令和元年度木材需要の創出・輸出力強化対策事業のうち「地域内エコシステム」構築事業

香川県東かがわ市

「地域内エコシステム」構築事業

調査報告書

※本報告書は地域の非公表データ等を含んでいるため、
web 閲覧用として一部内容を伏せてあります。

令和２年３月

（一社）日本森林技術協会
（株）森のエネルギー研究所

目次

1. 背景と目的 1
1.1 事業の背景 1
1.2 事業の目的 1
1.3 調査対象地域 3
2. 実施の内容 4
2.1 協議会の設置・運営 5
2.2 川上の実現可能性調査 5
2.3 川中の実現可能性調査 5
2.4 川下の実現可能性調査 5
3. 実施項目 6
3.1 協議会の設置・運営 6
3.1.1 協議会の設置 6
3.1.2 協議会の運営 7
3.1.3 専門家による現地視察および講話 8
3.2 実現可能性調査（F/S 調査） 9
3.2.1 サプライチェーン 9
3.2.2 川上の実現可能性調査 10
3.2.3 川中の実現可能性調査 21
3.2.4 川下の実現可能性調査 31
4. 総括 38

1.　背景と目的

1.1　事業の背景

平成 24 年 7 月の再生可能エネルギー電気の固定価格買取制度の運用開始以降、大規模な木質バイオマス発電施設の増加に伴い、原料の利用が拡大しています。一方で、燃料の輸入が増加するとともに、間伐材・林地残材を利用する場合でも、流通・製造コストがかさむなどの課題がみられるようになりました。

このため、森林資源をエネルギーとして地域内で持続的に活用するための担い手確保から発電・熱利用に至るまでの「地域内エコシステム」の構築に向けた取り組みを進めることが必要となってきました。

1.2　事業の目的

木材需要の創出・輸出力強化対策のうち「地域内エコシステム」構築事業（以降、「本事業」という。）は、林野庁の補助事業で平成 29（2017）年度より実施されています。

本事業は、「地域内エコシステム」の全国的な普及を目指すことを目的とし、調査を実施しました。

本報告書は、香川県東かがわ市「地域内エコシステム」構築事業の調査報告書として作成したものです。

「地域内エコシステム」とは

～木質バイオマスエネルギーの導入を通じた、地域の人々が主体の地域活性化事業～

集落や市町村レベルで小規模な木質バイオマスエネルギーの熱利用または熱電併給によって、森林資源を地域内で持続的に活用する仕組みです。これにより山村地域等の活性化を実現していきます。

「地域内エコシステム」の考え方

- **集落が主たる対象（市町村レベル）**
- **地域の関係者から成る協議会が主体**
- **地域への還元利益を最大限確保**
- **効率の高いエネルギー利用（熱利用または熱電併給）**
- **FIT（固定価格買取制度）事業は想定しない**

「地域内エコシステム」構築のイメージ

1.3 調査対象地域

本事業は、香川県東かがわ市を調査対象地域としました（図 1-1）。

東かがわ市の人口は 30,901 人（全国市町村要覧　令和元年度版）で、総面積は 15,283ha、そのうち森林面積は 10,362ha で森林率は 67.8%（平成 28～29 年香川農林水産統計年報）となっています。

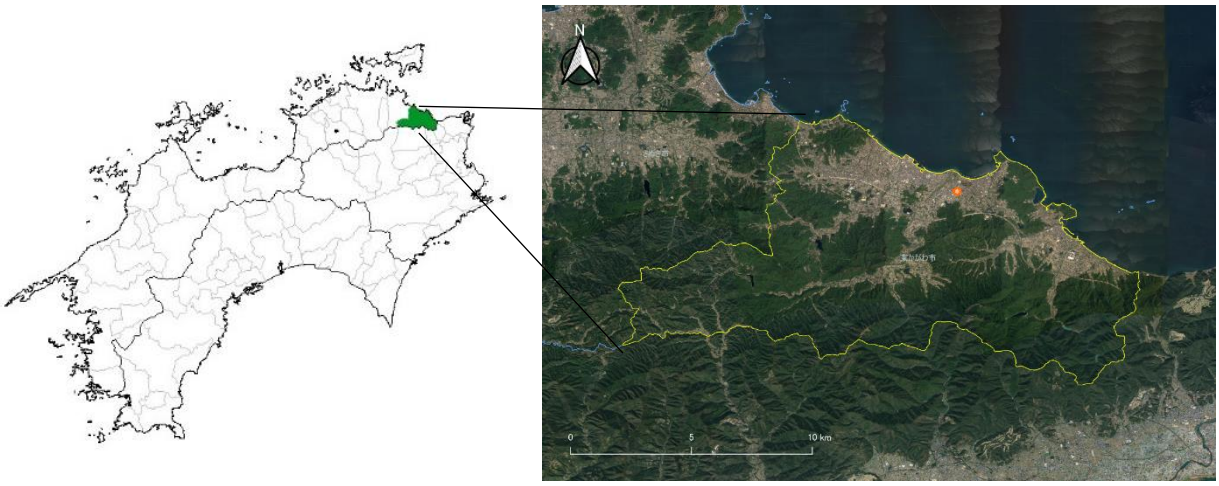


図 1-1　対象地域の位置図

東かがわ市では、ふるさと納税の返礼品として薪ストーブ向けの広葉樹薪を提供しています。この薪は五名里山を守る会が製造しており、会による広葉樹の里山林整備・薪の製造販売事業は、全国的にも注目される取り組みとなりつつあります。しかしながら、令和元年 6 月 1 日からのふるさと納税制度の変更に伴い、今後の薪の需要が不透明となっています。

本事業では、五明里山を守る会が中心となって地域の里山林整備を安定的・持続的に行っていくため、東かがわ市における薪のエネルギー利用について検討しました。主な検討内容は、既存のストーブ向け広葉樹薪販路の拡大と市内の熱エネルギー利用施設への木質バイオマスボイラー導入の可能性についてです。

2.　実施の内容

本事業の実施内容は以下のとおりです。

- 「地域内エコシステム」の構築・定着を図るための取り組みの実施
  - ✓ F/S 調査
  - ✓ 「地域内エコシステム」導入に関する地域の合意形成を図るための協議会の設置・運営支援
- 専門家の派遣により、地域の関係者に対し、事業計画の策定支援や地域の合意形成に資する情報提供、指導・助言の実施

本報告書における水分（含水率）の定義は、全て「湿潤基準含水率（ウェットベース）」であり、「水分○○%」と表記します。

2.1 協議会の設置・運営

東かがわ市の地域関係者で構成される協議会を設置・運営し、年 3 回の協議会を開催しました。協議会では、事業計画の検討や F/S 調査結果等について話し合いました。

2.2 川上の実現可能性調査

東かがわ市の森林資源量を把握するため、既存資料調査と現地調査を行い、木質バイオマス利用可能量を把握するため、ヒアリング調査を行いました。

2.3 川中の実現可能性調査

現在製造しているストーブ用の広葉樹薪は、木質バイオマスボイラーの燃料とするには高価で、採算が合わないため、薪ボイラー用の安価な薪製造について検討を行いました。

調査は、広葉樹より安価で薪への加工も容易な針葉樹の薪製造について行い、ボイラー用薪として製造する場合のコスト試算などを行いました。

2.4 川下の実現可能性調査

熱エネルギーの利用先として、A 温泉、B 温泉、C 温泉の 3 つの市内公共温泉施設と建設予定の市内公共温水プールの合計 4 つの施設を対象とし、薪ボイラーを導入した際の経済性の試算を行いました。

また、市内での新たな薪需要を開拓するため、近隣の薪ストーブ販売店へのヒアリング調査を行いました。

3.　実施項目

3.1　協議会の設置・運営

3.1.1　　協議会の設置

地域が主体となって持続的な事業創出を目指すため、「地域づくり・人づくり」に重点を置いて、地域の関係者で構成される協議会を設置しました。

協議会メンバーは以下のとおりです。

表 3-1　協議会メンバー

区分	所属先
検討委員	香川県　みどり整備課
	香川東部森林組合
	五名活性化協議会
	五名里山を守る会
	東かがわ市　生涯学習課
	東かがわ市　地域創生課　しごと・にぎわいづくりグループ
	東かがわ市　農林水産課
事務局	東かがわ市　地域創生課　地域づくりグループ
	一般社団法人　日本森林技術協会
	株式会社　森のエネルギー研究所

