

農業機械学会誌にみる研究の動向

相 良 泰 行

1. 報文の概要

昭和54年度(第41巻第1～4号)に報告されたオリジナル論文(報文)の総数は56編であり、この他に掲載された資料・特集の記事は31題であった。このうち報文の内容は、従来から、そして今後も農業機械の使命であると考えられる「農業機械による農業の省力化・効率化」に集約される研究課題を対象としたものが大部分を占めている。これに加えて、農業を取巻く社会状況に対応した広範囲で多岐にわたる研究課題、特に食糧、エネルギー、環境問題を対象とした報文の増加が目立つ傾向にあるといえる。これらの報文をその内容から大まかに分類したものを表1に示した。

表1 報文の内容別分類

項 目	編 数
1. エンジン	6
2. 土(土一機械系, 土一流体系)	4
3. トラクタ	9
4. 作業機(耕うん・播種・移植・収穫等)	17
5. 施設(選果・温室・畜産等)	9
6. 加工(乾燥・冷凍・選別等)	8
7. その他(システム解析・騒音等)	3

本稿では表1の分類に従って、その分野の研究の動向と特徴を述べるとともに、本年度のトピックスの1つとして、エネルギー問題に関連する論文の中からバイオマス利用によるエンジンの運転に関する研究を採りあげて、その要点を概説する。

2. 研究の動向と特徴

(1) エンジン

自動車用エンジンと同様に、農業用エンジンの分野でも低公害・省エネルギー・エンジンに関する研究が行なわれた。農用小型2サイクルエンジンにピストンの上下速度を変えられる機構を導入して、性能の向上と同時に燃料消費率および排気ガス公害の軽減が達成された。また、ナタネ油を燃料とした農用小型ディーゼル・エンジンの運転試験が行なわれ、軽油に比較して幾つかの利点があることが報告されている。この研究については「バイオマス利用エンジン」と題して別項を設け、概説する。

(2) 土

この分野の研究の主題は土に作用を及ぼす機械と土との力学的相互関係、すなわち土一機械系の挙動を明らかにすることであり、当学会でも最も伝統的課題の1つである。軟弱地盤におけるトラクタの走行や耕うんといった土一機械系の力学的挙動は土を連続弾性体として取扱うことが困難であり、土に対する新しい手法の導入が続行されており、この意味でなお今日の問題として残されている。また、この他に土一流体系、特に土中水の挙動や土中に流体を圧入する場合の効果的方法に

関する研究もみられた。

土一機械系の研究では、土を粘弾性物体としてとらえ、3要素Voigtモデルで表現した場合の解析結果が示された。さらに、土柱の単軸圧縮時における応力緩和に有限要素法が適用され、計算結果と実験結果の比較からこの有限要素法の汎用性が検討された。

土一流体系の研究では、圃場における給排水に関連して、一般毛管系内の間隙水の性質が熱力学的手法によって解析され、また牧草地の再生、糞尿スラリの土中拡散を目的とし、土壤に空気や N_2 ガスを圧送する基礎実験が行なわれた。エネルギー効率良く流体を圧送するためには、一度大きな流量で流した後、流量を下げて流す方式が有用であることなどが明らかにされた。

(3) トラクタ

トラクタの転倒事故などにより安全性の問題が社会的にもクローズ・アップされたことから、この問題に関連する研究が多かった。すなわち、傾斜地におけるトラクタ走行の安定性把握に必要な車輪横すべり角の推定、安全フレームの設計および歩行型トラクタの操縦と人間工学に関する研究が挙げられる。この他に、トラクタ設計に関連して、ロータリ耕うんトラクタの動特性と自動制御に関する研究があった。

(4) 作業機

表1に示されるように、この分野に関する報文は最も数多い。これは対象となる作目や生育の各段階における作業の種類も数多く、これに対応した省力化のための作業機が多種類開発、利用されようとしているためである。ここでは、アイデアを実用化するための試験・応用研究が行なわれた。播種・施肥技術に空気輸送を導入し、従来の機械式播種（ドリル播種）より精密で均一な粒子の分配・配送を行う試みや、田植機の苗マット自動供給装置開発のための苗マット自体の物性、耕うん機の切込刃、果樹用草刈機と高圧スプリングラ防除、根菜類の堀取機、茶葉摘採機およびコンバインの自動袋詰装置などに関する多種多様の研究が実施され、一部はすでに実用化されている。

