

東京大学大学院新領域創成科学研究科

環境学研究系自然環境学専攻

生物圏情報学分野

平成 25 年度

修士論文

長野県伊那市における薪による

小規模バイオマスエネルギー利用の実態

CURRENT STATUS OF THE SMALL-SCALE  
FIREWOOD UTILIZATION IN INA CITY, NAGANO,  
JAPAN

2014 年 1 月 23 日提出

2014 年 3 月修了

指導教員 山本 博一 教授

47126634 原島 義明

<b>第1章 研究の背景と目的</b> .....	<b>4</b>
第1節 再生可能エネルギーによるエネルギーの一部自給 .....	4
第2節 木質バイオマスエネルギー利用の動向 .....	6
第3節 研究課題の設定と既往研究の整理 .....	9
第4節 ケーススタディ地域の選定 .....	11
第5節 研究の目的 .....	13
第6節 研究のフロー .....	14
<b>第2章 長野県伊那市西箕輪地区における薪ストーブ導入実態</b> .....	<b>15</b>
第1節 本章の目的と方法 .....	15
第1項 目的 .....	15
第2項 方法 .....	15
第2節 結果と考察 .....	17
第1項 結果 .....	17
第2項 考察 .....	20
<b>第3章 長野県伊那市西箕輪地区における薪の利用実態</b> .....	<b>22</b>
第1節 本章の目的と方法 .....	22
第1項 目的 .....	22
第2項 方法 .....	22
第2節 結果と考察 .....	25
第1項 結果 .....	25
第2項 考察 .....	31
<b>第4章 長野県伊那市におけるエネルギー自給，里山管理再生からの可能性</b> .....	<b>33</b>
第1節 本章の目的と方法 .....	33
第1項 目的 .....	33
第2項 方法 .....	33
第2節 結果と考察 .....	34
第1項 結果 .....	34
第2項 考察 .....	35
<b>第5章 結論および展望</b> .....	<b>39</b>
第1節 結論 .....	39
第2節 他地域への薪ストーブ適用可能性 .....	40
第3節 展望 .....	43
<b>引用文献</b> .....	<b>44</b>



謝辭 .....	46
要旨 .....	47
付録 .....	51

## 第1章 研究の背景と目的

### 第1節 再生可能エネルギーによるエネルギーの一部自給

2011年3月11日に発生した東日本大震災を起因とする一時的な電力供給の停止により、大規模集約型のエネルギー供給にすべてを依存することのリスクが顕在化した。その一方で化石燃料の枯渇が懸念される現在においても、可能な限りエネルギーの自給を行うことは必要である。地域内でエネルギーを自給する概念として EIMY (Energy In My Yard) というシステムが存在し、今後このシステムが各地域において形成されることが望まれる (新妻 2011)。

エネルギー自給の例として、岩手県釜石市大槌町の吉里吉里では津波の被害により電力供給が止まってしまった際に、瓦礫の中の廃材を薪にし、薪ボイラーによってお風呂の運営を行っていた (バイオマス白書 2012)。震災後も吉里吉里においては廃材を薪に加工することを日常的に行い、可能な限りエネルギーの自給を行っている。このように、地域内でエネルギーを自給することが出来れば、一時的にライフラインの供給が停止した際にも、生活を行うことが出来るといえる。



図 1-1 廃材から加工した薪 (2012年7月31日, 吉里吉里にて撮影)

また、岡山県真庭市においても、製材所の廃材を利用することで木質バイオマス発電を行い、使用する電気の約 100%をバイオマス発電によって賄う工場が存在している (藻谷 2013)。

以上のように、今後地域内でエネルギーを自給する必要性は今後も重要視されると考えられる。

エネルギーの地産地消  
**EIMY** Energy in my yard

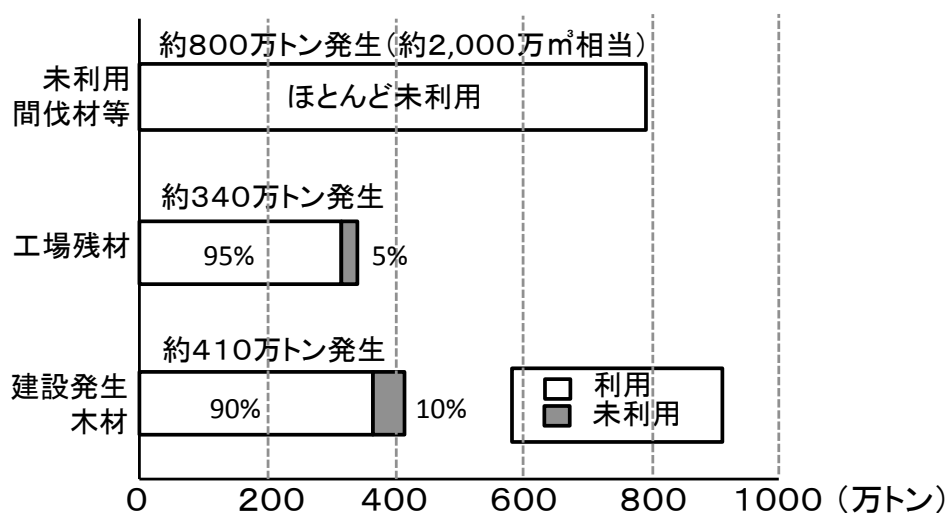


図 1-2 EIMY の概念図  
(新妻 2011 より引用)

図 1-2 は前述した EIMY の概念図であるが、そのエネルギーの供給源は再生可能エネルギーである。再生可能エネルギーは 2012 年 7 月 1 日より始まった「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」を背景に我が国において再生可能エネルギーの普及が見込まれており、エネルギー自給システムを形成していく上で重要な制度になると考えられる。

## 第2節 木質バイオマスエネルギー利用の動向

バイオマスエネルギーの中でも近年注目を集めているのが木質バイオマスエネルギーである。国内の7割を森林で占める我が国においては工場残材や建築発生木材の利用は行われている一方で、現状でも未利用の間伐材が多く存在している（図1-3）。間伐材の多くは収集・運搬コストがかかるため、多くが林内に放置されている現状である。従って、国内における林業の課題の解決の一手段としても木質バイオマスエネルギーの利用は効果的であると考える。このように森林資源を利用し、林業を活性化させる効果からも、木質バイオマスエネルギーの利用は注目を浴びている。



※重量から容積への換算に当たっては、絶乾比重として0.4トン/㎡を用いた。

図1-3 木質バイオマスの発生量と利用の現況（推計）  
（林業白書2010より引用し作成）

木質バイオマスのエネルギー利用に関しては発電に関してはガス化発電、直接燃焼発電、熱利用においてはペレットボイラ、チップボイラ、薪ストーブといった利用方法が現状で行われている。図1-4はバイオマス発電におけるエネルギー変換効率を示したものであるが、発電に着目してみると効率は熱利用と比較して低い値となる。従って、現状ではバイオマスの利用は熱利用の方がエネルギー利用効率が良い。熱利用であれば、家庭用ストーブのような小規模なものであっても、最新型の設備を用いることで、90%近い利用効率で使用することができる。エネルギー利用効率が高いということは経済的優位性も高く、灯油や重油に対しても経済性を持ちやすいとされている（泊2012）。

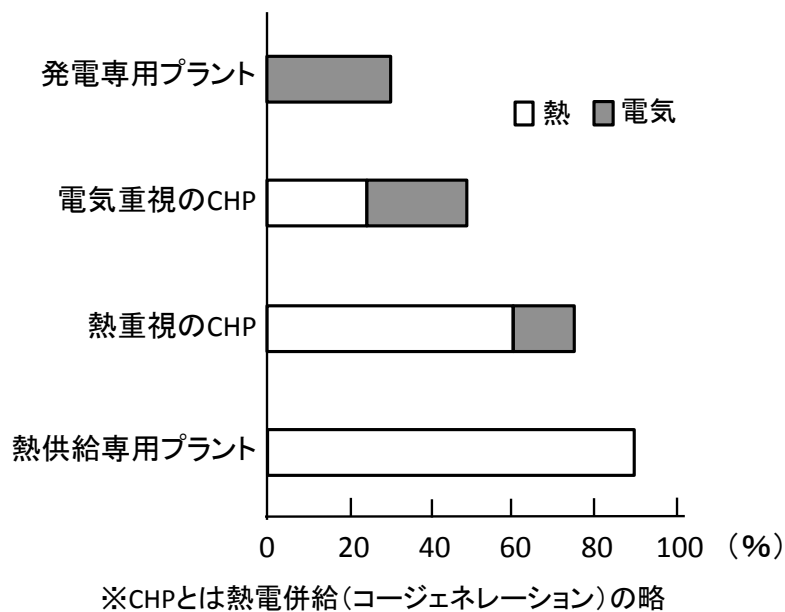


図 1-4 バイオマス発電におけるエネルギー変換効率  
(熊崎ら 2013 より引用し作成)

また木質バイオマスのエネルギー利用に際しては、利用の形態と同様に燃料となる木材の形態にも留意しなければならない。木質燃料に関して現状では薪,チップ,ペレットが主に挙げられ、個々の特徴を表 1-5 にまとめた。

まず薪は最も容易に製造が可能であり、個人でも入手・製造が可能である。一方で利用の際には自動投入が困難な燃料であり、数時間に 1 回は人力で投入する必要がある、また燃焼効率を上げにくい、煙が多い、火力の調整が困難であるといったデメリットが挙げられる。

次にチップであるが、比較的容易に製造が可能であり、一般的には化石燃料より安価である。また既存の製造施設を転用可能であり、燃料の自動投入も可能である。その一方で、含水率によって熱量が大きく変動し、利用機器が複雑になるため、小規模での利用は不可能である。また長期保管が困難であり、チップを用いた燃焼機器の初期投資が高額になるというデメリットも挙げられる。

ペレットはエネルギー密度が高く煙が少ないことがメリットとして挙げられる。また自動投入が可能であり、火力の調整が容易で、小型機器でも燃焼効率が良いこともメリットとして挙げられる。その一方で、燃料としては新しい形態であるため専用工場の新設が必要で、ペレット自体の製造コストが高くなってしまふことがデメリットとして挙げられる(熊崎ら 2013)。

このように木質バイオマスエネルギーの燃料としての形態も現状では様々存在しているが、エネルギー自給の観点からすると最も利用が見込まれるものが薪である。上記に示し

たように、薪はチップやペレットと異なり、個人で容易に生産することが出来る為、エネルギー自給の観点からも他の燃料よりも優位であると考えられる。

薪を燃料とした燃焼機器である薪ストーブ（図 1-6 左）は近年、燃焼効率が上昇するなど高性能化が顕著であり、その導入数も増加傾向にある（京都新聞 HP [http://www.kyoto-np.co.jp/info/keizaitokusyuu\\_old/shin\\_kokoku/111127.html](http://www.kyoto-np.co.jp/info/keizaitokusyuu_old/shin_kokoku/111127.html), 2013. 9. 20 参照）。

表 1-5 木材燃料の特徴

燃料の種類	メリット	デメリット
薪	製造が最も容易 個人でも入手・製造が可能	自動投入が困難な燃料 燃料効率を上げにくい 煙が多い 火力の調整が困難
チップ	製造が比較的容易 化石燃料より安価 既存の製造施設を転用可能 燃料の自動投入が可能	含水率によって熱量が大きく変動する 利用機器が複雑 小規模での利用が不可能 長期保管が困難 燃焼機器の初期投資が高額
ペレット	エネルギー密度が高く煙が少ない 自動投入が可能 火力の調整が容易 小型機器でも燃焼効率が良い	専用工場の新設が必要 ペレット自体の製造コストが高い



図 1-6 薪ストーブ（左）、薪（右）

### 第3節 研究課題の設定と既往研究の整理

木質バイオマスエネルギーは過剰に利用が行われれば資源が枯渇してしまう為、地域の賦存量を明らかにした上で利用を推進していかなければならない。原科ら（2004）は長野県佐久市を事例とし、地域循環型の生物資源利用システムに関する研究を行い、木質資源、農畜産資源、生活系資源の賦存量を明らかにした上で利用可能性の評価を行った。上原ら（2005）は福岡市に隣接する新宮市を対象に里池・里山林の管理方法を示し、その地に存在する資源を循環して利用可能な許容人口規模の算定等を行い、土地利用モデルの提案を行った。また寺田ら（2007）は茨城県つくば市の平地林を対象に、木質バイオマス利用の観点から平地林の管理シナリオを設定し、発生する木質バイオマスの量を推定した。このように、木質バイオマスの地域の賦存量や発生量を推定した研究は数多く存在する。

また木質バイオマスは遠方に運搬するには輸送コストが多く必要となるため、極力小規模での利用が望ましいとされている。寺田ら（2010）は千葉県北部に位置する下総台地を対象に、収穫・輸送コストの観点から都市近郊部の平地林が山間部の森林と比較して優位性をもちうることを示し、輸送コストの低減策として建設発生木材との複合利用について複数地域における効果を推定し、地域ごとに適した施策のあり方を示している。このように供給側として地域の賦存量を把握する研究、燃料となる木材の輸送コストに関しては研究蓄積があると言えるが、一方でポテンシャルの推定に留まっており実態に基づく議論が不足しているという事もできる。

木質バイオマスエネルギーの利用実態に関しても数多くの研究蓄積がある。例えば久保山ら（2004）は岩手県遠野市を対象に林業・林産バイオマスの発生状況を、資料を用いて推定し、収集コストを推計することによってエネルギーコストを算出し、これらを用いて、バイオマス燃料供給の立場から、エネルギー利用の可能性を経済学的に分析した。また中西ら（2005）は木質系バイオマスを用いた地域分散型小型発電システムの検討を行い、林産バイオマスや林業バイオマスを利用する小型分散発電について検討した。その一方で近年注目を集めている熱利用の分野において、薪や薪ストーブに関する研究は少ない。木下（1996）は薪の生産と利用について現場を把握するため、長野県の森林組合と長野県諏訪市の薪ストーブ利用者に対してアンケート調査を実施した。また安村（2011）は農山村における薪ストーブの製造と利用に関する現状を報告し、普及に向けた課題を提示した。畑中ら（2012）は長野県内の薪ストーブ販売店11店の顧客に対してアンケート調査を行い、薪の使用量、CO<sub>2</sub>排出削減量を推計した。今野ら（2010）は山形県最上町において、薪の生産をアンケート調査、ヒアリング調査を実施し明らかにした。

以上をまとめると、木質バイオマスエネルギーの研究においては賦存量を推定するものが多く存在するが、一方で地域における木質バイオマスエネルギーの生産、利用実態に着目した研究は少ないと考えられる。特に薪の研究に関しては大方の使用量とCO<sub>2</sub>削減効果

の推定，集落を対象とした生産システムの実態解明等が行われているが，前述したように事例も少なく，異なる知見の蓄積が必要である。特に，薪の利用実態を精緻に解明し，その観点から特定の地域を対象として精緻に実態解明を行った研究はない。



#### 第4節 ケーススタディ地域の選定

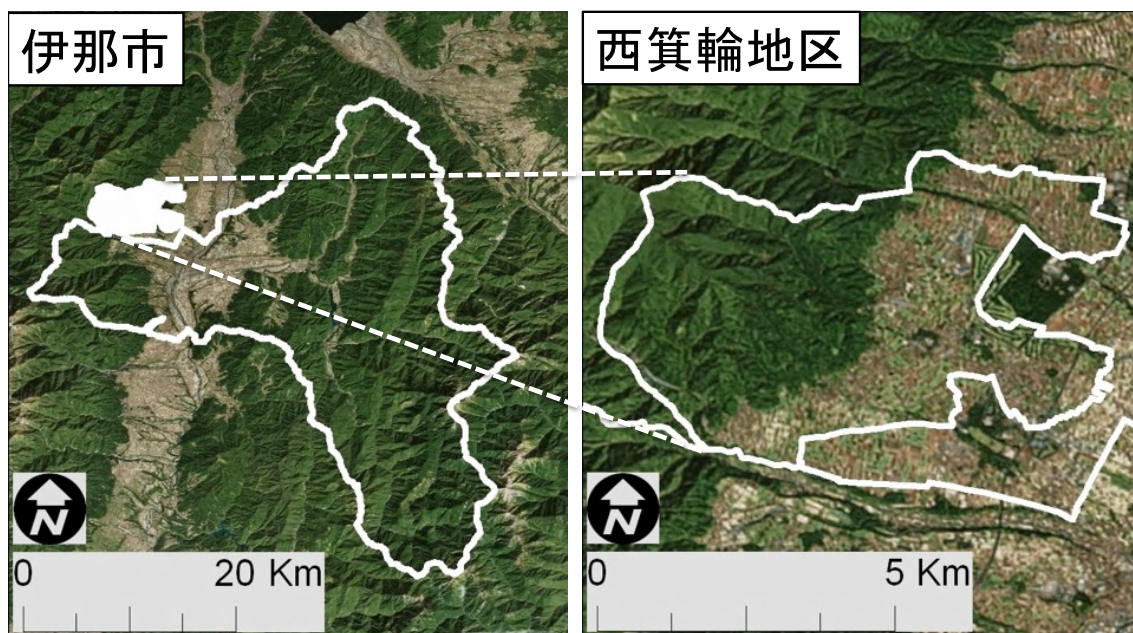


図 1-7 長野県伊那市（左）と伊那市西箕輪地区（右）の概況  
（背景に Bing Map を使用）

長野県伊那市は県南部，天竜川沿いの盆地に開けた中小都市である（図 1-7）。2006 年に近隣の高遠町、長谷村と合併し、人口は 2013 年 4 月現在で 70,579 人、世帯数は 26,714 世帯、面積は 667.81 km<sup>2</sup> である。2010 年農林業センサスによると、林野面積は 523.2 km<sup>2</sup> であり、市域の 78% を占める。標高は最高地点で 3052 m、最低地点で 590 m であり、冬季（12 月～3 月）の平均気温は 1.1 °C と寒冷である（気象庁 HP）。伊那市を含む上伊那地方では、古くから薪ストーブが暖房用に用いられてきたが、近年では戸建住宅の新築時に外国産の高級薪ストーブを導入する事例が増えており、ストーブの販売代理店や専用設計を得意とする工務店も多く立地している。

本研究では実態把握のためアンケート調査を行うが、その対象地区を伊那市西箕輪地区に設定した。西箕輪地区は農地や果樹園を主な土地利用とする田園地帯であり、市北西部の段丘面上方の扇状地部分に位置している。2013 年 4 月時点の人口は 6,406 人、世帯数が 2,464 世帯であった。市内の他の地区と比較しても、同地区では薪ストーブが多く導入されており、近隣に薪の供給源となりうる里山（平地林）<sup>1</sup>も分布しているため、実態調査を行うにあたり適切だと判断した。

<sup>1</sup>本研究では住居近隣に存在する森林（例えば市街地に分布する都市近郊林や農村地域の裏山に存在する森林）を「里山」と定義し、里山の中でも台地、低地に存在する里山を「平地林」と定義する。

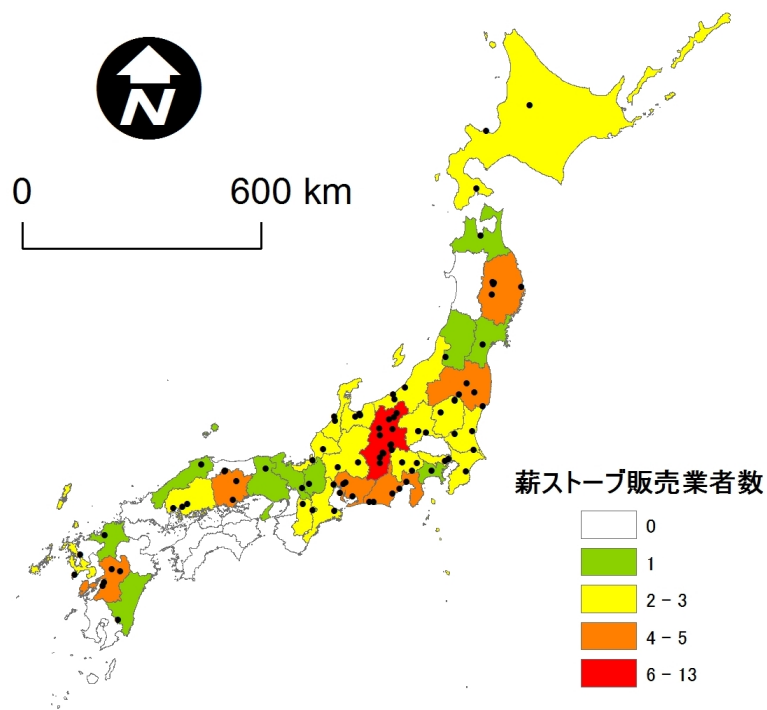


図 1-8 全国の薪ストーブ販売店分布図<sup>2</sup>

図 1-8 は全国の薪ストーブ販売店の全国分布図である。現在 33 都道府県（1 社も存在しない都道府県は除く）に 88 社の薪ストーブ販売店があることが確認された。平均は 1 都道府県に 2.6 店舗であるが、長野県には現在 13 店舗の薪ストーブ販売店が存在し、他の都道府県よりも比較的多く分布していることがわかる。そのうち伊那市においては 3 店舗が確認されており、平均が 1 都道府県単位で 2.6 店舗である結果と比較すると、伊那市は薪ストーブ販売店が数多く立地している。薪ストーブ販売店が多く立地している点が長野県伊那市においては薪ストーブ導入住戸が多い要因の 1 つであると考えられる。

<sup>2</sup>全国の薪ストーブ販売会社を i タウンページ(<http://itp.ne.jp/>)を用いて、その結果得られた各会社の住所を、CSIS の提供するアドレスマッチングサービス (<http://newspat.csis.u-tokyo.ac.jp/geocode-cgi/geocode.cgi?action=start>)を用いて緯度経度データに変換し ArcGIS を用いて図化した。

## 第5節 研究の目的

木質バイオマスエネルギーの中でも近年着目されている薪に関しては研究事例も少なく、またひとつの地域を対象に実態を把握したもの、また薪の利用が周辺の里山やエネルギー自給に及ぼす影響に関して推計したものは見られない。

そこで本研究では、薪の利用が活発である長野県伊那市を対象に、薪の利用実態を解明し薪の利用によってどれ程のエネルギーを利用しているか、また薪の利用が周辺の里山に対してどれだけの影響を与えるかを明らかにすることを目的とした。

## 第6節 研究のフロー

研究のフローを以下に示す。

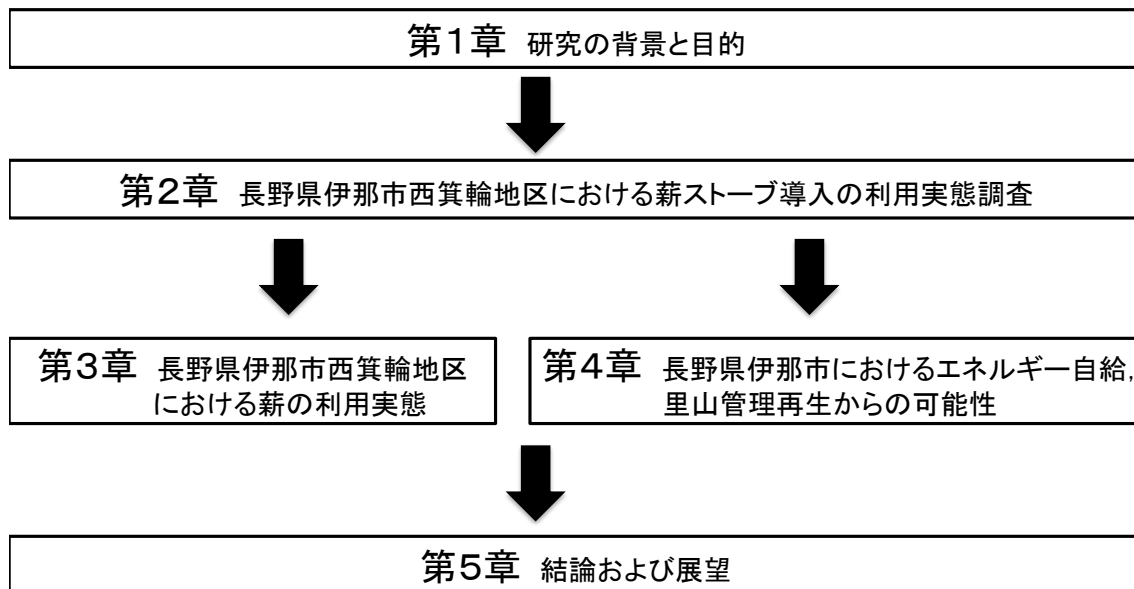


図 1-9 研究のフロー

本研究の目的を達成するための具体的な研究課題は

- ①長野県伊那市の薪ストーブの導入実態の把握
- ②薪ストーブ導入実態を基に、西箕輪地区における薪の利用実態の把握
- ③薪の利用実態に基づく伊那市のエネルギー自給、里山管理再生の可能性についての推定である。

まず第2章において課題①に取り組む。具体的には薪ストーブを利用する住戸数を、西箕輪地区を対象にし、把握するための調査方法を示した。また薪ストーブを利用する住戸を確定した結果を示すと共に、各住戸に対して年間の薪使用量、薪の調達方法、薪の調達場所を、明らかにするアンケート調査の概要、並びに一部の結果を示している。

第3章では課題②に取り組む。具体的にはアンケート調査の結果から年間平均薪使用量を算出し、その値を基に重量換算値、材積換算値、エネルギー換算値を算出した。またアンケート結果から明らかとなった薪の調達方法、薪の調達範囲について、薪の自己調達、薪の購入の各事例をヒアリング調査により明らかにした。

第4章では課題③に取り組む。具体的には西箕輪地区で得られたデータを基に伊那市スケールに拡張した。そして拡張されたデータを基に、伊那市における薪によるエネルギー代替率の推定、薪の利用によって必要とされる周辺里山の面積の推定を行った。

以上を踏まえ、第5章では本論の結論を示し、エネルギーとしての薪の評価、薪利用の他地域への普及について展望した。

## 第2章 長野県伊那市西箕輪地区における薪ストーブ導入実態

### 第1節 本章の目的と方法

#### 第1項 目的

本章では基礎的な情報として長野県伊那市において薪ストーブ導入住戸を把握することで、アンケート調査を行う住戸を確定させ、アンケート調査の概要を示すことを目的とした。加えて、薪ストーブ導入住戸における薪ストーブ導入のタイミングや導入時期をアンケート結果の一部を用いて示し、薪ストーブ導入住戸の薪ストーブ利用実態を示すことを目的とした。

#### 第2項 方法

##### (1) 西箕輪地区における薪ストーブ導入住戸の判別

2012年12月25日～26日、2013年2月10日～14日の計7日間、現地にて薪ストーブ導入住戸の判別調査を行った。判別は住宅の外観を見た際に煙突が存在するか、存在しないかの基準で行い（図2-1）、それぞれの結果を住宅地図上に記し、後に地理情報システム（ESRI社.ArcGIS10.0）により電子データ化した。



図2-1 薪ストーブ導入住戸の外観

## (2) アンケート調査

アンケート調査の主項目は、①薪の使用量、②薪の調達方法、③薪の調達範囲の 3 つである。薪の調達範囲は、事前に数名の薪ストーブ利用者にヒアリングを行い、概ねの範囲を確かめた後、その範囲が含まれる地図(1/25000 地形図を基礎とした)を作成してアンケート調査票に同封し、地図上に調達場所の記入を求めた。薪の使用量に関しては、精緻に量を把握するため、薪ストーブを使い始める月、最も使う期間、使い終わりの月の 3 時期に区分し、さらに休日、平日の別に、一日の薪の使用本数、薪ストーブ利用日数をアンケート調査で尋ねた。薪については、広葉樹、針葉樹の割合および主要な樹種も尋ねた。得られた値から、薪使用本数を年間、月別に集計した。薪の調達方法に関しては、アンケート調査で薪の購入の有無を尋ねたのち、購入している場合は購入先、そうでない場合は調達手段を尋ねた。薪を購入せず自己調達している場合は、地図に調達場所の記載を求めた。

## (3) 薪ストーブ導入住戸の薪ストーブ導入時期や購入代金、薪ストーブの種類

アンケート調査を用いて、薪ストーブを導入したタイミング、導入した時期を調査した。導入のタイミングに関しては「新築時」、「部屋の改築時」、「新築・部屋の改築とは関係ない」、「その他」の 4 項目を設け調査した。導入した時期に関しては、1999 年以前、2000 年から 2011 年、2011 年以降の項目で調査を行った。購入代金については、薪ストーブ本体価格、薪ストーブ設置代金の 2 つに項目を分け調査を行い、使用している薪ストーブの種類に関しては鋳物製薪ストーブ、鋼板製薪ストーブ、ペチカストーブ、鉄板製薪ストーブの 4 つの選択肢を設け調査を行った。



## 第2節 結果と考察

### 第1項 結果

#### (1) 西箕輪地区における薪ストーブ導入住戸の判別

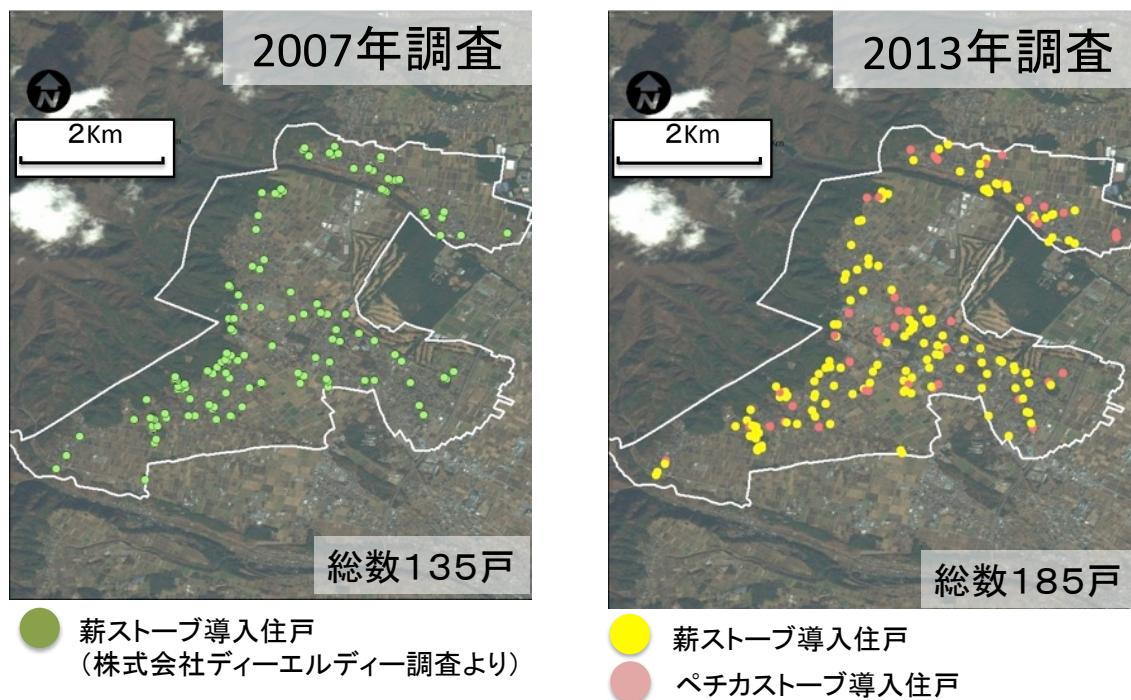


図 2-2 西箕輪地区における薪ストーブ導入住戸分布図 2007 年（左），2013 年（右）

図 2-2 は西箕輪地区における薪ストーブ導入住戸の分布を示したものである。戸建住宅総数 1587 戸を確認した結果、薪ストーブ導入住宅は 185 戸となり、西箕輪地区において、薪ストーブ導入住戸率は 9%であることが明らかとなった。図 2-2 右の結果より薪ストーブ、ペチカストーブ<sup>3</sup>を導入している住戸は西箕輪地区全体に広く分布しており、偏った地域は見られなかった。株式会社ディーエルディー（伊那市に所在、以下 DLD）が 2007 年時、伊那市の薪ストーブ導入住戸の把握を目的に行った調査では、西箕輪地区における薪ストーブ導入住戸数が 135 戸（図 2-2 左）であると確認されている。

#### (2) アンケート調査

配布は 2013 年 7 月 30 日～8 月 5 日に現地にて直接訪問して行い、2 度訪問して不在の場合は自宅のポストへ依頼状、返信用封筒を投函した。配布先は、(1) の調査結果の中から、薪ストーブを導入したが使用していない住戸、建設途中である住戸を除いた総計 178 戸を対象とした。回答期限を 8 月 12 日、回収期限を 8 月 31 日とし、回収数は 100、回収

<sup>3</sup> 薪を焚いた時に出る熱を本体レンガに蓄熱する暖房器具

率は56%であった。

(3) 薪ストーブ導入住戸の薪ストーブ導入時期

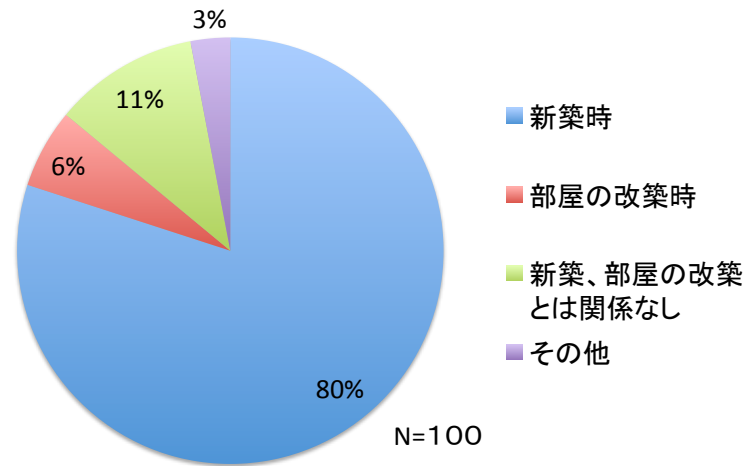


図 2-3 薪ストーブ導入のタイミング

薪ストーブを導入している住戸は大多数が新築時に薪ストーブを導入している結果が明らかとなった(図 2-3)。

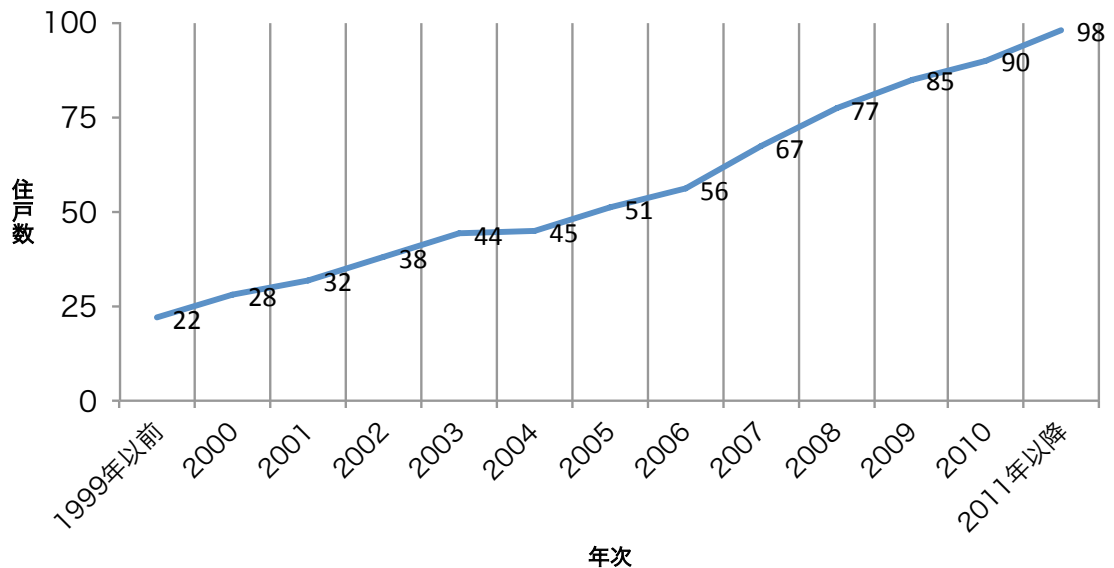


図 2-4 薪ストーブ導入数の時期別累積数

薪ストーブの導入時期は全体として2000年以降の導入が多く見られ、各年で大きな違いはないものの、2007年、2008年に導入した住戸が比較的に多い結果となった(図 2-4)。



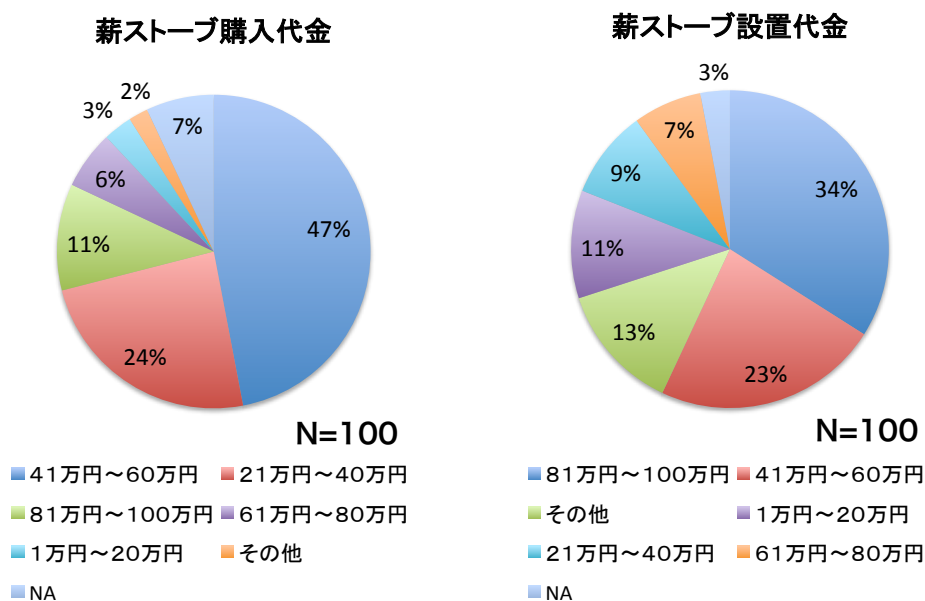


図 2-5 薪ストーブの購入費用（左），薪ストーブの設置代金（右）

図 2-5 は薪ストーブ導入住戸が購入した薪ストーブの本体価格と設置代金を示したものである。薪ストーブの導入には薪ストーブ本体の他に、煙突費用，土台費用，工事費用が必要であり，これらの費用を設置代金として調査した。本体価格で最も多かった金額が 41～60 万円であり，次いで 21～40 万円であった。設置代金として最も回答が多い金額は 81～100 万円であり，次いで 41～60 万円であった。従って，薪ストーブ設置代金は本体価格よりも多くなることが明らかとなり，本体価格，設置代金の最も多かった回答を足し合わせると，薪ストーブの導入には 122～160 万円の金額が必要になることが予想される。

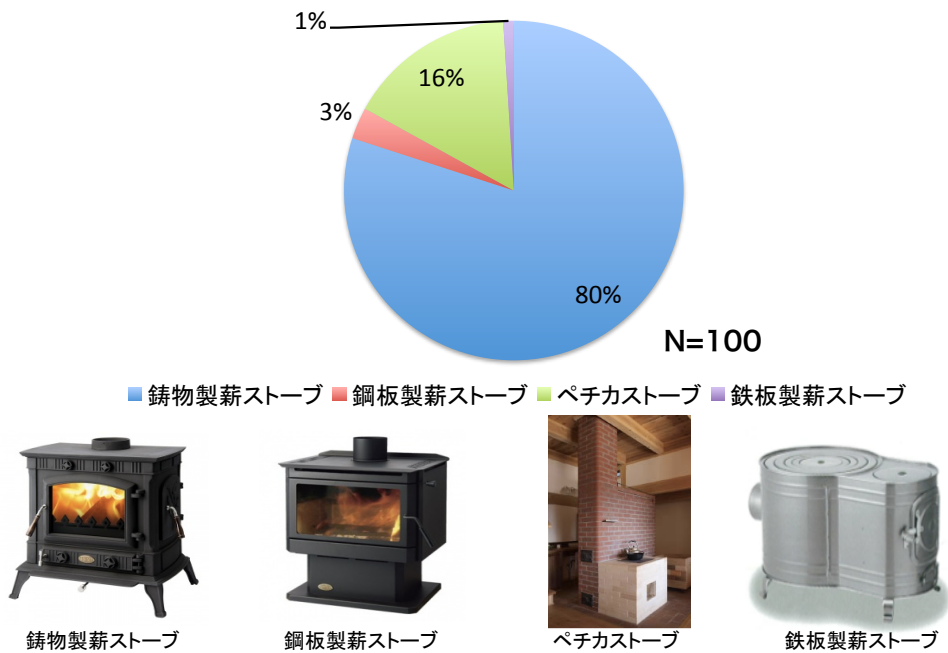


図 2-6 使用している薪ストーブの種類

(写真画像は株式会社ホンマ製作所 HP, <<http://www.honma-seisakusyo.co.jp/>>, 2014/01/22 参照, 有賀製材所 HP <<http://www.arugaseizai.com/index.html>>, 2014/01/22 参照, より引用)

アンケート回答者の 80%は鋳物製薪ストーブを使用している結果が明らかとなり, 近年普及が増加している高効率の薪ストーブが選ばれている結果となった (図 2-6)。

## 第 2 項 考察

2007 年時の株式会社 DLD の結果と本調査の結果を比較すると, およそ 6 年間で約 50 戸の住宅において薪ストーブが新たに導入されており, 特に図の中心部において増加の傾向が伺え, 伊那市において薪ストーブの普及が増加していることがわかる。

また西箕輪地区においては近年, 薪ストーブの導入が見られ, ほとんどの住戸が新築の際に薪ストーブを導入していた結果から, 2007 年から 2013 年において増加した薪ストーブはほとんどが導入されていたと考えられる。

薪ストーブの本体の購入費用は 41~60 万円と高額であり, その理由として近年普及している燃焼効率が高い外国産の鋳物製薪ストーブが選ばれていることが図 2-5, 図 2-6 の結果から考えられる。高額であると考えられる薪ストーブは, 前述したように新築の際に導入しているため, 薪ストーブ本体の値段ではなく, 家の購入代金として捉えられているとも考えることが出来る。

また長野県伊那市では薪ストーブの購入に補助金を支給している (伊那市 HP)。伊那市の薪ストーブに対する補助金の予算は平成 24 年度において 200 万円であり申請数は 42 戸であった (伊那市耕地林務課資料より)。1 戸あたり 5 万円弱の補助がなされた結果となっ

ている。補助金は新規に薪ストーブを導入する方を対象としており，新築の際に導入するケースも適用範囲内であるため伊那市では現在も薪ストーブが普及し続けている実態が明らかとなった。薪ストーブの購入の際に補助金の利用の有無を調査したが，利用していない回答が多い反面，僅かながら利用している回答も存在しており，行政の補助も薪ストーブ普及要因の一部であると考えられる（図 2-7）。

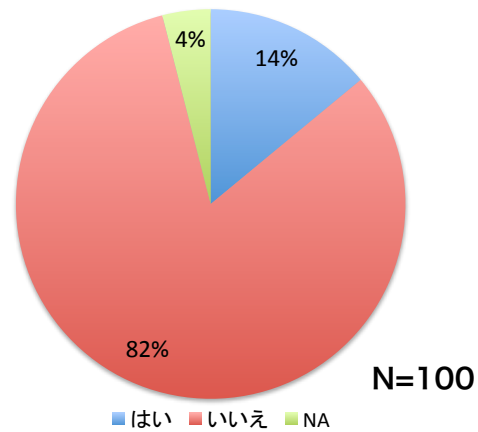


図 2-7 薪ストーブ導入住戸の補助金の使用の有無

## 第3章 長野県伊那市西箕輪地区における薪の利用実態

### 第1節 本章の目的と方法

#### 第1項 目的

本章では2章で明らかとなった西箕輪地区の1住戸あたりの年間平均薪使用本数を基に、乾燥重量、材積、エネルギー量に換算し、各項目に対し木質エネルギーとしての薪の評価を行い、薪の調達方法の結果から調達の詳細な状況を調査することでエネルギー自給に資する薪の調達実態を把握することを目的とした。

#### 第2項 方法

##### (1) 薪の使用量

薪使用本数に関しては、アンケート結果を月別集計値、住戸別ヒストグラムにまとめた後に、薪ストーブを使う住戸の年間薪代金と灯油ストーブを使う住戸の年間灯油代金を比較し、薪が灯油に対して経済的に優位となるかを検証した(図3-1)。薪ストーブを使う住戸の年間薪代金の算出はアンケートで明らかにした年間薪使用本数に薪1本の値段を乗じて算出した。その際、薪1本の市場価格は株式会社DLDが行う薪の宅配サービスより宅配の割合の値段を除いた値、34円/本を用いた。

灯油ストーブを使う住戸の年間灯油代金の算出は、まず長野県の戸建住宅における年間暖房消費量の推定値を算出し、その年間暖房消費量に灯油代金を乗じることで算出した。まず長野県の戸建住宅における年間暖房消費量の算出だが、長野県の1世帯の年間暖房消費量<sup>4</sup>は1995年から2011年の平均が約19,689MJ(家庭用エネルギー統計年報2011年版)である。これは長野県の戸建住宅のみの値ではないため、以下の要領で戸建住宅のみの値に変換した。まず長野県の戸建住宅数549,400、集合住宅数153,800(H20年土地時計調査)、家庭用灯油家屋別1世帯当たり消費量(平成18年度灯油消費事態調査)より木造一戸建て住宅に対する共同住宅の割合を0.47%と算出し、数式 $19.689MJ(549,500+153,800) \div \{549,400+(0.47 \times 153,800)\}$ から、長野県1戸建住宅年間暖房消費量を22,271MJとした。長野県1戸建住宅年間暖房消費量の算出に使用した年間暖房消費量は各エネルギーの内訳が示されていないが、仮に22,271MJが全て灯油で消費されたと仮定し、灯油代金の算出を行う。長野県のH24年時における灯油の年平均価格は約1607円/18Lであったことから、約89円/Lと算出できる。灯油の単位発熱量は36.7MJ/Lであるため22,271MJは灯油換算で約606.8Lと算出され灯油金額としては約54,009円/年と算出できる。この値を用いて、薪ストーブを使う住戸の年間薪代金と灯油ストーブを使う住戸の年間灯油代金の

<sup>4</sup> 暖房に使用された電気、ガス、灯油の総エネルギー量

比較を行った。

乾燥重量の算出方法は長野県伊那市において、薪 1 本あたりの生重量を、広葉樹、カラマツ、アカマツの別に現地で 100 本ずつ実測し（付録）、各 5 本のサンプルを持ち帰り乾燥機で乾燥させ（80℃、3 日間）、生乾重量比<sup>5</sup>を求めて乗じることにより、1 本あたりの乾燥重量を広葉樹、針葉樹（カラマツ、アカマツの平均値）の別で求めた（広葉樹：約 1,419.8 dry-kg、針葉樹：約 1,372 dry-kg）。その後、薪ストーブ導入住戸にて使用される薪 1 本の長さの平均値をアンケート結果より算出し、実測した薪 1 本の長さに長さの比率 0.914 を乗じることによって最終的な薪 1 本の重量を算出した（広葉樹：約 1,298 dry-kg/本、針葉樹：約 1,254 dry-kg/本）。

材積は乾燥重量から容積密度数の逆数（広葉樹：1.603、針葉樹：2.339）（地球環境研究センター2013）、を用いて算出した後に、算出された値を評価するため、長野県において取引される間伐材をカラマツと代表し、株式会社 DLD のヒアリングより明らかとした平均的なカラマツの胸高直径 24cm、樹高 24cm から長野県営林局カラマツ立木材積表調製説明書の二変数材積表を用いて幹材積値を導き出し、比較を行った。

エネルギー量の算出方法は、乾燥重量から熱量の変換を既往研究の値（広葉樹：4,760.5 kcal/kg、針葉樹：5,144.5 kcal/kg）（中川ら 2004）を用いて変換した後に、薪ストーブによる熱放射量を求めるため、薪ストーブの平均燃焼効率 74%<sup>6</sup>を乗じた。

---

<sup>5</sup> 薪の生重量と乾燥重量の比率を指す。

<sup>6</sup> 「2012 年版 日本で買える薪ストーブ全アルバム、八重洲出版」よりバーモントキャスティング、ダッチウエストの薪ストーブ 20 種の燃焼効率の平均値

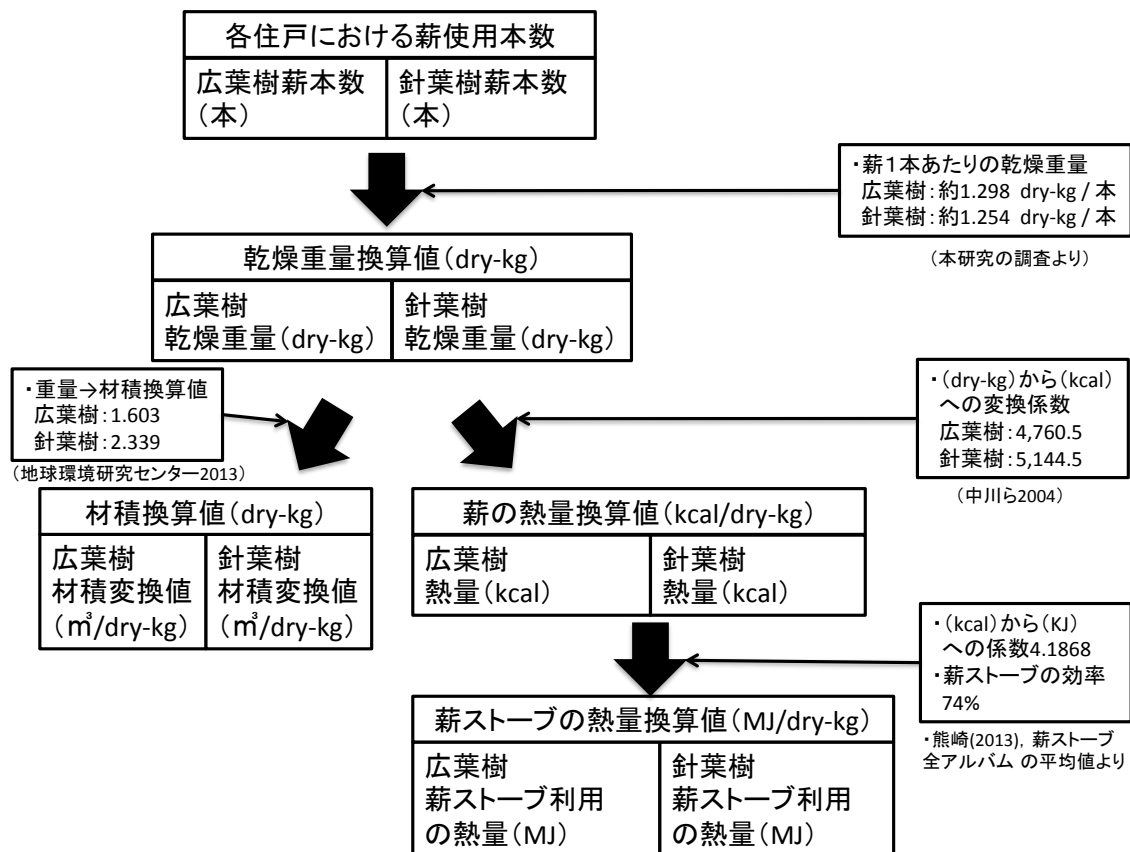


図 3-1 乾燥重量, 材積, エネルギー量の算出方法フロー図

## (2) 薪の調達方法

薪の調達方法に関しては、アンケート結果に加えて、調達の詳細を理解するため、薪の主要な購入先のひとつであった薪ストーブ販売店「株式会社 DLD」、および薪調達の支援を行っている伊那市農林部耕地林務課に対して、ヒアリング調査を行った (DLD: 2012/10/6, 11/14, 2013/9/11, 計 6 時間。伊那市: 2013/7/11, 9/10, 計 3 時間)。

## (3) 薪の自給範囲

アンケート結果より、地図上で得られた情報を地理情報システム (ArcGIS10.1) を用いて処理し、調達範囲を視覚的に示した。

## 第2節 結果と考察

### 第1項 結果

#### (1) 薪の使用量

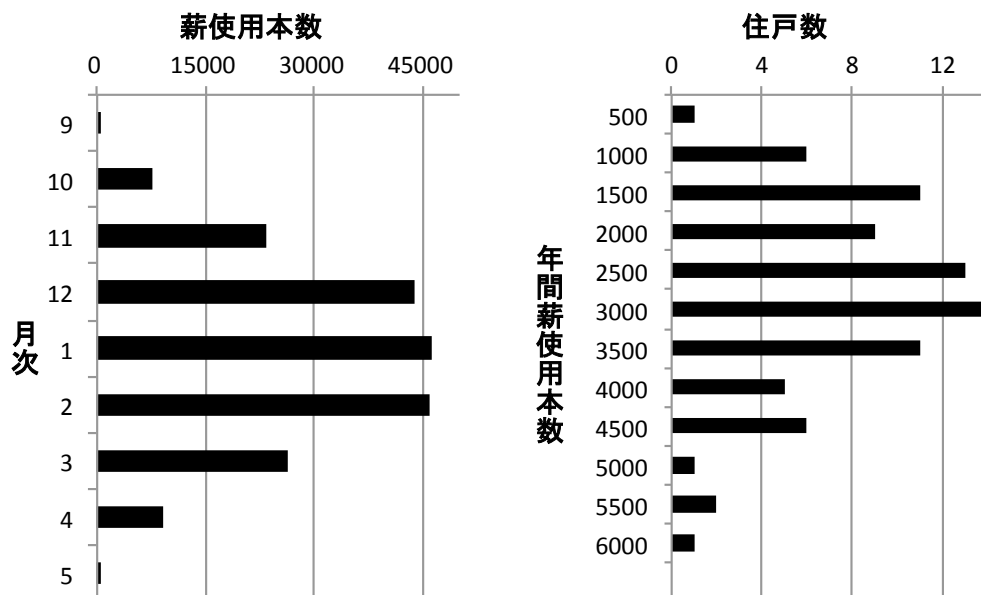


図 3-2 月別薪使用本数（左）および住戸あたり年間薪使用本数の分布（右）(N=80)

アンケート結果より明らかとなった月別薪使用本数の合計値と、住戸別年間薪使用本数のヒストグラムを図 3-1 に示した。回答者 100 名のうち、20 名は本数ではなく「束」や「コンテナ」で回答したため、薪の本数に関わる質問の有効回答数は 80 となった。薪ストーブの使用は 10 月に開始され、1 月がピークとなり、4 月ごろには終了する。一方、住戸別年間薪使用本数のヒストグラムは、概ね正規分布の形状をとった。年間薪使用本数の平均値は 2,544 本/戸であり、1 日当たりの平均にすると、12.1 本/日であった。また本数で集計された薪使用量を、乾燥重量、材積、エネルギーに換算した (表 3-3)。

表 3-3 薪使用本数、乾燥重量、材積、およびエネルギー量

項目	西箕輪地区
	回答者平均 (N=80)
薪使用本数	2,544 本 / 年
乾燥重量	3,202 dry-kg / 年
材積	6.31 m <sup>3</sup> / 年
エネルギー量	49,120 MJ / 年

(2) 薪の調達方法

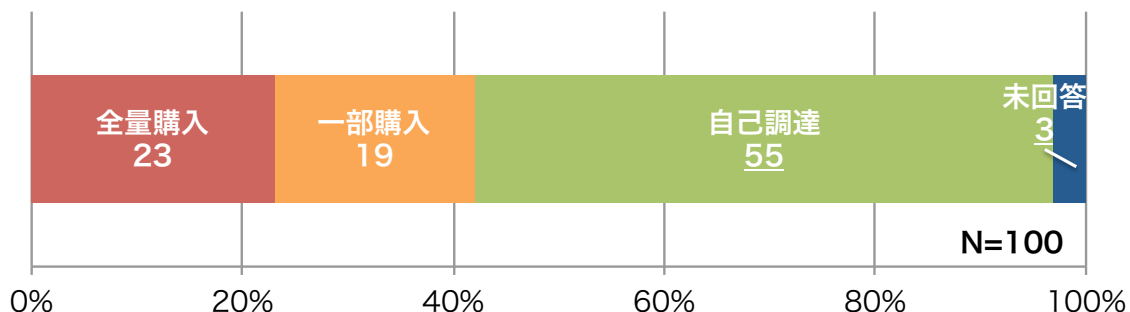


図 3-4 薪の調達方法

薪の調達方法を図 3-4 にまとめた。全量を購入に拠っていたのは回答者の 23%であり、55%がすべて自己調達、19%が一部を自己調達していた。一部購入を選択した回答者の購入、自己調達の平均割合は購入：約 46%，自己調達：約 54%であり、僅かではあるが自己調達の割合が高い結果となった。

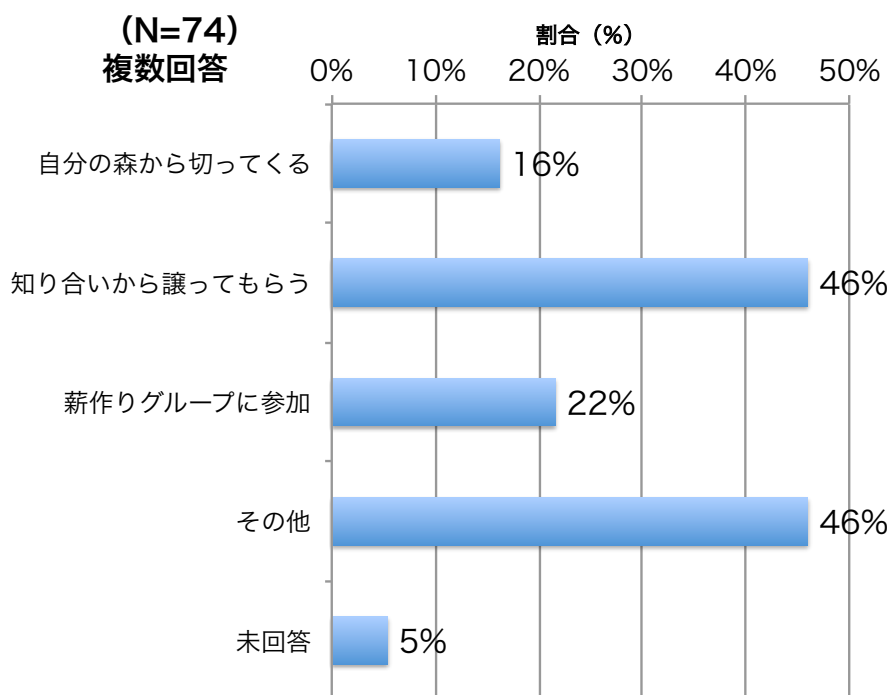


図 3-5 薪の自己調達の場合

自己調達については、「知り合いから譲ってもらう (46%)」「薪作りグループに参加 (22%)」「自分の森・庭から切ってくる (16%)」等の回答が得られた。46%を占めた「その他」の



解答例は、「地元森林組合の手伝い」「建設会社の廃材」等である。

(2) - 1. 薪の自己調達の例 (伊那市フォレスタークラブの活動)

22%を占めた「薪作りグループに参加」について説明する。薪作りグループとは、薪ストーブ利用者による組織であり、メンバーは行政の仲介によって確保された伐採場所に定期的に赴き、協力して樹木を伐採し、薪に加工している。伊那市が支援している薪作りグループとして「伊那市フォレスター倶楽部 (2009年設立, 現会員 75名)」があり、月に1回の活動に約15~20名程度が参加し、市が管理するますみヶ丘平地林 (68 ha) やその他民有林の間伐を行っている。2009年から活動を行っており、2013年12月時点では合計41回の活動を行っている。

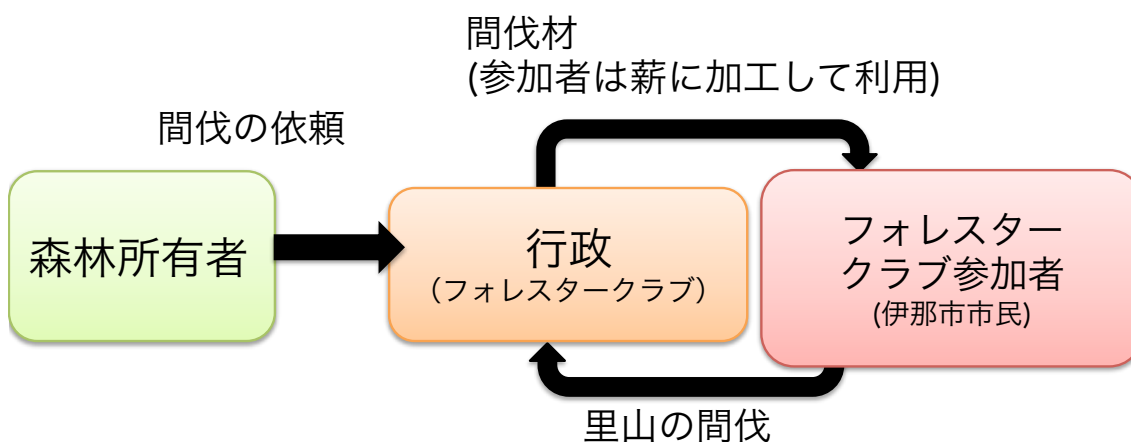


図 3-6 伊那市フォレスタークラブの活動概要

伊那市フォレスタークラブのステークホルダーとして考えられる主体とその関係を整理した (図 3-6)。行政が主導となって形成されるフォレスタークラブは事前に森林所有者から間伐の依頼を受け、その後、フォレスタークラブ参加者に集合場所等を知らせることで活動が行われる。図 3-6 で示すように、フォレスタークラブからは間伐材が参加者に提供されることになり、参加者からフォレスタークラブへは労働力が提供される関係となっている。

図 3-7 は 2013 年 12 月 21 日の伊那市フォレスタークラブの活動の様子を示している。伊那市フォレスタークラブ参加者は予め決められた樹木を伐採し、伐採された樹木を個々のメンバーが丸太に加工していった。加工された丸太は 1~2ヶ所に集められ、作業終了後に参加したメンバーが各々の車に載せ持ち帰った。作業時間は午前 8 時に開始し 12 時には終了した。



図 3-7 伊那市フォレスタークラブの活動状況 (2013 年 12 月 21 日筆者撮影)

(2) - 2. 薪の購入の例 (株式会社 DLD の取組み)

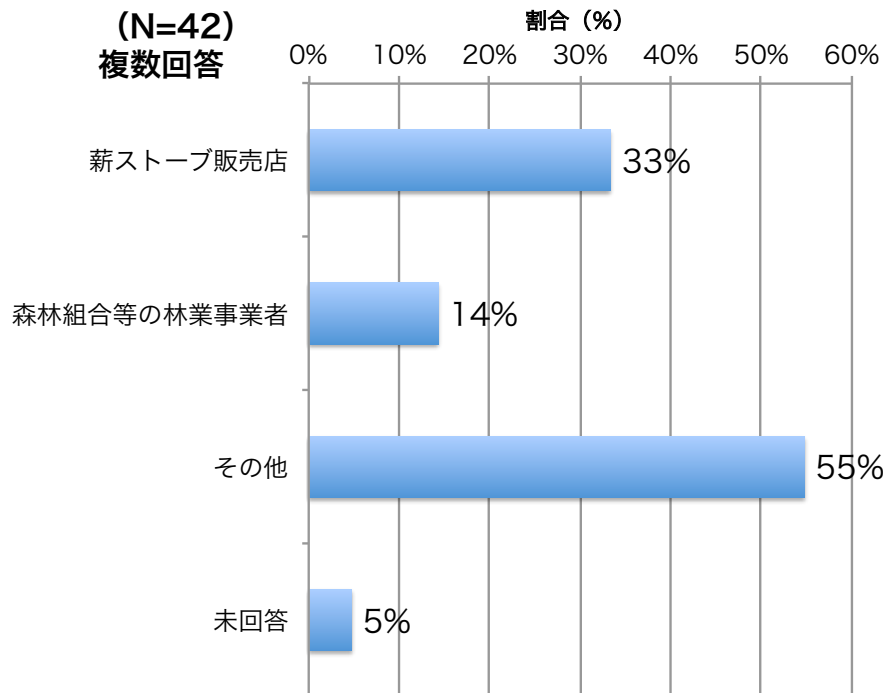


図 3-8 薪の購入先の例

薪の購入については、「薪ストーブ販売店から購入（33%）」「森林組合等の林業事業者から購入（14%）」等の回答が得られた。伊那市内の薪ストーブ販売店のうち、DLDは全国的にも類を見ない「薪の宅配サービス」を提供している。

DLDは長野県伊那市に本社を置き、仙台、郡山、東京、長野、名古屋に営業所を持つ薪ストーブ販売店である。従業員数は50名、年間薪ストーブ施工は700台である。ヒアリング結果よりDLDの薪供給に関わる組織数、また薪の流通量が明らかとなった。まずDLDに間伐材を供給している組織は15組織(含個人)存在し、供給されている間伐材の総量は15組織(含個人)の合計が2500 m<sup>3</sup>~3000 m<sup>3</sup>である。DLDはそれらを薪に加工し全10か所存在する薪置き場(ストックヤード)(図3-9)にてそれらの薪を貯蔵している。ストックヤードは長野県に7か所、山梨県に3か所の合計10か所が存在し、それらのストックヤードから薪が流通している。本社のストックヤードは安定供給を可能とする為の補完的な位置づけとなっており、現在約1600 m<sup>3</sup>相当の薪を貯蔵している。主な薪の販売、消費先とその割合はDLDが行なっている薪宅配サービス事業(サービス会員の住宅に1週間単位で定期的に配達するサービス)が74.5%、DLD主催の薪に関するイベントが0.5%、別荘で薪を利用する方への宅配(定期的に配達を行わず、注文があった場合に配達)が5%、店頭での薪販売が2%、東北地区への配達が10%、その他が8%といった内訳となっている。

また流通の約75%を占める「薪の宅配サービス」とは以下の手順で行われている。まず原木は森林組合、NPO、個人の方から購入し、購入したものをDLD社員の方が30cmまたは45cmの長さに合わせて玉切りにし、薪割り機を用いて薪を生産する。切られた薪はDLDの敷地内のストックヤードにて半年間乾燥させられる。そして乾燥した薪を宅配サービスの会員となった薪ストーブ利用者の家に軽トラックを用いて一週間間隔で配達する。長野県、山梨県においては、薪料金は45cmの針葉樹の薪一束で250円(図3-9)、30cmの薪一束で230円であり、仙台では45cmの広葉樹の薪一束で400円、30cmの薪一束で380円である。また配達の際、予め会員の家には横1.5m、縦1.3m、奥行き0.5mの専用ラックが設置されており(図3-9)、DLD社員が使用した量の分だけ補充を行う。代金は配達時に追加した量を伝票に記載し、ポストに入れるため会員が不在でも配達可能となっている。「薪ストーブ販売店から購入」と答えた回答者14人のうち、5人が同サービスの利用者であった。またDLDに集められている薪加工用の丸太は、ほぼ全量が伊那市周囲の上伊那地域の森林から伐採されたものであった。



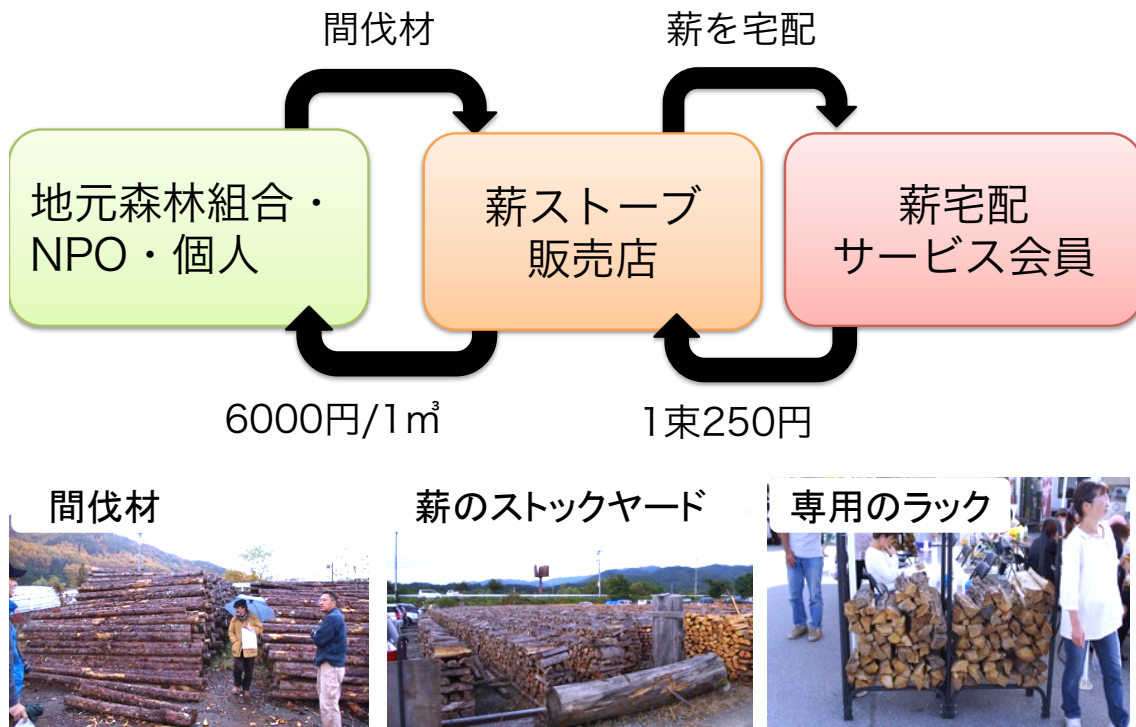


図 3-9 DLD の薪の宅配サービス概要図

(3) 薪の自給範囲

図 3-10 に示したように、薪の自己調達範囲は西箕輪地区から概ね 4 km 圏内におさまった。

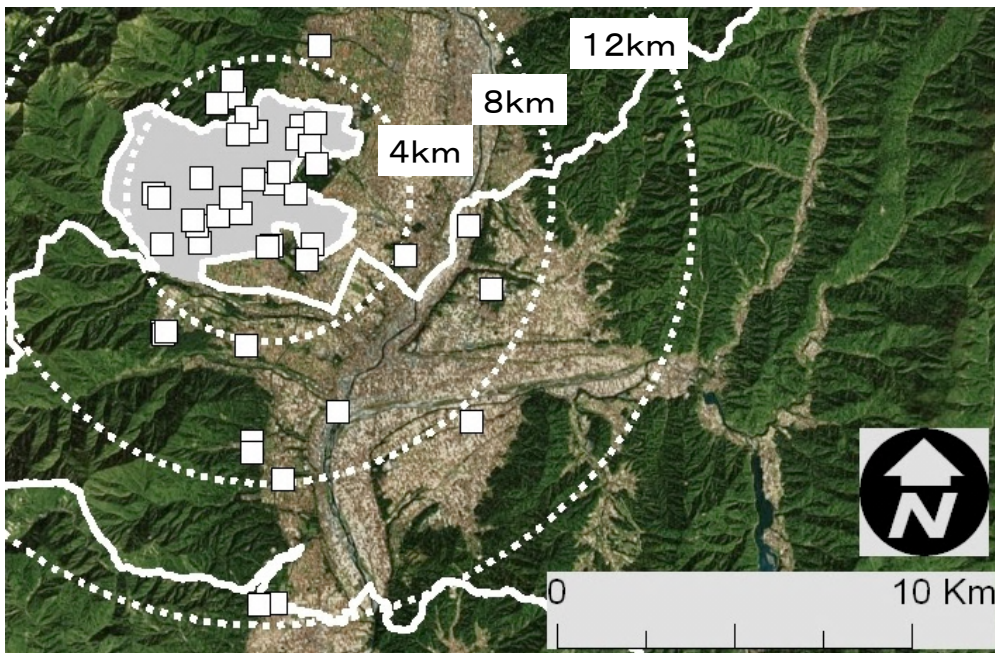


図 3-10 薪の調達範囲

## 第2項 考察

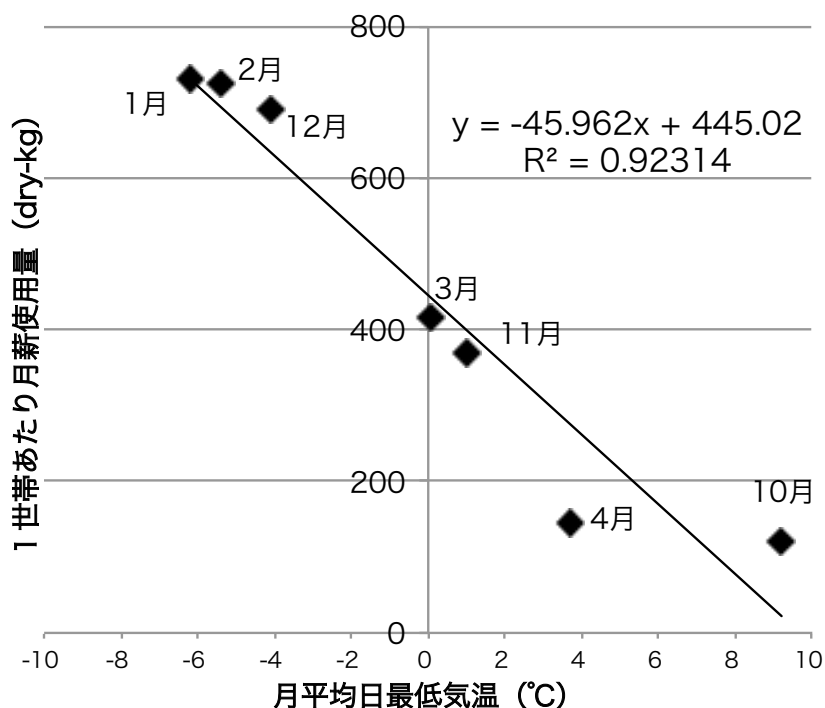


図 3-11 1世帯あたり月別薪使用量 (dry-kg) と気温の関係

1世帯あたり月別薪使用量 (dry-kg) (10月～4月) と伊那市における 2012年10月～12月, 2013年1月～4月の月平均日最低気温のデータ (気象庁 HP) を散布図として表した (図 3-11)。気温が低いほど, 薪使用量も多いことが明らかとなり, 気温と薪使用量が密接に関係することが明らかとなった。従って, 気温のみに着目した場合には, 気温を参考に薪使用量を予測することが出来ると考えられ, 図 3-11 は他地域において薪ストーブの導入を目指す際に参考になると考えられる。

年間薪使用本数 2,544 本は, 薪の市場価格を 1本 34円とすると, 86,496円相当となる。一方, 長野県の戸建住宅における年間灯油代金は約 54,009円相当である為, 薪の調達費用は化石資源と比較して約 1.6倍になり, 決して低コストではない。

乾燥重量変換値は 3,202 dry-kg, 材積変換値は 6.31 m<sup>3</sup>, エネルギー変換値は 49,120 MJ となった。薪販売業者へのヒアリングによると, 伊那市内で薪の加工用に取り立てられている間伐材の幹材積は概ね 0.545 m<sup>3</sup>/本であり, 材積値の 6.31 m<sup>3</sup>は, 間伐材約 12本分に相当する。仮にこの材を半分程度無料で調達できれば, 燃料調達の経済性は化石資源と比べ優位になる。また既往研究で存在する畑中ら (2012) においては, 薪の使用量の材積値において平均が 9.0 m<sup>3</sup>であるという報告がなされており, 本結果よりも高い値が示されている。この違いは, 本研究においてはアンケート調査の薪使用量を本数単位で回答を求めている

ことが要因として考えられる。しかし、畑中ら（2012）においては 6.0 m<sup>3</sup>の世帯が多いという結果も示されていることから、本結果の誤差は少ないと考えられる。

薪ストーブ使用時の年間エネルギー消費量 49,120 MJ は、長野県の戸建住宅における年間暖房消費量 22,271 MJ に灯油ストーブの燃焼効率 86%（オフセット・クレジット制度 HP）を乗じた値、19,153 MJ に対しおよそ 2.56 倍であった。薪ストーブは、輻射熱によってゆっくりと家屋全体を暖める暖房器具であり、使用していない部屋にも暖房効果をもたらす。また使用の際は、基本的に長時間運転する。これらが豊富な熱の発生要因であり、質の高い暖房につながっていると考えられる。

薪の調達方法は 55%の回答者が薪の自己調達を行っていた結果より、薪の燃料費は年間約 9 万円と高額である為、薪ストーブ利用者は極力薪の自己調達を行うように努めることにより、経済的負担が軽減されていると考えられる。加えて、調達の実態として、果樹剪定枝や庭木、廃材等を活用する場合も多く、近隣の里山の管理促進に加えて、廃棄物系バイオマスの有効活用にも寄与している側面があると考えられる。

薪の自己調達のひとつの例である伊那市フォレストークラブの活動は、薪ストーブ利用者自身が近隣里山の管理を促進し、自伐によって地域内でのバイオマスエネルギー利用を実現する有効な取り組みのひとつだと評価できる。加えて、行政が主導している組織という点では、薪ストーブユーザーと森林所有者の間をコーディネートする機能も有しており、所有する森林の整備が困難になった森林所有者の手助けの一助になると考えられる。

薪の購入のひとつの例である株式会社 DLD の行うサービスは、オンサイト型のバイオマスエネルギー利用というよりはむしろ、伊那市およびその近隣自治体といったローカルな範囲でのエネルギー利用の促進に貢献していると考えられる。また、ある程度の規模で薪を扱っているため、供給の安定性が確保されており、比較的に不安定だと考えられるオンサイト型の薪調達を補完するものとしても捉えられる。

薪の調達の実態として、薪ストーブ利用者は個々の事情に応じて薪の調達手段を使い分け、その手段が複数確保されている点が、伊那市内で薪ストーブ導入率が高い理由のひとつであるとも考えられる。

薪の自給範囲は自宅から自動車ですら 10 分程度といったような小規模な範囲から薪が調達されており、エネルギー自給の観点としては近隣からエネルギーを自給する仕組みが成立していると考えられる。

## 第4章 長野県伊那市におけるエネルギー自給，里山管理再生からの可能性

### 第1節 本章の目的と方法

#### 第1項 目的

本章では第3章の表3-2を基に，薪使用本数，乾燥重量，材積，エネルギー量を伊那市全域に換算することで，伊那市における薪によるエネルギー自給の可能性，里山管理再生の可能性を議論することを目的とする。

#### 第2項 方法

第3章の表3-2を基に，西箕輪地区回答者平均を原単位として，伊那市全域の値を推定する。また伊那市全域については，第3章より2007年時の西箕輪地区の薪ストーブ導入住戸が135住戸であり，2013年に行った本調査で178住戸に増加していたことから増加率132%と算出し，2007年時の伊那市の薪ストーブ導入住戸数812住戸(DLD調査より)に，西箕輪地区の増加率132%を乗じ，1072住戸とし推定した。

##### (1) 長野県伊那市における薪によるエネルギー自給の可能性

西箕輪地区住戸平均を基に推定された，伊那市におけるエネルギー量を薪ストーブ燃焼効率74%を除いた薪そのもののエネルギーに変換し，伊那市全域における灯油消費量と比較することで，伊那市において使用されている灯油のエネルギーを薪によってどれだけ代替しうるかを推定した。

##### (2) 長野県伊那市における薪利用による里山管理再生の可能性

西箕輪地区住戸平均を基に推定された，伊那市における薪使用本数に相当する材積を薪の需要とし，一方で伊那市における森林資源がどの程度存在するかを把握した後，両者を比較することで薪の需要によってどれほどの里山に影響があるのかを推定した。森林資源に関しては長野県伊那市の里山を対象とし，中でも管理が容易であり，アクセスもよいと考えられる段丘面の平地林を検討の対象として，伊那市の段丘面に位置する平地林の面積を第5回自然環境保全基礎調査の現存植生図(1/50000)から森林系の植生を抽出し，20万分の1土地分類基礎調査の地形分類図(長野県)における段丘面，低地と重ね合わせて判定し，各ポリゴンデータより樹種別に平地林面積を算出した。また算出されたそれぞれの樹種の年間成長量を，平成24年度長野県林務部森林政策課資料を用いることで，平地林の年間最大許容伐採量を推定した。伊那市を含む信州地域においては，マツ林を薪炭林として利用していた歴史があるため(長野県環境保全研究所2006)，マツ林も含めてすべての平地林から薪を得ることを仮定し，その年間最大許容伐採量を樹種別の年間成長量から予測することで，薪の需要との比較を行った。

## 第2節 結果と考察

### 第1項 結果

表 4-1 伊那市スケールの薪使用本数, 乾燥重量, 材積, エネルギー量推定値

項目	西箕輪地区	伊那市
	回答者平均 (N=80)	推定値 (N=1,072)
薪使用本数	2,544	2,727,000
	本 / 年	本 / 年
乾燥重量	3,202	3,433
	dry-kg / 年	dry-t / 年
材積	6.31	6,764
	m <sup>3</sup> / 年	m <sup>3</sup> / 年
エネルギー量	49,120	52,660
	MJ / 年	GJ / 年

#### (1) 長野県伊那市における薪によるエネルギー自給の可能性

伊那市推定値の熱量変換の値は 52,660GJ であり, 薪ストーブの燃焼効率 74%を加味しない, 薪そのものの熱量では 71,162 GJ となる。これは灯油約 1,939 kl 分に相当する。一方長野県の1世帯の年間灯油消費量は約 893 l (給湯用を含む) であり, 伊那市の総世帯数は 26,714 世帯であるため, 伊那市における一般家庭の灯油消費量を約 23,856 kl と見積もることができる。これらより, 伊那市においては, 家庭用に消費されている灯油に対して約 8.1%のエネルギーが, 薪により代替されていると推定できる。

#### (2) 長野県伊那市における薪利用による里山管理再生の可能性

伊那市全域では年間で約 273 万本の薪が使用されていると推定され, 乾燥重量換算で 3,433 dry-t, 材積換算で 6,764 m<sup>3</sup>であった。

一方で, 平地林樹種別面積はアカマツ: 886.3 ha, カラマツ: 45.3 ha, スギ・ヒノキ等: 29 ha, 広葉樹<sup>7</sup>: 414.6 ha であり合計 1,375 ha であった。個々の割合はアカマツ (64.5%), カラマツ (3.3%), スギ・ヒノキ等 (2.1%), その他広葉樹 (30.1%) であり, アカマツが多くを占めている。それぞれの樹種に対する 1ha 当たりの年間成長量はアカマツ: 2.41 m<sup>3</sup>/ha, カラマツ: 3.49 m<sup>3</sup>/ha, スギ・ヒノキ等: 3.64 m<sup>3</sup>/ha, 広葉樹: 1.53 m<sup>3</sup>/ha (平成 24 年度長野県林務部森林政策課資料) であり, これらの値を基に推定すると平地林から得ら

<sup>7</sup> カスミザクラ, コナラ, ケヤキ, ヤナギを総称して広葉樹と表記



れる材は年間約 3,034 m<sup>3</sup> (2.2 m<sup>3</sup>/ha) となった。

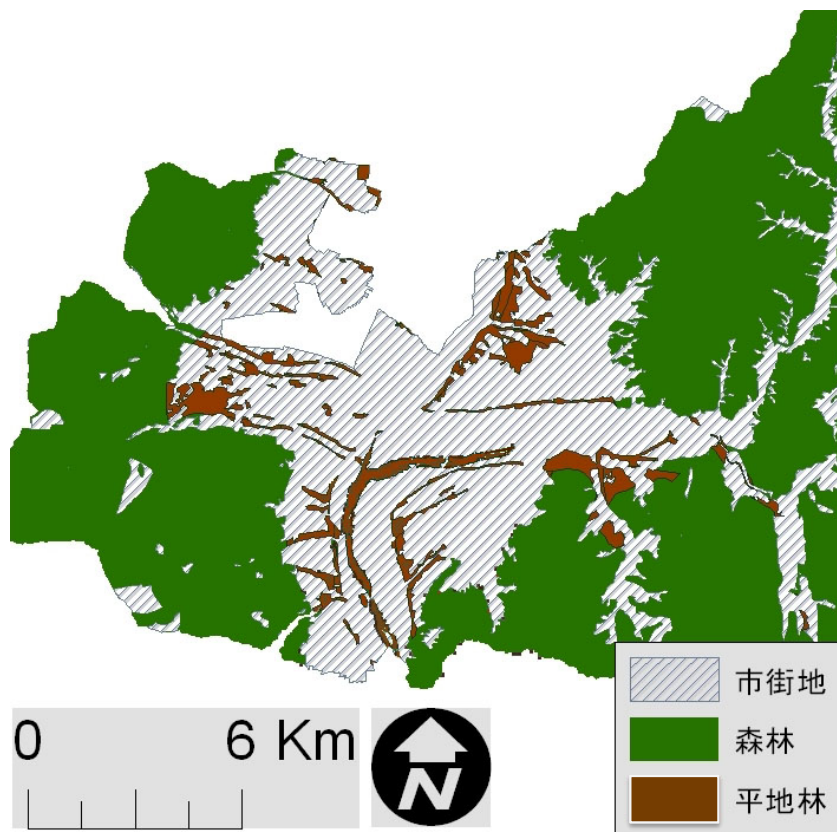


図 4-2 長野県伊那市の平地林分布図

## 第 2 項 考察

### (1) 長野県伊那市における薪によるエネルギー自給の可能性

伊那市においては、家庭用に消費されている灯油に対して約 8.1%のエネルギーが、薪により代替されていると推定された。日本においては一次エネルギーに占める再生可能エネルギー（水力、風力、太陽光、地熱、バイオマス）の供給率が 3.1%（図 4-3）であるため、8.1%という値は評価に値する。従来は、大規模にバイオマス発電や熱利用を行うことによってはじめて、意味のある量の化石燃料が代替されるといった考えが通例であったと思われるが、本研究から、小規模分散型の家庭用バイオマスエネルギーであっても、数を積み上げれば化石燃料の代替へ貢献できる可能性が示された。

表 4-3 各国の再生可能エネルギー等の一次エネルギー供給に占める割合（自然エネルギー  
白書 2011 より引用し作成）

	アメリカ	OECD諸国	フランス	ドイツ	イタリア	英国	スペイン	中国	韓国	日本
太陽光	0.1%	0.2%	0.0%	0.4%	0.1%	0.0%	0.6%	0.5%	0.0%	0.1%
風力	0.4%	0.7%	0.3%	0.9%	0.4%	0.4%	2.9%		0.0%	0.1%
地熱	0.4%	0.6%	0.0%	0.2%	2.8%	0.0%	0.0%	-	0.0%	0.5%
水力	1.0%	2.6%	2.0%	0.5%	2.6%	0.1%	2.8%	2.0%	0.1%	1.3%
バイオマス	3.8%	6.2%	5.5%	7.2%	4.2%	2.7%	5.1%	9.0%	0.5%	1.1%
廃棄物など	0.2%	0.7%	0.5%	1.2%	0.5%	0.2%	0.2%		0.8%	0.2%
その他	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

※中国以外は2010年の速報値  
中国の太陽光、風力の項目には地熱も含まれる

(2) 長野県伊那市における薪利用による里山管理再生の可能性

平地林から得られる材は年間約 3,034 m<sup>3</sup> (2.2 m<sup>3</sup>/ha) となった。一方で薪の需要は年間 6,764 m<sup>3</sup>であるため、これを得るためには平地林が約 3,075 ha 必要となる。薪の需要は伊那市の平地林 (1,375ha) の管理には既に十分な量であり、現状では平地林よりも広い範囲からの薪の調達が必要になることが考えられる。従って、集落の裏山等の山麓斜面部の里山に対しても管理を促進しうるものだと考えられた。

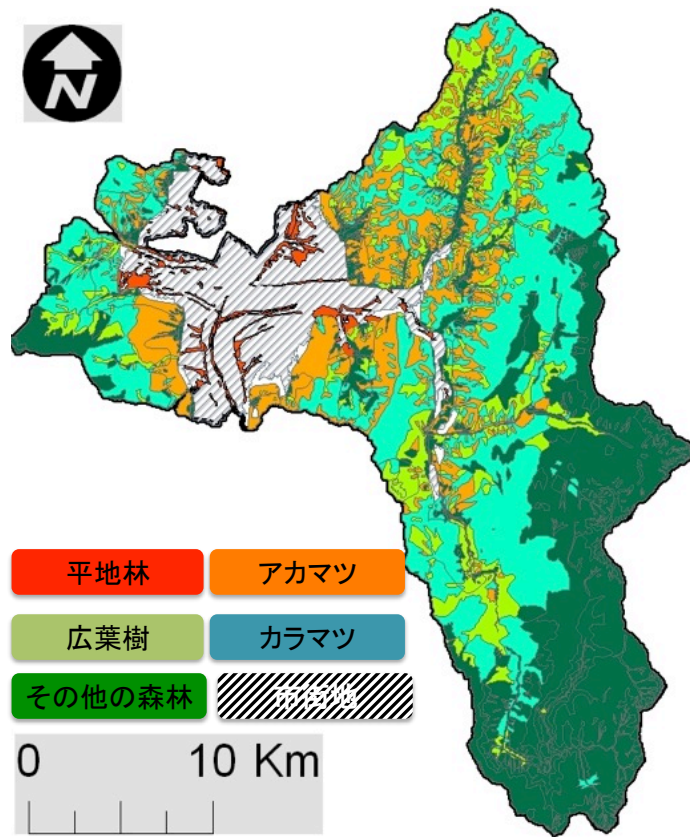


図 4-4 長野県伊那市の森林資源分布図

そこで、伊那市全体の森林を対象にした際に、現状の森林資源がどれだけ現在の薪需要に相当するのかを考察する。図 4-4 は図 4-2 の平地林に加え、山地に存在するアカマツ林、ナラやクリといった広葉樹林、カラマツ林、シラビソといったその他の森林の分布図を示している。それぞれの面積はアカマツ林が 8,350 ha、広葉樹林が 7,512 ha、カラマツ林が 19,529 ha、その他の森林が 16,155 ha である。

各樹種の 1ha 当たりの成長量をアカマツ：2.41 m<sup>3</sup>/ha、広葉樹：1.53 m<sup>3</sup>/ha、カラマツ：3.49 m<sup>3</sup>/ha、その他の森林：2.94 m<sup>3</sup>/ha（平成 24 年度長野県林務部森林政策課資料）とすると前述した面積よりアカマツ林：20,123 m<sup>3</sup>、広葉樹林：11,494 m<sup>3</sup>、カラマツ林：68,156 m<sup>3</sup>、その他の森林：47,436 m<sup>3</sup>と算出できる。

これらの値を基に、伊那市の推定薪需要 6,764 m<sup>3</sup>に対し伊那市の森林資源がどれだけ供給力を持つのかを議論する。表 4-5 は伊那市の森林資源を市街地付近に存在する順にそれぞれの面積、成長量を積算した表であり、図 4-6 は薪需要と積算成長量を比較した図である。

表 4-5 長野県伊那市の森林資源の積算成長量

林種	積算面積(ha)	積算成長量(m <sup>3</sup> )
平地林	1,375 ha	3,034 m <sup>3</sup>
(平地林) +アカマツ林	9,725 ha	23,157 m <sup>3</sup>
(平地林, アカマツ林) +広葉樹林	17,237 ha	34,651 m <sup>3</sup>
(平地林, アカマツ林, 広葉樹林) +カラマツ林	36,766 ha	102,807 m <sup>3</sup>
(平地林, アカマツ林, 広葉樹林, カラマツ林) +その他の森林	52,921 ha	150,243 m <sup>3</sup>

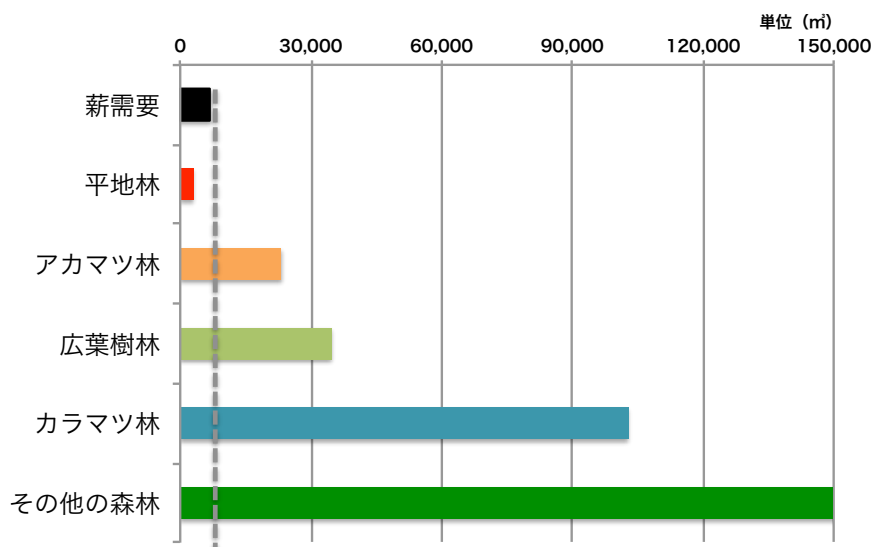


図 4-6 長野県伊那市の森林資源の積算成長量

伊那市の薪需要は平地林の成長量のみでは供給量が足りていないが、山地に存在するアカマツ林を含めると需要を満たすことが出来る。従って、伊那市のみで現状の薪需要を満たすためには、山地のアカマツ林を間伐していくことが必要になると推定できる。

## 第5章 結論および展望

### 第1節 結論

本研究では、東日本大震災以降、エネルギーの自給を可能な限り行う必要があるという考えの下、国土の7割が森林で占める我が国において、木質バイオマスエネルギーの普及を推進していく考えを述べた。木質バイオマスエネルギーの利用に関しては、木質バイオマス発電や木質バイオマスによる熱供給といった方法を挙げることができ、利便性の高い一方で、木質燃料では利用効率が減少してしまう発電よりも、木質燃料を直接燃焼させて熱を得る方法が現状では利用効率が高い為、熱利用に着目することを述べた。木質燃料としてはチップやペレット、薪といった種類が存在する現在において、エネルギーの自給の観点より、生産・利用が簡易である薪の利用に着目し、薪利用の先進事例である長野県伊那市を対象として、薪による小規模バイオマスエネルギー利用の実態を解明し、地域のエネルギー自給、里山管理再生の可能性を議論した。

薪によるバイオマスエネルギー利用は、前時代的であるか、一部の趣味的な薪ストーブ利用者によるものであるというのが一般的な理解だと考えられる。しかし本研究により、伊那市のような先進地域では、約6,764 m<sup>3</sup>の薪が1年で消費されていると推定され、家庭用灯油消費量においても、その約8.1%程度が薪により代替されている可能性が示された。

前時代的なエネルギーであると考えられている薪は、現在、高効率な薪ストーブの普及によってエネルギー代替率に大きく貢献する燃料となっていることが本研究の結果より示すことができる。

薪の調達については、自宅から4 km程度の範囲からの自己調達を中心としたオンサイト型の調達と、伊那市およびその近隣自治体といったローカルな範囲からの購入を中心とした集約的な調達とが重なり合っていた。これは自己調達による経済性の向上と、購入による安定的な供給とを両立できる仕組みだと考えられ、他の地域における取組みにも参考になる。本研究で明らかにされた「薪作りグループ」の活動は、エネルギーの利用者自らが地域のランドスケープ管理に関わるプログラムであり、いわば現代版の里山再生とも言え、ひとつの例として特筆することができる。その一方で、こうした取り組みを地域のランドスケープの本格的な再生へつなげるためには、例えば地域材の利用推進や、合理的な伐採・収集システム等を基調とした地域の林業再生も併せて行う必要がある。

## 第2節 他地域への薪ストーブ適用可能性

本研究では薪といった前時代的なエネルギーが現代でも意義のあるエネルギーとして成立しうるかを検討した。その結果、小規模な範囲で利用を行えるのであるならば、エネルギー自給システムの確立がなされる為、利用の普及を今後も促進していくことが望ましいと考えられる。しかし、現在先進的に薪が利用されている伊那市のような事例は、特殊性があるとも捉えられる。そこで、本節では薪ストーブの普及条件を本研究の結果から考察していく。薪ストーブの普及は多くの要因を調べる必要があると考えられるが、本研究の結果を通じて大きな要因は想定できるものであると考えられる。例えば、気候条件に着目してみると、伊那市のような寒冷な地域は日本全国で存在しており、そのような地域であれば暖房器具として薪ストーブが選択され、薪の利用が行える可能性もあると考えられる。このように、本節では薪ストーブ普及の条件を自然条件、社会条件の2点から薪ストーブ普及の条件を考察していく。

まず、自然条件としては、前述したような、気候が寒冷である点、また近隣に森林資源が豊富に存在している点が考えられる。図5-1は西箕輪地区において薪ストーブ導入住戸のアンケート回答者が薪ストーブに抱いていた印象、薪ストーブ導入の決め手を示したものである。まず薪ストーブ購入以前に抱いていた薪ストーブに対する印象であるが、趣向性の強いと考えられる薪ストーブに対して「デザインが良い」と回答した数は少なく、それよりも「暖かさの質が良い」と回答した数の方が多い結果となっている。また薪ストーブ導入の決め手に関しても「暖房器具として優れているから」といった回答が最も多く、薪ストーブの暖房器具としての性能に着目して購入をしたケースが多いと言える。薪ストーブの一般的な印象としてデザインの他に購入費用についての意見が多いと考えられるが、その点に関しても「値段が高い」と回答した数は少ないと言える。図2-5でも薪ストーブの本体購入費用や設置代金について言及したが、薪ストーブ利用者は一見高額に見える薪ストーブに対して費用以上の暖房性能を見込んでいると考えられる。

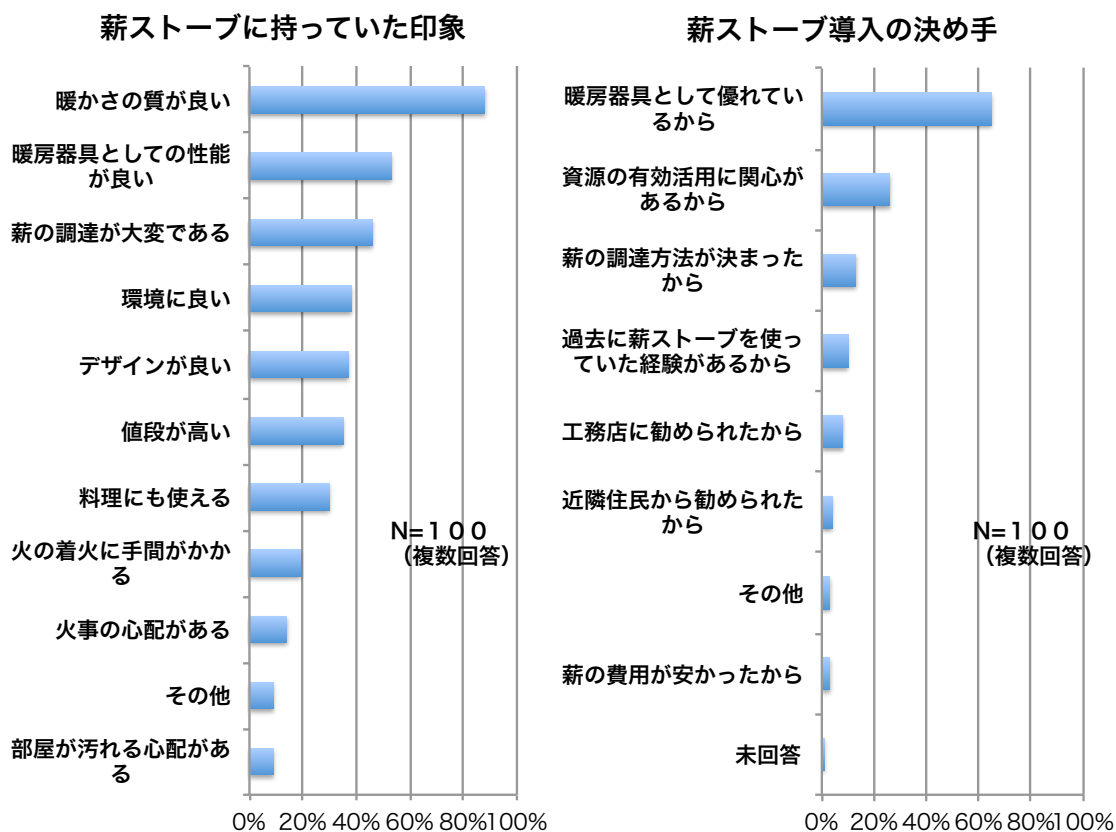


図 5-1 薪ストーブに持っていた印象 (左), 薪ストーブ導入の決め手 (右)

またデザインではなく暖房器具としての機器として薪ストーブは選択されているものがあるため、薪ストーブの普及条件のひとつとしては気候が寒冷である地域に普及が見込めると言える。しかし、寒冷な地域全般に普及が見込めるわけではなく、薪ストーブに持っていた印象で「薪の調達が大変である」という結果があることから、寒冷な地域であり、かつ森林資源が豊富に存在していることが要件として考えられる。

次に社会的条件についてだが、伊那市の事例のように、ある程度の人口規模があり、薪ストーブ販売店が多く存在すること、また伊那市が主導とする伊那市フォレストクラブといった薪の調達を支援するシステムや補助金の支給が行われることが普及の条件であると考えられる。寒冷ではあるが、人口が膨大な都市においては、薪ストーブ利用者の増加によって、急速に森林資源が消費されてしまうことも懸念される。従って都市部のような地域においては寒冷であり、森林資源が豊富であったとしても薪ストーブの普及は見込めないと考えられる。また薪ストーブのユーザーが増えることで、薪ストーブ販売店がその地域に進出し、ユーザーの要望によって行政もサポートの体制を整えることは考えられるが、前述したように木質バイオマスは利用を過剰に推進しては、資源の急速な枯渇を招いてしまうため普及の条件と共に注意が必要であろう。

自然条件と社会条件の 2 点から薪ストーブの普及条件を考察したが、薪ストーブの普及

条件についてはさらなる調査が必要であろう。本研究では伊那市の事例の成立要因や適用範囲について、十分な議論を行うことができなかった。他地域への適用可能性を考えるには、気候や近隣の森林資源といった自然条件や、行政のサポートといった社会条件の他の要因も丹念に追う必要があると考えられ、今後の重要な課題になると考えられる。



### 第3節 展望

薪による小規模バイオマスエネルギーは本研究で示したように未だ事例は少ないと言える。しかし、本論文冒頭で述べたように、外部に依存しないエネルギーシステムの構築は、化石資源の枯渇が生じた際、また大規模な震災に見舞われた際に強く効果が発揮されるものである。こうした事態に備えるためにも、森林資源が豊富である日本において森林資源を活用する事例は他地域に展開していくことが望ましいと考えられる。

また薪のみの利用に視野を狭めるのではなく、太陽光や風力といった他の再生可能エネルギーとの併用により、より広い範囲でエネルギー自給のシステムが構築されるであろう。1住戸といったミクروسケールの観点では、現在、家庭で太陽光パネルを設置する住戸も増えており、電気は太陽光で自給し、熱は薪といった木質エネルギーで自給するといった仕組みの確立も今後期待できると考えられる。

薪の利用はエネルギー面の他にも、間伐遅れが進んでいる我が国の間伐需要を生み、森林の間伐が進むことで森林の持つ、水源かん養機能や気候緩和といった快適環境形成機能が発揮される一助となる面も持っている。他地域に展開していくことで、森林の公益的機能がより広い範囲で発揮されることが国土保全として望ましいであろう。

その一方で、本論文でも議論したように木質エネルギー利用と森林の持続性との比較は必須であると言え、利用の観点としてはエネルギーをあればあるだけ使うのではなく、利用できる量を判断し、その上で最大限利用するといった判断も必要となる。このように木質エネルギーは需要と供給のバランスが難しいと考えられるが、持続可能な社会の構築には、エネルギーを使う側の意識の変革が僅かながらでも必要であると考えられる。

本研究で扱った伊那市のような薪による小規模バイオマスエネルギー利用の仕組みが今後も他地域へ展開していくことで、日本の森林の公益的機能が発揮され、持続的な国土の形成、また持続的なエネルギー利用の仕組みが確立していくことを今後期待したい。

## 引用文献

- バイオマス産業ネットワーク(2012)：「バイオマス白書 2012 サイト版」，  
<<http://www.npobin.net/hakusho/2012/>>,2014/01/22 参照
- 原科幸爾・武内和彦(2004)：長野県佐久市を事例とした地域循環型の生物資源利用システムに関する研究，ランドスケープ研究 67(5),741-744
- 畑中健一郎・陸斉・井出政次(2012)：長野県における薪ストーブの利用実態と CO2 排出削減量の推計：長野県環境保全研究所報告(8),25-30
- 今野夏輝・三浦秀一(2011)：集落を単位とした薪の生産システムに関する調査研究：山形県最上町における事例：日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, 891-892
- 伊那市 HP,伊那市の概要より,<<http://www.inacity.jp/view.rbz?nd=1395&of=1&ik=1&pn=42&pn=1395&cd=9614>>,2013.5.4.更新,2013.12.30 参照
- 住環境計画研究所(2011)：「家庭用エネルギー統計年報 2011 年版」
- 株式会社ホンマ製作所 HP,< <http://www.honma-seisakusyo.co.jp/>>,2014/01/22 参照
- 環境省, オフセット・クレジット (J-VER) の排出削減・吸収量の算定及びモニタリングに関する方法論,薪ストーブにおける薪の使用に関する方法論,p5,  
<[http://www.env.go.jp/press/file\\_view.php?serial=15173&hou\\_id=12187](http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=15173&hou_id=12187)>.2013.12.04 参照
- 木下渉(1996)：木質エネルギーの今日的利用と将来的可能性：林業経済研究(129), 183-188  
気象庁 HP,気象統計情報より,<[http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec\\_no=48&block\\_no=1445](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=48&block_no=1445)>,2013.12.30 参照
- 木平英一(2013)：木質燃料の生産，熊崎実・沢辺攻(編)，「木質資源とことん活用読本：薪，チップ，ペレットで燃料，冷暖房，発電」，農山漁村文化協会,pp67-75
- 熊崎実 (2013)：「木質資源とことん活用読本：薪，チップ，ペレットで燃料，冷暖房，発電」，農山漁村文化協会,pp67-75
- 京都新聞 HP,経済特集アーカイブ,湖国経済，地産地焼こだわり 県内林の有効活用にも，<[http://www.kyoto-np.co.jp/info/keizaitokusyuu\\_old/shin\\_kokoku/111127.html](http://www.kyoto-np.co.jp/info/keizaitokusyuu_old/shin_kokoku/111127.html)>,2013.9.20 参照
- 藻谷浩介(2013)：「里山資本主義 日本経済は「安心の原理」で動く」,角川書店,pp308
- 長野県環境保全研究所(2006)：「信州の里山の特性把握と環境保全のために」，長野県環境保全研究所, pp165
- 長野県林務部森林政策課資料,平成 24 年度民有林の現況,市町村別・資源構成表より <<http://www.pref.nagano.lg.jp/rinsei/sangyo/ringyo/toukei/minyurin/h24.html>>,2013.12.4 参照
- 長野県消費生活情報,石油価格情報より，< <http://www.nagano-shohi.net/oil-kakaku/>> ,

2013.12.30.参照

- 中川重年・松村正治(2004)：神奈川県産樹木 15 種のバイオマス燃料としての特性評価，神奈川県自然環境保全センター報告 (1), 21-28
- 中西正和・小木 知子(2005)：木質系バイオマスを用いた地域分散型小型発電システムの検討：日本森林学会誌 87(1),45-51
- 新妻弘明(2011)：「地産地消のエネルギー」,NTT 出版,pp226
- 農林水産省(2010)：世界農林業センサス報告書,第 1 巻 都道府県別統計書,長野県,第 2 部 農山村地域調査,総土地面積及び林野面積より
- 林野庁(1958)：長野営林局カラマツ立木材積表調製説明書,林野庁,pp36
- 林野庁(2010)：平成 22 年度森林・林業白書<<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusho/22hakusho/zenbun.html>>,2014/01/2 参照
- 資源エネルギー庁 (2011)：「自然エネルギー白書 2011」,<<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2011energyhtml/index.html>>, 2014.01.05 参照
- 総務省統計局 HP 平成 20 年住宅土地統計調査「戸建て住宅,集合住宅の数 (長野県伊那市) < <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/NewList.do?tid=000001028768>>
- 総務省統計局 HP,平成 22 年国勢調査,小地域集計結果,長野県,男女別人口及び世帯数 一町丁・字等より,<<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001036651&cyclo=0>>, 2013.12.30 参照
- 寺田徹・横張真・田中伸彦(2007)：バイオマスエネルギーの活用からみた平地林管理シナリオの評価：ランドスケープ研究 70(5),673-676
- 寺田徹・横張真・田中信彦(2010)：収穫・輸送コストからみた都市近郊部平地林の木質バイオマス利用の可能性：ランドスケープ研究 73(5), 663-666
- 泊みゆき(2012)：バイオマス本当の話：持続可能な社会に向けて,築地書館,pp177
- 地球環境研究センター(2013)：「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」,<[http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/2013/NIR-JPN-2013-v3.0-J\\_web.pdf](http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/2013/NIR-JPN-2013-v3.0-J_web.pdf)>, 2013.12.30 参照
- 上原三知・重松敏則・朝野景(2005)：「都市近郊里地・里山林の保全・活用による潜在的生産力とその循環型地域モデル」,ランドスケープ研究 68(5), 545-550
- 安村直樹(2011)：農山村における薪ストーブの利用と普及：山林(1527),11-20
- 有限会社有賀製材所 HP,< <http://www.arugaseizai.com/index.html>>,2014/01/22 参照
- 財団法人日本エネルギー経済研究所石油情報センター(2007)：平成 18 年度灯油消費実態調査,<[http://www.enecho.meti.go.jp/info/statistics/toyugasu/result/pdf/20080117\\_1.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/info/statistics/toyugasu/result/pdf/20080117_1.pdf)>,2013.12.30 参照
- 2012 年版 日本で買える薪ストーブ全アルバム,八重洲出版,pp130

## 謝辞

本修士論文は、多くの皆様方の厳しくも温かいご支援がなければ決して完成することはありませんでした。自分の未熟さを痛感した2年間であり、またご支援頂いた皆様に深く感謝申し上げます。

私の指導教員である山本博一教授には、入学した初めから森林に関する知識等をご教授頂きました。林学の知識が乏しい私に対し、研究相談の際には丁寧にご教授して頂き誠に感謝申し上げます。

また生物圏情報学分野の助教である寺田徹助教には入学した初めの段階から、研究の進め方に始まり、レジュメの書き方、調査の方法等、多大なご協力をして頂きました。毎月行われるゼミの発表前には必ずレジュメの添削をして頂き、また造園学会の論文執筆に際してもお忙しい中何度も原稿の添削をして頂きました。2年間度重なるご迷惑をお掛けしたと思いますが、それでも根気強く指導して頂いたことに深く感謝申し上げます。

修士1年の頃には合同ゼミを通じて、横張真様、雨宮護様、斎藤馨様、筑波大の村上暁信様から多大なご指摘等頂きました。皆様のご指摘から「物事を論理的に考える」、また「考えたことを人に伝える」という事の難しさを痛感したとともに、こういった能力が今後とても重要な力になることを学ばせて頂きました。

研究に関して、株式会社ディーエルディーの木平英一様には多大な調査のご協力を頂きました。西箕輪地区の薪ストーブ導入住戸数の調査の時には、別荘を貸して頂き、困難なく調査を行うことが出来ました。調査の際には夕飯をご馳走して頂くこともあり、また木平英一様のご両親にも、調査の際には料理をご馳走して頂きました。

伊那市市役所耕地林務課の高橋様には伊那市フォレストクラブの活動について詳細な情報を丁寧にご教授頂きました。

生物圏情報学分野の先輩である藤枝樹里さんには研究のアドバイスをたくさん頂き、同期である村上くんは発表の前にお互い危機感を煽りながら作業して頂き切磋琢磨する機会を頂きました。また同じ同期である松浦くん、風間くんには研究のパワポの作り方やゼミの進め方等でご協力いただきました。後輩である趙君、陳さんからはゼミの際に的確な助言を頂きました。斎藤研の山田くん、新保さんには同じ部屋の住人として日々の会話で元気づけられ、斎藤研の M2 の方々からは合同ゼミを通じ様々な意見を頂きました。山室研の宮澤くん、上原くん、中村くんには研究の息抜きの際にとってもお世話になりました。

上記で書ききれない程の方々にご協力して頂き、この修士論文を執筆出来たことを深く感謝申し上げます。誠にありがとうございました。

最後に 25 年間、自分のやりたいことを常に応援して頂き、長い学生生活を経済的に支えてくれた家族に深く感謝申し上げます。

2014 年 1 月 23 日 原島義明

## 長野県伊那市における薪による 小規模バイオマスエネルギー利用の実態

2014年3月 生物圏情報学分野 47126634 原島 義明  
指導教員 教授 山本博一

キーワード：里山，薪ストーブ，木質バイオマス，再生可能エネルギー

### 1. 背景と目的

東日本大震災を起因とする一時的な電力供給の停止により，大規模集約型のエネルギー供給にすべてを依存することのリスクが顕在化した。新妻（2011）は地域のエネルギーを可能な限り利用するシステムとしてEIMY（Energy In My Yard）という概念を提案し，可能な限り地域内でエネルギーを自給する仕組みの必要性を唱えている。国土の約7割を森林が占める日本においては，エネルギー自給に資する再生可能エネルギーのひとつに，木質バイオマスエネルギーがある。中でも近年着目されているものとして，薪ストーブによる薪の利用が挙げられる。しかし，薪に関する研究や事例は少なく，利用実態すら未だ十分に明らかになっていない。そこで本研究では，既に薪によるエネルギー利用が活発に行われている長野県伊那市を対象に，薪による小規模バイオマスエネルギー利用の実態を解明し，得られた知見に基づき，里山管理再生と地域のエネルギー自給の可能性を議論することを目的とする。

研究対象地を長野県伊那市に設定した。人口は2013年4月現在で70,579人，世帯数は26,714世帯，面積は667.81km<sup>2</sup>である。また本研究では実態把握のためアンケート調査を行うが，その対象地区を伊那市西箕輪地区に設定した。西箕輪地区は農地や果樹園を主な土地利用とする田園地帯であり，市北西部の段丘面上方の扇状地部分に位置している。2013年4月時点の人口は6,406人，世帯数が2,464世帯である。

### 2. 方法（アンケート調査，ヒアリング調査の概要）

アンケート調査の主項目は，①薪の使用量，②薪の調達方法，③薪の調達範囲の3つであり調査対象は伊那市西箕輪地区内で薪ストーブを導入している住戸である。本数で集計された薪使用量は，乾燥重量，材積，エネルギーに換算し，住戸平均，伊那市の2スケールで推定値を示した（表-1）。薪の調達方法に関しては，アンケート調査で薪を購入しているか否かを尋ねたのち，購入している場合は購入先，そうでない場合は調達の手段を尋ねた。薪を購入せず独自で調達している場合には，調達先の地図への記載を求めた。また，調達の詳細を理解するため，薪の主要な購入先のひとつであった薪ストーブ販売店「株式会社DLD」，および薪調達の支援を行っている伊那市農林部耕地林務課に対して，ヒアリング調査を行った。

### 3. 結果と考察

#### （1）薪の使用量

年間薪使用本数の平均値は 2,544 本／戸であり，1 日当たりの平均にすると，12.1 本／日であった。

表 - 1 薪使用本数，乾燥重量，材積，およびエネルギー量

項目	西箕輪地区	伊那市
	回答者平均 (N=80)	推定値 (N=1,072)
薪使用本数	2,544 本 / 年	2,727,00 本 / 年
乾燥重量	3,202 dry-kg / 年	3,433 dry-t / 年
材積	6.31 m <sup>3</sup> / 年	6,764 m <sup>3</sup> / 年
エネルギー量	49,120 MJ / 年	52,660 GJ / 年

## (2) 薪の調達方法と範囲

薪の調達方法を全量購入に拠っているのは被験者の 23%であり，55%がすべて自己調達，19%が一部を自己調達していた。また，薪の自己調達の範囲については西箕輪地区から概ね 4km 圏内におさまっていることを確認し，自宅から自動車ですら 10 分程度といったような小規模な範囲から薪が調達されている実態を把握した。

## (3) 里山管理再生，エネルギー自給からの評価

伊那市全域では年間で約 273 万本の薪が使用されていると推定され，乾燥重量換算で 3,433 dry-t，材積換算で 6,764 m<sup>3</sup>であった。この値に対し伊那市の平地林 1,375 ha の年間成長量を最大許容伐採量とすると約 3,034 m<sup>3</sup> (2.2 m<sup>3</sup>/ha) となった。一方で薪の需要は年間 6,764 m<sup>3</sup>であるため，これを得るためには平地林が約 3,075 ha 必要となる。従って，薪の需要は伊那市の平地林 (1,375 ha) の管理には既に十分な量である。

熱量変換の値は 52,660GJ であり，薪そのものの熱量では 71,162 GJ となる。これは灯油約 1,939 kl 分に相当し，家庭用に消費されている灯油に対して約 8.1%のエネルギーが，薪により代替されていると推定できる。

## 4. まとめ

本研究により，伊那市のような先進地域においては約 6,764 m<sup>3</sup>の薪が 1 年で消費されていると推定され，家庭用灯油消費量においても，その約 8.1%程度が薪により代替されている可能性が示された。薪の調達については，自宅から 4km 程度の範囲からの自己調達を中心としたオンサイト型の調達と，伊那市およびその近隣自治体といったローカルな範囲からの購入を中心とした集約的な調達とが重なり合っていた。以上より，薪はエネルギー自給の観点，里山管理再生の可能性の観点から，現代的な再生可能エネルギー利用のひとつとして十分に評価できると考えられる。

# Current status of the small-scale firewood utilization in Ina City, Nagano, Japan

Mar.2014, Biosphere Information Science, 47126634 Yoshiaki HARASHIMA  
Supervisor : Professor. Hirokazu YAMAMOTO

Keywords : Satoyama, Woodstove, Woody biomass, Renewable energy

## 1. Introduction and Objection

Since the Great East Japan Earthquake, it has been necessary to rethink the way of society that is depending on the energy. Nizuma (2011) said that it is necessary to create a mechanism that can take full advantage of the energy resources and untapped energy in local areas. Because forest accounts for about 70% of the country Japan, there is a woody biomass energy, one of the renewable energy that will contribute to energy self-sufficiency. Nowadays, woodstove may be attracting more attention. However, information and research on firewood is still lacking, and the actual situation is even not clear enough yet. In this study, we clarify the actual situation of small-scale biomass energy use of firewood in Ina City, Nagano Prefecture. Based on the knowledge obtained, the energy self-sufficiency and local potential satoyama reproduction management was discussed.

The target study area was Ina City, Nagano Prefecture. The population was 70,579 people in April 2013. The number of households was 26,714. The area of the city is 667.81 km<sup>2</sup>. In Ina Nishiminowa district a survey on actual situation was conducted. Nishiminowa district is located in the alluvial fan portion of the terrace above the surface of the northeastern part of the city. Its main land use are orchards and farmlands. The population was 6,406 people in April 2013, the number of households was 2,464 households.

## 2. Methodology (Contents of Questionnaire survey and Interview survey)

Through field survey, questionnaire, and interviews to stakeholders, we obtained following outcomes: 1) the amount of annual firewood consumption, 2) procurement methods of firewood, 3) the area from which firewood are collected. In terms of dry weight, volume, and the energy, the firewood usage aggregated in number, showed an estimate average dwelling unit, 2 scales Ina (Table 1). Through the questionnaire survey interviewees were asked whether they purchase firewood. Respondents who purchase firewood were further asked for purchasing place, and the respondents who do not purchase it, were asked for method of procurement and describing the map of procurement place. In addition, in order to understand the details of procurement, we interviewed Ina Ministry of Agriculture and "Corporation DLD (below DLD)".

### 3. Results and discussions

#### (1) Number of firewood used

Average annual number of firewood use is a 2,544 portions / dwelling unit. There were 12.1 portions per day in average.

Table - 1 Number of firewood used annually, Dry weight, Volume, Heat energy

Items	Nishiminowa district	Ina City
	<u>average respondent</u> (N=80)	<u>Estimate value</u> (N=1,072)
Number of firewood used annually	2,544 portions / year	2,727,000 portions / year
Dry weight	3,202 dry-kg / year	3,433 dry-t / year
Volume	6.31 m <sup>3</sup> / year	6,764 m <sup>3</sup> / year
Heat energy	49,120 MJ / year	52,660 GJ / year

#### (2) Procurement methods of firewood and the area from which firewood is collected

23% of respondents only purchase firewood, 55% of them do not purchase, 19% of respondents purchase only part of firewood. Range of procurement of firewood was approximately 4km distance from Nishiminowa district.

#### (3) Regeneration of Satoyama management, evaluation of energy self-sufficiency

Estimated portions of firewood used in Ina City was 2.73 million trees, with dry weight 3,433t, and volume 6,764 m<sup>3</sup>. Firewood obtained from 1,375 ha of lowland forest was estimated as 3,034 m<sup>3</sup>(average 2.2 m<sup>3</sup>/ha). Since total demand for firewood in Ina City is more than double, lowland forest area required to obtain such amount would be 3,075 ha. Total heat energy produced from the wood in the city is equal to 52,660 GJ with 74% efficiency of firewood (maximum potential energy is 71,162 GJ) and it corresponds to 1,939kl of kerosene. Thus, wood energy replaces about 8.1% kerosene household consumption a year.

### 4. Conclusion

In this study it estimated that about 6,764 m<sup>3</sup> of firewood is being consumed within a year in Ina City. Firewood replaces 8.1% of household kerosene consumption. From view of regeneration of Satoyama management and energy self-sufficiency, the firewood could be considered as one of the renewable energy.



## 薪ストーブの利用に関するアンケート

平成25年7月

### 【ご記入にあたって】

- 薪ストーブの利用について詳しいご家族の方がお答え下さい。
- 質問は全部で33問あります。
- 各質問で、「その他」を選ばれた場合は、（）内にその内容を記入して下さい。
- 該当する方のみ、同封した別紙（A3サイズ）の質問にもお答えいただきます。
- いただいたご回答は統計的に処理されて、「〇〇の回答が〇%であった」などのかたちでまとめられます。あなたのお答えが個人的に取り上げられて、分析されることはありません。



ご記入後は、別紙のA3サイズの地図2枚と共に

同封の返信用封筒に入れ、

8月12日（月）までにポストに投函して下さい。

「① 薪ストーブの使い方、②薪ストーブに使用する薪、③薪の調達方法」  
 についておたずねします。

① 薪ストーブの使い方について

質問 1：ご家庭で使用している薪ストーブの種類は何ですか？ N=100

あてはまる番号ひとつに○をつけてください。

1. 鋳物製薪ストーブ	80%	4.鉄板製薪ストーブ	1%
2. 鋼板薪ストーブ	3%	5. その他	0%
3. ペチカストーブ	16%	( )	

参考図)

1. 鋳物製薪ストーブ



2. 鋼板製薪ストーブ



3. ペチカストーブ



4. 鉄板製薪ストーブ



N=100

質問 2：薪ストーブのメーカーは何ですか？あてはまる番号ひとつに○をつけてください。

6%	1. ヨツール (JOTUL)	5. マ ジ ェ ス テ ィ ッ ク (MAJESTIC)	0%	9. クロガネ (KUROGANE)	0%
25%	2. バーモントキャスティングス (VERMONT CASTINGS)	6. モルソー (MORSO)	1%	10. ホンマ (HONMA)	0%
36%	3. ダッチウエスト (DUTCH WEST)	7. アンヴィクタ (INVICTA)	0%	11.上杉製作所	0%
0%	4. ネスターマーティン (NESTOR MARTIN)	8. ドブレ (DOVRE)	4%	12. その他 ( )	22%

質問3：薪ストーブの値段はいくらでしたか？ N=100

あてはまる番号ひとつに○をつけてください。

1. 1万円～20万円 3%	3. 41万円～60万円 47%	5. 81万円～100万円 11%
2. 21万円～40万円 24%	4. 61万円～80万円 6%	6. その他 ( ) 2%

NA:7%

質問4：薪ストーブの設置にかかった費用（例：煙突費用、土台費用、施工費等の合計）

はいくらでしたか？あてはまる番号ひとつに○をつけてください。

N=100

1. 1万円～20万円 11%	3. 41万円～60万円 23%	5. 81万円～100万円 34%
2. 21万円～40万円 9%	4. 61万円～80万円 7%	6. その他 ( ) 13%

NA:3%

質問5：薪ストーブを購入する際、補助金を利用しましたか？

N=100

あてはまる番号ひとつに○をつけてください。

1. はい 14%	2. いいえ 82%
-----------	------------

NA:4%

質問6に回答し、質問7以下へ

質問6：補助を受けた金額はどの程度でしたか？

N=14

あてはまる番号ひとつに○をつけてください。

1. 1～2万円 7%	3. 5～6万円 50%	5. 9～10万円 21%
2. 3～4万円 14%	4. 7～8万円 7%	6. その他 ( ) 0%

質問7：薪ストーブをどのお店でご購入されましたか？

N=100

あてはまる番号ひとつに○をつけてください。

1. 株式会社ディーエルディー 31%	3. 株式会社ノースフィールド 11%	5. その他 26% ( )
2. 企業組合ストーブアート 14%	4. 有限会社有賀製材所 15%	

NA:3%

質問8：薪ストーブを導入したタイミングはいつでしたか？

N=100

あてはまる番号ひとつに○をつけてください。

1. 新築時 80%	3. 新築、部屋の改築とは関係なし 11%
2. 部屋の改築時 6%	4. その他 ( ) 3%

質問9：薪ストーブをいつ導入されましたか？ N=100

あてはまる番号ひとつに○をつけてください。

6%	1. 2000年(平成12年) 6%	4. 2003年(平成15年) 5%	7. 2006年(平成18年)	10. 2009年(平成21年)	8%
4%	2. 2001年(平成13年) 1%	5. 2004年(平成16年) 1%	8. 2007年(平成19年)	11. 2010年(平成22年)	5%
6%	3. 2002年(平成14年) 6%	6. 2005年(平成17年) 10%	9. 2008年(平成20年)	12. その他 ( )	32%

質問10：薪ストーブにどのような印象を持っていましたか？ N=378(複数回答)

あてはまる番号全てに○をつけてください。

10%	1. デザインが良い	5. 環境に良い 10%	9. 火事の心配がある	4%
14%	2. 暖房器具としての性能が良い	6. 値段が高い 9%	10. 火の着火に手間がかかる	5%
23%	3. 暖かさの質が良い	7. 薪の調達が大変である 12%	11. その他	2%
8%	4. 料理にも使える	8. 部屋が汚れる心配がある 2%	( )	

質問11：薪ストーブ導入の決め手は何ですか？ N=132(複数回答)

あてはまる番号全てに○をつけてください。

2%	1. 薪の費用が安かったから	4. 資源の有効活用に関心があるから 20%	7. 近隣住民から勧められたから 3%
10%	2. 薪の調達方法が決まったから	5. 過去に薪ストーブを使っていた経験があるから 8%	8. その他 2%
49%	3. 暖房器具として優れているから	6. 工務店から勧められたから 6%	( )

質問12：薪ストーブを使用している部屋で、他に使用している暖房機器はありますか？

あてはまる番号全てに○をつけてください。 N=109

1. 灯油ストーブ 35%	3. エアコン 6%	5. なし 39%
2. ガスストーブ 1%	4. 床暖房 6%	6. その他 ( ) 13%

質問13：薪ストーブを設置している部屋の床面積はどの程度ですか？

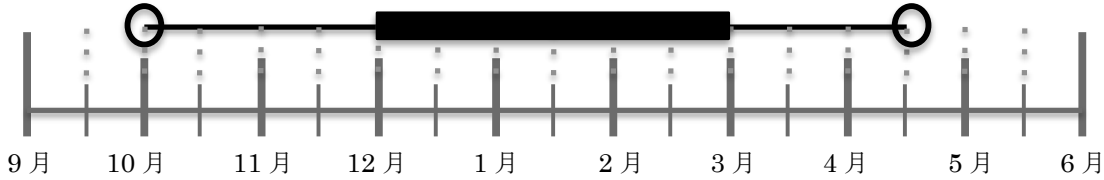
「m<sup>2</sup>」、「畳」どちらか一方に記述してお答え下さい。

床面積：( ) m<sup>2</sup> ( ) 畳

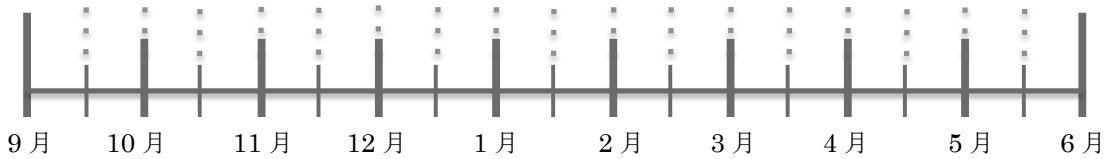
質問 14 : 年間で薪ストーブを使い始める月、最も使う時期、使い終わる月はいつですか？過去 3 年間平均を例に従って下記に記して下さい。

(まだ 3 年使用していない方は現在までの平均でお答え下さい)

例) 使い始めが 10 月、最も使う時期が 12 月から 3 月、使い終わりが 4 月中旬の場合



回答)



質問 15 : 薪ストーブの使い始めの月における 1 日の薪使用量、使用時間の平均を平日、休日に分けてお答え下さい。また使用頻度をひとつ選択しお答え下さい。

平日

休日

薪使用量 : (約 \_\_\_\_\_ 本/日)                      薪使用量 : (約 \_\_\_\_\_ 本/日)

使用時間 : (約 \_\_\_\_\_ 時間/日)                      使用時間 : (約 \_\_\_\_\_ 時間/日)

使用頻度 : 

1. 毎日使用	2. 1 週間の内 _____ 日使用 (要記述)
---------	---------------------------

質問 16 : 薪ストーブを最もお使いになる時期における 1 日の薪使用量、使用時間を平日、休日に分けてお答え下さい。また使用頻度をひとつ選択しお答え下さい。

平日

休日

薪使用量 : (約 \_\_\_\_\_ 本/日)                      薪使用量 : (約 \_\_\_\_\_ 本/日)

使用時間 : (約 \_\_\_\_\_ 時間/日)                      使用時間 : (約 \_\_\_\_\_ 時間/日)

使用頻度 : 

1. 毎日使用	2. 1 週間の内 _____ 日使用 (要記述)
---------	---------------------------

質問 17 : 薪ストーブの使い終わりの月における 1 日の薪使用量、使用時間の平均を平日、休日に分けてお答え下さい。また使用頻度をひとつ選択しお答え下さい。

平日

休日

薪使用量 : (約 \_\_\_\_\_ 本/日)                      薪使用量 : (約 \_\_\_\_\_ 本/日)

使用時間 : (約 \_\_\_\_\_ 時間/日)                      使用時間 : (約 \_\_\_\_\_ 時間/日)

使用頻度 : 

1. 毎日使用	2. 1 週間の内 _____ 日使用 (要記述)
---------	---------------------------

① 薪ストーブに使用する薪について

質問 18 : 薪ストーブで使用する薪の割合、また樹種を回答できる範囲で記述して下さい。

広葉樹	(代表的な樹種 : )	(割合 : )	割)
針葉樹	(代表的な樹種 : )	(割合 : )	割)
その他	(名称 : )	(割合 : )	割)

※足しあわせて10割になるようにお答え下さい。

質問 19 : 薪ストーブで使用する薪はどの長さの物をよくお使いになりますか？

あてはまる番号ひとつに○をつけてください。

N=100

1. 約 30cm	2. 約 35cm	3. 約 40cm	4. 約 45cm	5. その他 ( cm)
-----------	-----------	-----------	-----------	--------------

4%

6%

36%

42%

10%

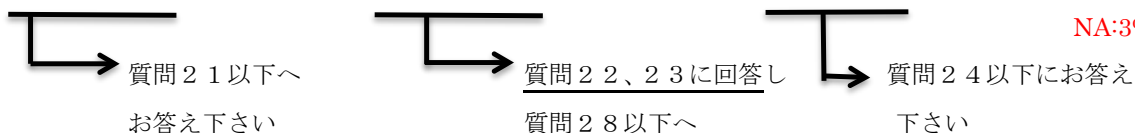
NA:2%

③薪の調達方法について

質問 20 : 薪を購入していますか？あてはまる番号ひとつに○をつけてください。 N=100

1. 一部購入	19%	2. 全量購入	23%	3. 購入なし	55%
---------	-----	---------	-----	---------	-----

NA:3%



質問 21 : 薪の購入の割合はどの程度ですか？記述してお答え下さい。

(購入 _____ 割 自給 _____ 割)
-------------------------

N=45

質問 22 : 薪をどこから購入していますか？あてはまる番号全てに○をつけてください。

1. 株式会社フォレストコーポレーション	0%	3. 有賀製材所	7%	5. インターネットで購入 (名称 )	2%
2. 株式会社ディーエルディー	22%	4. 伊那市のホームセンター (名称 )	2%	6. その他 (名称 )	62%

NA:4%

質問 23 : 1回の購入で何日分の薪をご購入されますか？

番号ひとつに○をつけ、記述が必要な場合は記述してお答え下さい。

回答 :	1. 約 _____ 日分	2. 業者の宅配サービスを利用して把握していない
------	---------------	--------------------------

質問 2 4 : 薪を自給する場合、どのように入手していますか? **N=102**

あてはまる番号全てに○をつけ、指定される質問にお答え下さい。

12% 1. 自分の森から切ってくる	34% 2. 他の人から譲ってもらう	16% 3. 薪作りグループに参加	36% 4. その他 ( )
-----------------------	-----------------------	----------------------	-------------------

NA:2%

↓ ↓ ↓ ↓

質問 2 5 に回答し 質問 2 5 に回答し 質問 2 6 以下へ 森から切ってくる方は質問 2 5 へ  
 質問 2 7 以下へ 質問 2 7 以下へ それ以外の方は質問 2 7 以下へ

質問 2 5 : 森の所在地、または譲って頂いている場所の所在地を別紙①、② (A3 サイズ) の地図に示して下さい。

質問 2 6 : 参加している薪作りグループは何ですか? **N=22**  
 あてはまる番号全てに○をつけてください。

27% 14% 1. 伊那市フォレスター倶楽部	0% 3. NPO 法人薪の会	18% 5. 南みのわ美森倶楽部
2. NPO 法人森の座	0% 4. NPO 法人トンボ山	32% 6. その他 ( )

NA:9%

質問 2 7 : 1 回の活動で何日分の薪を確保していますか? 記述してお答え下さい。  
 回答: (約 \_\_\_\_\_ 日分)

質問 2 8 : 薪をご自宅まで運ぶために、最も多く使用する方法は何ですか? **N=100**  
 あてはまる番号ひとつに○をつけてください。

1. 軽トラックで運ぶ 63%	4. 業者が運んでくれる 16%
2. 普通自動車で運ぶ 5%	5. その他 ( ) 4%
3. 標準トラック(2t)で運ぶ 5%	

最後に、あなたご自身のことについておたずねします。

質問 2 9 : あなたの性別をお答えください。あてはまる番号ひとつに○をつけてください。 **N=100**

1. 男性 85%	2. 女性 15%
-----------	-----------

質問 3 0 : あなたの年齢をお答えください。あてはまる番号ひとつに○をつけてください。 **N=100**

1. 20~24 歳 0%	4. 35~39 歳 10%	7. 50~54 歳 15%	10. 65~69 歳 11%
2. 25~29 歳 1%	5. 40~44 歳 8%	8. 55~59 歳 10%	11. 70~74 歳 9%
2%	13%	16%	5%

質問 3 1 : あなたの職業は次のどれにあたりますか。 N=100

あてはまる番号ひとつに○をつけてください。

1. 農林業	10%	5. 主婦	7%
2. 大工	2%	6. 無職・退職	18%
3. 農林業、大工以外の自営業・自由業	11%	7. その他 ( )	11%
4. 会社員・公務員	41%		

質問 3 2 : あなたを含めた同居人数について、 N=100

あてはまる番号ひとつに○をつけてください。

1. 1人~2人	47%	3. 5人~6人	15%
2. 3人~4人	35%	4. その他 ( 人)	3%

質問 3 3 : 現在お住まいの住宅の延べ床面積 (各階の床面積の合計) はどの程度ですか？

「m<sup>2</sup>」、「坪」どちらか一方に記述してお答え下さい。

延べ住宅床面積 : (約 m<sup>2</sup>)、(約 坪)

自由記述 (薪ストーブや、薪の調達についてのご意見、あるいはこのアンケートに対するご意見等ございましたらご自由にお書き下さい)

質問は以上になります。ご協力ありがとうございました。

記入もれがないかをご確認の上、8月12日(月)までに別紙の A3 サイズの地図 2 枚と共に、同封の封筒に入れてご返送下さい。

※集計結果をお知りになりたい方は下記に住所、氏名をお書き下されば、後日、集計結果を郵送させていただきます。

なお下記に記載して頂いた個人情報に関しては集計結果の郵送後、こちらで適切に処理致します。

住所 :

氏名 :



**記入例** 回答は裏面の地図①、または別紙の地図②にお書きください。

**解答手順**

1. 森林等の所在を黒丸で示して下さい。
2. 活動内容等ごさいましたらお書き下さい。
3. 地図①、②の範囲に該当場所がない場合は右下の赤枠欄にご記入下さい。

※ご自分で切ってきて来る方  
 (例文)  
 約3haの森林を友人3人と協力して  
 管理しています。  
 夏場に活動し、薪づくりを行なっ  
 ています。

※他の人から譲ってもらって  
 いる方  
 (例文)  
 もう1箇所は不定期ですが  
 この範囲に住む方から薪を  
 譲ってもらっています

もし地図①、②の範囲外から  
 薪を調達されている場合は、  
 下記にその住所を、お分かりの  
 範囲でお書きください。

(例文)  
 栃ヶ根市東伊那付近の森林を  
 整備して薪づくりを行っています

(例文)  
 伊那市長谷黒口に住む知り合いから  
 薪を譲ってもらっています。



1:25,000 伊那

伊那市役所 伊那市立図書館 伊那市立市民会館 伊那市立体育館 伊那市立市民センター 伊那市立市民ホール 伊那市立市民会館 伊那市立市民センター 伊那市立市民ホール

伊那市役所 伊那市立図書館 伊那市立市民会館 伊那市立体育館 伊那市立市民センター 伊那市立市民ホール 伊那市立市民会館 伊那市立市民センター 伊那市立市民ホール











薪 1 本の重量測定調査結果

広葉樹 No	重量(kg)	重量(kg)	重量(kg)	重量(kg)	
1	1.44	37	2.1	73	1.68
2	1.28	38	2.78	74	0.82
3	1.64	39	2	75	1.5
4	1.04	40	1.7	76	1.16
5	1.28	41	1.12	77	2.5
6	1.58	42	1.2	78	1.38
7	0.76	43	2.32	79	2.38
8	1.36	44	1.72	80	1.6
9	2.36	45	1.84	81	1.7
10	2.82	46	1.16	82	1.38
11	1.24	47	1.76	83	1.48
12	1.16	48	2.26	84	1.76
13	0.92	49	1.9	85	1.58
14	0.98	50	1.74	86	2.08
15	1.56	51	1.52	87	1.52
16	2.48	52	1.2	88	1.68
17	1.4	53	1.24	89	1.78
18	1.62	54	1.44	90	1.06
19	1.18	55	1.26	91	1.06
20	1.3	56	1.9	92	1.28
21	1.74	57	2.46	93	1.92
22	1.92	58	1.82	94	1
23	1.7	59	1.14	95	1.46
24	2.1	60	0.98	96	0.9
25	2.44	61	2.36	97	1.28
26	1.34	62	1.92	98	2.18
27	1.66	63	1.58	99	1.94
28	2.08	64	1.5	100	1.42
29	1.54	65	1.48	平均	1.6162
30	1	66	1.38		
31	1.94	67	1.12		
32	1.48	68	2.5		
33	2.34	69	1.72		
34	0.9	70	1.9		
35	1.66	71	1.84		
36	1.2	72	1.84		

カラマツ No	重量(kg)		重量(kg)		重量(kg)
1	1.4	37	1.18	73	1.32
2	1.96	38	1.2	74	1.76
3	1.66	39	1.52	75	1.8
4	2.3	40	1.34	76	1.92
5	0.88	41	1.68	77	2
6	1.32	42	1.86	78	2.22
7	1.78	43	2.26	79	1.16
8	1.38	44	1.2	80	1.66
9	1.42	45	2.38	81	1
10	1.88	46	1.64	82	1.94
11	1.5	47	1.88	83	2.16
12	1.72	48	1.34	84	1.9
13	1.36	49	2.12	85	1.54
14	2.02	50	1.52	86	1.42
15	1.84	51	1.76	87	1.9
16	1.8	52	1.58	88	1.3
17	1.48	53	1.48	89	1.48
18	1.26	54	1.42	90	1.12
19	1.44	55	1.5	91	1.16
20	1.92	56	0.88	92	1.68
21	1.66	57	1.5	93	1.4
22	1.42	58	2.34	94	1.12
23	1.92	59	1.52	95	1.72
24	1.58	60	1.86	96	1.5
25	1.76	61	1.44	97	0.84
26	1.6	62	2	98	1.14
27	1.56	63	1.56	99	1.74
28	1.72	64	2.18	100	2.22
29	1.36	65	1.76	平均	1.6194
30	1.56	66	2.18		
31	1.42	67	1.3		
32	1.92	68	1.36		
33	1.52	69	2.2		
34	1.14	70	1.28		
35	1.36	71	1.9		
36	1.58	72	2.3		

アカマツ No	重量(kg)		重量(kg)		重量(kg)
1	1	37	0.74	73	1.28
2	0.94	38	0.66	74	2.4
3	1.28	39	1.1	75	1.54
4	1.12	40	1.04	76	2.2
5	1.14	41	1.68	77	2.66
6	0.82	42	1.58	78	2.16
7	1.38	43	1.24	79	1.82
8	0.7	44	1.34	80	1.36
9	0.84	45	1.2	81	2.1
10	1.1	46	1.42	82	2.12
11	0.98	47	1.06	83	1.24
12	1.2	48	1.8	84	2.24
13	1.18	49	1.34	85	2.34
14	1.44	50	1	86	2.16
15	0.66	51	1.64	87	1.48
16	0.94	52	2.02	88	1.4
17	1.02	53	2.1	89	2.14
18	1.04	54	2.5	90	2.02
19	1.2	55	2.78	91	2.18
20	1	56	2.76	92	1.72
21	1.04	57	1.36	93	1.98
22	1.36	58	2.34	94	2.1
23	0.92	59	2.08	95	2.34
24	0.88	60	2.2	96	1.24
25	1.12	61	1.38	97	2.08
26	1.18	62	1.54	98	1.34
27	0.74	63	1.38	99	1.78
28	0.68	64	1.68	100	0.86
29	1.52	65	1.52	平均	1.5034
30	1.58	66	1.82		
31	1.16	67	1.74		
32	1.26	68	2.38		
33	1.14	69	1.58		
34	1.24	70	1.6		
35	1.18	71	1.66		
36	0.74	72	2.08		

生重量，乾燥重量比率

サンプル	生重量 kg	乾燥重量 dry-kg	比率
広葉樹 1	0.86	0.8	0.930232558
広葉樹 2	0.88	0.81	0.920454545
広葉樹 3	0.89	0.79	0.887640449
広葉樹 4	0.82	0.73	0.890243902
広葉樹 5	0.53	0.46	0.867924528
広葉樹 6	0.81	0.72	0.888888889
広葉樹 7	0.44	0.4	0.909090909
広葉樹 8	0.48	0.43	0.895833333
広葉樹 9	0.75	0.66	0.88
広葉樹 10	0.9	0.79	0.877777778
アカマツ 1	0.51	0.45	0.882352941
アカマツ 2	0.35	0.3	0.857142857
アカマツ 3	0.44	0.37	0.840909091
アカマツ 4	0.52	0.44	0.846153846
アカマツ 5	1.06	0.94	0.886792453
アカマツ 6	1.2	1.06	0.883333333
アカマツ 7	0.49	0.41	0.836734694
アカマツ 8	0.5	0.4	0.8
アカマツ 9	0.51	0.43	0.843137255
アカマツ 10	0.48	0.42	0.875
カラマツ 1	0.55	0.49	0.890909091
カラマツ 2	0.43	0.38	0.88372093
カラマツ 3	0.99	0.88	0.888888889
カラマツ 4	0.7	0.61	0.871428571
カラマツ 5	0.61	0.54	0.885245902
カラマツ 6	0.79	0.7	0.886075949
カラマツ 7	0.85	0.75	0.882352941
カラマツ 8	0.96	0.86	0.895833333
カラマツ 9	0.54	0.48	0.888888889
カラマツ 10	0.59	0.52	0.881355932
平均			0.878478126