

氏名(国籍)	アーターン ウィラチャイ (タイ)		
学位の種類	博士(農学)		
学位記番号	博甲第2718号		
学位授与年月日	平成13年7月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	農学研究科		
学位論文題目	Studies on the Applicability of an Electric Tractor — Energy Consumption and Drawbar Pull Performance — (電気トラクタの適用可能性に関する研究—エネルギー消費量とけん引性能—)		
主査	筑波大学教授	農学博士	小池正之
副査	筑波大学教授	農学博士	佐竹隆顕
副査	筑波大学助教授	農学博士	瀧川具弘
副査	筑波大学教授	農学博士	東照雄

## 論文の内容の要旨

電動駆動車両は、主にその環境対応特性とエネルギー効率に象徴される比較優位性から、次世代車両の候補と目された研究開発が進んでいる。しかしながら、不整地で作業を行う農用トラクタにおいては、負荷の大きさと不規則外乱入力の変動の激しさ並びに価格などが阻害要因となって、国内外ともに未だ市販の域には達していない状況にある。もし、現在利用されているトラクタが電気トラクタで代替されるようになれば、環境負荷の軽減に大きく貢献するとともに、そのような技術革新指向の姿勢に対する社会的評価がプラスの形で評価され、さらに農業とその関連産業のイメージアップに寄与することができるようになるものと考えられる。本研究は、市販ディーゼル機関搭載トラクタを改造して電気トラクタを試作し、その基本性能の確認を通じて、当該車両の適用可能性について検討することを目的としている。基本性能の検討項目は、試作機が油圧駆動式動力伝達装置を用いているなど構造上の制約から、駆動エネルギーの伝達損失を検討対象から外すこととし、エネルギー消費量とけん引性能に焦点を絞った考察を行った。判明した知見の概要は、以下の通りである。

まず、研究の背景、意義、電気トラクタの研究開発に関する社会的重要性と研究目的について述べた。

次いで、本研究に関連する既往の研究について述べ、それらの工学的意義の検討を行った。特に、電気トラクタの車体構造特性及び走行性能研究の現状、構成要素と電気回路系統の性能評価及び電力平準化への効果、環境対応特性などについて調べ、本研究の社会的経済的意義を明らかにした。

供試した密封形鉛蓄電池は、電圧12V、質量21.5kg、エネルギー密度35Wh/kg、出力密度300W/kg、寿命500サイクルの仕様を有し、ニッケル水素あるいはリチウムイオン蓄電池と出力特性において遜色ない性能が発揮できることを確認した。モータは直流分巻式であり、その定格出力は15kWであり、そのトルク特性において良好な走破性が期待できた。改造形供試機は、総質量1,050kg、一充電走行距離約8km、最高走行速度約22km/hであり、推定値に近い値を示した。

一充電走行距離が8.35kmである場合、エネルギー消費量は単位走行距離当たりの電力消費量で0.60Wh/kmとなり、鉛蓄電池の放電深度(D.O.D, depth of discharge)は70%となった。供試機が開発途上の段階では、一般に、加速・平均・回生電流値は当該トラクタの設計思想によって大幅に異なる。たとえば、加速電流は平均電流の2～3倍になることもあり、鉛蓄電池の寿命に与える影響も少なくないと思われる。しかし今後、技術の成熟度が

向上するに伴って、これらの実用値が特定範囲に収束し、実際の稼働条件の要求に堪え得る寿命推定手法が確立されることになると思われる。また供試機では、原形トラクタの油圧駆動式動力伝達装置を用いているため、駆動性能の向上を図るには、パワー・マッチングの改善が不可欠となることが認められた。けん引力は、制限された稼働時間内ではあるが原形トラクタと同程度の値を示し、またその際のけん引係数は、原形トラクタをしのぐ水準に達することが分かった。これは、モータのトルク維持特性に起因する性能結果であると考えられた。実験組合せの範囲に関する限り、供試機のけん引性能特性は、原形トラクタと同程度の水準を示すことが確認できた。

けん引性能の向上策として、前後車軸分担荷重の調整が有効であることは、周知のことである。ここでは、分担荷重比がけん引性能に及ぼす影響について、理論的並びに実験的検討を行った。まず、けん引力とけん引出力を理論解析に基づいて推定し、実験値との比較検討を行った。分担荷重の違いによるけん引性能の差異は、理論解析の場合ほど明確には現れなかった。この生成因としては、主に、車輪滑り率の不規則変動によるけん引力への影響があると考えられた。これらの結果は、けん引効率最大化の与件を特定しうる、新規性の高い知見であることが明らかとなった。

そして、本研究の結論及び今後の改善に係る提案として、ビルトイン式フレームの技術展開について述べ、最後に、電気トラクタの実用的価値と応用性についても論及した。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、電気トラクタの基本性能特性としてエネルギー消費特性とけん引性能特性に着目して理論的及び実験的解析を行い、実用化に向けた適用可能性を検討した研究である。

一般に、稼働中の電気トラクタの発生負荷は駆動出力に対して相対的に大きく、その現象は一充電走行距離の改善に困難が伴う主因となっている。この改善策が提示できれば、供試機の信頼性は大幅に増すことになる。本研究では、前後車軸分担荷重を自動的に操作してけん引性能の向上を図ることができる、いわゆるビルトイン式フレームの有用性を実験的に検証しており、現場適用性と独自性に富む考えとして評価できる。

一方、けん引係数と分担荷重比との関係を調べる実験においては、実験数が少なく、統計的に制御因子を特定するに足るデータの蓄積が行われていない点は今後の課題として残ると言える。

既述のように、今日的意義の高い電気トラクタの総合性能は、各種蓄電池の研究開発の進度に負うところが大きい。とくに、サイクル数の向上による走行可能距離の改善や、出力密度の高水準化は、本論文で指摘があるように今後留意しなければならない設計項目として重要度を増すことになるものと思われる。

本研究は、電気トラクタの設計指針の中核をなす作業性能解析に有用な設計情報を提供するものであり、農業機械設計の技術水準の向上への寄与は極めて大きいものと判断する。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。