

氏名（本籍）	郭 威伯		
学位の種類	博 士（ 農学 ）		
学位記番号	博 甲 第 10033 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		
審査学術院	理工情報生命学術院		
学位論文題目	Research and Development of Rice Husk Recycling Technology for Agricultural Utilization in Taiwan (台湾における籾殻リサイクル技術の農業利用の研究開発)		
主査	筑波大学教授	博士（農学）	北村 豊
副査	筑波大学教授	博士（農学）	江前 敏晴
副査	筑波大学准教授	博士（農学）	野口 良造
副査	筑波大学助教	博士（農学）	粉川 美踏

論 文 の 要 旨

地球上の限られた資源を有効利用することにより、増大する人口の食料需要を満たすことは、世界の重要課題である。これに対して、化学肥料や農薬の使用により、農産物の収穫量は大幅に増加し、食料問題は解決されているように見える。しかし、これらの施用は時に環境への悪影響を及ぼしていることから、持続可能な循環型農業の発展が必要不可欠である。特に圃場においては土壌の肥沃度を回復することから始め、土壌中の窒素と水の損失を制御しながら、化学肥料の投入と有害物質や廃棄物の排出を最小限に抑えることが重要であるとされている。本論文では、精米生産の過程で副生する籾殻を原料として、新たに開発された熱分解装置を用いて、籾殻燐炭と籾殻木酢液が実験的に生産され、その操作条件や設計・開発・操作に関する基礎資料が得られているとともに、これらの生成物の有用性が、ポット栽培試験や官能試験を通じて評価されている。

まず第1章で著者は、台湾における気候や農業の現状を示しながら、循環型農業の一つの形態として、農業廃棄物を削減しながら、それを価値ある農業資材に変換して圃場に還元することを提案した。具体的には、台湾で最も多く副生される農業系廃棄物である籾殻に着目し、それが畜舎の敷料、培養土、燃料として使用されているものの、有効利用はあまり進んでおらず廃棄物化している問題点を述べた。さらに籾殻を有価物に変換する方法として、空気や酸素がない高温条件下でそれを燐炭と木酢液に変換できる熱分解法の適用を提案し、その原理や特性を示した。

第2章で著者は、籾殻を燐炭や木酢液に効率的に変換する新たな熱分解装置を設計・試作し、その詳細な仕様と構造、操作手法を明らかにした。その熱分解装置は、内燃炉を備えていたことから Charcoal Processing System with Internal Combustion Furnace（以下 CPSICF）と呼ばれ、最大で 40 kg の籾殻から約 14.6 kg の籾殻燐炭を生産できることを示した。特に CPSICF 内燃炉の空気取り込みゲート幅を制御することによって、灰分が少ない高品質の籾殻燐炭を製造できることが確認された。また CPSICF における籾殻の熱分解に付設の冷却水シ

システムが与える影響を解明するため、その操作条件を制御しながらの燻炭製造も行い、その品質や生産性を維持しながら、製造コストを低減する操作条件を策定した。

第 3 章では、乾留操作に伴い籾殻から揮発成分やタールが生成されるメカニズムが示され、籾殻から木酢液を生産できることの利点が整理された。さらに籾殻木酢液の生産性と品質を把握するために CPSICF 内燃炉の空気取り込みゲート幅と冷却水システムの水量や熱交換位置などの操作条件が制御されながらの熱分解が行われた。これにより平均的には CPSICF においては、40 kg の籾殻から 14.1 kg の籾殻木酢液を生産できることが示された。また得られた木酢液の pH や固形率、タール含有量などは竹や木材の木酢液の示す正常値の範囲内にあることが明らかにされた。

第 4 章で著者は、CPSICF によって製造された籾殻の燻炭と木酢液それぞれについて、土壌改良剤と植物促進剤としての効用を検証した。具体的にはそれぞれを植物のポット栽培試験に供試し、植物の成長、植物の含有栄養素、土壌組成に与える影響が示されるとともに、食味試験による官能性への影響が検討された。その結果、籾殻燻炭を栽培土壌に施用した実験区では、地上部の植物体重量は増加したが、木酢液を植物の地上部分に噴霧した場合の増量はわずかであった。また両方を施用した実験区において、亜硝酸塩とビタミン C は植物体には検出されなかった。特に人への毒性のために重要な品質指標となっている亜硝酸塩が含有されなかったことは特筆される。一方、食物繊維の含有量は、いずれの施用でも有意差が明らかにされず、新鮮または調理済みの野菜を用いた官能検査においても両者の施用に有意な関係は見いだされなかった。また籾殻燻炭は、土壌の物理的特性に大きな影響を与えたものの、その施用量と土壌中の元素含有量との間に有意な関係は得られなかった。

最後の第5章で、著者は本研究成果を取りまとめて籾殻燻炭や木酢液の利用価値を明確に示すとともに、台湾における CPSICF の普及にあたっての課題や装置のスケールアップの可能性について示した。

審 査 の 要 旨

本論文は、熱分解反応による有機物の炭化および揮発成分の蒸留を応用した熱分解装置 CPSICF を新たに開発・設計・試作し、原料に籾殻を用いたプロセスの特性解析を実験的に行うことによって、その操作条件および得られる籾殻燻炭と籾殻木酢液の生産収率や性状を明らかにした。また植物のポット栽培試験やモニターによる食味試験を通じて、燻炭や木酢液が農産物の収量や栄養成分、官能性に与える影響を定量的に評価した。これらの成果は、CPSICF の設計・運転条件や生産物の有用性を明確にするものであり、特に台湾における循環型農業の確立と発展に寄与する。また得られた工学的基礎資料は、農業装置工学の学術的発展に大きく貢献するものである。よって本論文は、高い学術的・社会的価値を有し、博士論文としてふさわしい内容であると判断される。

令和 3 年 1 月 28 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。