

平成21年 6月11日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18780121
 研究課題名（和文） 中山間地域における森林バイオマス資源の長期的な利用計画と二酸化炭素排出量削減効果
 研究課題名（英文） Long-term feasibility of forest biomass resources in a mountainous region in Japan
 研究代表者
 吉岡 拓如（YOSHIOKA TAKUYUKI）
 日本大学・生物資源科学部・助手
 研究者番号：00409070

研究成果の概要：

本研究は、森林の齢級構成と成長量に基づいた伐採計画を立案し、将来の生産量を推定することにより、森林バイオマスの長期的な利用計画手法を構築した。モデル地域を設定し、地域の森林資源の分布状況や地形傾斜、林道・一般道の配置を地理情報システム（GIS）を用いて整理することで、地域の実状を反映した検討を行った。また、収穫・輸送システムで稼働する機械の重量、燃料消費料等のデータをもとに、二酸化炭素排出量（CO₂）の算出モデルを作成し、既存の化石資源を燃料とするプラントを森林バイオマスで代替した場合の、地域におけるCO₂排出量の削減効果を算定する手法を構築した。

交付額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2006年度 | 1,500,000 | 0 | 1,500,000 |
| 2007年度 | 600,000 | 0 | 600,000 |
| 2008年度 | 600,000 | 180,000 | 780,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 2,700,000 | 180,000 | 2,880,000 |

研究分野：森林利用学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：森林バイオマス、中山間地域、長期的な利用計画、二酸化炭素排出量削減効果、供給曲線、資源量、収穫・輸送・粉砕コスト、地理情報システム

1. 研究開始当初の背景

2005年2月の京都議定書発効により、わが国には、第一約束期間（2008年～2012年）の温室効果ガス平均排出量について、基準年比で6%の削減が義務づけられた。このことは、再生可能かつカーボン・ニュートラルである「エネルギー源としての生物資源」の総称としての「バイオマス」の利用の、大きな推進力となると考えられる。一方、2002年12月に閣議決定された「バイオマス・ニッポ

ン総合戦略」では、域内に賦存する廃棄物系バイオマスの90%以上、または未利用バイオマスの40%以上の総合的な利活用を進める「バイオマスタウン構想」が掲げられた。構想では、2022年までに、全国の市町村を単位とした「バイオマスタウン」500箇所の実現が目標とされている。

わが国の林業は長い間不振が続いているが、なかには機械化が進まず木材生産のコストダウンを図れない地域も少なくない。一方、

このような林業を基盤とするいわゆる中山間地域では、近年、森林バイオマスのエネルギー利用が注目を集めている。これは地域振興、そして間伐の遅れた人工林の手入れによる森林の公益的機能の維持に寄与することが期待されているためと考えられる。実際に地域で森林バイオマスをエネルギーとして利用するためには、どの程度の資源量がどの程度のコストで調達できるかを把握することが重要である。わが国では、木質バイオマスの供給曲線を作成した事例があるものの、これは現時点での発生量を推定したものにすぎない。エネルギープラントのような社会インフラの稼働のためには、燃料の長期間、安定的な供給が必須である。森林施業の計画期間に応じて木材と森林バイオマスの生産量を安定させる「平準化」のプロセスを経たうえで、森林バイオマスの資源量と収穫・輸送コストの関係の分析を行い、その結果をもとに利用可能量を検討する方法が有効である。

2. 研究の目的

わが国の林業を基盤とするいわゆる中山間地域では、近年、森林バイオマスのエネルギー利用が注目を集めている。エネルギープラントのような社会インフラの稼働のためには、燃料の長期間、安定的な供給が必須であり、このとき、森林施業の計画期間に応じて木材と森林バイオマスの生産量を安定させる「平準化」のプロセスを経たうえで、森林バイオマスの資源量と収穫・輸送コストの関係の分析を行い、その結果をもとに利用可能量を検討する方法が有効である。

そこで本研究は、森林の齢級構成と成長量に基づいた伐採計画を立案し、将来の生産量を推定することにより、森林バイオマスの長期的な利用計画手法を構築する。モデル地域を設定し、地域の森林資源の分布状況や地形傾斜、林道・一般道の配置を地理情報システム（GIS）を用いて整理することで、地域の実状を反映した検討を行うことを目指す。また、収穫・輸送システムで稼働する機械の重量、燃料消費料等のデータをもとに、二酸化炭素排出量（CO₂）の算出モデルを作成し、既存の化石資源を燃料とするプラントを森林バイオマスで代替した場合の、地域におけるCO₂排出量の削減効果を算定する手法を構築する。

3. 研究の方法

(1) 平成 18 年度

本研究課題の初年度には、GIS を用いた基礎データの整備を行う。具体的には、①木材と森林バイオマスの資源量の算出、②森林の地理的な条件の算出、③森林バイオマスの収穫・輸送システムとコスト計算式の構築およ

び収穫・輸送コストの算出である。

①については、モデル地域における森林の区分である「小班」の形状と位置について、モデル地域の位置する県が作成したベクタデータを GIS に取り込む。その際、森林資源の分布状況に関するデータとして、県が作成した森林簿と森林資源現況表を併せて取り込む。この作業の後、GIS 上の森林簿データに記載された各小班の「蓄積」の項目に係数を乗じることで、木材と森林バイオマス資源量を算出する。

②については、木材と森林バイオマスの収穫・輸送基盤となる林道・一般道と、等高線に関するデータを GIS に入力したあと、GIS ソフトウェアの機能を活用して、小班ごとに林道までの集材距離、エネルギープラントまでの輸送距離、地形傾斜を算出する。

③については、②で算出された地理的条件をもとに、小班ごとに収穫・輸送システムを決定する。一方でその地理的条件、つまり地形傾斜、集材距離、輸送距離を変数とするコスト計算式を作成する。この計算式を各小班の地理的条件に適用し、収穫・輸送コストを算出する。

以上の作業により、GIS 上でのデータの一元的な管理を可能とすることを目標とする。

なお、本研究課題で新たに必要の生じた資料・データは県への申請により入手する。また、収穫・輸送システムの構築およびコスト計算式の作成の際、申請者の手元にないデータについては、林業の作業現場で調査を行うことにより補完する。

(2) 平成 19 年度

本研究の 2 年目には、計画期間の木材と森林バイオマスの生産量を平準化する手法を構築する。ここでは、プログラミングソフトを用いたシミュレーションが中心となる。まず、モデル地域の林分収穫表にリチャード成長曲線を適用することで、各小班の毎年の成長量を再現できるようにする。各年の成長量が再現可能となったことで、本研究の初年度に作成した計算式より、各小班の伐採が決まった時点における、木材と森林バイオマスの生産量および収穫・輸送コストを算出することが可能となる。以上の手続きのうえで、ランダムサーチを用いた平準化手法を構築する。この手法は、木材と森林バイオマスの生産量を、設定した水準で毎年確保しながら、計画期間を通じた平均収穫・輸送コストが最小となるように、小班の伐採時期を決定するものである（コストについては、利子率を考慮して現時点でのコストに換算する）。設定した森林バイオマスの生産量と、算出された収穫・輸送コストを用いれば、計画期間に対応した長期的な森林バイオマスの供給曲線が作成できる。これをもとに、モデル地域における森林バイオマスのエネルギー利用の

可能性を議論する。

一方、CO₂排出量削減効果の算定手法の構築については、まず森林バイオマスの収穫・輸送システムにおける二酸化炭素排出量の計算式を、システムで使用される機械別に作成する。林業機械の燃料消費量データのうち現時点で不足しているものについては、現地調査やメーカーへの聞き取りで補う。またモデル地域のエネルギー消費構造を調査し、最適なバイオマス代替シナリオを考案することが理想ではあるが、まずは地域の消費電力の構成を調査し、電力消費に伴うCO₂排出量を算出する。次に毎年の資源量に小班で採用される収穫・輸送システム別の計算式を適用することで、バイオマス発電によるCO₂排出原単位を算出する。最後に、地域の発電システムを森林バイオマスで代替した場合の、毎年のCO₂排出量削減効果を提示する。

(3) 平成 20 年度

前年度構築したランダムサーチを用いた平準化手法は、木材と森林バイオマスの生産量を、設定した水準で毎年確保しながら、計画期間を通じた平均収穫・輸送コストが最小となるように、小班の伐採時期を決定するものである。今年度はこの手法をもとに、数段階に設定した森林バイオマスの生産量と、初年度に作成した収穫・輸送コストの計算式を用い、計画期間に対応した長期的な森林バイオマスの供給曲線（資源量とコストの関係を表したグラフ）を作成する。そして、段階別に作成されたバイオマス供給曲線をもとに、モデル地域における森林バイオマス資源のエネルギー利用の可能性を経済面から議論する。

また、これも昨年度に作成した森林バイオマス資源収穫・輸送システム別のCO₂排出量の計算式を、毎年生産される森林バイオマス資源量に小班単位で適用することにより、バイオマス発電のCO₂排出原単位（発電量 1 kWhあたりのCO₂排出量）を算出する。最後にモデル地域の電力消費に伴うCO₂排出量の計算結果をもとに、地域の発電システムを森林バイオマス資源で代替した場合の、毎年のCO₂排出量削減効果を提示する。

4. 研究成果

(1) 平成 18 年度

まず、モデル地域における森林の区分である「小班」の形状と位置について、モデル地域の位置する県が作成したベクタデータと、森林資源の分布状況に関するデータとして、県が作成した森林簿と森林資源現況表をGISに取り込む作業を行った。この作業の後、GIS上の森林簿データに記載された各小班の「蓄積」の項目に係数を乗じることで、木材と森林バイオマス資源量を算出した。

森林の地理的な条件については、木材と森

林バイオマスの輸送基盤となる林道・一般道と等高線に関するデータをGISに入力した後、GISソフトウェアの機能を活用して、小班ごとに林道までの集材距離、エネルギープラントまでの輸送距離、地形傾斜を算出した。

森林バイオマスの収穫・輸送・粉砕システムについては、上記により求めた地理的条件をもとに、小班ごとにシステムを決定した。一方でその地理的条件、つまり地形傾斜、集材距離、輸送距離を変数とするコスト計算式を作成し、この計算式を各小班の地理的条件に適用することで、収穫・輸送・粉砕コストを算出した。

(2) 平成 19 年度

計画期間の木材と森林バイオマスの生産量を平準化する手法を構築した。まず、モデル地域の林分収穫表にリチャード成長曲線を適用することで、各小班の毎年の成長量を再現できるようにした。各年の成長量が再現可能となったことで、初年度に作成した計算式より、各小班の伐採が決まった時点における、木材と森林バイオマスの生産量および収穫・輸送コストを算出することが可能となった。以上をふまえ、ランダムサーチを用いた平準化手法を構築した。この手法は、木材と森林バイオマスの生産量を、設定した水準で毎年確保しながら、計画期間を通じた平均収穫・輸送コストが最小となるように、小班の伐採時期を決定するものである。この手法により、設定した森林バイオマスの生産量と、算出された収穫・輸送コストを用いれば、計画期間に対応した長期的な森林バイオマスの供給曲線の作成が可能となる。今後はこれをもとに、モデル地域における森林バイオマスのエネルギー利用の可能性を議論する。

一方、CO₂排出量削減効果の算定手法の構築については、まず森林バイオマスの収穫・輸送システムにおけるCO₂排出量の計算式を、システムで使用される機械別に作成した。林業機械の燃料消費量データのうち現時点で不足しているものについては、現地調査やメーカーへの聞き取りで補った。またモデル地域のエネルギー消費構造を調査し、最適なバイオマス代替シナリオを考案することが理想ではあるが、まずは地域の消費電力の構成を調査し、電力消費に伴うCO₂排出量を算出した。

(3) 平成 20 年度

ランダムサーチを用いた平準化手法をもとに、数段階に設定した森林バイオマスの生産量と、収穫・輸送コストの計算式を用い、計画期間に対応した長期的な森林バイオマスの供給曲線（資源量とコストの関係を表したグラフ）を作成した。そして、段階別に作成されたバイオマス供給曲線をもとに、モデル地域における森林バイオマス資源のエネルギー利用の可能性を経済面から議論した。

また、森林バイオマス資源収穫・輸送システム別のCO₂排出量の計算式を、毎年生産される森林バイオマス資源量に小班単位で適用することにより、バイオマス発電のCO₂排出原単位（発電量 1 kWhあたりのCO₂排出量）を算出した。最後にモデル地域の電力消費に伴うCO₂排出量の計算結果をもとに、地域の発電システムを森林バイオマス資源で代替した場合の、毎年のCO₂排出量削減効果を提示した。

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 15 件）

- ① Yoshioka, T., Kobayashi, T., Sugiura, K., and Inoue, K., Feasibility of integrating fragmented, small-size, and dispersed private forest areas: A case study on the Odawara City Forest Owners' Association, Kanagawa Prefecture, Journal of the Japan Forest Engineering Society, 23(4), 227-232, 2009, 査読有
- ② Yoshioka, T., Sakurai, R., Aruga, K., Nitami, T., Sakai, H., and Kobayashi, H., Comminution of logging residues with a tub grinder: Calculation of productivity and procurement cost of wood chips, Croatian Journal of Forest Engineering, 27(2), 103-114, 2006, 査読有
- ③ Yoshioka, T., Aruga, K., Nitami, T., Sakai, H., and Kobayashi, H., A case study on the costs and the fuel consumption of harvesting, transporting, and chipping chains for logging residues in Japan, Biomass and Bioenergy, 30(4), 342-348, 2006, 査読有

(ほか12件)

〔学会発表〕（計 13 件）

- ① 吉岡拓如・小林龍雄・井上公基, 小規模私有林の団地化の可能性に関する検討－神奈川県小田原市森林組合を対象としたケーススタディー, 第15回森林利用学会研究発表会, 平成20年11月16日, 東京大学
- ② Yoshioka, T. and Inoue, K., Operational planning of thinning the boreal coniferous plantation forest at an early age: A case study on the Nihon University Forest in Hokkaido, IUFRO All Division 3 Conference "Pathways to Environmentally Sound

Technologies for Natural Resource Use", June 16, 2008, Sapporo Convention Center

- ③ 吉岡拓如・井上公基, 日本大学北海道演習林における間伐作業計画, 第119回日本森林学会大会, 平成20年3月27日, 東京農工大学
- ④ Yoshioka, T. and Matsumura, Y., Report on the investigation tour to Thailand, Biomass Asia 2006 Meeting "Report on the Investigation and Technological Exchange Projects Concerning Sustainable Agriculture and Environmental Problems", March 19, 2007, Zenbeihan Shokuryo-kaikan Building

(ほか9件)

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉岡 拓如 (YOSHIOKA TAKUYUKI)
日本大学・生物資源科学部・助手
研究者番号：00409070

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし