

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：14701
研究種目：基盤研究(C)
研究期間：2012～2014
課題番号：24560665
研究課題名(和文) 中山間地域における生態系サービスと土木・環境技術によるスマートコミュニティ構築

研究課題名(英文) Construction of Smart Community by Utilizing Eco-System Services and Civil & Environmental Technologies in Mountain-Ringed Regions

研究代表者
吉田 登 (YOSHIDA, Noboru)
和歌山大学・システム工学部・教授

研究者番号：60263224
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、森林バイオマスの生態系サービスを活用した中山間地のスマートコミュニティへの付加価値転換による社会への効果を明らかにするため、森林バイオマスの生態系サービスを活用する技術社会システムの導入が地域の環境及び社会経済に及ぼす影響について評価するモデルを開発し、これを先導的な森林バイオマス利用を社会実験的に進めている日高川町の木質パウダー事業に適用して評価した。さらに森林バイオマスの生態系サービスの価値を市場に内部化する手法としての炭素クレジットに着目した応用研究として、施設園芸農家による過去のCO₂削減努力が炭素クレジット制度活用時の便益に及ぼす影響の分析を行った。

研究成果の概要(英文)：This research aims to clarify societal effects of the converting secluded places among the mountains into smart community areas by utilizing eco system services of wooden biomass. We developed several models to evaluate the effects of implementing socio-technological systems on local environment and economy, and applied them to the wooden power project in Hidakagawa town. In addition, we evaluated effects of the early action to reduce CO₂ emissions in greenhouse horticulture on benefits from utilization of carbon credit scheme.

研究分野：環境システム

キーワード：森林バイオマス 生態系サービス CO₂クレジット 産業連関分析

1. 研究開始当初の背景

(1) 公共財である生態系が有する資源の供給サービスや防災等の調整サービスは広く社会に便益を及ぼすが、実際にその生態系サービスに五感で触れ体感することによりその価値をより深く認識しうる。そのため、レクリエーションなどの文化的サービスを組み合わせることの可能な、環境価値誘発型の社会技術が重要である。これに対し、環境省では 2025 年を「環境と経済の好循環」の一つの到達点と位置づけ、「第 3 次産業で生きる環境のわざ」がこのような好循環を促すために有効であり、環境価値誘発ビジネスは、そのような環境のわざの本流をなすものとされている。

(2) 生態系サービスの 1 つである供給サービスでは、生態系が生み出す再生可能エネルギー源であるバイオマスの価値を促進させる仕組みとして、例えばグリーン電力証書の社会技術が知られているが、これらの社会技術を有効に作用させるためには、サービス享受者の環境価値への認識構造に関する知見やこのような価値サービスが付加されることで発生する情報や金融部門との財・サービス流を含めた産業構造変化を含めた地域の環境経済への効果に対する知見が重要であり、本研究ではこれらの知見を中山間地での先導的な取り組みの中で、実践的に明らかにすることを試みる研究である。

2. 研究の目的

(1) 中山間地域を対象に中山間地域内での木質バイオマス利活用における、エコポイント活用による価値創出・価値流通の効果を表現する、産業連関評価モデルを構築する。本モデルを、先導的な森林バイオマス利活用を社会実験的に進めている日高川町の木質パウダー事業に適用して評価する。

(2) さらに森林バイオマスの生態系サービスの価値を市場に内部化する手法としての炭素クレジットに着目した応用研究として、施設園芸農家による過去の CO2 削減努力が炭素クレジット制度活用時の便益に及ぼす影響の分析を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 未利用間伐材のパウダー燃料化による環境面及び経済面の効果については、以下の方法により実施した。

間伐材量の検討燃料化の対象となる間伐材搬出対象地域抽出は GIS 解析により行う。基本データは和歌山県森林簿（森林 GIS）を利用して対象地区の材積までを予測する。その後、近隣森林組合の間伐実績値にもとづき搬出可能な潜在的な間伐材量を予測する。

パウダー燃料の検討パウダー燃料の製造時 GHG 排出量検討用基礎数値や燃料としての性状は、既存の製造設備のある県森連・御坊

共販所で行った調査データにもとづいて設定する。

GHG 排出量削減効果の検討 GHG 排出量予測の範囲は増加要因（作業道建設、伐採作業、収材作業、間伐材運搬、パウダー燃料製造）、削減要因（パウダー燃料利用による A 重油代替）とする。本検討ではライフサイクルでの GHG 排出量を評価できる原単位を用いて検討を行う。

経済性の検討 経済性の検討では、日高川町の産業連関表を作成して、町内での経済波及効果の検討を行う。対象の活動は燃料製造とその売却による効果であるが、間伐材に対する補助も考慮する。比較対象として燃料を A 重油購入で代替する場合を想定する。

