

木質バイオマス資源の持続的活用による
再生可能エネルギー導入計画策定事業

伊那市木質バイオマス活用基礎調査

報告書

概要版



平成30年(2018年)2月



木質バイオマス資源の持続的活用による再生可能エネルギー導入計画策定事業
伊那市木質バイオマス活用基礎調査報告書 概要版

目次

1 伊那市木質バイオマス活用基礎調査	1
2 伊那市木質バイオマス資源量	2
2-1 伊那市民有林森林資源量	2
2-2 伊那市木質バイオマス量の推計	3
3 木質バイオマス原料の供給・製造・利用者の実態	6
3-1 伊那市における林業活動の実態	6
3-2 木質ペレット製造・販売の実態	6
3-3 木質ペレット利用の実態	7
4 木質バイオマス燃焼灰の安全性	9
4-1 燃焼灰の含有元素分析	9
4-2 結果	9
5 伊那市木質バイオマス活用の課題と推進	10
5-1 資源量から利用者までの課題	10
5-2 現行の原木生産・供給のシミュレーション	10
5-3 木質ペレットコスト	12
5-4 木質バイオマス利用による環境への貢献（普及・PR）	12
5-5 新たなバイオマス利用（松くい虫対策）	13
6 伊那市木質バイオマス活用の展望	14
6-1 国有林との共同推進	14
6-2 木質ペレットの普及	14
6-3 薪・チップによるバイオマス利用と林業成長産業化	16
6-4 環境への貢献	18
おわりに 木質バイオマスによる持続可能な循環型社会	20
引用文献	21



1 伊那市木質バイオマス活用基礎調査

伊那市は（図 1-1）、「伊那市 50 年の森林ビジョン」を策定して持続可能な経済発展を担う林業・木材産業活動の推進（図 1-2）、並びに「伊那市二酸化炭素排出抑制計画（再生可能エネルギー推進計画）」により木質バイオマスによる二酸化炭素排出抑制量を現在の 3 倍にする目標を定め（図 1-3）、市内で製造を行っている木質ペレットの利用促進を図っている。

そこで、市域民有林の森林資源と活用可能な木質バイオマス資源を明らかにするとともに、伊那市産木質バイオマスの安全性と生物多様性への影響を踏まえた木質バイオマス利用促進を目的とした「木質バイオマス活用基礎調査」を実施した。

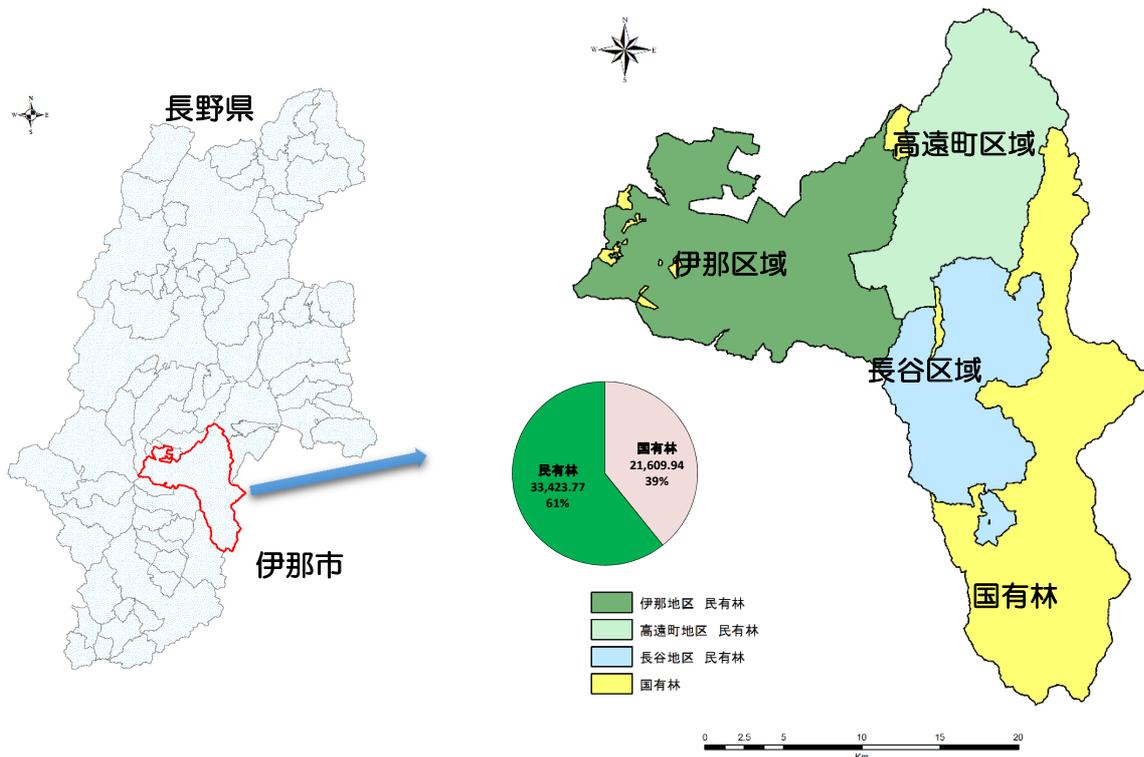


図 1-1 伊那市域図

長野県の南部に位置し、南アルプスと中央アルプスの二つのアルプスに抱かれ、市の中央部を天竜川と三峰川が流れる豊かな自然と歴史・文化が育まれた自然共生都市で、市域総面積 667.93km²、長野県の総面積の約 5%を占め、県内の市町村では松本市、長野市に次いで 3 番目に広い面積を有し、人口 68,604 人、世帯：27,364 世帯（平成 30 年 2 月 1 日現在）である。

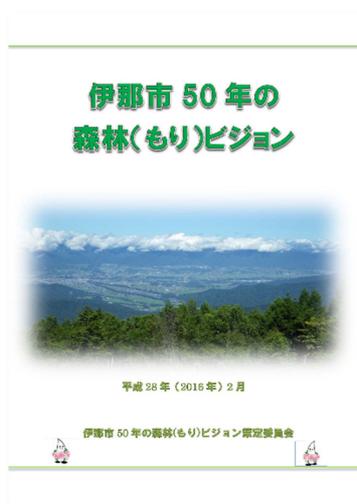


図 1-2 伊那市 50 年の森林ビジョン
平成 28 年 2 月策定



2 伊那市木質バイオマス資源量

2-1 伊那市民有林森林資源量

伊那市民有林の資源量算出には、長野県森林資源データの施業班区画ポリゴン、長野県保有の LiDAR (Light Detection and Ranging、Laser Imaging Detection and Ranging) データ及び DEM (Digital Elevation Model) から樹冠高モデル DCM (Digital Canopy Model) を作成して、立木本数、樹高、DEM を用いた立地 (傾斜) の解析を行った (図 2-1)。

GIS演算における施業班ポリゴン数は 59,319 区画、資源量解析面積は 33,423.77 ha で、解析により下記の結果となった (表 2-1、図 2-2)。

DEM 解析による施業班単位の傾斜は 26.2 度 (面積加重平均) であった (図 2-3)。

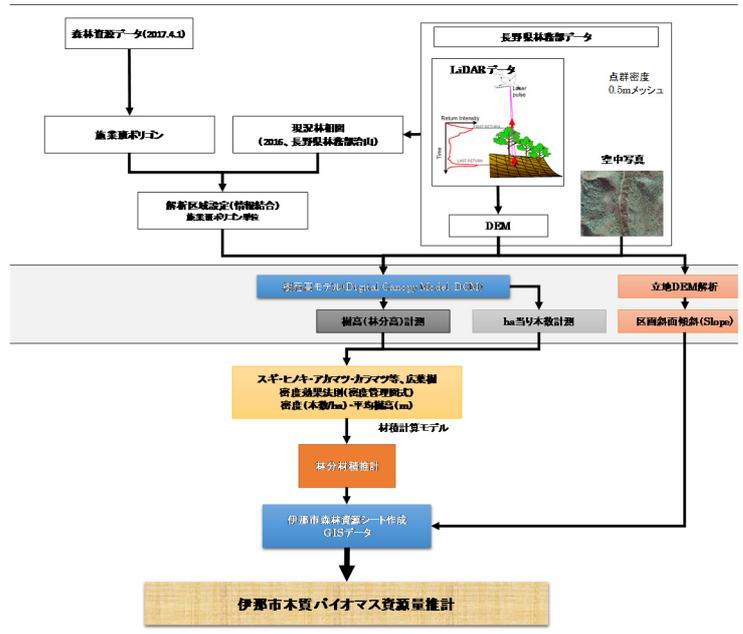


図 2-1 伊那市資源解析の流れ

表 2-1 樹種別 LiDAR 解析値

区分	スギ	ヒノキ	アカマツ	カラマツ	その他針葉樹	広葉樹
出現ポリゴン	3,664	6,545	29,850	34,327	274	49,150
本数 (N)	183,151	957,864	4,162,449	7,246,275	332,446	10,155,510
材積 (m ³)	162,208	439,879	3,222,163	4,922,501	117,537	4,799,392

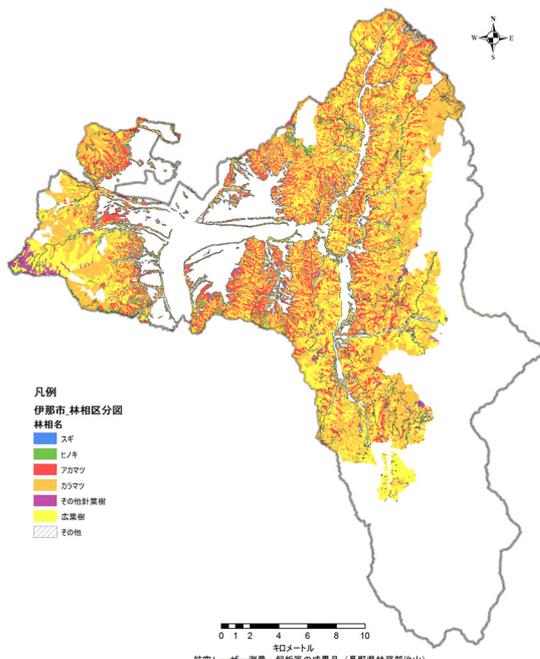


図 2-2 伊那市民有林の現況林相図

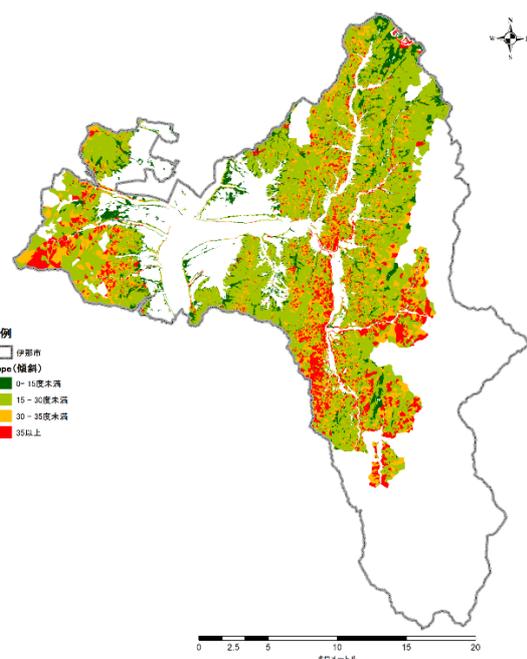


図 2-3 伊那市民有林の傾斜分布図



2-2 伊那市木質バイオマス量の推計

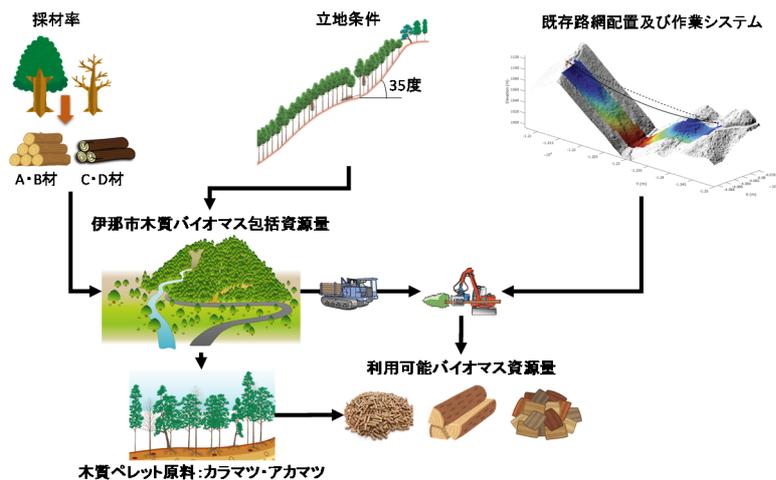


図2-4 木質バイオマス資源量推計方法

(1) 方法

木質バイオマス資源量の推計は、現実的な利用量を算出するため、①木質バイオマス用材(採材率)、②森林の立地条件、③作業システム及び既存路網配置により推計する方法とした(図2-4)。①と②により木質バイオマスとして利用可能な「木質バイオマス包括資源量」を求め、さらに搬出可能な林分を路網配置条件と作業システムから抽出した。また、木質ペレット原料となるカラマツ、アカマツ林分を抽出した。

