

審査の結果の要旨

氏名 吉田美佳

再生可能資源エネルギーとして木質バイオマスに世界の関心が集まっている。しかし、森林から需要家までのチップサプライチェーン構築について、森林作業、商流、関係者の便益といった観点からの理論的、総合的研究はまだ十分とはいえず、それゆえ産業界でも混乱が見られる。本研究は、森林内で作業可能な移動式チップパーを用いる作業システムに着目して、木質チップのサプライチェーンマネジメントについて、伐木集材システム、チップピング、輸送工程を分析することによってその本質を明らかにしようとした。

2章では、木質バイオマスの収集にとって、全木集材が必要不可欠で有用であるとの見解から、緩急両傾斜地で簡易な集材作業が可能なトラクタ付属ウィンチによる全木集材に着目して、その生産性を分析した。荷かけする材積が多いほど生産性が上昇することが明らかとなり、一度に荷かけするよりも最も遠い伐倒地点から順に荷かけすることによってウィンチロープの張力負担を軽減することができ、燃料消費を節約できることを提言した。

3章では、チップピング生産性のばらつきの予測がサプライチェーンマネジメントにとって重要であることから、統計モデルを構築してチップピング生産性の評価を行った。代表的な小型3機種と大型2機種のチップパーによるチップピング作業を観測し、材積と投入時間の確率分布を用いて実際に観測した作業を2,000回ないし4,000回再現し、それぞれ再現作業の平均値分布を求めた。この統計モデルを用いることで観測されたチップピング生産性を客観的に高精度で評価することが可能となった。

チップパーの生産性はエンジン出力と正の相関があり、エンジン出力の大きいチップパーほどチップピング費用を低減できるが、そのようなチップパーは広大な原料収集範囲を必要とし、一方でチップの輸送費用を増大させる。4章ではチップパーのエンジン出力と事業規模に応じて最も適切なチップパーサイズについて検討を行った。岩手県に設定したモデル地区において地理情報システムおよび回帰分析を用いて、エンジン出力53kWから571kWまで大小5種類のチップパーについて、チップピング工程と輸送工程間の相互作用も考慮したチップの輸送費用を分析し、461kWのエンジン出力をもつチップパーを利用したときにチップ供給費用は1,150円/層積 m^3 と最も安くなり、中型もしくは大型のチップパーが最適なチップパーであることを示した。また、エンジン出力が150kW以下の小型チップパーは、年間8,300層積 m^3 から12,700層積 m^3 程度の事業規模のときに平均1,780円/層積 m^3 というチップ供給費用を達成し、上述の最適化されたチップ供給費用と600円程度の差となった。この差を補填できれば小規模なサプライチェーン構築も有用であり、小型とそれ以上のチップパーの最適な組み合わせ及び配置を見つけることにより、バランスの取れた供給体制を地域に構築できることを提言した。

低位利用材の利用を促進するためには、移動式チップパーを用いて山土場において低位利用材をチップングしたときの経済性を明らかにする必要がある。5章では、小型移動式チップパーと高い生産性を持つ大型移動式チップパーの組み合わせからなる移動式チップパーのチップ供給費用を地理情報システムと線形計画法を用いて分析し、丸太材を用いる従来型のチップ供給費用と比較した。従来型システムのチップ供給費用はいくつかの小型移動式チップパーをバイオマス発電所の近くに配置した場合のチップ供給費用とほぼ同じであった。一方、大型移動式チップパーのみを利用した場合は従来型システムよりも供給費用は安かった。この結果から、たとえ大型移動式チップパーを導入できなくとも小型移動式チップパーを適切に配置することで、低位利用材を活用できることが明らかになった。

6章では木材の所有権に重点を置いて、サプライチェーンにかかわる利害関係者の役割を論じた。デンマーク王国において観察されたあるサプライチェーンを先進モデルとし、費用便益比を用いて分析した。チップング作業委託費用が2.8ユーロ/GJのとき、チップング作業者と国有林の費用便益比は1.2と高くはないが、それぞれ一日当たり984ユーロと1,671ユーロの利益を得ることが可能であった。このモデルサプライチェーンを構築する鍵は原材料を所有する利害関係者にあり、材の販売方法が重要であることを論じた。

本研究によって、チップ供給費用を構成する各作業の費用が明確になり、チップパーの選択や配置、材の販売方法といった戦略レベルでの意思決定もチップ供給費用に大きく影響を及ぼすことを明らかにし、すべての利害関係者が関与しながらサプライチェーンを管理することがサプライチェーンの最適化と内在する各工程の経済性向上に必要不可欠であることを提示し、その具体的方法の一端を示した。

以上の研究成果は、内外の木質チップサプライチェーンマネジメントにおいて学術上、応用上寄与するところが少なくない。よって、審査員一同は本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。