

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 堂脇 清志

本論文では、将来的に主要なエネルギー源の1つとして期待されているバイオマスエネルギーの利用について、実際の導入を目的とした、また持続可能な条件でのバイオマス資源の供給条件を含めた包括的かつ具体的なシステム評価に焦点をあて、CDM プログラムによる発展途上国へのバイオマスエネルギーシステムの導入可能性についての検討が行われている。特に、本論文においては、モデル対象国にパプアニューギニアを選定し、当該国におけるバイオマス調査を実施し、当該国に自生している早生樹種についてエネルギープランテーションを設計する。また、当該バイオマス資源を利用したエネルギーシステムの設計及び評価を基礎的な化学実験の実施を含めた検討を行い、最終的にシステム全体におけるCO<sub>2</sub>削減効果についてLCAによる評価及び経済性効果について評価し、今後の発展途上国へのエネルギー開発事業の1つの具体例となることを目的とした検討を行うものである。

まず、この第1章では、本論文の序論として、研究の意義、周辺研究の動向、研究目的及び研究概要が紹介されている。

第2章では、本論文で対象とするモデル対象国（地域）及び樹種を選定とバイオマス資源をエネルギー資源に利用することへの有望性について述べられている。特に、モデル対象となる国（地域）の将来的なエネルギー需要及びCO<sub>2</sub>排出量について検討し、バイオマスエネルギーシステムをCDM プログラム等による可能性を検討について述べられている。

第3章では、研究全体で評価する内容及び範囲について示されている。特に、第2章の検討結果を受け、バイオマスエネルギーシステムにおけるCO<sub>2</sub>削減効果を検討する指標としてLCAの考え方について説明されている。また、本論文におけるバイオマスエネルギーシステムにおけるLCAについて、その概要について説明されている。なお、本論文におけるバイオマスエネルギーシステムにおける全体プロセスは、2つのサブプロセス（原料供給プロセス、エネルギー変換プロセス）から構成されるものとする。

第4章では、第3章で設定したバイオマスLCAの評価範囲のうち、バイオマスの生産過程における原料供給プロセスについて、モデル地域におけるバイオマス調査結果について示されており、その調査結果をもとにしたバイオマスプランテーションの設計が行われている。また、持続的なエネルギー資源の供給の条件を検討するために、植林運営に係る土壌影響や土壌分の養分循環に関する評価を行うとともに、電力安定供給の観点から原料供給の安定化を目指した新たな植栽・伐採システム等の具体的な検討が行われている。特に、植林から伐採までの期間中に損失する養分については、肥料として補われることを想定し、その補填分についてもLCAによって評価されている。

第5章では、第4章に引き続きバイオマスのエネルギー変換プロセスについて検討されている。

特に、欧州等の技術的な背景を勘案し、空気吹き加圧型流動床ガス化炉とコンバインドサイクル発電システムとを組み合わせた発電システム（Biomass Integrated Gasification Combined Cycle、「BIGCC」）を中心に、より高効率な発電プラントの設計が行われている。特に、ガス化プロセスについては、基礎的な熱分解実験及びチャーのガス化実験を行うことによって、加圧型流動床ガス化炉のシミュレーションプログラムを作成し、その他の発電プロセスについては設計パラメータを与えることによって、システム全体の効率計算が行われている。また、養分損失によるCO<sub>2</sub>負荷軽減策として、灰分及びN（窒素）回収のための方策についても検討されている。なお、その他想定されるバイオマスのエネルギー変換技術として、酸素吹き加圧型流動床ガス化炉を利用したケース及び直焚きによるエネルギー変換システムがあり、これらのシステムについても併せて評価されている。

第6章では、総合的な評価としてCO<sub>2</sub>削減効果を検討するために、当該国の新規エネルギー需要に対応する発電プラントとして経済的に有利な石炭火力発電プラントを基準ケースにして、この基準ケースに対して原料供給プロセス及びエネルギー変換プロセスから排出されるCO<sub>2</sub>排出量（Life Cycle CO<sub>2</sub>、「LCCO<sub>2</sub>」）についてLCAによる評価が行われ、発電方式別に整理されている。特に、養分回収による効果及び課題等について説明されている。また、投資効率の観点からそれぞれの発電システムケースにおける経済分析についても述べられている。

最後に第7章では、本論文における成果をまとめて、今後の導入方策及び課題等について整理されている。

以上の論旨より、本論文では将来的に導入が期待されているバイオマスエネルギーシステムにおける導入方策及び温暖化ガスの1つであるCO<sub>2</sub>の削減効果について、化石エネルギーシステムとの比較を交えながら詳細に言及しており、本論文で提案したバイオマスエネルギーが具体的なCO<sub>2</sub>削減技術の1つとなり得る等、一定の成果を上げており、地球システム工学の発展に寄与するものと認められる。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。