(5) 施設

穀物の調製・加工、青果物の選果・包装・運搬および貯蔵などの共同化が進み、機械設備や施設が大型化するに伴い、ライスセンタや選果場の計画・設計・効率的運営方法および省力化のための機械装置の開発などが急務となってきた。また、エネルギーや公害問題と関連して、ライスセンタのモミガラや家畜糞などの農業排棄物の処理や有効利用に関する研究が活発となる傾向にあると思われる。

選果場においては、品質の規格化、等級選別工程の機械化・自動化がさげばれている。この問題の解決の1手段として、果実に含まれるクロロフィルのDelayed Light Emmission (DLE, 遅延発光)を果実の熟度や着色度に応じた等級選別の機械化や客観的評価に利用するための研究が行なわれ、カキ果実の熟度・着色度の進行とクロロフィルの消失の関係からこの果実のDLE特性が検討された。その結果、カキの着色ならびに収穫期の開始時にDLE強度が著しく低下すること、果皮色の色相がDLE強度によって推定できること、DLE強度による分級精度が良好であることが明らかにされた。人間の等級判定特性を知るための手段として、果実のカラースライド映像を用いると有用であることが示された。この他に、選果場の運搬手段に関連して、圧縮空気を駆動力としたフリーカーヴ・コンベアの試作研究やラッキョウ調製機の開発が行なわれた。

施設園芸経営も石油類とこれに関連する諸資材の価格高騰により深刻な影響を受けているが、作

物の計画的生産と労働力配分が可能なことや、市場における生産物価格の安定性をはかれるなどの有利な点から、その面積規模はなお増加傾向にある。経営の安定化のためには省資源・省エネルギーによる生産費の軽減が必要である。施設園芸の主体である温室は本来太陽熱を利用した農業分野における典型的施設であり、補助熱源としての石油消費量を抑制してゆくために、温室の原点に立ち返り、太陽熱の利用効率を高めるための研究が行なわれた。ビニール温室に内張りカーテンを設けて温室内の温度管理、保温性向上を計る方法は野菜作で約30%に達している。この内張りカーテンの効果を調査した研究から、内張りカーテンが温室の垂直方向の熱損失に対して断熱膜の働きをし、水平温度分布には保温性向上による温度むらの減少効果を与え、温室の燃料消費量は内張りカーテンの無い場合の34~56%に減少することが分った。また、北海道では、太陽熱コレクタと石蓄熱槽を備えたソーラ・グリーンハウスが試験的に建設され、冬期の日射量の少い時でも植生環境を維持できることが報告された。

大規模化してきた家畜飼養施設の糞尿処理は労力と公害の点で重要な課題である。この分野では、豚糞分散液の定圧濾過実験が行なわれ、家畜糞の固液分離操作に対する適正条件が検討され、糞尿処理に対する1つの指針が示された。

(6) 加工

自脱コンバインなどによる米の機械収穫が一般化し、粃は腐敗防止のために、一時期に集中して大量に人工乾燥される現状にある。この分野では粃の乾燥・調製法とこれに伴う品質変化に関する研究が大部分を占めた。乾燥理論に関しては、一粒粃の減率乾燥特性をバルクの通気乾燥へ適用する試みがなされ、適用方法、理論解および厚層の計算結果が示された。また、この理論により粃の断続乾燥過程がよりよく説明された。従来から提唱されている幾つかの乾燥理論のなかで、熱伝導のアナロジから解かれる球モデルを体系化するために、従来整理されていなかった境界条件の動的平衡含水率を計算する方式が提唱された。米の乾燥過程で発生する米粒の胴割れは調製・加工段階における粃米の発生、食味の劣化などの品質上の問題点として、これの原因、判定法、防止法に関する研究が行なわれてきたが、本年度は原因究明の手法にX線撮影を用いた研究があった。乾燥過程の粃粒を連続的にX線撮影し、玄米各部位における歪の方向と大きさの測定から、玄米の乾燥収縮の中心が細胞配列の中心線上の基部側から、長軸の約40%の位置にあることが推定された。

