

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 28 日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25450214

研究課題名(和文) 中山間地域の経済・エネルギー自立のための未利用木質資源循環利用システムの構築

研究課題名(英文) Efficient production and supply system of woody biomass fuel for small sized, non-concentrated burning equipments

研究代表者

鈴木 保志 (Yasushi, Suzuki)

高知大学・教育研究部自然科学系農学部門・准教授

研究者番号：20216451

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：中山間地域の経済的・エネルギー的自立を目的として、人工林から発生する林地残材や放置薪炭林などの未利用広葉樹林からの木材を原料とした木質燃料を地域の温湯施設の熱源等に利用するなどの、未利用木質資源循環利用システムの構築を目指して研究を行った。木質チップ、木質ペレットに加えて薪にも着目し、原料の収集から加工、運搬、燃焼までの一連の工程を対象として、利用規模や燃料形態別に総経費を最小にする条件別のベストミックスを検討した。評価指標としては、消費エネルギー、地域雇用、資源利用可能量も考慮した。総経費については薪ボイラの有効性を示すことができ、その他の指標については今後引き続き検討していくこととした。

研究成果の概要(英文)：In order for rural mountainous area to be independent on economy as well as energy, regional utilization system of woody biomass was examined for logging residues from man-made forests and unused broad-leaved forests. The recovered wood is to be used for boiler facilities in the region. Fuel types were wood chip, wood pellets, and fire wood. The supposed best mixture of those fuel types were exploited subject to minimize total cost including recovering, processing, transportation, and final consumption at the facility. As of indices for evaluation, not only total cost, but also energy consumption, rural employment, and woody resource potential were considered. While effectiveness of fire wood boiler was proved for total cost, the other indices have not sufficiently examined so they should be further inspected.

研究分野：林業工学

キーワード：林学 森林工学 バイオマス 再生可能エネルギー 環境調和型農林業

1. 研究開始当初の背景

国内の木質バイオマス利活用に関するこれまでの研究では、機械化集材作業で未利用間伐材等を収集し、木質チップに加工して数市町村をまとめたあるいは県単位の計画区域から数ヶ所の発電プラント等に集中させて大規模化のメリットで効率性を高めるといった方向での検討が主であった。しかし、ここ数年国内各地で実施された木質バイオマス利活用実証事業では、こうした大規模電力利用方式は厳しい事後評価を受けている。原因としては、木質バイオマスの電力利用で収支が合うには相当の大規模化が必要だが、日本の中山間地では、そこまでの規模が確保できなかったことが第一である。熊崎(2011)は、近年における北欧・中欧等での事例や日本固有の国内状況を鑑み、木質バイオマスを効率よく利用するためには一定規模を確保したうえで熱電併給方式とするか、利用規模が小さい場合には熱利用を主とするべきであるとしていた。また、欧米諸国および日本においても、燃焼効率が高い薪用のボイラやストーブが開発および実用利用されており、チップやペレット以外の燃料形態として新たな薪の可能性も指摘されていた。

未利用間伐材や林地残材の収集については、高知県仁淀川町で行われた NEDO 事業において、高度に機械化された専門業者による大規模収集よりも、自伐林家方式の小規模収集が大きな出荷実績をあげた。申請者らによる分析では、低投資型の作業システムと、自家労働であること(会社等の雇用労働では労務費負担が大きい)ことが成功要因と考えられた。

2. 研究の目的

以上を踏まえ、本研究では、中山間地域の未利用木質バイオマス資源(人工林の針葉樹から発生する林地残材・里山林としてかつては薪炭材利用されていたが現在では放置され過密雑木林となっている未利用広葉樹材)を、地域の人材により利活用するシステムを構築することを目的とした。残材収集で実績のある仁淀川町をモデル地域とし、資源利用の持続性を確保したうえで、年中需要のある公共温湯施設・ハウス園芸暖房・家庭調理と冬季の家庭暖房といった小地域での熱利用における化石燃料の代替と、利活用システムへの地域住民の参画による雇用創出ひいては経済的自立を可能にすることを目指した。

本研究課題の申請時における当初の具体的な研究目的としては以下のような事項を定めた。すなわち、人工林の残材や里山雑木林の広葉樹材といった未利用木質資源を、地域の人手により燃料として利用するシステムを構築し、中山間地域の経済・エネルギー自立を目指す。木質燃料はチップ・ペレット・薪の3形態とする。まず、収穫から加工(チップ化・ペレット製造・薪割り・乾燥)まで、さらに利用施設までの配送と燃焼利用

