

第2章 木質エネルギー利用による森林管理及び地域経済への影響評価

—岩手県西和賀町における木質チップボイラー導入を事例に—

國井 大輔
澤内 大輔（北海道大学）
林 岳

1. はじめに

日本では、戦後の資材確保のために、全国各地にスギ、ヒノキ、カラマツ等の針葉樹の植林が行われ、現在では国土の66%を占める森林のうちの41%が人工林であり、さらにそのうちの78%が針葉樹林となっている。けれども、価格の安い輸入材の利用が広がり国産木材の利用が減少するに伴い、林業がビジネスとして成り立たなくなり、針葉樹人工林への管理が行われなくなった⁽¹⁾。針葉樹人工林において管理が行われなくなると、樹冠が覆われ林床に光が届かなくなるために下草が生えず、林床の裸地化による土壌流出や風倒木被害等が起きやすい森林になる、いわゆる森林荒廃が懸念される。また、たとえ間伐が実施されても、間伐により伐採された木材は、品質が低いために需要が少なく、林地残材や未利用間伐材として林内に放置されることが多いため、品質の低い間伐材の利用先確保が大きな課題となっている。以上のことから、森林の管理を適正に行うためには、間伐を行うとともに、間伐材の搬出および利用先確保が重要となる。

近年、間伐材の利用先として、木質エネルギー利用が注目されている。木質エネルギーを利用するメリットとしては、二酸化炭素の排出抑制、エネルギー源の多様化によるリスク分散効果、森林の適切な整備への寄与、産業や雇用創出を通じた山村地域の活性化の効果などが期待されている（林野庁、online a）。特に、再生可能エネルギーの固定価格買取制度(FIT)の導入に伴いバイオマス全体の利用が増加傾向にあるなかでも、間伐材由来の木質バイオマスにより発電した電力に高い価格が設定されている（第1表）。また日本の政策としても、『森林・林業基本計画（平成23年7月26日閣議決定）』において「木質バイオマスの利用にあたっては、カスケード利用を前提としつつ、未利用間伐材などの発電への利用、地域における熱電併給システムの構築、バイオマスボイラーの高性能化、家庭用薪ストーブの普及を図る。」とあるように、木質エネルギー利用の促進を図っている。

第1表 FITによる電力の買い取り価格（2016年1月現在）

	メタン発酵ガス (バイオマス由来)	間伐材等由来の 木質バイオマス		一般木質バイオマス・ 農作物残差	建築資材 廃棄物	一般廃棄物・ その他のバ イオマス
		2000kW未満	2000kW以上			
調達価格	39円	40円	32円	24円	13円	17円
調達期間	20年	20年	20年	20年	20年	20年

出所：経済産業省資源エネルギー庁（online）。

木質エネルギーの利用としては、大規模な木質バイオマス発電所や、市町村の公共施設等におけるボイラー熱への利用、家庭における薪やペレット利用等があり、森林管理の促進という立場に立つと、市町村の公共施設等における利用は重要である。國井他（2015）で指摘されているように、市町村における木質エネルギー利用の取組を持続的に行う場合には、資源・環境・経済という複数の視点を総合的に評価する必要がある。特に市町村の事業担当者の立場に立って見た場合には、以下の点が重要であると考えられる。まず第1に、資源の需給バランスである。市町村内にある地域資源を利用する場合には、このバランスが崩れると、資源確保に支障をきたす恐れがある。第2に、木質エネルギー利用者への経済的メリットである。事業の持続性にとっては、木質エネルギー利用者に対して経済的なインセンティブがない限りは、事業は続かないであろう。第3には、地域への経済的にプラスの影響があることである。地域資源を利用する場合、資源の賦存する地域へ経済的なメリットがあることが重要となる。そして第4に、事業を行うことで、どの程度森林管理が進むのかという点である。地域の森林管理を一つの目的として行われる木質エネルギー利用であるために、この点は極めて重要となる。そして、上記の視点のうち1つでも欠けた点があった場合には、事業の持続性に支障をきたす可能性があるため、例えば市町村の担当者の立場に立つと、事業計画の段階でこれら4つの視点を評価することが必要となる。けれども既存の研究をみると、収集コストの推計（佐無田他，2011，山口他，2010，Yoshioka et al., 2011），バイオマスの供給可能量の推計（上村ら，2009，吉岡・小林，2006），需給バランスと地域経済効果の分析（國井他，2015，中村，2012，Sacchelli et al., 2013），施設導入のための最適地の分析（Panichielli and Edgard, 2008），などは数多く行われているが、木質エネルギー利用設備導入により、どの程度の森林管理が可能かという視点からの研究はほとんどみられない。

そこで本研究では、適正な森林管理を行いつつ、持続的な木質エネルギー利用を行うため、以下の4つの質問に答えを導く形で、事業の持続性に関する分析を行う。

- 1, 資源の需給バランスは確保されているか
- 2, 木質エネルギー利用者に費用の削減効果が見込めるか
- 3, 地域への経済効果があるか
- 4, 木質バイオマス利用で、どの程度の森林管理を行うことができるか

である。

本研究は、岩手県西和賀町における町立病院への木質チップボイラー導入を事例として分析を行う。分析の進め方としては、まず、資源量評価として、町内の資源で町立病院の需要を満たすことができるかを分析する。次に経済影響評価として、公共施設などのボイラー燃料として広く使用されている重油と木質チップの利用を比較することで、まずは木質チップ利用と重油利用はどちらが町立病院の燃料コストを削減できるかを分析し、その後木質チップと重油では、どちらが地域への経済効果が大きいかについて分析を行う。そして最後に、町立病院による間伐材の需要により、どの程度の森林管理が可能かについて分析を行う。

2. 西和賀町の概要と分析手法

(1) 西和賀町の概要と取り組み

1) 西和賀町の概要

西和賀町は岩手県の南西部に位置しており、2016年3月末現在の世帯数は2,360世帯、人口6,076人（西和賀町，online）で、町の面積約590km²のおよそ9割が森林に覆われており（第1図）、その適切な管理・利用が求められている状況である。町では『「薪」利用最適化システム構築計画書』を策定し、間伐などにより発生する低品質木材の需要先の1つとして薪での利用に着目し、「薪ストーブ利用世界一」を標語として掲げて、現在町内の3割の世帯で利用されている薪ストーブを5割まで普及させることを目指す（西和賀町，2011）など、町全体として木質バイオマスの利用促進に取り組んでいる。

2) 町立病院に導入された木質チップボイラー

以下では、西和賀町の町立沢内病院（以下町立病院とする）に導入された木質チップボイラーについて概略する。西和賀町では、2014年に町立病院の建て替え移転に伴い、当該病院の暖房・給湯用に木質バイオマスボイラーを導入した。当該ボイラー導入にあたっては、2011年に招聘したオーストリアの木質バイオマス熱供給に関する専門家のアドバイスより、床面積1m²あたり0.1kWが目安にして計算し、200kWのチップボイラーを2台とした。2台のチップボイラーの稼働状況は、冬季の暖房・融雪・給湯に利用する際には2台稼働し、夏季の給湯のみの利用の際には1台のみの稼働である。木質チップの年間消費量は1,442m³（2014年10月から2015年9月の実績値）であり、設営当初立てた町の見込み消費量1,800m³を下回る結果となった。

