120 以下	113	117	118
31	メタノール	wt%	0.20 以下	<0.02	<0.02	<0.02
32	モノグリセド	wt%	0.80 以下	0.48	0.46	0.44
33	ジグリセド	wt%	0.20 以下	0.20	0.20	0.18
34	トリグリセド	wt%	0.20 以下	<0.05	<0.05	<0.05
35	遊離グリセリン	wt%	0.02 以下	<0.005	<0.005	<0.005
36	全グリセリン	wt%	0.25 以下	0.15	0.15	0.14
37	(脂肪酸メチル) エステル (総) 量	(Σ%)	96.5 以上	92.3	94.4	94.6

(平成 21 年 2 月 23 日、39 項目より抜粋)

(3) 100L 型前・後処理装置 (遠心分離機 2 台) 使用式

①製造工程

100L バッチ式・水洗浄式・アルカリ触媒方式で遠心分離機を前及び後処理装置としている B.D.F. 製造工程の一例を写真 97~102 に示す。

ここでは、遠心分離機を B.D.F. 製造工程の前及び後処理装置としている以外は、これまでの場合と同様である (B.D.F. 製造装置以外にメタノール・KOH の攪拌装置を持つことと、廃食用油 100L に対し KOH1.3kg を加えることが異なる点である)。

②品質分析例

品質分析が未実施であったのでよく分かってはいないが、グリセリンが詰まったらしくて燃料噴射ポンプを修理することが 1 回起きたと言うことである。現地調査では、B.D.F. 製造工程管理担当者が新しくなった時の管理技

術の継承、あるいは、研修に留意する必要があると思われた。

2) 流動式・湿式・アルカリ触媒式モデル

湿式の中でも流動式でかなり大規模な B.D.F.製造装置・工程が稼働している。その B.D.F.製造工程はおよそ写真 1 0 3 ~ 1 1 1 の通りである。

(1) 製造工程の特徴

この製造工程に見られる特徴は概略次の通りである。

① 2 回式エステル交換反応工程

反応タンクでは攪拌してオーバーフローさせる。1 次反応タンクと 2 次反応タンクがあり、5 か所にラインミキサーを配置している。

② グリセリン除去工程

1 次反応槽からセパレータ（分離装置）を通過して 2 次反応槽へ、そこからもう一つのセパレータへ送られる時に、それら二つのセパレータからグリセリン混濁液を抜き下ろしつつ貯留槽へ移し、グリセリンと水に沈殿分離する。

③ メタノール除去工程

2 次分離槽を出た B.D.F.原液が温水と混合されて貯留槽へ流入し、沈殿分離の方法によりその貯留槽の下部より排水しつつ、B.D.F.粗液が減圧処理槽を通る間に、B.D.F.中のメタノールが昇温・減圧で 1 0 0 % 除去される。洗浄水（排水）からもメタノールが回収される（6 8℃）。

④ 水分除去工程

水分はグリセリン除去工程でも除去されるが、水分除去自体はメタノール除去工程での昇温・減圧処理で十分に行われる（3 0 0 ppm 以下になる）。

⑤ 遠心分離工程

最終段階で高能力遠心分離機で B.D.F.の精製を行う。

(2) 製造能力

施設の 1 日当たり製造量は最大で 3,600L である。製造実績：平成 1 8 年 1 2 0t、1 9 年 1 8 0t、2 0 年（予定）2 8 0t、5 年計画 9 3 6kL。

(3) 品質分析例

2009 年に 6 回行われた品質分析の結果は、表 1 1 の通りであった。その結果、FAME 量が極僅かに満足しないことがあったが、B.D.F.の品質は大変安定していて良好であったとすることができる。

表 1 1 流動式・湿式・アルカリ触媒式により製造された B.D.F.の分析例 (FAME wt%
6 回の平均値 : 96.52%)

分析項目	1/20 屋内 FiLter 後	1/21 屋内 FiLter 後	1/27 屋内 FiLter 後	1/29 屋内 FiLter 後	2/12 屋内 FiLter 後	2/27 屋内 FiLter 後	J I S K2390
FAME 量 wt%	96.6	96.3	96.5	96.7	96.2	96.8	96.5 以上
遊離グリセリン wt%	0.003	0.005	0.004	0.003	0.008	0.01	0.02 以下
モノグリセリド wt%	0.59	0.62	0.60	0.57	0.61	0.55	0.8 以下
ジグリセリド wt%	0.098	0.13	0.11	0.11	0.09	0.07	0.2 以下
トリグリセリド wt	0.01	N. D.	N. D.	N. D.	0.01	0.02	0.2 以下
全グリセリン wt%	0.17	0.18	0.17	0.16	0.18	0.16	0.25 以下
酸価 mgKOH/g	0.09	0.10	0.11	0.10	0.02	0.08	0.5 以下
水分 ppm	333	398	262	218	295	227	500 以下
メタノール wt%	0.1 以下	0.2 以下					

(2009 年 3 月 9 日発行 より抜粋)

3. 乾式アルカリ触媒法による B.D.F.製造工程モデル

1) 100L 型乾式アルカリ触媒法

(1) 製造工程

製造工程の一例は図 2 4 に示す通りで、その工程と装置は写真 1 1 2 ~ 1 1 8 に見られる通りである。

(2) 品質分析例

品質分析の一例が表 1 2 のように得られている。その結果は、およそ次の通りであると思われる。

乾式アルカリ触媒法であるので廃水は出ないが、B.D.F.の品質には多少の危惧が持たれる。メタノール及び遊離グリセリンが僅かに協議会モニタリング規格を上回っており、とりわけ金属 K が異常に大きく出ていることは注意を要すると思われる。

表 1 2 100L 型乾式アルカリ触媒法により製造された B.D.F.の品質分析例

項目	単位	分析結果	協議会規格
密度 (15°C)	g/cm ³	0.8848	0.860 以上 0.900 以下
動粘度 (40°C)	mm ² /s	4.583	3.50 以上 5.00 以下

引火点	℃	101	120 以上
硫黄分	質量分率 %	0.0009	0.0010 以下
10%残油の残留炭素分	質量分率 %	0.55	0.3 以下
セタン価		51.2	51.0 以上
硫酸灰分	質量分率 %	0.007	0.02 以下
水分	mg/kg	222	500 以下
固形不純物	mg/kg	23	24 以下
銅板腐食 (50℃、3 h)		1	1 以下
酸化安定性	110℃	1.9h	6h 以上
酸価	mgKOH/g	0.64	0.50 以下
ヨウ素価		114.9	120 以下
リノレン酸メチル	質量分率 %	6.6	12.0 以下
メタノール	質量分率 %	0.26	0.20 以下
モノグリセライド	質量分率 %	0.58	0.80 以下
ジグリセライド	質量分率 %	0.23	0.20 以下
トリグリセライド	質量分率 %	0.13	0.20 以下
遊離グリセリン	質量分率 %	0.04	0.02 以下
全グリセリン	質量分率 %	0.23	0.25 以下
金属 (Na+K)	mg/kg	Na1mg 未満、K41.1mg	5.0 以下
金属 (Ca+Mg)	mg/kg	Ca・Mg 1mg 未満	5.0 以下
りん	mg/kg	1	10.0 以下

(平成21年3月30日)

2) 50L型乾式アルカリ触媒法

(1) 製造工程

図25に製造工程とその管理方法が示されている。また、その製造装置が写真119～121に見られる。製造能力は、製品40L/6hr（グリセリン等不純物を入れると50L）である。

ここでは、精製を写真121に見られるように、活性白土と炭（7：3の濾過材）が使用され、1ミクロンフィルターも使用される。

(2) 品質分析例

大学により簡単な品質分析が行われた結果は、表13の通りであった。これによると、品質は次に通りであったと思われる。

FAME含有量、残留メタノール及び酸価の測定された3つの項目全てで不適合である。（活性白土では触媒残り率が高く、精製程度が劣ると思われる。）

表 1 3 50L 型乾式アルカリ触媒法により製造された
B.D.F.の品質分析例

分析項目	結果	ニート規格	分析方法
pH	4	—	pH 試験紙
FAME 含有量 (ステアリン酸メチル換算)	91.1	96.5 質量% 以上	高速液体クロ マトグラフ法
メタノール	0.36	0.20 質量% 以下	ガスクロマト グラフ法
酸価	1.81	0.50mgKOH/g 以下	滴定法

FAME 含有量・メタノール・酸価の測定項目全てでニート規格 (J I S K 2 3 9 0) に不適合であった。(平成 2 1 年 7 月 1 4 日)

3) 新型乾式アルカリ触媒法

(1) 製造装置

新たに市販されている B.D.F.製造装置の概要を表 1 4 に示す。

表 1 4 バイオディーゼル燃料生成装置 (カタログより抜粋)

特徴①廃食用油の品質に関わらず、J I S 規格や E U 規格をクリアする高純度のバイオディーゼル燃料が安定生成できます。もちろん、2009 年 2 月施行品確法 (B 5) の基準はクリアしています。

②オールインワンの装置でボタン一つの操作ですので、どなたでも簡単に操作が可能です。

③水を使わない生成方法なので、油やグリセリンを含む廃水処理がありません。

④既存の生成装置で生成したバイオディーゼル燃料を高純度の燃料にする装置もあります。

製造工程：廃食用油→エステル交換反応→グリセリン分離→精製→バイオディーゼル燃料

型式：BDK-101-I：生成最大処理能力 100 リットル、生成標準時間 7 時間、重量約 800kg

BDK-201-I： // 200 リットル、 // 8.5 時間、 // 約 1 t

(カタログ制作：2009 年 10 月)

この製造工程の特徴を挙げると、およそ次の通りである。

ア アルカリ触媒としては、KOH より安価な NaOH を用いる。

イ 精製は減圧蒸留法で行い、低い温度帯域でメタノールを蒸発させ、液化して再生する。

ウ 高い温度帯で脂肪酸メチルエステルを取り出して、液化する。

エ 油分、グリセリン類等の不純物 (余分なもの) は取り出さないで排出す。これは、別工程で分けて燃料化等を行って有効利用する。

(2) 品質分析例

カタログに見られる品質分析の例を表15に示す。これによると、品質は非常に優れており、減圧蒸留法による精製方法は優れた方法と思われる。また、カタログで見ると、減圧蒸留法で製造されたB.D.F.はかなり脱色されているようである。

表15 新型乾式アルカリ触媒法による品質分析例 (カタログ)

脂肪酸メチルエステル (%)	99.4	密度 (15°C) (g/cm ³)	0.8816
動粘度 (40°C) (mm ² /s)	4.148	流動点 (°C)	0
目詰まり点 (°C)	-1	10%残留炭素分 (質量%)	0.03
セタン価	52.9	硫黄分量 (%)	0.0003
引火点 (°C)	176	水分 (質量 ppm)	153
モノグリセライド (質量%)	0.01	ジグリセライド (質量%)	0
トリグリセライド (質量%)	0	全グリセリン (質量%)	0
メタノール (質量%)	0		

4) 車載型乾式アルカリ触媒法

(1) 製造装置

写真122に山田周生氏のバイオディーゼルカーの中に積み込まれた乾式アルカリ触媒法によるB.D.F.製造装置を示す。この装置の特徴を挙げると、およそ次の通りである。

反応器から沈下したグリセリンを抜き、上澄み液をフラッシュ蒸留法によりメタノールを蒸発させて除去した後 (メタノールは液化して再生する)、遠心分離機に入れて精製後、更にイオン交換樹脂で残留グリセリンと水酸化カリウムを取り除く。

なお、グリセリン液は写真123に見られるようなポリタンク (2個) で空気を送る方法で土壌微生物により完全に消化させている。

車外へはほとんど何も出すことなく、廃食用油だけで世界中を走破した素晴らしい装置であると思われる。

(2) 品質

品質分析結果は入手していないが、“グリセリン関連の数値は全て京都スタンダードよりも低い数値が出ている” と言うことである。

4. B.D.F.製造工程管理の方法

以上に述べた湿式及び乾式アルカリ触媒法によるB.D.F.製造工程管理の方法と留意事項を挙げると、次の通りである。

「1）前処理

揚げカス等の固形夾雑物はフィルタ等で必ず除去する。また、リン脂質、色素等は反応を阻害すると言われており、これらを前処理で除去することが望ましいが、コスト面から困難であることが多い。しかし、アルカリ触媒法においては水の存在によりケン化物が生成され、反応後の分離が困難になることから予めその除去は必須である。揚げ油として使い込まれ加水分解の進んだ油脂は乳化し易く、水分が高い例が見られるが、一般に油脂と水の分離限界である0.1%程度までは遠心分離機で除去することが可能である。

2) B.D.F.製造装置

国内の多くの製造装置はバッチ式であり、1バッチ分の原料油、メタノール、触媒を加温しながら攪拌して反応を行うものである。そのため、燃料品質（反応率）に影響を与える装置仕様として、反応温度、反応時間、攪拌速度が上げられる。特に反応温度は反応速度に大きな影響を与えるため、十分原料油が加温されてからメタノール等の投入を行うべきで、可能であれば投入前のメタノールもある程度加温しておくことが望ましい。これらは自動運転できることが望ましいが、実際には自動製造装置は高額になるため、手動型が多く用いられていることから、操作者は正確な知識の習得が求められる。

3) B.D.F.製造工程の管理

(1) アルカリ触媒と投入量

国内では水酸化カリウムまたは水酸化ナトリウムを用いることが多い。副産物であるグリセリン等を肥料として利用する場合、ナトリウムには肥効はほとんど認められないことに留意する。

触媒の投入量が少ないと反応が十分行われず、過剰な場合、ケン化物の生成量が増加し、燃料の収率が低下することから、適切な投入量（油脂1L当たり水酸化カリウム約10gとされる）の管理が必要である。原料油脂中に遊離脂肪酸が含まれている場合、触媒と反応してケン化物を生成し触媒作用を減じることから、触媒の投入量を増やす必要がある。遊離脂肪酸による触媒の消費量は酸価を測定することで推定できることから、事前に酸価を測定し、触媒の投入量を増減させることが望ましい。

(2) メタノールの投入量

メタノールの投入量が少ないと、反応が十分行われぬ。理論値では原料油脂に対して10～12%で十分であるが、反応速度を増加させるため、重量比で20～30%投入することが望ましいとされる。

(3) エステル交換反応

アルカリ触媒法によるエステル交換反応の反応速度は比較的速く、適切な条件下では90%以上が反応するまでに10分程度という例も報告されている。しかし、小規模装置に多く見られるバッチ式反応槽では2時間程度行う場合が多いと思われる。このような方式では反応槽内の攪拌が十分行われな
ない場合もあり、1回の処理で高い収率を得ることが困難であることが多く、グリセド類の残存量が多くなっている。反応率の高いB.D.F製造所では2回反応させている例が多いことから、品質を向上させるためにも2回以上反応を行うことが望ましい。

(4) 分離工程

副生されたグリセリン及びケン化物は燃料フィルタ閉塞の原因となるため、除去は必須である。ケン化物の生成量が少ない場合、一晚程度の静置で分離可能であるが、小規模製造装置では目視と手動により境界を決定していることが多いので、燃料にグリセリン相が混入しないよう、安全を見込んだ操作が求められる。遠心分離機あるいはイオン交換樹脂を用いることにより高精度での分離が可能である。

(5) 脱メタノール工程

通常、メタノールは過剰に投入されることから、反応後に余剰メタノールを除去する必要がある。メタノールはセタン価が低い
ため、ディーゼルエンジンでは燃焼し難く、排気ガス中の一酸化炭素、ホルムアルデヒド等の増加要因となる。また、貯蔵劣化により蟻酸を生成し、燃料噴射ポンプのプランジャ、リターンパイプ周辺の銅製部品等を腐食する可能性があるため、除去工程は必須である。大規模プラントでは蒸留塔による連続処理が行われているが、小規模製造装置ではバッチ式の減圧加熱による除去が望ましい。

(6) アルカリ金属類の洗浄工程

アルカリ金属類はケン化物として混入している場合が多く、フィルタ閉塞等の原因となる。水洗工程がない場合、残留濃度が高くなる傾向があるので、冷却濾過等の工程を追加することが望ましい。

(7) 脱水工程

水の存在は微生物の繁殖を助長し、燃料劣化の原因となる。また、FAMEを加水分解し、脂肪酸とメタノールを生成するため、やはり劣化の原因となる。B.D.Fは軽油よりも吸湿し易いと言われており、ある程度長期貯蔵する場合、水分除去を徹底して行う必要がある。この脱水処理は遠心分離機では

不十分であり、減圧加熱を用いることが望ましい。」
(以上、「」：既出文献「農業機械へのBDF利用ガイドライン」からの引用)

5. アルカリ触媒法によらない新 B.D.F.製造技術

1) STING法 B.D.F.製造装置

中央農業総合研究センターバイオマス資源循環研究チームが、グリセリンを生成せずに廃食用油を燃料化するために開発した技術である。この技術は、超臨界メタノール中でメチルエステル化反応と熱分解反応を同時に行う方法であり、STING法と呼称される(谷脇憲・飯嶋渡：廃食油を軽油代替燃料に変換するSTING法、農林水産技術研究ジャーナル、28(12)、10-14、2005)。

STING法によるB.D.F.製造装置には、(株)エスティーワン製120L/日設置型及び180L/日可搬型と、(株)大正理化製200L/日設置型がある。この内、平成21年に(株)大正理化製のもが埼玉県鴻巣市役所に導入された。以下、この装置について述べる。

(1) B.D.F.製造工程

廃食用油・メタノール混合→ダイアフラム・プランジャーポンプ→350℃
高圧管→450℃20MPa反応管(二つの高温高圧管で計5分必要)→(常圧
蒸留タンク9→メタノールを回収して戻す、1ミクロンフィルターでB.D.F.を
取り出す→熱回収して350℃管加熱用とする。

(2) 処理能力及びランニングコスト

1時間当たり廃食用油8Lにメタノール4Lを混合して、流動式処理方式で
毎時8LのB.D.F.を製造する。ランニングコスト(社内実績)は約54円/Lで
ある。

(3) B.D.F.の利用方法

現在の装置は蒸留タンクが常圧式のためメタノールが残留するので、製品
B.D.F.をディーゼルエンジン用とするには問題がある。そのため、鴻巣市は花
作りが盛んな所であるので、ハウス暖房用に使用することになっている。

(4) 装置費

超臨界反応は高温高圧条件下で行われるため、耐久性を持たせるためには反
応管に超特殊な材質の金属が必要となって、装置価格が著しく増大する。現在
の装置で減圧蒸留タンク方式にすると、システム(日東高圧社製)全体として
は4,000万円近くなる。

(5) 効用等

動物油・魚油等ほとんど全ての油を精製でき、グリセリンや汚温水を排出せずに済むが、FAME量が低くなる（50%弱、ただし燃料として劣っている訳ではない）。（注記：「厳密にはグリセリンは生成されているが、高温処理により分解し、水酸基の置換など様々な反応が発生し、メタノールなどの低級アルコールやエーテル、エステルのように、脂肪酸メチルエステルと単一相を成し、ディーゼル燃料として利用可能な物質、あるいは原料のメタノールと一緒に回収できる物質に変換されている。また、様々な反応が同時に進行しており、燃料成分は300以上となっている。」以上、飯嶋渡：廃食用油のバイオディーゼル燃料（BDF）製造装置、最新農業技術 作物 vol.1, 252-255、農山漁村文化協会、2009.2 より。）

2) 過熱メタノール蒸気法 B.D.F.製造装置

鍋谷浩志（（独）農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所）他13名：廃食用油からのバイオディーゼル燃料生産—アルカリ触媒を用いない常圧アルコールシス反応装置の開発—、農林水産省委託プロジェクト研究「地域活性化のためのバイオマス利用技術の開発」中間成果発表会講演要旨、18-19、農業・食品産業技術総合研究機構バイオマス研究センター、平成21年9月、より抜粋して以下に引用する。

「(1) はじめに

現状の技術としては、アルカリ触媒を用いた脂肪酸メチルエステルへの変換（アルコールシス反応）が主流である。この場合、反応後にアルカリ触媒を除去するための精製工程が必要であり、コスト低減の障害となっている。また、遊離脂肪酸はアルカリ触媒と反応して石けんを生成するため、従来のアルカリ触媒法を用いて廃食用油等の遊離脂肪酸を含む脂質を処理する際には、前処理をして遊離脂肪酸を除去する脱酸工程が必要である。これらの問題を克服するため、触媒を用いることなくFAME（バイオディーゼル燃料）を製造する常圧アルコールシス反応装置の開発に取り組んだ。

(2) 開発した技術の内容と特徴

ア 常圧の条件下で過熱メタノール蒸気を反応槽に吹き込むことにより、気泡と油脂との界面でのエステル交換反応（FAMEの生成）を促進させる。生成したFAMEは未反応のメタノール蒸気とともに反応槽から流出し、コンデンサーによりメタノールと分離され、製品タンクに回収される。製品タンクでは比重差によりグリセリンが相分離し、FAMEを主成分とする製品が得られる。

イ 「無触媒過熱メタノール蒸気法」によって1日当たり500Lの原料油から400L以上のバイオディーゼル燃料を連続製造する実証プラントを建

設し、製造実験では、廃油（パーム油）を原料として425L/日の製造能力を確認した。また、製品中のFAMEの含有率を、バイオディーゼル燃料のニート規格である96.5%以上まで高めることができた。

ウ 本法で製造された燃料を用いて単気筒ディーゼルエンジンによる燃焼試験を行った結果、従来法（アルカリ触媒法）による燃料とほぼ同等の性能・排気特性が得られた。

エ 実証プラントでの製造実験で明らかになったエネルギー消費量を基に、6000kL/年規模の事業プラントの製造コストを試算した結果、本法では45円/L以下でバイオディーゼル燃料を製造可能であることが示された。」

6. B.D.F.の品質

1) B.D.F.が確保すべき品質規格

「改正揮発油品質法」（平成21年2月25日施行）に基づいて、国土交通省において、脂肪酸メチルエステル100%使用者及び改正揮発油品質法に基づく特例措置対象高濃度バイオディーゼル燃料使用者に対し、燃料、改造、点検整備上の留意点等に関し助言、注意喚起を行う際の指導要領として、「高濃度バイオディーゼル燃料等の使用による車両不具合等防止のためのガイドライン（指導要領）」が策定された。この「ガイドライン」の中で、B.D.F.が確保すべき品質規格として以下のように記されている（抜粋・引用）。

「全国バイオディーゼル推進協議会では、軽油と混合せずに脂肪酸メチルエステル100%で使用する場合に網かけをした5項目については最低限遵守すべき「協議会モニタリング規格」としている。なお、燃料製造後は速やかに使用するよう心がけ、貯蔵する場合は定期的に見視点検または性状分析により、燃料性状の確認を行うべきである。

（協議会モニタリング規格）

動粘度（mm ² /s）	： 3.5－5.0
水分（mg/kg）	： 500以下
メタノール（質量%）	： 0.20以下
トリグリセライド（質量%）	： 0.20以下
遊離グリセリン（質量%）	： 0.02以下

（1）脂肪酸メチルエステル100%使用時に特に留意すべき項目とその理由

①動粘度

動粘度が高い場合、製造時のメチルエステル交換反応が不十分であるおそれがあり、未反応の原料油脂の残留が、エンジンの始動性を悪化させるだけでなく、エンジントラブルの原因となる。製造時に十分にメタノールと反応させ動粘度を一定の規格値内に保つことが重要である。

②水分

水の混入は、バイオディーゼル燃料の腐食性や加水分解を高め、これによって酸価が高まり、金属腐食の原因となる。製造時に減圧加熱による脱水を十分に行い水分を一定の規格値内に保つことが重要である。

③メタノール

メタノールは金属に対して攻撃性を持っており、金属を腐食させる性質を持つ。水分と同様に製造時に減圧加熱による脱メタノールを十分に行うことが重要である。

④トリグリセライド

トリグリセライドは原料油脂そのもので、不純物程度の濃度でも噴射ノズル先端や燃焼室内にカーボンデポジットを形成しやすく、最悪の場合は、出力低下を招く。

製造時に、十分にメタノールと反応させ、規格値内の低い値に保つことが重要である。

⑤遊離グリセリン

遊離グリセリンは、フィルターの目詰まりや噴射ポンプ内のタイミング制御弁などに付着し、誤動作を生じ、最悪の場合、予期せぬエンジン停止を引き起こす。製造時にエステルとの分離を十分に行うことが重要である。」

(以上、前出資料「ガイドライン」より引用)

2) B.D.F.品質の実態

前記「ガイドライン」周知用パンフレット（国土交通省自動車交通局）によると、「バイオディーゼル燃料100%使用時には先に掲げた項目の性状について、留意が必要ですが、実際に製造されたバイオディーゼル燃料の中には、以下のとおりJIS規格に適合しないものも見受けられたとの研究結果があります。」として、地方自治体・製造事業所13例について、JISの4項目に対して次の通りであったとしている（出典：独立行政法人交通安全環境研究所「バイオディーゼル燃料に関する研究動向」）。

- ア 動粘度[mm²/s]3.5－5.0の範囲を超えるものが2例あった。
- イ 水分[mg/kg]が500を超えるものが5例あった。
- ウ メタノール含有量[wt.%]が0.20を明らかに超えるものが3例あった。
- エ 全グリセリン[wt.%]が0.25を僅かでも超えるものが11例あった。

また、現地調査等で得られた品質分析結果の例は、既に表8～15に上げた通りである。これによると、湿式アルカリ触媒法によるものは比較的品質が安定して良好である。しかし、乾式アルカリ触媒法による場合は、イオン交換樹脂を使用する精製法によるか、減圧蒸留法を使用するものの他は、品質の劣る場合が多く見られた。

以上から、“地産地消”型 B.D.F.において規格に適合しない要因は「反応不足」と「精製不足」の2点に大別されると考えられ、主として後者によると思われる。

「(1) 反応不足

「反応不足」の結果として、トリグリセド等のグリセリド類が残留し、動粘度、目詰まり点、流動点等が悪化する。「反応不足」の原因としては、メタノール及び触媒の投入量不足、反応時の温度・攪拌速度・時間が不十分であること、等が挙げられる。

(2) 精製不足

「精製不足」は主として反応後の洗浄工程及びメタノール・水分及び触媒除去工程を省略するか不十分な場合に多く、触媒及びケン化物、グリセリン、水分、メタノールが残留し、引火点、セタン価、酸化安定性等の悪化が見られる。

(3) 低機能製造装置

何れも原料油脂の性状を考慮しないまま、必要な工程が省略された低機能な製造装置で、画一的な工程で製造されることに起因することが多いと考えられる。(以上、既出資料「農業機械へのBDF利用ガイドライン」より引用、ただし、項目立ては新規。)

反応工程の複数回化、減圧過熱処理あるいは蒸留工程の付加、後処理工程(最終段階)への遠心分離機あるいはイオン交換樹脂の付加等が望ましい。

3) 品質分析の実施

B.D.F.製造のロット毎に品質分析を行うことが望ましいが、分析費用が高額になるため実際には年数回も行われれば良い方である。京都基準で年2回から最大4回実施している所が見られる。

最低限「協議会モニタリング規格5項目」、もしくは、可能な限りそれらを含む10～15項目程度について年2回以上の品質分析を行うことが望ましい。

4) B.D.F. 品質の安定と向上方策

(1) 家庭廃食用油と B.D.F.製造装置

B.D.F.の品質は先ず原料油脂の性状に左右されるところが大きいので、家庭から回収した廃食用油を使用する場合等を考慮すると、B.D.F.製造装置が余り小さいことは適当でなく、1ロットがなるべく大きくなるようにすることが望ましい。当然、製造工程は十分整備することが必要である。

(2) 製造工程管理担当者の経験を積んだ技術

原料油脂の性状を事前に把握するように努め、触媒及びメタノールの投入量、

反応時間、攪拌速度等を適切に制御することが必要である。したがって、装置メーカー提供のマニュアル通りに製造工程の運用を行えばよいというのではなく、製造者（製造工程管理担当者）の経験と努力による創意工夫が求められる。

（３）反応率の向上と分離精製の徹底

製造工程において改善すべき点の多くは反応率の向上と分離精製の徹底である。特に前者の“反応率の向上”のための主要な方策と目されているのが、“遠心分離機”の導入である。写真 9 1 及び写真 9 8 に見られるように、遠心分離機を前処理装置として加温攪拌混合・反応槽の前に入れることによって反応率の明らかな向上が得られると考えられる。この方法が製造された B.D.F. の品質に及ぼす効果は明らかでなかったが、トラクタ運転中の排気ガスが無色・無臭になることは確認された（写真 1 2 4 参照）。

7. B.D.F.の供給

B.D.F.製造施設内には貯留タンクを持たずにタンクローリー（自己責任で）を購入して販売・供給（農家・業者向け一律 1 1 0 円/L）して回る例（写真 1 2 5 参照、製造後に酸化防止剤を入れる）、回収した廃食用油を提供する外部プラントから B.D.F. を農場トラクタ用に購入する例（軽油 1 1 0 円/L に対し B.D.F. 1 0 0 円/L）、同様に廃食用油を提供して B.D.F.製造を委託する会社から購入する例（製造コスト 9 7 円＋配送料 5 円＝1 0 2 円/L、ただし、軽油価格で変動する、平成 2 1 年調査）、儲けなしの 8 0 円/L（人件費＋光熱水費＋薬品代＋プラント減価償却費＝約 7 8 円/L：廃食用油回収費なし）でポリタンク等で菜種生産組合等に供給している例（写真 1 2 6 参照）がある。（以上、平成 2 0 年調査）

北海道十勝地方にある大規模菜種生産・搾油・廃食用油回収・B.D.F.製造会社では、写真 1 2 9～1 3 1 に見られるような B.D.F.貯蔵屋外タンクと給油スタンドを設置している。ここでの販売価格は、特別会員（資本金を出している人、初めから入っている人）9 5 円/L、会員 1 0 0 円/L、建設業他 1 2 0 円/L としている。（以上、平成 2 1 年調査）

8. 副産物の処理方法

1) グリセリン

多くの場合に焼却場等へ助燃剤として売却されており、無料での引き取りも行われている。

一方、植物油を原料とするグリセリン（液 b）の微生物分解が著しく容易なことは、山田周生氏のバイオディーゼルカーにおける末端処理方法（写真 1 2 3 参照）によっても明らかである。このように、B.D.F.製造工程で生じたグリセリンは無害で微生物分解も早いので、堆肥に加えて畑用の腐植土作りに活用することもできる。北海道では、バイオガス事業への売却を行っている。

また、グリセリン（液）の新しい有効利用技術として、写真130に見られるように、下水汚泥の発酵材にしてできた堆肥を菜種畑へ返す、という方法が試みられようとしている。下水汚泥にはカリがなくて、グリセリン（液）にはカリがあって重金属はないので好適と考えられている。

2) アルカリ化合物（アルカリセッケン）

ケン化合物は通常、グリセリン相と混合しており、分離は困難である。したがって、グリセリンと一緒に適切に処理することが望ましい。

3) 廃水

脱水工程の廃水は、ビニールハウスの中で肥料を作るための補給水として利用するという事例、濾過後薄めて川に流す方法（問題はある）や、草抑え用（薄めて散布して腐らず）として利用する方法が上がっている。何れにしても洗浄水の処理はコスト増の要因になるので、周辺環境等への負荷増加を考慮して適切に処理することが求められる。処理方法の例を写真131及び写真132に示す。

VI B.D.F.の農業機械利用技術

1. トラクタ等における B.D.F.100%利用の実態及び現地技術

1) 利用実態と現地技術

(1) 事例

- ア “ちょこっとバス”及び公用車の台数を減らしてB100で、「菜の花館」のトラクタはB100で使用している。
- イ 市公用車で使用してこれまで修理等なし：マイクロバス3台(写真133)、ダンプトラック5台、フォークリフト1台、タイヤショベル1台、トラクタ2台、菜種収穫用コンバイン1台(写真134)。
- ウ トラクタ、コンバインは年2回しか使わないので、軽油より有利性を余り認めてくれない。
- エ 18L・20L ポリタンクで運搬し、できるだけ作り置きしないことにしている。
- オ 公用車に一番多く使われている。煙が出ないのが良い。
- カ 農場の60PS級トラクタ1台(写真135)だけは B.D.F.を使用する。天ぷら油の臭いがする程度で軽油と変わらないが、農場は免税軽油であるので、B.D.F.は経済的に不利なため余り使えない。
- キ B.D.F.スタンドに来れば農家にも供給するが、免税軽油使用である農家では、B.D.F.は経済的に不利なため余り使えない。
- ク コープ札幌へ配送する(15t/月、120台)。
- ケ スクールバスに使用している。
- コ 会社内のトラクタ2台(79PS, 80PS級)及び大型コンバイン(350PS、満タン600L—1日フル稼働20ha 分)には B.D.F.100を使用する。乗用車(写真136)にも使用している。
- サ 劣化した廃食用油を入れない、B.D.F.製造工程中で酸を使用しない等で酸化に対する安定性を確保しており、酸化防止剤を使用しなくても半年間は大丈夫である。
- シ 乾燥機バーナーのノズルを替えて灯油の代わりに B.D.F.を直接燃焼させている。蒸気ボイラーも同様である。
- ス ランドクーラーに B.D.F.100を使用して10万 km は走行した(事実エンジン音良好、僅かに天ぷら油臭があるかもしれない) —地下水6℃冷却(常時実施)→オリを遠心分離→冬季-15℃位外気温冷却→遠心分離→冬場を含めてランドクーラーで10万 km 走ってもエンジン等に変化なし。
- セ 65PSトラクタで使用試験(B.D.F.100で90L)を行った後、分解整備に出して何も見つからなかった。
- ソ 市有ゴミ収集車5台目稼働中。

- タ ハウス内トラクタ（ロータリ耕）作業（写真137）では、寒くて締め切った時、軽油の場合には刺激臭で目が痛くなるが、B.D.F. はこのようにならない（天ぷら油臭がしても人に優しい、これが一番の利点かもしれない）。
- チ 以前のB.D.F.と違って今は大丈夫で、実際にエンジンを始動して臭いも何もなく、エンジン音も良好であった。
- ツ 消費期限との関係でB.D.F.を引き取ったらできるだけ早く使う必要がある。しかし、農業機械に使うのは時期が決まってくる。
- テ 発電機（写真80参照）に使用して“光の祭典”等に活用している。
- ト 60kVA（48kW）発電機を稼働して電力を賄っている。
- ナ タンクローリーを購入してB.D.F.配給用に使用し始めて2年目であるが、ゴムホース等への影響は全くない。

（2）トラクタ等への利用促進方策

大型農家等では免税軽油を使用するので、B.D.F.の使用は価格的に難しいのが現実であるが、B.D.F.の効用を強く認識して価格問題ではないとし、利用促進に貢献したいとする農家も多くある。B.D.F.利用の啓発・普及を一層推進すると共に、利用を容易にする方策を講ずることが望まれる。

（3）酸化防止及び冬季使用対策技術（現地開発）

トラクタ等へのB.D.F.100%利用の現場では、B.D.F.は酸化劣化しやすいと危惧されて、酸化防止剤の適正投入量を知りたいとする要望が出る。これに対して、廃食用油の段階で酸化劣化の進んだものを入れない、B.D.F.製造工程中で酸を使用しない等の方法により、酸化防止剤を使用しなくても半年間は大丈夫とする事例は参考になる。

また、B.D.F.製品を冬季の高冷外気温に曝した後、遠心分離機にかけてオリを除去する方法により、北海道十勝の-15℃で車を十分良好に走らせられ得るとする冬季使用対策技術が実用されている。

2) B.D.F.100%使用のリスクと対策

（1）事例

- ア B100で長く使うのは何かが起こり得る。廃食用油には色んなものが入ってくるので、リスクは多少大きい。
- イ 20PS級トラクタでロータリ耕に使用してみているが、故障することは怖い。
- ウ B.D.F.の価格が軽油と余り差がないので、故障の原因にもなりかねないB.D.F.の使用に気乗りしないのが実情である。

(2) 不安感の払拭方策

製造された B.D.F.の品質が少なくとも協議会強制規格 5 項目はクリアーしていることの保証が必要である。したがって成分分析を実施して、B.D.F.の供給に当たってはその分析結果を添付できるようにする。また、B.D.F.の品質が安定するように努める必要があり、品質が安定するまでは年数回以上の分析結果を得て、安定性のチェックを行うことが必要である。

3) トラブル等の発生と対策

(1) 事例

- ア フィルターが目詰まりが早い。
- イ エンジン始動、燃費等において全く軽油と変わらないが、負荷がかかり過ぎた時にパワーが落ちやすい。
- ウ 稲収穫用コンバインに古い B.D.F. 80L を入れた時に、フィルター目詰まりで燃料を送れなくなった。しかし、軽油に戻したら直ったので、再び B.D.F.に戻して作業した。
- エ マイクロバスでトラブルが 1 回起こった。燃料フィルターの点検を怠って、軽油に切り替えた時に通過してしまい、グリセリンが詰まって燃料噴射ポンプ修理に高額を要した。これが響いて B.D.F.がはけなくなっている。
- オ B.D.F.使用 3 年位で燃料フィルターの交換位である。
- カ 15PS は B.D.F. 100 で 3 年目になるが、今日もフィルターが詰まった。タンクにゴミが溜まっている。
- キ 今年で 6 年程になり、最初はタンクにかすが溜まりやすく、フィルター目詰まりを起こしてストレーナにびっちり詰まった。今は大丈夫である。
- ク タンクにゴミが溜まりやすいので、燃料フィルターを新たに加えて 2 個にする方法 (写真 138) に改造した。この方法を地域内に配ろうと考えている。
- ケ トラクタ等は 1 日使い終わったら必ず洗うので、その時にトラクタ等を目で調べることになる。農場の整備士が常時目配りしている。燃料フィルターは自分 (代表者) も気を付けて見ることにしている。
- コ オイル交換は大体年 2 回 (春先 1 回、秋 1 回) 実施する。エンジンオイル及びフィルターの交換を必ず行う。
- サ トラクタ側のメンテ技術・対策を作り上げていくことも必要である。
- シ B.D.F.製造側と農業機械側両者の対応が望まれる。

(2) B.D.F.の特性に基づくフィルター及びノズルの目詰まり

このことについて、山根浩二氏は次のように述べている (改訂新装版 バ

バイオディーゼル—天ぷら鍋から燃料タンクへ—、五、バイオディーゼル燃料のハンドリングと使用のガイドライン、86-109、東京図書出版会、2007年6月、より抜粋・引用)。

「この特性を生かして、メチルエステルは燃料とは別に機器の清浄剤あるいは溶剤として使用されてきた。したがって、メチルエステルを燃料として使用した場合には、燃料タンクや燃料システムの堆積・付着物を溶解あるいは剥ぎ取ってしまう恐れがある。剥ぎ取られた堆積物などは燃料フィルターや噴射ノズルの目詰まりを引き起こし、最悪の場合には機関の停止に至る。

とくに、バイオディーゼル燃料をピュアあるいは35%混合以上で使用する場合には、この機器の清浄性に気を付ける必要があるとされている。バイオディーゼル燃料の使用前には、燃料タンク内部や噴射ノズルを含む燃料システム内部の堆積物等を予め除去することをすすめる。

また、溶剤としての特性を有しているため、車両のボディなど塗料に付着した場合には、塗料が溶解する可能性もある。もし、燃料が機器に付着した場合には、速やかに除去する方が良い。」

(3) 燃焼促進剤利用の可能性

米国開発のバイオディーゼル用燃焼促進剤は表16のような効果等を持つと言われる。インジェクター（燃料噴射ノズル）及び燃料タンクの浄化方策のみならず、冬季の低温時対策としても期待できる。効果についての実証的検討が待たれる。

表 1 6 燃焼促進剤の例

1) 主要成分構成

硝酸エステル (Octyl-nitrate)	22%前後
溶剤 (Solvents)	75%前後
その他	3%前後

2) 主要性能について

(1) セタン価の向上

B.D.F.のセタン価は通常49±2程度で、燃焼促進剤を配合することにより登坂走行時などのパワー不足を解消できる。

なお、排ガスの天ぷら臭がなくなる。

(2) 低温時のゲル化防止

燃焼促進剤（単独の融点は-50℃）は専用の融点降下剤ではないが、B.D.F.の場合0.3~0.5%の配合で-10℃程度までは流動性を確保できるとされる。

(3) インジェクターの浄化

燃焼促進剤は、燃料噴射ノズルに付着した結晶やスラッジを極小粒子に溶解・

浄化して完全燃焼させ、燃料噴霧パターンの正常化により燃焼効率を高める。
インジェクター浄化の場合には、燃料タンクを空にしてから通常より多い配合比率の0.4~1.0%で満タンとして、その後再びタンクが空になるまで走る。この間燃料継ぎ足しをしないこと。

(4) 燃料タンク内の浄化

長く使っている車両の燃料タンクの底には、スラッジや様々の不溶解が溜まっている。時には給油系統に吸い込まれて目詰まりさせる原因になることがある。燃焼促進剤は、これらを極小微粒子に溶解し、タンク、給油管、ポンプ、フィルターを正常化する。

燃料をレギュラー軽油から B.D.F.に切り替える際は、第1回目の給油は(3)の場合と同じ要領でタンクを空にしてから 0.4~1.0%の配合比率で満タンとする。

(4) 日常点検及び定期点検・整備の励行

B.D.F.100%の使用に当たっては、1日のトラクタ等作業終了時の水洗いに際してばかりでなく、使い始めの燃料供給に際して日常的点検の励行が求められる。また、定期的点検・整備を確実に行うことが必要である。

一度大きな修理を要する故障を起こすと、B.D.F.に対する信頼を回復するのが大変なことになる。とりわけ燃料噴射ノズルの詰まりは、燃料噴射ポンプの修理に至ることがあるので注意が必要である。このノズルの詰まりは、燃料フィルターの機能の低下に起因すると考えられる。したがって、燃料フィルターの日常的点検が極めて重要であり、同時に、B.D.F.を燃料(軽油)タンクに入れる時のタンクの浄化が肝要ということになる。そのためには、上記(3)及び(4)に上げた方法を参照して取り組むことが望ましい。

(5) 二重燃料フィルター方式(現地開発技術)

大分品質の劣る B.D.F.が製造されていた現地では、燃料タンクにゴミが溜まりやすいということで、燃料フィルター(ストレーナー)を一つ加えて二重燃料フィルター方式にする技術を開発していた(写真138参照)。この方式をその地域内に配布したいと考えられている。

2. バイオディーゼル燃料の品質と農業機械の運転性能

B.D.F.をトラクタに長時間使用した時の試験結果(清水一史ほか3名:バイオディーゼル燃料適用時のトラクタ性能、平成20年度生研センター研究報告会、67-76、平成21年3月)によると、

- ア 残留メタノールは徹底的に除去することが重要である。
- イ 未反応の原料油脂(トリグリセリド)などグリセリド類の多い B.D.F.による長期運転試験の結果、CO濃度や黒煙濃度の上昇、出力の低下等が見られるようになった。エンジン分解調査を今後行って B.D.F.使用の影響について検討する。

3. 高濃度 B.D.F.等使用者が点検整備上等で留意すべき点

地産地消型 B.D.F.を農業機械（主としてトラクタ）に利用するに当たって、平成20年の時点では一部にニート（B.D.F.100%）の利用でなかった所があったが、「改正揮発油品質法」（平成21年2月25日施行）後はB5対応できない場合、B.D.F.100%の使用とならざるを得ない。このような高濃度バイオディーゼル燃料等使用者が点検整備上等で留意すべき点として、前出の「ガイドライン」では次のように述べている。

「1）日常点検

使用前に以下の事項を点検し、その結果を記録する。

- ア 燃料キャップ、燃料ホース、各燃料ホースつなぎ目、エンジンルーム内の燃料配管等燃料装置からの燃料漏れ、燃料にじみがないことを目視または手で触って確認する。
- イ 排気ガスの色の状況、においの状況を確認する。
エンジンオイル量をレベルゲージで確認する。エンジンオイル内へのバイオディーゼル燃料の混入の有無を確認する。
- ウ 燃料補給時は、補給量とその際の走行距離を記録する。

2）中長期点検

3ヶ月毎の次のような点検が必要である。

- ア 燃料エレメント（エレメントの濾紙の夾雑物の付着状況の確認：目視点検）
- イ 燃料ホース（燃料タンクから噴射ポンプまでの間のホース類からの燃料漏れ、にじみの有無を確認：目視点検）
- ウ 噴射ポンプ装置関係（エンジン周辺の噴射ポンプ関連装置からの燃料漏れ、にじみの有無を確認）
- エ エンジンオイル（エンジンオイルへの燃料の混入の有無を確認：目視点検）
- オ 排ガス性状（排出ガスの色、においを確認：目視点検、臭気確認等）
- カ EGR システム（吸気系部位へのデポジットの付着の有無：整備工場等による分解目視点検）

3）エンジン出力不足が発生した場合の点検

エンジンの出力不足（加速不良、エンジン回転不安定、エンジン回転上昇不足）など走行に支障が発生した場合は、燃料噴射系にトラブルが発生しているおそれがあることから、整備工場へ入庫し、下記（略）を中心に点検する。

4）バイオディーゼル燃料利用時における留意点

（1）バイオディーゼル燃料使用車の限定

高濃度バイオディーゼル燃料を利用する場合は、その車両を限定して一定の管理の下で使用しなければならない。また、バイオディーゼル燃料使用に伴う燃料系統ゴムの膨潤、燃料漏れへの対応策として、布巻きホースやフッ素系ゴムに交換するとともに、定期点検の頻度を増やすことが必要としている。

(2) 季節に応じたバイオディーゼル燃料の利用

バイオディーゼル燃料は FAME を主成分とするため、低温で固化しやすい性状を有することから、添加剤を用いて流動点を下げ、低温時の対応を図ることが一般的であるが、外気温が氷点下となるような条件下では、添加剤を用いても限界がある。このことから、寒冷地においては、冬期間はバイオディーゼル燃料の使用を控える等の対応が必要としている。

(3) 定期点検の実施

フィルターの目詰まりや燃料系統の金属腐食等を未然に防ぐため燃料系統の定期的な点検を行うとともに、劣化した部品の交換が必要としている。特に目詰まりを起ししやすい燃料フィルターについては、1ヶ月程度の頻度で交換が必要としている。

5) その他

- ・車両点検のみならず、保管されたバイオディーゼル燃料の性状についても、定期的に確認する必要がある。
- ・燃料は長期保管しない（燃料製造後は速やかに使用する）。
- ・長期間車両を使用しない場合はバイオディーゼル燃料を燃料タンクに入れておかない。」

4. 農業機械への B.D.F.利用ガイドライン

既出資料「農業機械への B.D.F.利用ガイドライン」に見られる高濃度 B.D.F.の農業機械利用における留意事項を上げると、以下の通りである。

「1) ガイドライン活用の前提

本ガイドラインは、「地産地消」型の B.D.F.利用方法の確立に向けた取り組みに参考として活用されることを期待する。

(1) B.D.F.の利用が不適切な農業機械には使用しないこと

次期国内排出ガス規制に対応した、DPF 装着車、NO_x 除去装置装着車、コモンレールエンジン搭載車等に対して、現状では B.D.F.利用の可否が明確ではないため、本ガイドラインの適応は想定していない。農業機械メーカーにおいて B.D.F.利用が不適切と判断された農業機械へ利用した場合、重大な不具合が発生するおそれがある。農業機械の使用者は農機販売者に B.D.F.利用の可否を確認し、B.D.F.利用が不適切とされる農業機械へは B.D.F.の利用を行わない。

(2) 点検整備等の技術的サポートを受けること（農機販売者の協力）

使用者が日常点検や定期的なメンテナンスを適切に実施するためには、農機具販売店から点検整備に関する技術的サポートを受けることが必須である。このため B.D.F.を利用する地域または団体において、サービスやサポートが充実した農機具販売者の協力を得ることが前提となる。可能であれば農機具販売者とはメンテナンス契約などを結ぶことが望ましい。

(3) B.D.F.利用に対応した日常点検を励行すること

使用者は、B.D.F.利用に対応した日常点検（略）を励行する。農機販売者は、本ガイドラインを参考にした日常点検方法を使用者に指導する。

(4) 定期点検を実施すること

使用者は農業機械の定期点検を農機販売者に依頼し実施すること。農機販売者は本ガイドラインを参考にした定期点検の内容を使用者に説明する。

2) B.D.F.を使用する前の注意事項

B.D.F.の利用を開始する場合、燃料タンクや燃料配管に付着している錆や固形物等の不純物が、B.D.F.の主成分である FAME の洗浄性により、溶解され燃料フィルターの早期詰まりが発生する恐れがある。このため、B.D.F.を使い始める前には、燃料タンクの洗浄を行うことを推奨する。洗浄を行わない場合は、燃料フィルターの早期交換が必要となる。

3) B.D.F.の保管に関する取り扱い注意事項

B.D.F.は空気中の水分を吸収しやすい性質があり、FAMEの加水分解やバクテリアの発生の恐れがある。また長期保管による酸化により、品質劣化を招く。品質が劣化した B.D.F.を使用すると、燃料フィルターの詰まりや機関の性能低下及び腐食などの問題が発生する。これらの B.D.F.の品質劣化を防止するため、以下の保管時の取り扱いに注意する。

- ア 保管期間は製造後 1 ヶ月以内を目安とし、それまでに消費する。
- イ 保管時はできるだけ空気との接触を避け、寒暖の差による結露を防止し、B.D.F.の容器は直射日光の当たらない屋内などで保管する。
- ウ 農業機械での作業終了後は、補給を行い燃料タンクは満タンに保つ。
- エ 農業機械を 1 ヶ月以上保管する場合、燃料タンク内を軽油に入れ替えてしばらくエンジンを稼働させる等で、燃料装置から B.D.F.を完全に抜き取る。
- オ 1 ヶ月を超える保管の場合には、酸化防止剤を使用する。この場合でも 6 ヶ月以内で消費することが望ましい。

4) 定期点検項目と部品の交換サイクル

不具合の発生を未然に防止するために、必要な点検項目と部品の交換サイクルは、以下の内容で実施する。

ア 燃料キャップ、燃料こし器

アワメータ表示時間に関係なく、1年を目安に交換

(交換内容) 樹脂製燃料キャップ、パッキン、樹脂製燃料こし器

イ 燃料配管

アワメータ表示時間に関係なく、6ヶ月を目安に交換

(交換内容) ゴム製燃料配管、配管継ぎ手部のOリングやゴム製パッキン

ウ 燃料フィルター

B.D.F.の使用開始後100時間までは、50時間毎を目安に交換。その後は100時間毎を目安に交換。(アワメータ表示時間)

エ エンジンオイル

- ・取扱説明書記載の交換サイクルの1/2を目安に交換。
- ・取扱説明書記載の交換サイクルを超えて使用しないこと。」

5. ディーゼル発電機及びバーナーへの B.D.F.の利用

1) 発電機への利用

B.D.F.のディーゼル発電機(写真80参照)への利用は規制がかからないので、B.D.F.100%で利用されて大変喜ばれている。現状は“光の祭典”等のイルミネーションに対する電力供給への利用がほとんどであるが、育苗工程、乾燥調製工程、搾油工程、B.D.F.製造工程等電力を要する場面は多いので、今後はディーゼル発電機へのB.D.F.の利用が増えると考えられる。

2) バーナーへの利用

乾燥機バーナーのノズルを替えて灯油の代わりに B.D.F.を直接燃焼させている。蒸気ボイラーにも同様に利用されている。

ハウスの暖房用に利用されている事例もある。

6. ストレートベジタブルオイル (SVO) の農業機械利用技術 (参考)

東北農業研究センター(澁谷幸憲 寒冷地バイオマス研究チーム主任研究員)は未変換菜種油(略称SVO:ストレートベジタブルオイル)のコンバイン燃料利用技術の開発を研究中である。これは、軽油と同程度の動粘度にするためにエンジン始動時にはヒーターで70℃位に加温する(作業中は冷却水の温度が70℃まで上がるとヒーターとグロープラグを切る)こと、噴射ノズルの交換、2タンク装備の燃料切り替え方式としてシーズン開始・終了時の等の軽油運転も可とすること等のコンバインエンジン部の改造を行っている。燃料化する菜種油としては、乾燥調製

工程における精選別時に発生する残渣中に含まれる破砕粒や未熟粒等の低品質種子を原料にして圧搾精製した菜種油を使うことを考えている。このような原料菜種油がどのような燃料性状を有していて、どのような性状であればSVOとして適当であるか等を明らかにしていくとしている。なお、このようなエンジン改造用部品はヨーロッパで市販されているということである。

この他、金子美登氏（霧里農場、「金子さんちの有機自給農園—SVO自給」、日本農業新聞 2009年10月3日より）は廃食用油を直接トラクタ等の燃料に使用する技術を実際に行っている。このため、廃食用油を先ず遠心分離機で12時間処理してゴミ等を除去し、遠心分離部品を清掃後、更に12時間処理して、完全に廃食用油を清浄化する。その上で、ラジエーターを熱源にしてSVOの温度を90℃に上げる、という技術である。

これらSVOの農業機械利用はどこまで安全性・安定性を持ち得るものか、今後の問題点の多い技術であるが、B.D.F.を補完する技術になり得るかもしれない。当ガイドラインとしても注視して行くことにする。

Ⅶ B.D.F.農業機械利用産地モデル

菜種の生産から B.D.F.の農業機械利用に至る地域循環システムは多岐に渡る大きな組織になるので、幾つかのサブシステムが分担することになるが、これらのサブシステムの統括的役割を何処が誰が果たすのかが大変重要である。このような観点から平成20～21年度の調査では以下の5類型（初期モデルを除く）を挙げる事ができた。初期モデルに該当する地域を含めて、B.D.F.農業機械利用産地モデルの確立に取り組もうとする地域においては、これらを参考にしてそれぞれの地域に合った方法を選択してもらいたい。

1. 平成20～21年度に得られた“菜種 B.D.F.農業機械利用産地モデル（菜種地域循環システムモデル）”

1) NPO法人・行政一体型モデル（平地環境型モデル）

約30年も前に、行政的にも地域の主要部分を占める湖の環境保全の必要に迫られて（湖の環境はそれを取り巻く陸地—水田—の環境によって保全される）、菜の花プロジェクトの端緒を持ち、歴史に裏付けされたNPO法人・行政一体型（総合型）モデル（平地環境型モデル）である。唯一、地域自体の努力で循環のための全ての構成要素を設置して、管理・運営している。しかし、ここでも未だ菜種収穫後の選別工程の省力化や B.D.F.の品質向上に改善する点があると見られる。

2) 行政主導型モデル（島内環境型モデル）

8年程前に「島内菜の花エコプロジェクト推進会議」が設立され、その後、島内2か所に B.D.F.製造施設が設置されて、廃食用油回収行政システムも構築された。以後、菜種収穫用汎用コンバインの導入から、菜種・ひまわり等搾油施設も整備された。このように、システムがハード・ソフト共に極めて良く整備されたのは、行政の強い意志の賜であるのは間違いないが、行政をそのように動かした人の役割が大変重要である。その基本となる考え方は、島を取り巻く海の環境は陸地—島—の環境によって保全されるということであり、今では全島公園化をキャッチフレーズにした全島の取り組みが行われるに至っている。2008年度菜種栽植面積55haに達し、廃食用油分別回収100%の達成が目標になっている。しかし、B.D.F.の利用量の大幅拡大が必要であり、そのためには漁船等漁業への用途拡大を目指す考えであるが、そこには免税軽油という高い壁が立ちはだかっているのが実情である。

3) NPO法人主導型モデル（中山間地域振興型モデル）

8年程前に“菜種資源循環型社会”の構築を目指し、翌年にはNPO法人として発足した比較的歴史のあるモデルである。地方文化の保存をも視野に入れて地域の存続・活性化のための手段として、前記1)のモデルの教示を受けて菜の花プロジェクト関連の事業を立ち上げ、独特のリーダーシップの下に発展を遂げてきたモデ

ルである。NPO法人が主導しているが、勿論、行政とも積極的に結びついて種々の支援を仰いでいる。ただし、搾油については菜種種子の一括購入と引き替えに種子会社の搾油所に外部委託しており、菜種油は買い戻してNPO法人で販売している。

4) 農業生産法人主導型モデル（平地油粕利用堆肥生産型モデル）

NPO法人、行政（市）やボランティア団体等との連携・協力・支援を受けつつ必要な機械・装置・施設を農業生産法人（有限会社）内に置いて、農業生産法人がシステムの管理・運営を主導的に行っているモデルである。ここでも最初に前記1)のモデルの教示を得ている。搾油システムを市の拠出金で導入・整備したばかりの比較的歴史の新しいものであるが、搾油から出る副産物を活用して良質堆肥を製造し、これで“土作り”をして有機的栽培と農産物（主として米）の販売を行うことにより十分成り立つとする、ユニークな考え方を持つリーダーが主導している。ただし、B.D.F.製造工程は外部のプラントへ委託しており、製造されたB.D.F.を購入して農業生産用（トラクタ燃料）としている。

5) ビジネス（企業）型モデル（大規模畑地型モデル）

平成19年度農林水産省「バイオマス利活用交付金」制度でかなり規模の大きい菜種受け入れ・乾燥調製・保管施設、搾油施設、B.D.F.製造施設等を整備して稼働2年目の株式会社経営モデルである。会社経営ではあるが、地域協議会が設置されて、菜種生産については農家（農業協同組合等）の、菜種油の消費及び廃食油の回収については事業所（飲食店、工場等）、家庭（町内会、学校等のグループ単位）、生活協同組合、旅館協同組合等の協力・支援を受けている。我が国でも大規模化すれば企業（会社）として成り立つのかどうか、成否が注目される。

6) 初期モデル

当該地域に既存の廃食用油回収・B.D.F.製造の組織を核にして、菜種生産と地域循環システムの構築に取り組み始めた地域である。搾油工程は外部委託としてシステムを楽にしている。B.D.F.製造工程についても、“推進協議会”の中に入る製造所等に委託することもある。とにかく、まずは菜種生産技術の確立を当面の目標としている。次には、菜種油の販売、更には搾油工程の所有を検討する進め方となるようである。地域循環システムに初めて取り組む地域にとって良い参考事例になると思われる。システムの構築を主導する役割を行政サイドが担う事例が多いが、有機農業に賛同する方達の集まりが主導している事例も見られる。

何れにしても地域循環システムへの取り組みが発足（地域循環システムが誕生）したばかりであり、システムの担い手の育成を初めとして、多面的で十分な支援・協力が求められている。

2. B.D.F.農業機械利用産地モデルの管理・運営手法

B.D.F.農業機械利用産地モデル（地域循環システム）は膨大な組織になるため、システム構成要素に分割して複数のサブシステムが分担する管理・運営方法が採用されている。サブシステムはNPO法人が当たる例が多いが、搾油やB.D.F.の製造を外部委託する例や、廃食用油の回収工程に多く見られる行政的支援による場合もある。

これらサブシステム中の中心的システムが全体を統括する例があるが、地域協議会を設けてサブシステム間の円滑な連携を図る事例が多い。何れにしても、システム全体の管理・運営手法は大変重要であるが、システムの発展段階に応じて種々様々である。具体的な管理・運営手法については平成20～21年度に多少の調査結果を積み上げたが、今後更に調査を加えて明らかにしていくこととする。

~ 図・写真集 ~

菜の花プロジェクトの循環過程－栽培～収穫－

菜種栽培(9月下旬～10月初旬)



- 栽培時
 - 基肥: 10アール当り
 - ・苦土石灰 100kg ・BM有機 35kg
 - ・PK化成 2号 20kg (発酵鶏糞300kg)
 - 畝立て: 麦と同様
 - 播種: 500g～700g/10a
散粒機または動力散布機を利用
- 追肥
 - 12月と3月に硫安を散布(生育状況に応じて開花期にも散布)



基肥散布



畝立て、排水対策は十分にします



耕運作業

図1 菜種の栽培から収穫まで(1)(あいうエコプラザ菜の花館)

9月下旬から10月中旬に種をまきます。10日ほどすると芽が出ます。

12月中旬は田んぼ一面に花を見られます

3月下旬頃つぼみができます

菜種の栽培から収穫まで

4月上旬から6月上旬に菜の花が咲き、美しい風景が見られます

4月上旬から6月上旬に菜の花が咲き、美しい風景が見られます

花が散ると収穫になります

9月下旬から10月中旬に種をまきます。10日ほどすると芽が出ます。

8月中旬頃から茎刈機で収穫していきます

花が散ると収穫になります

図2 菜種の栽培から収穫まで(2)(あいうエコプラザ菜の花館)

搾油用菜の花 栽培ごよみ(一例)

作成 / 洲本市役所農政課

指導 / 南淡路農業改良普及センター・JA淡路日の出五色支店

月別	旬別	生育過程	作業管理	詳細・備考													
9月	上	}	元肥施用 額縁明渠	堆肥は早期施用が望ましい 水はけが悪い圃場は、額縁明渠を施工すると良い													
	中		耕うん(碎土は十分に) 畝立て(谷差し)	雑草が繁茂しないよう 畝(谷)間隔は3.5~5m、排水対策は特に重要となる													
	下																
10月	上	}	播種(手回し散粒機使用)	ばら撒きで1kg / 10a。ばら撒きにより雑草抑制 覆土は蒂で掃く程度に薄く(水田ハロー等使用) 播種前後の天候に注意(播種後に少雨が望ましい)													
	中		覆土直後に除草剤散布	雑草に負けないように													
	下																
11月	上 中 下	茎葉伸長期	○施肥例(10aあたり) <table border="1" style="display: inline-table; margin: 10px;"> <tr> <td rowspan="3">元肥</td> <td>完熟堆肥</td> <td>2~3t</td> </tr> <tr> <td>くみあい化成48号</td> <td>50kg</td> </tr> <tr> <td>苦土石灰</td> <td>100kg</td> </tr> <tr> <td>追肥1</td> <td>硫安</td> <td>10kg</td> </tr> <tr> <td>追肥2</td> <td>硫安</td> <td>10kg</td> </tr> </table> ○除草剤散布(10aあたり) トレファノサイド乳剤 200~300mlを100Lの水で希釈し、散布機で散布		元肥	完熟堆肥	2~3t	くみあい化成48号	50kg	苦土石灰	100kg	追肥1	硫安	10kg	追肥2	硫安	10kg
元肥	完熟堆肥		2~3t														
	くみあい化成48号	50kg															
	苦土石灰	100kg															
追肥1	硫安	10kg															
追肥2	硫安	10kg															
12月	上 中 下	越冬期	随時、降雨に備え排水溝を確保する(湿害対策は重要)														
1月	上 中 下																
2月	上 中 下		追肥1(必要に応じて)	葉や茎に当たらないように施用する													
3月	上 中 下	茎立ち 抽苔期	追肥2(必要に応じて)	葉や茎に当たらないように施用する													
4月		開花期 成熟期															
5月			排水確認	水稲作付水田からの浸水に注意(収穫遅延に繋がる)													
6月	上	収穫期	} 収穫適期・乾燥調製 (梅雨入りまでが望ましい)	コンバインでの収穫の場合、ほとんどの莢が水分を失い、 一部の莢が少し弾けるくらい成熟すれば収穫適期 収穫物はコンバインから排出後、速やかに乾燥調製													
	中																
	下																



図3 洲本市菜の花
エコプロジェクト

発行日 平成21年3月

発行者 洲本市役所農林水産部農政課



図4 施肥・溝掘り・耕耘・播種作業工程（あいとうエコプラザ菜の花館）
（1）ブロードキャスターによる基肥散布とエクステンション付きプラウ式溝掘機



図4 施肥・溝掘り・耕耘・播種作業工程（あいとうエコプラザ菜の花館）
（2）ロータリ耕耘と畦畔ホース式動力散布機による播種

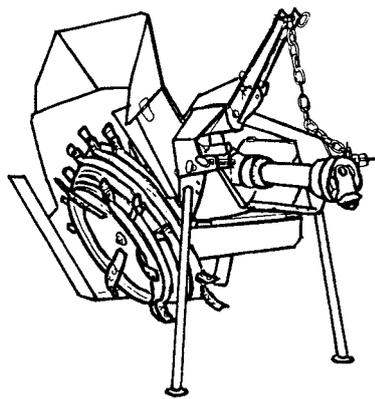


図5 ロータリディッチャー



写真1 培土板付きロータリ
（耕耘爪付き）
（あいとうエコプラザ菜の花館）



写真2 培土板付きロータリ（農
家所有、中央以外はロー
タリ爪除去）
（あいとうエコプラザ菜の花館）



写真3 菜種栽培圃場（下中野
菜種生産組合の圃場・・・
31戸、転作を含め水田
60ha位、転作：麦10
Haと菜種16.3ha・・・
3分割してローテーション）、10月4日播種（キザ
キノナタネ、ナナシキブ）、
40m×75m、動噴（ホ
ース）往復播き（それでも
中央畝が端よりも薄い）、溝
間の幅：汎用コンバイン1
往復分幅



写真4 菜種を作付ける転換畑の
培土板付きロータリによ
る耕耘・溝掘り状態
（NPO法人INE OASA）



写真5 試作開発中のロータリ菜
種播種機
（あいとうエコプラザ菜の花館）

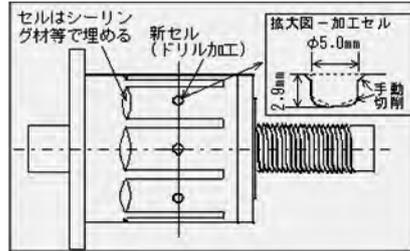
耕うん・施肥・播種・明渠作溝
 — 小明渠浅耕播種機 (水田輪作東海サブチーム開発) —

5



水田跡のナタネ播種
 作業 (試作: 播種深
 さ制御装置)

麦跡の変わら
 散布圃場での
 ヒマワリ播種
 作業 (市販の
 播種ロールが
 使用できる)



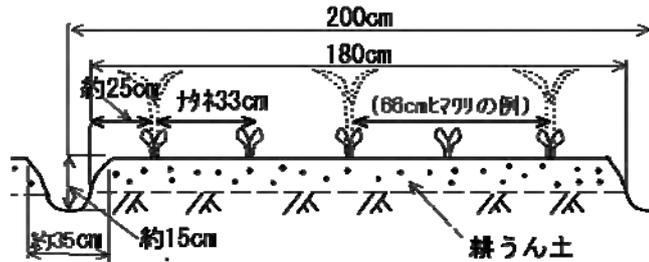
ナタネ用横溝式播種ロールの改造



図 6 菜種播種作業の方法 (中央農業研究センターバイオマス資源循環研究センター)

高精度播種方法

6



小明渠の形状

小明渠浅耕播種機による播種床形状

幅30cm以上、深
 さ10~15cmの小
 明渠を確保し、明
 渠側の播種条を安
 定化させる。

- 苗立ち本数—ナタネ: 70~100本/m² (条間33cm)、ヒマワリ: 7本/m² (条間66cm・株間25~30cm)
- ナタネの播種粒数—400~500g/10a
- 適正播種深さ—ナタネ: 20mm±10mm、ヒマワリ: 30mm±10mm
- 作業速度: 0.5m/s~1.0m/s

- 散播の場合:
- ・ 播種量—条播 (400~500g/10a) の50%以上増し
 - ・ 播種法—手動・動力の散粒機を使用する。
 - ・ 播種後、深さ2~3cmの耕うん攪拌が望ましい。

図 7 菜種の高精度播種方法 (中央農業研究センターバイオマス資源循環研究センター)

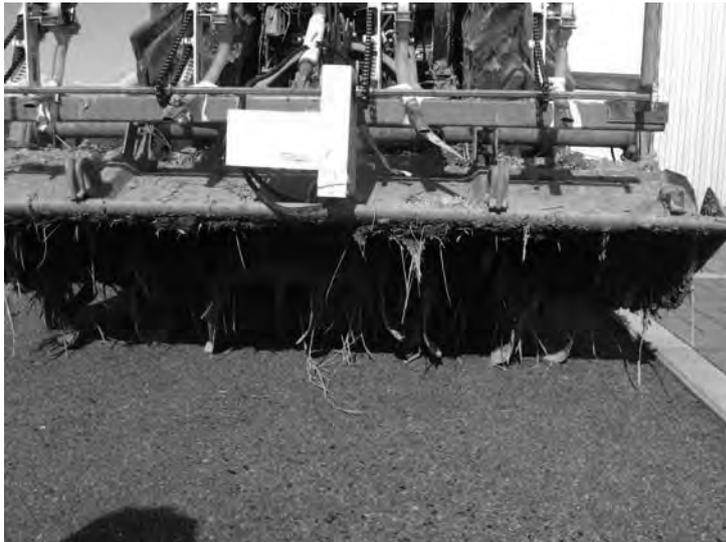


写真6 2山成形用爪配列ロータリ（2山の4側面に散播する形になっている）
（あいとうエコプラザ菜の花館）



写真7 台風による大雨後の農家
2山成形式播種圃場
（あいとうエコプラザ菜の花館）



写真8 菜種の出芽状況（土塊が粗いがこの方が良いので、強いて粗い土塊になるようにしているとのこと）
（あいとうエコプラザ菜の花館）

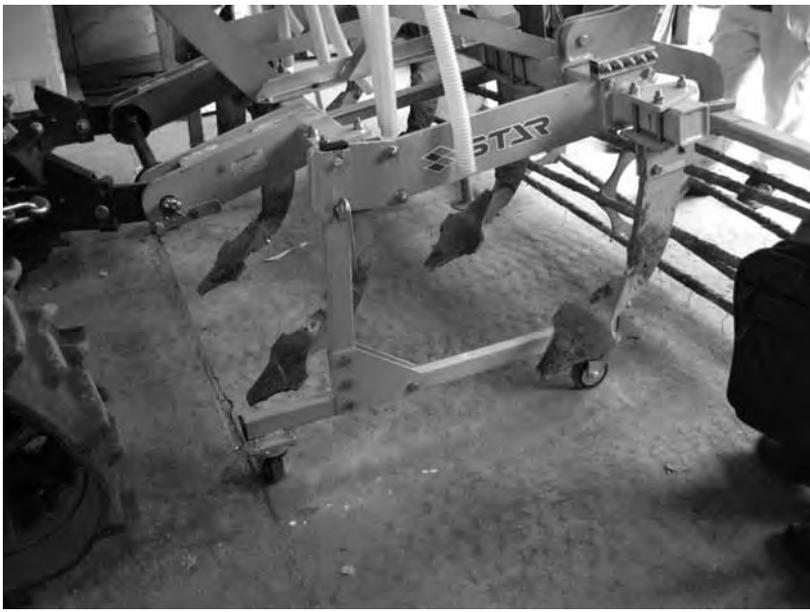


写真9 チゼルプラウシーダ
(ソイルクランブラ)
(東北農業研究センター)



写真10 かごローラ付きスタブルカルチ
(北海道十勝の農家にて)



写真11 パーティカルハロー・
かごロータリ
(北海道十勝の農家にて)



写真12 パーティカルハロー・かごロータリ作業後の畑圃場・・・菜種が均一に発芽している→もう少し置いてからロータリ耕耘して菜種を絶やして他作物の播種をする（除草剤を使わないように努めている）
（北海道十勝の農家）



写真13 プランター（点播機）・・・溝切りディスク・施肥管・覆土ディスク＋鎮圧輪＋傾斜目皿式播種機・覆土爪＋鎮圧輪
（北海道十勝の農家）



写真14 平成21年10月1日
9月ロータリ耕耘後
落ちこぼれ種の再生
状況
（宇都宮市菜の花プロジェクト）



写真15 水田ハローによる覆土作業（宇都宮市菜の花プロジェクト）

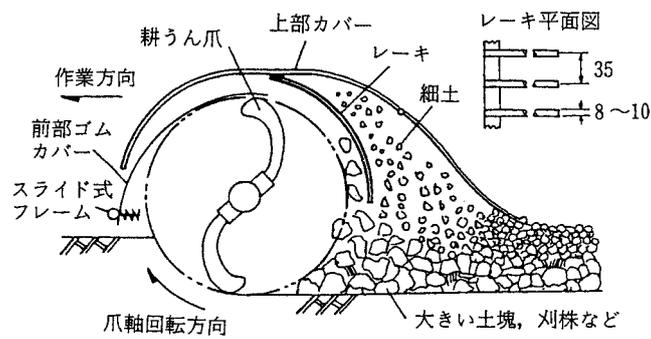


図8 レーキ付きアップカッターロータリの構造と作用



写真16 MT245トラクタ（前装式施肥機及びロータリ装着）
（熊本県山都町有機農業協議会）



写真17 乗用管理機搭載ブーム
スプレーヤによる播
種・覆土後の除草剤散
布作業
(宇都宮市菜の花プロ
ジェクト)



写真18 収穫時菜種「キザキノ
ナタネ」の立ち姿
(東北農業研究センター)



写真19 汎用コンバインによる菜種の収穫
(宇都宮市菜の花プロジェクト)



写真20 菜種収穫時に
 数回起きた汎
 用コンバイン
 扱ぎ室内での
 詰まり(宇都宮
 市菜の花プロ
 ジェクト、平成
 21年6月2
 5～26日、8
 0a、実収量2
 44kg/10a)

収穫-1 (生研センター・梅
 田)

10

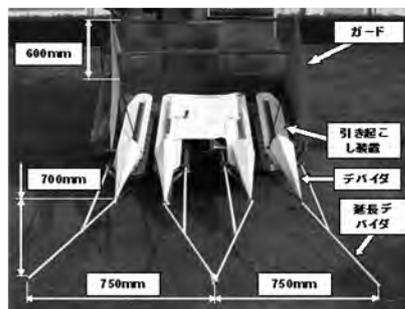
・大豆用コンバインの利用例



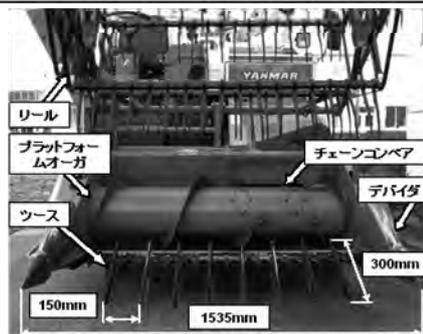
図9 大豆用コンバインの稼働

- ・ナタネは麦用仕様とし、選別ファン風速を調整する。
- ・ヒマワリは大豆仕様とし刈り取り部ヘッドを交換し、ファン風速を調整する。

ヒマワリの収穫では、倒伏程度や種子部(花托)の高さが一定であるかどうかヘッドロスに大きく影響するので、栽培の均一性が重要である。



引き起こし型ヘッド部(ヒマワリ収穫)



楕円ヘッド部(ナタネ収穫)

図9 大豆用コンバインの利用例
 (中央農業総合研究センターバイオマス資源循環研究チーム)

原料の生産（なたね栽培）



初期育成期



開花期



収穫適期



収穫なたね排出風景



コンバイン収穫風景

図10 菜種専用大型普通コンバインによる菜種の収穫等（株式会社エコERC）



写真21 クラス・コンバインによる菜種収穫作業（350PS、刈り幅5.4m、両サイドカッター装備、フロントテーブル90cmまで前出し可能、刈高さ自動追従式、機体自動水平制御式）
（株式会社エコERC）

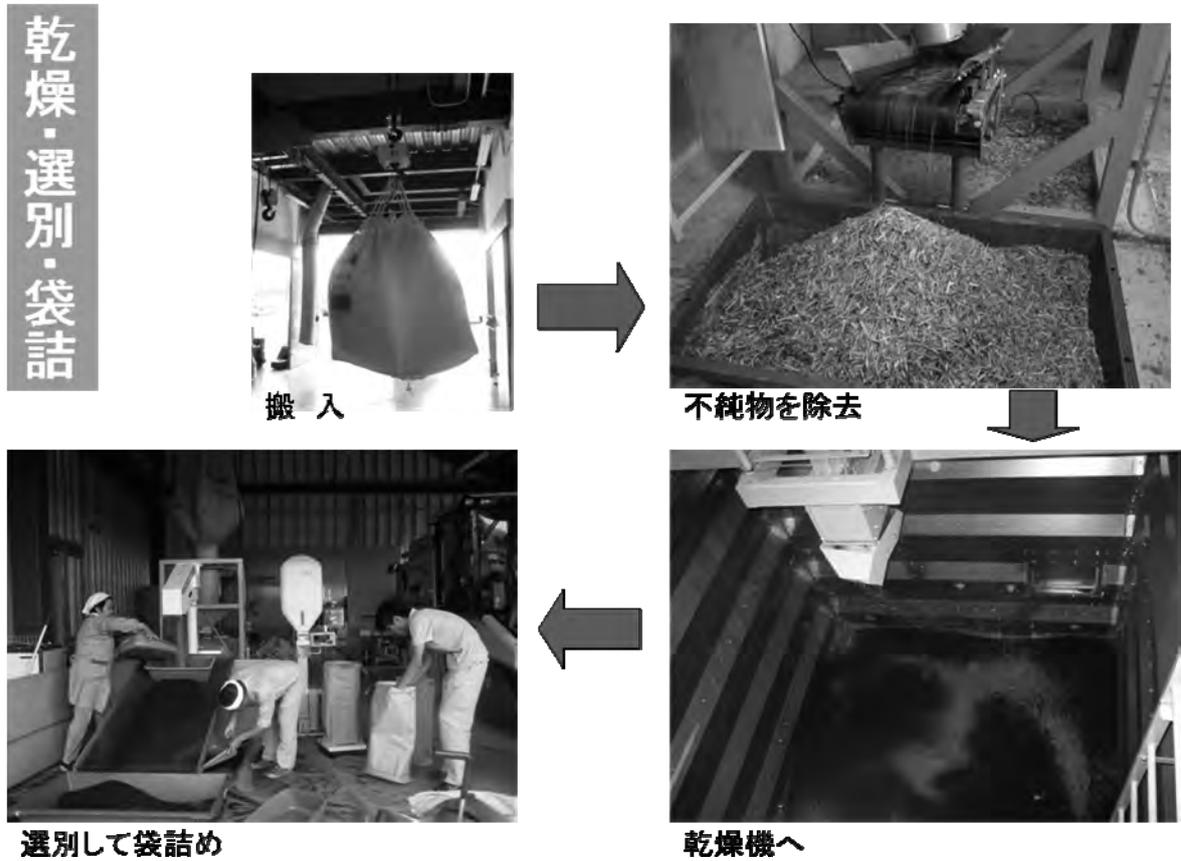


図11 収穫物搬入・粗選別・乾燥・精選別・袋詰め（あいとうエコプラザ菜の花館）

粗選別

莢や茎，葉の除去
ナタネの粒径1.7~2mm



土砂用の篩（改造）



円筒式米選機

乾燥

水分8%位に乾燥させる
循環乾燥機
排塵ファンを停止
熱風路への種子滞留に注意



K社製横掛8層方式
ナタネの乾燥に使用



I社製乾燥機
熱風路に種子が滞留した状態

図12 粗選別及び乾燥工程（中央農業総合研究センターバイオマス資源循環研究チーム）



写真 2 2 コンバイン収穫物
(東北農業研究センター)



写真 2 3 万石式糶摺機（糶摺り
ロールの間隙を開けて素
通りさせる）の菜種粗選
別機への活用方法
(有限会社角田健土農場)



写真 2 4 米麦用円筒式選別機
(あいとうエコプラザ
菜の花館)

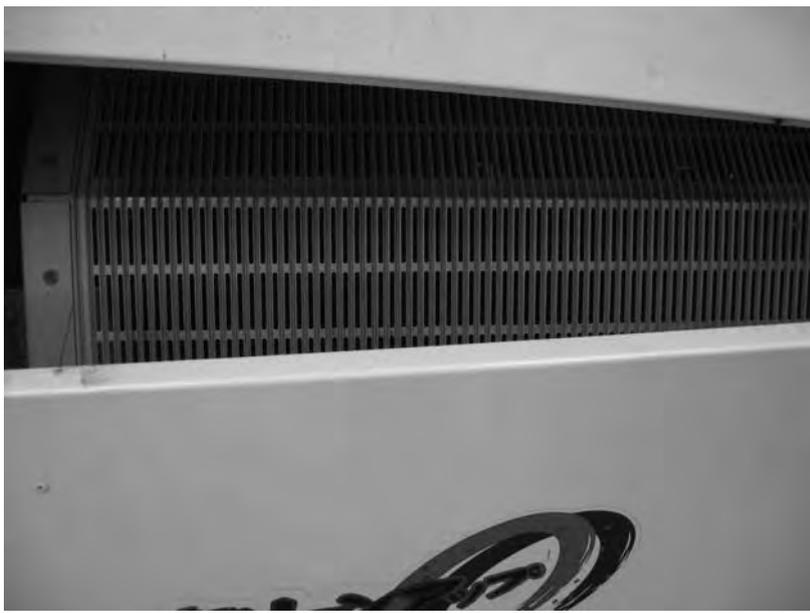


写真25 粗選別機の回転式網
 (縦目2mm幅スリット)
 (あわじ菜の花エコプロジェクト)



写真26 砂篩機(マゼラー産業機械、0.2kW)を改良した菜種用粗選別機(東北農業研究センター)
 (大きい異物は手前に排出、網を通過した菜種は機体下部に落下する→漏斗状に集めて落としベルトコンベアーで受けて乾燥機等へ運ぶ)



写真27 砂篩機の主要な改良部
 (目の細かい金網—1穴7in、3mm位一の張り付け)
 (東北農業研究センター)



写真 2 8 粗選別後の菜種（乾燥機張り込み）
（東北農業研究センター）



写真 2 9 循環式（横掛け 8 層式）
乾燥機
（有限会社角田健土農場）



写真 3 0 遠赤汎用乾燥機（4 基）
（たきかわ農業協同組合
菜種蕎麦乾燥調製施設、
平成 2 0 年度補助事業）



写真3 1 静置式乾燥用コンテナ
ーの搬送方法
(あわじ菜の花エコプロ
ジェクト)



写真3 2 2段積み12連式静置
型乾燥機 (奥の右側に
除湿機があつて、奥の
中央にその空気の常温
送風機がある)
(あわじ菜の花エコプロ
ジェクト)



写真3 3 (左から) コンテナ荷
受けホッパー、粗選別
機、精選別機
(あわじ菜の花エコプロ
ジェクト)



写真34 精選別機（粉用選別機）
（あわじ菜の花エコプロ
ジェクト）



写真35 原料菜種（精選別後：
選別精度が多少劣る）
（あわじ菜の花エコプロ
ジェクト）



写真36 粉摺機を活用した菜種
精選別機（粉摺り装置・
ファン部分を取り外して
7層揺動式選別部を利用
する）
（有限会社角田健土農場）



写真 3 7 大豆用ベルト式選別機
（山本大豆選別機 Y B
S-101）による菜
種精選別技術
（東北農業研究センター）



写真 3 8 試作開発された菜種用
シュート延長アタッ
チメント
（東北農業研究センター）

供試ベルト選別機の原理

模式図

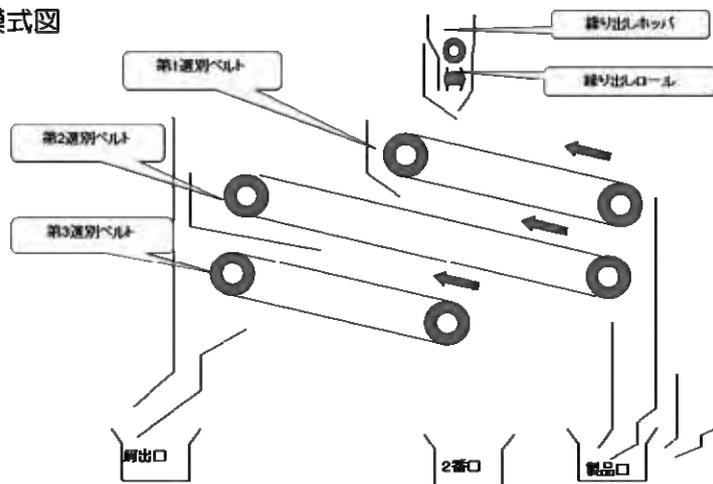


図 1 3 大豆用ベルト式選別機の
原理
（東北農業研究センター）



写真 3 9 精選された菜種（製品口）
（東北農業研究センター）

選別事例：粗選別残さからの回収

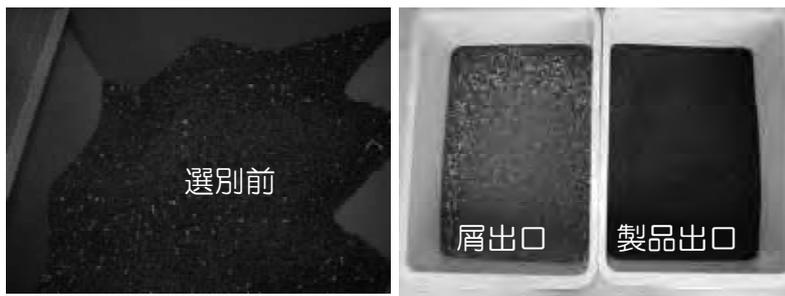


写真 4 0 粗選別残さからの回収例（東北農業研究センター）



写真 4 1 Oliver 精選機による精選別状況
（一番奥）屑
（中央）戻し部分
（手前 3 分の 1）精選部
（たきかわ農業協同組合 菜種蕎麦乾燥調製施設）



写真4 2 麻袋詰め（50kg）
作業状況
（たきかわ農業協同組
合菜種蕎麦乾燥調製施
設）



写真4 3 農家別貯留コンテナ
（株式会社エコERC）

圧搾

ケージプレス方式



(S社製, K3-4000型)

長所：摩擦熱が小さく，圧搾後の油への夾雑物の混入が少ない

短所：回分式なので生産効率は低い

エキスペラー方式



(H社製, H-54型 処理能力70~100kg/時)

長所：連続式なので生産効率が
高い

短所：摩擦熱が大きく，圧搾後の油への夾雑物の混入が多い

12

図14 圧搾法 (中央農業総合研究センターバイオマス資源循環研究チーム)

コールドプレスマシーン



種子を加熱しなくても，効率よく圧搾できるエキスペラー

水分7~8%の種子を圧搾。圧搾ケーキの厚みが1.5~2.0mmとなるように圧力調整（フレッシュコーンの開度）

14

図15 コールドプレスマシーン
(中央農業総合研究センターバイオマス資源循環研究チーム)



写真 4 4 焙煎機
(有限会社角田健土農場)



写真 4 5 菜種搾油機(あいとうエコ
プラザ菜の花館)

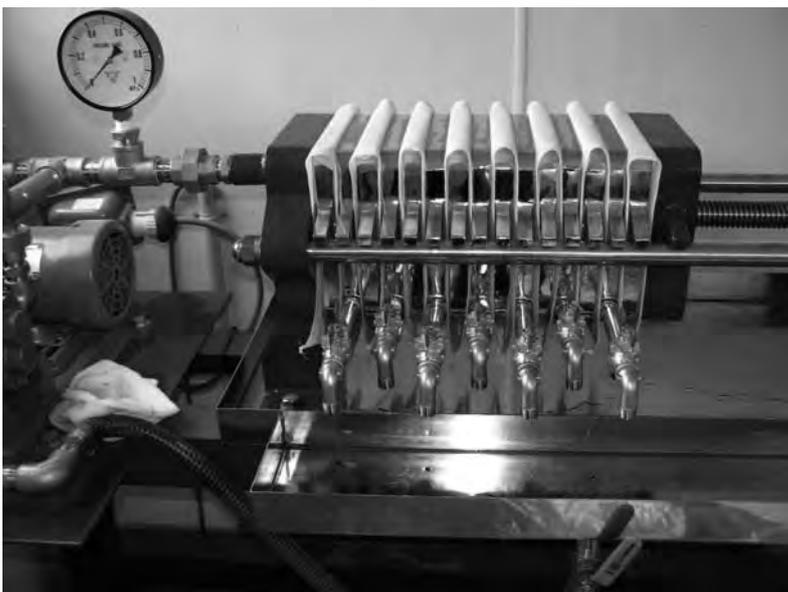
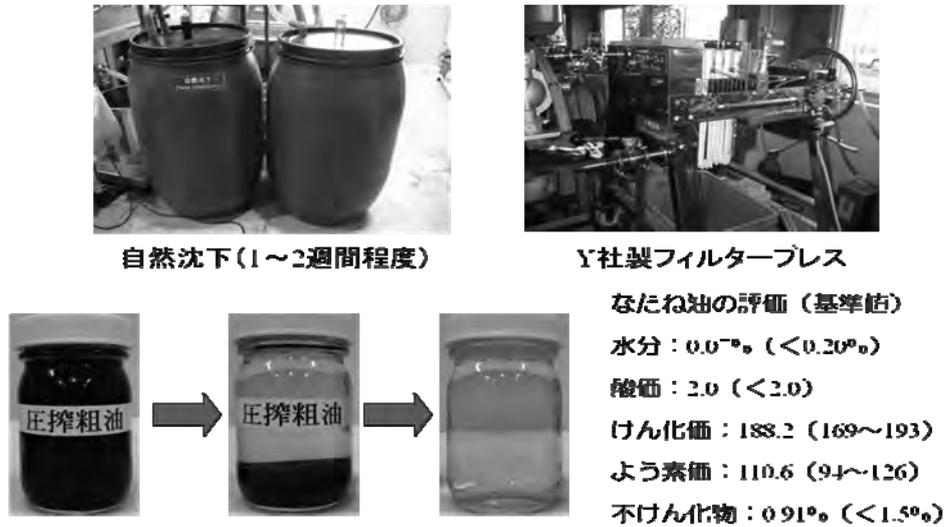


写真 4 6 フィルタープレス
(有限会社角田健土農場)

精製・・・ろ過



15

図16 沈殿・濾過による精製

(中央農業総合研究センターバイオマス資源循環研究チーム)

備考) 酸価: 油脂(トリグリセライド) 1g中に存在する遊離脂肪酸(熱分解などで増加する)を中和する水酸化カリウム(KOH)量をmgで表わしたもので、値が大きいほど劣化が大きい。

ヨウ素価: トリグリセライドを構成する不飽和脂肪酸の二重結合総数に比例する指標である。大きいほど不飽和脂肪酸の含有量が多い。

けん化: アルカリで油脂をグリセリンと石鹸とに分解すること。けん化価は、油脂 1gを完全にけん化するのに要する水酸化カリウム量をmgで表わしたもの。以上、基準油脂分析試験法(日本油化学会編)による。

(富樫辰志: 後掲文献より引用)



写真 4 7 焙煎機
(あわじ菜の花エコ
プロジェクト)



写真 4 8 搾油機 (→濾過)
(あわじ菜の花エコ
プロジェクト)



写真 4 9 濾紙
(左) 使用前
(右) 使用后
(あわじ菜の花エコ
プロジェクト)

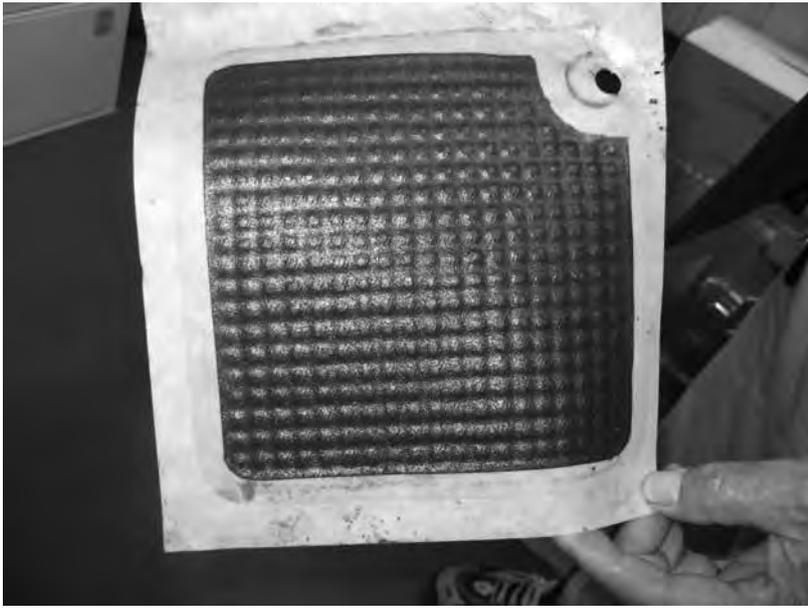


写真50 濾紙の汚れ
(あわじ菜の花エコ
プロジェクト)

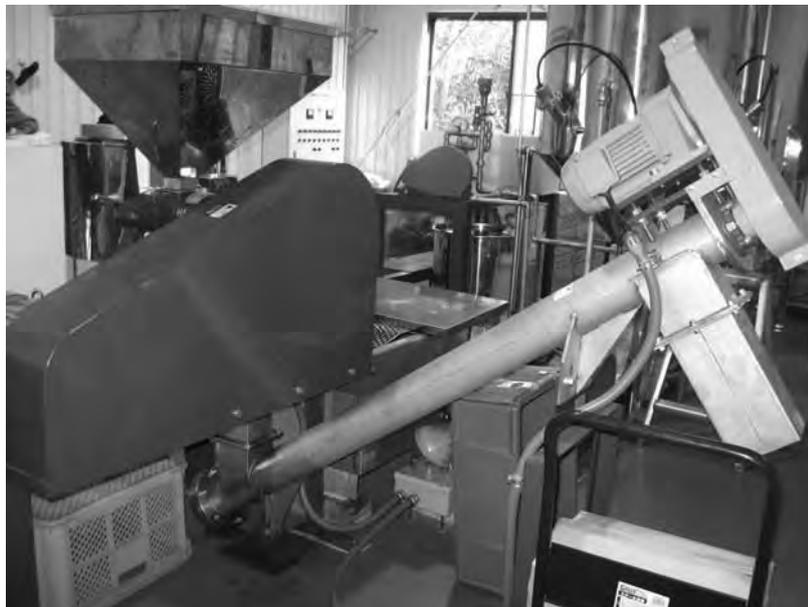


写真51 搾り粕搬送機
(あわじ菜の花エコ
プロジェクト)



写真52 フィルタープレス
(あわじ菜の花エコ
プロジェクト)



写真53 (手前) 湯洗いタンク
(奥) 製品タンク
(あわじ菜の花エコ
プロジェクト)



写真54 瓶詰め室内の菜種油製
品
(あわじ菜の花エコ
プロジェクト)



写真55 純淡路島産なたね油
“菜の花の恵み”
1, 200円/0.9L
830g
780円/0.5L
460g
500円/0.2L
180g
(あわじ菜の花エコ
プロジェクト)



写真56 (右)なたね油
(左)ひまわり油(これから市販化検討)
(あわじ菜の花エコプロジェクト)



写真57 乾燥・調製・搾油・瓶詰めまでこの人一人で管理(B.D.F.製造工程は別の人一人で管理)
(あわじ菜の花エコプロジェクト)

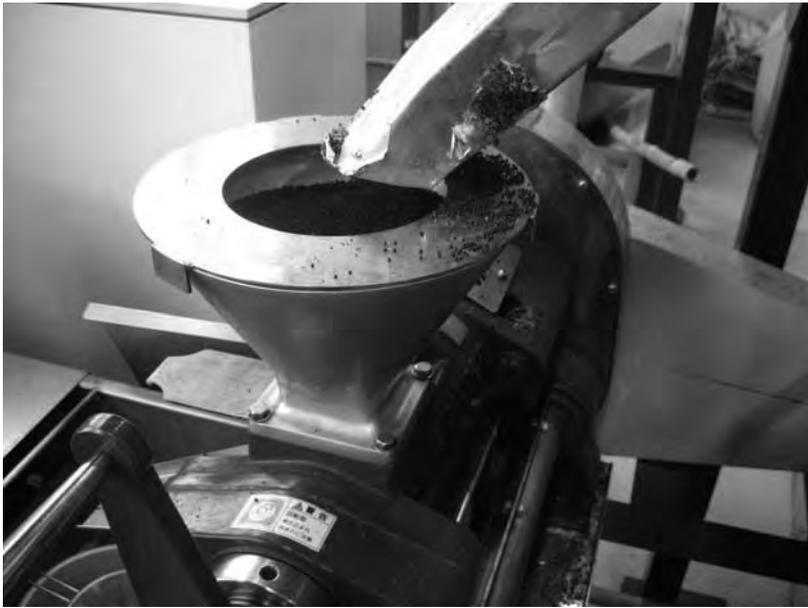


写真 5 8 稼働中の搾油機
（あいとうエコプラザ
菜の花館）



写真 5 9 搾り粕（油分が残っ
ているように見受けられ
る）
（あいとうエコプラザ
菜の花館）

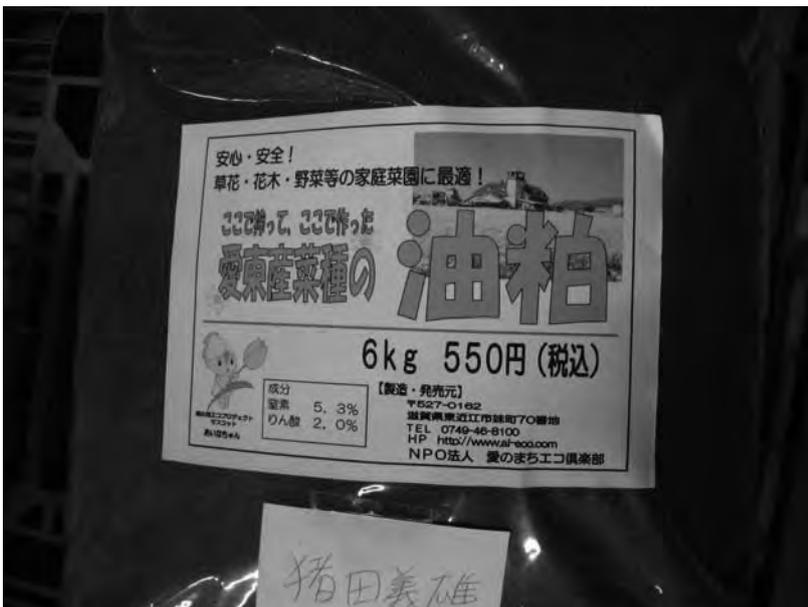


写真 6 0 愛東産菜種の油粕（成
分：窒素 5.3%、りん
酸 2.0%）6kg 550
円（税込）



写真6 1 NPO法人かくだ菜の花プロジェクト製油工房
(不要になったプレハブをもらい受けて新品同様に作り直した)
(搾油システム：前年度調査写真参照)
(有限会社角田健土農場)



写真6 2 菜種搾り粕(手で握ると粉状に崩れる)
(有限会社角田健土農場)



写真6 3 菜種油製品室
(有限会社角田健土農場)



写真6 4 製品室内（長靴に履き替えて入った搾油室から更にスリッパに履き替えて製品室に入る）
（有限会社角田健土農場）



写真6 5 油容器（角の丸いものを使用する）
（有限会社角田健土農場）



写真6 6 地油の調理場（加熱処理鍋等）
（有限会社角田健土農場）

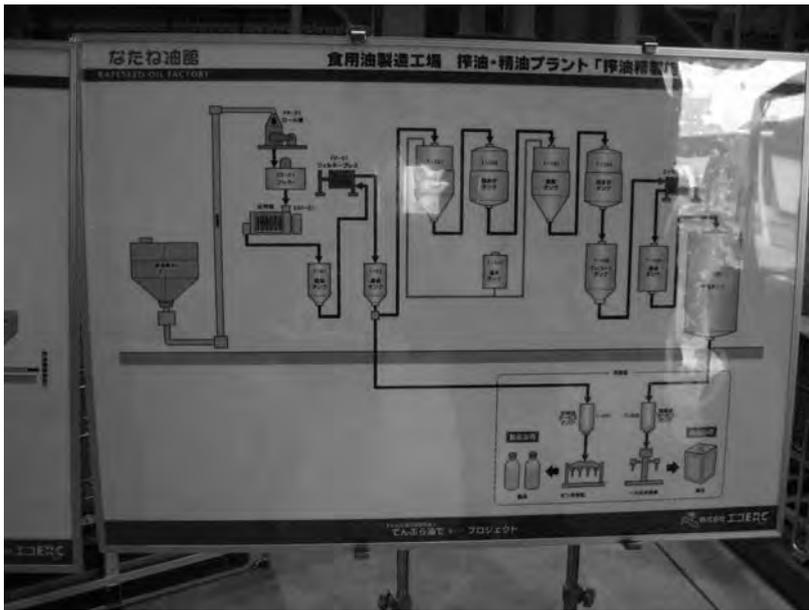


写真67 搾油・精油プラント
「搾油精製施設」
フロー図
(株式会社エコ ERC)

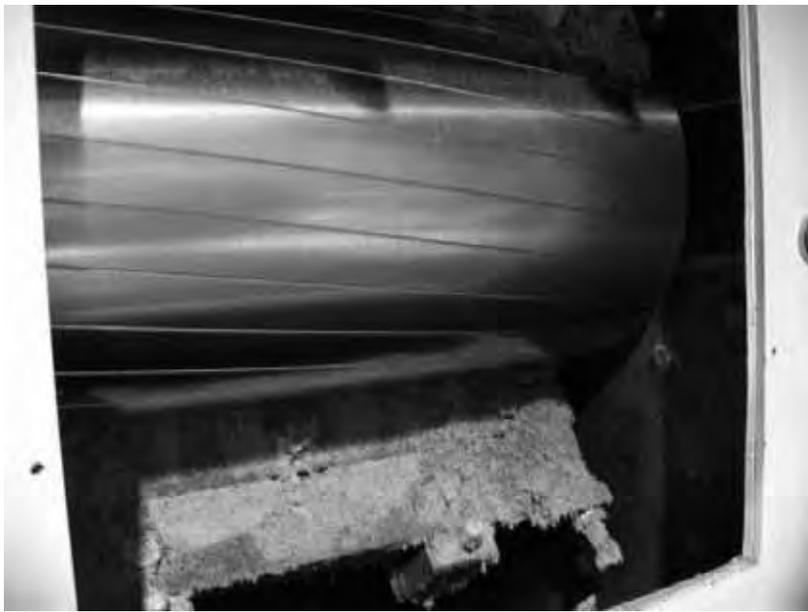


写真68 ロール機
(株式会社エコ ERC)



写真69 クッカー
(株式会社エコ ERC)



写真 7 0 榨油機（エキスペラー式）
（株式会社エコ ERC）



写真 7 1 脱ガム装置
（株式会社エコ ERC）



写真 7 2 瓶詰め機
（株式会社エコ ERC）



菜種搾油かすの ペレット製造および散布

供試機概要



- 米糠用の市販機
- 成形方式: 押し出し先端カット方式
- 主軸回転数(rpm)
92(50Hz), 110(60Hz)
- 処理能力(kg/hr)
生糠換算240~270
- 内蔵モータ:
3.7kw三相200V

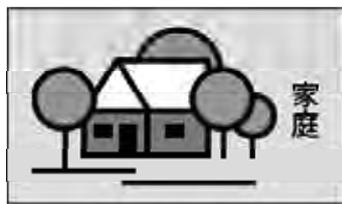
ペレットの製造: 成形条件別物性

「キラリボシ」搾油残さは、粉碎して加水混合して水分調製することで、市販のペレット成形機を利用してペレット化できる。

ディスク 穴径mm	切断刃 ピッチ	能率 kg/h	ペレット外径 (mm)	ペレット長 (mm)	長短比	かさ密度	減容率 %
φ4.0	120°	331	3.8±0.1	10.2±1.0	2.66	0.58	93.9
	90°	295	3.8±0.1	9.1±1.3	2.39	0.60	92.0
	72°	375	3.9±0.1	6.4±1.0	1.64	0.59	93.3
φ5.0	120°	369	4.8±0.1	11.5±1.6	2.39	0.61	89.5
	90°	283	4.8±0.1	7.9±1.4	1.65	0.60	90.8
	72°	315	4.9±0.1	5.9±1.1	1.21	0.55	99.7
φ6.0	120°	275	5.9±0.2	11.0±1.9	1.87	0.59	92.2
	90°	296	5.9±0.1	8.7±1.1	1.48	0.61	89.2
	72°	366	5.9±0.1	8.3±1.1	1.42	0.60	90.7

注:水分14.2%のナタネ搾油残さを破碎後、水分29%に調製し、ペレットに成形。
ペレット外径・ペレット長は各30個の平均±標準偏差。
減容率は、粉碎したナタネ搾油残さを基準とした。

図 17 菜種油粕のペレット化と散布方法 (東北農業研究センター)



自治会
集積所
へ

回収その1 自治会回収

「あいとうリサイクルシステム」の仕組み

愛東地区では昭和56年から廃食用油回収を皮切りに、ビンや缶など7品目11種類の資源類を自治会が主導で回収運搬している。



再
資
源
化
の
途
径

図18 家庭からの廃食用油回収方法（その1）（あいとうエコプラザ菜の花館）

回収その2 ガソリンスタンド（市内13ヶ所）



市内のガソリンスタンドに協力をお願いし、回収ボックスを設置している（H17年度～）



図19 家庭からの廃食用油回収方法（その2）（あいとうエコプラザ菜の花館）

回収その3 まちづくり協議会活動

市内14地区に設立され、市民主体のまちづくり活動を展開中。
環境活動の一環として、廃食用油回収の取り組みが増えている

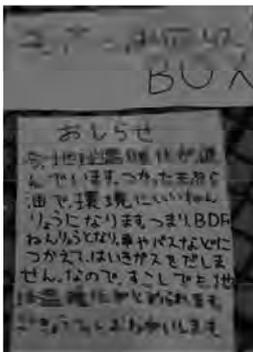
南部地区まちづくり協議会
文化祭に廃食用油の回収を実施。
まつりのメインは廃食用油か
ら作ったろうそくでキャンドル
ナイトを行っている



湖東地区まちづくり協議会
光の祭典「コトナリエ」の発電
燃料として廃食用油回収を実施
。25万球をBDF100%の発
電機で賄う。15万人が来場す
る人気のイベントとなっている

図20 家庭からの廃食用油回収方法（その3）（あいとうエコプラザ菜の花館）

回収その4 学校・地域活動



出前講座を受けた市立市原小学校4年生が、地域の廃食用油回収
に取り組む。回収ボックスを製作し、学校や地域の保護者宅に設
置した



図21 家庭からの廃食用油回収方法（その4）（あいとうエコプラザ菜の花館）



写真 7 3 廃食用油の回収
 (あわじ菜の花エコ
 プロジェクト)



写真 7 4 障害者 5 人ほどが奥の
 槽で廃食用油を分別し
 てポリタンクに集め
 る・・・障害者の自立
 や就労機会の場の創出
 を図る。
 (宇都宮市菜の花
 プロジェクト)



写真 7 5 廃食用油の回収容器
 (熊本県山都町有機農業
 協議会)



写真76 (株)エコERC本社での廃食油回収車(家庭→市内スーパー48か所)(事業系はバキュームカーで回収)
(株)エコERC



写真77 廃食油回収車内の回収廃食油(500ml1本で3ポイント=3円分・・・生協・スーパー等のポイントカード)
(株)エコERC



写真78 回収した廃食油の仕分け作業
(株)エコERC



写真 7 9 廃棄するペットボトル
等と不適格オイル用ドラム缶
(株) エコ ERC



写真 8 0 BDF利用発電機
(ディーゼル、15kW)
(NPO 法人 INE OASA)



写真 8 1 BDF使用の
ゴーカート
(あいとうエコプラザ
菜の花館)



写真82 B.D.F.製造フロー
(原料タンクで水分や細かいごみを沈殿分離→うわずみを反応槽に200L投入→メタノール40L, 触媒3.2kgを加えて約90分加熱攪拌→グリセリン分離→2回水洗浄→脱水)
(あいとうエコプラザ 菜の花館)



写真83 (手前) 廃食用油タンク
(奥右側) 原料タンク
(奥中央) B.D.F.製造装置 (反応槽)
(奥左側) 製品タンク
(あいとうエコプラザ 菜の花館)



写真84 (左手前) 廃食用油タンク
(中央手前) 濾過器
(中央奥) 攪拌器
(奥右側) 原料タンク
(最奥左側) BDF製造装置 (反応槽)
(あいとうエコプラザ 菜の花館)



写真 8 5 (右側から) 廃食油タンク・濾過器・攪拌器・原料タンク・BDF製造装置 (操作パネル)
(あいとうエコプラザ菜の花館)



写真 8 6 BDF製造装置 (攪拌機搭載反応槽) エルフ A 3 - 2 0 0 L S W (攪拌機 : 薬品・洗浄水の 6 0 ° C 加温混合、反応槽 : グリセリン及びアルカリ水の脱水)
(あいとうエコプラザ菜の花館)



写真 8 7 (右側) 第 1 分離槽と廃液口 (グリセリン用ポリタンク)
(中央) 洗浄水と第 2 分離槽 (アルカリ水用ポリタンク)
(左側) 完成油槽
(あいとうエコプラザ菜の花館)



写真 8 8 回収した廃食油の網
こし（廃食油 2 タンク：
沈殿 1 0 日位→ざるこ
し）（→次の布こし）
（NPO 法人 INE OASA）



写真 8 9 濾過布こし→ドラム缶
（NPO 法人 INE OASA）



写真 9 0 廃食油 1 ・ 2 タンク→
ポンプ→（左奥）濾過
布こし→ドラム缶→
（左手前）真空ポンプ
→（左手前の写真外）
遠心分離機
（NPO 法人 INE OASA）



写真 9 1 (手前) 前処理装置=遠心分離機
(奥) 原料タンク
(NPO 法人 INE OASA)



写真 9 2 反応器下部タンク : 1次タンク上澄み液→グリセリン抜き (メタノール・KOH込み) →洗淨水を加えて攪拌混合→2次タンク : 洗淨水抜き、0.5hr 3回→廃液 (白濁水) →攪拌混合タンク : 80℃ヒーター加温・減圧→100℃は上がり蒸気となって蒸発→製品タンク
(NPO 法人 INE OASA)



写真 9 3 反応器上部の攪拌混合タンク (メタノール 18L にKOH1600g を入れて 100L→65℃ヒーター加温しつつ 1.5hr 攪拌)
(NPO 法人 INE OASA)



写真 9 4 遠心分離機中心部品
(中央から吸い込んで
180° 方向一対配置
のノズルから吐出され
る)
(NPO法人 I N E
O A S A)



写真 9 5 分解清掃中の遠心分離
機部品
(NPO法人 I N E
O A S A)



写真 9 6 (左) 下受けキャップの
油汚れ状態
(右) キャップ部品の油
汚れ (一部拭き取
った状態)
(NPO法人 I N E
O A S A)



写真 9 7 バイオディーゼル燃料
精製施設（手前に廃水
処理槽）
（あわじ菜の花エコプロ
ジェクト）



写真 9 8 （右手前）廃食油投入
槽（網濾過）
（奥中央）前処理装置
（遠心分離機）
（中央左）攪拌機
（左奥）反応器
（あわじ菜の花エコプロ
ジェクト）



写真 9 9 攪拌装置（メタノー
ル・KOH）
（あわじ菜の花エコプロ
ジェクト）



写真100 B.D.F.製造装置（エルフA3-100LSW）（廃食油 100L・メタノール 18L・水酸化カリウム 1.3kg）（あわじ菜の花エコプロジェクト）



写真101 後処理装置（遠心分離機）（あわじ菜の花エコプロジェクト）



写真102 製品タンク（この奥に後処理装置）と反応器（あわじ菜の花エコプロジェクト）

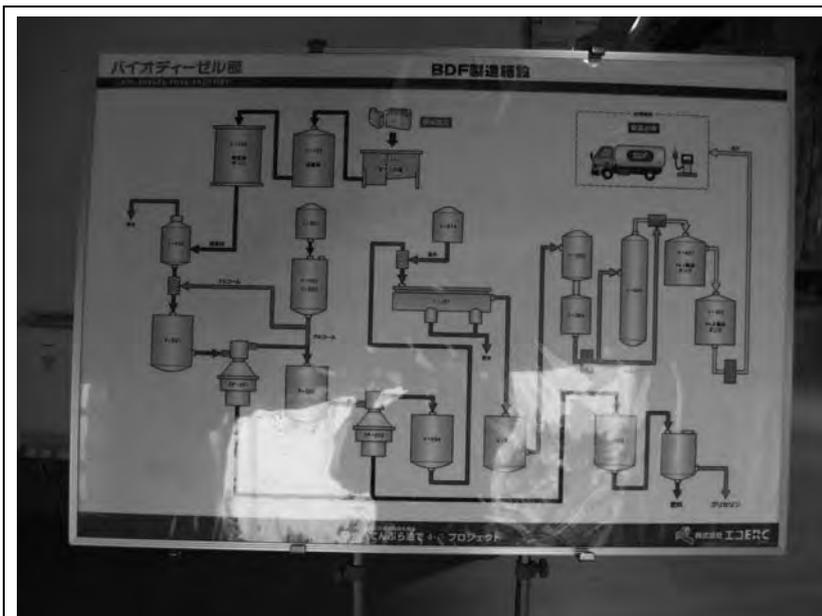


写真103 “バイオディーゼル館”
B.D.F.製造施設
(株式会社エコ ERC)



写真104 (廃食油) 受け入れ
槽 (V-101)
(株式会社エコ ERC)



写真105 (左) 静置槽
(V-102)
(右) 廃食油タンク
(原料タンク)
(V-103)
(株式会社エコ ERC)



写真106 メタノールタンク
(V-202)と
苛性カリ袋
(株式会社エコ ERC)



写真107 一次反応槽
(R-201)
(株式会社エコ ERC)



写真108 R-201から
SP-201(セパ
レータ)を経て二次
反応槽(R-20
2)へ
(株式会社エコ ERC)



写真109 (左) SP-201
からグリセリン混雑
物をV-205へ(R
-202からSP-
202を経てグリセ
リン混雑物もまたV
-205へ)
(右) (SP-202から
V-204を経て) B.
D.F.が温水(V-31
4)と混合された後、V
-301へ(下部より排
水、上澄みB.D.F.はV-
302へ)。

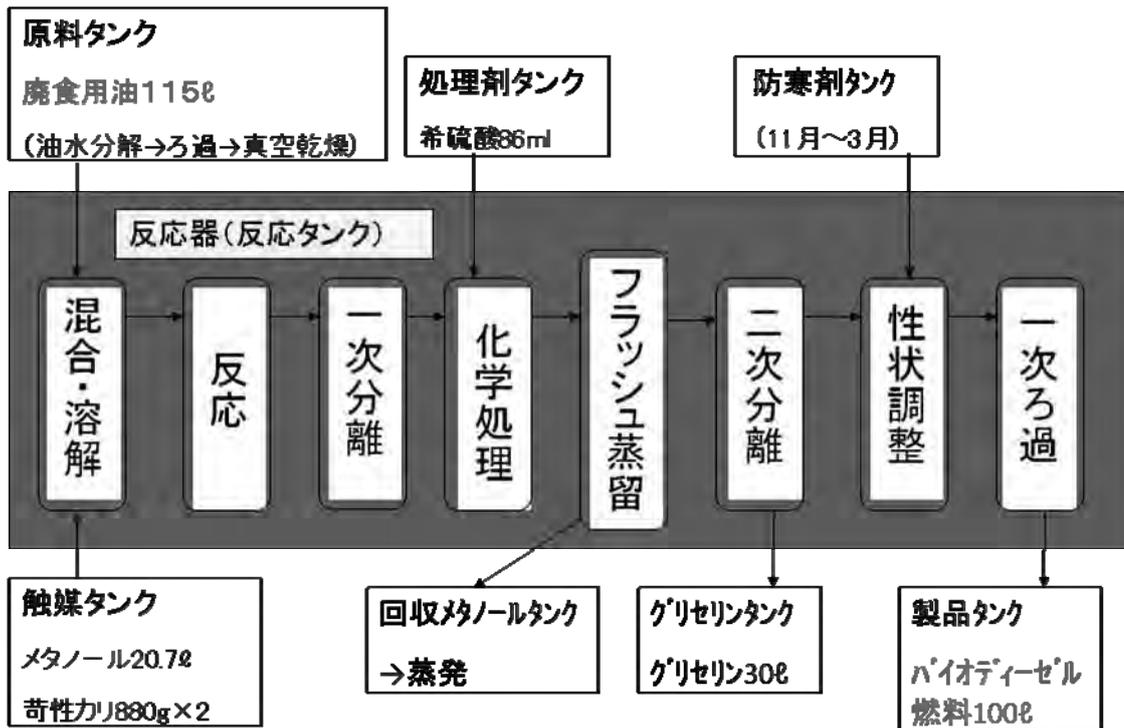


写真110 B.D.F.製造装置
全景
(株式会社エコ ERC)



写真111 B.D.F.製造最終
工程
(右奥) 遠心分離機
(左) 製品タンク
(株式会社エコ ERC)

(3) システムフロー図



(4) 製造能力 1バッチ7時間

図 2 4 乾式アルカリ触媒法による B.D.F.製造工程モデル
(宇都宮市菜の花プロジェクト)



写真 1 1 2 (右から)
原料タンク
運転管理パネル (株式会社ヤマキ アクシス)
反応タンク
コンデンサー
製品タンク (奥にグリセリンタンク)
(宇都宮市菜の花プロジェクト)



写真113 (右から)
触媒溶解タンク
フラッシュ蒸留タンク
反応タンク (←原料タンク・触媒溶解タンク)
運転管理パネル
原料タンク
(宇都宮市菜の花プロジェクト)



写真114 グリセリンタン (←
反応タンクにおける二次分離後)
(奥に) 反応タンク
コンデンサー
(宇都宮市菜の花
プロジェクト)



写真115 コンデンサー
(宇都宮市菜の花
プロジェクト)



写真116 廃メタノール
タンク (→蒸発)
(←フラッシュ
蒸留より)
廃水タンク (冷却
水分離後)
(宇都宮市菜の花
プロジェクト)



写真117 (左から)
運転管理パネル
反応タンク
コンデンサー
触媒溶解タンク
冷却水循環タンク
(宇都宮市菜の花
プロジェクト)



写真118 (下) 反応タンク
(上左) 防寒剤タンク
(11月～3月)
(上右) 処理剤 (希硫酸)
タンク
(宇都宮市菜の花
プロジェクト)

<BDF精製法> 山都地域バイオ燃料協議会 20090401
MAXミニ・メチルエステル法 (苛性カリ使用)

前処理 : 廃食油 50 L 投入後、前回分の粗グリセリンを同時に **8 L 以上** 投入

- 1 **温度 65°C 時間 1時間** 設定後スタート
 - 2 **静置 30分後分離** 状態を確認しグリセリン取り出す
- ※ 油の状態によりグリセリンが少なく出る時があります。
- ※ 次の反応工程でその分は分離されるので大丈夫です。
- 3 **酸化度のチェック (AVチェッカー使用) 触媒量の決定** 酸化度に合わせ増減
酸化値 : 1 の時 500 g 2 の時 600 g 0.5 の時 400 g

反応工程 : (メタノール 10 L に触媒 (苛性カリ) を 0.4~0.7 kg 溶かす) A液

- 1 **温度 70°C 時間 1時間** 設定後スタート **攪拌スピードは LOW**
 - 2 **Δ (アルカリメタノール) 溶液を投入 投入後、攪拌スピードを HIGH**
- ※ 劇物なので皮膚等にかからない様ゴム手袋及び服装に注意
- 3 **攪拌開始後、メタノールレバーを循環へ 水循環ポンプスタート**

分離工程 : 静置状態で **40分以上** **グリセリン取出 5分** (下層部分目視確認)

不純物除去工程 : 吸着剤 (活性炭 300g・白土 700g) フィルターに充填

- 1 **温度 100°C 除去時間 90分以上**、(並行してメタノール回収)
- 2 **メタノールレバーを回収へ**、メタノールの臭いがする場合は **さらに 20分程**
- 3 **ポンプ・フィルターより燃料を取り出しタンクへ移す**

中和工程 : リトマス紙を使い **PH 測定**

- 1 **PH に合わせ中和剤を添加する。(25~80cc)**
- 2 **酸化防止剤 規定量 (50~80g) 投入攪拌 2分**

ろ過工程 : BDF 温度が常温、1μフィルターで **30分濾過**

図 2.5 50L 型乾式アルカリ触媒法による B.D.F.製造精製法の例



写真119 バイオディーゼル燃料
製造装置（操作：ヒー
ターと攪拌のON/O
FFのみ）
（装置上に）廃食用油と
B.D.F.製品
（山都町有機農業協議会）



写真120 粗グリセリン用ドラム
缶の上に苛性カリの計
量器（横にあるビーカ
ーを載せると目盛りが
0に合う）、ドラム缶の
横にメタノール混合用
バケツ
（山都町有機農業協議会）



写真121 （右）活性白土
（左）炭
（山都町有機農業協議会）



写真122 車載型乾式アルカリ触媒法 B.D.F.製造装置
(山田周生氏バイオディーゼルカー)



写真123 グリセリン液の土壌微生物処理装置
(山田周生氏バイオディーゼルカー)

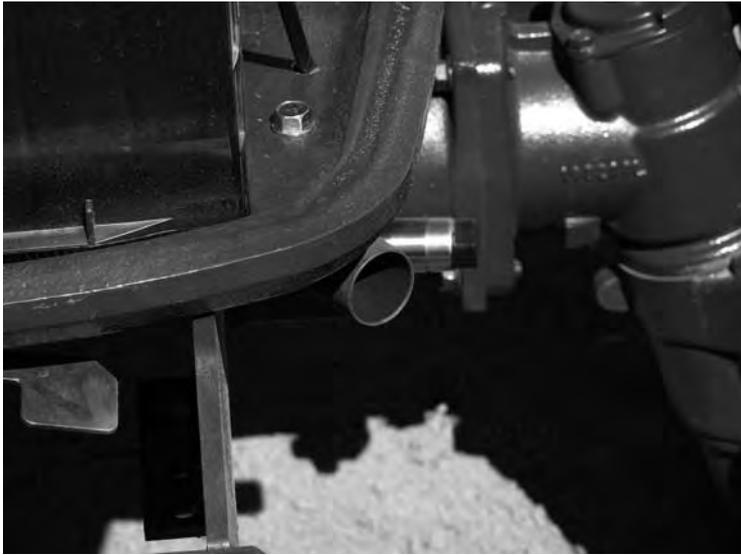


写真124 B.D.F.100使用ト
ラクタの排気管出口
の様子（全くの無
色・無臭）
(NPO 法人 INE OASA)



写真125 B.D.F.配給用（自己
責任による）タンク
ローリー
(NPO 法人 INE OASA)



写真126 B.D.F.給油用
ポリタンク
(あいとうエコプラザ菜の花館)



写真127 B.D.F.製造施設
外部貯留タンク
とその右側に
給油ステーション
(株式会社エコERC)



写真128 B.D.F.屋外タンク
(20tタンク+15t
タンク=計35t)
(株式会社エコERC)



写真129 B.D.F.スタンド
とランドクルーザー
への給油(10万km
走行)
(株式会社エコERC)



写真130 (左) グリセリン容器
→送って下水汚泥の発
酵剤とし、できた堆肥
を菜種畑へ返す。(下水
汚泥にはカリがなく
て、グリセリンにはカ
リがあって重金属が
ない。)

(NPO法人 I N E O A S A)



写真131 廃水処理槽：+塩酸
→2～3日タンクで
分離→下層は酸性の
ためアンモニアで中
性にする→曝気して
バクテリア消化→排
水

(NPO法人 I N E O A S A)



写真132 廃水処理 (廃水→濾
過→ポリ塩化アルミ・
クエン酸→凝固・除去
→排水→曝気処理→下
水へ流す)

(あわじ菜の花エコプロ
ジェクト)



写真133 B.D.F.100使用
バス
(あわじ菜の花エコ
プロジェクト)



写真134 B.D.F.100 使用汎用
コンバイン
(あわじ菜の花エコ
プロジェクト)



写真135 B.D.F.使用トラクタ
(有限会社角田健土農場)



写真136 100% B.D.F.
カー
(ECO Energy
Region
Corporation)
(株式会社エコERC)



写真137 B.D.F.100で
ハウス内のロー
タリ耕作業でエ
ンジン始動:ほと
んど無臭、エン
ジン音良好
(山都町有機農業
協議会)



写真138 2連燃料フィル
ター式改造(上側
のフィルターを新
しく取り付け)
(山都町有機農業
協議会)

**地産地消型バイオディーゼル燃料の
農業機械長期・安定利用技術に関するガイドライン**

-平成 21 年度地産地消型バイオディーゼル燃料農業機械利用産地モデル確立事業-
(団体推進事業)

社団法人日本農業機械化協会

〒104-0033 東京都中央区新川 2-6-16
電話 03-3297-5640 FAX03-3297-5639
<http://www.nitinoki.or.jp/>