までの経費とエネルギーを明らかにする。収穫・加工・配送では、生産性を重視した大規模集中型方式と、地域の雇用を重視した小規模分散型方式を併用する。システムの構築では、石油等価エネルギーから算出した最終消費場所での代替価格を目標経費とし、目標経費と地域資源からの循環利用可能量を制限条件、雇用可能人数と石油代替量を最大化条件とし、木質燃料3形態と生産2方式のベストミックスを検討する。

3. 研究の方法

これらの目的を達成するために、以下の方法で研究を実施することとした。

(1) 木質チップ・ペレット・薪の3形態の木質燃料について、収集・加工・配送工程における経費を、チップとペレットについては既存資料をもとに、薪については作業調査と経費分析により明らかにし、各工程のエネルギー消費を算出する。

(2) 燃焼装置による実熱効率実験を実施し、燃焼工程も含めたエネルギー収支を明らかにする。

(3) 維持管理経費を得る必要があるため、データが少ない薪形態については実験室で長期間の実使用実験を実施する。

(4) モデル地域を設定し、地域内の森林施業情報から、人工林の残材と未利用広葉樹材の持続的利用可能量を算出する。

(5) 最後に、モデル地域について、石油等価エネルギーから算出した最終消費場所での代替価格を目標経費とし、経費と地域資源からの循環利用可能量を制限条件、雇用可能人数と石油代替量を最大化条件とし、木質燃料3形態と生産2方式のベストミックスを検討する。

4. 研究成果

研究方法の項目に即して、得られた研究成果を以下の(1)~(5)に、付加的に得られた成果について(6)に概要を記す。また、研究期間中に達成できなかった成果と残された課題について、(7)に記す。

(1) 木質チップ・ペレット・薪の3形態の木質燃料のうち、既往の成果では明らかにされていなかった薪形態について、作業調査と経費分析により、収集・加工・配送工程における経費を算出し、薪ボイラ用など加工度が低い場合には、薪形態の木質燃料は最も安価な木質燃料となりうることを明らかにした(論文 ; 発表、)。薪の生産経費については国内の事例を整理し、本研究の作業調査で得られた値がボランティアなど非熟練労働者に関しては一般的なものであることを確認できた(論文 ; 発表、)。原料となる林地残材の地域的な収集経費については、地域に点在する廃校になった小学校を中間土場として利用することで、自伐林家など小規模な収集方式でも効率が良くなることが示された(図書)。

(2) いの町に導入された温浴施設の薪ボイラについて、エネルギー収支を試算し、薪ボイラ 1 基で 600 人分の CO₂ 排出量削減効果があることを示した(図書)。

(3) 本研究費を用いて実験室に薪ストーブを設置し、入力指標を樹種別の薪の投入量と含水率、出力指標を実験室内の温度分布として一連の実験を行ない、実際的な燃焼効率と暖房効率を明らかにした(論文 ; 発表)。

(4) 薪ボイラ 1 基分が消費する燃料は、スギ人工林 200ha の年間成長量に相当することを示した(図書)。林地残材および未利用広葉樹林の利用については、大規模利用の場合に用いられるパネルトラックでの実用積率を調査し、丸太形態と枝条形態を混載することで運搬効率が高くなる可能性を示した(発表、)。さらに、未利用広葉樹林の皆伐試験作業を調査し、架線集材では発電利用想定の方の買取価格でも経費収支は厳しいが、一定以上の径級の大きな材のみを集材対象とするなどの工夫で収支の向上が見込めることなどを明らかにした(発表、)。

(5) 木質燃料の形態別総経費について、既往成果で明らかにした木質チップおよび木質ペレットに薪も加えて一連の試算を行ない、薪形態の燃料は、ボイラ燃料として使用した場合、条件別の総経費は生チップと乾燥チップの中間的特性を示すことを明らかにした(発表)。木質バイオマス燃料の地域利用に関して、地域経済や地域林業との関係で個人林家の収入補填や地域経済の活性化につながる可能性について、事例研究をもとに論じた(論文、 ; 発表、)。薪ボイラの地域利用は、地域内経済循環を向上させ、一定量の雇用増加を果たすことができることを示した(図書)。

(6) 付加的に得られた成果では、(1)に関連して、加工工程で必要となる自然乾燥についての既往の研究では、樹種や材の大きさ、初期含水率などを条件に乾燥速度が調べられてきたが、分割材の断面別に乾燥速度を計測する実験により、樹種別・断面(木口面・柃目面・樹皮)別に開放断面積あたりとして乾燥速度を求め、異なる大きさや分割方式の材に一般化した乾燥速度の推定式を構築できる可能性を示した(発表)。(4)のトラック運搬の効率については、この研究では対象外としていた発電利用事業に関わる調査研究での成果だが、運搬に必要なトラックの延べ台数は数割の削減でも全体に与える効果は大きく、さらに詳細に検討していく価値がある成果と考えられる。また、経費を評価するうえで、投資とその結果得られる生産性の向上のバランスが重要である。(1)や(5)の研究項目に関連する基礎的な知見として、投資と生産性を座標して示し、その組み合わせとして得られる経費を座標上の等値線として表す方法を考案し、その有効性を伐出作業の事例を適用することで明らかにした(論文)。本研究で着目している小規模林業について