町立病院では、ボイラーの燃料となる木質チップは、すべて町内の森林組合から3,500円/m³で購入しており、その木質チップは、森林組合が町内の町有林（町有林および国有林の分収林を含む）について、町から委託され間伐を行い、チップ化したものである。つまり西和賀町の場合、間伐、原木の運搬、チップ化、チップの運搬はすべて町の森林組合によって行われている。また、灰の処理に関しては、病院側が産業廃棄物業者と直接契約

している。

町は森林組合に、ボイラーの維持管理も委託しており、年間 150 万円で契約している。主な作業としては、不具合（チップのつまり解消など）への対応やボイラー室、チップ貯蔵室の清掃などである。森林組合側では、維持管理作業に対して、チップ工場の作業員 4 名のうち毎日 2 名を当てており、作業員は森林組合の工場作業についても兼務している。ただし、ボイラーの管理作業はだいたい 1 日 2 時間程度である。森林組合によると、ボイラーは、稼働し始めた当初はチップ送り装置の不具合などがあったが、それ以降は大きなトラブルは起きていないとのことであった。また、トラブルが生じた際には、バックアップ用の重油ボイラーに切り替えることが可能であり、たとえば夜間にトラブルが生じて木質チップボイラーがストップしてしまっても、重油ボイラーで対応できるので、これまで夜間の緊急作業は行ったことはないとのことである。



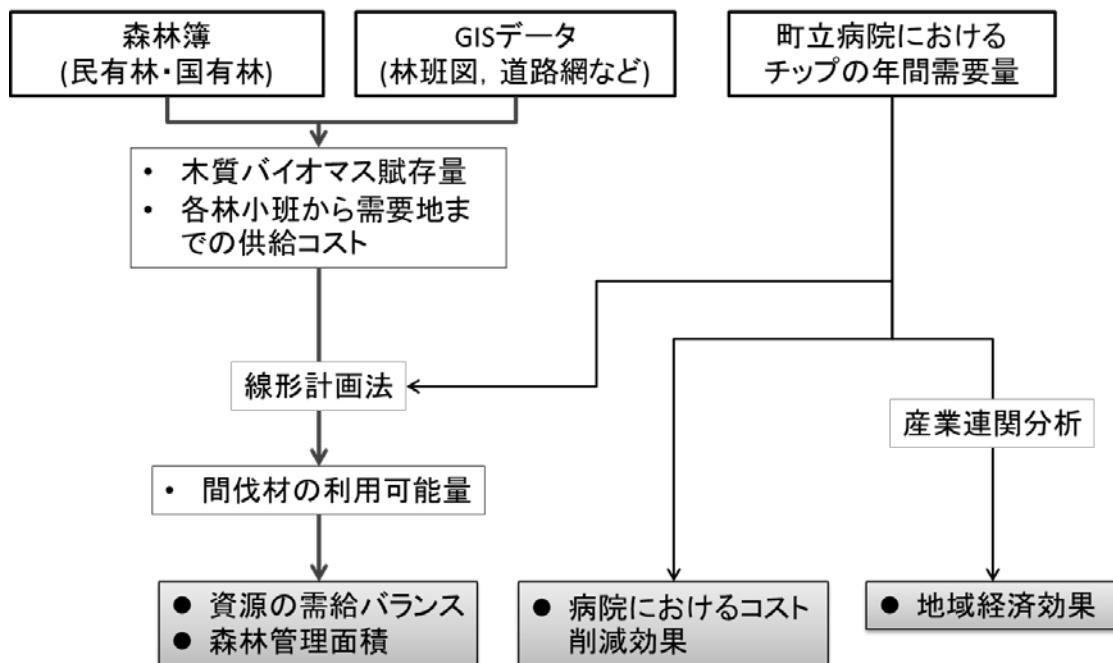
第 1 図 西和賀町の位置および人工衛星画像

出所：Landsat/TM (2000 年 9 月撮影) を USGS の HP よりダウンロードし、著者作成。

(2) 分析手法の概要

本研究の分析の概要を第 2 図に示す。まず、民有林の森林簿および国有林の森林調査簿

(以降森林簿と森林調査簿を共に森林簿とする)とGISデータから、各林小班で発生しチップとして利用する間伐材の賦存量(木質バイオマス賦存量)と各林小班から需要地まで間伐材を輸送するためにかかる費用(供給コスト)を算出した。次に、町立病院におけるチップの年間需要量を推計し、木質バイオマス賦存量、供給コストおよびチップの年間需要量より、線形計画法を用いて間伐材の利用可能量を算出した。この利用可能量から、町立病院の木質チップボイラー利用に伴う資源の需給バランスおよび森林管理面積を推計した。また、チップの年間需要量から求めた年間の木質チップ購入費とそれと同等の熱量を重油ボイラーで得る場合の重油購入費用を比較し、木質チップボイラー導入にかかる病院のコスト削減効果を分析した。最後に、年間の木質チップ購入費と重油に代替した場合の重油購入費から、産業連関分析により、木質チップを利用した場合と重油を利用した場合における地域経済効果を比較した。



第2図 分析方法の概要

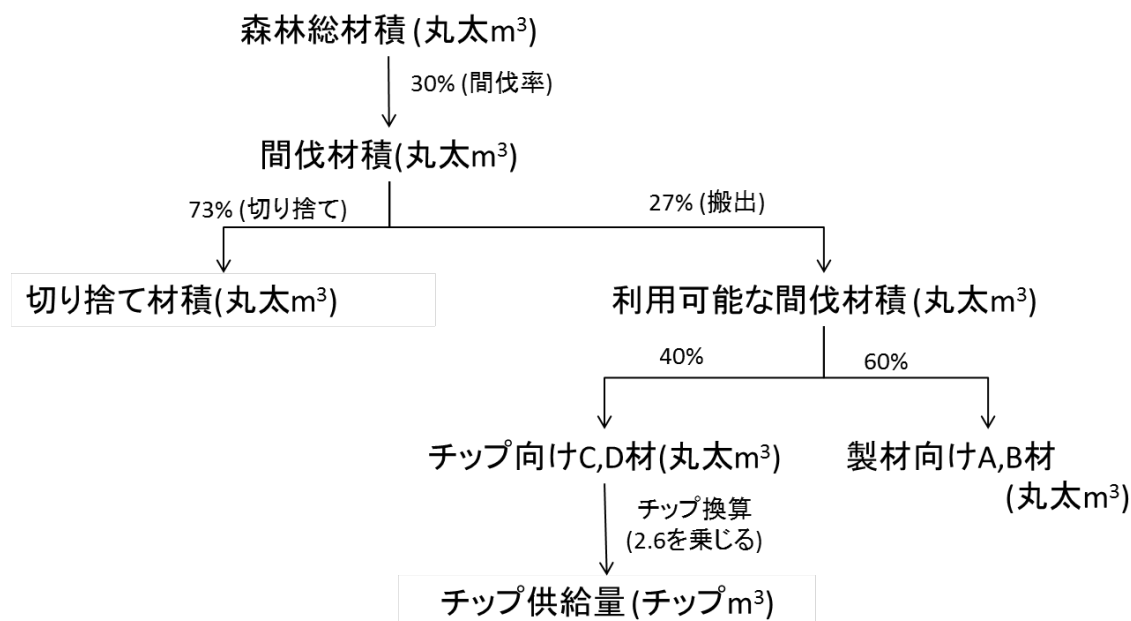
3. 資源量評価

(1) 課題設定

本項では、町立病院への木質ボイラー導入による資源利用に係る、資源の需給バランスが確保されているかについて分析を行う。具体的な課題としては、町有林から発生する間伐材で病院における木質チップボイラーの需要を満たすことが可能かである。

(2) 前提条件

本分析を行うにあたり、森林組合および町役場へのヒアリング調査をもとに、いくつかの前提条件を設定している。この前提条件は、現在西和賀町で行われている間伐の状況を基本としている（第3図）。また、本分析で対象とする木質バイオマスは、西和賀町の町有林および国有林からの分収林（以下これをまとめて、町有林とする）における、スギの間伐材とする。



第3図 西和賀町における間伐材によるチップ供給量推計の流れ

注1. 切捨て間伐の割合は、沢内村（2004）を利用し、チップ換算係数は、岩手県林業技術センター（2006）を利用した。

注2. A, B材とC, D材の利用割合は、西和賀町森林組合へのヒアリングによる。

現在西和賀町では林小班の総材積あたり30%の間伐率で間伐を行っている。伐採した間伐材のうち、27%を土場まで搬出し、残りの73%は切捨て間伐材として林内に放置される（沢内村，2004）。搬出された間伐材はその品質によって、製材等として利用可能なA,B材とそれ以外の用途へ利用されるC,D材に分けられ、木質チップとして利用されるものはC,D材である。利用可能な間伐材のうちA,B材とC,D材の割合はそれぞれ、60%と40%とした（以後、利用可能な間伐材におけるチップ用の材積の割合をチップ用材率とする）。そして、そのチップ向けのC,D材の材積量に対して、換算係数2.6（岩手県林業技術センター，2006）を乗じたものが、チップ供給量となる。間伐の実施は町の間伐計画^②に基づき、森林組合が町からの委託を受けて実施しており、主伐を60年～70年生の森林とし、25年生、35年生、45年生の林班を間伐適期として、間伐実施の対象林とする。また間伐適期に達した森林のうち、過去10年間に間伐が行われていない林班で間伐を実施するとし、過去10年間の間に間伐が行われた林小班は対象としない。次に、間伐適期に達した林小班のう

ちどの林班から病院の需要のために材を搬出するかという林小班の選択は、有賀他(2006)のコスト計算式をもとに、間伐材を森林組合まで輸送するまでの総コストが最も安くなるように、線形計画法(LP)により計算を行った。なお、当該分析においては、病院の需要を満たすまで間伐をした場合を仮定しているために、木質チップの可能量の最大値は、病院の需要量と一致する。また、需要側の病院における木質チップ需要量は、西和賀町へのヒアリング調査の結果より、2014年10月から2015年10月までの実績値である1,442m³とする。

資源量の分析は、資源利用の持続性を考えて2012年から2030年までを推計しているが、2012年森林簿に記載されている成長量(m³/年)の数値を利用し、2012年から2030年まで毎年この成長量分だけ各林小班の材積が増加すると仮定した。また、ある年に間伐された場合は、その分の材積量が減少したうえで、2012年の成長量が再度増加していくとした。

(3) 分析方法

第2図では分析法の概要を示したが、具体的には以下の手順で分析を行った。①民有林および国有林の森林簿データの整理、②GIS データを利用した各林小班の平均傾斜角度、林内から土場までの輸送距離、土場から森林組合までの輸送距離の算出、③有賀他(2006)の計算式を利用した、各林小班における間伐コストおよび、各林小班から森林組合までの運搬コストの分析、④LPを利用した、間伐対象林小班の抽出、⑤間伐材の利用可能量および間伐に伴う間伐可能面積の推計である。

①では、民有林と国有林の森林簿の情報と、西和賀町における林小班のGISデータについて、林小班の番号をもとに結合し、データ容量を小さくするために、今回対象とするスギの人工林のみを抽出し、これを林小班ポリゴンデータとする。

②では、まず西和賀町の10mメッシュ標高データより、10mメッシュの平均傾斜角度を算出し、①で作成した林小班ポリゴンデータと重ね合わせ、各林小班内の平均傾斜角度(d)を計算し、林小班ポリゴンデータと結合した。次に、各林小班の中心から最寄りの道路(2万5千分の1の地形図記載の道路)までの直線距離を算出し、これを林小班から土場までの距離(L_{sy})とした。またこの際、林内の輸送における迂回率は杉原・岩川(1960)より、0.53を用いた。土場から森林組合までの距離は、ArcGISのネットワーク解析ツールを用いて、道なりの輸送距離(L_t)を算出した。

③では、有賀他(2006)の計算式(下式(1))により、単位面積当たりの間伐及び間伐材輸送のコストP_(ij)(円/m³)を計算した。

$$\begin{aligned}
 P_{(ij)} = & 1000 && \text{(チェーンソウ伐採)} \\
 & + 0.845 * L_{sy} + 91.7 * e^{0.117 * d} + 1746 && \text{(トラクタ搬出)} \\
 & + 1954 && \text{(プロセッサ造材)} \\
 & + 0.022 * L_t + 778 && \text{(トラック運搬)} \quad \dots (1)
 \end{aligned}$$

ここで、 i は林小班 i を示し、 j は森林組合を示す。また、 L_{sy} は林内における移動距離（林小班的中心から最寄りの道路までの距離）、 d は林小班的平均傾斜角度、 L_t はトラックによる移動距離（土場から森林組合までの輸送距離）とする。また、右辺のカッコ内には、各数字や式が作業のどの部分のコストを示しているかを示した。

④では、搬出量 ($S_{(i)}$) を下式(2)より求める。

$$S_{(i)} = V_{(i)} * \text{間伐率(30\%)} * \text{搬出率(27\%)} \cdots (2)$$

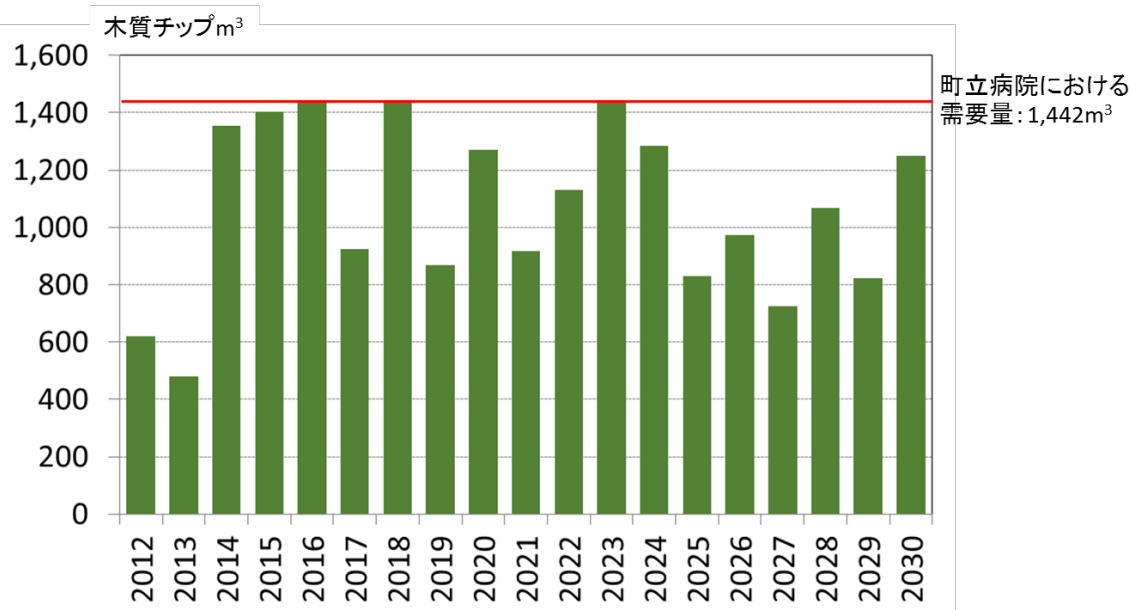
$V_{(i)}$ は、林小班 i における総材積量とする。その後、その年に病院の需要を満たす分だけの間伐材搬出の総コスト $\sum P_{(i,j)} * S_{(i)}$ が最少になるように、LP により計算し、間伐対象となる林小班を抽出した。この時利用した総コストは、あくまで LP を利用して間伐対象となる林小班を求めるためのものである。これは、有賀他（2006）の式は、モデル地区を対象として作られたものであり、西和賀町において実証されたものではないことと、実際の間伐では傾斜角度や林内の移動距離によって利用される機材がことなるが、今回はすべて同様の条件で計算を行っているためである。

⑤では、④の LP によって抽出された林小班から搬出される間伐材の総材積量及び、林小班的総面積を計算した。

（4）分析結果

2012 年から 2030 年において、町立病院の木質チップボイラーの需要量に対して、町有林の間伐適期のスギ人工林から供給可能な年間の木質チップ材積量の推計結果を第 4 図に示す。町立病院における年間の木質チップ需要量の $1,442\text{m}^3$ に対して、間伐適期の町有林から供給される年間の木質チップ量は 479m^3 から $1,442\text{m}^3$ であり、町立病院におけるチップ需要を満たすことができるのは、2016 年、2018 年、2023 年の 3 か年のみであった⁽³⁾。現状の間伐を基本とした仮定では、年間の木質チップ需要を満たすことができないという問題に対して、実際に町では、前年度までの余剰ストックや間伐適期に達していなかったり間伐遅れとなったりしている森林の間伐等によって対応している。ただし、長期的な需給バランスを考えた場合には、現状間伐の搬出率 27% の上昇や、民有林からの材の受け入れなど、間伐の面積を増やすことを考える必要がある。

そこで次に、町立病院の需要を町有林の間伐材で満たすために、搬出率を高くした場合を想定した考察を行う。西和賀町では、将来的に切捨て間伐ゼロを目指しているために、本分析においては、町が最も理想的と考えている搬出率 100% と仮定し、そのほかの間伐率（30%）やチップ用材率（40%）は変更せずに分析した⁽⁴⁾。その結果、搬出率 100% の状況下では、2012 年から 2030 年のすべての年において、町立病院における需要を町有林から発生する間伐材で賄うことができることが明らかとなった。



第4図 木質チップの年間供給量

(5) 結果の考察とまとめ

現状の間伐をベースとして分析した場合、間伐適期に達した林小班から搬出される間伐材により供給される木質チップ量では、ほとんどの年において病院の需要を満たすことができないことがあきらかとなった。つまり、本分析の課題である①町有林から発生する間伐材のみで町立病院における需要を賄えるかという問いに対しては、現状の間伐材の搬出率では不可能であるといえる。

搬出率を現状の27%よりも上昇させ、例えば搬出率を100%にした場合は、間伐適期に達した町有林の間伐材のみで町立病院の需要を賄うことが可能であることが示されたが、実際に搬出率を上げる場合には、搬出コストが大きな問題となる。搬出コストなどを考慮しつつどの程度まで搬出率を上昇させるかという詳細な分析を行うためには、作業道からの距離と搬出コストの関係を明らかにする必要がある、分析における今後の課題となる。また、実際の間伐材におけるチップ利用率は、林道などに近い部分や、間伐材でも比較的品質の良いものが優先的に搬出される傾向がある。つまり、搬出率を上昇させた場合には、搬出した間伐材に占めるチップ用材率が変化すると考えられるが、本分析においてはA、B材の利用を目的にしているわけではないので、言及を控えることとする。

4. 経済影響評価

(1) 町立病院における燃料費削減効果の計測

1) 課題設定

ここでは町立病院への木質ボイラー導入による経済面への影響について考察する。木質ボイラーの導入による経済的な影響としては、(1)ボイラーの導入・設置に伴う初期投資による影響、(2)ボイラー用の木質チップ需要の増加による影響、(3)ボイラーのメンテナンス等に関わる影響などが考えられるが、ここでは、(2)のボイラー用の木質チップ需要が増加することによる経済的な影響を考察する。木質チップとの比較として、仮に木質チップボイラーではなく重油ボイラーを導入した際にどの程度の重油需要が増加するのをも同時に評価する。すなわち、仮に西和賀町役場の担当者の立場で、町立病院に暖房・給湯施設を導入しようとする際、通常は重油ボイラーを導入することが一般的である。そのため、地域資源利用のために木質チップボイラーを導入する際には、木質チップボイラーと重油ボイラーの燃料コストの比較検討を行うはずである。

そこで本項では、木質チップボイラーと重油ボイラーの燃料コストを比較し、病院にとってコストが抑制できる暖房・給湯設備を特定することを目的とする。

2) 前提条件

はじめに、燃料コスト推計の前提条件について説明する。まず、木質チップについては、これまでの分析に倣い、町内で発生する間伐材を用いて森林組合から供給されると仮定する。その際、2014年実績値である3,500円/m³+税の木質チップ価格を用いて木質チップの燃料コストを計算する⁽⁵⁾。一方の重油に関しては、木質チップと発熱量等価の重油量を計算した上で、重油の単価データを用いて燃料コストを計算する。重油価格データには、石油情報センター（online）から東北区A重油小型ローリー納入価格（2012年平均）88.1円/Lを用いて計算する。なお、重油価格は2012年当時の消費税5%分が含まれた価格であるため、整合性を保つために木質チップにおいても消費税は5%として税込3,675円/m³の単価を適用する⁽⁶⁾。

3) 計算結果

計算の結果、木質チップの場合は燃料コストとして、 $1,442\text{m}^3 \times 3,675 \text{円/m}^3 = \text{年間 } 530 \text{万円}$ の燃料コストであることが明らかになった。一方の重油については、 $1,442\text{m}^3$ の木質チップと発熱量等価の重油量は135,178Lとなり、これから $135,178\text{L} \times 88.1 \text{円/L} = \text{年間 } 1,191 \text{万円}$ の燃料コストとなることがわかった。

したがって、燃料コスト比較では木質チップのほうが重油よりも優位であることが示された。すなわち、木質チップボイラーを導入することで、病院には燃料コストを削減できるというメリットがあり、その節約額は年間661万円になることが示された。また、この

推計結果は、重油が比較的高騰していた 2012 年の重油価格を用いて計算されたものである。本原稿執筆時点の最新のデータである 2015 年 3 月から 2016 年 2 月までの平均価格は 72.5 円/L となっている。この値で計算した場合、重油は 980 万円の燃料コストとなり、この場合でも木質チップのほうが燃料コストが低くなる。重油の燃料コストが木質チップと同じ 530 万円になるのは、重油価格が 39.2 円/L であり、低下してきたと言われる最近の重油価格の水準からさらに 45% 近く下落したときの水準である。

(2) 地域経済効果の計測

1) 課題設定

前項の分析では、木質チップと重油を比べると木質チップのほうが燃料コストが 661 万円低くなることが示された。これは木質チップボイラーの導入が町立病院の収支の改善に貢献し、経営効率化に資することを示している。しかしながら、町立病院の収支というミクロ的な視点では効率化にはなるものの、町内もしくは地域経済というマクロ的な視点では、町内で流通する資金が年間 661 万円の減少することを意味し、これは地域経済にとっては、マイナスの影響を与える可能性がある。

そこで、本項では、(1)木質チップと重油ではどちらが域内に留まる資金が大きいのか、(2)木質チップと重油ではどちらが地域経済効果が大きいのか、という 2 つの問いに答えるべく、木質チップの需要増と重油の需要増による地域経済への経済波及効果を計測することを目的とする⁷⁾。

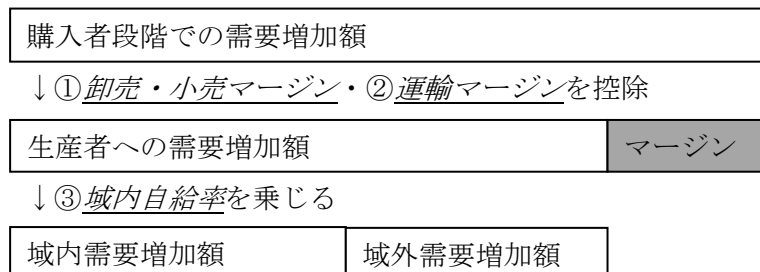
2) 分析手法

分析では、産業連関分析を用いて地域経済効果を計測する。使用する産業連関表は岩手県が公表している『2005 年県南広域振興圏産業連関表』(35 部門表) を著者が独自に 2009 年に延長したものを使用する。なお、この産業連関表は西和賀町を含む県南地域の産業連関表であるため、地域経済効果は西和賀町のみならず、県南地域全般への効果を計測するものとなることに留意いただきたい。

分析シナリオについて解説する。ここでは、仮に西和賀町役場が町立病院にボイラーを導入する際、「木質チップボイラーと重油ボイラーとではどちらが地域経済にとってメリットがあるか」を導入の判断基準とすることを仮定し、前項で算出した 530 万円分の木質チップ需要が増加する場合と 1,191 万円の重油需要が増加する場合を考え、これをもとに両者の需要増のうち、県南地域に留まる資金を推計する。さらに推計した結果をもとに県南地域へもたらされる地域経済効果の大きさを産業連関分析で評価する。

分析の手順は、過去に著者らが西和賀町での仮定における薪利用に関する分析の手順とほぼ同一であり(國井他, 2015, 澤内・國井, 2014), 第 5 図に示されているとおりである。前述のとおり、町立病院で暖房費として木質チップ、重油にそれぞれ 530 万円, 1,191 万円の需要増加があるものと仮定し、それを小売店や運送業者の取り分である商業マージン

及び運輸マージンを控除し木質チップや重油の生産者に対する需要の増加額を推計する。この値に重油や木質チップがどれだけ地域内で生産されるかを示す域内自給率を乗じ、県南地域内での木質チップや重油の需要増加額を推計する。



第5図 域内で生み出される価値の推計方法

出所：澤内・國井（2014）の図5を著者が改変。

推計に用いたパラメータは第2表に示したとおりである。具体的には、商業マージン率及び運輸マージン率は、2005年または2009年の西和賀町及び岩手県の値が入手できないため、国全体の産業連関表『平成17年（2005年）産業連関表』の産出表からそれぞれのマージン率を推計した。推計に用いたデータは第3表に示した。

さらに本項では、上記のように求めた地域内に留まる資金が循環することでどの程度の地域経済効果をもたらすのかを産業連関分析により明らかにする。具体的には、木質チップ需要が530万円増加した場合と重油需要が1,191万円増加した場合の地域経済効果を比較する。

第2表 分析に使用したパラメータ

部門名	木質チップ	重油
	特用林産物	石油製品
商業マージン	0.370	0.338
卸売マージン	0.166	0.320
小売マージン	0.204	0.018
運輸マージン率	0.023	0.015
域内自給率	0.894	0.068

出所：『平成17年産業連関表』より著者推計。

第3表 マージン率の推計

産業連関表における部門	(百万円)	
	木質チップ 特用林産物	重油 石油製品
最終需要計(①)	277,762	10,116,756
商業マージン合計(②)	102,678	3,417,554
卸売(③)	56,619	1,747,764
小売(④)	46,059	1,669,790
国内貨物運賃合計(⑤)	6,463	148,857
商業マージン率(②/①)	0.370	0.338
卸売マージン率(③/①)	0.204	0.173
小売マージン率(④/①)	0.166	0.165
運送マージン率(⑤/①)	0.023	0.015

出所：『平成17年産業連関表』

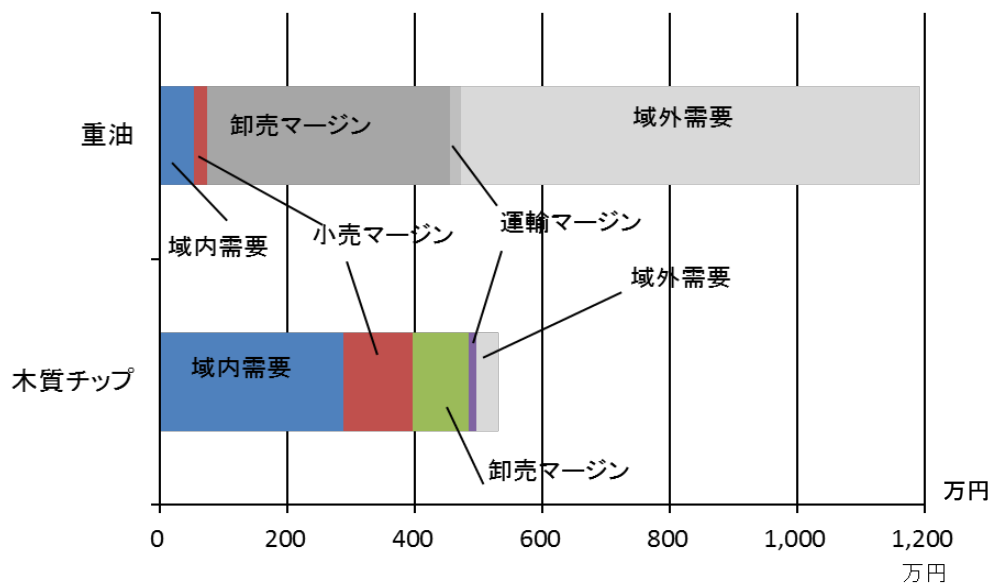
3) 分析結果

まず域内に留まる資金の比較について、木質チップの場合、530万円の需要増のうち、域内に留まると考えられる資金は、卸売、小売、運輸の各マージンの合計である208万円に、域内での需要増を加えた496万円と考えられ、増加した需要の93.6%が域内に残存する(第6図)。これは、木質チップの原料となる木材の生産、木質チップへの加工、木質チップの輸送など木質チップ生産に係る工程の多くが西和賀町内で完結することによるものと考えられる。

一方、重油の場合、1,191万円の需要に対し域内に留まる資金は、小売マージンと域内需要を加えた73万円分であると考えられ、残存率は6.1%とごくわずかである(第6図)。これは、重油の生産から卸売までは域外で行われて、重油の輸送も域外業者が行っていると考えられるためである。ただし、この場合も重油の域内需要は産業連関表の推計上の都合から残るものであり、実際には県南地域において重油の生産は行われていないため、この域内需要も実在しないものと考えられる。

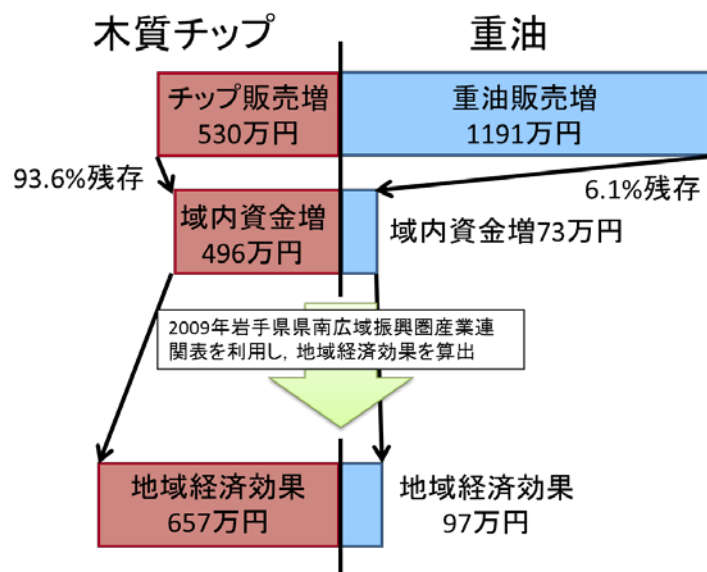
以上の推計結果から、たとえ重油の需要増加額が木質チップのそれよりも多くても、重油の需要増加額の多くは域外へ流出してしまい、域内に残る資金は木質チップのほうが多くなることが示された。したがって、西和賀町の町立病院で重油を使用するよりも木質チップを使用した方が域内に留まる資金は多くなり、地域の所得増に貢献することが分かる。

続いて、地域経済効果の推計結果について解説する。結果は第7図にまとめられているとおりである。前述のとおり、重油の需要が1,191万円増加したとしても、域内に残る資金は73万円のみで、これを元に得られる地域経済効果は97万円にしかならない。一方で、木質チップの場合は、チップの需要増による域内資金の増加額は496万円であり、ここから得られる地域経済効果は657万円となり、重油の場合のおよそ7倍の金額となった。



第6図 域内に留まる資金の推計

注. 色つきの部分が域内に残る資金を示す.



第7図 地域経済効果の推計結果

(3) 結果の考察とまとめ

これまでの分析により、町立病院の燃料コストというマイクロ経済的な視点では、木質チップのほうが燃料コストが安く、町立病院にとっては木質チップボイラーの導入が燃料コストの削減という経営効率化に資することが明らかになった。また、地域経済効果という

マクロ的な視点からは、木質チップのほうが域内に残る資金が多く、重油より大きな地域経済効果をもたらすことが示された。このような結果は、木質チップボイラーの導入の事例では、町立病院（ミクロ）の経営効率化と地域経済活性化（マクロ）の両立、すなわちコベネフィット関係の成立が可能であることを示している。

昨今、経営の効率化、いわゆるコスト削減はあらゆる場面で求められており、農村地域におけるビジネスにおいても例外ではない。しかしながら、コスト削減を過度に進めることは、人件費削減などを通じた雇用機会の喪失、地元の製品が大規模大量生産により安価に生産された他地域産の製品に置き換えられるなど、地域経済にとっても悪影響を与えかねない。一方で本分析では、町立病院のコスト削減と地域経済へのプラスの影響のコベネフィット関係の成立が示され、必ずしもコスト削減という経営効率化が地域経済にマイナスの影響を与えるものではないことが示された。

5. 森林管理への影響

（1）課題の設定

1. でも述べたように、西和賀町における木質チップボイラー導入の目的の1つとして間伐の促進がある。町の担当者にとっては、資源のバランスや経済効果とともに、事業を持続的に進めるにあたっては、間伐材由来のチップを利用することで、間伐がどの程度進むのかということも重要となる。そこで本節では、町立病院への木質チップボイラーの導入が町内の森林管理にどの程度寄与するかについて分析する。

また3. では、その年に間伐適期に達する町有林から生産される木質チップだけでは町立病院の需要を満たすことができない年が多いことが示された。そこで本節では、町有林以外のスギ林も間伐する場合に、どの程度追加的な間伐を行う必要があるかについても推計する。

（2）分析の方法

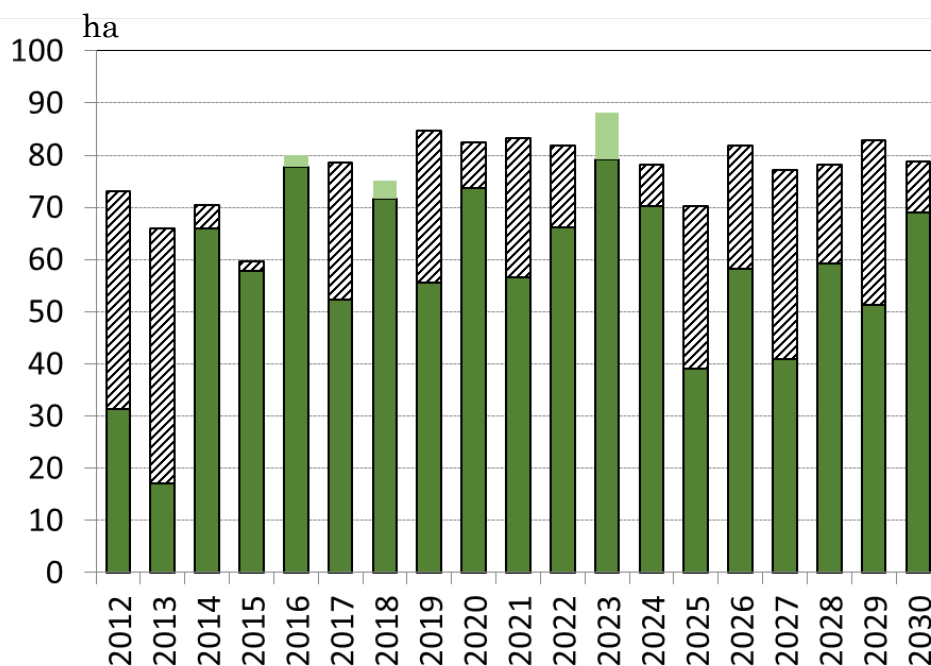
森林管理面積の推計は、3. の資源量の分析をもとに行う。3. では、病院の需要量を満たすまでLPによって間伐を行う林小班を決定し、そこから生産される木質チップの量を推計した。本節では、3. でLPによって決定した林小班の総面積を求めた。

また、追加的に必要となる間伐面積については、西和賀町における2012年から2030年の間に間伐適期に達する町有林の平均的なスギ材積量（ $235\text{m}^3/\text{ha}$ ）を利用して、病院の需要を満たすために追加的に行わなくてはならない間伐面積を推計し、間伐適期の面積に足し合わせた。

(3) 分析結果

3. でも示したように、町有林から供給可能な木質チップは、 479m^3 から $1,442\text{m}^3$ であり、この木質チップを得るために間伐される町有林面積は、年間 $17\text{ha}\sim 79\text{ha}$ と推計された(第8図)。これは、2012年から2030年までの間に間伐適期に達する町有林のほとんどすべての森林を施業できるということを意味している。ただし前述のように、間伐適期に達する町有林だけでは病院の需要量を満たすことができないため、その需要を満たすために町有林以外で行われる間伐の面積を足したところ、年間 $60\text{ha}\sim 80\text{ha}$ (平均 77ha) の間伐が実施されることが示された。

次に、3. でも考察したように、町有林のみで町立病院の需要を賄うために、仮に搬出率を100%とした場合について、間伐が実施される面積についても考察を行う。搬出率を増加させると、1つの林小班から搬出される間伐材が増加するために、全体として間伐が実施される面積も減少するため、2012年から2030年において間伐が実施される面積は、年間 $13\sim 35\text{ha}$ となり、その年に間伐適期に達する森林の31~77%しか間伐が実施されないことが示された。



第8図 木質チップの需要により必要となる間伐面積

- 注1. 緑色+薄緑色 = 各年の間伐適期のスギ林の面積
 注2. 斜線は病院の需要を満たすために追加的に必要とされる仮の間伐面積を示す。町有林の間伐適期のスギ林における平均的な材積量 ($235\text{m}^3/\text{ha}$) から試算。
 注3. 薄緑色は間伐適期のスギ林が病院の需要を上回る場合の余剰面積を示す。余剰面積が生じた場合は、翌年へのストックや他の需要先への供給が考えられる。

(4) まとめ

本節では、第1節で掲げた木質バイオマス利用でどの程度の森林管理を行なえるかという問いに対し、病院における木質チップ利用による需要創出で、町有林のスギ人工林の間伐をどの程度実施可能かとの観点から検証を行なった。その結果、現状の間伐をベースとした場合、その年に間伐が必要な面積のほぼすべてである、17~79haの町有林の間伐を実施可能であることが明らかとなった。ただし町立病院における需要を完全に満たすためには、町有林以外からも供給を行う必要があり、町有林とそれ以外の森林合わせて平均で年間77haの間伐が実施できる。また、町有林から発生する間伐材のみで需要を満たすためには、町が目標とする搬出率100%を仮定すると、需要量(1,442m³)だけの供給を確保するためには、年間13~35haの町有林の間伐すればよく、これはその年に間伐が必要な面積の31~77%にしかならないことが明らかとなった。

町立病院に木質チップボイラーを導入することで、町内で発生する間伐材の安定的な出口を創出し、森林管理促進に貢献することが示された。また、現状の搬出率などを加味すると、町有林だけでは需要を満たすことができず、私有林からの間伐材受け入れなどを通じて、町内全体の間伐促進に貢献することが期待される。

6. おわりに

本章では、岩手県西和賀町の町立病院における木質チップボイラーを事例として、適正な森林管理を行いつつ持続的な木質エネルギー利用を行うために、木質エネルギー利用による森林管理や地域経済への影響を、4つの質問に答えを導く形で分析した。

第1に資源の需給バランスが確保されているかである。西和賀町における現状の間伐をベースとした場合、2012年から2030年の間では、ほとんどの年において町有林から発生する間伐材のみでは、需要を賄うことができないことが明らかとなった。また、搬出率を100%にした場合には、十分に需要を賄うことが可能となる。

第2に木質エネルギー利用者に費用の削減効果が見込めるかである。木質チップの方が、重油に比べて燃料コストが安いために、町立病院にとっては木質チップボイラーの導入が燃料コスト削減という経営効率化に資することが明らかとなった。

第3に地域への経済効果についてである。木質チップの方が域内に残る資金が多いため、重油よりも大きな経済効果があることが判明した。

第4に木質バイオマス利用でどの程度の森林管理を行なえるかである。西和賀町の町有林においては、年間17~79haの間伐を実施することができる。ただし、病院の需要を完全に賄うためには、町有林以外からの間伐材も受け入れる必要があり、全体として町立病院への木質チップボイラー導入では、平均で77haの間伐を実施できることが示された。

本章では、西和賀町における町有林から発生する間伐材だけでは、燃料の確保に課題が残るものの、町立病院という公共施設への木質チップボイラーの導入により、町立病院で

のコスト削減と地域経済へのプラスの効果という、コベネフィットの関係が明らかとなった。さらに、このような取組によって、地域の森林管理促進の効果も示された。本研究の手法を利用して市町村において木質エネルギーを利用する事業を行う際の事前評価を行うことで、資源の確保、事業の経済性、森林管理への影響を評価し、事前に事業推進の課題を明確にすることができる。地域資源としての木質エネルギーを利用する取組は、地球温暖化抑制や地域振興の観点から極めて重要な取組であり、このような取組が全国的に広がることで、地域だけではなく日本全体の農山村地域の振興につながると考える。そのためにも、本研究のような手法を利用し事業の事前評価を行うことで、より持続的な木質エネルギー利用を期待したい。

本章では、地域資源を地域内で利用することによって、ミクロとしての経営効率化とマクロとしての地域経済活性化の間において、コベネフィットの関係成立が可能であることを指摘した。このコベネフィット関係の成立のためには、域内自給率の低い製品を域内自給率の高い製品で置き換えることが1つのポイントである。コスト削減や経営効率化は農村ビジネスにとっても必要なことではあるが、特に雇用機会の少ない農村においては、雇用機会の喪失が人口流出に直結する可能性が高い。したがって、やみくもな効率化を行うのではなく、地域に相乗効果（コベネフィット）をもたらすような効率化をきちんと考えて行うべきであると考えられる。

注

- (1) 林野庁 (online b) によると、2008年から2014年において、目標としていた年平均55万haの間伐を達成しており、間伐の実施状況は改善しつつあるが、引き続きの間伐促進は必要である。
- (2) 西和賀町としては、25、35、45年生の林班において間伐を行うことを計画しているが、現在のところ計画通りには間伐が進んでいない。この原因としては、過去における間伐遅れの林班や施業しやすいところなどを優先的に間伐しているためである。
- (3) 2016年、2018年、2023年における、供給可能な材積量としてはそれぞれ、1542m³、1542m³、1643m³であるが、線形計画法による分析において、需要を満たすまでの供給量を分析していることから、第4図においては、町立病院の需要量(1442m³)までのグラフとなっている。
- (4) 搬出率100%とは、間伐した木材すべてを搬出することを意味している。実際の現場では、土場や作業道から遠くなればなるほど搬出コストが高くなるために、現状の木質チップの取引価格では困難であると予想される。本分析における搬出率100%の想定は、コスト面は考慮しない、理想的な間伐施業を想定したものである。
- (5) 3,500円/m³は、西和賀森林組合が県立プールへ納入する木質チップの価格と同額であり、このあたりの価格帯が木質チップの相場と考えられる。
- (6) 実際には、町立病院における木質チップボイラーの稼働は2014年10月からで、消費税は8%が適用されている。
- (7) 本稿では、「地域経済効果」を産業連関分析の「経済波及効果」と同義で用いている。

[引用文献]

- 有賀一広・吉岡拓如・櫻井倫（2006）「中山間地域における木材および森林バイオマス資源の長期的な利用可能性ーランダムサーチを用いた収穫量の平準化」『森林利用学会誌』21(1), pp.49-59。
- 岩手県林業技術センター（2006）『燃料用チップ供給の手引き』岩手県林業技術センター 新技術解説シリーズ 19。
- 上村加奈・久保山裕史・山本幸一（2009）「北東北三県における木質バイオマス供給可能量の空間的推計」『日本エネルギー学会誌』 88, pp.877-883。
- 経済産業省資源エネルギー庁（online）「なっとく再生可能エネルギー」『経済産業省資源エネルギー庁ホームページ』
http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/kakaku.html
（2016年1月20日アクセス）。
- 國井大輔・澤内大輔・林岳（2015）「木質バイオマスの需給マッチングをもとにした環境及び経済の多角的評価ー岩手県西和賀町の家計における薪利用を事例にー」『地域学研究』 44(4), pp.418-493。
- 村上良平・中沢純司・松本明（2012）「木質バイオマスを活用した CO₂ 削減効果と地域経済効果：地域産業連関モデルの構築と新たな適用」『地域学研究』 42(4), pp.799-817。
- 西和賀町（online）「西和賀町ホームページ」 <http://www.town.nishiwaga.lg.jp/>（2016年4月11日アクセス）。
- 西和賀町（2011）『「薪」利用最適化システム構築計画書：森林エネルギー利用で切り開く西和賀町の未来推進事業』。
- Panichelli, L., Gnansounou, E., (2008) “GIS-based approach for defining bioenergy facilities location: A case study in Northern Spain based on marginal delivery costs and resources competition between facilities” *Biomass and Bioenergy* 32, pp. 289-300。
- 林野庁（online a）「なぜ木質バイオマスを使うのか」『林野庁ホームページ』
http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/con_2.html（2016年3月15日アクセス）。
- 林野庁（online b）「間伐の実施状況等」『林野庁ホームページ』
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/suisin/zyokyou.html>（2016年3月20日アクセス）。
- Sacchelli, S., Fagarazzi, C. and Bernetti, I., (2013) “Economic evaluation of forest biomass production in central Italy: A scenario assessment based on spatial analysis tool” *Biomass and Bioenergy* 53, pp.1-10。
- 佐無田啓・内山洋司・岡島敬一（2011）「茨城県におけるバイオエネルギー生産と輸送の最適化分析」『エネルギー・資源』 32(2), pp.16-23。
- 澤内大輔・國井大輔（2014）「家庭における木質バイオマス利用の影響評価手法の開発ー岩手県西和賀町の薪利用とした実証分析ー」『農林水産政策研究所 温暖化プロジェクト資料

第2号 バイオエネルギーの活用とその評価』, pp.39-79。

沢内村 (2004) 『沢内村森林バイオマス利用促進行動計画－煙突の見える村 あったか沢内－』。
石油情報センター (online) 「価格情報」 <https://oil-info.ieej.or.jp/price/price.html> (2016年1月7日アクセス)。

杉原彦一・岩川治 (1960) 「陸上路線の迂回路について」『日本林学会』 42(7), pp. 269-275。

山口鈴子・有賀一広・村上文美・斎藤仁志・伊藤要 (2010) 「栃木県佐野市における用材と林地残材収穫の経済性を考慮した林地残材収穫量と収穫費用算定モデルの構築」『日本エネルギー学会誌』 89(10), pp.982-995。

吉岡拓如・小林洋司 (2006) 「中山間地域におけるエネルギー利用が可能な森林バイオマス資源量と収穫・輸送コスト」『第57回日本森林学会関東支部大会発表論文集』, pp. 335-338。

Yoshioka, T., Sakurai, R., Aruga, K., Sakai, H., Inoue, K., (2011) “A GIS-based analysis on the relationship between the annual available amount and the procurement cost of forest biomass in a mountainous region in Japan” *Biomass and Bioenergy* 35, pp. 4530-4537.