

木質バイオマスを活用した CO₂ 削減と地域経済効果¹

地域産業連関モデルの構築と新たな適用

中村良平* 中澤純治* 松本 明***

Regional Economic Effects of CO₂ Reduction Activity by Wooden Biomass: Application and Extension of Regional IO Model

Ryohei Nakamura, Junji Nakazawa, and Akira Matsumoto

Abstract

The representative policies for correcting regional income disparities so far are income transfers, plant location from the outside areas, and public investment. These policies, however, depend on the national policies. In this study we focus on regional own environmental resources, in particular, wooden biomass, and examine economic effects by utilizing such regional environmental resource with applying extended regional IO analysis.

In order to do so, we first construct city/town level IO tables by making use of survey method in order to obtain import/export data. Next, by focusing on wooden biomass and CO₂ credit service sectors we extend regional IO tables in a way of evaluating economic effects of wooden biomass and exporting credit. Transduction into biomass energy from oil induces the changes in the structure of input-output linkage. After conducting several simulations including changes in IO structure, we find that wooden biomass activity contributes to increasing in regional per capita income if trading carbon offset credit is institutionalized.

JEL C67, Q57, R11, R15

Keywords Correction of Regional Disparity, Wooden Biomass, Regional IO

* 岡山大学大学院社会文化科学研究科

** 高知大学教育研究部総合科学系地域協働教育学部門

*** エックス都市研究所

¹ 本稿は、平成 21 年度から開始した環境省の公募研究「環境経済の政策研究」における『環境・地域経済両立型の内生的地域格差是正と地域雇用創出、その施策実施に関する研究』（研究代表者：中村良平）の成果の一部をまとめたものを第 48 回日本地域学会年次大会（和歌山大学）で報告し、さらにそれを改訂したものである。報告の際の討論者であった藤岡明房（立正大学）先生と國光洋二（農業・食品産業技術総合研究機構）先生、また匿名の査読者の方々からは多くの貴重なコメントを頂き、それを元に論文が大いに改善され、筆者一同心より感謝いたします。

1. はじめに

温室ガスの排出を減らすために、バイオマスや風車、太陽光発電などへの関心が高まっている。地域経済の観点からすれば、少なからずの地方自治体(都道府県、市町村)が、森林や風力、太陽光など地域の環境資源を活用してCO₂の削減に向けて努力している。これらの環境資源から生み出された再生可能エネルギーは自地域内で石油エネルギーに代わって使われるだけでなく、他地域へもしばしば移出される。こうしたことによって、CO₂がどの程度削減されるかは比較的多く推計されているが、地域経済にとってこういった行動(事業)がどの程度の経済効果があるかはほとんど調べられていないのが実情である。

これまで我が国において地域間格差を是正する政策とは、地方交付税による所得再分配を代表的なものとして、地方への工場分散や公共投資の傾斜配分といったことが中心であった。これは、地域経済にとっては他力的であるという意味で**外生的**なものであったと言えよう。これらは一定の成果も上げたものの、それでも大都市圏と地方圏の人口割合は拡大を続け、多くの地方は大都市圏への人口流出に今なお悩んでいる。

このことは、地域にとっては、外生的な移転政策よりも、むしろ首都圏と地方圏の間での比較優位性のやりとりによる内生的な格差解決策が望ましいということになる。その1つとして、近年の二酸化炭素削減を目指した環境政策は、結果的に地域格差の内生的な解消をもたらす可能性を秘めている。二酸化炭素を削減できる**環境資源**の賦存量において、地方圏は首都圏よりも比較優位にあるからである。²

たとえば、森林資源の豊富な地方では二酸化炭素の吸収源という資源を持っている。また、バイオマスを使ったエネルギーを生産できる環境にもある。しかしながら、地方圏で産業振興をしようとしても、しばしば民間資金が不足がちであり、また収益性のある投資機会も少ない。したがって、たとえ域外マネーが入ってきてても十分に循環されずに域外に還流してしまうことが多い。それは多くの地方圏で投資不足の結果、貯蓄超過となっている状況からも明らかである。他方、大都市では域際収支は黒字で、かつ投資機会はあるものの、企業集積とそのオフィス活動から排出される大量の二酸化炭素を、活動水準を維持しつつ大きく削減することは容易ではない。こういった場合に、大都市は地方から二酸化炭素のオフセット・クレジット(排出権)を購入することによって削減目標を実現可能なものとし、また地方は豊富な自然資源を背景に削減した二酸化炭素から創出されるクレジットを売却する(すなわち資源をインプリシットに移出する)ことによって資金を獲得できる。これはまさに地方が地域の資源を生かした他力依存ではない内生的な格差是正といえよう。

本研究の目的は、「地方と大都市域の間に様々な地域間格差が存在する中で、地方自らが有している**環境資源**を活用することで環境改善に貢献すると同時に、それが地域の経済振興に結びつい

² ここでいう**環境資源**とは基本的に化石燃料に代替する再生エネルギー資源のことを意味し、森林伐採から出る木質廃材、風水力、地熱などを指している。

て地域間所得格差の縮小に多少ともつながる」ということを実証的（定量的）に示すことにある。

³ 次節において、本研究のアプローチについての基本的考え方を述べ、従来の研究との違いを示す。3節では、本研究における地域産業連関分析を用いた地域経済効果についての新たな分類を提示する。4節は、ここで用いる地域産業連関モデルに関して、環境補助産業やクレジット創出部門など環境産業部門の取り扱いについて具体的に述べる。このような考え方で作成した産業連関表について地域経済構造の特徴を5節で述べる。これに基づくCO₂削減と経済効果を見るシミュレーションとその結果の解釈は6節であり、7節では政策的インプリケーションを含んだ結論と今後の課題を述べる。

2. 基本的な考え方

地方圏の多くは移出に対して移入が超過しているといった域際収支が赤字の状態であり、その赤字分を公的な支出で賄っているのが現状である。そして、その公的支出は国税と地方税を合わせた負担を上回っており、地方財政は赤字の収支となっている。これによって、地方経済における域際収支と地域ISバランスが成り立っているのである。これを打破するためには、比較優位な地域資源を生かして基盤産業（域外市場産業）を生み出して域外マネーを獲得することと、それを域内で循環させるのが必要である。

こういった環境資源を活用するためには投資が必要である。そのための費用を地方自らが捻出するのか、大都市圏からの投資を呼び込むのかによって地域経済への効果は異なってくる。前者の場合は、域内で資金が循環していることを意味しており、後者は域外からのマネーを呼び込んでいることを意味している。風力発電など巨額の投資を必要とする場合には往々にしてそのリスク評価の面から、地方の資金が投資されるよりも、大都市圏のメガバンク系の資金が投入されることになる。このような場合、地方にとってみれば、収益が大都市圏に還流してしまうことになるが、地域のもつ技術水準から大都市部の企業の援助を必要とする場合は国内CDM的な手法に結びつくことになる。投資によって生み出された**環境補助財**でCO₂を削減して、それを排出権オフセット・クレジットとして大都市圏に販売すれば、それは正に国内版のCDMということになる。⁴

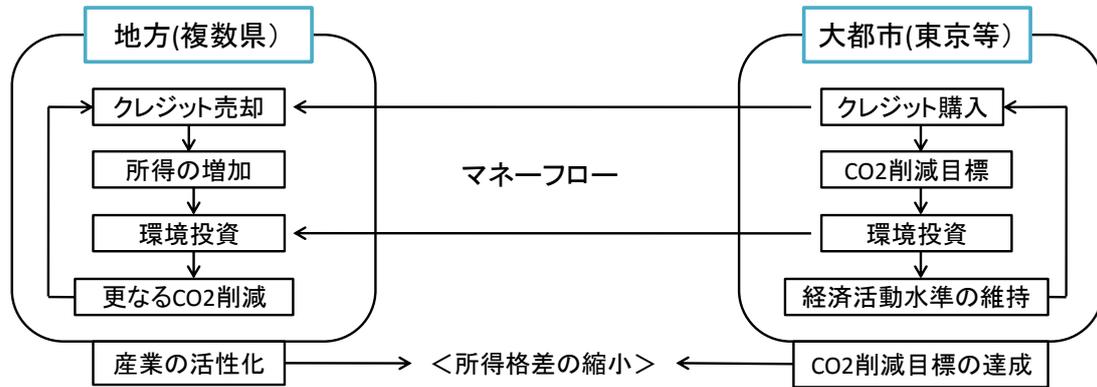
地方圏では設定された削減目標以上のCO₂を削減・吸収できる分、排出権として大都市圏に環境クレジットの形で売却する、つまり大都市圏がクレジットを購入する。これは、キャップ・アンド・トレード型の連携であるといえる。他方、当該プロジェクトを実施しなかった場合と比較して、追加的な排出削減があった場合、その排出削減量に対してさらにクレジットを発行する。この場合は、ベースライン・アンド・クレジット型（オフセット型）の連携であるといえよう。このプロジェクトの実施によって得られたクレジット（温室ガス排出権）を大都市圏の排出削減

3 地域間所得格差の是正という意味からすれば、地方部の所得上昇のみならず、それに対応した大都市部の所得変化も同時に考慮する必要がある。これには地域間連関表による分析が不可欠である。そういう意味からすれば本論文では地域内表の分析に留まっているため地域間所得の格差と言うよりも地方部の所得向上による格差是正という表現が適切である。また、地域間産業連関表による分析結果については、別の機会にて公表予定である。

⁴ CO₂削減に寄与する太陽光パネル、木質チップやペレットなど木くず・廃材から製造されるバイオマス燃料は間接的にCO₂削減に寄与することから環境補助財と定義する。

目標達成に用いることによって、地方に所得が大都市圏から流入する。他方、大都市圏は排出権を購入することで経済活動水準を維持できる。我々は、このような大都市と地方との間での内生的な格差是正のイメージを描いたのが図1である。このような地方の環境資源を活用した大都市との間での格差是正を内生的な格差是正と呼ぶ。

図－1．環境財取引による内生的な地域間格差の是正イメージ



しかしながら、これには課題もある。東京のように大量のCO₂を削減すべきところに対して、一地方(単一の県)で対応できるものではない。中国山地や四国山地といったCO₂吸収源であり、バイオマス供給源でもある山林資源を広域に活用してはじめて意味をなすので、複数県にまたがる広域連携の施策となる。排出権クレジットの価格をどのように設定するのか、あるいは市場メカニズムゆだねるか、という問題もある。

重要なことは、地方は得られたマネーを域内で循環させることである。循環という言葉には、資源循環という環境の側面に加えて地域経済における資金循環の意味も併せ持っている。せっかく獲得したマネーが域内を循環しないで、域外に還流していくことも少なからずある。それは域内で発生した需要を地域内で賄うことができずに域外に漏出して行くことを意味する。たとえば、域内に投資先がない場合とか、消費が域外に流出する場合、あるいは、中間投入の供給が域外に求められる場合である。

地方にとっては、地域の環境資源を使ってCO₂を削減し、その削減分をクレジットとして大都市の企業に販売することで域外マネーを獲得することができるのである。また環境補助財を生産して、それを域外に出荷する(移出する)ことでの域外マネーの獲得や自地域内でそれを利用することで石油資源からの移入代替を生み出し、所得循環効果を生み出すこともできるのである。

このような経済活動の効果をとらえるに当たって、我々は3つの地域範囲を考える。1つ目は中国・四国、近畿といった広域ブロック単位、2つ目は都道府県単位、そしてより細かな市町村単位である。その理由は、次のように示される。

広域ブロック単位でとらえる理由としては、環境資源はしばしば県や市町村の境界をまたいでいること、そして大都市圏のCO₂削減には単独の地方自治体では限界があることから、広域連携の形として大都市圏とのやりとりを考える必要があげられる。しかしながら、多くの環境資源と

いうものは地域的に偏在していることから広域的な観点では、地方経済、言い換えると県や市町村の経済といったスケールで効果を把握しにくいことがあげられる。⁵ そういった理由で、環境投資の効果を県レベルと市町村レベルの2つの範囲でとらえることにする。

我々のとるアプローチは地域（内）産業連関表によるモデル分析である。産業連関分析は、基本的には需要側に力点を置いたアプローチである。中期的に見れば供給能力も変化するであろうし、価格変化も生じるであろう。⁶ そういった意味では、計量経済モデルもしくはCGEモデルとリンクする必要があるが出てくる。しかしながら、環境投資の最大の効果は、地域の産業連関構造を変革することにあると考えている。これまで経済波及効果分析といえは産業連関モデルの適用であったが、いくら公共事業や企業誘致を実施しても地域の産業間の連関構造、移入構造が変わらないような状況では、地域経済は浮揚しないのである。そもそも構造自体に問題があるからである。このような視点に立脚した分析は我々の知る限り見当たらない。そこで我々は、環境投資によって地域の産業連関構造が変わるものとして産業連関表を作成し、またそのような政策シミュレーションを実施した。

以上の考え方を踏まえ、ここでは、地方部において「環境補助財」を活用し、それで生み出したクレジットを都市部に売却することにより得られる経済効果による格差是正効果の分析を行う。「環境補助財」としては、地方部に豊富に賦存する典型的な地域資源であり、先進的な取り組みも多く見られている木質バイオマス燃料（チップ・ペレット）を念頭におき、地域としては地方部と都市部の2地域を考える。またオフセット・クレジット（J-VER）制度を参考に、地域間連携手法を想定する。具体的には、地方部の事業者や自治体等が自ら資金を投入し環境対策（排出削減・吸収活動プロジェクト）を実施しオフセット・クレジットを取得し、都市部の大企業や自治体等が、カーボン・オフセット等に活用するために、J-VERを購入するといったことを想定する。

この様な視点に立った既存研究はほとんど見当たらない。バイオマス燃料については、Radetski [6] が、バイオマス燃料の経済性に関して展望している。バイオマス燃料に係わる外部費用は化石燃料に比べて高いという研究例を紹介し、もっとデータ分析の必要性を提唱している。もっとも、この論文は15年前の話であるが、最近では、Schneider and McCarl [7] が温室効果ガス排出量削減のためのバイオマス燃料の経済的可能性について評価を与えている。

バイオマス燃料を利用することの地域経済効果についての研究ということであれば、Madlener and Koller [2] やPerez-Verdin et al. [5]によるものがある。Perez-Verdin et al. [5] は、ミシシッピにおける廃材利用などによる木質バイオマス燃料の経済効果を、計量モデルを使って計測している。その結果、付加価値面でも雇用面においても十分に期待される効果があるとしている。Madlener and Koller [2] はオーストリアの1つの小さな州においてバイオマス燃料を地域暖房システムに活用したときの投資効果や所得効果について推定したものである。しかし、

⁵ たとえば、（1人あたりの）県民所得や市町村民所得がどの程度変化したかとか、付加価値乗数効果がどの程度生じたかなど。

⁶ また、価格変化といったことは（小）地域分析としては所与と考えられる。

小地域産業連関表は作成しておらず全国表からの類推で推計を行っている。

産業連関分析を地域レベルで適用したものは数多い。Bahn et al. [1]は、CO₂の地域間のやり取りを連関表で評価を試みた初期の研究である。また、バイオマスではないが、CO₂の削減効果を(地域間)産業連関表を用いて分析した研究はいくつかある。たとえば、Su and Ang [8]は、中国全土ではなく空間的に分割した地域における交易に体现化されたCO₂排出を分析して、地域的なとらえ方の重要性を指摘している。McGregor et al. [2]は、スコットランドと他UKの2地域間連関モデルでCO₂のスピルオーバー効果を分析している。

我が国において再生可能エネルギー導入の効果を本研究のモデルのように新たな部門を設定した産業連関表で分析したものに松本・本藤[3]がある。しかしながら、これは全国表を用いた雇用効果分析であって、我々が具体的に以下に提案し分析をするオフセットクレジット・サービスなど新しい環境産業部門を組み込んだ地域産業連関表を構築し、それを用いて新たな地域経済効果を見出すというフレームには至っていない。

3. 地域経済効果の分類

地方部の中小企業や自治体等がCO₂削減や吸収のための環境対策(いわゆる環境投資)を実施する訳だが、それらもたらす地域経済への効果には次の4点が考えられる。

そもそも環境対策には民間設備投資あるいは公的支出が伴うことから、それら投資に対する乗数効果が生み出されることになるが、それに加えて地域経済にとって持続的な効果として考えられるのは、次の3点である。

まず第一番目は、エネルギー代替による**域内循環効果**である。例えば、木材バイオマス燃料を暖房用燃料として使う場合を考える。例えば、ガソリンスタンドで灯油を購入すると、これはそもそもが輸移入品であることから、購入金額のうちガソリンスタンド等での付加価値部分以外は所得の域外流出となるが、バイオマス燃料の場合は域内循環型のエネルギーであるためその購入額が域内所得として循環することになる。また、バイオマス利用のために必要となった原材料・サービス等の購入は、それが域内で調達されたものであれば調達先産業の売上高増加や雇用増をもたらすことになる。すなわち、環境対策実施に伴い化石燃料が自然エネルギーに代替され、石油製品などの移入減少により域外に流出していた所得が地域内にとどまるため域内所得が増加する効果(循環効果もしくは代替効果)である。

第2番目は、**移出効果**である。この効果は、木質バイオマス燃料を域外に販売することで域外からマネーを獲得するといった**直接移出効果(財移出効果)**と、バイオマス燃料の域内循環によって生じたCO₂削減量を都市部の大企業や自治体にCO₂クレジットとして売却することで域外マネーを獲得するといった**間接移出効果(クレジット移出効果)**に分けることができる。いずれの場合も、当該地域にとっては新たな移出産業を意味し、当該財・サービスの移出は地域所得を増加させることにつながる。

木質バイオマス燃料の直接的な移出に比べて、クレジットの移出は、地域間の距離を問わない

点や購入先業種が幅広く想定されること等が有利な点であるが、そのようなクレジットの創出・流通を支える制度や市場の構築・熟成が必要となる点に課題がある。

そして第3番目が、生産費用効果である。これは、環境対策実施に伴いエネルギー消費量全体が削減（省エネ）になる場合には、省エネ分のエネルギーコストが削減されるため、供給費用の低下や実質的に域内所得が増加することにつながるという効果である。ただし、この効果は木質バイオマス燃料の生産コストや機器効率、化石燃料の価格水準等に大きく左右され、将来的な動向も予測しにくいいため、今回は分析の対象外とした。

4. 地域産業連関モデル

地方部において、地域資源を活用して木質バイオマス等の**環境補助財**を生産する「**環境産業部門**」を想定する。具体的には、木質バイオマス（チップ、ペレット）燃料の製造事業者等を考える。次に、環境産業部門から生産された環境補助財を需要することにより CO₂ 削減対策を実施する事業者が考えられる。このような環境補助財を需要する事業者は各産業において想定される。この際、環境補助財の活用に伴い「CO₂クレジット」が創出される。このCO₂クレジットは、環境補助財を需要する事業者が本来生産する財とは別の「新たなサービス財」として捉えることができる。このように捉えると、CO₂クレジットを創出する活動については、産業連関表のアクティビティ・ベースの原則に従い、独立部門として取り扱うことが必要となる。そのため新たな独立部門として「**クレジット創出部門**」を想定する。

クレジット創出部門で産出された CO₂クレジットが公的に認められるためには、その生産過程や算定方法が妥当かどうかの検証を受け認証される必要がある。そのためクレジット創出部門は、CO₂クレジットを創出するために国等から認定された第3者機関から検証および認証を受ける。またクレジット創出におけるプロジェクトの企画・実施・管理（CO₂排出量算定や申請書類作成等）、あるいは営業・販売（広報、売却先の確保等）といった各種支援を実施するオフセット・プロバイダー等のようなサービスも考えられる。このようなサービスを提供する部門を「**クレジット・サービス部門**」として想定する。つまり、「クレジット創出部門」は、「クレジット・サービス部門」から CO₂クレジットを創出するための各種サービス（CO₂削減・吸収プロジェクトの企画・実施・管理・営業・販売、クレジットの検証等）を投入（購入）し、CO₂クレジットという新たなサービス財を生産する産業部門と考える。

上記より創出された CO₂クレジットは、国等の公的な認証・登録システムを通じて、域外の都市部に売却（移出）される。これにより域外から資金が流入し、地域活性化や格差是正に資することとなる。

まず、環境産業部門 (A) については、域内の各産業 ($i=1, \dots, n$) から原材料・サービス (x_{iA}) を投入し環境補助財を生産する。また、そこでの生産物は、各産業 ($i=1, \dots, n$) で需要 (x_{Ai}) される。次にクレジット創出部門 (B) に関しては、クレジット・サービス部門からの検証サービ

ス等の投入 (x_{CB}) によって削減クレジットを創り出し、それを域外に移出(販売)することになる。このときの CO₂ 削減クレジットの創出量 (=移出量) は、木質バイオマス燃料の各産業への投入額の総和、すなわち $\sum_i x_{Ai}$ に比例すると考えると、両者をつなぐ媒介係数 (k) を改めて定義することが必要となる。クレジットの移出額を E_B とすると、媒介係数は $k = E_B / \sum_i x_{Ai}$ と定義される。最後にクレジット・サービス部門【部門 C】については、地域内各産業からのサービス $x_{1c} \sim x_{3c}$ を投入し、先にあげたクレジット創出部門へサービス提供する。

以上の考え方を踏まえて作成する環境関連部門を組み込んだ産業連関表のイメージを表-1に示す。

表-1. 連関表での環境関連部門の取り扱い

		第一次産業	第二次産業	第三次産業	環境産業	クレジット創出	ト・クレジット・サービス	最終需要	移出	移入	生産額
		1	2	3	A	B	C				
第一次産業	1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{1A}	0	x_{1c}	F_1	E_1	M_1	Q_1
第二次産業	2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{2A}	0	x_{2c}	F_2	E_2	M_2	Q_2
第三次産業	3	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{3A}	0	x_{3c}	F_3	E_3	M_3	Q_3
環境産業	A	x_{A1}	x_{A2}	x_{A3}	0	0	0	0	0	0	Q_A
クレジット創出	B	0	0	0	0	0	0	0	E_B	0	Q_B
クレジット・サービス	C	0	0	0	0	x_{CB}	0	0	0	0	Q_C
粗付加価値		V_1	V_2	V_3	V_A	V_B	V_C				
生産額		Q_1	Q_2	Q_3	Q_A	Q_B	Q_C				

5. モデル分析

5. 1 対象地域

地方圏域における広範な環境投資によって内生的な格差是正効果をみるには、地方圏と大都市圏という形での地域間産業連関表での分析が望ましいであろう。ここでは、木質バイオマス(燃料)生産による CO₂ 削減効果と地域経済効果をみることから、特定の地域に焦点を当てる。木質バイオマスのような環境資源はその賦存量が地域により偏りがあり、その活用から得られる経済的利益も賦存量が多い地域に主として還元される部分が多いと考えられる。このことは近畿圏と中四国といった広域圏を対象とした per capita の指標に換算すると、平準化によって広域圏での分析の方が、効果が小さく表示される傾向があることを意味している。したがって、経済波及効果の帰着をより明確化するために、中小地域を対象とした分析を実施することとした。

具体的には、地域資源としての木質バイオマス資源の賦存量が多く、その利活用に積極的な「高知県」および「高知県梶原町」を対象とした。高知県は、森林面積が県土の 84%を占めており、我が国の都道府県で最も高い割合である。

5. 2 環境関連部門を入れた地域産業連関表の作成

高知県については既に整備されていた 2005 年地域内産業連関表をベースに期間を 2007 年にまで延長し、また環境補助財やクレジット創出部門を取り扱える形に拡張整備した。梶原町については、地域へのヒアリング調査を実施したサーベイ法を用いた小地域産業連関表を作成の上、同様に環境補助財およびクレジット創出等の分析が出来る形式に整備した。こういった形での産業連関モデルのエクステンションは、これまでに例のないことである。特に、梶原町の分析では、より具体的な地域効果のイメージが湧くように後で考察を加えている。

作成した高知県環境産業分析用産業連関表の推計過程は、公表されている最新の 2005 年高知県産業連関表と各種統計を利用し、2007 年高知県産業連関表を延長推計する作業と延長推計した産業連関表に分析の対象となる環境関連部門を組み込む 2つのステップからなる。

環境関連部門の組み込みは、高知県木質バイオマス・エネルギー利用促進協議会における「バイオマス・エネルギーの地産地消に係る経費について」、「ペレットの生産計画と利用（予定）計画」、「生産需給状況」、「利用者アンケート」、「ボイラーの導入設置状況」、「燃焼灰の再生利用」等におけるデータと高知県へのヒアリングにより環境産業部門【木質バイオマス部門(ペレット、チップ)】の産業連関構造を把握し、上記で延長した 2007 年高知県産業連関表に部門を追加した。上記の高知県産業連関表 2007 年延長表に別途推計した環境産業（2 部門）、クレジット創出（2 部門）、及びクレジット認証サービス（1 部門）の合計 5 部門を組み込んだ。今回対象としたのは環境産業（ペレット）部門、環境産業（チップ）部門、クレジット創出（ペレット）部門、クレジット創出（チップ）部門、クレジット・サービス部門である。この際、在庫部門を調整することで行列のバランスをとった。

梶原町の産業連関表については、2007 年の 108 部門高知県産業連関表延長表の投入係数を用いて梶原町の産業産出額から、また、移出・移入に関してはアンケート調査および主要企業に対するインタビュー調査や梶原町の実績を踏まえて推計した。環境産業（ペレット）部門は通常、「製材・木製品・家具」部門に含まれるが、2007 年時点でペレットの生産は行われていなかったため、環境産業（ペレット）部門をそのまま追加した。列方向の値である販路構成は、梶原町での聞き取り、木材産業課資料等から決定した。行方向の数値である費用構成は、2009 年に近畿、中国、四国地方でペレット製造業者を対象に行われたアンケートの数値を用いた。なお、ペレットの町内需要による化石燃料の需要減については、熱量換算により反映させている。

6. シミュレーション分析

6. 1 設定

現時点では、高知県内で生産された木質バイオマス燃料は100%高知県内で需要されており、域外へは移出されていないと推計されている。一方、梶原町内で生産された木質バイオマス燃料は一部が町内で需要されており、残りが町外に移出されていると推計されている。

ここでは、典型的なケースを見るため高知県（梶原町）内で木質バイオマス燃料の生産が増加することを想定し、1つは生産増加分のすべてが域外への移出需要になる場合（シナリオ i）、もう1つは生産増加分のすべてが域内で需要される場合（シナリオ ii）を考え、表-2のような域内需要と移出需要の割合を設定しシミュレーションをおこなうこととする。

表-2. 生産額増加分の域内外での需要割合

シナリオ		生産増分 全量移出 シナリオ i)	生産増分 全量域内 シナリオ ii)
地域	高知県内（梶原町内）	0%	100%
割合	域外	100%	0%

注) 現状は Base line とする。

シナリオ i)においては移出割合が変化し、シナリオ ii)においては、地域内各産業の石油製品利用が木質燃料に置き換わるという代替が生まれ、高知県（梶原町）の各産業における投入係数が木質バイオマス燃料および石油製品について変化する。このように各シナリオに応じて再推計された高知県産業連関表（梶原町産業連関表）において、各シナリオの需要分を与えて波及効果を計算する。

具体的には、環境関連部門（5部門）を組み込んだ産業連関表から開放型の逆行列係数 $[I-(I-M)A]^{-1}$ （移輸入内生モデル）を算出し、この逆行列係数の環境産業（ペレット、チップ）部門の列ベクトルに、木質バイオマス（ペレット、チップ）の需要額（表-3）を与えることで波及効果を計算する。そこにおいて、与えた木質バイオマス（ペレット、チップ）の需要額による波及効果が環境産業（ペレット、チップ）部門自体の生産を増幅することを避けるため、当該部門を外生化する式変形を行う。すなわち、逆行列係数の環境産業（ペレット、チップ）の列ベクトルを取り出し、環境産業（ペレット、チップ）の行列交点の数値で除することにより、逆行列係数の環境産業（ペレット、チップ）の行列交点の数値が「1」になるように調整し、その列ベクトルの係数を用いて波及効果の原単位を作成する。⁷

各シナリオにおける木質バイオマスの需要額の想定を表-3に示す。

表-3. 木質バイオマスの需要額想定

	需要計	うち域内需要	うち移出需要
高知：現状	179.1 百万円/年	179.1 百万円/年	0.0 百万円/年
高知：シナリオ i)	358.2 百万円/年	179.1 百万円/年	179.1 百万円/年

⁷ これは、宮沢[9] (pp.95-97)で述べられている特定産業部門の波及効果分析の簡略計算法として知られている方法の応用である。

高知：シナリオ ii)	358.2 百万円／年	358.2 百万円／年	0.0 百万円／年
梶原：現状	30.2 百万円／年	11.6 百万円／年	18.6 百万円／年
梶原：シナリオ i)	60.3 百万円／年	41.7 百万円／年	18.6 百万円／年
梶原：シナリオ ii)	60.3 百万円／年	11.6 百万円／年	48.8 百万円／年

※四捨五入の関係で計が一致しない場合がある。

またシナリオ ii)については、生産増加分の全量が域内で需要された結果、域内のCO₂排出量が削減される。このCO₂削減量をクレジット化し、域外に売却した場合を想定し、そのことにより木質バイオマス生産地域が得られる経済波及効果及び格差是正効果を分析する。つまり、シナリオ i)においては、木質バイオマス燃料という環境補助財そのものを域外へ移出することによる効果（直接移出効果[財移出効果]）を、シナリオ ii)においては、環境補助財を活用して創出したクレジットを域外へ移出することによる効果（間接移出効果[クレジット移出効果]）を分析することとなる。

さらに、域内において木質バイオマス燃料が必要され、これが石油製品に代替されることにより、域外流出から域内循環に転換した額を域際収支改善効果として推計する。具体的には、域内で木質バイオマス燃料が必要されたことによる石油製品の消費減少額を算定する。さらに、生産増加に伴い石油製品から木質バイオマスに代替することによるCO₂削減効果を算定する。

地域内産業連関表における取り扱いは、木質バイオマス燃料の需要増加に伴い燃料として代替される石油製品の産出額が減少し、各産業の移入係数・投入係数が変化するものとする。またCO₂クレジットの創出・需要によってもクレジット関連産業（クレジット創出部門、クレジット・サービス部門）の投入係数が変化するものとし、これらを反映させた地域内産業連関表を高知県および梶原町についてそれぞれ作成する。そして、オフセット・クレジットに係る各種の設定は、ヒアリング調査結果等を参考に、オフセット・プロバイダーの介入によるマージン率、クレジットの質向上による単価上昇率を想定する。このような想定に基づいて、高知県内（梶原町内）における木質バイオマス燃料の需要（利用）から創出されるCO₂クレジット額を算定する。

シミュレーションでは上記で作成した地域内産業連関表をもとに、高知県内（梶原町内）における木質バイオマス燃料の需要額を与えた場合の経済波及効果を算定し、格差是正効果を分析する。なお、分析にあたっては、木質バイオマス燃料はすべて地域内生産であるため自給率を1とし、木質バイオマス燃料の需給に伴う運輸・商業サービスについてはそれらのマージン率を考慮する。

6. 2 シミュレーション分析の結果と考察

まず、表-4 a（高知県）と表-4 b（梶原町）で、誘発される生産額、雇用者所得額、粗付加価値額をシミュレーションのシナリオ別に示している。

現状での木質バイオマス燃料に係わる生産額は高知県で211百万円、梶原町で35百万円であり、高知県は域内需要のみで移出はされていないが、梶原町では一部が移出されている。現状の木質バイオマス燃料の生産額のうち移出を除く部分が域内での需要額と一致していると仮定すれば、域内外の需要から生じる生産波及額は高知県で349百万円、梶原町で49百万円と、効果倍率は

1.6 倍強と 1.4 倍程度である。雇用者所得の誘発額、付加価値の誘発額ともに高知県方が効果が大きい。これは、梶原町が小地域であるが故に開放性が高く、移入率が大きいため波及効果により大きな漏出が生じていると考えられる。

次に木質バイオマス燃料の生産額が2倍になった場合を考える。生産増加分が直接域外への移出される場合（シナリオ i））と、直接は移出されず地域内で循環利用され、その結果、削減 CO₂ に対応したクレジットが発生し、さらにそれが（例えば）大阪府等大都市圏に販売されたとするシナリオ ii）の場合と比較すると、高知県と梶原町それぞれにおいて、生産額で 1.652 倍→2.048 倍、1.380 倍→1.610 倍、雇用者所得で 1.639 倍→2.098 倍、1.320 倍→1.676 倍、そして付加価値額で 1.890 倍→2.533 倍、1.492 倍→1.915 倍とより一層大きな経済効果をもたらすことがわかる。いずれの場合についても、梶原町より高知県といったように小地域よりも一定の広がりのある地域の方にオフセット・クレジット効果が大きく出ている。これは、小地域では生産増に伴う波及効果の域外への漏出が大きいことに起因している。これらのことから、CO₂ 削減によって創出された削減クレジットの域外販売が制度化されている場合、バイオマス事業関連への所得の増加率自体は決して小さいものではなく、こういった再生エネルギー事業が活発化すればより大きな効果が生まれると考えられる。

表－4 a. 経済波及効果：高知県

	誘発額（一次＋二次）		
	生産額	雇用者所得	粗付加価値
Base line：現状	349 百万円/年 (1.654)	90 百万円/年 (1.630)	169 百万円/年 (1.887)
シナリオ i)： 生産 2 倍＋生産増分全量移出	681 百万円/年 (1.652)	176 百万円/年 (1.639)	327 百万円/年 (1.890)
ケース ii)： 生産 2 倍＋クレジット	863 百万円/年 (2.048)	231 百万円/年 (2.098)	429 百万円/年 (2.533)

注) 括弧内の数値は波及効果倍率

注) 木質バイオマス需給に関連する運輸・商業部門の生産額等を含む。

表－4 b. 経済波及効果：梶原町

	誘発額（一次＋二次）		
	生産額	雇用者所得	粗付加価値
Base line：現状	49 百万円/年 (1.400)	13 百万円/年 (1.348)	22 百万円/年 (1.577)
シナリオ i)： 生産 2 倍＋生産増分全量移出	95 百万円/年 (1.380)	25 百万円/年 (1.320)	46 百万円/年 (1.492)
ケース ii)： 生産 2 倍＋クレジット	113 百万円/年 (1.610)	33 百万円/年 (1.676)	60 百万円/年 (1.915)

注) 括弧内の数値は波及効果倍率(誘発係数)

注) 木質バイオマス需給に関連する運輸・商業部門の生産額等を含む。

3節においてバイオマス燃料の生産・需要というCO₂削減の環境改善事業（投資）にかかわる地域経済効果を3つに分類したが、図-2 a、図-2 bはそのうちの粗付加価値ベースでの域内循環効果と移出効果（財の直接移出効果とクレジット化による間接移出効果）について、シナリオ i)と ii)の場合をグラフ化したものである。それぞれ、直接効果と間接効果を合算したものである。

生産増分が域内需要に回った場合のシナリオ ii)においては、バイオマス燃料生産増分が全て域外に出た i)の場合と比較すると、その増分に相当して循環効果が増加している。域内循環効果は、木質バイオマス燃料の域内消費による効果、裏を返せば石油エネルギーからの移入代替効果とも言える。これによって達成された二酸化炭素の削減に応じたクレジットが創出され、それを域外に販売することで移出効果が生まれている。移出効果については、直接移出の場合が160百万円であるのに対してクレジットによる間接移出効果はその1.55倍の103百万円となる。構原町では、間接移出の方が0.99倍となっている。その全体の効果額は、高知県では域内循環効果額とクレジット販売の間接効果を加えた付加価値額で430百万円となり直接移出の場合の327百万円の1.31倍となっている。構原町でみるとクレジット化の効果倍率は1.49倍となっている。ここで、高知県と構原町でクレジット化の効果倍率が異なるのは、チップ・ペレットの消費割合や代替される化石燃料（重油等）の割合が両地域で異なるといった事情にもよっている。

図-2 a. 地域経済効果の特徴：高知県

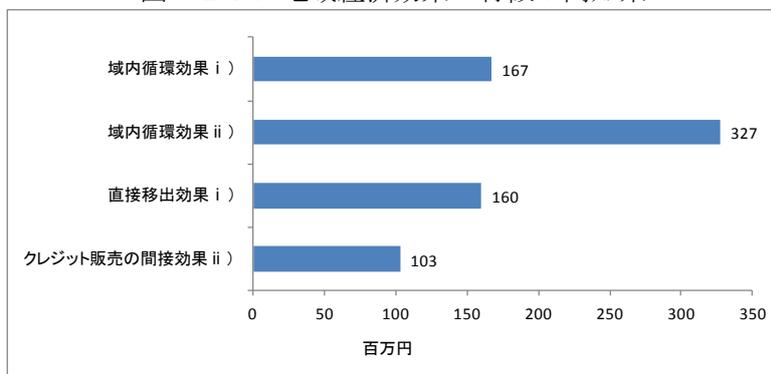
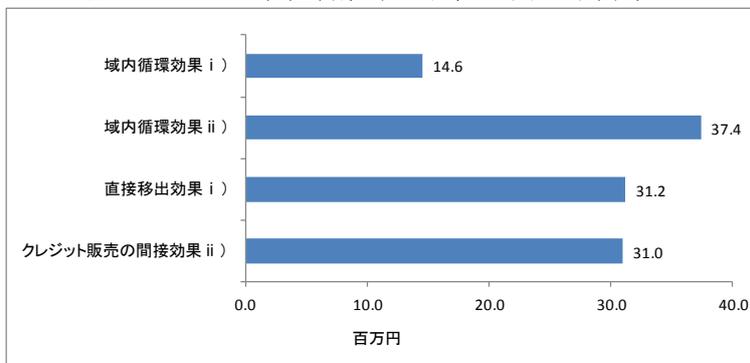


図-2 b. 地域経済効果の特徴：高知県構原町



ところで高知県の雇用者数は、2006年の事業所・企業統計調査（総務省）から、高知県全体で264,844人であるので、雇用者所得1人あたりでは873円の増加となる。高知県における雇用者

所得が雇用者1人当たり約420万円（高知県産業連関表の雇用者所得を上記雇用者数で割った数値）であることを考えると、これは0.021%に相当する。あまり大きいとは言えないが、その理由としては、森林資源が多いとは言っても高知県全体で見ると一次産業の所得割合は小さいことや高知県では大手のチップ事業者の生産活動がそれほど活発でないことが考えられる。しかしながら、木質バイオマスの生産額が県内生産額の0.005%に過ぎないことを考えると、数値的にはこの5倍の所得効果を生み出していると言えよう。

他方、梶原町の雇用者数は、2006年の事業所・企業統計調査（総務省）から、梶原町全体で1,222人である。したがって、雇用者所得1人当たりでは26,652円の増加となる。梶原町における雇用者所得が雇用者1人当たり約390万円（梶原町産業連関表の雇用者所得を上記雇用者数で割った数値）であることを考えると、これは約0.68%に相当する。高知県の場合と比較しても、相当程度に高い効果が見られるが、これは梶原町の木質バイオマスの生産額が町全体の総生産額の0.18%と、高知県の場合に比べて割合がかなり高いことにも依っている。そうではあるが、分析結果はバイオマス資源を有する小地域にとって環境補助財及びクレジットを活用することでの地域経済効果のポテンシャルが高いことが十分に示唆されていると言えよう。

なお、ここでのCO₂削減量は、木質チップ燃料生産及び需要増加に伴って生じる化石燃料消費の減少という代替効果に伴うCO₂削減量としてとらえることができる。これは、高知県内で約1.0万トと推計される。また、高知県におけるこのようなバイオマス利用促進による化石燃料利用の削減で、域際収支がどの程度変化しているかを示したものが次の表-5aである。この表から、域外へ流出していた化石燃料コスト約178百万円が域内で循環していることになっているが、残念ながらバイオマス燃料単価が高いために、正味のエネルギーコストは727千円の増加となっている。ただし、化石燃料の価格変動の要素等を考慮すると、概ね同程度のコスト水準となっていると考えられる。また同様に、梶原町におけるCO₂削減量は、約2,300tと推計される。現在の日本の1人あたりCO₂排出量が約10tなので、その230人分の排出量が削減されたことになる。

表-5a. 化石燃料使用削減による域際収支域改善効果：高知県

	ペレット	チップ	計
バイオマス利用額[千円/年]	164,250	14,850	179,100
化石燃料削減額[千円/年]	166,225	12,148	178,373
化石燃料の種類	A 重油	石炭	—
バイオマス利用額－化石燃料削減額[千円]	-1,975	2,702	727

表-5b. 化石燃料使用削減による域際収支域改善効果：高知県梶原町

	ペレット	チップ	計
バイオマス利用額[千円/年]	30,150	0	30,150
化石燃料削減額[千円/年]	30,513	0	30,513
化石燃料の種類	A 重油	石炭	0
バイオマス利用額－化石燃料削減額[千円]	-363	0	-363

なお、ここで木質バイオマス燃料とクレジット創出の関係性を規定する「媒介係数 k 」を算定すると、ペレットの場合、 $[CO_2 \text{クレジット創出額} : 73,447 \text{ 千円}] \div [\text{ペレット生産額} : 164,250 \text{ 千円}] = 0.45$ となる。またチップの場合、 $k=2.51$ ($=CO_2 \text{クレジット創出額} : 37,307 \text{ 千円} \div \text{チップ需要総額 (生産額)} : 14,850 \text{ 千円}$) と求まる。チップとペレットで値が異なるのは、バイオマス燃料の単価、発熱量、及び代替される化石燃料の種類の違いによるものである。なお媒介係数 k は、第4節で説明したように $k=E_B \div \sum x_{Ai}$ により求まる係数であり、 E_B はクレジットの創出額、 x_{Ai} は各産業における木質バイオマス燃料の需要額の合計を表す。また x_{Ai} は生産量と一致するものと想定している。

7. まとめと課題

本研究では、バイオマス先進地域である高知県と高知県檜原町に絞って産業連関表を作成し、そのモデルを拡張して分析を行った。地域産業連関表では、直近に延長するのみならず、環境産業部門、クレジット創出部門、クレジット・サービス部門といった環境関連部門をサーベイ法に基づいて新たに加えることで、これまでなされていなかった木質バイオマス生産・消費、 CO_2 クレジット化の経済効果分析を可能にした。シミュレーション・モデル分析では、木質バイオマス生産と利用に対する経済効果を、燃料代替による域内循環効果、域外へ販売する観点から直接移出効果とクレジット化してそれを売却して得られる間接移出効果（クレジット移出効果）、さらに燃料価格の低下からもたらされる生産費用効果に分類して、効果を測定した。このような経済効果の分類をしたことは、この研究が初めてであり、これまで曖昧であった環境関連投資の経済効果に対して大きく貢献するものと思われる。

シミュレーション分析では、地域資源活用による CO_2 の削減効果のみならず、地域経済活性化効果及び格差是正効果もカーボンオフセット・クレジット化によるサービス移出を併せると高まることが示され、このことは環境と経済の両立が成立することを立証していると言えよう。ただし、このような効果が発現するためには、本分析で仮定した条件等も踏まえ、以下のような点に留意することが必要である。

まずモデル面においては、クレジット価格を現状の高知県実績をもとに約1万円/t- CO_2 と高水準で設定したが、今後クレジットの流通量が拡大した場合における可変価格モデルを考慮する必要がある。また、価格との関係もあるが、分析ではクレジットは全て販売されるという仮定を置いており、将来的なクレジット需要量を推計しておく必要がある。

次に制度・政策面では、クレジットを生み出すバイオマス燃料の需要と供給を増やすインセンティブを作ることが重要となってくる。地域環境資源の活用による経済波及効果の大きな部分を、クレジット創出・移出による効果が占めており、それらを実現するためには、関連する制度の構築、関連産業の育成、社会認識の向上等が必要であるからだ。木質バイオマス燃料やクレジットの移出により域外から獲得したマネーを地域の供給側事業者（林業、木質バイオマス燃料製造事

業者等) や需要側事業者 (木質バイオマス・ボイラー導入事業者等) に還元する仕組みを構築することも今後は必要であろう。

石油製品から木質バイオマス燃料への代替によって CO₂ の削減効果はもとより、それによって地域経済の自立性も高まるが、さらに間伐の促進により森林の荒廃を抑制し、公益的機能 (水源の涵養、地すべり防止、二酸化炭素の吸収) の維持につながっている点も忘れてはならない重要な点である。

補論

1. 環境産業 (ペレット) 部門

環境産業 (ペレット) 部門の県内生産額については、高知県におけるペレット販売量に単価を乗じることで推計を行った。高知県におけるペレット販売量は、高知県木材産業課から入手した平成 21 年度の県内ペレット販売実績および平成 22 年度、平成 23 年度に納入予定である販売量を加味して確定した (補表-1)。高知県におけるペレット単価については、ヒアリング調査の結果から、キロあたり 25 円程度から 47.5 円程度と幅があったが、県内ペレット供給最大手の (株) ゆすはらペレットが設定している単価 (30 円/kg) を高知県平均価格とした。こうして確定した高知県内におけるペレット販売量 5,475t に平均単価 30 円/kg を乗じ、164.3 百万円をペレットの県内生産額とした。

ペレットの販路については、耕種農業 (59%)、対個人サービス (9.9%)、教育・研究 (9.2%)、パルプ・紙・紙製品 (5.8%等) が上位業種となっている。なお括弧内の%は企業への販売額の構成比を表している。ペレット利用に伴う A 重油に換算した投入削減額は、166,225 千円と推計される。発熱量、単価等は各種資料より想定した。この額は、石油・石炭製品部門に反映される。なお、A 重油からペレットに代替することによるエネルギー費用削減量は 1,975 千円となる。

補表-1 高知県におけるペレットの利用用途 (実績及び見込)

	実績	構成比	実績+見込	構成比
耕種農業	1470 t/年	39.7%	3240 t/年	59.2%
漁業	180 t/年	4.9%	180 t/年	3.3%
飲食料品	380 t/年	10.3%	380 t/年	6.9%
パルプ・紙・紙製品	320 t/年	8.6%	320 t/年	5.8%
電気機械	40 t/年	1.1%	40 t/年	0.7%
教育・研究	505 t/年	13.6%	505 t/年	9.2%
医療・保健・社会保障・介護	200 t/年	5.4%	200 t/年	3.7%
その他の公共サービス	70 t/年	1.9%	70 t/年	1.3%
対個人サービス	540 t/年	14.6%	540 t/年	9.9%
計	3705 t/年	100.0%	5475 t/年	100.0%

※利用施設：教育施設 (中学校、高校)、民間工場・事業所 (電子部品、製紙、酒造等)、特別養護老人ホームデイサービスセンター、植物園、温泉施設・温水プール、公社施設、農業用施設、自治体施設等

ペレット産業の中間投入係数については、平成 21 年に我々が実施した全国調査の結果をもとに、高知県におけるヒアリング調査の結果を勘案し推計を行った。なお、粗付加価値額については 2005 年高知県産業連関表の製材・木製品・家具部門の粗付加価値係数で代替した。こうした求めた投入係数と粗付加価値係数にペレット産業の県内生産額 164.3 百万円を乗じて、中間投入額と粗付加価値額を求めた。

中間需要の推計については、ペレット産業の県内生産額の推計に利用した 2009 年度高知県内ペレット販売量および計画量のデータをもとに、高知県木材産業課および梶原町に行ったヒアリング調査を加味して販路の決定を行った。ペレットが実際に販売されている企業のアクティビティに最も近い産業連関表上の産業分類に配分し、構成比を求め、それに県内生産額を乗じることで中間需要及び最終需要の推計を行っている。なお、ヒアリングの結果から、民生用のペレット使用は皆無であり、県外への出荷も行っていないことから全て中間需要に配分されている。

2. 環境産業（チップ）部門

チップ[林地残材]の場合は、高知県木質資源エネルギー活用事業から、そのバイオマス需要額は平成 21 年で 14,850 千円、その石炭換算での削減額は 12,148 千円となり、2,702 千円の費用増加となる。ペレットとの場合と同様に、チップ利用に伴う石炭投入削減額を、石油・石炭製品部門に反映する。

3. クレジット創出（ペレット）部門

クレジット創出部門について、ペレットの生産額は 164,250 千円であることから

- ・ ペレット発熱量：4,000 kcal/kg (高知県資料)
- ・ 重油発熱量：9,341 kcal/l
- ・ A 重油 CO₂ 排出係数：0.0189tC/GJ

を用いて CO₂ 削減クレジットの創出量は 6,359 t-CO₂/年と推計される。これに高知県やオフセット・プロバイダーへのヒアリングを参考に想定したクレジット単価 11,550 円/t-CO₂ を乗ずることで CO₂ 削減クレジット創出額は 73,447 千円となり、これを反映する。

4. クレジット創出（チップ）部門

チップ[林地残材]の場合についてもペレットと同様にして、需要総額(生産額)は 14,850 千円、CO₂ クレジット創出量は 3,230t-CO₂、CO₂ クレジット創出額は 37,307 千円となり、これを反映した。

5. クレジット・サービス部門

クレジットサービスは、クレジットの検証・認証サービスと、プロバイダー・サービスがある。まずクレジットの検証・認証サービスの費用は、ペレットの場合、モニタリング実施・資料作成の CO₂ トン当たり単価は 317[円/t-CO₂]と推計されるので、その計算式から

$$\text{単価} \times \text{CO}_2 \text{削減クレジット創出量} = 317[\text{円/t-CO}_2] \times 6,359 [\text{t-CO}_2/\text{年}] = 2,016[\text{千円/年}]$$

と求まる。チップの場合についてもほぼ同様にして、モニタリング実施・資料作成費用のバイオマストン当たり単価は310[円/t]であるので、モニタリング実施・資料作成に関するCO₂トン当たり単価では

$$\begin{aligned} & \text{バイオマストン当たり単価} \times \text{バイオマス利用量} \div \text{CO}_2 \text{クレジット創出量} \\ & = 310[\text{円/t}] \times 2200[\text{t}] \div 2154[\text{t-CO}_2] \end{aligned}$$

から317[円/t-CO₂]と推計される。したがって、チップの場合、クレジット・サービス部門におけるサービス費用は、CO₂削減クレジット創出量が平成21年で3,231[t-CO₂]であることから、1,024千円と推計される。次に、プロバイダー・サービスについては、販売額に対して一定割合のマーゲンを取るものと想定した。

参 考 文 献

- [1] Bahn et al., “Modeling and Assessing Inter-regional Trade of CO₂ Emission Reduction Units,” *Environmental Modeling and Assessment*, Vol.6, 2011, pp.173-182.
- [2] Madlener, R. and M. Koller, “Economic and CO₂ Mitigation Impacts of Promoting Biomass Heating Systems: An Input-Output Study for Vorarlberg, Austria,” *Energy Policy*, Vol.35, No.12, 2007, pp.6021-6035.
- [3] 松本直也・本藤祐樹, “拡張産業連関表を利用した再生可能エネルギー導入の雇用効果分析” 日本エネルギー学会誌、第90巻第3号, 2011年, pp.258-267.
- [4] McGreagor, et al., “The CO₂ Trade Balance between Scotland and The Rest of The UK: Performing A Multi-region Environmental Input-output Analysis with Limited Data,” *Ecological Economics*, Vol.66, 2008, pp.662-673.
- [5] Perez-Verdin et al., “Economic Impact of Woody Biomass Utilization for Bioenergy in Mississippi,” *Forest Product Journal*, Vol.58, No.11, 2008, pp.75-83.
- [6] Radetski, M., “The Economics of Biomass in Industrialized Countries: An Overview,” *Energy Policy*, Vol.25, No.6, 1977, pp.545-554.
- [7] Schneider, U.A. and McCarl, B.A., “Economic Potential of Biomass Based Fuels for Greenhouse Gas Emission Mitigation,” *Environmental and Resource Economics*, Vol.24, 2003, pp.291-312.
- [8] Su, B. and Ang B.W., “Input-Output Analysis of CO₂ Emissions Embodied in Trade: The Effects of Spatial Aggregation,” *Ecological Economics*, Vol.70, 2010, pp.10-18.
- [9] 宮沢健一編、産業連関分析入門、日経文庫、1984年。