

氏名（本籍）	松尾 守展		
学位の種類	博 士（ 農学 ）		
学位記番号	博 甲 第 9882 号		
学位授与年月日	令和 3 年 3 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	生命環境科学研究科		
学位論文題目	ロールベールラップサイロの広域流通に向けた基盤技術に関する研究		
主査	筑波大学教授（連係大学院）	博士（農学）	深津 時広
副査	筑波大学教授（連係大学院）	博士（農学）	杉浦 綾
副査	筑波大学教授	博士（農学）	北村 豊
副査	筑波大学准教授	博士（農学）	野口 良造

論 文 の 要 旨

審査対象論文で著者は、国産飼料の広域流通を実現するうえでのソフト面およびハード面の課題解決として、ロールベールラップサイロ（以下、ラップサイロ）における含水率を非破壊で測定する手法や、ラップサイロを変形させず簡易に荷役作業を行える手法について研究を行った。

日本国内における飼料自給率の低下は大きな問題となっており、これを高めるには国産飼料の利用を拡大する必要がある。日本ではラップサイロにて調製されるサイレージが主に用いられるが、これらの国産飼料は地域内での流通事例は多いものの広域に流通する事例は少なく、広域の耕種農家と畜産農家が連携する耕畜連携を実現することで飼料自給率の向上が期待される。国産飼料の広域流通における課題は大きく分けてソフト面とハード面の2つが挙げられる。ソフト面の課題としては、ラップサイロの品質管理・評価に関する点であり、発酵の成否を左右する内部の含水率をいかにして測定するかが課題となっている。内部の含水率を測定するため外装のフィルムを破壊して材料をサンプリング調査すると、ラップサイロ内に酸素が流入するためサンプリング後に補修しても品質の低下は避けられない。そのためフィルムをはがさず非破壊で内部の含水率を測定できる手法の開発が望まれる。ハード面の課題としては、広域流通を行うために一般の物流業者がラップサイロを破損・変形することなく簡単かつ低コストにハンドリングできる手法をいかに確立するかが課題となっている。これまでは専用のグリップ式ベールハンドラを用いて運搬作業が行われているが、ラップサイロが大きく変形して品質を低下させる恐れがあるうえ、熟練したオペレータと専用の機器が必要となる。一般の物流業者が利用するフォークリフトに適応し、熟練したオペレータでなくとも安全かつ低コストに運搬できる簡易荷役技術の開発が望まれる。

本論文で著者は、これらの2つの課題に対し次のような解決を試みた。ソフト面の課題であるラップサイロ内の含水率の非破壊測定技術については、電磁波の伝送線路の一種であるマイクロストリップライン（MSTL）を用いて、飼料作物に対しMSTLで電磁波を透過させ、伝播した電磁波の振幅変化（ $\Delta\alpha$ ）と位相変化（ $\Delta\phi$ ）との関係から含水率を推定する手法を提案した。 $\Delta\alpha$ と $\Delta\phi$ の間には有意な相関関係が認められ、 $\Delta\alpha$ に対する $\Delta\phi$ の比（ $\Delta\phi-\Delta\alpha$ ratio）は測定対象の含水率と有意な相関があること、また含水率が高まるにつれて減少する傾向が認められたことから、 $\Delta\phi-\Delta\alpha$ ratioを指標に飼料作物の含水率を非破壊で推定できる可能性が著者によって示された。またパウチサイロによる実験で得られたこれらの結果を、生産現場で利用される実規模のラップサイロに適用できるかについても検討を行った。生産現場で利用されるラップサイロは大きく重く、同一サンプルで多回数の電磁波測定を行うためにパウチサイロの実験のようにサンプルを動かすことはできないため、MSTLをラップサイロ表面に押し当てながら押し付け力を変化させて電磁波測定することで、適切に飼料作物の含水率を非破壊で測定できることが筆者によって示された。また屋外でラップサイロの表面で

測定した $\Delta \phi - \Delta \alpha$ ratioは、特に周波数2.37GHzを越えると含水率と有意な関係になることも著者によって示された。

ハード面の課題であるラップサイロの安全・簡単・低コストで運搬できる荷役技術の開発については、フォークリフトに適応し、ラップサイロの変形を少なくしつつ簡易に運搬するための補助具について提案が行われた。著者はラップサイロの形状に着目し、簡易な構造でラップサイロを下方よりリフトアップできる荷役具を開発・改良した。これは吊りベルト・補ていロープおよび胴巻きベルト、また補ていロープのストッパーで構成され、開発した荷役具は縦置きラップサイロの荷役に対応し、フォークリフトでの作業に適用可能なうえ、ラップサイロへの変形量は極めて少なく荷役具の着脱にラップサイロの持ち上げを必要としないなどの有効性が著者によって確認された。また荷役具は胴巻きベルトの長さを調整することで異径ロールベールにも対応可能で、軽量で取扱も容易であることからTMRのラップサイロへも適用拡大が可能であったことが著者によって示された。

本研究により、著者はラップサイロにおける含水率の非破壊計測手法の開発やフォークリフトなどで利用可能な簡易荷役補助具の開発を行い、国産飼料の広域流通の実現に向けたソフト面・ハード面の課題を解決する基盤技術についてのさまざまな知見を明らかにした。

審 査 の 要 旨

国内の飼料自給率の向上はわが国の大きな課題のひとつであり、そのひとつの方策として広域な耕畜連携があげられる。これを実現するためには、主な国内飼料であるラップサイロの品質を適切に把握し、劣化させず簡単に輸送できる技術の開発が重要である。本研究では、著者によってラップサイロの品質評価において重要な指標である含水率を非破壊で推定する手法が新たに提案され、ラップサイロの品質管理を行うための有用な手法を示した点が高く評価できる。またフォークリフトで利用可能な簡易荷役補助具の開発は、ラップサイロの広域流通の実現に大きく寄与するほか、コントラクターやTMRセンターなどでも利用され生産現場に普及している点も高く評価できる。また本研究の内容は、個別の技術としてだけでなく国産飼料を広域流通する場面に備えた新たな技術体系の構築に、大きく寄与するものと思われる。

令和3年1月19日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。