氏名（本籍）	Sasiwimol KHAWKOMOL　（タイ王国）
学位の種類	博　士（生物工学）
学位記番号	博　甲　第　6952　号
学位授与年月日	平成２６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	System Design and Analysis of Biomass Energy Utilization for Sustainability in Rural Areas （農村地域における持続可能性を目指したバイオマスエネルギー利用のシステム設計と解析）

主査	筑波大学教授	博士（農学）	張　振亜
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（生物工学）	楊　英男
副査	筑波大学准教授	博士（農学）	野口　良造

論　文　の　要　旨

化石燃料の価格高騰への対応や低炭素社会を背景に、バイオマスは、持続的な代替エネルギー資源として認識されている。バイオマス生産量と賦存量が大きい農村地域では、将来的な導入計画が数多く進められている。バイオマスエネルギーの導入が農村地域の持続可能な発展を目的とする場合、バイオマスエネルギーの導入計画では、農村地域のエネルギー利用を考慮し、バイオマスの生産からエネルギーの消費までを対象とした、バイオマスエネルギー利用のシステム設計が必要となる。この課題を解決するために、本研究では、エネルギーとエクセルギーによる物理的観点から、エネルギーの過不足を解消するバイオマスエネルギーのシステム設計とその評価手法、および、技術的な側面を含む社会的受容性を考慮した、バイオマスエネルギーの生産プラント導入のための意思決定支援モデルの提案を行った。

まず、投入エネルギーに対する生産エネルギーの比を表すエネルギー収支比に加え、エネルギーの質を考慮できるエクセルギー収支比、さらに、エネルギー便益にもとづくエネルギー供給と需要の関係から、バイオマス生産に用いる圃場面積を最小化できる評価関数を提案した。さらに、バイオエタノールと電力の併産プラントによるバイオ燃料生産のシステム設計において、栃木県宇都宮市での世帯需要をバイオ燃料生産で賄う社会システムを仮定し、試算を試みた。その結果、自動車が 100%のバイオエタノール利用、照明が 100%電気利用、暖房が 89%の電気利用と 11%の水蒸気利用の場合、バイオマス生産の最小圃場面積は、エネルギーによる評価関数では 17500 ha、エクセルギーによる評価関数では 29500 ha であった。また、自動車が 100%のバイオエタノール利用、照明が 100%電気利用、暖房が 100%の電気利用の場合、エネルギーによる評価関数では 17000 ha、エクセルギーによる評価関数では 20500 ha であった。したがって、エクセルギーによるエネルギーの質を用いた評価関数を用いることによって、バイオ燃料生産のための圃場面積の不足を避け、より正確な圃場面積を算出できることが明らかとなった。さらに、タイのスパンブリ県での籾殻利用のバイオマスエネルギーのシステム設計を行った結果、エネルギーとエクセルギーの二つの側面において、農村地域でのエネルギー需要の 25%であれば、籾殻の直接燃焼システムとガス化システムの両方において、エネルギー需要を満たすことが示された。

つぎに、タイの農村地域の籾殻利用の発電プラントに適した燃焼方式を明らかにするために、意思決定支援システムである Analytic Network Process (ANP)モデルが提案され、直接燃焼システムとガス化システムが評価された。提案された ANP モデルには、評価項目、サブ評価項目、そして代替案が用いられ、また、環境問題や社会問題が ANP モデルに導入された。さらに、ANP モデルでは、意思決定時の議論を明確にするために、複数の評価項目の解析と、具体的な代替案が用いられた。研究対象地域は、タイのスパンブリ県とナコンサワン県とし、事前のフィールド調査から、対象となるグループでの議論を通じてアンケートを作成し、これらの県でのインタビューで用いた。その結果、ANP モデルは、タイでの農村地域への援助開発政策の影響を受けること、評価項目の利益とリスクは高い優先順位となることが明らかとなった。また、ANP モデルは、環境問題と社会問題を考慮した共同的シナリオにおいて、ガス化システムが直接燃焼システムに比べてより良い代替案であることが示されるとともに、直接燃焼システムは利益と経済的課題を考慮した産業的シナリオにおいて適した代替案であることが明らかとなった。

審　査　の　要　旨

本研究は、農村地域における持続可能性を目指したバイオマスエネルギー利用のために、農村地域でのシステム設計と解析を通じて、バイオマスエネルギーのシステム設計と評価手法、および、バイオマスエネルギープラント導入のための意思決定支援モデルの提案を行った。また、従来から用いられているエネルギー収支比に加え、本質的なエネルギー利用評価のために、エクセルギー収支比を提案した。その結果、必要とされるバイオマスの生産圃場面積が、エネルギーとエクセルギーの観点で、異なる結果になることが明らかになるとともに、バイオマスエネルギーを導入するための、システム設計上の安全率を考慮した議論が可能となった。さらに、意思決定支援手法による Analytic Network Process (ANP)モデルの構築により、異なるシナリオの中で最も適した代替案の選出が可能となった。また、ANP モデルでは、シナリオ、評価項目、代替案が同時に評価されることによって、従来の勘と経験による妥協プロセスから脱却し、より理論的な代替案の選出と意思決定が可能となった。したがって、本研究は、バイオマスエネルギー利用分野への応用に科学的かつ技術的助言が提供可能なオリジナリティに富む研究として高く評価できる。

平成 26 年 1 月 23 日、学位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および最終試験を行い、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断された。

よって、著者は博士（生物工学）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。