3.1.2　　協議会の運営

協議会は、令和元年 9 月 10 日、10 月 29 日、令和 2 年 1 月 14 日の計 3 回開催しました。協議会をとおして、地域の関係者で情報を共有しながら、地域内エコシステムの構築に向けた検討を行いました。

表 3-2　協議会開催概要

【第 1 回協議会】 開催日：令和元年 9 月 10 日 場　所：東かがわ市役所　会議室 議　題： ・　事業説明および調査内容の検討 ・　事前調査結果の報告 ・　事業方針の検討	
【第 2 回協議会】 開催日：令和元年 10 月 29 日 場　所：東かがわ市役所　会議室 議　題： ・　専門家による、現地視察および木質バイオマスボイラー導入事例等の講話 ・　調査結果の中間報告 ・　今後の調査項目の検討	
【第 3 回協議会】 開催日：令和 2 年 1 月 14 日 場　所：東かがわ市役所　会議室 議　題： ・　今年度調査結果の最終報告 ・　将来的なビジョンの共有 ・　次年度以降の調査項目の検討	

《協議会で検討した事業の方針》

『東かがわ市の里山整備を通じた地域活性化』

～ 価値の無かった山の資源のさらなる有効活用へ ～

《目指す事業成果》

- 様々な用途に応じた薪づくりによる、地域のなりわい創出。
- 森林の防災機能を高めることによる安全対策、緩衝帯を維持することによる獣害対策。
- 全国に先駆けた事例として、五名地域・東かがわ市のブランド化、イメージアップ。

3.1.3 専門家による現地視察および講話

第 2 回協議会では、専門家として本事業の検討委員をお招きし、現地視察および協議会での講話、協議への参加をしていただきました。

《お招きした専門家》

- 一般社団法人 徳島地域エネルギー 羽里 信和 氏
- 国立研究開発法人 森林研究・整備機構森林総合研究所 九州支所 横田 康裕 氏

現地視察では、川中を担う五名里山を守る会の薪製造施設、川下の温泉施設である A 温泉、B 温泉を案内し、地域の現状を確認していただきました。（写真 3-1、3-2）

協議会では、木質バイオマスボイラー導入事例等の講話をしていただきました。また、協議にも参加していただき、多数のご意見・ご助言をいただきました。

写真 3-1 温泉施設の視察

写真 3-2 薪製造場所の視察

3.2 実現可能性調査（F/S 調査）

3.2.1 サプライチェーン

東かがわ市「地域内エコシステム」のイメージを図 3-1 に示します。

五名里山を守る会を中心とした、ストーブ用広葉樹薪およびボイラー用針葉樹薪のサプライチェーンについて検討しました。

川上は、香川東部森林組合および五名里山を守る会による薪ストーブ用の広葉樹原木の供給と薪ボイラー用の針葉樹原木の供給について検討をしました。

川中は、五名里山を守る会によるストーブ用広葉樹薪とボイラー用針葉樹薪の製造、販売について検討しました。

川下は、市内温泉施設、公共温水プールへの薪ボイラーの導入について検討しました。

現在、薪製造に必要な針葉樹 C 材等の流通は無いため、次年度以降、針葉樹の安定的な供給に向けての検討が必要と考えられます。

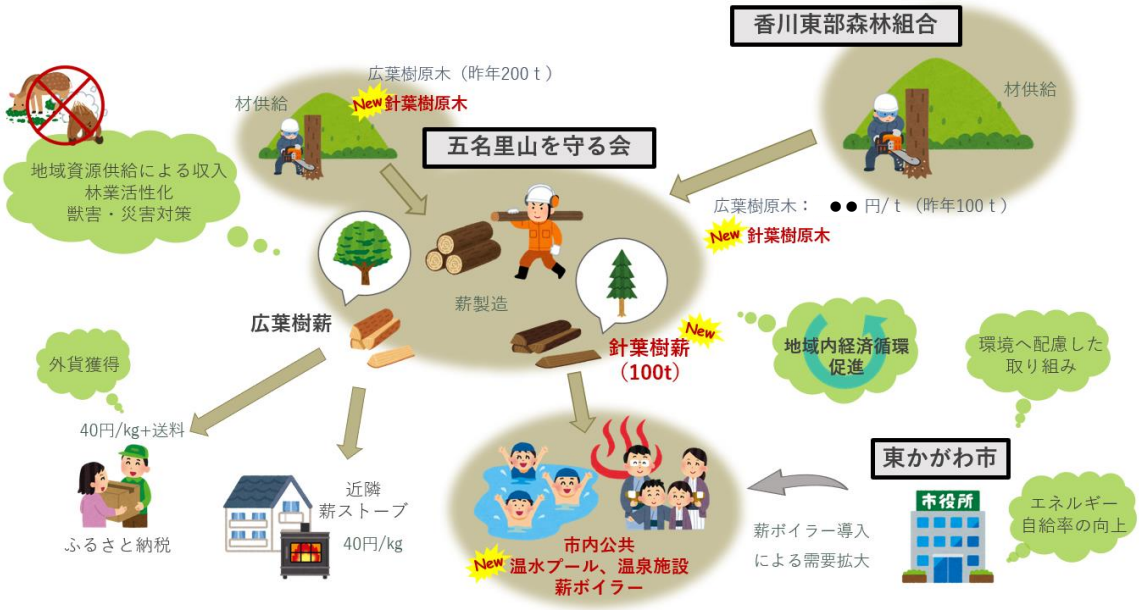


図 3-1　東かがわ市「地域内エコシステム」のイメージ

3.2.2　川上の実現可能性調査

東かがわ市における森林資源の賦存量について、既存資料調査および現地調査の 2 つの方法で調査を行いました。また、原料の調達可能性についてもヒアリング調査を行いました。

（1）既存資料による賦存量調査

木質バイオマス賦存量の調査は、調査対象地域における森林資源量を調査したのち、民有林の人工林を対象として、Ｃ材発生量の推計を行いました。

① 森林率

東かがわ市の森林面積は 10,362ha であり、地域の森林率はおよそ 67.8%（平成 28～29 年香川農林水産統計年報）となっています。

表 3-3 東かがわ市の森林面積と森林率

総土地面積（ha）	森林面積（ha）	森林率（%）
15,283	10,362	67.8

② 所有形態別面積

東かがわ市の所有形態別面積は、国有林が 1,876ha、民有林が 8,486ha と、民有林率が 81.9%（平成 28～29 年香川農林水産統計年報）となっています。

表 3-4　東かがわ市の所有形態別面積

森林面積（ha）	国有林（ha）	民有林（ha）	民有林率（%）
10,362	1,876	8,486	81.9

③ 民有林における林種別面積と蓄積

民有林における林種別面積と蓄積を表 3-5、図 3-2,3 に示します。

民有林のうち、竹林や未立木地等を除いた面積は 8,116ha です。そのうち、人工林は 2,647ha（33%）、天然林は 5,469ha（67%）となっています。

蓄積としては民有林全体で 475,930 ㎥となっています。そのうち、人工林は全体の 56%で大部分は針葉樹、天然林は全体の 39%で大部分は広葉樹で構成されています。

表 3-5　東かがわ市の民有林の林種別面積と蓄積

面積（ha）			蓄積（㎥）			ha あたりの蓄積（㎥/ha）
	人工林（ha）	天然林（ha）		針葉樹（㎥）	広葉樹（㎥）	
8,116	2,647	5,469	475,930	288,805	187,125	58.6