(2) 伊那市におけるC材、D材及び未利用率

伊那市内に拠点を置く、NPO法人、地域団体及び林業関係事業者を対象とした平成25～28年度における森林整備調査(N=41)では、伐採本数率平均が44.8%、伐採材積が41,976.1m³、うち搬出材積が30,634.1m³で、搬出率は73%であった(表2-2)。

林地外へ搬出した素材のうち、A材4,594.0m³(15.0%)、B材10,270.0 m³(33.5%)、C材7,410.1m³(24.2%)、その他8,360.0m³(27.3%)であった。残材は7,571.0m³で伐採総量の18%であった(表2-2)。

表 2-2 伊那市域内における森林整備の実績

面積 (ha)	伐採率 本数% 平均	伐採材 積 (m ³) A	搬出材積 (m ³) B	搬出材 積率% B/A	林地外へ搬出した素材(輸送材積)				残材	
					A材 (m ³)	B材 (m ³)	C材 (m ³)	その他 (m ³)	材積 (m ³) C	残置 材積率% C/A
1,476.0	44.8	41,976.1	30,634.1	73%	4,594.0	10,270.0	7,410.1	8,360.0	7,571.0	18.0%
					15.0%	33.5%	24.2%	27.3%		

伊那市の現状は、木質ペレット材としてC材の買い取りも行われており、また、表中の「その他」が木質ペレット用の一部、薪材として取引されているものと考えられる。実際の流通形態でC材が木質ペレット材料として流通していることから、伊那市における木質バイオマス利用材はC材及びD材(木質バイオマス利用可能材率=材積の51.5%)と仮定した(図2-5)。

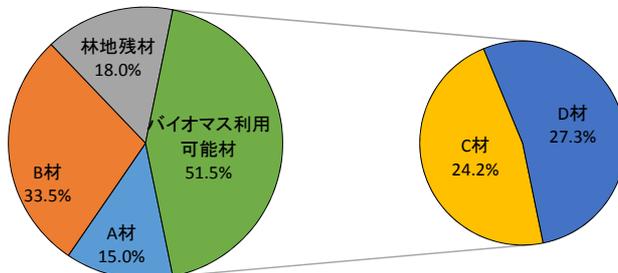


図2-5 伊那市域内における森林整備の実績表から推計する木質バイオマス利用可能材率
グレードC材、D材を木質バイオマス利用可能材と改定

(3) 森林の立地条件

市域の保全と山地保全を考慮した場合、急傾斜地等は林業活動の対象森林として適地とは言えない。したがって、山地保全及び安定的な林業活動のために作業システムに対応する路網整備水準の傾斜区分35度未満の森林を木質バイオマス資源生産森林と仮定した。

傾斜区分 35 度未満の林分を抽出すると、**立木本数は 19,991,020 本、材積(蓄積)は 12,165,717m³**と計算された(表 2-3)。

表 2-3 市域民有林全域と斜面傾斜 35 度未満の森林の比較

区分	全森林 (A)	35 度未満森林 (B)	差 (A-B)	割合 (B/A)
面積 (ha)	33,423.77	29,457.73	3,966.04	88%
本数 (本)	23,037,695	19,991,020	3,046,675	87%
材積 (m ³)	13,663,680	12,165,717	1,497,963	89%

(4) 路網配置と作業システムからの集材可能資源量の推計

長野県が開発した CS 立体図と路網数値地図(国土地理院数値路網図)を用いて、伊那市内の林内路網を全て抽出し、路網からの林分(ポリゴン単位の施業班)の距離(以下:「地利級」という)を算出した。この結果、C材、D材を十分に搬出できる立地条件にある林分(木寄せ・集材の作業システムのウインチ・スイングヤード系が採用できる路網から 200m までの林分)が面積割合で 58.2%を占めた(図 2-6)。

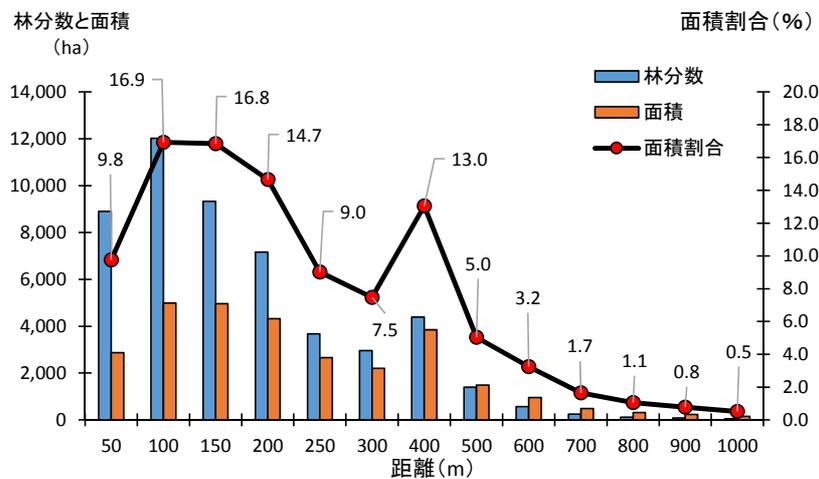


図 2-6 路網からの距離と林分(ポリゴン数)・面積及び面積割合

(5) 利用可能な木質バイオマス資源量

傾斜 35 度未満で地利級 200m 以内、かつ制限林のうち保安林の禁伐指定林分を除く森林の資源量は、17,131.29ha、立木総本数は 11,273,174 本、材積(蓄積)は 7,272,933m³で、採材率から市域森林の包括している木質バイオマス資源材積は、C材相当(24.2%)で 1,760,047m³、D材相当(27.3%)で 1,985,507m³、C材とD材(51.5%)で 3,745,554m³と推計された(表 2-4)。

表 2-4 利用可能な木質バイオマス資源量

区分	スギ	ヒノキ	アカマツ	カラマツ	その他 針葉樹	広葉樹	合計
本数 (N)	134,571	658,788	2,655,499	3,444,835	54,230	4,325,251	11,273,174
材積 (m ³): A	120,281	319,058	2,137,518	2,455,639	20,520	2,219,917	7,272,933
木質バイオマス資源量 (m ³): A×51.5%	61,944	164,314	1,100,821	1,264,654	10,567	1,143,257	3,745,554
端材バイオマス資源量 (m ³): A×18.0%	21,650	57,430	384,753	442,015	3,693	399,585	1,309,126

※計算過程は、ポリゴン単位の少数以下切り捨て

(6) 木質バイオマス熱量の推計

$$\text{賦存熱量 (GJ/t)} = \text{賦存量 (m}^3\text{)} \times \text{密度} \times \text{低位発熱量 (GJ/t)}$$

上記の式により、賦存熱量を計算した結果、賦存絶乾重量は **1,941,637t**、賦存熱量は **32,587,955GJ/t**と推計された(表 2-5)。

表 2-5 木質バイオマス賦存量及び有効利用可能量

区分	スギ	ヒノキ	アカマツ	カラマツ	その他 針葉樹	広葉樹	計
本数 (N)	134,571	658,788	2,655,499	3,444,835	54,230	4,325,251	11,273,174
材積 (m ³)	120,281	319,058	2,137,518	2,455,639	20,520	2,219,917	7,272,933
賦存量 (51.5%)	61,944	164,314	1,100,821	1,264,654	10,567	1,143,257	3,745,554
密度 (樹種別)	0.38	0.44	0.52	0.50	0.43	0.60	
賦存絶乾重量 (t)	22,247	68,832	558,538	622,294	4,466	665,260	1,941,637
賦存熱量 (GJ/t)	372,775	1,154,482	9,375,460	10,446,300	74,978	11,163,960	32,587,955

※計算過程はポリゴン単位の少数以下切り捨て

※表中の値は計算過程の合計値により、表中の数値ごとに率を乗じても一致しない

※計算過程における低位発熱量は COFORD, National Council for Forest Research and Development (2005) Wood for Energy Production Technology - Environment - Economy によった。

(7) 伊那市民有林の木質バイオマス資源・賦存量

伊那市の木質バイオマス包括資源を整理すると以下となった (図 2-7)。

■ 森林資源量	=	13,663,680m³	(全域の森林資源量)
■ バイオマス包括資源量	=	12,165,717m³	(35度以下の立木材積)
■ 利用可能バイオマス資源量	=	3,745,554m³	(利用可能な木質バイオマス資源量)
■ 賦存絶乾重量	=	1,941,637t	(利用可能な木質バイオマス絶乾重量)
■ 賦存熱量	=	32,587,955GJ/ t	(利用可能な木質バイオマス熱量)

木質ペレット原料となるアカマツ、カラマツのバイオマス包括資源を整理すると以下となった

■ 資源量	=	8,144,664m³	(全域の森林資源量)
■ 包括資源量	=	7,550,724m³	(35度以下の立木材積)
■ 利用可能バイオマス資源量	=	2,365,475m³	(利用可能な木質バイオマス資源量)
■ 賦存絶乾重量	=	1,180,832t	(利用可能な木質バイオマス絶乾重量)
■ 賦存熱量	=	19,821,760GJ/ t	(利用可能な木質バイオマス熱量)

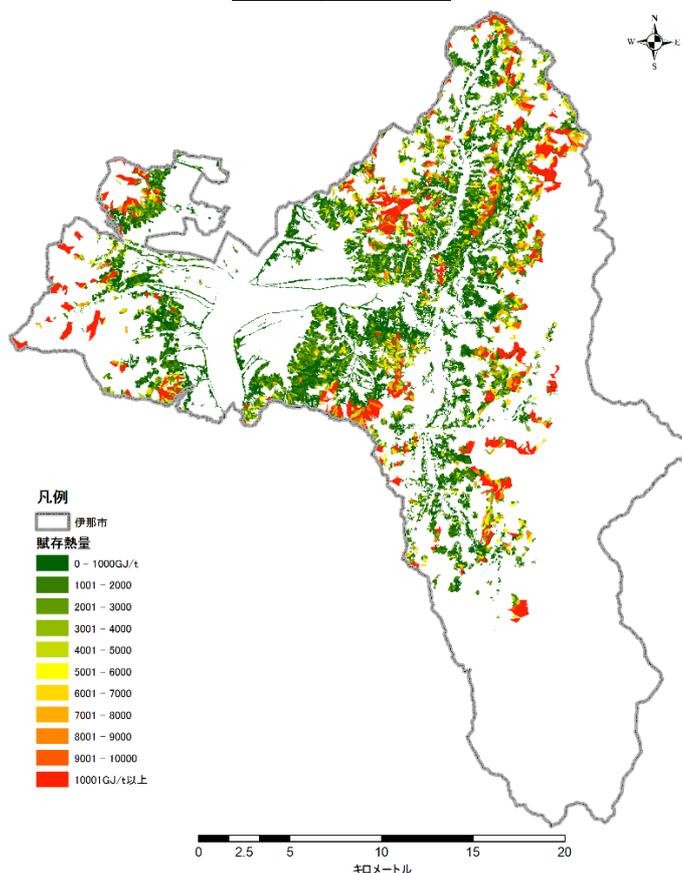


図 2-7 伊那市木質バイオマス賦存熱量の分布 (林班単位)

3 木質バイオマス原料の供給・製造・利用者の実態

3-1 伊那市における林業活動の実態

伊那市内に拠点を置く、NPO 法人、地域団体及び林業関係事業者を対象とし、伊那市における森林整備（間伐、主伐）の実績から、未利用木材の実態を把握した。

(1) 搬出材

森林整備実績は前述 p3（表 2-2）の結果で、搬出した素材のうち、A 材 15.0%、B 材 33.5%、C 材 24.2%、その他（D 材）27.3%であった。残材は伐採総量の 18%であった。