(2) 施設園芸農家による過去の CO2 削減努力が炭素クレジット制度活用時の便益に及ぼす影響の分析については、

CO2 削減の取り組み方として、1965～1995 年の期間における重油焚きボイラへの更新パターンを複数作成する。その上で、そこで必要となる熱量と燃料消費量に基づいて、2009 年までの累積 CO2 排出量を推計する。次に、すべてのパターンが 2010 年にクレジット制度を活用して設備更新を行うものとして、その際の代替技術オプションとしてヒートポンプやバイオマスボイラなどを設定する。本研究ではこの技術選択を更新ケースとし、ケースごとに CO2 削減量、エネルギーコスト削減額、投資回収年数を算定する。以上から、過去の CO2 削減努力の違いによる影響を比較評価する。

早期実施者に配慮した制度の設計に向けた示唆を得るために、各更新パターンが最も設備更新に消極的なパターンに比して不利とならない措置を概括的に把握する。ここでは、初期費用の補助額および削減クレジットの取引単価を政策変数として扱い、投資回収年数が同一になる条件を導出する。

4. 研究成果

(1) 未利用間伐材のパウダー燃料化による環境面及び経済面の効果については、以下の成果を得た。

GHG 排出量検討結果
和歌山県日高川町における植林後 25 年の間伐材を用いたパウダー燃料化における GHG 排出量の収支を図 1 に示す。

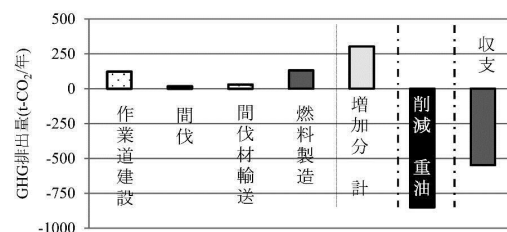


図 1 GHG 排出量の収支

増加要因としては作業道建設と燃料製造が大きい。全体削減量は、燃料利用での削減

量に対して約70%で年間約550t-CO2となる。この数値は、やや古いデータになるが検討対象である日高川町の平成19年度の町役場における公務によるGHG排出量の1/4程度に相当する。

パウダー燃料に関する比較評価木質バイオマスエネルギーに関する効率性評価についてはエネルギー収支比(ERP)による土屋等の事例がある。ERPはE0/EIにより計算される(但しE0:出力エネルギー(回収燃料の発熱量),EI:総入力エネルギー(間伐,輸送,燃料製造等))。ここでは,ペレット及びチップ燃料と擬似的なERPで比較を行う。入力エネルギーの算定範囲は,製造設備とする。既往文献での構成比を見ると製造設備で75%前後となっていて概略としてはERP値を押さえられるうえ,本研究では新しい燃料形態(製造法)を検証しており,他の要素は検討条件によって異なることから,むしろ製造設備のみの比較が適している。出力エネルギーの計算には湿基準低位発熱量を用いた。結果,参照文献でのペレットの擬似的ERPは4.6~6.6の範囲でチップでは6.5となったのに対しパウダー燃料では3.7という値になり,事例に劣る結果となった。ただし,調査は物質収支を計測しやすいようにするためバッチ処理としたため,立ち上げ,立ち下げ時に効率が低下している(県森連へのヒアリングによると県森連が把握している連続運転での時間効率(単位時間当たり製造量)は,調査で得た値の約1.5倍であった)こと,設置前に製造工場で行った試験運転では,ほぼ2倍の時間効率であったこと,昨年度から稼働している新宮市では事前試験に近い時間効率となっていることを勘案すると参照文献からの計算値は6.5~8.1の範囲であり,パウダー燃料では6.5となり,低い数値であるが近い数値となった。