（出典：平成 28 年度東かがわ市木質バイオマスボイラー導入等検討業務報告書）

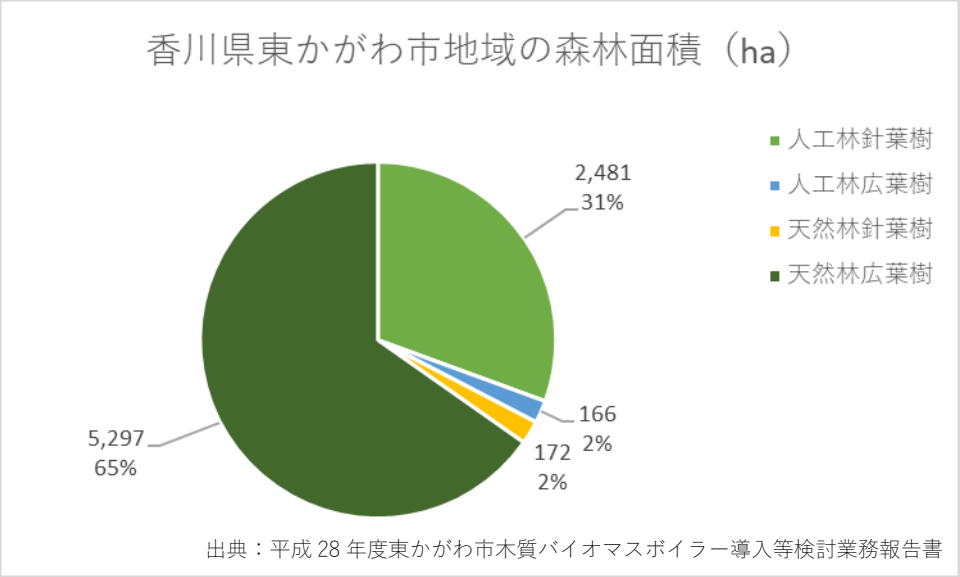


図 3-2　香川県東かがわ市の民有林の森林面積

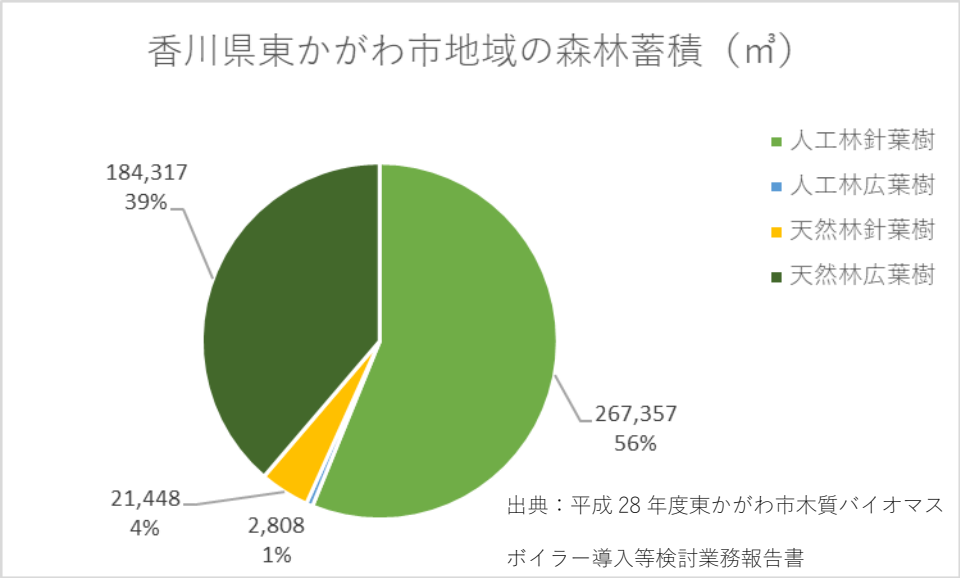


図 3-3　香川県東かがわ市民有林の森林蓄積

④ 樹種構成

東かがわ市の民有林における人工林針葉樹の樹種別蓄積を図 3-4 に示します。本地域では、ヒノキが約 5 割を占めています。

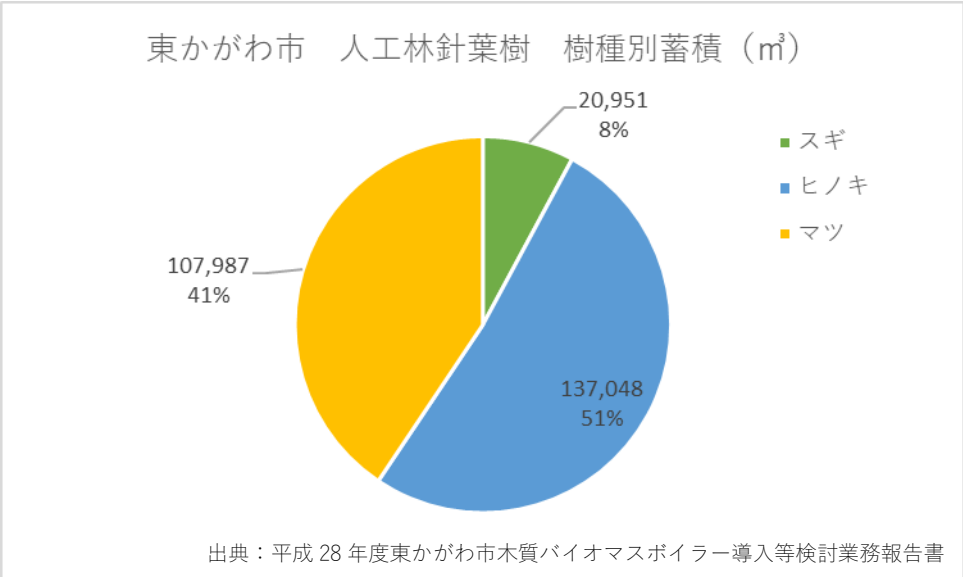


図 3-4　香川県東かがわ市民有林における人工林針葉樹樹種別蓄積

⑤ 木質バイオマス賦存量

調査対象地域における民有林の人工林針葉樹蓄積量に基づき、木質バイオマスの賦存量（C材量）の推計を行った結果を表 3-6 に示します。

表 3-6　東かがわ市の木質バイオマス賦存量（推計値）

人工林針葉樹蓄積（㎥）	木質バイオマス賦存量（㎥）
267,357	68,176

※木質バイオマス賦存量は以下の計算式より算出。

人工針葉樹蓄積（㎥）×0.85（伐採歩留り）×0.3（C 材割合）

⑥ 成長量から推計した利用可能量

香川県東かがわ市地域については、成長量から推計した利用可能量を検討しました。民有林の人工林針葉樹の成長量を利用可能量として算出しました。表 3-7 に連年成長量に応じた蓄積量を示しました。

表 3-7 より本地域では、年間で約 6 千㎥が成長していることから、これらの成長分を資源として利用することで、森林資源が枯渇することなく、持続的に利用可能であると考えられます。

なお、ここで算出した成長量は、C材を含むすべての蓄積量となっています。

表 3-7　連年成長量に応じた蓄積量

地域名	針葉樹			計（㎥）
	スギ（㎥）	ヒノキ（㎥）	マツ（㎥）	
香川県東かがわ市	207	4,148	1,427	5,782

出典：平成28年度　東かがわ市木質バイオマスボイラー導入等検討業務報告書

（2）現地調査による賦存量調査

地域からの要望を受けて、立木状態での蓄積（枝条および根株を含む）を把握するため、広葉樹林でプロット調査を行いました。

現地で 3 箇所のプロット調査（プロット面積：0.04ha）を実施して、単木ごとに立木材積を算出し、ha あたりの立木材積に換算しました。

調査は令和元年 9 月 30 日から 10 月 1 日にかけて行いました。プロット調査を実施した地点を図 3-5 に示します。

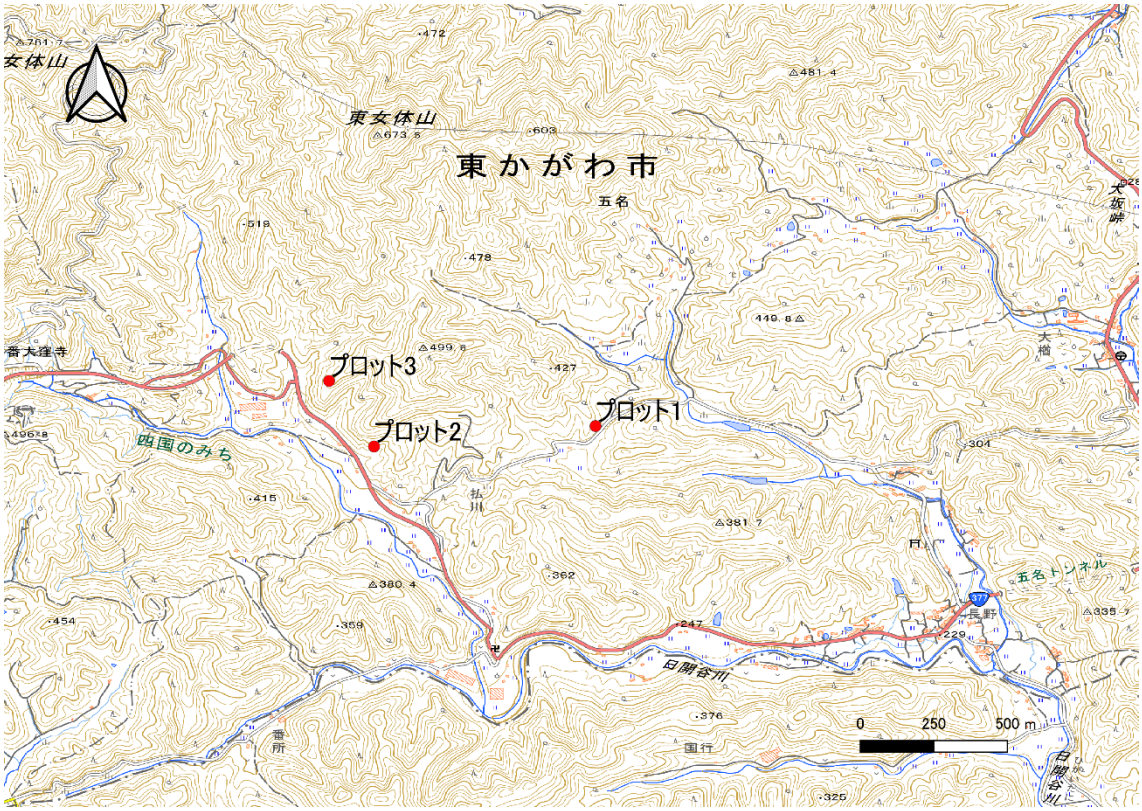


図 3-5　東かがわ市における現地調査実施地点

【プロット 1（コナラ優占林）】

プロット 1 はコナラが優占する林分で、他にソヨゴ、リョウブ、ウバメガシ、ネジキ、ネズミサシ、ヤマザクラ、アカマツが生育していました。プロット内の立木本数は 40 本、平均直径は 15.6 ㎝、平均樹高は 10.6mでした。また、ha あたりの立木材積は、110 ㎥/ha（枝条や根株を含む）となりました。プロット 1 の林況を写真 3-3 に示します。

写真 3-3　プロット 1 の林況

【プロット 2（アラカシ優占林）】

プロット 2 はアラカシが優占する林分で、他にノグルミ、コナラ、クヌギ、イヌザクラ、クマノミズキが生育していました。プロット内の立木本数は 44 本、平均直径は 14.5 ㎝、平均樹高は 11.4mでした。また、ha あたりの立木材積は、120 ㎥/ha（枝条や根株を含む）となりました。プロット 2 の林況を写真 3-4 に示します。

写真 3-4　プロット 2 の林況

【プロット３（コナラ優占林）】

プロット３はコナラが優占する林分で、他にソヨゴ、リョウブ、ウラジロノキ、ウバメガシ、アラカシ、ヤマモモが生育していました。プロット内の立木本数は 55 本、平均直径は 13.3 ㎝、平均樹高は 8.8mでした。また、ha あたりの立木材積は、95 ㎥/ha（枝条や根株を含む）となりました。プロット３の林況を写真 3-5 に示します。

写真 3-5　プロット３の林況

香川県東かがわ市地域の現地調査の結果を表 3-8 に示します。3 プロットともに、平均直径が 10 ㎝台で、平均樹高も約 9～11m であり、ha あたりの材積は 95～120 ㎥/ha となりました。

表 3-8　調査結果の一覧

調査地点	主要樹種	立木本数（本）	平均直径（㎝）	平均樹高（m）	斜面傾斜（度）	斜面方位	立木材積（㎥）	haあたり立木材積（㎥/ha）
プロット1	コナラ、ソヨゴ	40	15.6	10.6	22.2	SE	4.4	110
プロット2	アラカシ、ノグルミ	44	14.5	11.4	30.0	S	4.8	120
プロット3	コナラ、ソヨゴ	55	13.3	8.8	21.1	W	3.8	95

（材積は「国立研究開発法人森林研究・整備機構　森林総合研究所「幹材積計算プログラム」」をもとに算出）

（3）ヒアリング調査

原料の供給に関して、香川東部森林組合および五名里山を守る会にヒアリング調査を行いました。

ヒアリング調査の結果、香川東部森林組合では、将来的に高性能林業機械を所有した場合、針葉樹Ｃ材を●●円/生ｔ、年間 100ｔ程度供給できる可能性があることがわかりました。また、クヌギ・コナラ以外の広葉樹雑木については、現時点で年間 300ｔ程供給の余力があることがわかりました。

五名里山を守る会では、薪製造・販売とともに広葉樹林の整備も行っており、今後、針葉樹施業も行っていく検討もしています。

以下に詳細の調査結果をまとめます。

- **香川東部森林組合**
  - 管轄地域は三木町、高松市、さぬき市、東かがわ市の４市。
  - 昨年度素材生産量は全体で 1,700 ㎥（約 1,700 生ｔ）。
    そのうち広葉樹が 100 生ｔ（約 100 ㎥）、全て五名里山を守る会へ供給。
    針葉樹が約 1,600 ㎥（約 1,600 生ｔ）、用材としてＤ製材所へ供給。
    その他、屋敷林の伐採等を行ったときのみ、依頼者から運搬賃をもらう形で、Ｅ温泉に薪ボイラー用として●●円/ｔで、少量の材を提供している（表 3-9）。

表 3-9　香川東部森林組合の材供給先

	価格	供給量	用途
五名里山を守る会	広葉樹（クヌギ・コナラ等樹種限定） ：●●円/生ｔ	昨年度 100 生ｔ	ストーブ用薪
Ｄ製材所	針葉樹 ：約●●円/㎥	昨年度 約 1600 ㎥	用材
Ｅ温泉	樹種問わず ：●●円/生ｔ	少量 ※屋敷林の伐採等を行ったときのみ、処分してもらう形で提供	薪ボイラー

  - 短幹集材を行っており、Ｃ材、枝葉ともに林内へ残している。また、間伐は道が付けられないような場所で、切り捨て間伐を実施している。現在の体制では針葉樹未利用材の搬出は難しい。

- 五名里山を守る会の買取対象に入っていない樹種（広葉樹）の供給余力が 300 t /年ほどある。クヌギ・コナラ以外の広葉樹雑木の利用も検討したい。
- 将来的に高性能林業機械を所有した場合、針葉樹 C 材を供給できる可能性がある。価格は●●円/ t 程度、100 t 程度は供給が可能な想定。
- 今年度、レンタルしたプロセッサーで試験的に伐採を行った。全木集材を行い、枝葉以外を D 製材所へ搬出した。C 材は本数が結構出たが、安い価格しか付かなかった。それを木質バイオマスボイラー用に●●円程度で買取をしてもらえるなら、採算も取れてくるので機械の導入もできると考えている。

- **五名里山を守る会**
  - 薪製造・販売とあわせて、広葉樹里山林の整備を実施。昨年度の製造量は 200 t /年程度。
  - ふるさと納税制度変更に伴い、広葉樹林は薪の需要に合わせた整備を行い、残りの時間を針葉樹林施業へ方向転換していくことを検討している。

（4）川上まとめ

既存資料調査では、民有林の人工林針葉樹の成長量を利用可能量として算出した結果、年間で約 6 千㎥が成長していることから、これらの成長分を資源として利用することで、森林資源が枯渇することなく、持続的に利用可能であることがわかりました。