(2) 残材処理と利用

林地残材の搬出の可否について、搬出可能が 16%、コストにより不可が 84%であった。「搬出可能」の理由として「基本的に伐採は全て集材し流通させている、使うために伐るが基本と考えている」との意見がある一方で、「搬出コストが嵩む・搬出しても販路がない」の意見が多く、実質的に木質ペレット工場でも枝条、端材などの買取りはなく、販路が少ないことが推察された。

林地残材を林外に搬出するために必要な事項として、コストが 40%、販路が 27%、搬出システムが 20%、その他が 13%であった。林業事業者等は、林地残材の利用を考えつつも、林地残材の利用は事業コストに大きく影響を与える因子となっていると推察された。

さらに、木質バイオマスに関しては「松くい被害木の活用」、「地元バイオマス工場が必要：地産地消」、「機械力、人手不足」、「経費」の意見があり、林業事業者等の川上は、木質バイオマスの積極的な利用を検討しているが、木質ペレットだけでない、新たな利用・施設も望んでいるものと推察された。

3-2 木質ペレット製造・販売の実態

伊那市に拠点を置く上伊那森林組合は、長野県内最大規模を誇る「上伊那森林組合木質バイオマス・エネルギー工場（以下：「木質ペレット工場」という。）」を有している。平成 15 年 12 月に竣工して事業をスタートさせ、工場製造能力は木質ペレット生産能力 1t/時間である。この木質ペレット工場の原木買取りから、製造販売の実態を把握した。

(1) 原木買取り

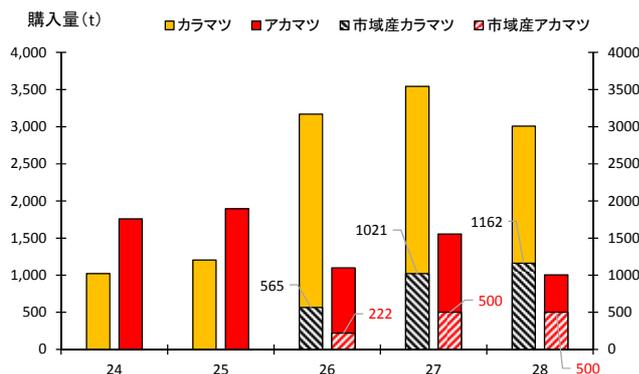


図 3-1 木質ペレット工場の過去 5 年の原木購入実績

木質ペレット工場の原料は全て購入形態で、過去 5 年間の原木（原料）購入は、全てカラマツとアカマツの C 材、D 材であった。原料購入量は、カラマツ 3,544t/年、アカマツ 1,555t/年で、原木量を気乾率 15%とすると、カラマツは 4,168m³/年、アカマツは 1,829m³/年の材積と推察された。現在の原木購入量（供給量）形態について「原木量は安定している」の認識であった。市域材の記録は平成 26 年からあり、平成 28 年の市域材購入量はカラマツ 1,162 t/年（1,367m³/年）、アカ

マツ 500 t/年（588m³/年）で、市域産材カラマツ購入割合は 29%、アカマツは 50%となっていた（図 3-1）。

木質ペレットの購入価格は、カラマツ、アカマツの C 材、D 材とも 5,400 円/t で、購入は市域材、他地域材とも同額購入であった。直近の木質ペレット原料（原木）購入価格については、「条件なしに、これ以上原料購入価格を上げられない」の認識であった。原料買取り価格について「国の FIT 買取制度により、バイオマス発電所での原木買入れ価格の相場になることから、木質ペレットの原材料仕入価格を合わせないと仕入れはできなくなる。バイオマス発電所は FIT で守られているのだから、発電所を運営する組織は原木を買い上げるのではなく、独自に原木

を確保できる組織が事業主体となるべきと考える。」と今後の原木価格の動向に注視していた。

(2) 木質ペレット製造

木質ペレット工場の**最大年間生産量**は**3,300t/年**で、過去5年間の生産量は増加傾向にあり、平成28年には2,627t/年で、最大年間生産量の79.6%まで達していた(図3-2)。

現在の生産量から今後の製造量や施設整備について、上伊那森林組合では課題はあるとしつつも「木質ペレット増産を計画中」で、併せて「施設の増設を検討中」である。

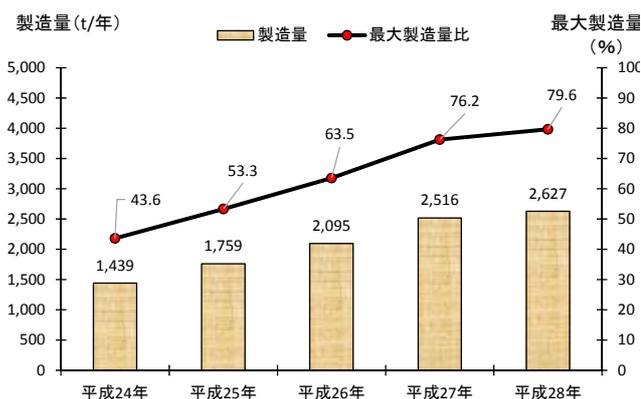


図3-2 過去5年の木質ペレット生産実績

(3) 木質ペレット販売

過去5年間の販売量は増加傾向にあり、平成28年には2,655t/年で、同年生産量の101%の販売実績を示していた(図3-3)。

平成28年の販売量製品の規格は、梱包品(10kg袋詰め)が1,964t/年で74%を占め、コンテナ販売(バラ)が691t/年で26%となっていた。この結果から、4分の3は小口顧客で、4分の1はボイラー等の大口顧客と推察された。

上伊那森林組合が公表している平成29年4月1日現在の木質ペレット販売・卸し価格は、梱包品(10kg袋詰め)

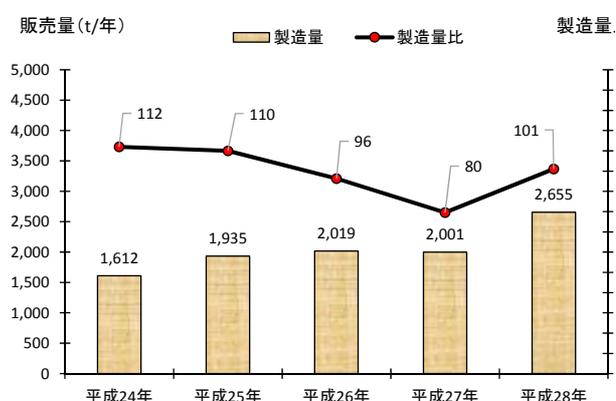


図3-3 過去5年の木質ペレット販売実績

が48.6円/kg、コンテナ販売(バラ)が45.36円/kgとなっている。大口顧客用となるコンテナ販売がkg当たり3.24円低廉な価格に設定されている。現在の価格について上伊那森林組合では「原木の安定供給と原木価格を下げれば、価格を下げる事ができる」との見解を示している。さらに、上伊那森林組合の本部及び木質ペレット工場は、伊那市に拠点を置くことから「伊那市50年の森林ビジョン」及び「伊那市二酸化炭素排出抑制計画(再生可能エネルギー推進計画)」を尊重し「森林整備や木質ペレットの製造及び供給を通じて伊那市と一緒に地域の森林を守り、育てる取り組みを行っていく」との立場を明確にしている。

3-3 木質ペレット利用の実態

既に木質ペレットストーブ、木質ペレットボイラーを導入している伊那市内の公共施設等を対象に、木質ペレットストーブ・木質ペレットボイラーの利用実態を把握した。

(1) 木質ペレットストーブ・ボイラーの使用実態

木質ペレットストーブ、木質ペレットボイラーを現在「使用している」が69%、現在「使用していない」が31%であった。伊那市の木質ペレットストーブの導入時期は1994年が最も古く、2015年が直近の導入であった。伊那市においては長野県内でも木質ペレットストーブが先駆的に導入されてきたが、導入期が早かったため、ストーブの劣化が想定され、現在使用を取りやめている施設においても故障が原因であることが推察された。

(2) 木質ペレットストーブ・ボイラーの木質ペレット

木質ペレットストーブ・ボイラーの使用木質ペレットは、全ての施設において「上伊那森林組合製」であり、購入も「上伊那森林組合」からの直接購入であった。このことは、市域内における需要と供給体制が構築されていることを意味し、市域内の経済効果があると言える。

燃焼灰の処理は、ゴミとして処理している回答が約6割であったが、「安全であるのか？」の意見が寄せられている。一般家庭は当然ではあるが、保育園、小中学校でのストーブ・ボイラー導入を進めるためには、「安全性について詳細なデータを公表する」、「処理方法を明確にする」ことが不可欠であると考えられた。

(3) 利用者のメリットとデメリット評価

① メリット

利用者の木質ペレットストーブ・ボイラーのメリットは、木質ペレットストーブ・ボイラーの操作性よりも、体感的または感覚的な項目が高い割合を示す結果であった（図3-4左）。

② デメリット

利用者の木質ペレットストーブ・ボイラーのデメリットは、木質ペレットストーブ・ボイラーのメンテナンスや操作性など、実質的な利用に対して多くのデメリットを感じている傾向を示す結果であった（図3-4右）。また、現在利用を取りやめている利用者には次期更新について、否定的な傾向もあり、現在の木質ペレットストーブ・ボイラーの利用に満足していない状況があると推察された。

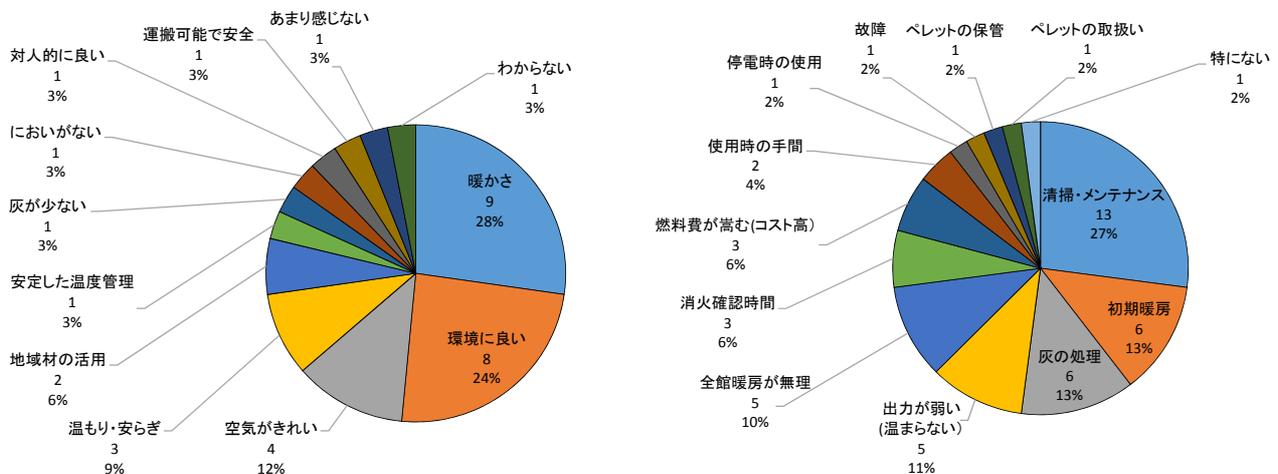


図3-4 木質ペレットストーブ・ボイラーのメリット (左) とデメリット (右)
小数点以下四捨五入により割合が異なる区分があり

(4) 木質ペレットストーブ・ボイラー普及の課題

木質ペレットストーブ・ボイラーの利用は、「環境に良い」、「地域材利用」といった意識が見られるものの、実質の利用では操作性やメンテナンスに対する否定的な意識が強い。

長野県内でも木質ペレットストーブ・ボイラー活用の先進地域である伊那市において、本調査結果から、その利用実態には多くの課題を持っていることが明らかとなった。

学校関係者からの意見として「バイオマスに変えたことによる環境への良さが目に見えてわからない。仮に全てが灯油等だった場合と比べ、何%CO₂が削減されたのか？ どの位、温暖化の進行を抑制できたのか、目に見える形(数値や具体例)で利用者に示して頂きたい。」との回答があった。環境への寄与、地域資源活用等を掲げて普及をするのであれば、上記意見のような木質バイオマス利用による「見える化」を正確に伝える必要がある。