穀物の選別・輸送に関しては、穀物の単粒および粒子群の空気流中における抵抗係数、運動状態を測定し、各種穀粒の終末速度式を推定したもの、また、インデントシリンダ型選別機の形状選別機構を、穀粒の大きさ・姿勢との関連から検討し、設計上の留意点や最適選別のための条件を明らかにした研究があった。

冷凍の分野では東南アジア発展途上国における青果物の冷蔵用冷凍機として、太陽熱を利用し、ポンプ等の動力源を必要としない自然循環式吸収冷凍機の試作・性能試験が行なわれ、冷媒濃度の選択や装置各部の熱的特性が報告された。

(7) その他

農業生産を生態学・システム工学的見地から把握・制御することを目的とした、当学会では比較的新しい手法の研究がみられた。例えば、耕地生態系が作物と雑草の二種類の植物群落から成り、雑草を除去して収量を最大にする雑草問題に、植物群落制御モデルが適用され、シミュレーションのアルゴリズムとその結果が報告された。また、自給粗飼料による肉牛多頭飼養経営システム・モ

デルが考案され、経営上決定されるべき方策が生産量、労働時間、生産経費の面から具体的数値として求められた。この他に、植生体の持つ音響吸収効果に着目し、野外の騒音や農作業の機械騒音から人体や家畜を守るための植生体の音響吸収特性や適正配置に関する基礎的データが報告された。この分野の研究は生物生産におけるソフト・ウェアの研究として今後発展し、一分野を形成するものと考えられる。

3. バイオマス利用エンジン

(1) エネルギー関連研究の概略

表1に分類された報文のなかから、主にエネルギーに関連した研究を挙げると、1) 農業用小型2サイクル機関の改良、2) ナタネ油を燃料としたディーゼル機関の運転、3) 温室内張りカーテンの効果、4) ソーラ・グリーンハウスの試作、および5) 太陽熱利用吸収冷凍機の開発がある。このなかで、ナタネ油をディーゼル機関の燃料に利用するための研究は、いわゆるバイオマス利用によるエネルギー研究の、典型的な試みの1例と考えられ、以下にやや詳しくその内容を紹介する。

(2) ナタネ油を燃料としたディーゼル機関の運転

昭和52年度以来、「ナタネ油を燃料とした農用小型ディーゼル機関の運転」と題した報文が4編発表され、本年度分が第3、4報である。本稿では研究の流れを追うために、第1、2報を引用しながら本年度掲載分の第3、4報について主に総説を試みた。

エネルギー問題に関する研究の方向は1) 化石燃料に代るエネルギーの開発、2) エネルギー利用の効率化および3) 消費量の節減の3つに集約されるものと考えられる。この研究にはディーゼル機関を対象としながら、これらの方向が全て含まれている。

植物油がディーゼル機関に使用できることは以前から知られていたが、食用油として競合すると思われるナタネ油に着目した理由は、国内各地で栽培が可能で農家の自給生産の可能性が高いこと、他の植物油に比べ搾油効率が高く油の生産性が高いこと、重油に近い性状を有し燃料としての適性が優れていること、およびナタネ栽培による地力維持やナタネ粕の堆肥利用などの二次的効果を期待できることなどである。

このナタネ油を用いてディーゼル機関を運転する場合の1) 負荷性能、2) 連続運転中の性能、3) 機関各部の表面温度特性、4) 燃焼室の汚れ、5) 潤滑油性状の変化、6) 排気組成と黒煙濃度、7) 燃料噴射時期と噴射圧の変化に対する適応性、および8) 燃焼状態の測定・分析が行なわれた。これらの結果を軽油を用いた場合と比較することにより、ナタネ油の燃料としての得失、最適運転条件が検討された。以下に試験法とその結果を要約する。

第1報ではJIS B 8103の試験法に基づき、負荷運転、連続運転、過負荷運転および最大出力運転が行なわれ、ナタネ油の燃料消費率は軽油の場合と比較して10~16%と多くなるが、これは発熱量が低いためであること、正味熱効率は定格出力以下の負荷運転では軽油と同程度、過負荷および最大出力運転では若干高くなること、機関の始動性は外気温度0℃まで差が認められないことが明らかにされた。この結果、負荷性能に関しては特に問題点はなく、軽油と同程度の運転性能を示すことが確認された。

第2報では、定格出力の3/4負荷で50時間の連続運転が行なわれ、軽油の場合と比較して連続運転中の性能、潤滑油の性状および燃焼室内カーボンの付着量などに差は認められないこと、排気黒煙濃度は中負荷(3/4負荷)以下で70~80%、重負荷(4/4、11/10負荷)で20~30%低

い値を示すことが明らかにされた。

本年度発表された第三報では、燃料の噴射時期と噴射圧を変えた場合の負荷試験、燃焼三角形の分析が行なわれた。報告された結果を次に要約した。

- 1) 噴射時期が B. T. D. C. 14°, 12°で噴射圧が 95 kg/cm², 重負荷の場合の正味効率¹⁾は軽油で 14%に低下するが、ナタネ油では 21%に維持され、また噴射時期が 6~8°では噴射圧 95~180 kg/cm²で軽油、ナタネ油とも各負荷に対しほぼ安定した性能を示した。
- 2) 燃焼生成物に対する燃料三角形の分析から、ナタネ油の CO 濃度は軽油より低く、0.2%以下であった。
- 3) 同負荷運転では、ナタネ油の空気過剰率が軽油より高くなるため、排気温度は軽油よりも低い傾向にあった。

以上の結果より噴射時期と噴射圧の変更に対し機関性能の維持範囲が広いことから、機関の設計・運転の面で軽油より有利であり、排気ガス公害防止の点でも優れていることが分った。

第 4 報では、機関室内の燃焼圧分析、定格出力 160 時間運転による潤滑油性状の分析、排気黒煙濃度の測定が行なわれた。報告された結果を以下に要約した。

- 1) 燃焼最高圧力が燃料噴射時期や噴射圧の変更によって異常に高くなる傾向は、ナタネ油より軽油の方が多かった。
- 2) 燃料の着火遅れ現象に対し、燃料の種類や負荷の相違による差は認められなかった。これは噴射時期を早めることによって起るものと考えられた。
- 3) 噴射時期 14° A. B. T. D. C., 噴射圧 90 kg/cm², 重負荷運転での燃焼最高圧力と最大圧力上昇率は軽油の場合よりナタネ油が低い傾向を示した。他の条件の場合は両者ともほぼ同じ傾向を示した。
- 4) 潤滑油性状の分析から、動粘度、残留炭素、ペンタン不溶成分の面でナタネ油のほうが軽油より優れていた。
- 5) 排気黒煙濃度は軽油の場合 120 時間を過ぎてから著しく増大するが、ナタネ油ではこの傾向が認められなかった。

以上の結果より、ナタネ油が軽油を燃料とした場合よりも運転上優れている点が多く、燃焼室に若干の汚れが残る程度で実用上特に問題点の無いことが確認された。

第 1~4 報に報告された結果に基づき、ナタネ油が軽油に比べて優れている点を筆者なりに拾いあげると、1) 燃料噴射時期や噴射圧の変更に対する機関の運転維持範囲が広く、燃焼最高圧力が低いこと、2) 排気黒煙濃度、CO 濃度および排気温度が低いこと、3) 潤滑油の劣化・汚損が少ないことなどが挙げられる。逆に劣る点としては寒冷地における始動性が悪く、燃焼室内、燃料噴射弁ホール附近の堆積物が多いことにあるが、後者は実用上問題とならない程度であり、簡単に掃除可能と思われる。その他の運転性能は軽油と同程度であることから、現在軽油を用いて運転されているディーゼル機関を特に改造することなく、軽油より有利な状態で運転できるものと考えられた。したがって、この研究は生物生産に直接たずさわる農業機械の分野において、その動力源にバイオマス利用が可能であることを実証した点において評価されるものと思われる。

参 考 文 献

- 1) 飯本光雄；ナタネ油を燃料とした農用小型ディーゼル機関の運転(Ⅱ)－燃料噴射時期および噴射圧－, 第41巻第2号, pp. 201～206, (1979)
- 2) 飯本光雄；ナタネ油を燃料とした農用小型ディーゼル機関の運転(Ⅳ)－燃焼圧力測定など－, 第41巻第3号, pp. 363～368 (1979)