また、ヒアリング調査により、香川東部森林組合が将来的に高性能林業機械を所有した場合、針葉樹原木の供給可能性が（価格は●●円/生 t を想定）があることがわかりました。五名里山を守る会も、今後広葉樹施業から一部針葉樹施業へ転換する予定があり、こちらも供給可能性があることがわかりました。

運賃を考慮した場合、新たに県外からの流通を検討するより、近隣の香川東部森林組合、五名里山を守る会の 2 団体から、供給を行うことが望ましいと考えられました。

3.2.3　川中の実現可能性調査

（1）五名里山を守る会について

本事業で燃料供給主体となる五名里山を守る会の現況について整理します。現在五名では小学校跡地に「薪ステーション」が完成しており、五名里山を守る会のメンバーが地域の山林から伐採した広葉樹材を運び込んで薪の製造と乾燥を行っています。

写真 3-6 薪ステーションの状況

現在の薪製造量は約 300t/年となっています。主な従事者は３名で、その他に地域住民が応援に来ることがあります。１年のうち冬期に伐採を行い、春にかけて薪に加工したのち半年間ほど乾燥させて翌冬に薪を販売しています。薪の原料となる原木は、地域の里山林整備により搬出されるものと、近隣の他事業者から受け入れるものがあります。

表 3-10 五名里山を守る会の事業概要

項目	数量	単位	備考
年間薪生産量	300	t	現在ストック量
作業員数	常時 3	人	他臨時で 7～8 人

以下では、現在の薪製造・販売の状況について、また、薪ボイラー用の燃料製造の可能性について、五明里山を守る会代表にヒアリングを行った内容をまとめます。

表 3-11 五名里山を守る会へのヒアリング結果

○薪製造の状況について

- 薪ステーションでは主要なメンバー3 人が作業しており、平日でも、時間が空いた時に作業を進めている。加工賃は、人件費込みで●●円/㎥ほどかかっているのではないかと思う。
- １人は林業経験があるが、他の２人はまだ始めてから 3～4 年。伐採、搬出、薪割、狩猟、解体、精肉などを行っている。平日は 2.5 人ほどで作業をし、土日にボランティア的に 7～8 人が応援に行っている。安全上の理由で、基本的に 2 人で動いてもらっている。
- 現在、日当●●円程度。燃料代も昼食も手持ちなので厳しいと思う。
- 薪製造を効率化して浮いた分の費用は、値段を下げるのではなく、人件費にあててあげたい。今年の夏から出来高制を取り入れた。
- 現状の効率については、日報を付けているので、各作業工程にかかっている時間の割合を計算してみたい。
- 1mの薪割り機は持っていない。

○薪の販路について

- ふるさと納税制度が変わったので、今年の薪のはけ具合を見て決めていこうと考えている。⇒今年売れた分を、1 年間の薪需要と考えて今後製造していく方針
- 今年、30 年度に作った量の半分が売れればいいと考えている。
- 売れ残ったもう半分は、さらに 1 年乾かして売ろうと思っている（現在は伐採・薪割後半年で出荷）。十分に乾いたものから順繰りに売っていける。
- 300 t あるうち、今年度 150 t くらい売れれば、残り 150t は長期乾燥薪として販売し、次年度も 150 t 作ればいい（うまくサイクルが回る）。
- 広葉樹林は薪の需要にあわせて整備して、他の時間は針葉樹林の施業の方へ方向転換していくことを考えている。⇒出口として公共施設への薪ボイラー導入を期待する。
- 香川県は針葉樹の 8 割がヒノキ。30 年生が主で、ちょうど間伐が必要。60～70 年生になると主伐。主伐でも 2～3 割は C 材が出ると思う。

- 自分たちで針葉樹を出してくると、●●円は超えてしまうと思う。森林組合だったら、A・B 材を出してくるついでに●●円で出せるのだと思うが。
- ネット販売は、やりたいところだができていない。若い人にやってほしい。

○薪ボイラー用の針葉樹薪の製造について

- 現在は広葉樹林から一部出てくる針葉樹をとってある程度で、決まった使い道・販路はない。まとまってボイラー用原木を購入するにしても単価が問題だが、高知県の木質バイオマス発電所が●●円/t で買い取っているため、この価格を最低ラインとして示していかなければ材は集まらないと思う。
- 道志村では●●円/生 t で受け入れており安いと思った。支障木だと可能なのかもしれない。立木を●●円で伐採して運んでこられるかとなると厳しいと思う。
- ボイラーの採算を取ろうとして、薪の値段を下げるために原木価格を下げても、材が必要量そろわなくなるのでは意味がないと思う。
- 仮に買取価格を 6,500 円/ m^3 と設定したとすると、今はその価格でも材は出てくると思うが、他の所で 100 円でも高く買い取ってくれるところが出れば、そちらへ流れていってしまうのではないかという懸念がある。
- ボイラー用で使うのならば、針葉樹でないと上手くいかないのではと思う。必要に応じて、広葉樹をミックスして使うのは良いと思う。
- 香川東部森林組合から買う場合、買取価格●●円/t でないと出てこないと思うが、その値段でボイラーに使うと赤字がでるというなら、市のほうで里山整備の補助金を使ってもらう等でも良いと思う。譲与税などを充てられないか。
- 川下の補助というよりは、川上を応援してもらいたいと思う。

○五名での需要創出の可能性について

- 足湯は、掃除や、薪の投入を誰がするのかという問題があるため、現実的には難しいと考えている。建てるのに市がお金を出してくれるとなっても、その後の維持管理の方が大変。
- 1 日に 400～500 人来る所ならあっても良いと思うが（大窪寺などのイメージ）、五名ではそんなに人は来ておらず 100 人くらい。（※土日の話）
- 小さな薪ボイラーでお風呂を沸かすのは良いと思う。五名にある民泊を行っている古民家に作ったら良い。簡単な建物なら、地元の人たちで建てられると思う。

○ストーブ販売店へのヒアリング

- 既に、少しストーブ販売店へ薪をおろしているが、あまり単価が合わない。
- ストーブを販売した数に対して、薪が足りず、供給が追い付いていないらしい。

○その他

- 若い森林は細い木が多く、シイタケ原木に加工している。高松にシイタケ農家がいるので、そこへ出荷している。地元優先で出荷している。
- シカが東かがわ市全体で増えており、五名だけでも年間 20～30 頭捕獲している。イノシシが 1 頭罠にかかると、解体から精肉までに 3 人工かかり人手がいるため、伐採や薪の製造作業をストップして、そちらの手伝いに行くこともある。
- 譲与税を使ってもらえればいいのだが、香川県は森林への関心が薄いように感じている。
- 次の世代が育っていないので、木を植えても、20～30 年後、育った木を伐る人がいなくなるのではないかと心配している。

（2）燃料製造のスキーム

燃料製造体制としては、五名里山を守る会による薪製造のスキームで検討を行いました。当団体では、現在薪ストーブ用の広葉樹薪を約 300t/年製造しています。このうち約 150t/年程度は東かがわ市のふるさと納税の返礼品となっており、それ以外は地域の薪ストーブユーザーに販売していますが数十 t/年程度となっています。

さらなる薪利用を推進するため、本事業では公共施設を対象にした薪ボイラーの検討を行いましたが、薪ストーブ用と薪ボイラー用では薪の仕様、価格が異なります。

表 3-12　薪の仕様・価格の比較

	薪ストーブ用	薪ボイラー用
原料の樹種	主に広葉樹（ナラ・カシ等）	樹種は問わない （針葉樹も可能）
原料の調達額	●●円/t （ヒアリングによる）	●●円/t（針葉樹 C 材） （支障木等のより安価な材も有りうる）
薪長さ	30~40cm	30~100cm
写真	 広葉樹の薪の例(東かがわ市)	 針葉樹(スギ)の 1m サイズの例

円滑な導入にあたっては、地域で未利用な資源を活用すること、また薪ボイラーでは石油価格と比較したうえでの価格メリットを産むことが重要と考えられます。本事業での検討においては、薪ボイラー用に針葉樹薪を生産することを想定し、燃料製造コストを試算しました。

