

氏名	HARSONO		
学位の種類	博 士 (生物資源工学)		
学位記番号	博 甲 第 7582 号		
学位授与年月日	平成 27年 12月 31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	Study on Manufacturing of Dissolving Pulp and Mechanical Pulp from Oil Palm Empty Fruit Bunch in Indonesia (インドネシアにおけるアブラヤシ空果房からの溶解パルプと機械パルプの製造に関する研究)		
主査	筑波大学教授	農学 博士	大井 洋
副査	筑波大学准教授	博士 (農学)	中川 明子
副査	筑波大学准教授	工学 博士	梶山 幹夫
副査	筑波大学教授	博士 (農学)	江前 敏晴

論 文 の 要 旨

アブラヤシ (*Elaeis guineensis*) から得られる植物油はインドネシアの重要な商品の一つで、粗ヤシ油 (CPO) の年間生産量は毎年 2%以上増加して 2014 年には約 3,100 万トンとなっている。アブラヤシ林は主にスマトラ、カリマンタン島の農業地域に広がり、近年では政府によってスラウェシ、パプアの島々の離れた地域にも積極的に広げられている。インドネシア農業省によると、22 地域のプランテーションのアブラヤシ林面積は 1,100 万 ha である。ヤシ油工場では CPO とヤシ核油を主な生産物として分離し、果核殻、果肉繊維、葉、果核粕、空果房 (EFB) のような廃棄物が残される。果肉繊維、果核殻はヤシ油工場の蒸気ボイラーの燃料として使用可能であるが、EFB と葉は紙・板紙の原料に加工することが期待されている。しかし現状では、残渣の大部分が未利用であり、EFB のほとんどは林地に腐植するまで放置されている。国際連合食糧農業機関の統計によると、CPO の年間世界生産量は 2012 年に 5,000 万トンとなった。その中心は東南アジアで、インドネシアとマレーシアがそれぞれ 47% と 37% を生産している。ヤシ油 1 kg の生産では、乾燥重量で約 4 kg のバイオマスが副生し、その 3 分の 1 が EFB である。インドネシアで 1 年間に発生する EFB 残渣は約 3,000 万トンになると推定される。EFB の最適な利用は現在まで成功していない。現実には、EFB をヤシ油工場の焼却炉で処理することが行われてきたが、焼却処理は近隣への環境汚染問題の原因となっている。果実分離後の EFB 残渣の水分含有量は通常 60% であり、乾燥しない場合には質の悪い燃料であり、焼却廃棄物の深刻な問題が生じる。本研究の目的は、ヤシ油産業の持続的発展のために、産業廃棄物である EFB の利活用を改善することである。

そこで第一に、EFB から、前加水分解ソーダ・アントラキノン (AQ) 蒸解と無塩素 (ECF) 漂白あるいは完全無塩素 (TCF) 漂白によって溶解パルプ (DP) を製造する方法について検討した。DP はビスコースレ

ーオン，セロファン，セルロース誘導体の原料に使われる。その α -セルロースが高純度（90%以上）で、ヘミセルロース含有量が低いこと、リグニン含有量は極めて微小であること（0.05%以下）が求められる。前加水分解は材料からヘミセルロースを除去し、リグニンの分離を促進する重要な工程の一つである。ソーダ・AQ 蒸解法はクラフト蒸解と比べると無イオウ蒸解法であり、環境問題を考慮すると、非木材繊維の蒸解に採用しやすく適している。本研究では 150°C で 90-180 分間の前加水分解処理を行い、ソーダ・AQ 蒸解は 160°C で活性アルカリ添加率 19%、20%、21%の条件で行った。ECF 漂白と TCF 漂白シーケンスでは、酸素 (O)、二酸化塩素 (D₀)、過酸化水素添加アルカリ抽出 (E_p)、最終二酸化塩素 (D₁)、アルカリ抽出 (E) およびモノ過硫酸 (P_{sa}) 処理で漂白を行った。前加水分解の処理時間を 180 分とし、ソーダ・AQ 蒸解における活性アルカリ添加率を 20%とする条件が最適であることが見出され、カップー価が 10 以下で高い粘度のパルプが得られた。また、前加水分解プロセスにおける加水分解液の除去は、ソーダ・AQ 蒸解における効率的な脱リグニンのために有効であることが見出された。さらに、P_{sa}-D₀-E_p-D₁ 処理の改良 ECF 漂白シーケンスでは、白色度 90.7% ISO、パルプ粘度 8.5 cP、 α -セルロース 98.6%である高品質の DP が得られた。一方、O-P_{sa}-E_p-P_{sa}-E 処理の TCF 漂白シーケンスでは白色度 88%には到達しなかったが、EFB パルプから TCF 漂白によって DP を製造する可能性が示された。

また第二に、EFB から板紙と繊維板などの繊維原料を製造する条件について検討を行った。はじめに、リファイナ機械パルプ製造の化学的前処理条件を検討し、その条件と繊維長ふるい分け特性およびパルプ強度との関係を調べた。常圧解繊処理において最適なパルプ強度を与える前処理の条件は、水酸化ナトリウム添加率 2%、121°C、2 時間の前処理で、解繊時のディスクのクリアランスは 0.10 mm であった。得られたパルプは、段ボール古紙パルプと同等の引張指数と引裂指数を示し、中しん原紙の原料として使用できることが見出された。つぎに、中密度繊維板 (MDF) 用原料を製造する条件について検討を加えると共に、リファイナ処理をしない繊維から繊維板を製造し、強度特性と木材腐朽菌に対する耐腐朽性を評価した。強度特性は日本工業規格よりも低かったが、褐色腐朽菌と白色腐朽菌に対する耐腐朽性はスギ材試験片よりも良いことが見出された。

以上を総括すると、本研究では、インドネシアにおけるヤシ油産業の持続的発展のために、産業廃棄物である EFB を利活用する方法として、ビスコースレーヨン、セロファン、セルロース誘導体の原料に用いる DP、および板紙と繊維板の原料に用いる機械パルプを製造する方法の最適な条件を提案した。

審 査 の 要 旨

本論文は、インドネシアにおけるヤシ油産業と産業廃棄物の現状および主要廃棄物であるアブラヤシ空果房の利活用に関する研究について概説し、その利活用を改善する方法として、溶解パルプおよび機械パルプを製造する方法の最適な条件を提案している。新規で有用な科学的知見と信頼性のある方法が示されており、インドネシアにおけるヤシ油産業の持続的発展への貢献が期待できる。

平成27年9月30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。