

氏名（本籍）	ABAH EMMANUEL OWOICHO		
学位の種類	博 士（ 生物資源工学 ）		
学位記番号	博 甲 第 9844 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	Rice Husk Combustion for Energy Utilization: Perspective of Human Health Hazard, Environmental Impacts and Introducing Emission Control Systems (エネルギー利用のための籾殻燃焼：人間健康被害、環境影響、排出抑制システム導入の展望)		
主査	筑波大学准教授	博士（農学）	野口 良造
副査	筑波大学准教授	博士（農学）	トファエル アハメド
副査	筑波大学教授	博士（農学）	北村 豊
副査	筑波大学教授	博士（工学）	市川 創作

論 文 の 要 旨

籾殻は、籾摺り工程で発生する低密度の廃棄物であるが燃焼による発熱量が大きいことから、従来から効率的な熱エネルギーの利用が期待されていることから、燃焼方法の改善やエネルギー利用の最適化の研究が行われてきた。しかしながら、籾殻燃焼を含む一般的なバイオマス燃焼は、粒子状物質（PM）をはじめとする大気汚染物質発生の大きな原因の一つであり、バイオマス燃焼に関わる作業員や燃焼施設の近隣住民に対する健康被害の懸念が数多く報告されている。本論文では、ナイジェリアでの籾殻燃焼と健康被害の現地調査、籾殻燃焼によるエネルギー利用で発生する粒子状物質や有害な排気ガスを最小限に抑えることを目的に、籾殻燃焼実験を通じて、効果的な燃焼方法や触媒を利用した燃焼技術について考察を行った。

著者は第一章において、世界のエネルギー事情、再生可能エネルギーとしてのバイオマス利用や籾殻利用について述べるとともに、第二章においてバイオマス燃焼と健康被害についての文献調査を行った。

著者は第三章において、籾殻燃焼と健康被害の関係性を明らかにするために、ナイジェリア国農林水産省と Nasarawa 州と Benue 州の保健所の協力を得て、籾殻燃焼施設近隣の住民に対してアンケート調査を実施した。その結果、籾殻燃焼施設から住居までの距離と、胸痛、喉のかゆみ、咳、目の炎症などの発症頻度について強い相関が示され、籾殻燃焼と健康被害の関係について、総合的かつ精密な調査が、今後必要であることを示唆した。

著者は第四章において、燃焼温度 600°C、700°C、800°C、900°C、1,000°Cにおける、PM10、PM4.0、PM2.5、PM1.0 による PM フラクシオンの排出量を把握するために、電気炉（F100 固定床電気炉、ヤマト）を用いた籾殻の燃焼実験と、排気ガスに対する粉塵計（Dust track II analyzer, Transtech 社）を用いた測定を行った。燃焼実験では 1 g の籾殻を 3 分間燃焼させ、各温度区分について 5 回の試験結果から平均値を算出した。PM10 の濃度は、600°C と 1,000°C において、それぞれ 150.0 mg/m³ と 71.5 mg/m³ となり、燃焼温度が PM 排出量に及ぼす重要な因子であることを確認した。

著者は第五章において、籾殻の粒径、孔隙率、籾殻に付着している糠などの不純物の含有量が、籾殻燃焼の PM と排気ガスへ与える傾向を分析した。燃焼試料は、アフリカ稲品種のネリカ米籾殻（以下「NGR」）、コシヒカリ品種のジャポニカ籾殻（以下「JPN」）、および JPN を用いた籾殻ブリケット（以下「RB」）とし、各籾殻を 3 g ずつ燃焼させた。NGR は糠を含み、平均粒径は 0.1~2.0 mm であった。JPN は糠を含まず、平均粒径

は 4.0~5.5 mm であった。燃焼装置の排気管上部において、第四章で用いた粉塵計と排ガス分析装置 (Testo350) を設置し、燃焼実験を実施した。その結果、RB は重量当たりの表面積や孔隙率が小さく燃焼時の空燃比に影響を与えることから、排気ガスに含まれる PM_{2.5} は、700°Cでの RB 燃焼では 32.4 mg/g となり、800°Cでの NGR 燃焼 (23.7 mg/g)、900°Cでの JPN 燃焼 (13.6 mg/g) に比べて、高い結果が示された。また、硫黄の酸化過程において酸素との競合が発生することから、JPN 燃焼では CO 排出濃度が高まるとともに、SO₂ 排出量が増加した。

著者は第六章において、第五章での燃焼実験装置の排気管に、着脱可能な Pt/Fe-Alumina ハニカム触媒 (以下「触媒」) を設置し、JPN を原料として、600~1000°Cの温度で3分間燃焼させ、PM、CO、SO₂ 排出量を測定した。その結果、JPN 燃焼における PM_{2.5} の排出量は、燃焼温度 600°C、700°Cそれぞれにおいて、無触媒燃焼での 1,169.9 mg/m³、1,572.2 mg/m³ から触媒利用燃焼での 18.9 mg/m³、170.1 mg/m³ まで減少した。また、JPN 燃焼時の触媒の予熱温度を 427.4 ~ 490.3°Cとすると、触媒による CO の CO₂ への転化率は 100%促進されるとともに、SO₂ 濃度は 78 ppm まで減少することが示された。以上の結果から、触媒の利用によって CO、SO₂、PM の排出量を大幅に削減できるとともに、触媒の予熱処理は、排ガスの酸化に大きな影響を与えることが示された。

以上を総括すると、本論文では、農村社会での人々への健康や環境への影響を考慮した籾殻燃焼によるエネルギー利用を目指して、籾殻燃焼にともなう排気ガスの定量的分析と考察を行うとともに、Pt/Fe-Alumina ハニカム触媒を用いた排気ガスの浄化の技術的展望について、実験を通じて明らかにした。

審 査 の 要 旨

本論文は、コメ生産時の廃棄物である籾殻の燃焼エネルギー利用について、日本国およびナイジェリア国で生産される籾殻を対象として、燃焼エネルギー量の把握とともに、燃焼時に発生する CO、SO₂、PM について正確に測定を行った。また、Pt/Fe-Alumina ハニカム触媒によって、排気ガスに含まれる CO、SO₂、PM の削減の可能性について言及し、その具体的な技術利用の可能性について論じた。これらの成果は、生物資源工学の学術的価値に大きく貢献した。以上から、本論文は、高い学術的価値を有し、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25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 (生物資源工学) 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。