今後、さらに市行政として木質ペレットストーブ・ボイラーの普及を推進するためには、以下の事項が必要であると考えられた。

- ① 木質ペレットストーブ・ボイラー導入のメリット(デメリットも含め)や実態を明らかにすること
- ② 利用・管理する関係者に操作性だけではなく導入のメリット(デメリットも含め)を正確に伝えること
- ③ 木質バイオマス利用の地域貢献度(地域循環経済性)の理解を伝えること
- ④ 木質バイオマス(木質ペレット)の安全性(燃焼排気、燃焼灰、操作性)を正確に伝えること
- ⑤ 木質ペレットコストの見直し(負荷低減)を検討すること

4 木質バイオマス燃焼灰の安全性

4-1 燃焼灰の含有元素分析

木質ペレット利用者から「燃焼灰は安全であるか」との問いかけがあった。上伊那森林組合の木質ペレットは一般社団法人日本ペレット協会（以下：「日本木質ペレット協会」という。）A規格であり、その安全性は認証されているが、木質ペレットと原料である上伊那地域産のアカマツの燃焼灰についてその含有成分（元素）を調べた。

燃焼灰を記録するため、3つの燃焼灰を収集した。試料①は上伊那森林組合の「ピュア1号」全木ペレット燃焼灰、試料②と③は上伊那地域で生産されたアカマツの薪の燃焼灰とした。含有元素分析はEDS・μEDXを用い、信州大学基盤研究支援センター機器分析支援部門にて実施した。

4-2 結果

木質ペレット及び薪の燃焼灰をEDS分析に供した結果（写真4-1）、検出された元素は14元素であった。試料①の木質ペレットをμEDX分析（3検体）に供した結果、微量元素は11元素であった。燃焼灰は一般的な木材に含有されている元素構成であることを確認でき、EDS・μEDX分析結果及び既往文献から、伊那市産の原木のペレット、薪の燃焼灰は安全と言えた（表4-1）。

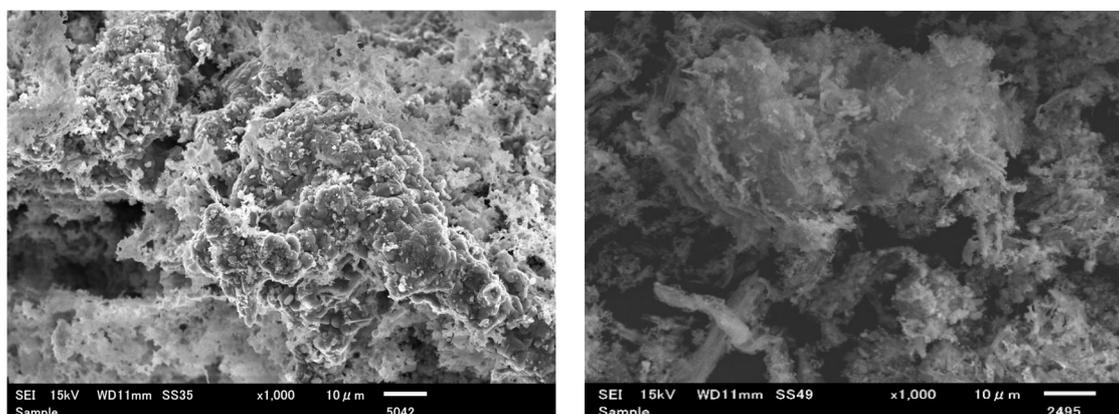


写真4-1 試料①SEM画像倍率1000倍（左）と試料②SEM画像倍率1000倍

表 4-1 既往文献（PIXE 分析）による検出元素と試料①～③の検出元素

元素				既往文献 ⁽⁴⁻⁴⁾		試料			
分類	Z	元素記号	元素名	千葉県 スギ炭	和歌山県 ウバメガシ炭	木質ペレット試料①		薪	
						EDS	μEDX	②	③
軽金属	11	Na	ナトリウム	○	○				
	12	Mg	マグネシウム	○	○	○		○	○
	13	Al	アルミニウム	○	○	○	○	○	○
	19	K	カリウム	○	○	○	○	○	○
	20	Ca	カルシウム	○	○	○	○	○	○
	38	Sr	ストロンチウム	○	○				
非金属	14	Si	ケイ素	○	ND	○	○	○	○
	15	P	りん	○	○	○	○	○	○
	16	S	硫黄	○	○	○	○	○	○
	17	Cl	塩素	○	ND	○			
	35	Br	臭素	○	○				
	22	Ti	チタン	○	ND	○	○		
遷移金属	24	Cr	クロム	○	○				
	25	Mn	マンガン	○	○	○	○	○	
	26	Fe	鉄	○	○	○	○		○
	27	Co	コバルト	ND	○				
	28	Ni	ニッケル	○	○				
	29	Cu	銅	○	○		○		
重金属	42	Mo	モリブデン	○	○				
	30	Zn	亜鉛	○	○	○	○		
	31	Ga	ガリウム	○	ND				
	80	Hg	水銀	○	○				
	82	Pb	鉛	○	○				

※元素分類は既往文献の記載に準拠、検出された元素は○、NDと空白は不検出（Not Detected）

5 伊那市木質バイオマス活用の課題と推進

5-1 資源量から利用者までの課題

資源量調査及び実態調査から、現状の木質ペレット利用拡大において①原料の安定供給、②製造・販売コスト、③市民の利用意識がボトルネックと考えられた（表 5-1、図 5-1）。

表 5-1 資源量・供給・木質ペレット生産販売・利用者の現状の課題

資源量	川上 ←		→ 川下		検討事項
	原木供給 (林業事業者等)	製造・販売 (木質ペレット工場)	利用者		
利用可能資源量	現状の搬出量	安定供給 (現状問題なし)			現行の原木生産・供給 シミュレーション
木質バイオマス利用可能資源量	原木生産コスト 搬出量能力(規模)	原料買取り価格 最大生産必要量 市内供給の可否			
		販売コスト	木質ペレット購入コスト 既存設備の劣化 バイオマス利用の見える化		製品コスト 木質バイオマス利用 による環境への貢献 燃焼灰の安全性
松くい虫被害	被害材利用	被害材混入の可否			新たなバイオマス利用

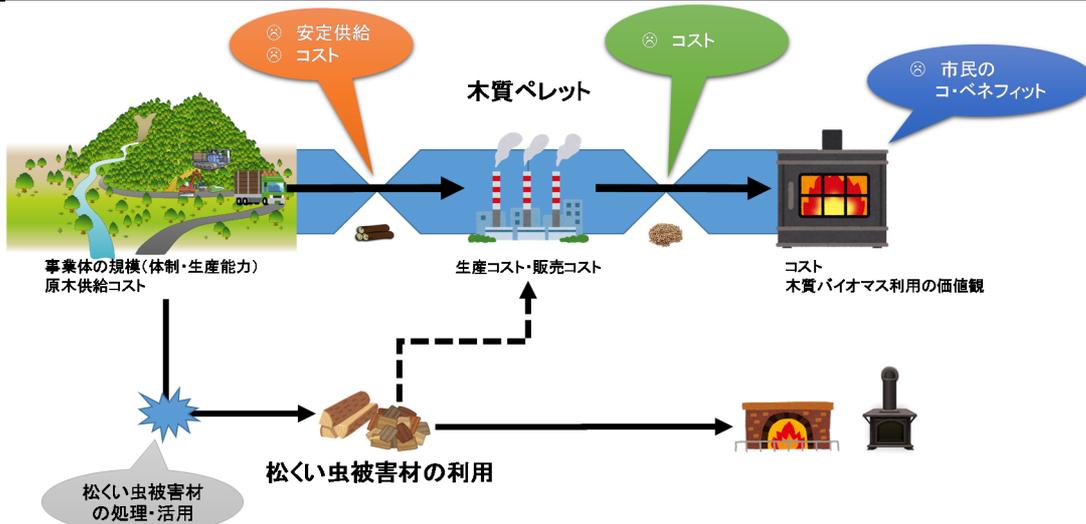


図 5-1 木質バイオマス活用のボトルネックと検討事項

5-2 現行の原木生産・供給のシミュレーション

林業事業者等の森林整備実績調査から木質バイオマス利用の課題として「搬出経費」が明らかとなった。そこで、原木生産コストから木質ペレット工場までの輸送コストを検討し、供給・需要の経費についてより詳細を把握するため、原木生産・供給のシミュレーションを実施した。ここで、シミュレーションの目的関数は、「木質ペレット工場への原木供給における搬出費、輸送費の最適化」と設定した。

(1) 条件

傾斜 35 度未満（確実な搬出可能傾斜）、伐採費、輸送経路、搬出費とし、コスト計算は A～D 材までの全ての木寄せ・集材コストとし、支援金や補助金の充当は含まない。

(2) 結果

現在の木質ペレット工場の原木購入価格は 5,400 円/t、原木材積を気乾率 15%にて換算すると、1m³ 当たり 4,590 円となる。コストシミュレーションによってこの価格以下の森林を抽出すると、林分(ポリゴン)は 16,857 林分、面積 4,646.98ha、材積 1,984,508m³、賦存量 1,006,973m³、



賦存量絶乾重量 521,560t、賦存量熱量 8,748,877GJ/t と計算された。この値は、伊那市の利用可能木質バイオマス資源量の 27%に相当した（表 5-2、図 5-2）。

木質ペレット原料の林分を抽出すると、アカマツ林分(ポリゴン)は8,805 林分、面積3,220.10a、材積 751,009m³、賦存量 382,584m³、賦存量絶乾重量 195,096t、賦存量熱量 3,274,150GJ/t と計算された。カラマツ林分は 7,030 林分、面積 2,572.35ha、材積 415,301m³、賦存量 210,640m³、賦存量絶乾重量 103,589t、賦存量熱量 1,737,500GJ/t と計算された。この値は、伊那市の利用可能木質バイオマス資源量の 27%に相当した。

表 5-2 現実利用可能量（コスト計算量）

推計区分	スギ	ヒノキ	アカマツ	カラマツ	その他 針葉樹	広葉樹	計
面積 (ha)	463.28	1,135.18	3,220.10	2,572.35	25.02	4,014.08	4,646.98
本数 (N)	57,655	284,567	861,751	530,443	4,070	1,122,077	2,860,563
材積 (m ³)	53,899	144,050	751,009	415,301	2,270	617,979	1,984,508
賦存量 (m ³)	27,754	72,809	382,584	210,640	1,155	312,031	1,006,973
賦存量絶乾重量 (t)	9,912	30,627	195,096	103,589	482	181,854	521,560
賦存量熱量 (GJ/t)	166,035	513,445	3,274,150	1,737,500	8,085	3,049,662	8,748,877
総量との比較 (%)	45	44	35	17	11	27	27

※値はポリゴンごとの積算値（計算過程：小数以下切り捨て）、合計値に率を乗じた値とは異なる
 ※樹種別面積は樹種が出現するポリゴン面積、合計面積と合計値は一致しない

(3) 持続可能性と木質ペレット用現実利用可能量

長野県森林資源データによるアカマツの成長量は 2.2m³/ha・年、カラマツの成長量は 3.4 m³/ha・年で、アカマツ林分の年成長量は 7,144m³/年、カラマツ林分の年成長量は 8,746 m³/年である。コストシミュレーションによって抽出されたアカマツとカラマツの成長量を蓄積量に加算して、平成 30 年度から伐採利用すると仮定し「伊那市二酸化炭素排出抑制計画（再生可能エネルギー推進計画）」の目標年（平成 37 年度、西暦 2025 年）までの利用量を推計した。

アカマツの C・D 材利用材積は 2,236m³/年、C 材・D 材率から計算される伐採量は 4,342 m³/年で、コストシミュレーションで抽出したアカマツ林分だけでも木質ペレット用材として十分な蓄積量を有している（成長量が伐採量を上回っている）。コストシミュレーションで抽出したアカマツ林分からの供給で、木質ペレット工場最大生産量のアカマツ原料を賄うことができ、持続可能性に資する結果となった。

カラマツの C・D 材利用材積は 5,218m³/年、C 材・D 材率から計算される伐採量は 10,132 m³/年となり、伐採量が成長量を上回る。林分の林齢並びに蓄積量の平準化は重要であるが、現実的なコスト計算から抽出された林分は、持続可能性の視点からコスト的に需要と供給が均衡した位置にあり、可能な限り持続性を確保すべきであり、コストシミュレーションで抽出したカラマツ林分から、全てのカラマツ原料を調達することは留意が必要であるが、木質ペレット工場最大生産量に必要なカラマツ原料の 60%を調達することが可能と判断された。

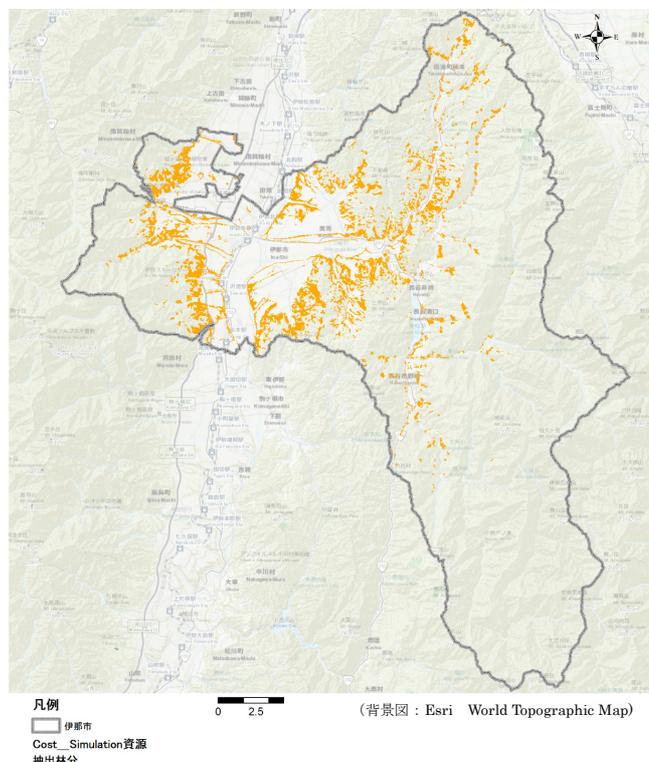


図 5-2 コスト計算により抽出された現実利用可能木質バイオマス林分

5-3 木質ペレットコスト

(1) 木質ペレット製造コスト

上伊那森林組合の木質ペレット製造は、C材・D材を「おが粉製造機」に投入している。丸太からの木質ペレット製造は、丸太の粉碎から乾燥（電気乾燥は高額となる）、生成の製造経路をたどる。この生産コストは割高とも言われており、現施設での製造コストを縮減するのは困難である。上伊那森林組合では木質ペレットの増産、施設の増設を検討しているが、この設備増設の検討において、粉碎おが粉の乾燥設備等により、コスト縮減を検討することが望まれる。

(2) 木質ペレット販売コスト

木質ペレットの熱量単価（単価÷発熱量）と石油燃料系の熱量単価を比較すると、上伊那森林組合の木質ペレットは熱量単価 2.73 円/MJ となり、この熱量単価が等価となる灯油は 99.7 円/ℓ、軽油 103.9 円/ℓ、A重油 106.3 円/ℓ、電力 9.8 円/kWh となる。木質ペレットストーブ・ボイラーが導入されている伊那市の公共施設の同期の化石燃料系と比較すると、等価木質ペレット単価は、灯油で 40 円/kg、軽油 54 円/kg、A重油 34 円/kg、電気 73 円/kg となり、軽油価格、電気を除き、現時点の石油燃料系の価格は、木質ペレット価格を下回っている現状であった。

国際的な木質ペレット市場は、欧州の暖房用木質ペレットの小売販売価格を 11 月為替レート 132.5 円/€でみると、オーストリアでは 35.4 円/kg、ベルギー平均 35.6 円/kg、フランス平均 36.5 円/kg で、欧州では暖房用木質ペレットの小売価格は 35 円前後となっているものと推察され、今後国内に拡散されることが予想される外国産製品対策や国内競争力の視点からも生産量と価格の再考が必要と考えられた。

5-4 木質バイオマス利用による環境への貢献（普及・PR）

(1) 伊那市森林の二酸化炭素吸収量と固定量

伊那市民有林の樹木（立木）の二酸化炭素（以下：「CO₂」という。）吸収量を「長野県森林 CO₂ 吸収量評価認証制度による CO₂ 算定基準（長野県『森林の里親促進事業』CO₂ 吸収量等算定基準、平成 28 年 1 月 1 日改正）」で試算すると、年間吸収量は 82,519.5t-CO₂/年となった。この値を標準的な値と比較すると、自家用車台数 35,878 台、世帯数 12,695 世帯、人間 257,873 人分となった。

伊那市林業事業体による平成 25～28 年度の森林整備実績では、A材、B材で 14,864m³が出材されている。この出材積のうち製品として利用されるための丸太加工率を 60%と仮定すると 8,918.4m³となり、長野県森林 CO₂ 吸収量評価認証制度による CO₂ 算定基準では 6,702.9t-CO₂ となる。この固定量は 1,301 世帯分の排出量に相当した。

(2) 木質ペレット利用による CO₂ 削減

木質ペレットの燃焼時の CO₂ 排出をゼロ（カーボンニュートラル）とした場合の化石エネルギーの CO₂ 排出量と比較すると環境面での優位性は非常に高い。しかしながら、その原料入手や製造、輸送には少なからず電力や軽油等のエネルギーが投入されるため、輸入木質ペレットや遠方で製造された木質ペレットを利用する場合に、燃焼に至るまでの CO₂ 排出が大きくなることを示す。したがって、伊那市内製造の木質ペレットの利用が最も CO₂ 削減の効果がある（環境面で優位である）。

(3) 木質ペレット利用の普及・PR

利用者の課題（要望）である「バイオマスの見える化」として、上記の効果を積極的に普及・PR する必要があると考えられた。

-  森林 CO₂ 吸収量
-  伊那市産材の積極的な木材利用による CO₂ 固定
-  木質ペレット利用における CO₂ 削減量（化石燃料との比較）
-  地域産木質バイオマス利用の環境優位性



5-5 新たな木質バイオマス利用（松くい虫対策）

(1) 松くい虫被害の状況

現在、伊那市域は松くい虫被害の拡大地となっており、標高 875m まで危険区域となる（表 5-3、図 5-3）。

表 5-3 伊那市の松くい虫危険区域指標のアカマツ面積

	危険域 750m 以下	移行帯 ～875m 以下	自然抑制域 875m～	計
面積 (ha)	406.12	1,380.87	17,097.49	18,884.48
材積 (m ³)	90,026	369,737	2,762,400	3,222,163
面積割合 (%)	2.2	7.3	90.5	100
材積割合 (%)	2.8	11.5	85.7	100

※民有林 LiDAR 解析値（第 1 章参照）、ポリゴン最大標高を基準に算出

(2) アカマツ被害材の新たな活用

① 松くい虫被害材の木質ペレットへの活用

木質ペレットの製造は木材に含まれるリグニン成分が圧力を加えることにより、リグニンが溶解接着剤の役割をし、木に含まれるセルロースとヘミセルロースが接着される事で成型される。上伊那森林組合の木質ペレットは、カラマツ 7 割、アカマツ 3 割の全木ペレットであるが、前述の松くい虫被害拡大予測から、枯損木の混入が可能であるか、またはアカマツの割合を高めることが可能であるかを検討する必要がある。

松くい虫被害木のうち、当年枯れであれば、リグニンを分解する白色腐朽菌の繁殖はさほど活発ではないと考えられるため、枯れ直後の被害材の利用の可能性はあるものと考えられた。

② チップ化等新たな活用

松くい虫の被害が今後継続することは間違いなく、被害材は増加すると考えられ、木質ペレットに活用可能となっても、それ以上の枯損木の発生が想定されるため、これらの対策も今後検討する必要がある。近年、長野県内では松くい虫被害材をチップ化し木質バイオマス発電等の燃料として利用する検討が始まっている。長野県による 2014 年に実施した松くい虫被害材によるチップの発熱量試験では、含水率と低位発熱量の関係を、欧州木材チップ発熱量の既知値と比較すると差は無く、十分な木質バイオマス原料となることが明らかとなっている。今後、伊那市としても松くい虫被害材を木質ペレット以外でのバイオマス燃料として利用していくことを検討する必要がある。

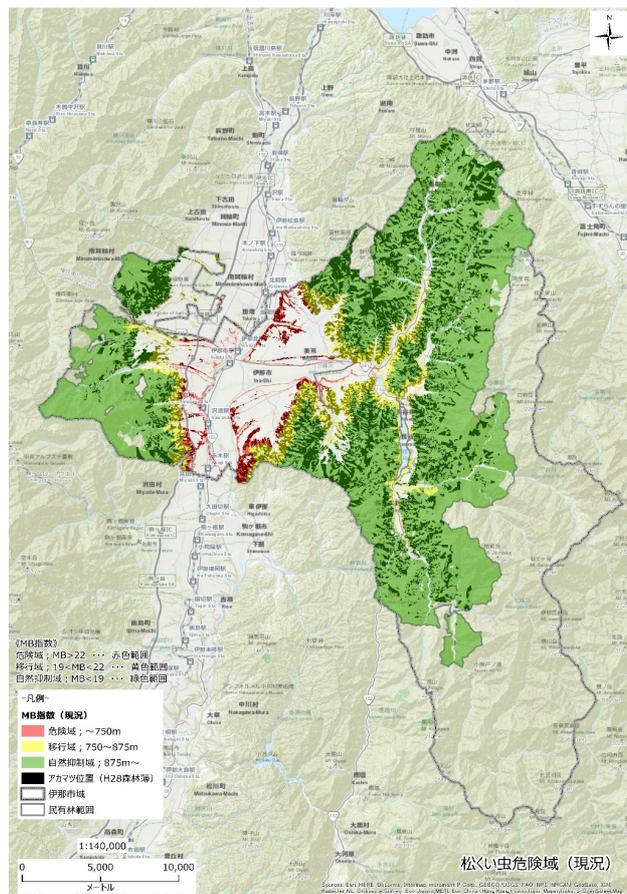


図 5-3 松くい虫危険域分布図（現況）

（背景図：Esri World Topographic Map）

6 伊那市木質バイオマス活用の展望

6-1 国有林との共同推進

国有林域は、民有林と同様の LiDAR データ、CS 立体図が存在せず、国有林から生産される木材のグレード（C 材・D 材）の割合も不明であるため、民有林と同様の賦存量解析ができないが、民有林の解析に用いた C 材、D 材率を用いて中部森林管理局所管の伊那市域の国有林森林資源データから推計すると、木質バイオマス資源量は、アカマツが 1,462m³、カラマツが 64,791m³と推計された（表 6-1）。今後民有林と同様の LiDAR データ、CS 立体図の整備及び利用が可能となれば、木質ペレットとして利用可能な賦存量が推計できるようになる。

表 6-1 国有林の総木質バイオマス資源量（推計値）

区分	スギ	ヒノキ	サウラ	アカマツ	カラマツ	他針葉樹	広葉樹	合計
面積 (ha)	20	364	58	264	8,938	22,366	3,876	35,886
材積 (m ³) : A	7,710	95,308	15,366	42,968	1,904,270	4,791,704	631,654	7,488,980
③木質バイオマス資源量 (m ³) : A×51.5%	262	3,243	523	1,462	64,791	163,033	21,491	254,805
端材バイオマス資源量 (m ³) : A×18.0%	47	584	94	263	11,662	29,346	3,868	45,865

※全面積、全材積を対象（傾斜 35 度以上も含む）

伊那市では、森林管理署（南信森林管理署）と地方自治体、民有林所有者等が森林整備推進に関する協定を締結し、民有林と国有林が連携して「森林整備団地実施計画書」を策定し路網整備や間伐等の森林施業を進める「森林共同施業団地（民国共同団地）」の取組みが始まっている（伊那市杉島地区森林整備推進協定書：2014）。

木質バイオマス資源として活用できるアカマツとカラマツが民有林と国有林とも連続的に分布していることから、この民国共同団地の取組みが推進されることによって、国有林からも木質バイオマス資源が供給されるものと推察され、より安定的な木質バイオマス原料確保につながると期待される（図 6-1）。

6-2 木質ペレットの普及

木質ペレットは、①再生可能(Renewable)、②持続可能(Sustainable)、③費用対効果(Cost-effective)、④快適(Comfortable)、環境にやさしい(Eco-friendly)といった利点を持つ（図 6-2）。

上記の木質ペレットの利点を最大限に発揮するため、伊那市では積極的な木質ペレットストーブ・ボイラーの導入を進め、平成 15 年度の木質ペレットストーブ導入以降、平成 29 年度までに 179 台のストーブ・ボイラーの導入を行っている。

これらの施設は、木質ペレット工場から半径 10.9km 以内にあり、市域の市街地、里地に広

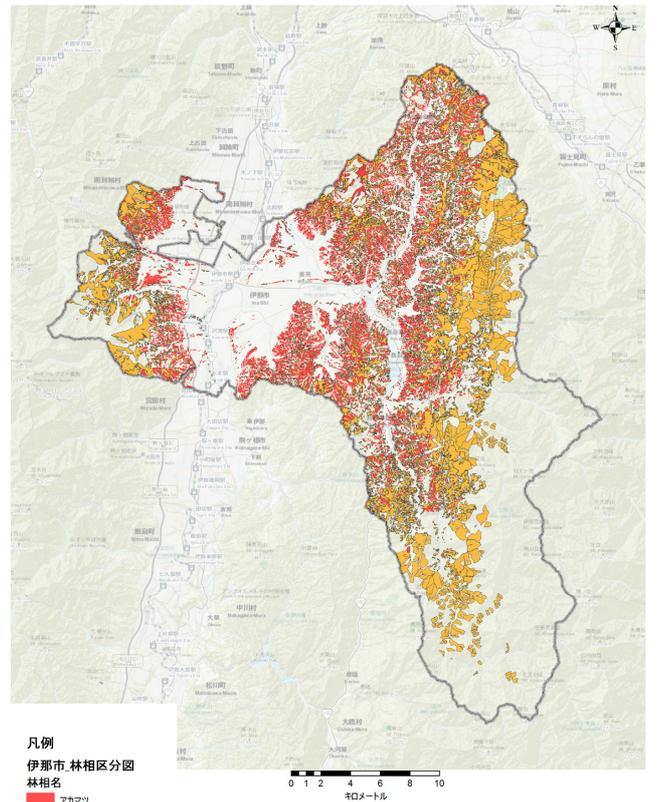


図 6-1 民有林と国有林のアカマツ、カラマツの分布

く分布している(図 6-3)。特に次世代を担う学校施設には木質ペレットストーブの導入が進み、環境教育の題材としても活用されている。これらの公共施設の木質ペレット利用を核とし、「伊那市二酸化炭素排出抑制計画(再生可能エネルギー推進計画)」の10ヶ年計画に沿って、市民の理解を得て「木質バイオマス利用による環境への貢献(普及・PR)」を継続的に行い、更なる利用拡大につなげていくことが期待される。



図 6-2 木質ペレットの利点

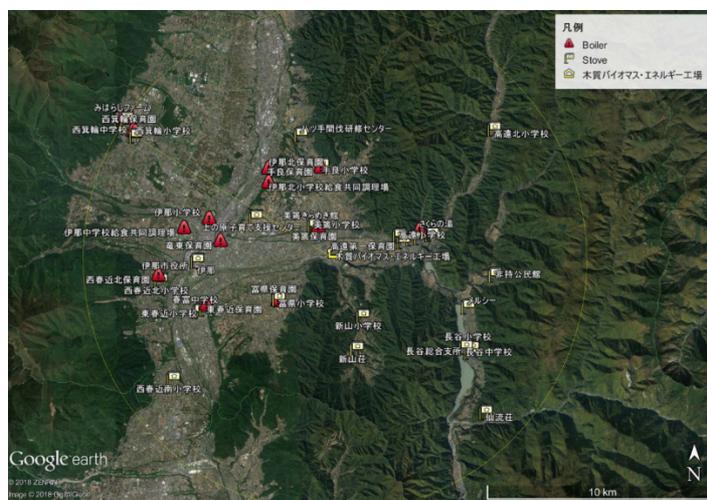


図 6-3 伊那市で導入されている木質ペレット導入施設 (Google earth)

(1) 木質ペレットのコストとプレミアム化による戦略

上伊那森林組合の強みは製品の品質にある。一方、弱みは製造コストの縮減が難しい状況にある。脅威としては外国産低価格製品の市場拡散が考えられる。簡易的に SWOT クロス表に当てはめると、今後増産体制が整えば生産量で、市域だけでなく、暖房用木質ペレットの国産シェアを高めることができ、排他的な攻めの戦略(積極的攻略)を展開することが可能である(図 6-4)。さらに、木質ペレット品質規格 A(認証番号 A-24011)、品質管理、安全性等、高品質である強みを、他製品、外国産低価格商品との差別化戦略として展開することも可能である。

一方、改善点としては、製造コストの縮減を図ることにある。増設計画の段階でおが粉乾燥設備のコスト低廉化を検討することが重要となる。

したがって、製品価格を低く設定して、質、量ともに排他的な攻めの戦略(積極的攻略)、差別化戦略を実施できれば、ランチェスター戦略の市場シェアの安定目標値 41.7%以上を確保し、独占的な市場シェアを確保できる可能性が考えられる(図 6-4)。

		外部環境	
		機会 opportunity	脅威 threat
内部環境	強み strength	排他的な攻めの戦略(積極的攻略) 伊那市の資源量(C材・D材) 高品質、増産による価格の低廉化 → 他社を寄せつけない市場	差別化戦略 他産地との製品差別化 外国産との差別化
	弱み weakness	改善戦略(弱点強化) 木材の大径化(粉砕規格)→施設増設 製造コスト→おが粉乾燥コストの縮減(増設時)	撤退(回避)戦略 * 高価格設定(市場シェアの減少)

		生産量	
		多い	少ない
製品規格	高	トップリーダー 将来 上伊那森林組合	ニッチャー 現在 上伊那森林組合
	低	チャレンジャー	フォロワー

図 6-4 簡易 SWOT クロス分析(左)と国内市場地域(コトラーの競争地位)の目標(右)

(2) 市民参加型のコスト縮減

木質ペレットの普及を推進するに当たり、市民も含め木質ペレットの価格(コスト)について共に検討する必要がある。

① 木質ペレットスタンド

- 木質ペレット配送のコスト縮減を図るため、市内に木質ペレットスタンドを設置
- 主に個人ユーザー向け
- 個人ユーザーの需要を把握して市内数箇所に設置

② 木質ペレット住宅

- 木質ペレットストーブ・ボイラー主要熱供給（暖房含む）型の住宅
- 木質ペレットストーブ・ボイラー及び貯蔵庫を配置した住宅
- 設計（建築士）、工務店等の協力
- 配送はタンク式配送車

6-3 薪・チップによるバイオマス利用と林業成長産業化

(1) 薪の利用の拡大

原島ら（2013）によると、伊那市西箕輪地区では、戸建住宅 1,587 戸中、185 戸（12%）が薪ストーブを導入している結果が報告されている。この結果から伊那市全域では、新築住宅の 2 割程度が薪ストーブを設置していると考えられ、薪ストーブ導入率は“全国 1 位”と推測されている。また、平成 28 年 2 月に実施された「伊那市木質バイオマス暖房使用状況調査」によると、使用暖房機器では石油ファンヒーター58.6%、石油ストーブ 29.7%、電気こたつ 24.2%、エアコン 13.7%に次いで薪ストーブが 8.3%と高い割合を示し、木質ペレットストーブ利用の 0.3%を大きく上回り、薪ストーブの普及率が高い。

薪の安定供給には、薪ストーブと薪の販売を行う株式会社ディーエルディー（以下：「DLD」という。）が大きく貢献しており、利用者のニーズに合わせた薪の製造及び配送を行っている。薪は、可能な限り地域の間伐材等を利用して生産し「薪の地産地消」を推進している。薪の種類も近年まであまり用いられてこなかったアカマツ、カラマツの針葉樹を積極的に薪としている。また、特徴的な配送スタイルは「薪の宅配サービス」で、専用の薪ラックを設置して薪を配達し、11-4 月のシーズン中、薪がなくならないように補充していくサービスである。さらに、針葉樹薪 1,500 束（大型トラック 1 台分）をまとめて販売できるようにし、薪ストーブや陶芸、ピザ窯の業務用に配送している。

DLD の薪の販売量は年々増加傾向にあり、2016 年 5 月～2017 年 4 月現在（公表値）で原木換算 3,244m³、薪束換算 227,000 束（1m³=70 束）の販売量となっている。

(2) 薪の利用拡大

伊那市における薪の利用は、既に需要と供給のバランスが整った状態にあると考えられる。薪の利用は個人向け（住宅用）が多い傾向にあるが、DLD の販売戦略にもあるように陶芸、ピザ窯の業務用等、幅広い利用を推進し、薪ストーブ導入率 “全国 1 位” を情報発信するとともに、市で実施している「薪ストーブ等の設置に対する補助金」等の支援も継続するなど、市民・行政一体となって薪の利用拡大を推進することが必要である（図 6-5）。

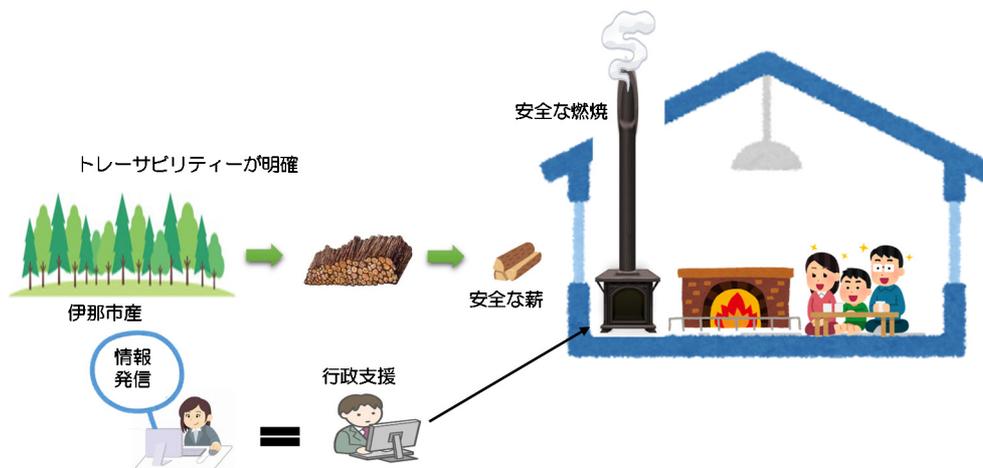


図 6-5 市域産を活用した薪利用の拡大

(3) チップ化利用の拡大

前述のとおり、今後も松くい虫被害の拡大が想定される。伊那市においても松くい虫被害材の利用のため、チップ化の研究を始めることとしている。伊那市の利用可能なバイオマス資源量のうち、端材の木質バイオマス資源は 1,309,126m³と推計されるため、木質ペレットや薪に

利用可能なC材・D材以外の端材等についても、その用途を検討することが必要である（表6-2）。松くい虫被害材及び端材のチップ化有効利用としては、施設への木質バイオマスボイラーの導入も想定するとともに、チップ使途確保のための分散型の熱電併給（CHP）システム（超小型バイオマス発電導入：数十kw規模）等も検討し、松くい虫被害材、端材等のチップ利用を研究する（図6-6）。

表 6-2 利用可能な木質バイオマス資源量

区分	スギ	ヒノキ	アカマツ	カラマツ	その他 針葉樹	広葉樹	合計
本数 (N)	134,571	658,788	2,655,499	3,444,835	54,230	4,325,251	11,273,174
材積 (m ³): A	120,281	319,058	2,137,518	2,455,639	20,520	2,219,917	7,272,933
端材バイオマス資源量 (m ³): A×18.0%	21,650	57,430	384,753	442,015	3,693	399,585	1,309,126



図 6-6 チップ活用の検討

(4) 木質バイオマスを核とした林業成長産業化戦略

現在、市域内においては、木質ペレットストーブや薪ストーブなど、個々の施設や住宅における木質バイオマスエネルギーの利用が拡大しつつある。この需要の拡大を核として、今後想定される主伐材の副産物の活用などにより、地域内エコシステムの構築への取組みを行い、地域のエネルギーとして安定的かつ持続的に活用できる体制整備を構築するとともに、森林整備等により算出された森林資源を余すことなく使い切り（カスケード利用）、より多くの利益が森林関係者に還元されるシステムを構築する必要がある。

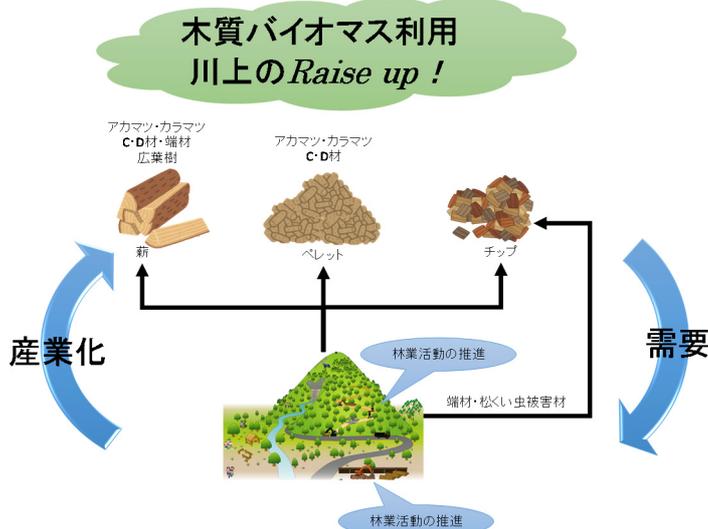


図 6-7 木質バイオマス利用を核とした林業成長産業化戦略

需要があつてこそ、供給者としての林業が活性化する。市域内での木質バイオマス利用が林業を引き上げる戦略展開

市域内での木質バイオマス需要が川上の林業を引き上げる“Raise up”する「伊那市林業の成長産業化戦略」と位置付け（図6-7）、主伐や植栽といった施業の効率性を向上させるとともに、これまで国産材の利用が低位であった分野において新たな木材需要を創出することが不可欠であり、その基礎となる技術の導入を進める（表6-3）。

表 6-3 伊那市林業成長産業化戦略の研究項目

<ul style="list-style-type: none"> ↑ 素材生産時に発生する低質材や枝条を含めた全木を集材・搬出 ↑ 再造林費用の抑制と森林資源の有効活用に向け、中間土場にてエネルギー利用に向けたチップング ↑ チップ用途確保のための超小型バイオマス発電導入（数十 kw 規模）によるチップの利用と、発電余熱の農業・商工業利用の研究
--

6-4 環境への貢献

(1) 持続可能な開発目標の環境への貢献

「持続可能性」とは、後世代の自活力に悪影響を与えることなく現在のニーズを満たすものであり、その行動とは、環境へ悪影響を及ぼさずに、関与する者の誰にも膨大なコストを負担させずに何度も繰り返し行うことができるものである。

したがって、伊那市において木質バイオマスを活用することは、伊那市の地域資源を活用する持続可能な森林経営により、市域の工場で製造され市域の経済に寄与し、環境に負荷の無い再生可能エネルギーとして環境に貢献することができ、「経済発展、資源・エネルギー、環境」の問題を解決する身近な方策と言える（図 6-8）。

経済発展と資源・エネルギーと環境はトリレンマ
(trilemma:「三つの矛盾、三重苦」)問題とも呼ばれ、現在の重要な課題！

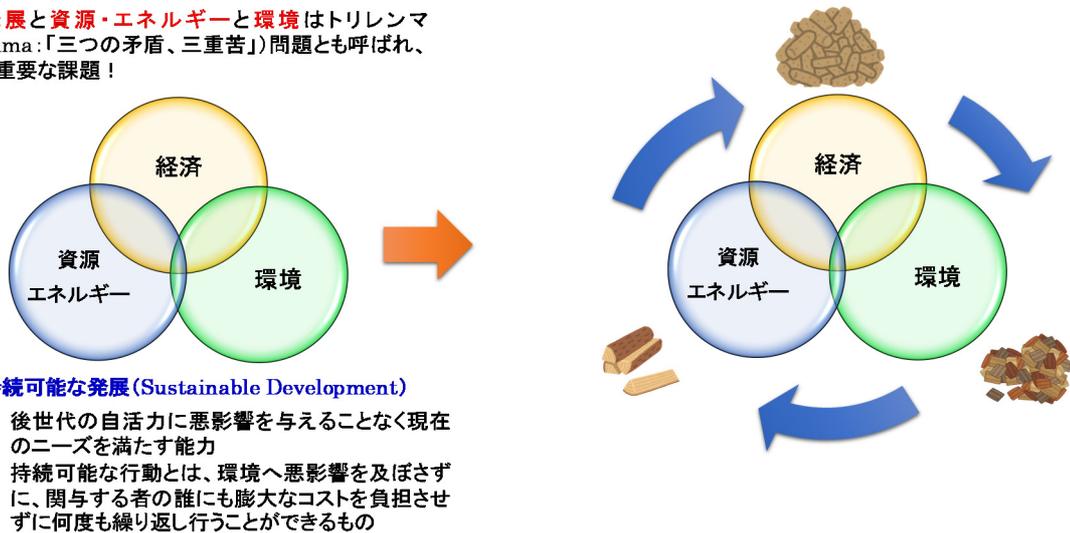


図 6-8 「経済発展、資源・エネルギー、環境」の問題を解決する身近な方策

(2) 伊那市の生物多様性への貢献

森林生物量（バイオマス）をエネルギー・木材として収穫することは、森林資源を代替エネルギー生産のためのバイオマス源として利用する方法となる。森林バイオマス利用の長期的な持続可能性は、森林資源に依存する生態系へ影響を与える。

そこで、これまで検討してきた内容と、伊那市が進める計画等（伊那市 50 年の森林ビジョン）を参考に生態系サービスの視点も含め「生物多様性」への影響を整理すると表 6-4 となる。

伊那市の森林からの木質バイオマスの持ち出し（収穫）は、森林が提供する様々なサービスの維持と、その利用とのバランスをとることができるものと判断する。

伊那市の木質バイオマス利用は、地域外由来の化石燃料への依存を減らし、気候変動の緩和に寄与する代替エネルギーの供給源を提供するとともに、地域の生物多様性を維持・改善することができるものと言える。

なお、伊那市は「伊那市 50 年の森林ビジョン」及び「伊那市二酸化炭素排出抑制計画（再生可能エネルギー推進計画）」の推進により、森林土壌、野生動植物の適切な森林域の生物資源（バイオマス）量を維持するため、生態系サービスの持続性、生物多様性の維持・保全強化に向け継続的なモニタリングを実施していく。



表 6-4 地域の生物多様性への貢献

環境因子	現象	生物多様性への影響	木質バイオマス利用	
			生物多様性への貢献	推進方向と留意点
気候変動	気温 0.06℃上昇（過去25年） 伐採による CO ₂ 吸収量の減少	在来動植物の生育・生息環境の変化	化石燃料代替による炭素排出の抑制 → 気候変動に対応	森林資源は 50 年生以上が多いため、成熟期の森林の伐採により、森林を更新することで資源（林齢）の平準化とともに CO ₂ 吸収量を増加
	木材搬出に伴う土壌攪乱	生物多様性の基盤である土壌流出		傾斜 35 度以上の森林及び保安林禁伐区のバイオマス賦存量からの控除 木材生産活動の近代化推進（高性能林業作業システム）
水源涵養	伐採に伴う土壌攪乱と河川への土砂流入	土砂流出（濁水等）による水生生物への影響		傾斜 35 度以上の森林及び保安林禁伐区のバイオマス賦存量からの控除
	水辺環境（畦畔・河畔）の攪乱と改変	水生生物への影響	適地適木ではない溪畔・河畔林の樹種（アカマツ・カラマツ）を資源として利用することで、水辺環境の改善となり、多様性が高まる	適地適木の溪畔・河畔林の維持による多様性増進
里山	松くい虫被害の拡大によるアカマツの枯死	松くい虫の蔓延 マツタケの発生の減少	枯死前のアカマツバイオマス利用によって、松くい虫病伝播の抑制（マツノマダラカミキリ長距離分散の抑止）	枯死木のバイオマス利用拡大により、松くい虫病伝播の抑制と駆除（チップ化等）アカマツ枯死地への竹の進入抑制
	松くい虫被害の拡大によるアカマツの防除対策	松くい虫対策における薬剤使用による在来生物への影響	未感染、感染アカマツともバイオマス利用することによる薬剤使用の抑制 在来生物の保全	
	野生動物被害の拡大	里山周辺の生態系の攪乱（種間競争） 農地生態系への影響	里山周辺の木材を積極的に利用することで、里山への野生動物の出没を抑制（バッファゾーン）	ニホンジカ増加による希少植物への食圧、踏圧の軽減（個体調整含む）
	里山動植物の減少	里山固有の植物、里地里山共存型の猛禽類等の減少	里山周辺の木材を積極的に利用することで、里山利用の復活（採取と攪乱） 里山植生の回復 里地里山猛禽類の復活	
ランドスケープ	松くい虫被害の拡大によるアカマツの枯死地の拡大	郷土樹種と言われているアカマツの衰退で地域相観の激変	伐採利用による景観維持	枯損木の利用検討
エコパーク	南アルプス ユネスコエコパーク	エコパーク理念との乖離	利用森林は、エコパークの「移行地域」に限定、エコパークの理念に即した自然環境保全と調和した持続可能な地域社会発展に寄与	
供給	過剰伐採の出現（大規模皆伐）	森林環境の攪乱（気温上昇、直達光の過剰到達）による土壌変化と生態系の変化	バイオマス利用量は森林の成長量以下で、持続可能性を確保	大規模皆伐の抑制
	燃焼灰の廃棄物処理	山地・農地等への廃棄による土壌、水生生物への影響	安全性が確保された燃焼灰の土壌散布により、土壌構造の発達へ寄与	燃焼灰の土壌散布は暖房用に限る

おわりに 木質バイオマスによる持続可能な循環型社会

(1) 市民意識の成熟度

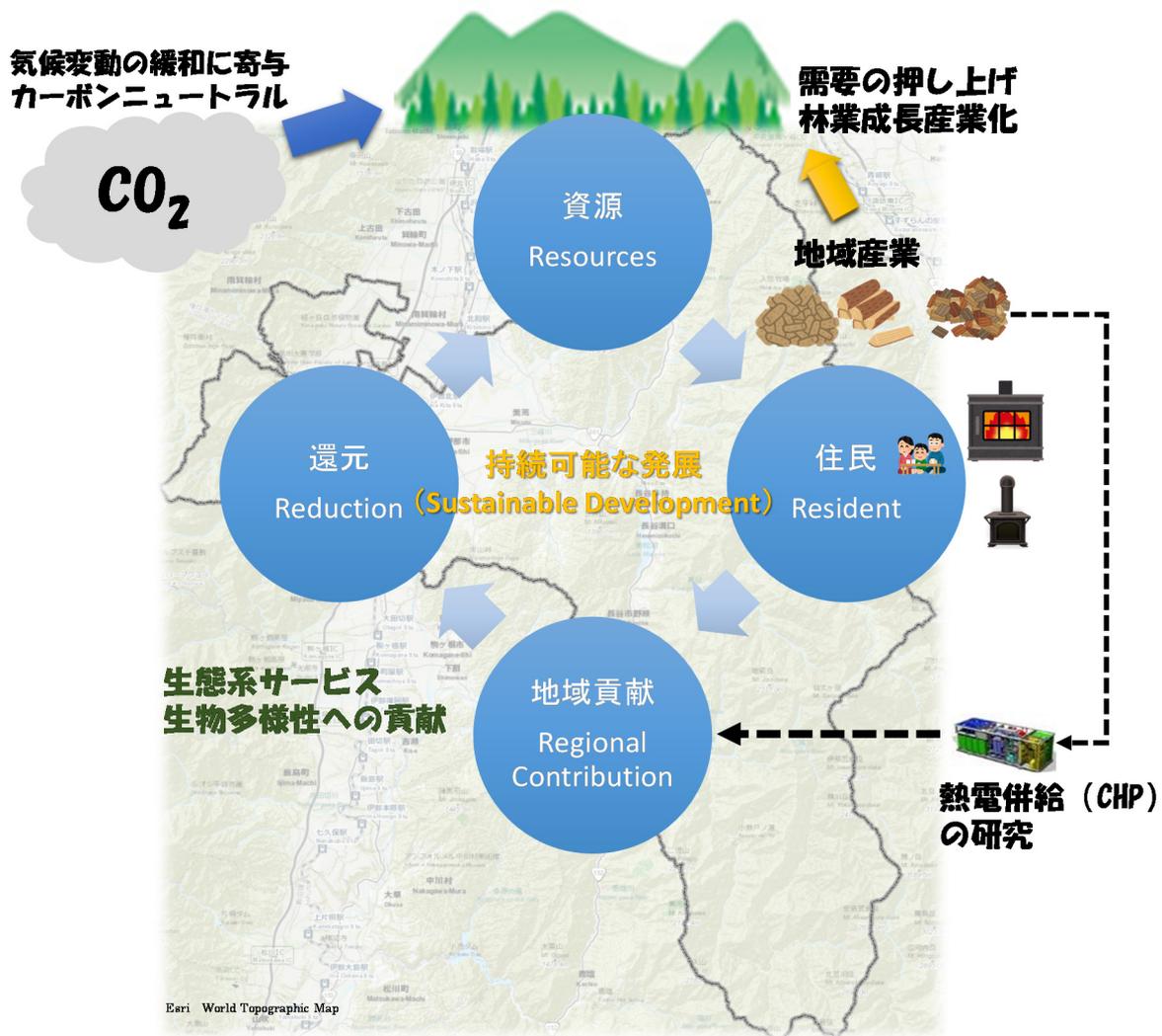
伊那市民は再生可能エネルギーへの関心が高い。平成 28 年の「伊那市木質バイオマス暖房使用状況調査」における「再生可能エネルギーへの関心」結果にも表れており、「(再生可能エネルギーへの関心が) 大いにある」が 24.7%、「ある」が 34.4%、「少しはある」が 22.3%と関心を示す割合が 81.4%を占める。

この結果は、木質バイオマスに関する関心度が非常に高く、伊那市民は「地域の資源を活用した」、「地域環境に負荷を与えない」、「地域社会の在り方」を考えるとといった環境に対する成熟度が高い表れである。

(2) 伊那市を支える 4R 構造

持続可能な再生可能エネルギーである木質ペレットは、「地域の資源 (Resources)」で、「住民 (Resident) が利用」し、「地域に貢献 (Regional Contribution)」し、「経済価値を地域に還元・森林に還元 (Reduction)」する 4R の構造と言える (下図)。この 4R の構造は、持続可能な地域社会づくりになり、循環型社会を構築する礎となると言える。さらに、持続可能な森林利用は、生物多様性にも寄与するものである。

伊那市の持続的発展のため、この 4R 構造を推進するとともに、カーボンニュートラルの効果を高めるよう地域住民の理解のもと、木質バイオマス利用を推進することが重要である。



木質バイオマス利用をコアとした伊那市の 4R 構造 (持続可能な循環型社会)



【引用文献】

1 伊那市木質バイオマス活用基礎調査

長野県 (2017) 長野県森林資源データ,2017年4月1日
 伊那市 (2016) 伊那市50年の森林ビジョン,伊那市耕地林務課,2016年2月
 伊那市 (2016) 伊那市二酸化炭素排出抑制計画(再生可能エネルギー推進計画),環境課,2016年3月,
 一般社団法人日本木質ペレット協会 <https://w-pellet.org/hinshitsu-2/>

2 伊那市木質バイオマス資源量

長野県 (2017) 長野県森林資源データ,2017年4月1日
 国土地理院 http://www.gsi.go.jp/kankyochiri/Laser_senmon.html
 長野県森林整備加速化・林業再生協議会森林資源部会 (2013) 平成24年度林業再生推進活動事業長野県広葉樹資源量調査1-3)「松澤義明 (2014:未発表) 長野県広葉樹の現況林分材積と間伐・皆伐試行伐採による素材生産量の検証—「信州F・Powerプロジェクト」広葉樹資源調査結果—」

4 木質バイオマス燃焼灰の安全性

(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構,森林バイオマス林地残材,図1-1,p3 バイオマス賦存量・有効利用可能量の推計
 (財) 林業科学技術振興所(1985)林地残材の収集・搬送に関する事前評価
 林野庁 (2010)「森林・林業再生プラン 路網・作業システム検討委員会最終とりまとめ」2010年11月30日
 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (2011) バイオマス賦存量および有効利用可能量の推計,未利用系資源木質系バイオマス:林地残材、切捨間伐材
 長野県林務部・長野県森林整備加速化・林業再生協議会 路網部会 (2014)『長野県型立体地形図=CS立体図』を用いた林内路網の路網配置検討手順 2014年3月
 COFORD, National Council for Forest Research and Development (2005) Wood for Energy Production Technology - Environment - Economy, ISBN: 1902696433
 一般社団法人日本木質ペレット協会 <https://w-pellet.org/hinshitsu-2/>

5 伊那市木質バイオマス活用の課題と推進

一般社団法人長野県林業コンサルタント協会 (2017) 燃焼灰の姿,公益事業技術情報誌,2017年11月
 JEOL 日本電子株式会社,https://www.jeol.co.jp/words/semterms/search_result.html?keyword=EDS
 林野庁林業試験場編 (1958)「木材工業ハンドブック」丸善出版株式会社
 山根健司、景守紀子、今村祐嗣、ニッ川章二、世良耕一郎 (2011) 木炭および竹炭の燃焼灰分に含まれる微量元素のPIXE分析、NMCC 共同利用研究成果報文集、9、p132-135
 一般社団法人日本木質ペレット協会,木質ペレット品質規格,制定平成23年3月31日,改正平成29年2月27日
 JIS Z 7302-5 廃棄物固形化燃料-第5部:金属含有量試験法
 鈴木純・松澤義明 (2014) 放射性Csに汚染された裸地面運動場の天地返しによる改良,農業農村工学会誌第82巻第1号,2014年1月
 松澤義明・鈴木純 (2014) 天地返しに木炭層を組み込んだ裸地面運動場の放射線量低減工法,ケミカルエンジニアリング 2014年4月,第59号 p11-1
 IEA Bioenergy Task 32 (2012) Deliverable D4Options for increased utilization of ash from biomass combustion and co-firing p19, Arnhem, March 5, 2012
 日本林業技士会 (2008) 低コスト作業システム構築事業報告書, 2008年3月
 トラック輸送費用:新潟陸運局 (2000) 一般貨物自動車運送事業貸切運賃料金,平成11年3月26日自貨第11号通達に基づき、公示された範囲内の運賃率表新潟陸運局管内「上限」
 フォワード輸送費用:白澤 紘明、長谷川 尚史、梅垣 博之 (2013) 森林利用学会誌原木流通における輸送車両選択によるコスト削減効果:兵庫県を事例として,28(1): 7-15 2013
 長野県林務部主要品目別木材価格 (平成29年12月15日現在)
<http://www.pref.nagano.lg.jp/mokuzai/shikyo/documents/1203syuyou.pdf>
 長野県海外林業技術等導入促進協議会 (2017) 平成28年度長野県海外林業技術等導入促進協議会オーストリア調査報告書 p55、p65
 Global pellet market outlook in 2017, Wood Pellet Association of Canada: <https://www.pellet.org/wpac-news/global-pellet-market-outlook-in-2017>
 林野庁 <http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/riyou/attach/pdf/170828-1.pdf>
 資源エネルギー庁総務課,エネルギー源別標準発熱量一覧表,平成27年4月14日改訂,平成29年11月17日,一部訂正
 proPellets Austria; Wood pellet prices December 2017、Price for wood pellets in bags,when ordered by the pallet,<https://www.propellets.at/en/wood-pellet-prices>,
<https://pelletsprice.com>
 長野県林務部,長野県森林CO2吸収量評価認証制度によるCO2算定基準(長野県『森林の里親促進事業』CO2吸収量等算定基準,平成28年1月1日改正)
 長野運輸局,長野県市町村別自動車保有台数,北陸信越運輸局長野運輸支局平成24年度末(平成25年3月31日)現在,松本自動車検査登録事務所
 AEBIOM「The Climate Impact of Forest Biomass:Fact sheet no. 2 October 2015」(2015) The Climate Impact of Forest Biomass:Fact sheet no. 2 October 2015
 長野県林務部,長野県産材CO2固定量認証制度
<http://www.pref.nagano.lg.jp/mokuzai/sangyo/ringyo/kensanzai/ecoco.html>
 資源エネルギー庁総務課,エネルギー源別総発熱量当炭素排出係数一覧表,平成27年4月14日改訂,平成29年11月17日,一部訂正
 一般社団法人 長野県環境保全協会 (2011) 平成23年度地域活動支援・連携促進事業報告書(木質ペレットストーブによるCO2削減効果検証事業)

気象庁,過去の気象データ検索, AMeDAS 伊那,<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index>
 長野県 (2014) 平成 26 年度未利用木材生産システム検証報告 第 3 部木質バイオマス発電利用型検証事業 p36、長野県林業コンサルタント協会
 COFORD, National Council for Forest Research and Development (2005) Wood for Energy Production Technology, p 23・Environment - Economy, ISBN: 1902696433

6 伊那市木質バイオマス活用の展望

中部森林管理局南信森林管理署貸与データ
 内閣府, http://www.kantei.go.jp/jp/singi/tiiki/kokusentoc_wg/hearing_s/150824shiryu02-03.pdf
 pro pellets Austria ,The Many Advantages of Wood Pellets, <https://www.propellets.at/en/wood-pellets-fuel>
 伊那市 (2016) 伊那市二酸化炭素排出抑制計画 (再生可能エネルギー推進計画),環境課,2016 年 3 月
 王地裕介 (2016) ランチェスター戦略の学術的意義に関する考察, 兵庫県立大学大学院 経営研究科, 商大ビジネスレビュー第 6 巻 第 1・2・3 号 (2016 年 9 月)
 pro pellets Austria ,2018 年 1 月現在,<https://www.propellets.at/en/wood-pellet-prices>
 原島義明・寺田徹・山本博一・木平英一 (2014) : 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. ランドスケープ研究 77 (5), 575-578.
 金子孝治 (2016) 伊那市木質バイオマス暖房使用状況調査結果,地域おこし協力隊,自然エネルギー・コンダクター,平成 28 年 4 月
 株式会社ディーエルディー, <https://www.dld.co.jp/>
 長野県林務部 (2017) 平成 29 年度松くい虫被害木の木質バイオマス燃料等への活用モデル事業,平成 27 年 11 月～3 月まで
 林野庁,世界森林資源評価(FRA)2015-世界の森林はどのように変化しているか (概要) -(第 2 版) ,p9、
 FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2016) Global Forest Resources Assessment 2015 How are the world's forests changing? Second edition, p31
 林野庁 (2017) 国連森林戦略計画 2017-2030,p16, 世界森林目標 3 世界全体の保護された森林面積やその他の持続可能な森林経営がなされた森林の面積、持続的な経営がなされた森林から得られた林産物の比率を顕著に増加させる。
 (f) 木質バイオマスの持続可能な利用を含むエネルギー及び薪炭材のための木材
 UNFF (2017) United Nations strategic plan for forests 2017-2030, Global forest goal 3 : Increase significantly the area of protected forests worldwide and other areas of sustainably managed forests, as well as the proportion of forest products from sustainably managed forests (f) Wood for energy and fuelwood, including sustainable use of woody biomass
 外務省 (2015) 我々の世界を変革する : 持続可能な開発のための 2030 アジェンダ (仮訳) ,p19,p4-25
 United Nations (2015) A/70/L.1, Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development,p19, Goal 7. Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all,p25, Goal 15. Protect, restore and promote sustainable use of terrestrial ecosystems, sustainably manage forests, combat desertification, and halt and reverse land degradation and halt biodiversity loss, Seventieth session Agenda items 15 and 116 General Assembly Distr.: Limited 18 September 2015
 外務省 (2017) 日本持続可能な開発目標 (SDGs) 実施指針,2016 年 12 月 22 日 SDGs 推進本部決定,2017 年 3 月 31 日
 伊那市 (2009) 「伊那市環境基本計画」,p31,平成 21 年 3 月
 南アルプスユネスコエコパーク公式サイト, <http://minami-alps-br.org/about.html>

木質バイオマス資源の持続的活用による再生可能エネルギー導入計画策定事業

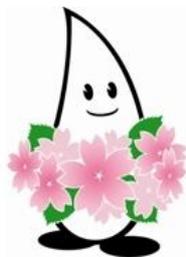
伊那市木質バイオマス活用基礎調査 報告書
概要版

平成 30 年(2018 年)2 月

実施 : 伊那市役所 農林部 耕地林務課 林務係
〒396-8617 長野県伊那市新田 3050 番地
電話 : 0265-78-4111 (内線 2416・2147)
ファクス : 0265-72-4142
E-mail:ktr@inacity.jp

調査実施機関 伊那市木質バイオマス活用基礎調査

一般社団法人 長野県林業コンサルタント協会
本部調査研究課
〒380-8567 長野県長野市中御所岡田 30-16
管理 : 担当 調査研究課
TEL: 026-228-7221
FAX: 026-228-7222
E-mail:ck536@rincon.or.jp (調査研究課)



木質バイオマス資源の持続的活用による再生可能エネルギー導入計画策定事業 報告書
概要版
長野県 伊那市