これによって、薪ストーブ用の薪と異なり、「100cm サイズの為生産効率が向上する」「原料の調達額が低減できる」ことから薪の製造コストを低減することが期待できます。

（3）燃料製造コストの試算

薪ボイラーで燃焼できる１ｍの薪を製造し、薪ボイラー利用施設へ供給する仕組みでコストを試算しました。針葉樹を伐採・搬出したあと１ｍに玉切りし、薪割機で薪に加工し、専用の薪ラックに保管して土場で乾燥を行うというような流れで検討しました。

① 試算条件

試算においては、各種コストの試算条件を以下の表のとおりに設定しました。特に製造コストの大部分を占める原木単価については、現在は五名里山を守る会では伐採・搬出を行っていないため、香川東部森林組合より購入した場合の単価●●円/t（生）を試算に活用しました。

表 3-13 薪製造コスト試算条件（基本係数関連）

項目	数量	単位	備考
水分 50%原木　比重	0.7	t/ m^3	※ヒノキ
水分 25%薪発熱量	13.9	MJ/kg	
原木比	1.5	―	50%から 25%に乾燥させたときの、重量比

表 3-14 薪製造コスト試算条件（資本費関連）

項目	数量	単位	備考
機器購入費	750	千円	※1m 薪割機 1 台（リフト付）
減価償却年数	8	年	
補助率	50	%	
固定資産税率	1.4	%	

表 3-15 薪製造コスト試算条件（運転維持費関連）

項目	数量	単位	備考
○薪割機能力			
薪製造量	3.0	m^3/人日	※原木処理量
	0.4	乾燥 t/h	※2 名体制
○原材料費			
原木仕入れ	●●	円/t	水分 50%
製材端材	0	円/t	※全体の 0%と想定
○機器運転費			
燃料消費量	500	円/ m^3	※過去の実績値
電力消費量	0.0	kW	※なし
燃料単価	124	円/L	軽油
電力基本料金	0	円	
○人件費			
作業員数	2	名	
人件費単価	●●	円/人日	
1 日作業時間	8	h/日	
稼働率	80%		※薪製造時
薪製造ロス	10%		
○一般管理費率	10%		※対人件費
○維持管理費	38	千円/年	※設備の 5%
○保守点検費	0	千円/年	

※薪は水分 25%まで乾燥させるものとしました。「乾燥 t」とは水分 25%時の重量です。

② 試算結果

試算結果を以下に示します。薪製造量を年間 50 t から 300 t まで変動させたときの製造コストを試算しました。支出のうち、資本費関連で減価償却費は、薪製造設備の導入費に半額補助があるとして計上しました。

表 3-16 試算結果

薪製造量(t/年)		50	100	130	180	230	280	300
間伐材の必要量（生 t/年）		75	150	195	270	345	420	450
製造時間(h/年)		198	397	516	714	913	1,111	1,190
稼働日数(日/年)		24.9	49.7	64.5	89.3	114.1	138.9	148.9
薪製造量（m^3/年）		119.0	238.1	309.5	428.6	547.6	666.7	714.3
薪保管必要面積(m^2)		59.6	119.1	154.8	214.3	273.9	333.4	357.2
◆支出（単位：千円/年）								
資本費関連計 (50%補助)	設備償却費	47	47	47	47	47	47	47
	平均固定資産税	6	6	6	6	6	6	6
	建屋償却費	0	0	0	0	0	0	0
	小計	53	53	53	53	53	53	53
運転維持費関連計	直接人件費	598	1,193	1,548	2,144	2,739	3,334	3,574
	燃料費	60	119	155	214	274	333	357
	維持管理費	38	38	38	38	38	38	38
	一般管理費	60	120	155	215	274	334	358
	原料調達コスト	676	1,352	1,757	2,433	3,109	3,784	4,055
	小計	1,432	2,822	3,653	5,044	6,434	7,823	8,382
支出計		1,485	2,875	3,706	5,097	6,487	7,876	8,435
薪製造原価（円/kg）		**29.7**	**28.8**	**28.5**	**28.3**	**28.2**	**28.1**	**28.1**

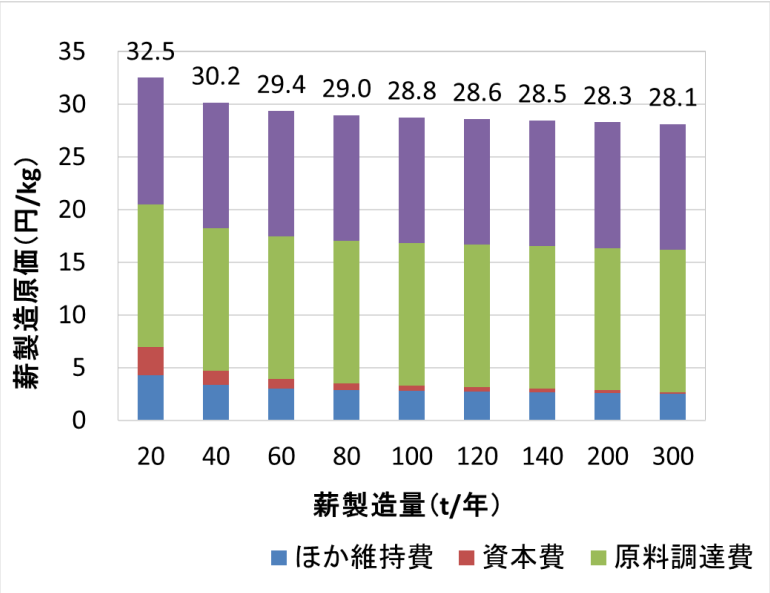


図 3-6　薪の製造原価試算グラフ

試算の結果、針葉樹の１m薪を仮に 100t 製造する場合、28,800 円/t（28.8 円/kg）で製造可能という試算結果となりました。

（4）まとめ

燃料製造コスト試算では、これまでストーブ向けに製造してきた薪から、薪ボイラー向けに 1m にした薪を製造する場合のコストを試算しました。針葉樹材を活用することを想定したため、薪にも割りやすく、また長い薪は玉切りの回数を減らすことができるため、製造効率がアップし、ストーブ用広葉樹薪よりも製造コストは低くなるという結果になりました。さらに、薪を施設へ配達する際、薪ラックの運搬車両を 2t 車から 4t 車にすれば、１回あたりに配送できる量が増え、輸送費を抑えることもできると考えられます。このように、全体的な運用のバランスをみて、原価を計算し、施設に販売する薪の単価を決定することが重要になります。

小規模な施設で使用する薪であれば、100t 程度で十分足りるため、針葉樹薪を新たに製造しても原価は 28.8 円/kg になります。薪 1 kg（28.8 円、水分 25%）が供給するエネルギー量は、重油で計算すると約 0.4L 分になり、32 円に相当する（80 円/L で計算）ことから、燃料費だけで比較すれば、施設側のメリットがあります。このほかに、薪ボイラーのメンテナンス費用なども必要になり、施設側では維持管理面でのコストを懸念する場合が多いですが、これらを薪燃料供給者が行うことで不安を解消するという事例も出てきています。地域の多様な主体がそれぞれ役割を分担していくことで、地域内エコシステムを構築することができると考えられます。

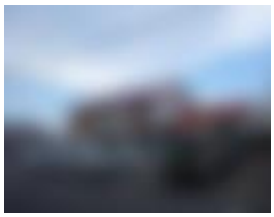
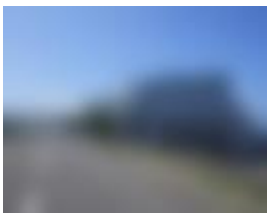
東かがわ市では、五名里山を守る会を中心に、地域の人々主体による里山整備活動を行政が継続的かつ多方面で支援したことにより、地域活動が後押しされ、里山整備事業が独立した取組みとして展開できるようになっています。薪の需要が地域内で広がれば、整備面積も増えていきますが、地域内での原木調達の可能性もまだまだあると考えられます。既に近隣の事業者や個人から伐採木の受入れも行っていますが、市全体の取り組みとしても、五名での里山整備活動をモデルとして、里山の森林整備を喚起することにもつながると考えられます。