直接効果額を使って推計した経済波及効果と就業・雇用効果を図2に示す。

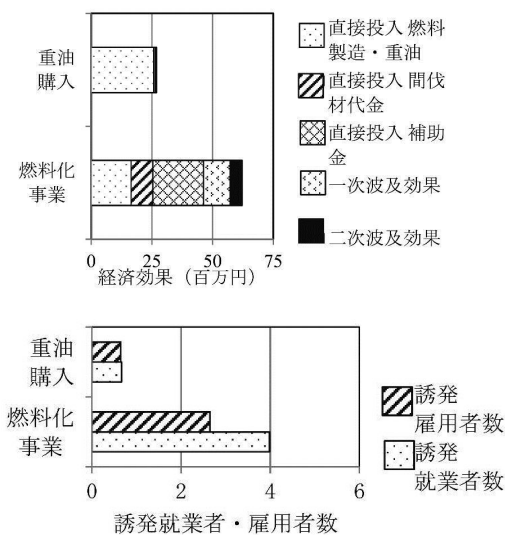


図2 経済波及効果と就業・雇用効果
全体額としては燃料化事業が約62百万円,

重油購入が約27百万円で前者が後者の2倍以上の値となった。直接効果では燃料事業は補助金分が加算されており,その差が両者の差の最大要因となっている。また,重油購入では一次・二次波及による効果は4%程度なのに対して,燃料事業では26%程度となっているため,波及効果でも明らかな差が出ている。このような結果になったのは,重油等の石油製品に関わる企業等が町内には販売業者程度であるために,重油購入代金のほとんどが町外に移動するためと考えられる。就業者,雇用者については重油購入では増加が0.5人程度とほとんど見込めないのに対して燃料事業では就業者で4.0人,雇用者2.7人程度の誘発が見込むことができる。この人員は,町の経済状況を大きく変化させるには至らないものの,好影響を見込めることは確実である。一方で,経済効果の差の最大要因が補助金であり,林業の継続には補助金が重要な要素であるという問題もあらためて認識できる結果となった。

(2) 施設園芸農家による過去のCO2削減努力が炭素クレジット制度活用時の便益に及ぼす影響の分析については,次のような成果を得た。

CO2削減量

ボイラの経年劣化を考慮しない場合(国内クレジット制度の算定方法に沿った推計)の結果を図3に示す。

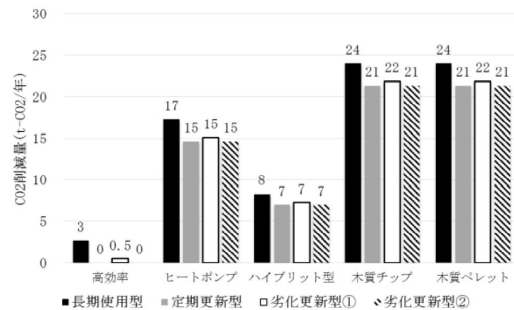


図3 CO2削減量(経年劣化考慮せず)

技術選択に関する更新ケースを比較すると,すべての更新パターンでバイオマスボイラ,ヒートポンプ,ハイブリット型,高効率の順に削減量が大きくなった。バイオマスボイラを除くと,熱効率の高い代替技術の順になっている。更新パターン間の比較では,削減量はどのケースでも長期使用型が最も多く,1995年に設備を置き換えた定期更新型と劣化更新型で最小となる。つまり,2010年の設備更新時に性能の低いボイラを使用しているパターンほど,多くのクレジット認証量を得られることになる。過去の設備更新の頻度や時期によって,クレジット制度活用時の効果に差が生じることがわかる。ヒートポンプを例にとると,その差は最大で2t-CO2/年であり,単価を1,000円/t-CO2としたときのクレジット認証量に換算すると,2千円/年となる。ただし,性能劣化を考慮しなければ,定期更新型と劣化更新型における高効

率ボイラへの更新ケースではCO2削減を見込むことができないため、実際にはクレジット制度の適用対象にはならないことに留意されたい。一方、ボイラの経年劣化を考慮したときのCO2削減量を図4に示す。

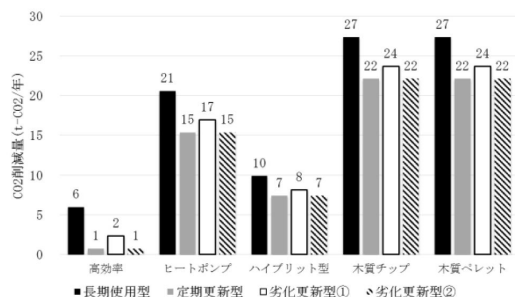


図4 CO2削減量(経年劣化を考慮)

同じ設備を長く使用するほど性能が劣化し、2010年の更新時点でのCO2排出量が多くなるため、長期使用型と劣化更新型における削減幅が大きくなった。ここでも、特に長期使用型のクレジット認証量が最も多く見積もられることになる。したがって、仮にクレジット認証量が実質的なCO2削減量に基づいて算定されることになれば、過去のCO2削減努力が小さい事業者が、クレジット制度活用の際にますます有利になる。

エネルギーコスト削減額

削減額は、すべての更新パターンでヒートポンプ、ハイブリット型、高効率、木質チップ、木質ペレットの順に大きくなった。2つのバイオマスボイラの削減額が小さいのは、燃料単価および発熱量から求められる金額あたり発熱量が、電気や重油といった化石燃料に比べると小さいため、同じ必要熱量を賄うために多くの木質バイオマス燃料を必要とすることに起因する。特に木質ペレットボイラでは、従来の重油以上に燃料代がかかることになるため、すべての更新パターンでエネルギーコストが増大する結果となった。バイオマスボイラ以外は、CO2削減量の結果と同様、熱効率の高い代替技術の順になっている。エネルギーコスト削減が最大となるヒートポンプの場合、更新パターン間の差は最大で34万円/年となる。

