

## 生物育成技術とエネルギー変換技術を融合した 技術科教育の検討

深川和良\*・田中紀行\*\*・浅野陽樹\*\*\*  
龍野巳代\*\*\*\*・池田充\*\*\*\*・櫻井和則\*\*\*\*

(2011年10月25日 受理)

## Study of technology education combined with energy conversion and nurturing living things

FUKAGAWA Kazuyoshi, TANAKA Noriyuki, ASANO Yoki,  
RYUNO Miyo, IKEDA Mituru and SAKURAI Kazunori

### 要約

平成24年度より完全移行となる新指導要領において中学校技術・家庭科の技術分野では生物育成技術が必修化される。授業時間数に変更はないことから、必修領域が増えることは実質の授業時間削減を意味する。このようなことから充実した技術科教育を実施するためにも従来よりも効率的、効果的なカリキュラムが求められている。加えて、生物育成技術は教員側に専門性や経験が要求されることはもちろんだが、さらに気候など様々な環境の影響をうけるため、教材・教具の選定は大きな課題となっている。

本研究は、温暖な鹿児島におけるひまわりの育成に着目し、ひまわり育成、ひまわり油を原料とするバイオディーゼル燃料そしてディーゼル機関を教材・教具とした生物育成とエネルギー変換技術を複合化させた技術教育の検討をおこなった。

キーワード：技術科教育、生物育成技術、エネルギー変換技術、バイオディーゼル燃料、ひまわり

---

\* 鹿児島大学教育学部 准教授

\*\* 鹿児島県立南種子中学校 教諭

\*\*\* 鹿児島大学教育学部 講師

\*\*\*\* 鹿児島大学教育学部 技術専門職員

## 1. 緒言

技術立国として名を馳せてきた我が国における若年層の科学離れ、技術離れが叫ばれて久しい。世界的に見ると、科学技術力の向上はもちろん、創造力、思考力、そして生きる力を育成するため、初等教育から継続的な技術教育に取り組む傾向にある。近年では環境教育も技術教育の一環として扱われており、今や技術教育の多様な効果は世界共通の認識として存在し得るものである。このような背景の中、中学校の指導要領にて技術・家庭科では生物育成技術が必修となった。しかしながら、生物育成は自然環境に左右されやすく、教材・教具の選定も難しい。また、授業時間数の増加はないため、実質分野ごとに割当てられる時間は減少していると見てよい。このため、効率のかつ効果的なカリキュラムが求められている。

本研究では、鹿児島県の暖かい気候に着目し、ひまわりの種子を原料とするバイオディーゼル燃料を扱った。日本ではひまわりは夏に開花する植物としての印象が強いが、条件さえ整えばある程度気温が低くとも開花する。これは、鹿児島県のような暖地であればある程度季節にとらわれず教材・教具として扱えることを示唆している。そこでひまわりの種子を原料とするバイオディーゼル燃料を教材・教具とすれば、栽培により得られた種子を搾油し燃料として使用できることを体験的に生徒が学べ、生物育成技術とエネルギー変換技術そして環境教育に結びつけることが可能であり、技術科の授業として効果的、効率的なものとなり得る。今回は、1学期および2学期におけるカリキュラムを想定し播種時期を春季と晩夏としたひまわりの育成実験とバイオディーゼル燃料の評価試験をおこない、教材・教具としての可能性を探った。なお、実験に際しては、学校現場での応用も念頭に置き、可能な限り簡便な装置や器具を用いた。

## 2. ひまわりについて

ひまわりは非常に大きくなる作物で、大きなものは背丈が6m、茎の直径が9cm程度まで育つものもある。茎の頂端には巨大な頭花を着け、その直径は30cm以上の品種もある。頭花は花冠の外方を形作る40から80個の黄色の舌状花と花冠内を形成する管状花とからなる。舌状花は不稔であり、管状花は1個の雌蕊と5本の雄蕊を有し、雄蕊先熟で雌蕊の柱頭が熟す前に葯が成熟して花粉が葯筒に落ちる。したがって他花受粉が普通であり、その受粉は昆虫によって影響されやすい<sup>1)</sup>。

油糧作物としての栽培は1800年代中頃にロシアの農民たちによって始まり、1900年代初頭にて同じくロシアにて科学的な育種が開始された。1970年頃に子実中の油脂含有量の多いハイブリッド品種が米国で開発され収量が向上した。世界の植物油生産量でみると、パーム油、大豆油、菜種油に続く生産量であり、近年は1千万トンを超える程度の生産量となっている<sup>2)3)4)</sup>。日本には1800年代後半に渡来したとされているが、観賞用や飼料用としての栽培であった。国内で油糧作物として研究されたのは1970年代からである<sup>3)5)</sup>。日本におけるひまわり油の消費量は少ないが、オレイン酸比率の高いことから、健康志向の高い消費者に好まれている。従来種のひまわ

り油の脂肪酸組成は子実の成熟期間中の気温に影響を受け、気温が高い方がオレイン酸比率が高くなる。すなわち生育時期により得られる油の組成が変わることになる<sup>2)5)</sup>。このことから鹿児島で栽培をおこなえば比較的オレイン酸比率の高い種子を秋季以降の栽培で得られる可能性もある。本稿では、教材・教具化の検討のために秋季におけるひまわり育成を中心に扱い、脂肪酸組成については別報で報告したい。

### 3. 材料および実験方法

#### 3. 1 ひまわりの生育と子実品質

① 供試品種：緑肥用ひまわり、春りんぞう

② 試験区

以下の3ヶ所にて実施した。

a：鹿児島大学教育学部郡元キャンパス栽培実習地

12m<sup>2</sup>を2区用意し、それぞれに緑肥用ひまわりおよび春りんぞうを栽培した。

b：鹿児島大学教育学部郡元キャンパス実習用花壇

6m<sup>2</sup>を用意し、春りんぞうを栽培した。

c：鹿児島大学教育学部寺山自然教育研究施設

約50m<sup>2</sup>を用意し、緑肥用ひまわりおよび春りんぞうを栽培した。

③ 耕種

a：鹿児島大学郡元キャンパス教育学部栽培実習地

5月24日に緑肥用ひまわり、8月16日に緑肥用ひまわりと春りんぞうを畝幅100cm、条間50cm、株間25cmで播種した。施肥等については、化成肥料(N:P:K = 5:8:8)を720g、消石灰720gそして堆肥24kgを施用した。

b：鹿児島大学教育学部郡元キャンパス実習用花壇

9月16日に緑肥用ひまわりおよび春りんぞうを散播した。施肥等は栽培実習地と同条件であり、化成肥料360g、消石灰360gそして堆肥12kgを施用した。

c：鹿児島大学教育学部寺山自然教育研究施設

6月3日に緑肥用ひまわり、9月17日に緑肥用ひまわりと春りんぞうを栽培実習地と同じく畝幅100cm、条間50cm、株間25cmで播種した。施肥等に関しては、化成肥料(N:P:K = 16:16:16)を3000g、消石灰を3000g、堆肥を100kg施用した。

④ 調査方法

生育調査および子実収量、油脂含有量を評価した。

#### 3. 2 バイオディーゼル燃料

搾油は圧搾法にておこない、圧搾機として油圧シリンダー(15t)による手動式を用いた。工程は①自然乾燥②脱殻③破砕④蒸熱⑤圧搾である。ディーゼルエンジンの燃料として考えた場

合、動植物油などは粘度が高いので適切な処理をしなければ機関運転に支障が生じる。そのため、油脂に含まれるグリセリンをメタノールで置き換えるエステル交換をおこなう。このバイオディーゼル燃料の精製は、アルカリ触媒法を用いた。今回はひまわり油から得られたバイオディーゼル燃料を評価するため、市販されている食用油を使用したもの(廃油)を原料としたバイオディーゼル燃料、そして軽油を用意した。さらに軽油にひまわり油を原料とするバイオディーゼル燃料を5%混合した燃料も加えた。なお、本研究では収量の関係で郡元キャンパスで収穫された緑肥用ひまわりの種子のみをひまわり油の原料とした。以降、バイオディーゼル燃料100%のサンプルをRB100、軽油にバイオディーゼル燃料を5%混合させたものをRB5、そして廃油から得られたバイオディーゼル燃料をVTOと表記する。バイオディーゼル燃料は燃料系統で用いられているゴムやシール材を膨潤させたり、すでに軽油で使用されているエンジンでは、堆積物の剥離を伴うことから目詰まりを引き起こす場合がある。このようなことから米国では軽油と混合して用いることを推奨している<sup>9)</sup>。日本ではJIS規格(JIS K 2390)に適合しているバイオディーゼル燃料の混合率が5%以下であれば自動車用燃料の軽油として使用できる。

#### ① 粘度試験

レッドウッド式粘度計を用いて30℃および50℃における動粘度を測定し、換算により40℃における動粘度を求めた。

#### ② 性能試験

供試機関には単気筒直接噴射式空冷4サイクルディーゼル機関(ヤンマーL40、内径×外形=64×55mm、排気量0.199cc、定格出力2.8kW/1800rpm)を用い、正味熱効率、正味燃料消費率を算出した。また、検知管およびスモークメーター(DSM-10N:パンザイ)を用い排ガス特性も調べた。ガスの採取はマフラーを通す前におこなっている。性能試験においては渦電流式動力計(東京プラントE-10E)を用い、測定時の負荷は連続定格出力を100%とし、0%、25%、75%、そして100%とした。

## 4. 実験結果

### 4.1 ひまわりの生育と子実品質

生育調査の結果を図1、図2および表1に示す。図1は、播種時期と草丈の関係を日長時間と併せて示し、図2は開花までの積算温度、そして表1に育成記録を示している。草丈、花径、風乾重、そして千粒重を比較すると8月播種が最も大きく、次いで5月播種、9月播種の順位なる。品種間による差は明確でなかった。1頭花当り完熟粒数と子実重も同様の傾向であったが、9月播種では品種間の差が大きくあらわれ、子実重にいたっては2倍の差があらわれた。開花までの積算温度は、8月播種、5月播種、9月播種の順位に高く、品種間では、春りんぞうの方が低い結果となった。開花までの日数は、8月播種がもっとも短く、次いで9月播種、5月播種の順であるが、9月播種と5月播種に明確な有意差は本実験では示されなかった。また、品種間では春

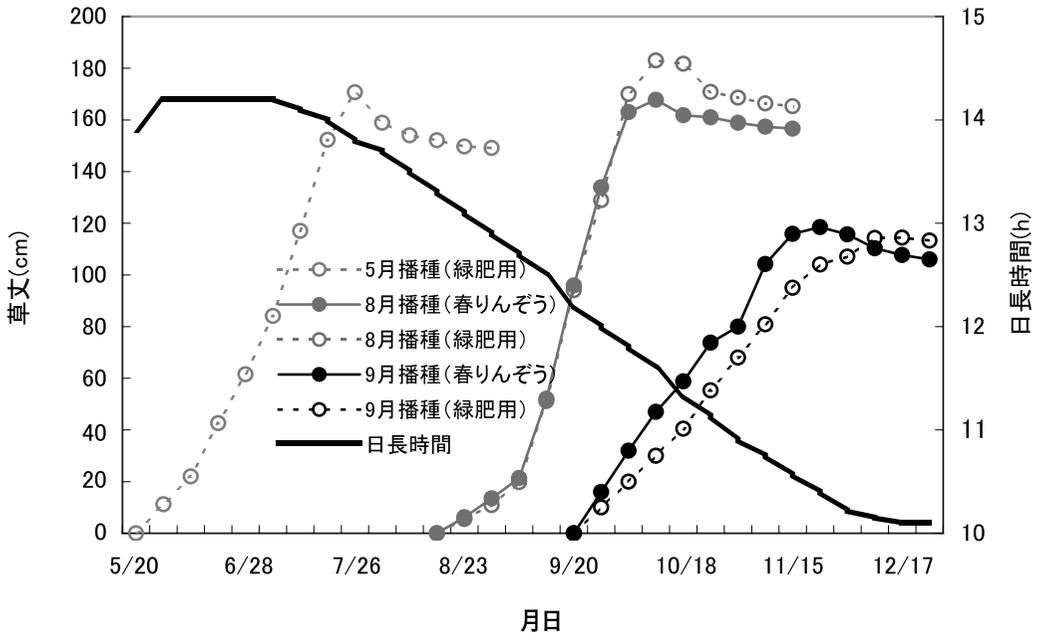


図1 播種時期が生育に及ぼす影響

表1 播種時期別生育量と収量

サンプル	播種日	発芽日数	到花日数	花径 (cm)	風乾重 (g)	1頭花当り 完熟粒数	千粒重 (g)	子実重 (g/m <sup>2</sup> )
緑肥用 (5月播種)	5月20日	7	64	12.8	90.4	735	61.1	316.8
緑肥用 (8月播種)	8月16日	11	58	15.1	163.4	835	71.9	212.8
春りんごう (8月播種)	8月16日	11	48	12.8	113.8	590	62.7	196.8
緑肥用 (9月播種)	9月16日	26	63	7.8	17.4	182	33.3	25.8
春りんごう (9月播種)	9月16日	26	59	9.7	18.1	228	37.6	51.6

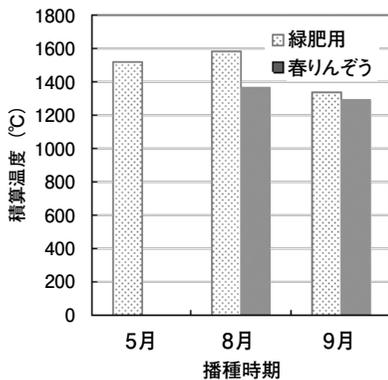


図2 開花までの積算温度



図3 開花の様子 (2010/11/30撮影)



図4 積雪の様子 (2010/12/31撮影)

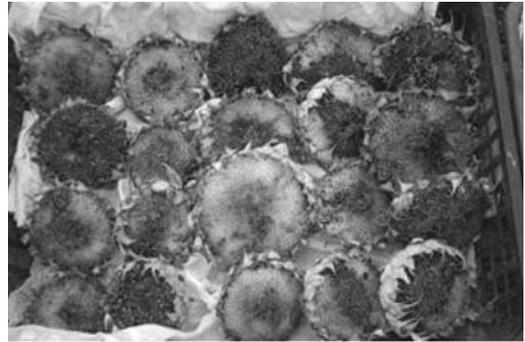


図5 鳥害 (寺山自然教育研究施設)

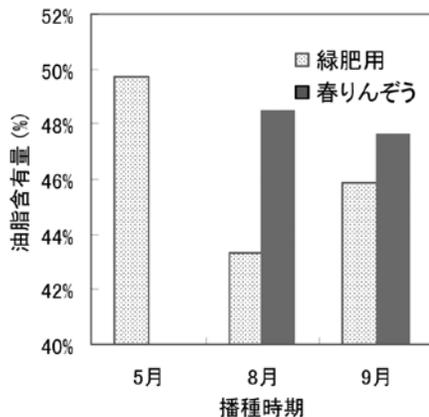


図6 油脂含有量

りんぞうの方が早い開花が見られた。以上のような傾向であったが、今回の実験では、12月から1月にかけての大雪による積雪のため(図4)、試験区のみまわりが挫折倒伏してしまった。なお、寺山自然教育研究施設では6月播種は鳥害により(図5)、9月播種は郡元地区同様、大雪により子実のほとんどが失われた。

図6に油脂含有量を示す。5月播種の緑肥用ひまわりが最も多く、緑肥用ひまわりでは、5月播種、9月播種、8月播種の順で含有量が多かった。春りんぞうひまわりでは8月播種、9月播種の順であるが、その差はわずかである。

#### 4. 2 性能試験

表2に動粘度、図7に正味熱効率、図8に正味燃料消費率、図9～図12に排気ガス中の成分を示している。

動粘度の測定はVTO、RB100に対しては30℃と50℃でおこない、軽油に対しては30℃のみおこなった。これらからは軽油 < VTO < RB100の順に大きくなっていることがわかった。

正味熱効率は負荷の増加とともに大きくなっているが、正味燃料消費率は逆の傾向を示している。燃料間においては、正味熱効率について明確な差は見受けられなかったが、正味燃焼消費率は軽油が最も低く、バイオディーゼル燃料の方が消費量が多い結果となっ

表2 動粘度 (mm<sup>2</sup>/s)

	30℃	40℃	50℃
軽油	2.7	—	—
BDF (廃油)	5.0	3.9	3.1
BDF (緑肥用ひまわり)	8.0	6.0	4.6

BDF：バイオディーゼル燃料

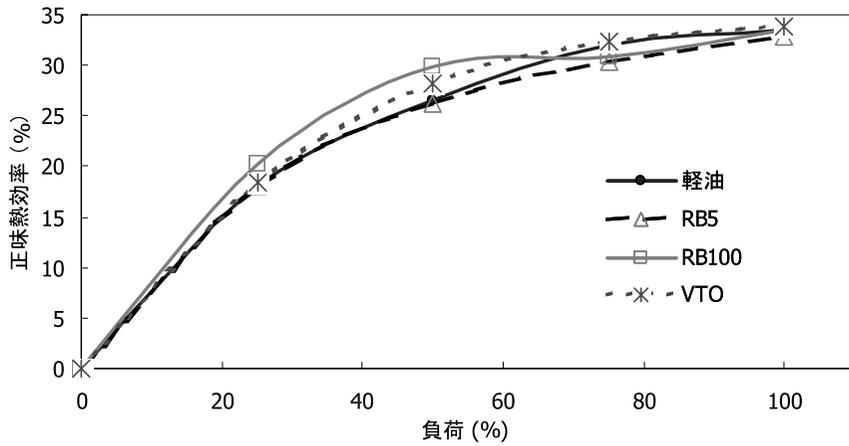


図7 正味熱効率

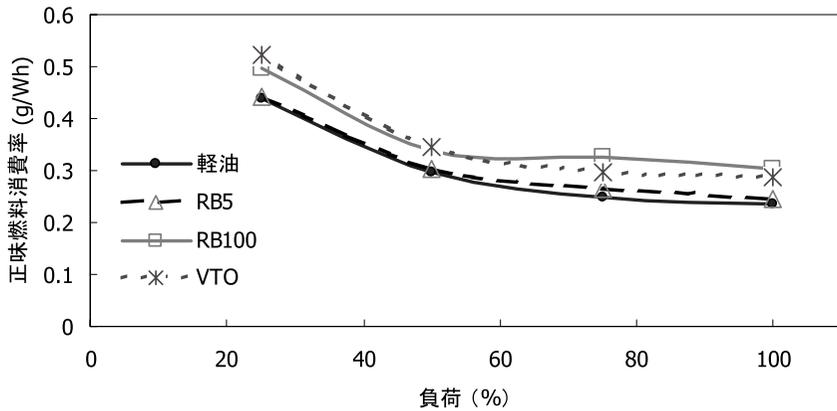


図8 正味燃料消費率

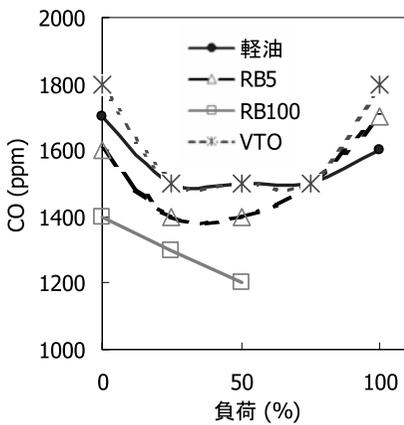


図9 排気ガス中のCO濃度

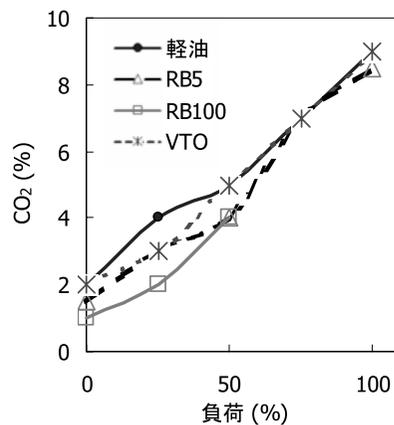


図10 排気ガス中のCO<sub>2</sub>濃度

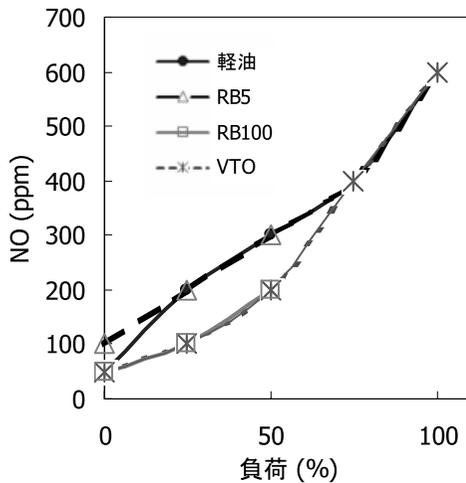


図11 排気ガス中のNO濃度

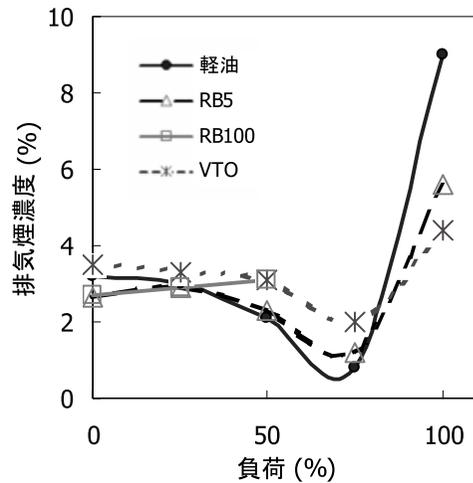


図12 排気煙濃度

た。

排ガス成分については、測定時のトラブルのため、データが一部欠如している。そのため、全体的な比較は負荷が低いところだけになるが、RB100がいずれも低い値を示している。COは負荷が増加するにつれ一端減少するが、負荷が50%を超えるとまた上昇を示している。全体的にVTOが高い濃度となっている。軽油とRB5は軽油の方がCO濃度が高いが、負荷100%になると逆転している。CO<sub>2</sub>に関しては、負荷が高いとあまり差は見られないが、負荷が軽いときは、軽油が比較的高い濃度を示している。NOはRB100とVTOが負荷が小さい場合は低濃度であるが、負荷が上がると差はなくなっている。COを除けば、全体的な傾向として、負荷が大きくなるにつれ濃度は増加傾向にある。

排気煙濃度については図12に示す。負荷が低いときは、各燃料間に大きな差はないが、負荷が75%で全体的に濃度が下がり、100%の負荷の際は急激に濃度が上昇している。特に軽油の排気煙濃度が突出している。

## 5. 考察

今回の実験により、播種時期の違いで生育の差は示されたが、11月～12月における開花および子実の登熟が確認できた。栽培で重要な指標である単位面積当りで得られる子実重で比較すると、本実験では5月播種の緑肥用ひまわりが最も収量が多かったが、品種間でみると8月播種では緑肥用ひまわりが、9月播種では春りんぞうの収量が多い。しかしながら、これに各油脂含有量を考慮し比較すると、8月、9月とも春りんぞうの方が単位面積当りの油脂量が多いことがわかった。春りんぞうは、オレイン酸比率が高く、食用油としての付加価値も高い。今後、春から夏にかけての播種時期のデータを収集し詳細な検討をおこなう必要があるが、本実験では8月以降

の播種においては春りんぞうが優位であることが示された。

バイオディーゼル燃料としての評価も試みた。本研究で得られたRB100の動粘度は、JIS規格(JIS K 2390)で定められた $3.5 \sim 5.0 \text{mm}^2/\text{s}$ を少し超えていた。正味燃焼消費率が軽油等に比べやや高いのは、バイオディーゼル燃料の熱量が軽油に比べ低いことが原因である。ディーゼル機関における排気ガス測定には各成分に対し適切な測定機器を用いる必要があるが、今回の結果と他の測定結果を比較するとおおよそ似た傾向であった<sup>7)</sup>。しかしながら、相対的な評価では、バイオディーゼル燃料のCO濃度は軽油より高いことが報告され、その原因としてバイオディーゼル燃料の燃料噴霧の微細化と蒸発が軽油に比べ悪いことが挙げられている<sup>8)9)</sup>。このことから、本実験のCO濃度についてはさらなる精査の必要がある。排気煙濃度では、負荷が高い場合、軽油と比べ明らかな低減がみられた。これはバイオディーゼル燃料が含酸素燃料であることが理由として考えられ<sup>10)</sup>、排気ガスに対するバイオディーゼル燃料の優位性が示されたといえる。

## 6. 教材・教具としての検討

今回は、新指導要領の改訂を踏まえ、栽培技術領域とエネルギー変換技術領域を融合させることを念頭に置いた。特に、鹿児島県の温暖な気候であれば、晩夏の播種でも種子の収穫が可能との予測から、2学期での実施を想定した。残念ながら積雪による挫折倒伏によりほぼ壊滅状態になったが、子実の登熟は十分なされていた。子実の乾燥期を含めると、播種から収穫までの期間が夏期以前の播種に比べ長いようであるが、3学期開始より収穫をおこない、バイオディーゼル燃料への精製、そして機関運転まで対応できることから、1学期に実施するよりむしろ適していると考えられる。

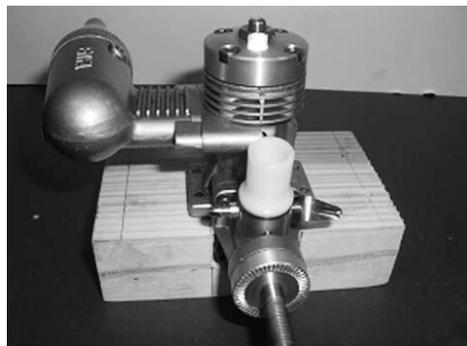


図13 模型用ディーゼルエンジン

また、本研究では汎用ディーゼルエンジンを用いたが、教材・教具としてはディーゼル方式の発電機を用いた方が身近な電化製品等を用いることができるので効果的だろう。しかしながら、初期コストの問題や取扱いの困難さも否定できない。一方、最近は模型飛行機用のディーゼルエンジン(図13)が入手しやすくなった。2サイクルエンジンであれば部品数も少なく、構造も簡単なので分解・組立てなども含め教材・教具としては申し分ない。ただ、通常のディーゼルエンジンに比べ圧縮比を高くできないため燃料に揮発性のジエチルエーテル等を混ぜることによりバイオディーゼル燃料の発火性を向上させる必要がある。筆者らの実験では50%程度の混合率で持続的な運転が可能であった。排気ガスの評価は一部に精査が必要であるが、検知管でも十分対応可能であると考えられる。おおよそではあるが排気ガスの成分を数値的にとらえることで、生徒も実態を把握しやすい。本研究では排気煙濃度については定量的な評価をおこなうため測定装

置を用いたが、排気ガスを濾紙等に通すことで生じる汚れにより評価することができる。今回の実験でも軽油とバイオディーゼル燃料では大きな差があらわれたことから、比較的明瞭にあらわれると予想される。あわせて臭いの違いも体感できる。

一方、収穫から搾油まで様々な器具を用いた。例えば、圧搾機や臼摺機、とうみなど構造や機構が単純であり、技術科のものづくりとしても非常に魅力的なものであった。動力伝達、倍力装置やクランク機構などの学習にも最適な教材・教具である。さらに、これらの機器を栽培実習等で道具として用いることで、より実践的な工夫や発想、そして創造へ結びつくはずである。現在、我々の身近な機器類は電子部品を含むユニットで構成、ブラックボックス化されたものとなっている。残念ながら、以前のように生活に密着した機器を教材・教具としては用いることが困難である。だからこそ、生徒たちがメカニズムを理解しやすい機器を教材・教具として用いることやこれらの製作、また道具として活用する場を提供することは技術科の教育として大きな価値がある。

## 7. まとめ

本研究では春期と晩夏に播種をおこないひまわり栽培を実施した。得られた子実からバイオディーゼル燃料を精製し、それを燃料としてディーゼル機関の運転をおこなった。これらの実験を通し以下の結果を得た。

- (1) 9月播種でもひまわりの子実の収穫は十分おこなえと考えられる。ただし、鳥害に対しては防鳥網などの適切な対策が必要である。積雪の恐れがある場合は支柱を準備するなどして挫折倒伏を防がなければならない。
- (2) 9月播種においては、単位面積当りに得られる油脂量を考慮すると春りんぞうが優位である。
- (3) 9月播種であれば、3学期中に収穫、燃料生産および機関運転まで実施が可能である。

また、本研究の過程で栽培や生産工程で活用できる器具などが中学校技術科で有効な教材・教具になり得る知見が得られた。今後はこれら教材・教具の開発も課題としたい。

本研究を遂行するにあたり、鹿児島大学工学部機械工学科木下研究室に機器などに関してお世話になりました。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 西川五郎、“工芸作物学”、農学図書、p.276、1959
- 2) 木村洋司、雪野繼代、清水池義治、三島徳三、高オレイン酸ひまわりの栽培・ひまわり油成分分析及今後の課題、名寄市立大学道北地域研究所年報、第28号、pp37-52、2010
- 3) 農文協編、“農業技術大系 花卉編”、農山漁村文化協会、第8巻 追録第2号、pp.292(4)-292(5)、2000
- 4) 阿部芳郎、“油脂・油糧ハンドブック”、幸書房、pp.311-312
- 5) 松崎森男、油糧作物としてのひまわりについて、特産種苗、第5号、pp.16-19、2009
- 6) 木下英二、他3名、機械学会論文集B編、第73巻729号、pp.1250-1255、2007
- 7) 例えば、南場弘行、他2名、日本機械学会 東北支部第41期秋季講演会講演論文集、pp.155-156、2005

- 8) The MYO、他 5 名、鹿児島大学工学部研究報告、第 47 号、pp.1-6、2005
- 9) 木下英二、他 4 名、機械学会論文集 B 編、第 75 卷 756 号、pp.1699-1705、2009
- 10) 森棟隆昭、他 2 名、機械学会論文集 B 編、第 66 卷 641 号、pp.294-299、2000