3.2.4　川下の実現可能性調査

（1）熱利用施設の候補

薪ボイラーを導入する施設として、東かがわ市内の公共施設を対象として検討しました。既存の温泉施設３箇所に加え、新たに建設が検討されているプール施設のあわせて４施設を対象として、薪ボイラーの導入可能性調査を行いました。

表 3-17 対象施設一覧

施設名	A 温泉	B 温泉	C 温泉	新設温水プール
施設種類	温浴施設	宿泊施設	宿泊施設	温水プール施設
場所	引田 991-16	入野山 465	馬篠 1200	(検討中)
化石燃料種別	A 重油	A 重油	A 重油	A 重油※
年間燃料使用量	69,600L	108,000L	168,000L	40,000L※
用途	給湯・昇温	暖房・給湯・昇温	暖房・給湯・昇温	暖房・給湯・昇温※
施設外観				

※新設温水プールの A 重油使用量、用途は既存類似施設と同様と仮定した。

このほかに、市内での薪ストーブの需要について検討するため、高松市に本社を置く薪ストーブ販売店へのヒアリング調査を行いました。

（2）薪ボイラー導入効果の検証

① 薪供給のイメージ

薪ボイラーを導入した場合、以下の図に示すような供給スキームが望ましいと考えられます。製造して半年以上乾燥した薪をラックで施設へ運び込み、数日分の薪を施設にも保管しながら、１日に必要な量を２～４回投入していくという流れです。効率化の観点からも、薪製造場所が施設内にあると良いですが、丸太や薪ラック、薪割機などを保管できるスペースが必要になります。

また、薪ボイラーは急激な熱負荷への対応は比較的苦手とすることから、１日を通して一定のベース負荷に対応し、ピーク負荷には薪ボイラーに直結する貯湯タンクから優先的に供給しながら、既設の化石燃料ボイラーも併用して対応すると運用の不安も少なくなります。

図 3-7 薪ボイラー導入時の薪供給イメージ

② 薪ボイラー導入試算条件

薪ボイラー導入試算における試算条件を以下のとおり設定しました。薪投入の人件費は、施設のスタッフが通常業務の合間に行うと考え（2～3時間に1回、10分程度の作業）、費用としては除外しました。薪の購入価格は針葉樹薪と広葉樹薪で2パターンを想定しました。

表 3-18 薪ボイラー導入効果検証の試算条件

項目	単価	単位	備考
針葉樹薪単価	28,800	円/t	※薪製造コスト試算結果より
広葉樹薪単価	40,000	円/t	※現状の薪製造コスト
重油単価	80	円/L	
人件費	0	円/h	
ボイラー維持管理費	2％		対ボイラ導入費 ※このほか、ばいえん測定費10万円を維持費とした

③ 薪ボイラー導入効果検証結果

薪ボイラー導入効果について検証した結果を示します。施設ごとに、熱需要シミュレーションを行い、薪ボイラーの導入適正規模および年間の薪利用量を試算しました。また、適正規模の薪ボイラーを導入した場合の重油燃料の削減率を示し、削減した燃料費から薪ボイラーのランニングコストを差し引いて年間収支を試算しました。

表 3-19 薪ボイラー導入効果の検証結果

施設名		単位	A 温泉	B 温泉	C 温泉	新設温水プール
ボイラー規模		-	150kW	150kW	250kW	100kW
初期費用 ()内は補助金差引後		千円	24,000 (8,000)	24,000 (8,000)	40,000 (13,300)	16,000 (5,300)
薪利用量		t/年	**200 t**	**240 t**	**440 t**	**100 t**
A 重油削減率 **(削減量)**		-	86% (60,000L)	70% (72,000L)	80% (131,000L)	80% (32,000L)
年間収支	**Ⅰ広葉樹**	**万円/年**	**-576 万円**	**-585 万円**	**-1,010 万円**	**-120 万円**
	①重油削減費		413 万円	403 万円	838 万円	205 万円
	②ボイラ維持費		989 万円	988 万円	1,848 万円	325 万円
	Ⅱ針葉樹	**万円/年**	**-150 万円**	**-160 万円**	**-330 万円**	**-50 万円**
	③重油削減費		413 万円	403 万円	838 万円	205 万円
	④ボイラ維持費		563 万円	563 万円	1,168 万円	255 万円
CO2 削減量		CO2-t	161	208	357	87
評価	採算性		×～△	×～△	×	△
	木材供給		△	△	×	**○**
	立地条件		×～△	○	×～△	**○**

※初期費用には建築工事は含んでいない。また、設備導入には環境省補助金を適用するとし、補助率は 2/3 とした（当該補助金の来期継続の有無は不明）。

※年間収支は、現在の光熱費（プールの場合は重油燃料の費用）から、薪ボイラー維持費・人件費を引いたもの。プラスほど導入効果が高い（光熱費が削減される）。広葉樹薪を活用した場合の年間収支：①-②、針葉樹薪を活用した場合の年間収支：③-④。

※森林整備面積＝原木換算材積÷CD 材発生率 40%÷間伐率 25%÷350 m3/ha

この結果、収支上ではマイナスとなりますが、新設温水プールで「施設暖房・給湯・昇温」に薪ボイラーを利用した場合、最も経済的な導入効果が高くなるという結果となりました。

（3）ボイラー導入による効果試算のまとめ

公共施設では、新設温水プールでの導入効果が最も高い結果となり、この場合では年間150t(生)の間伐材需要を創出し、年間 CO2 削減量は 80t となる試算結果となりました。

また、化石燃料(年 256 万円)から薪へエネルギーを切り替えることで、地域での雇用や林業を産むことができます。薪の需要を新規に創出することで、薪製造事業者の事業利益、人件費（雇用）、また地域の木材を購入することによる素材生産事業者の人件費、事業利益が波及的に増加することが見込まれ、これらの合算を「地域経済循環額」として試算しました。

本事業で新設温水プールに薪ボイラーを導入した場合、地域経済循環額 400 万円、そのうち雇用創出効果 220 万円が増加されることになります。

このときの市の初期投資負担は 530 万円、またボイラーが最低限使用される 15 年の間で追加となる光熱費負担は 750 万円（年間 50 万円×15 年）になりますが、これに対し、今後 15 年間で 6,000 万円の地域経済循環額の増加となり、薪ボイラー導入により投資・維持経費を上回る経済価値を産むことができると試算しました。

また、上記の地域経済循環額がこれまでの化石燃料を使用した場合と比較するため、地域内乗数（LM３：Local Multiplier 3）」を算出し比較しました。この LM3 とは、「地域に投下された資金が、「消費」「流通」「生産」の３回の循環の結果、最終的にどれだけ地域内に残ったか」を示す指標です。

経済波及効果を算出する際に一般的な産業連関表とは異なり、３回の段階で資金を循環させる間に、地域内に支払われるお金、および地域外へ支払われるお金を試算し、小規模な地域でも投資による経済効果をわかりやすく評価できるメリットがあります。

地域内乗数の試算は以下の式によって行われます。

地域内乗数(LM3)＝
（最初の売上高＋ 流通部門の域内還元・域内調達＋ 生産部門の域内還元・域内調達）
÷ 最初の消費額（売上額）

LM3 が最大値「3」となる場合、「地域に投下された資金が「消費」「流通」「生産」のすべてで同じ額が地域に投下されたことになり、最小値「１」となる場合は「流通」「生産」のいずれも地域には資金が投下されなかったことになります。

今回新設温水プールに「A 重油ボイラーを活用した場合」と、「木質バイオマスボイラーを活用した場合」の２つのモデルで LM3 を比較すると[1]、A 重油を使用した場合 0.10 となるのに対し、薪ボイラーを利用した場合は、2.27 となりました。これは薪ボイラーのために購入した薪の購入金額の 2.27 倍の金額が波及的に地域で消費されたことを示します。

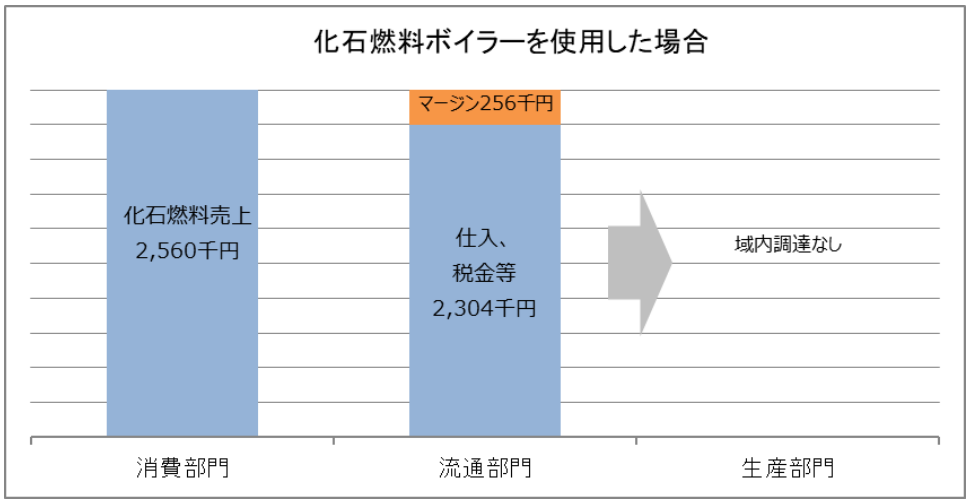


図 3-8 化石燃料ボイラーを使用した場合の地域内乗数（LM3）の試算結果

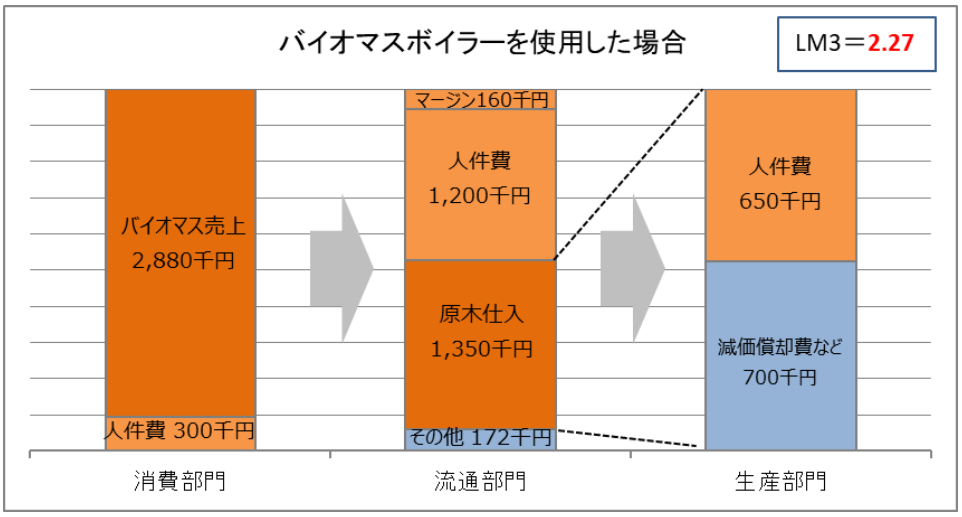


図 3-9 バイオマスボイラーを使用した場合の地域内乗数（LM３）の試算結果

[1] それぞれのモデルにおいて、燃料の「消費」部門、燃料の「加工・流通」部門、原材料の「生産」部門、の３段階で使われる費用を試算しています。「加工・流通」は薪製造部門での域内還元（事業者利益・人件費）と域内調達（原料購入）を指し、「生産」は素材生産部門での域内還元（人件費）として試算しました。

（4）薪ストーブ販売店へのヒアリング調査

高松内の薪ストーブ販売会社へヒアリングを行いました。ヒアリング結果を以下にまとめます。

表 3-20 薪ストーブ販売会社へのヒアリング調査結果

- 香川県内でも新築・リフォームなどで年 30 軒の施工をしている。
- ストーブを販売した顧客は、基本的に薪は自家調達しているが、販売の要望も一定数ある。ただし、年ごとにばらつきがあり、その都度対応している状況。
- 薪を自家調達する人は、所有山林から伐採したり、近隣住民から原木を譲り受けたり、伐採を頼まれたりしている人が多く、かなりの薪をストックしている人もいる。
- １家庭で使用する薪は、年 1 t～3t 程度である。日中も在宅だと 3 t、夜間のみだと 1 t というような具合である。
- メトスプランニングでも薪製造・販売を行うが、量が不足する場合は、薪製造を行っているストーブ顧客からも購入して供給する。
- 一昨年、五名里山を守る会からも薪を購入したことがある。その時は、あまり薪の余力がないということであった。
- 今後、ストーブ顧客からの薪販売の依頼が合った場合、自社で対応できない部分（量、距離的に）は、これまでどおり個人や団体から調達する方針。その都度、相談ができる関係性があると良いと思う。

薪ストーブを新たに購入するユーザーには、薪を購入する顧客も一定数いることがわかりました。潜在的なストーブ薪需要はまだまだあると考えられます。複数の薪ストーブ店と薪の販売を融通できる関係性を構築しておくことで、一定量の薪販売のネットワークを確保できると考えられます。

4. 総括

川上では、既存のストーブ薪用広葉樹原木とあわせて、新たにボイラー用針葉樹原木を生産することを検討しました。香川東部森林組合より、将来的に高性能林業機械を所有した場合、針葉樹原木の供給可能性（価格は●●円/生 t を想定）があることがわかりました。五名里山を守る会も、今後広葉樹施業から一部針葉樹施業へ転換する予定があり、こちらも供給可能性があることがわかりました。運賃を考慮した場合、新たに県外からの流通を検討するより、近隣の香川東部森林組合、五名里山を守る会の 2 団体から、供給を行うことが望ましいと考えられました。

川中では、既存のストーブ用広葉樹薪（40 ㎝）に加え、新たに製造するボイラー用針葉樹薪（1m）の製造コストの試算を行いました。既存の広葉樹薪 40 円/kgは A 重油換算で 120 円/L となり、A 重油実勢価格 80 円/L より割高となるため、薪ストーブ向けへの販売が現実的という結果になりました。一方、針葉樹薪 29 円/kgは A 重油換算で 81 円/L となり、A 重油実勢価格とほぼ同等となりました。広葉樹薪と比べ、針葉樹薪の方が、薪ボイラーへの利用に適している結果となりました。また、ボイラー用薪の製造場所は熱需要施設の敷地内にあると、効率化、運賃削減の面でなお良いと考えられます。

川下では、木質バイオマスボイラー導入の試算を行った 4 施設の中で、新設の温水プールへ導入し、針葉樹薪（1m）を 100t 供給してエネルギー利用することが最適という結果になりました。その場合、初期費用が 530 万円（2/3 補助適用後・建築工事除く）となり、その結果、光熱費は現在よりプラス 50 万円/年となります。一方で、地域内経済循環額が年間 400 万円、CO2 削減効果が年間 80t-CO2 となる結果になりました。

また、近隣ストーブ屋へのヒアリング調査により、これまでのふるさと納税での販売のほか、県内の薪ストーブユーザーにも一定の需要があることが確認できました。

今後の検討項目としては、以下のとおりです。

- 新設温水プールでの薪ボイラーの設置場所と機器選定。
- 燃料費削減の検討。（一部、支障木等の、安価な材をブレンドする等）
- 1m 薪の製造試験。
- 針葉樹材安定供給にむけた検討。

令和元年度木材需要の創出・輸出力強化対策事業のうち「地域内エコシステム」構築事業

香川県東かがわ市
「地域内エコシステム」構築事業
調査報告書

令和２年３月

一般社団法人 日本森林技術協会
〒102-0085　東京都千代田区六番町７番地
TEL 03-3261-5281（代表）　FAX 03-3261-3840
株式会社 森のエネルギー研究所
〒205-0001　東京都羽村市小作台 1-4-21KTD キョーワビル小作台 3F
TEL 042-578-5130　FAX 042-578-5131