投資回収年数

経年劣化を考慮しない場合、更新パターンごとに見ると、長期使用型では高効率、ヒートポンプ、ハイブリット型、木質チップ、木質ペレットの順に、定期更新型と劣化更新型ではヒートポンプ、ハイブリット型、高効率、木質チップ、木質ペレットの順に、劣化更新型ではヒートポンプ、高効率、ハイブリット型、木質チップ、木質ペレットの順に投資回収年数が短くなることが明らかになった。高効率ボイラは他の更新ケースと比べて初期費用が小さいため、エネルギーコスト削減額が小さくても投資回収年数が短くなることもわかった。更新ケース間で投資回収年数を比較すると、すべてのケースで1965～2009年の累積CO2排出量が最も多い長期使

用型が有利となり、それに劣化更新型、定期更新型・劣化更新型が続く結果となった。しかも、長期使用型のパターンでは、更新ケースの中でCO2削減効果が最小である高効率ボイラへの更新が、最も早く投資回収できることが明らかになった。つまり、過去のCO2削減努力に配慮しない制度では、設備更新を自主的・積極的に行ってこなかった事業者が経済的に有利になるばかりでなく、その事業者がクレジット制度活用時に経済合理的に判断を下せば、最も低炭素効果の小さい技術が選択されることになる。過去に最もCO2削減に努めてきた定期更新型と、最も消極的であった長期使用型の投資回収年数を比較すると、ヒートポンプへの更新の場合は2年の差だが、高効率ボイラだと34年もの差が生じる。経年劣化を考慮した場合、ボイラ効率の低下を考慮すれば、当然ながら設備更新によるエネルギーコスト削減額とクレジット認証量も大きくなるので、経年劣化を考慮しない場合よりも投資回収年数は短くなった。特に、法定耐用年数を超えて1965年製ボイラを使い続ける長期使用型と、1980年製ボイラを継続使用する劣化更新型において、投資回収年数の短縮幅が大きくなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計6件)

谷佑亮, 中尾彰文, 山本祐吾, 吉田登, 施設園芸農家による過去のCO2削減努力が炭素クレジット制度活用時の便益に及ぼす影響の分析, 環境共生, 26, pp.9-20, 2015 (査読有)

鶴巻峰夫, 吉田登, 中田泰輔, 吉原哲, 未利用間伐材のパウダー燃料化による環境面及び経済面の効果, 土木学会論文集G(環境), 70, pp. 57-68, 2014 (査読有)

Noboru YOSHIDA, Yiqi WU, Takaaki KANAZAWA, Yugo YAMAMOTO, Tsuyoshi FUJITA, Tomohiro OKADERA and Geng YONG, Multi-Regional Carbon Footprint Reduction in Steel Sector in China due to Low Carbon Technology Implementation, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser.G (Environmental Research), 69, pp.11_383-390, 2013 (査読有)

中尾彰文・山本祐吾・松井孝典・志賀俊成・吉田登, 施設園芸での設備更新とバイオマス燃料利用による炭素クレジット創出ポテンシャルの評価, 土木学会論文集G(環境), 69, pp.11-371~382, 2013 (査読有)

山本祐吾, 古野間達, 吉田登, 盛岡通, 下水汚泥処理における技術選択と施設更新による温室効果ガス削減効果のライフサイクル評価, 土木学会論文集G(環境), 68(5), pp.1_137-1_146, 2012 (査

読有)

山本祐吾, 織田朝美, 長井幹之, 食の生産と消費に関わる自然共生型ライフスタイルのライフサイクルCO2排出特性 - 大阪府における事例分析 -, 地域学研究, 42(4), pp.991-1003, 2012 (査読有)

[学会発表](計1件)

Noboru Yoshida, Yiqi Wu, Yugo Yamamoto, Takaaki Kanazawa, Tsuyoshi Fujita and GengYong, Multi-scale carbon footprint reduction by low carbon technologies in steel setcor in China through industrial & regional input-output linkages, International Conference of International Society for Industrial Ecology, Ulsan, Korea, 2013

[図書](計1件)

貝彰・宮田謙・青木伸一編著(吉田登分担執筆16.4), 都市・地域・環境概論(「16.4 「木質パウダー燃料による地域再生の試み」), 朝倉書店, p.213, 2013

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉田 登 (YOSHIDA Noboru)
和歌山大学・システム工学部・教授
研究者番号: 6 0 2 6 3 2 2 4

(2) 研究分担者

山本 祐吾 (YAMAMOTO Yugo)
和歌山大学・システム工学部・准教授
研究者番号: 3 0 3 7 9 1 2 7

金子 泰純 (KANEKO Hirozumi)
和歌山大学・システム工学部・教授
研究者番号: 6 0 2 4 3 3 6 7