もこの手法を適用し、自家労働の場合など条件によっては大型機械を用いる大規模なシステムにも経費的に劣らない有効性があることを示した(論文)。

(7) 項目(1)と(2)については経費面での検討は行なうことができたが、エネルギー収支については十分な実施ができていない。また、項目(5)についても、総合的な検討とベストミックスとしての地域的な利用システムの提示は十分でない。エネルギー消費や CO₂ 排出量については LCA ソフトを導入し、研究期間内では検討途中までとなった。これについては今後研究を進め、2016 年 8 月に学会で発表を行なう予定である(発表)。発表 ~ については論文として公表した。発表 については投稿論文が受理され印刷中である。この成果に加え、発表 ~ の成果については投稿準備中であり、発表 についても発表後、論文としての投稿を行なう予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 7 件)

Suzuki, Y., Osindi, B., Mori, D., Matsumoto, M. and Gotou, J.: Practical Options of Small-scale Forest Operations and Management for Non-industrial Landowners in Japan: Timber Product Improvement and Regional Woody Biomass Utilization. In: Proceedings of the 38th Annual Meeting of the Council on Forest Engineering - Engineering Solutions for Non-industrial Private Forest Operations -, July 19- 22, 2015 - Hilton Hotel Downtown Lexington, Kentucky, USA: 306-317. 2015. 査読無

鈴木保志・Ahmad Hidayat Setiawan・後藤純一:人工林の高齢級化にともなう伐出システムの観点から見た路網整備の方向性と課題. 日本森林学会誌 97: 191~202. 2015. 査読有

DOI: 10.4005/jjfs.97.191

Takamura, K., Mori, D., Gotou, J., Suzuki, Y.K.: A case study of wood fuel utilization by community forestry for sustainable, cost-effective management of a local forest in Japan. The International Forestry Review 16(5):398. 2014. 査読有

DOI: 10.1505/146554814814281701

鈴木保志:木質バイオマス利用の方向性. 森林利用学会誌 30: 11~16. 2015. 査読有

鈴木保志・高村香菜子・渡辺靖崇・森大記・吉田貴紘・北原文章・中山琢夫・後藤純一:小規模分散型木質バイオマス燃料としての薪の生産供給システムと経費の検討. 森

林利用学会誌 29 : 157 ~ 163 . 2014 . 査読有

Suzuki, Y., Yoshimura, T. and Sugimoto, J.: Community forestry for sustainable, cost-effective management of local forests: Case study of wood fuel utilization in Japan and plantation management in Indonesia. In: Seca Gandaseca, Osumanu Haruna Ahmed, Shahrul Razid Sarbini, Khairulmazmi Ahmad, Zamri Rosli, and Roland Kueh Jui Heng (Eds.) Proc. of 2nd International Symposium on Tropical Forest Ecosystem Science and Management: Challenges and Solutions, 11-13 September 2013, Dewan Sri Kenyalang, University Putra Malaysia Bintulu Sarawak Campus, Malaysia. (ISBN 978-967-12140-0-8):47-51. 2013. 査読無

Setiawan, A.H., Suzuki, Y., and Gotou, J.: Classification of forest operations with regard to hourly cost to productivity balance - A proposal of a framework for analysis of the relationship between hourly cost and productivity using a simple chart -. Journal of the Japan Forest Engineering Society 28 : 143-148 . 2013 . 査読有

[学会発表](計 13件)

鈴木保志:木質バイオマスボイラ用燃料の地域供給システムにおけるベストミックス.第25回日本エネルギー学会大会、2016年8月9-10日、工学院大学、東京都新宿区.

Birundu, Osindi; Yasushi Suzuki; Jun'ichi Gotou; Mika Matsumoto: Proposing value addition method to woody biomass for Kenyan forestry in reference to Japanese forestry. 日本森林学会第127回大会、2016年3月27-30日、日本大学生物資源科学部、神奈川県藤沢市.

鈴木保志・有賀一広・吉岡拓如・當山啓介:高知県における木質バイオマス発電の現状と課題.日本森林学会第127回大会、「企画シンポジウム S3:2016年問題 - 発電所は燃料の未利用木材を安定的に確保できるのか?」, 2016年3月27-30日、日本大学生物資源科学部、神奈川県藤沢市.

Suzuki, Y. : Best mixture of woody biomass heating facilities with regard to fuel type, facility size, and availability of regional resource: An approach with sensitivity analysis and life cycle assessment. FORATH2016, March 16-17, 2016, Shiga University, Hikone(滋賀県彦根市).

鈴木保志・福田雄治・山岡雄一郎・稲井康秀:発電利用を想定した林地残材のトラッ

ク輸送における容積比重測定と充填効率向上に関する一考察.第11回バイオマス科学会議、2016年1月20日、朱鷺メッセ、新潟県新潟市.

鈴木保志・山崎真・渡辺直史・福田雄治:木質バイオマス事業への供給を想定した架線集材による広葉樹皆伐作業の生産性.森林利用学会第22回学術研究発表会、2015年12月5日、鹿児島大学農学部、鹿児島県鹿児島市.

Suzuki, Y., Osindi, B., Mori, D., Matsumoto, M. and Gotou, J.: Practical Options of Small-scale Forest Operations and Management for Non-industrial Landowners in Japan: Timber Product Improvement and Regional Woody Biomass Utilization. The 38th Annual Meeting of the Council on Forest Engineering - Engineering Solutions for Non-industrial Private Forest Operations -, July 19- 22, 2015 - Hilton Hotel Downtown Lexington, Kentucky, USA.

Takamura, K., Mori, D., Gotou, J., Suzuki, Y.K.: A case study of wood fuel utilization by community forestry for sustainable, cost-effective management of a local forest in Japan. Sustaining Forests, Sustaining People: The Role of Research - XXIV IUFRO World Congress, 5-11 October 2014, Salt Lake City, USA.

鈴木保志・山下祐也・後藤純一:薪形態木質バイオマスの断面別乾燥速度計測による樹種・形状別自然乾燥速度の考察.日本森林学会第126回大会、2015年3月26-29日、北海道大学、北海道札幌市.

鈴木保志・福田雄治・山岡雄一郎・稲井康秀:発電利用を想定した林地残材のトラック輸送における容積比重測定試験.森林利用学会第21回学術研究発表会、2014年10月26日、東京農業大学世田谷キャンパス、東京都世田谷区.

鈴木保志:木質バイオマス利用の方向性.平成26年度森林利用学会シンポジウム「伐出技術を考える」, 2014年3月30日東京大学農学部2号館2階第一講義室、東京都文京区.

鈴木保志・高村香菜子・森大記・後藤純一:小規模分散型木質バイオマス燃料としての薪の生産供給システムと経費の検討.森林利用学会第20回学術研究発表会、2013年11月29日、石央文化ホール、島根県浜田市.

Suzuki, Y., Yoshimura, T. and Sugimoto, J.: " Community forestry for sustainable, cost-effective management of local forests: Case study of wood fuel utilization in Japan and plantation management in Indonesia." 2nd International Symposium on Tropical

Forest Ecosystem Science and Management: Challenges and Solutions, 11-13 September 2013, Dewan Sri Kenyalang, University Putra Malaysia Bintulu Sarawak Campus, Bunturu, Malaysia. 2013.

〔図書〕(計 2件)

BスタイルPJ研究グループ 田内裕之・鈴木保志・北原文章:林地残材収集運搬 - 小規模化を可能にする土場設置方法 - .(林業改良普及双書 No.181 林地残材を集めるしくみ .酒井秀夫・田内裕之・鈴木保志・北原文章・吉田智佳史・岩井俊晴・保木国泰・島根県雲南市産業振興部農林振興課・三宅 学・丹羽健司・岡山県農林水産部林政課・廣瀬可恵・岩澤勝巳・岩崎新二・北海道水産林務部林務局 ,全国林業改良普及協会 ,東京 ,192pp). 26 ~ 41 . 2016 .

BスタイルPJ研究グループ 田内裕之・鈴木保志・吉田貴紘・垂水亜紀・北原文章・中山琢夫:薪ボイラーの小規模システムの経済効果分析 地域主体のシステム作り . (林業改良普及双書 No.182 木質バイオマス熱利用でエネルギーの地産地消 相川高信・伊藤幸男・管真由美・紫波グリーンエネルギー株式会社・中岸良太・小木曾秀美・BスタイルPJ研究グループ・三木 聡・森 大顕 ,全国林業改良普及協会 ,東京 ,224pp). 118 ~ 135 . 2016 .

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

鈴木 保志 (SUZUKI Yasushi)

高知大学・教育研究部自然科学系農学部
門・准教授

研究者番号: 2 0 2 1 6 4 5 1

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし