

平成 25 年度
木質バイオマスエネルギーを活用した
モデル地域づくり推進事業
(新たな利用システムの実証(千葉県山武・長生地域))

成果報告書

平成 26 年 3 月

国立大学法人 千葉大学

目次

第1章 はじめに	1
1.1 事業の背景・目的.....	1
1.1.1 事業の趣旨	1
1.1.2 地域の概況とこれまでの取組.....	2
1.1.3 事業の目的	14
1.2 事業の実施体制	17
第2章 実証事業の全体概要	18
2.1 地域システムの全体概要.....	18
2.2 個別システムの概要.....	20
第3章 個別システム実証の取組結果.....	22
3.1 バイオマス集荷システムの取組結果.....	22
3.1.1 システムの概要	22
3.1.2 システム実証の目標	24
3.1.3 実験計画	24
3.1.4 バイオマス集荷システム実証の実施結果.....	31
3.1.5 バイオマス集荷システムの技術性.....	32
3.1.6 バイオマス集荷システムの経済性.....	36
3.1.7 放射能汚染に係る安全性の確認.....	38
3.1.8 バイオマス集荷システムの課題と対策.....	38
3.2 燃料加工システムの取組結果.....	40
3.2.1 システムの概要	40
3.2.2 システム実証の目的	40
3.2.3 実験計画	40
3.2.4 燃料加工実験の実施結果.....	47
3.2.5 燃料加工システムの課題と対策.....	53
3.3 燃料配送システムの取組結果.....	54
3.3.1 システムの概要	54
3.3.2 システム実証の目的	55
3.3.3 実験計画	55
3.3.4 燃料配送実験の実施結果.....	58
3.3.5 燃料配送システムの技術性.....	61

3.3.6	燃料配送システムの経済性.....	62
3.3.7	燃料配送システムの課題と対策.....	63
3.4	エネルギー利用システムの取組結果.....	65
3.4.1	システムの概要.....	65
3.4.2	システム実証の目的.....	75
3.4.3	実験計画.....	76
3.4.4	エネルギー利用実験の実施結果.....	78
3.4.5	エネルギー利用システムの課題と対策.....	80
第4章	地域システムとしての評価.....	81
4.1	全体システムの評価.....	81
4.1.1	全体システムの取組結果.....	81
4.1.2	丸太燃料の流通全体コスト評価.....	81
4.1.3	CO2削減効果.....	85
4.2	地域システム化の評価.....	86
第5章	まとめ.....	89
5.1	事業の成果.....	89
5.2	事業の課題と対策.....	90
5.3	次年度の計画.....	91

第1章 はじめに

1.1 事業の背景・目的

1.1.1 事業の趣旨

木材利用や木材価格の長期低迷などにより厳しい状況にある我が国の林業の立て直しを図るべく、政府は「森林・林業再生プラン」(平成21年12月公表)を策定し、路網整備、集約化、機械化と人材育成を軸に我が国の森林・林業の早期再生を進めているところである。

しかしながら、都市近郊の小規模森林では、所有者あたりの森林面積も小さく、プランが掲げるような集約化や機械化によるスケールメリットによる森林経営の合理化を図るのが難しい状況にある。また雇用機会豊富な都市への労働力の流出により、林業の担い手不足も深刻となっている。こうした地域においては、地域自らが独自の再生プランを生み出していくことが求められる。

一方、都市近郊の小規模森林はそのほとんどが里山であり、人と森とが生活レベルで密接に関係し合うことで適切な森林の利用が保たれてきた。しかし人間の生活スタイルの変遷に伴い、森林資源の循環利用の輪が断ち切れ、里山の荒廃を招く結果となった。

本事業では、そうした小規模森林を多く抱える千葉県の上武地域、長生地域をフィールドとして、木質バイオマスのエネルギー利用を切り口に、荒廃が進む都市近郊小規模森林の再生と地域活性化の両立を目指した地域モデルの構築を目指す。具体的には、薪割りの手間もいらぬ丸太燃料が活用可能な木質バイオマス暖房機の需要創出と、地域住民主体の丸太燃料の安定的な供給システムの構築に取り組み、将来的には地域住民主導で自立的な運用を可能とする仕組みの構築を目指す。



図一 1 丸太燃料を活用した木質バイオマス流通システムのイメージ

1.1.2 地域の概況とこれまでの取組

(1) 事業の対象エリア

本事業では、千葉県内の山武地域、長生地域の二地域を対象エリアとする。

山武地域は、東京都心や千葉市から 50km 圏内の千葉県東部に位置し、九十九里海岸に面した海岸部、稲作地帯の平野部、谷津田と里山の森林部からなる農業と観光のまちである。森林は地域内の丘陵地に広がっており小規模に分散しているのが特徴である。都心部へのアクセスの良さから、近年は新興住宅の開発も進み、一部ベッドタウンとしての要素も見られ始めている。地域の人口は約 8 万人となっている。

また長生地域も東京都心から 50km 圏内に位置し、山武地域同様、九十九里海岸に面した海岸部、谷津田と里山の森林部で構成されている。山武地域との違いは、森林の形状が比較的急峻となっていることである。長生地域の人口は、既にベッドタウン化の進む茂原市を含むと約 15 万人となるが、森林部の町は現在 7～8,000 人台で年々減少の傾向にある。圏央道の開通により、都心部からアクセスも良くなっているため、新興住宅の開発や観光面でも今後充実していくことが期待されている。



図一 2 事業の対象エリア



図一 3 山武地域の小規模分散の森林



図一 4 長生地域の森林の様子

(2) 地域の森林・林業の現状

1) 対象地域の森林・林業の実態

① 森林面積と資源量

山武地域と長生地域を合わせた対象エリアにおける森林面積は約 17,000ha となっている。国有林は長生地域の 2ha のみで、ほぼ全量が民有林である。人工林は全体の 44% となっており、スギ主体の樹種構成となっている。

地域別の森林面積は、山武地域が約 8,000ha で、長生地域が約 9,000ha となっており、人工林率はそれぞれ 63%、27% となっている。特に、かつてブランド杉であるサンプスギの植林が盛んにおこなわれ、山武林業地として栄えた山武市の人工林率は 74% で、地域内でも高い割合となっている。長生地域は広葉樹林が 60% を占め、山武地域とは隣接するエリアであるが、樹種構成に大きな違いがあることが確認できる。

表－ 1 市町村別森林面積 (ha)

市町村	地区面積	総数											
		総数	立木地						天然林	竹林	その他	再掲	
			人工林					針葉樹計				広葉樹計	
			計	スギ	ヒノキ	マツ	その他						
山武・長生 総計	75,486	17,424	7,701	6,415	509	661	117	7,358	428	1,934	7,587	7,473	
山武地域	42,788	8,373	5,300	4,586	420	284	9	2,032	130	910	5,293	2,039	
東金市	8,934	1,623	1,047	956	63	26	1	294	23	260	1,046	294	
山武市	14,638	3,951	2,919	2,493	286	135	5	673	40	318	2,915	677	
大網白里市	5,806	804	317	296	6	14	1	395	19	72	317	396	
九十九里町	2,372	77	16	3		13		48	1	13	16	48	
芝山町	4,347	1,058	604	552	50	1	1	255	28	172	603	255	
横芝光町	6,691	860	397	286	15	95	1	367	19	75	396	369	
長生地域	32,698	9,051	2,401	1,829	89	377	108	5,326	298	1,024	2,294	5,434	
茂原市	10,001	1,690	508	449	9	39	11	932	81	169	497	943	
一宮町	2,302	594	230	85	3	142	0	271	27	65	230	271	
睦沢町	3,559	1,326	376	320	26	30	0	737	46	167	376	737	
長生村	2,832	143	62	9	1	52	0	58	3	20	62	58	
白子町	2,746	173	100	7	1	92		51	3	19	100	51	
長柄町	4,720	2,087	538	432	10	3	94	1,269	97	183	445	1,363	
長南町	6,538	3,038	587	527	39	19	3	2,008	41	401	584	2,011	

出典：平成 24 年千葉県森林林業統計

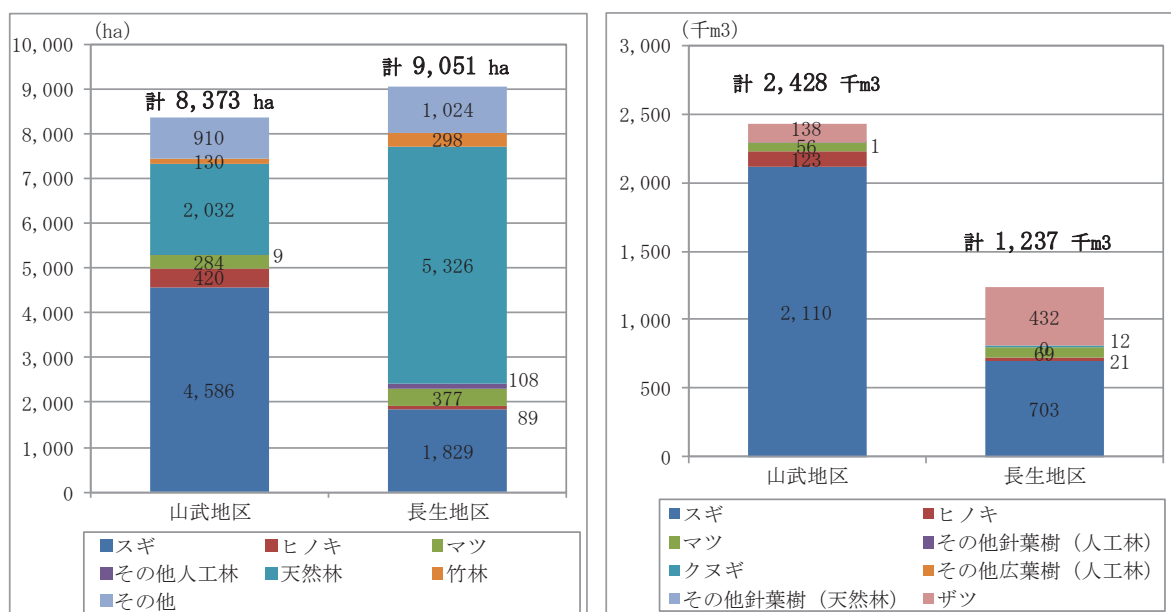
森林資源量はエリア全体で約 3,700 千 m³ となる。樹種別ではスギが約 2,800 千 m³ で全体の 84% を占める。

山武地域の材積は約 2,400 千 m³ で特にスギの材積量が多く、森林面積では長生地域には劣るものの、材積量では長生地域の倍程度の量となっている。長生地域は広葉樹の面積が大きいものの、材積量は 400 千 m³ 程度とあまり多くないことが統計からはうかがえる。

表－ 2 市町村別森林資源量(千 m3)

市町村	総 数											再 掲	
	総 数	立 木 地											
		人 工 林					天 然 林					針葉樹 計	広葉樹 計
		計	スギ	ヒノキ	マツ	その他 針	クヌギ	その他 広	計	その他 針	ザツ		
山武・長生 総計	3,665	3,095	2,813	144	125	0	13		570	0	570	3,082	583
山武地域	2,428	2,290	2,110	123	56	0	1		138	0	138	2,289	139
東金市	513	488	463	21	4		0		25	0	25	488	25
山武市	1,384	1,334	1,222	84	27	0	1		50	0	50	1,333	51
大網白里市	144	123	119	1	3		0		21	0	21	123	21
九十九里町	6	4	1		3				2		2	4	2
芝山町	265	244	230	14	0		0		21	0	21	244	21
横芝光町	116	97	75	3	19		0		19	0	19	97	19
長生地域	1,237	805	703	21	69		12		432	0	432	793	444
茂原市	227	157	148	2	6		1		70	0	70	156	71
一宮町	86	67	31	1	35		0		19		19	67	19
睦沢町	184	119	110	6	3		0		65	0	65	119	65
長生村	12	9	2	0	7		0		3		3	9	3
白子町	18	16	1	0	15				2		2	16	2
長柄町	293	169	156	2	0		11		124		124	158	135
長南町	417	268	255	10	3		0		149		149	268	149

出典：平成 24 年千葉県森林林業統計



図－ 5 地域・樹種別森林面積と資源量

②林業の実態

千葉県全体での素材生産量は63千m³で、全国でも極めて低い水準となっている。約6割が製材用の出荷であとは木材チップ向けとなっている。樹種としては約7割がスギである。

表－3 千葉県の需要部門別素材生産量

		単位:千m ³			
	合計	製材用	合板用	木材チップ用	
千葉県	63	38	0	25	

出典:平成24年度 農林水産庁 木材統計

表－4 国産材の樹種別素材生産量

	合計	針葉樹							広葉樹
		小計	アカマツ・クロマツ	スギ	ヒノキ	カラマツ	エゾマツ・トドマツ	その他	
千葉県	63	49	3	41	4	---	---	1	14

出典:平成24年度 農林水産庁 木材統計

山武地域、長生地域を含む千葉北部地域森林計画区全体で見ると、標準伐齢期を超えた面積が森林面積全体の74.5%となっており、大半が伐り遅れた森林となっている

表－5 千葉県北部地域森林計画区における標準伐齢期を超えた材積

	スギ	ヒノキ	マツ	クヌギ	合計	割合
標準伐齢期	45年	50年	40年	15年	---	
標準伐齢期を超えた面積	14,613 ha	792 ha	2,228 ha	422 ha	18,055 ha	74.5%
標準伐齢期未満の面積	5,087 ha	991 ha	106 ha	8 ha	6,192 ha	25.5%

出典:「千葉北部地域森林計画書」(平成24年度樹立、千葉県)

千葉県北部地域森林計画区における伐採立木材積をみると、主伐が全体の8割以上を占め、間伐は10カ年でわずか45千m³となっている。千葉県内ではいわゆる林業における伐採に限らず、道路建設や開発による森林の他用途転用に伴う伐採が多いため、主伐の量が高くなっている。

表－6 千葉北部地域森林計画区における伐採立木材積実績(H.15年度～H.24年度計)

区分	伐採立木材積					
	実行			計画		
	総数	主伐	間伐	総数	主伐	間伐
総数	259.6	214.7	44.9	74.0	44.0	30.0
針葉樹	174.9	130.0	44.9	70.0	40.0	30.0
広葉樹	84.7	84.7	-	4.0	4.0	-

出典:「千葉北部地域森林計画書」(平成24年度樹立、千葉県)

林業就業者数は県全体で 442 名となっている。全国の林業従事者数は約 5 万人とされており、一県あたりの就業者数としては少なく、担い手不足がうかがえる。また年齢構成からみても若年層の割合が極めて少ないことがうかがえる。

表－ 7 千葉県内の林業就業者数

	総数	年 齢 区 分														
		15～19	20～24	25～29	30～34	35～39	40～44	45～49	50～54	55～59	60～64	65～69	70～74	75～79	80～84	85～
平成 22 年	442	1	13	21	33	45	37	36	47	55	70	38	30	11	3	2

出典：「平成 24 年千葉県森林林業統計」（平成 22 年国勢調査より）

2) 山武地域の現状と課題

①山武地域の森林・林業の歴史と現状

山武地域は江戸時代から継承して来たサンプスギの発祥地であり、山武市山武地域を中心として周辺地域を含めた山武林業地と呼ばれる地域は、農業と林業、木材加工業で栄えていた。サンプスギは建築材や建具材として大変優れた杉であり、250 年程前から挿し木造林技術によってこの地域に受け継がれてきた。山武地域は、もともと杉の生育には適さない乾いた気候であり、その自然環境を克服する造林技術の開発によってサンプスギを生み出し、挿し木造林によって今に伝えてきた。その林農家たちの知恵に加え、山と日常的に関わっていた地域住民が、それと意識することなく生活レベルで地域林業の支えとなって森林と共生した暮らしを形づくっていた。しかし現代の山武市では長引く木材価格の低迷から、若い担い手の不足と森林所有者の高齢化が荒廃林の拡大を招き、加えてサンプスギが罹りやすい非赤枯性溝腐病の蔓延がさらなる荒廃林の拡大へと悪循環を呼んでいる。



図－ 6 山武の杉林

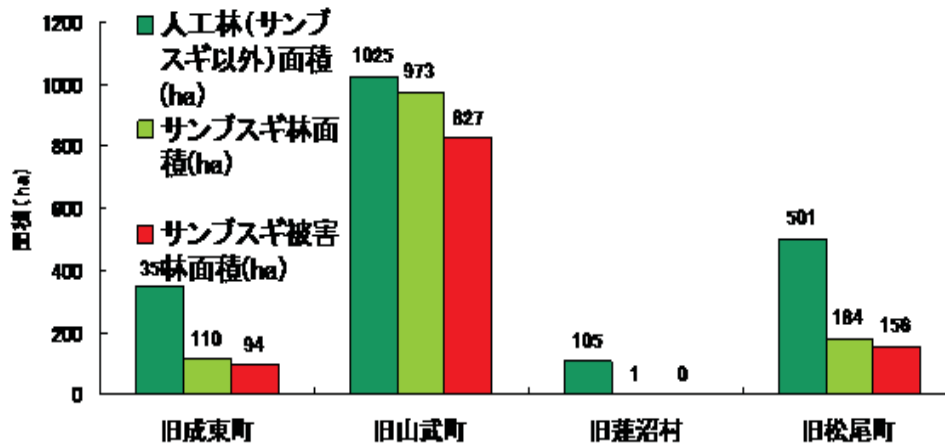


図－ 7 溝腐病被害木

②サンプスギの溝腐れ病の蔓延

サンプスギは建築材・建具材として優良な性質を多く持つ杉であるが非赤枯性溝腐病には弱く、罹病すると幹に腐れやネジレが生じ、建築材としての価値を大きく低減する。被害材

は建材としては価値が低いため、市場に出ることはなく、切り捨て間伐材や未間伐材として森林に放置されている。山武市の杉のうち約 50%がサンプスギであり、その 85%の林分が非赤枯性溝腐病の被害林となっており、被害木材積は 323,000 トンと推計されている。



図－ 8 山武市の溝腐病被害状況

千葉県は戦後の拡大造林でサンプスギが推奨されていたため、県内各地でサンプスギが挿し木造林された。旧山武町を中心に山武郡市、長生郡市、印旛郡市、千葉市と市原市の一部は特にサンプスギの造林が盛んに行われていたため、溝腐病の被害も深刻となっている。原因はチャアナタケモドキというきのこの一種で、サンプスギはこの菌に対する感受性が非常に高い。挿し木（クローン）であることから、拡大造林された森林に爆発的に蔓延する一因となっている。しかし、良好に管理されたサンプスギ林ではほとんど溝腐病はみられないことから、根本的な問題は、林業不振に起因する手入れ不足であることは明らかである。未間伐の病害木が感染源となることはもとより、切り捨てられた病害木は、チャアナタケモドキの子実体（孢子を飛ばすところ）形成に好条件となっていることが最近分かってきた。切り捨ての病害木は特に、速やかに林内から持ち出すことが必要であるが、現段階ではこれらに需要がなく放置されている状況である。

木材価格が低迷を続ける現代では、化石燃料の普及、農業の近代化、都市近郊の農村の都市化など構造的な問題と、近年続いている木材価格の低迷により林業に対する意欲の低下、担い手不足、高齢化などに加え、非赤枯性溝腐病の被害の蔓延が重なり、地域森林の荒廃は深刻になるばかりである。これまで病害木や切り捨て間伐材の出口としての引き合いが全くなかったわけではない。合板工場、チップ工場、発電所などからの接触はあったものの、もともと高級材を特産としてきた山武には択伐して少量を流通する仕組みはあっても、低級材を大量に流通する仕組みがないため、安定的に大量に供給することができず、需要に応えることが出来なかった。その経験から、地域の木材資源は、地域の特性をいかした方法で、そこで可能な流通量にみあった需要先を地域に作り出すことが必要である。本事業でその仕組みを作ることにより、森林整備が進み、地域に新たな循環を生み出すことができると考える。

3) 長生地域の現状

①長生地域の森林・林業の歴史と現状

長生地域の地形は、海岸部は平坦な土地が続くが、山側はちょうど手のひらを広げたような比較的深い谷津で、房総半島の分水嶺ともなっている。そのため、人工林より天然林が多く、典型的な里山地帯といえる。

昭和30年代までの長生地域の山間部は、燃料用の木炭・薪の生産、そして「長生椎茸」のブランドで流通していた。椎茸用のほだぎの生産等で林業自体が成り立っていたといえる。よって里山もその機能を十分に果たしていた。

しかし、その後の高度成長による生活環境の変化は、林業の衰退と若者の流出を促進させ、担い手のいなくなった里山は所有者の高齢化と共に、荒廃の一途をたどることとなった。また里山は長い年月をかけ、山に住む動物と人里の緩衝地帯の役割を果たして来ていたのだが、荒廃が進むと共に、長生地域においてもイノシシ等の農地への被害が拡大して来ている。

近年、里山の荒廃を何とか食い止めようとする個人や民間団体の手で、少しずつ整備も始まって来ているが、人材の年齢層(職場をリタイアした60代以上が多い)、負担費用、排出材の処理、安全管理等の問題点も多く、なかなかはかどらないのが現状である。



図一 9 長生地域の森林の様子

(3) これまでの取組

1) 山武地域のこれまでの取組

山武市は平成 17 年千葉県で初の山武町バイオマスタウン構想を公表した町で、その後平成 18 年の市町村合併によって山武市となり、平成 21 年に山武市版のバイオマスタウン構想を策定した。そのとき、山武市新エネルギービジョンを策定しているが、その策定委員の有志で発足したのが山武の森再生協議会である。その後山武市とパートナーシップ協定を締結し、山武の森林の問題に山武市とともに取り組む中、地域特性を生かした小規模林業の実践、森林空間をいかしたイベント事業、それにエネルギー利用を組み合わせ、林業の 6 次産業化を目指したコミュニティービジネスに取り組み始めた。小規模林業では、土佐の森方式の軽架線集材法を山武に取り入れ、山武独自の工夫を加えて、「土佐の森×山武方式」を編み出し、さらに改良を加えようとしているところである。この方法に出会ったことによって森の奥から木を移動することが可能になったことが、素人向け林業の実践の始まりになった。

森林再生の具体的な取り組みとして、まず材を材として生かす方法の検証として H23 年に店舗兼住宅を建築した。切り捨てられた病害材を集材・搬出するところから大工と直接提携することで長尺材のコスト的メリットを活かせることと、サンブスギを熟知した地元業者の製材技術を生かすことで病害材の製材歩留りを抑えることができたことがポイントだった。また、家具メーカーの飛騨産業の協力でサンブスギの圧縮材を使った椅子を試作し、もともと家具には不向きな杉の用途を広げる可能性を見出した。森林空間利用では森のウェディングを企画実行して、すでに 4 組が山武の森で結婚式をあげた。

エネルギー利用では、大規模発電を誘致するのではなく、地域の木質資源を地域で使っていくバイオマスの地産地消が成り立つモデルを模索し、H23 年から農業用温室での熱利用の可能性を調査していた。森林と農地が隣接するこの地域において、地域住民が自ら行うことのできる森林整備により出てくる資源量に対し、農業用温室はその規模に見合った需要先となり得ると考え取り組んできた。



図－ 10 地元業者で製材



図－ 11 切り捨て病害木で作った家の建前



図ー 12 圧縮サンプスギの椅子



図ー 13 森のウエディング

2) 長生地域のこれまでの取組

本事業における長生地域の山の施業者はこの十数年来それぞれに里山整備に関わってきた個人及び団体の集合体（32名登録）である。年齢も23歳から74歳と幅広く（20代/1名・30代/9名・40代/4名・50代/4名・60代/10名・70代/4名）、それぞれの活動内容も異なる。しかし「目の前にあるこの豊かな自然環境を、このまま放っておくことができない」という気持ちは全員に共通している。

今までの活動内容として、《NPO法人たけもりの里》による竹林整備による森林の環境保全が挙げられる。里山を放置したことにより、森林全体への竹の侵入が始まり、今では山の頂上まで竹に覆われた場所もある。竹林は常に整備しないと人が入る事も出来ない藪となり、他の樹木を全滅させる危険性があるのみならず、筍はイノシシの好物でもある。《NPO法人たけもりの里》は竹を搬出し、搬出した竹を竹炭、竹粉、竹ベンチ等に加工して販売している。また、時季には筍の販売や筍堀の体験イベント、お正月の門松作り等も実施している。更に竹細工用の材料としても販売している。それと同時に、雑木や針葉樹の整備も実施している。

一方、《工房江澤》は木炭と薪の生産によって森林整備に取り組んでいる。昔ながらの土窯で作る炭の生産・販売や、ここ数年増加してきた薪ストーブ用の薪作り等で、必然的に森林整備をすすめている。丁寧に時間をかけて生産している炭は、パウダーにして食品にも利用される。脱サラから始めて10年を超え、里山の整備から培った技術は、近隣の山主さんから危険木の伐倒を依頼されるほどである。ここに集う人たちは、都会からのUターン者や、脱サラの人が多く、また、より安全な技術を広げようと、ロープ作業を主体とする「ツリークライミング」伐採を実践している。

また、《建築士・技術屋チーム》はログハウスを作り、ログハウスの素材の調達で森林整備につながっている。《建築士・技術屋チーム》は1級建築士、電気工事技師等、若い世代（30代～40代）が中心となっている。ガゼルやログハウスを作る時、丸太を他所から調達するのではなく、自分たちで必要な材を切り出し、加工することで、同時に森林づくりも進めている。また余った材で子供たちの物づくりワークショップも実施している。

さらに、クラフト作家による森林の活用チームでは、伐採された樹木の枝葉や、蔓、木の実等を使ったクラフト製品の販売や、ワークショップの開催、素材の販売も行っている。

(4) 地域のお産業の現状

今回の対象地域では、農業と観光業が重要な産業となっている。

山武地域では中央部が稲作を中心に、施設野菜、花き、植木類等バラエティに富んだ農業が営まれている。山武地域の 2006 年農業産出額は 427.9 億円で、千葉県全体の産出額の 10.7% を占め、野菜・米を中心とした農業生産が展開されている。長生地域の農業については、稲作を中心に海岸地帯のトマト・メロン・サラダ菜等の園芸作物をはじめ、多様な農業が営まれている。長生地域の 2006 年農業産出額は 189.2 億円である。

表－ 8 対象地域の 2006 年農業産出額

農業産出額合計		単位:千万円	
芝山町	593	茂原市	568
横芝光町	732	白子町	339
山武市	1,621	長柄町	145
東金市	733	長生村	211
九十九里町	219	長南町	195
大網白里町	381	一宮町	262
山武地域計	4,279	睦沢町	172
		長生地域計	1,892

出典：農林水産省「わがマチ・わがムラ」

その中に、熱を必要とする施設園芸も各市町村にたくさん分布している。2010 年世界農林業センサスの統計によると、山武地域と長生地域での 2010 年ハウス・ガラス室の経営体数がそれぞれ 1,788 と 740 になっている。千葉県での施設園芸の加温施設導入面積割合は 42% であり（「農林水産省園芸用施設及び農業用廃プラスチックに関する調査」平成 19 年）、当地域でも多くの暖房機が設置されていると考えられる。

表－ 9 2010 年に施設園芸に利用したハウス・ガラス室

	経営体数	面積 (a)		経営体数	面積 (a)
芝山町	308	12,072	茂原市	124	1,918
横芝光町	246	6,600	白子町	202	7,332
山武市	666	21,046	長柄町	18	234
東金市	210	3,089	長生村	86	1,199
九十九里町	150	3,597	長南町	16	98
大網白里町	208	4,370	一宮町	254	5,024
山武地域計	1,788	50,774	睦沢町	40	998
			長生地域計	740	16,803

出典：2010 年世界農林業センサス

一方、観光業について、山武地域は海水浴場や観光リゾート地としてもにぎわっている。長生地域では自然公園、ゴルフ場、海水浴場等の施設があり、近年では海水浴等夏期主体の季節型観光から通年型観光へ移行し観光客誘致を図るため、民宿にテニスコート等のスポー

ツ施設も併設している。また、両地域では観光農園も盛んに行われている。総務省統計局の平成 24 年度経済センサスによると、山武地域と長生地域の 2012 年宿泊・飲食サービス業の売上高はそれぞれ 168 億円と 218 億円である。

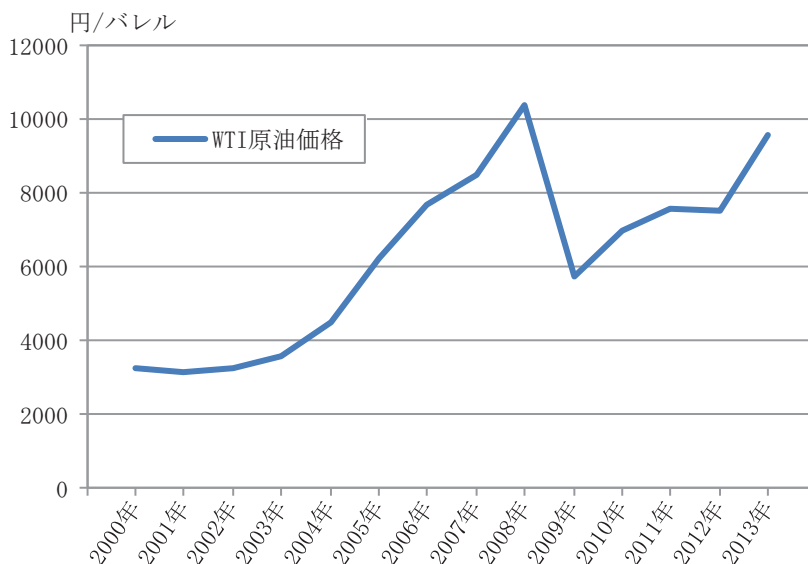
その中に、山武地域では 77 箇所、長生地域では 86 箇所の宿泊施設が点在している。特に長生地域の白子町では 18 箇所の温泉施設があり、観光業でも熱の需要があると覗える。地域の方へのヒアリング結果、旅館などの施設で使われている暖房機も重油暖房機が多いが、プロパンガスで温度を保つ業者もいる。

表－ 10 2012 年宿泊業事業所数

芝山町	1	茂原市	17
横芝光町	12	白子町	32
山武市	18	長柄町	6
東金市	18	長生村	12
九十九里町	19	長南町	1
大網白里町	9	一宮町	17
山武地域計	77	睦沢町	1
		長生地域計	86

出典：総務省統計局 平成 24 年度経済センサス

ヒアリング結果によると、近年の石油価格の上昇、予測不能な変動性により、農業・観光業の経営状況は厳しくなっている。その中でも特に、農業における施設園芸と観光業における宿泊・温浴施設においての燃料費の高騰は、大きな影響を及ぼしていると考えられる。



出典：IMF - Primary Commodity Prices

図－ 14 原油価格の変動

地元農家へのヒアリングによると、ここ 10 年で燃料費は 10～20%高騰している。生産品の出荷価格は市場の相場などで決まってしまうため、コストが上がった分どこかを削らなくてはならない状態になっている。また、油の価格の変動が大きいため、長期コストが計算しづらいことも、大きな悩みとなっている。施設園芸では、燃料費削減のために暖房を調整しても、成長の遅れから出荷時期がずれてしまうなどのことから値段が落ちてしまう。ヒアリングした地域では、胡蝶蘭やカーネーション、きゅうりなど暖房費が大きくかかってしまう作物は、生産されなくなってきており、多くの場合は燃料のあまりかからない作物の生産に、転作している状態である。

1973 年以後、2 回のオイルショックを経て、施設園芸は省エネを目指して、施設内カーテンの利用、暖房機の効率化などの施設の改良、また品種の改良など多くの技術革新が図られた。そうした中で、2004 年頃から再び燃油が高騰し、農林水産省は各種対策を取り始め、現在では、燃油価格高騰対策緊急事業によって、省エネルギー設備導入のリース事業、高騰時の補てん金制度を設けている。また、農業経営として温度管理の徹底、低温適応性品種や品種の導入、作期の移動などの対策を講じられているが、なお一層の燃料費の節減が求められている。

観光業でも採算性が燃料費に影響されている。ヒートポンプ等新たな暖房システムの導入も進んではいるが、設備投資にお金がかかるため、ランニングコストが安くなっても、トータルでのコスト削減効果があるかということが問われる。温泉施設の業者からの情報によると、日帰りの顧客から 1000 円/人の施設利用代金を徴収しているが、それがちょうどプロパンガス代をカバーする状態になっているという。

1. 1. 3 事業の目的

(1) 事業の目指すところ

1) 丸太燃料流通システムのモデル構築

木質チップやペレット、薪など従来利用が進む木質バイオマスとは異なり、”丸太燃料”を用いた他に類のみない新たな流通システムのモデル構築を目指す。丸太は他の木質バイオマスと異なり、加工の手間が少なく供給価格の低廉化の期待も高い。また汎用的な機械で製造が可能なることから、プロの林業家や加工業者でなくても地域住民など多様な主体による事業化の可能性も考えられ、あらゆる地域への普及も期待される。



図一 15 丸太燃料

2) 地域住民主導による仕組みの構築と自立的運用

丸太燃料を使う大きなメリットの一つとして、だれにでもできる可能性のある難易度の低さがあげられる。本事業では、いわゆるプロの林業家や加工業者が行うのではなく、地域住民主導によりできるだけ簡易で安価な方法により、森林からの搬出、加工、配送、利用までを行うための仕組みの構築を図るとともに、実証事業終了後（平成 28 年度以降）の自立的運用と全国への波及を目指す。



図一 16 丸太の搬出・加工作業

3) 持続可能な小規模林業の実現

国の掲げる森林・林業再生プランが集約化や機械化等により目指す大規模林業は、森林組合や素材生産業者がそれなりに機能し、収益性の良し悪しはあれども森林整備事業や木材産業が一定規模で行われている地域を対象としたものであり、いわゆる里山中心の被林業地においてそこに取り組むのは非合理的である。本事業では、所有者あたりの森林面積の小さな森林の点在化する被林業地域において、ノンプロによる材の搬出システムを構築するとともに、エネルギー利用をベースとした持続可能な小規模林業の実現を目指す。

経済的に持続可能な小規模林業の仕組みづくりをするうえで、本事業で構築するエネルギーシステムと合わせて高付加価値の材の流通システムの構築やCO2 吸収、レクリエーションといった多面的機能を有する森林資源の新たな利用の仕組みづくりも必要となることが想定される。そのため、本事業と並行してそうした仕組みづくりについても地域で検討し、小規模林業の実現と荒廃する森林の再生を目指していく。



図－ 17 持続可能な小規模林業のイメージ

4) 木質バイオマスの利用を通じた地場産業活性化

山武地域や長生地域は温暖な気候と大需要地近郊のメリットを生かして農業が盛んであり、都会からのアクセスの良さを利用した観光農園が盛んに行われている。しかしながら昨今の石油価格の上昇、予測不能な変動性により、農家の経営環境は厳しさを増している。また九十九里エリアを中心に点在する宿泊施設においても、同様にボイラー燃料の高騰、変動性に悩まされている。

木質バイオマスのエネルギー利用を通じて、これまでつながりの薄かった林業とこうした域内の産業を結び付けることで、燃料費の負担の軽減を図り、産業間連携による地場産業活性化の好循環を創出していくことを目指す。



図一 18 施設園芸

5) 地域の自給力の向上・自立性の高い市民育成による農山村の活力再生

これまで産油国など域外に依存していたエネルギーを域内で地域住民自らの手により自給する仕組みを構築することで、域外への資金の流出が抑制され、域内で新たな経済循環が生まれるなど地域経済の振興に大きな効果が期待できる。直接的な経済効果に限らず、地域住民自ら地域の森林の価値を見出し、適切に利用する仕組みが構築されることで森林環境の保全も期待される。こうした内発的なムーブメントにより、地域の自給力の向上や自立性の高い市民の育成を図ることで、活力を失う農山村の活性化に結び付けていくことを目指す。

(2) 事業の実施目標

3カ年の事業では、最終的に山武・長生地域に合計21台の木質バイオマス暖房機を導入し、森林からの材の集荷と丸太燃料への加工、配送を行い、暖房・給湯用に利用するシステム実証を行う。

事業3年目には合計2,674m³（乾燥重量1,173t）の丸太燃料を供給し、年間18,064GJの丸太燃料由来のエネルギーの利用を目指す。初年度となる今年度は10台の木質バイオマス暖房機を導入し、284tの丸太燃料の利用を予定する。

表一 11 事業の実施目標

	平成25年度	最終年度：平成27年度
木質バイオマス暖房機導入台数	10台 (温風タイプ：農業用施設2台、その他1台、温水タイプ：農業用施設3台、事務所その他4台)	21台 (温風タイプ：農業用施設13台、温水タイプ：宿泊施設2台、事務所3台、住宅3台)
木質バイオマス年間利用量	284t (乾燥重量)	1,173t (乾燥重量) 2,674m ³
エネルギー年間利用量	4,374GJ	18,064GJ

本事業終了以降は年間数千 t 単位の材が林内から搬出され、燃料向けをはじめ多様な利用が進んでいくことで、これまで手付かずだった森林の適正な管理が進み、活力を再生させていくことが期待される。

1.2 事業の実施体制

山主、農林業従事者、地域団体、大学、行政、メーカーとコンサルタントなどから構成する「丸太利活用地域協議会」を設置し、実証実験による検証を通して、地域に適合する丸太燃料流通システムの構築を目指す。千葉大学中込教授が協議会会長を務め、協議会の運営、及び事業全体の運営管理は、千葉大学大学院工学研究科中込研究室を代表とする事務局が担う。また、バイオマスにかかわる多分野における知見・実績の豊富なメンバーで、各関係チームを設置、それぞれのチーム代表から構成されるコア会議を設置し、実質的な調査、評価、計画策定を実施する。



図－ 19 事業の実施体制

表－ 12 コア会議メンバー

コア会議メンバー	
プロジェクトリーダー	中込秀樹
渉外・事務局	足立真理子
渉外・事務局	千葉美賀子
渉外・事務局	宮下敏男
技術チーム	和嶋隆昌
技術チーム	市橋利夫
山武チーム	佐瀬響
長生チーム	江澤日出夫
ビジネスモデルチーム	新宅一憲
広報チーム	中谷正人
広報チーム	井上源太郎

第2章 実証事業の全体概要

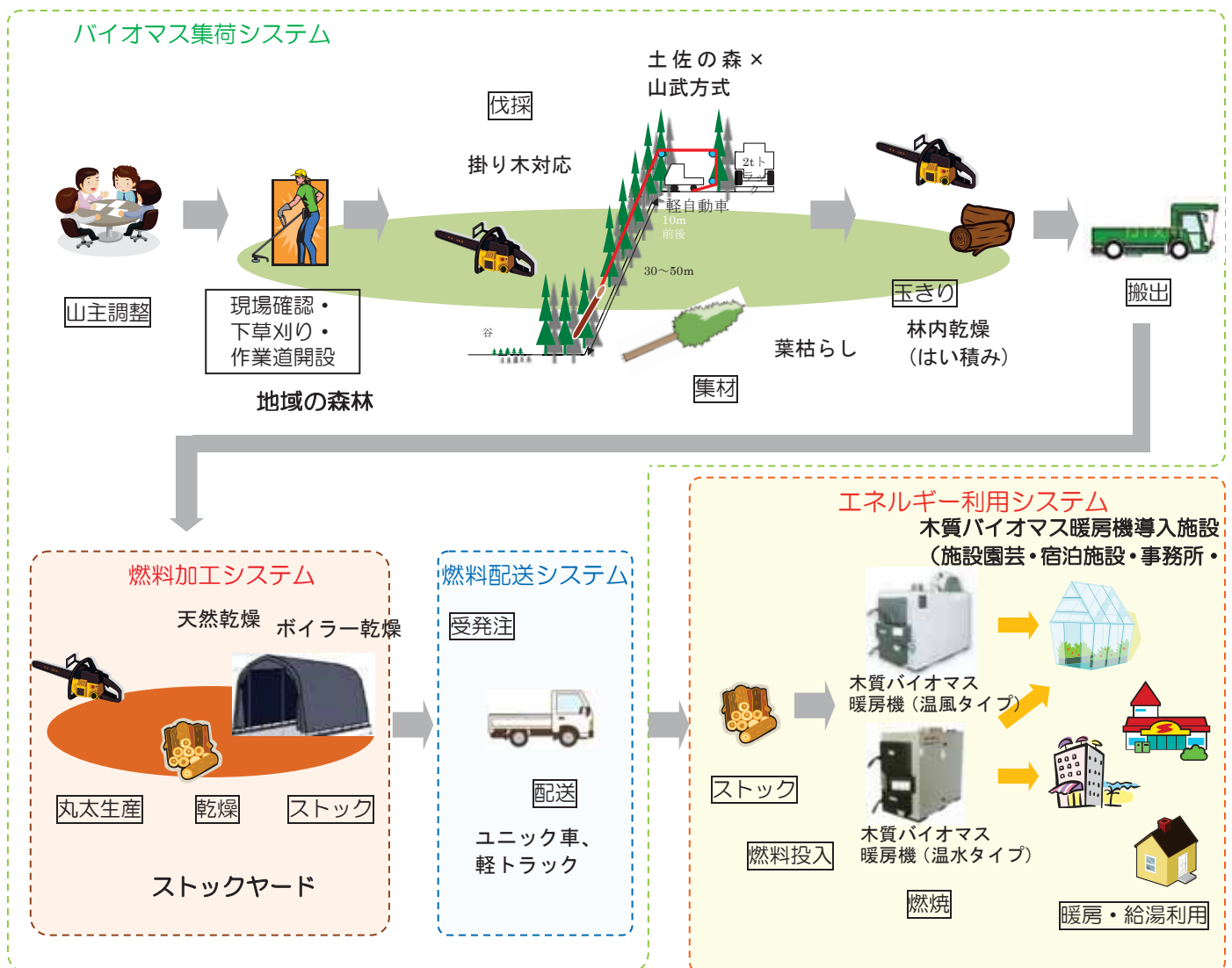
2.1 地域システムの全体概要

本事業では林内での原木の伐倒から搬出、丸太への加工（玉切り、乾燥）、丸太燃料の配送、ユーザーによる利用までの丸太燃料流通の地域システムの構築を目指す。

実証は、「バイオマス集荷システム」「燃料加工システム」「燃料配送システム」「エネルギー利用システム」の4つの個別システムにより相互連携を図りながら実施し、生産性や経済性、技術性の観点から評価・検証を行う。

個別システムの検証により、それぞれのシステム最適化を図る一方、上流から下流までの全体システムとしての最適化と、将来的な地域への定着を図るための仕組みづくりとして地域システムの評価を実施する。

最終的には、3カ年の事業終了後に地域の関係者による自立システムとしての定着を目指すとともに、全国の都市近郊型小規模森林地をリードする地域モデルの構築を目指す。



図－20 丸太燃料流通の地域システムの全体像



図- 21 丸太燃料流通の地域システムの拠点地図

2.2 個別システムの概要

丸太燃料流通システムを構成する個別システムの実証の内容について、以下に整理する。

(バイオマス集荷システム)

山武・長生両地域においてそれぞれ、プロの林業家ではなく地域住民を中心としたオペレーターを組織化し、現場確保の森林所有者の調整から、林内での伐採、集材、ヤードへの燃料用丸太の搬送の実証実験を実施する。各地域では現場条件に合わせて各々個別の施業パターンを展開し、材の集荷に係る生産性、経済性等のデータを収集・分析するとともに、オペレーター技能の向上や現場発信のアイデアを中心とした改善策の提案・検証を行う。

(燃料加工システム)

丸太燃料の製造に係る玉切り、乾燥の工程について、全体の流通システムから独立して個別の加工実験、乾燥実験を行い、生産性、経済性等の効果検証を行う。加工実験については、暖房機で利用可能なサイズへの丸太の玉切りに要する生産性・コスト分析を行う。乾燥実験については、①ラボ実験と②現場における乾燥実験を行い、条件による丸太燃料の乾燥特性を把握する。現場における乾燥実験では、乾燥場所と材の形状により複数のパターンを設定し、比較検証する。

(燃料配送システム)

製造した丸太燃料をユーザーとなるモニター施設への配送し、データ収集・分析を行い、生産性、経済性を検証する。今年度はパレット積載によりユニック車を用いて丸太燃料を配送するパターンのデータ分析を行う。

(エネルギー利用システム)

山武・長生両地区で施設園芸や事務所等に丸太を燃料とする木質バイオマス暖房機を導入し、燃焼性、暖房効果等の検証を行う。

個別システムの目的、実施内容、目標については、以下のとおりとする。

表－ 12 個別システムの実施内容・目標

	目的	実施内容	事業目標
バイオマス集荷システム	<ul style="list-style-type: none"> 素人でもできる簡易な方法による森林からの原木集荷システムの構築 林内からの伐採・搬出に係る生産性、及び経済性を把握する 	<ul style="list-style-type: none"> 搬出実験の実施 課題と対策案の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 山武・長生地域で行う森林整備作業について現状を把握し、その特徴と課題を洗い出す 丸太の集荷コストの把握
燃料加工システム	<ul style="list-style-type: none"> 林内から搬出した原木から丸太燃料への効率的・安定的な製造・加工法の確立 木質バイオマス暖房機で求められる規格を満たすための乾燥方法の最適化 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料用丸太の加工実験 丸太乾燥のラボ実験 現場における乾燥パターン比較実験 	<ul style="list-style-type: none"> 含水率 20%W.B.の燃料用丸太の安定的生産 流通システム全体で 15,000～30,000 円/t で燃料用丸太を供給するためのコストでの加工
燃料配送システム	<ul style="list-style-type: none"> 燃料丸太配送に係る生産性及び経済性を把握する 加工された燃料丸太を安定的・効率的に熱利用先に配達する方法の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料用丸太の配送実験 課題と対策案の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 流通システム全体で 15,000～30,000 円/t で燃料用丸太を供給するためのコストでの配送
エネルギー利用システム	<ul style="list-style-type: none"> 丸太燃料を活用した木質バイオマス暖房機の安定的な稼働を確認 	<ul style="list-style-type: none"> 木質バイオマス暖房機の設置・導入 暖房機のモニター施設における稼働状況の分析 	<ul style="list-style-type: none"> モニター10 個所への導入 年間 284t の燃料用丸太の利用

第3章 個別システム実証の取組結果

3.1 バイオマス集荷システムの取組結果

3.1.1 システムの概要

(1) 集荷システム

山武地域と長生地域の集荷システムのフローは以下の表に示される。

表-13 集荷システムフロー

山武地域	伐採 → 集材 → 積み込み → 運搬 → スtockヤード [軽架線の利用 (土佐の森×山武方式)]
長生地域	伐採 → 加工 → 集材 → 積み込み → 運搬 → スtockヤード [手作業]

特に山武地域では、「土佐の森×山武方式軽架線集材法」が採用されるのが特徴的である。その方法の由来として、「土佐の森方式軽架線」である。四国のNPO法人土佐の森・救援隊が考案した「土佐の森方式軽架線」は、シンプルな架線（ワイヤー、滑車、ナイロンスリングの組み合わせ）に軽ウインチ（単独エンジン又は林内作業車のウインチを利用）を使って、特に林業架線の技術・知識がなくても、簡単に且つ安全に、切り捨て間伐などの林地残材を集積・搬出することができる。山武地域では平成23年2月からこの方法が導入され、試行錯誤の末、軽ウインチ部分に自動車の車輪の動力を利用する方法が考案され、『土佐の森×山武方式』と名付けられた。地方の農村では誰でも持っている軽トラックまたは軽バンを利用した方法で、多くの人が山に関する動機が生まれることが狙いである。

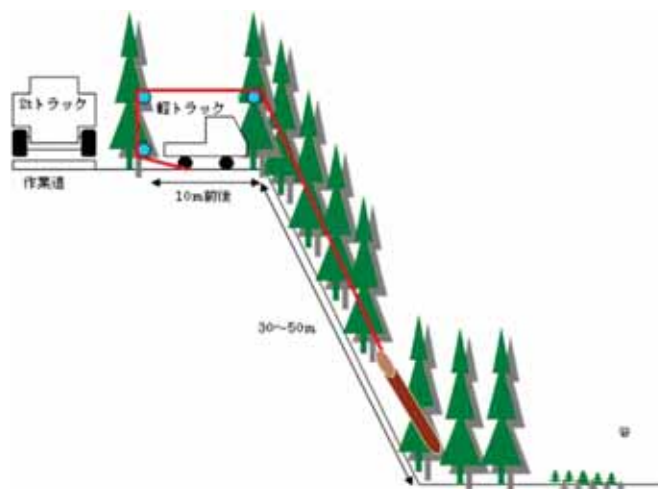


図-22 土佐の森×山武方式軽架線集材法



図- 23
軽架線システム キャリア



図- 24
キャリアで集材している様子



図- 25
駆動輪ウインチ

道具一式は軽トラック又は軽バンに積むことができ、作業者は最低3人1組で作業が行えるというコンパクトさが特徴である。山武地域の林地は2t車が入れる林道又は作業道から10m前後の肩の先が斜面という地形が多い。軽トラックなら2t車では入れない林地内の斜面の肩まで入り込む事が可能であり、表土も荒らさない。斜面の肩までウインチが入れば、ウインチを操作する作業員から作業エリア全体が直接見通せ人手も省け、且つ、より安全に作業ができる。またガソリンエンジンの軽自動車は、ディーゼルエンジンの大型車両に比べ格段に静かで作業員間のやりとりを妨げる事も少ない。よって、小規模ではあるが、より安全で疲れの少ない「素人向け林地作業」が実現可能となる。

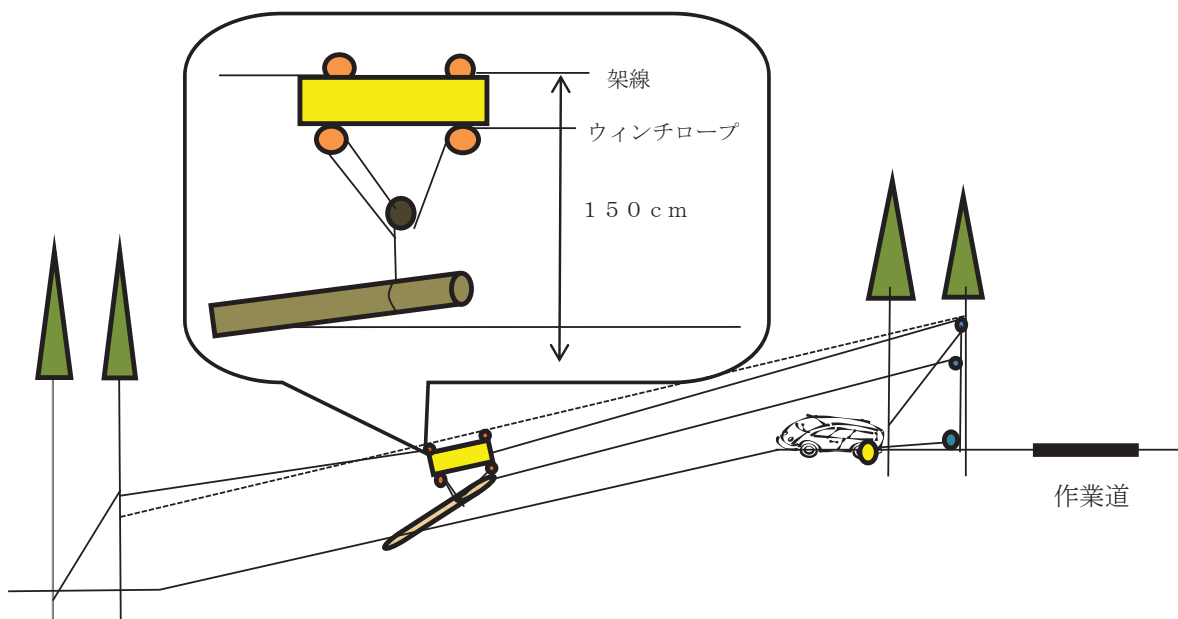


図- 26 土佐の森×山武方式システム

長生地域では、杉等の人工林間伐は少なく、広葉樹を取り扱うことも多い。また杉は皆伐が主流である。そのため、軽トラック等の運搬車両が林地内に入れる場所では、倒伐したその場で求める長さに加工し、近くまで移動した軽トラックなどに人力作業で積み込む。

また、林地内に運搬車両が入れない場合は、運搬可能な大きさに切断し、運搬車両まで一輪車等により運び込む。

(2) 集荷体制

山武地域では、山武の森再生協議会の活動の中から生まれた市民団体である森の小人と、関係団体である NPO 法人 W0-un のメンバーが中心となり、森林資源の利用を通じた森の再生と地域活性化をめざしたコミュニティビジネスの一環として本事業に取り組んでいる。いわゆる林業のプロではなく、自営業、アルバイト、芸術家、木工職人などの集まりである。

長生地域では、第 1 章の「これまでの取り組み」に記述したように、専業従事者はおらず、NPO 法人竹もりの里が中心となって、登録メンバーの中から、施行計画に基づき、都合のつく人員でチームを編成し稼働させている。

ただし、「安全」を第一義とするため、両地域とも安全講習は必須としている。

3.1.2 システム実証の目標

バイオマス集荷システム実証の目的、実施内容、成果目標について、以下の通り設定した。

表－ 14 バイオマス集荷システム実証の目的

目的	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 素人でも出来る簡易な方法による森林からの原木集荷システムの構築 ◆ 林内からの伐採・集材・搬出に係る生産性及び経済性を把握する
実施内容	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 搬出実験の実施 ◆ 課題と対策案の検討
事業目標	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 山武地域、長生地域で行う森林整備作業について現状を把握し、その特徴と課題を洗い出すこと ◆ 丸太の集荷コストの把握

3.1.3 実験計画

山武、長生両地域において、今年度重点的に行った現場をモデルエリアと設定して、一現場あたりの総経費を分析し、コスト評価を行った。

山武地域は間伐の現場、長生地区は皆伐の現場となっており、現場条件の違いから特に集材と加工で異なるシステムを採用している。

各モデルエリアでのデータ収集期間と施業システムの条件を以下に示す。

表－ 15 各地域における集荷実証の実施概要

地域	モデルエリア	データ収集期間	間・皆伐	施業システム
山武地域	高松金属の現場	1月8日～2月26日 うち作業日数 22 日	間伐	チェーンソー伐倒後、軽架線集材を行い、ユニック車でヤード搬送し、ヤードで加工
長生地域	白子町関の現場	11月6日～1月4日 うち作業日数 38 日	皆伐	チェーンソー伐倒後、その場で丸太燃料加工し、林内に搬入した軽トラに手積みで積込

※生木比重 0.9、乾木比重 0.35 (20%W.B.)



図-27 現場空中写真（左：山武地域高松金属そば、右：長生地域白子町関）

モデルエリアでの作業は、作業日報を中心に記録。搬出材積記録、現場でのヒアリングを通してなどの方法で、さらに現場の情報を集め、生産性やコスト分析の材料とした。



図-28 現場でのヒアリングの様子

No.	地域	地名	従事者	月日	作業名1	時間1	作業名2	時間2	作業名3	時間3	作業名4	時間4
長生	白子	西出 慎行	12月16日	移動	1.0	保守点検	1.0	運搬	5.5	その他	0.1	
		高浜 文雄	12月16日	移動	1.0	運搬	7.0					
		立石 圭一	12月16日	移動	1.0	保守点検	0.5	伐却	5.5			
		水野 寛之	12月16日	移動	1.0	保守点検	1.0	運搬	5.5			
		田島 俊介	12月16日	移動	1.0	保守点検	1.5	伐倒	2.0	枝切り	1.1	
		深江 英雄	12月16日	移動	1.0	保守点検	1.0	伐倒	2.5	枝切り	1.1	
		鈴木 幹一	12月16日	移動	1.0	保守点検	1.0	伐倒	2.5	枝切り	1.1	
		藤嶋 真一	12月16日	移動	1.0	保守点検	1.0	運搬	5.5			
		白井 孝賢	12月16日	移動	1.0	保守点検	0.5	枝切り	3.0	玉切り	3.1	
		江澤 日出夫	12月17日	移動	1.0	保守点検	1.0	結木処理	3.0	粉砕	0.1	
		筒井 直伸	12月17日	移動	1.0	保守点検	0.5	伐倒	3.0	枝切り	1.1	
		小野 征止	12月17日	移動	1.0	保守点検	0.5	伐倒	3.0	枝切り	1.1	
		長岡 良	12月17日	移動	1.0	保守点検	1.0	伐倒	2.0	枝切り	2.1	
		水野 昭雄	12月17日	移動	1.0	保守点検	0.5	積み込み	5.0	ゴミ処理	1.1	
		鳥田 年男	12月17日	移動	1.0	保守点検	1.0	粉砕	2.5	集材	3.1	
		小川 敏雄	12月17日	移動	1.0	運搬	5.5	下草処理	1.5			
		立石 圭一	12月17日	移動	1.0	保守点検	0.5	粉砕	5.0	伐却	0.1	
		菅原彰 広和	12月17日	移動	1.0	保守点検	1.0	粉砕	4.5	集材	1.1	
		藤嶋 真一	12月17日	移動	1.0	保守点検	1.0	積み込み	5.0	粉砕	1.1	
		江澤 日出夫	12月18日	移動	1.0	保守点検	1.0	集材	3.0			

図-30 集計データの一例（一部抜粋）

【丸太君プロジェクト作業日報】 氏名： _____ 作業日： 月 日

天気	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
作業場所												
移動												
点検・保守												
下草処理												
伐倒 (%)												
枝切り (%)												
玉切り (%)												
積材												
運搬												
その他												

注 伐倒、枝切り、玉切りを交互に行った場合は その割合 (%) を適宜に記入してください。

【作業メモ/今日の発見】

※現場の状況や作業の難易度、うまいやり方や特に大変だったこと、報告が必要なこと、みんなで共有しておくべきことなど、作業中に気づいたことを自由に記入してください。

記入例

- ・伐倒した木は道側で時間を要した。
- ・下草刈りでゴミ集めが大変だった。
- ・玉切りは1/3がランカンで3/2が移。

※本日使用した機械に○を付けてください。

①チェーンソー ②手鋸 ③ノコギリ ④チェーンソー ⑤チェーンソー ⑥チェーンソー ⑦チェーンソー ⑧チェーンソー ⑨チェーンソー ⑩チェーンソー

⑪チェーンソー ⑫チェーンソー ⑬チェーンソー ⑭チェーンソー ⑮チェーンソー ⑯チェーンソー ⑰チェーンソー ⑱チェーンソー ⑲チェーンソー ⑳チェーンソー

作業分類	作業内容	作業時間	作業量	作業単価	作業コスト	作業効率	作業品質	作業安全	作業環境
含まれる作業									

図-29 作業日報見本

伐採、集材作業について、今回のモデルエリアでの作業の様子について記載する。

1) 伐採工程

伐採工程はいずれの地域もチェーンソーとくさびを活用した共通の基本パターンを採用した。伐採工程の手順の一例を以下に示す。

表－ 16 伐採工程の手順

伐採工程	作業人工 (作業時間)	作業内容	所要備品
伐倒準備 (見極め)	2人	立木間のスペースや木の重心、周囲の建物や道路の状況などを見ながら、木を倒す順番や方向を決める。	
伐倒	2人(1人) (1本の木に、 5～10分程度)	チェーンソーで両側に刃を入れて(必要であればくさびを打ち)自然に倒れるのに任せる。ここままであれば、1人でも作業可能。 掛かり木などで自然に倒れない場合には、2名作業が必須になる。	チェーンソー チャップス くさび×2個 ハンマー フェリングレバー 木回し(大)
計測、玉切り	2人 (1本の木に 10～15分程度)	伐採後、林業用メジャーを当てマークをし、マークに合わせて玉切り。枝葉も落としていく。 最後に、集材しやすいよう材の向きや現場の地面を整える。	チェーンソー チャップス 林業用メジャー とび

伐採工程写真（山武地域）



①伐採地の立木間のすき間



②見極めをして伐倒方向を確認



③最初に倒す方向から刃を入れる



④反対側にも刃を入れてくさびを打ち込み伐倒



⑤フェリングレバーで木を回して、掛かり木を外す



⑥林業用メジャーで長さをマーキング



⑦マークに沿って、4m20cmに玉切り



⑧玉切りと同時に枝葉も落とす



⑨集材しやすいように材の移動と場の整理

図－ 31 伐採工程写真

2) 集材工程

①山武地域の例

山武地域の集材では「土佐の森方式の軽架線集材システム」を採用した。以下の図のように、軽トラックのホイールをウインチにした部分からワイヤーを張り、それにそって切り出した材を集材する方法である。この図の場合、左から右に向かって材を引っ張ってきている。

表－ 17 山武地域の集材行程

工程	作業人工 (作業時間)	作業内容	所要備品
集材準備	3人 (ひと現場に対し 60分未満)	主索の設置、ウインチとして使う軽自動車の設置など。 主索は現場が変わるまで撤去しない。	
ワイヤー運び、 玉掛け	3人 (2,3本の木に 3分程度)	ワイヤーを運び、材に玉掛け。 1名軽トラック待機。	軽トラック 軽架線システム
軽架線システムで 集材	3人 (2,3本の木に、 3分程度)	軽架線システムで集材。材が枝葉に引っかかる、材を引く方向を変えるなどの際は、とびを使って持ち上げる。 1回に4m材や8m材を2,3本集材。	軽トラック 軽架線システム とび

土佐の森方式による集材工程写真（山武地域）

 <p>高松金属でのシステム図</p>	 <p>親網（主索）を張る</p>	 <p>引き綱を張る</p>
 <p>①引き綱のワイヤーを材の所まで運ぶ</p>	 <p>②玉掛けをする</p>	 <p>③軽架線システムで集材</p>
 <p>④材の引っかかり防止、方向転換時のため、後ろに付く</p>	 <p>⑤架線で引き上げながらそのまま積み上げる</p>	 <p>⑥長いまま集材したものはここでカット</p>

図－ 32 土佐の森方式による集材工程写真

②長生地域の例

以前はユンボで林内まで集材に行く方法をとっていたが、雑木（曲がり木）が多いため、玉切りをしてある丸太を人力で運ぶ方法をとっている。

曲がり木の場合重心を取るのが難しく、作業効率がそれほど良くならないことや、崩れる危険があるため、人力で行っている。

長いスギがたくさんある、長いまま利用する丸太がある場合などは、ユンボを利用した方が効率良く作業できる可能性があるため、使い分けの判断が重要であることがわかった。

表－ 18 長生地域の集材工程

集材（積込）工程	作業人工 作業時間	作業内容	所要備品
林内集積	2人 (5分程度)	玉切りした材を、手作業で林内に積み上げる。 伐採後の木を何ヶ所かに分けて、近くのもの 同士まとめておく。	
積み込み	2人 (軽トラック1台 分に、10～15分程 度)	林内に軽トラックを入れ、材を積み込む。近 くまで入れない場合は、一輪車に丸太を乗せ て軽トラックまで運ぶ。 軽トラック1杯、350kg程度積み込んでいく。	軽トラック 一輪車 とび
ロープ掛け	2人 (3分程度)	配送中に丸太が落ちないように、荷台にロー プを掛ける。	ロープ

ユンボ・人力による集材工程写真（長生地域）



図－ 33 人力・ユンボによる集材工程写真

3.1.4 バイオマス集荷システム実証の実施結果

実証実験において収集した日報データを分析し、今年度実施した基本パターンによる材の伐採・搬出・運搬のコストについて整理した。

今年度は山武地域において、延べ22日の作業で25.3m³、11.0t（20%W.B.）のスギを主体とした丸太燃料を製造した。長生地域では延べ38日の作業で171.5m³、50.4t（20%W.B.）のスギを主体とした丸太燃料を製造し、両地区合計で196.8m³、61.4t（20%W.B.）の丸太燃料の製造を行った。

生産性はいずれの地域も1.0m³/人日を下回り、従来の林業経営における間伐の生産性3.3m³/人日、及び機械化林業で目指す10.1m³/人日（いずれも林野庁「林業構造の展望について」（林政審議会H23.3.29資料）より）と比較して大幅に低い結果となった。その中でも皆伐を行った長生地域の方が、間伐の山武地域の現場と比較して生産性が2倍程度となった。軽架線集材と林内に直接軽トラックが侵入して行う集材とでは、生産性に明らかな差がみられる結果となった。

表－19 モデルエリア実施結果一覧表

	山武地域（高松金属そば）	長生地域（白子町 関）
作業期間	1月8日～2月26日 うち作業日数22日	11月6日～1月4日 うち作業日数38日
生産量	25.25m ³ [生木換算22.7t] [乾木換算11.0t]	171.5m ³ [生木換算98.1t] [乾木換算50.4t]
対象樹種	針葉樹（主にスギ）	針葉樹（主にスギ）
間・皆伐	間伐	皆伐
労働生産性	0.36m ³ /人日	0.62m ³ /人日
労働費	694,313円	2,780,000円
燃料費	40,569円（実費） [軽油218L、ガソリン83L]	144,854円（実費） [ガソリン825.7L、混合ガソリン50L]
設備費	155,253円 [7,057円/日] [計22日作業]	162,388円 [4688円/日（2チーム作業時）] [3475円/日（1チーム作業時）] 日報より、 [2チーム分装備25日] [1チーム分装備13日]（計38日作業）
消耗品 その他費用	48,165円 ・39,165円 [燃料費、設備費の合計の20%] ・9,000円 [=パレット2,500円×6枚]	61,449円 [燃料費、設備費の合計の20%]
計	938,299円	3,148,691円
【諸条件】 比重：生木0.90、乾木0.35（含水率20%W.B.）、労働生産性：（伐採からヤード運搬までの）生産量/延べ人工、労働費：人件費1日10,000円を8時間労働とみなし計算、設備費：日割りの損料計算。 品目・耐用年数は別表参照、長生の設備費は日報より各日の出勤人数を確認の上、設定、消耗品その他費用：保険/車検/その他一般管理費を含め、まとめて燃料費と設備費の合計の20%と設定、山武のパレットのみ、個別に算出		

3.1.5 バイオマス集荷システムの技術性

(1) 導入システムの技術的評価

既に示した基本パターンにおいて燃料集荷を行うに当たっては、作業そのもののみならず、現場での具体的な作業手順の検討をはじめとする、いわゆる”段取り”に要する時間が生産性やコスト改善の上でも無視できない要素であることが明らかになった。

伐採については、適正な管理がされずに伐採適期を過ぎた森林が多く、立木間の隙間が少ないため、掛かり木対応が必要なケースが頻発した。そのため、2名以上の対応が必要となった。

また、長生地域では広葉樹の雑木が多かったため、掛かり木防止のためのロープ対応を多用した。下草も多く、下草刈りの対応が作業の大きな割合を占めた。

これらのことから、森林の適正管理が進めば伐採効率も向上することが期待される。

集材に関しては、現場条件の違いが大きな影響を及ぼすことが確認された。間伐の山武地域では土佐の森軽架線システムを用いた集材を行った。皆伐の長生地域では短く切ったものを人力で集材し林内に直接侵入した軽トラックに積み込んだ。車両が直接侵入可能な現場では、人力による材の積込を行うことで、作業スピードが大幅に向上している。林内まで車両が入れない、材を長いまま扱いたい、という様な際には、軽架線システムが活躍をするが、現場の状況や材の状態を考慮の上、作業システムを選択する必要があると言える。

(2) 伐採・搬出作業の改善策の検証

実証実験における伐採・搬出作業を通して、現場主導により、多くのアイデアの検証を行った。これらの検証結果を踏まえて来年度に作業効率の向上や搬出工程の確立を進めていく。

1) 土佐の森方式軽架線システムへのスカイライン（主索）サポート、キャリアブレーキの導入（山武地域）

通常、軽架線システムでは、張られている主索の方向に沿って材を引き出す。しかし、定性間伐の現場においては、そのような方法では引き出しにくく、何度も架線張り直すなどの対応が必要となる。そこで、主索に対して直角に材を引っ張る方法も採用し、さらに予想外の動きをする架線により人や立木を傷つけないための改良として、スカイライン（主索）サポート、キャリアブレーキの考案・製作・使用を行った。

スカイラインサポートは、スカイラインに対して直角に材を引く際、スカイラインが材の方向に引っ張られることを防ぐためのサポートが可能である。また、キャリアブレーキはキャリアにキトークリップという製品を用いて重石をつけその重みでキャリアが止まる仕組みであり、キャリア部分が前後に動いて材がうまく引けなかったり立木や人を傷つけてしまう可能性が減少した。



①スカイラインサポート



②キャリアサポート

図一 34 土佐の森方式軽架線システムのカスタム

2) バギーウインチを活用した、広範囲集材システム（山武地域）

山武地域においては、隣接した作業道が整備されていない林地が非常に多く、軽トラックさえも近づけない現場も少なくない。そのため、伐採に行くことや、切った木を搬出することが難しい現場が存在する。

小回りが利き、道具が運べ、掛かり木の処理や集材も行えるウインチを取り付けたバギーを活用することで、より多くの現場、より広い範囲で、伐採や搬出が可能になる。昔の林業で、馬が使われていたような形で、バギーの利用を考えている。



①改造済の4輪バギー



②バギーのウインチ部分

図一 35 バギーウインチ試作品

3) 人力の雑木集材（長生地域）

針葉樹と違い雑木は曲がったものが多い。そのため、ユンボで掴んで集材するとバランスを取ることが難しく、林内で指定サイズに玉切りをして手運びをした方が、安全面と作業効率の向上が計れることが分かった。玉切り後の丸太を、軽トラックが進入できる数ヶ所に積み上げておき、後でまとめて搬出する方法で実施し、効率がよいことが確認された。今後も雑木に関してはこの方法で実施する予定である。



①林内集積の様子



②人力での積み込みの様子

図一 36 人力での集材の様子

4) 周辺に配慮した伐倒方法の選択 (山武/長生両地域)

伐採地周辺には、住宅や道路があり、周辺への配慮が必要であった。また、枝が大きく広がっている雑木や曲がっている木などを伐倒する際に、そのまま倒すと予想外の方向に倒れる危険性や、掛かり木対応が難しくなる恐れがあった。そのため、くさびやロープを用いて木の倒れる方向の制御を行い、安全性を確保した。また、これらの道具を用いた作業でチェーンソーの使用時間を短縮することで周辺への騒音を抑えることができた。



①刃を入れて、くさびを打つ



②倒したい方向の反対側から、必要に応じて複数使用



③ロープを掛ける



④木に刃を入れ、ロープを引く

図- 37 くさび、ロープを使った伐倒

今年度は現場発で様々なアイデア、改善が提案された。こうした改善が生産性やコスト、さらに安全性などにどれだけ寄与するのかを検証することが、次年度の課題と考えられる。より詳細なデータ収集と分析を行うことで検証を行う。

3.1.6 バイオマス集荷システムの経済性

丸太燃料集荷システムの実施結果をもとに、各地域での生産コストを算定した。

それぞれの地域では、特に集材と加工で異なるシステムを採用しているが、以下の様な条件のもとの算定である。

表－ 20 コスト算定の方法

算定の範囲	山主の調整⇒伐採⇒集材⇒ヤード搬送までを対象範囲とする。
計上費目	人件費、燃料費、設備費、消耗品その他
算定方法	<p><工程別コスト></p> <p>山主の調整:現場の聞き取りベースで一現場の調整にかかる時間を設定。 伐採～集材～ヤード搬送:日報ベースで、モデルエリアの施業に要する全体費用から分析。</p>
	<p><費目別コスト></p> <p>労働費:オペレーターの記録する日報より計上。 燃料費:燃料購入実績より計上。 設備費:現場で活用した設備の損料計算(日当たりコスト)。 消耗品その他:今年度の実験データからは分析不可能なため、燃料費と設備費合計の20%と設定。</p>
<p>※山武地域では、ここまでの工程とは別に、丸太を加工して配送。 長生地域のコストには、伐採時に同時に行われている加工分のコストも含まれる。</p>	

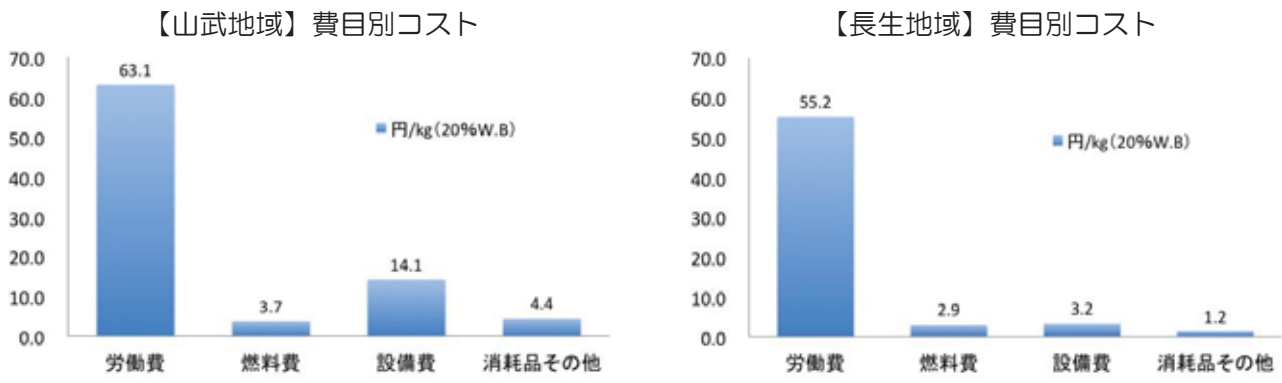
以上の条件から算定された、丸太燃料の集荷コストは以下の通りである。

皆伐を行った長生地域が62.5円/kgで間伐の山武地域と比較して2割程度安いコストとなった。施業方法がそれぞれ異なるため、単純な比較はできないが、作業環境も良く、生産性の高い施業が可能な皆伐地の方がコスト的には優位なことが示唆された。

費目別では、いずれの地域も労働費が60円/kg前後で全体の8～9割を占めており、その大幅な低減が重要な課題となる。軽架線集材の機器を活用した山武地域では設備費が14.1円/kgとなり、手積み集材の長生地域の3.2円/kgを大幅に上回る結果となった。

表－ 21 流通コストのうち山側の費目別コスト

	山武【高松金属】	長生【白子町関】
労働費	63.1円/kg (20%W.B)	55.2円/kg (20%W.B)
燃料費	3.7円/kg (20%W.B)	2.9円/kg (20%W.B)
設備費	14.1円/kg (20%W.B)	3.2円/kg (20%W.B)
消耗品 他	4.4円/kg (20%W.B)	1.2円/kg (20%W.B)
計	85.3円/kg (20%W.B)	62.5円/kg (20%W.B)
<p>【諸条件】 労働費:各地域の作業日報のデータをもとに集計し、人件費1日10,000円を8時間労働とみなし計算、設備費:単価3万円以上のものを日割り損料計算。現場毎、使用機械は異なる、消耗品その他:保険、車検、一般管理費等を含む。燃料費と設備費の合計の20%として計算</p>		



図一 38 費目別流通コスト (左：山武地域、右：長生地域)

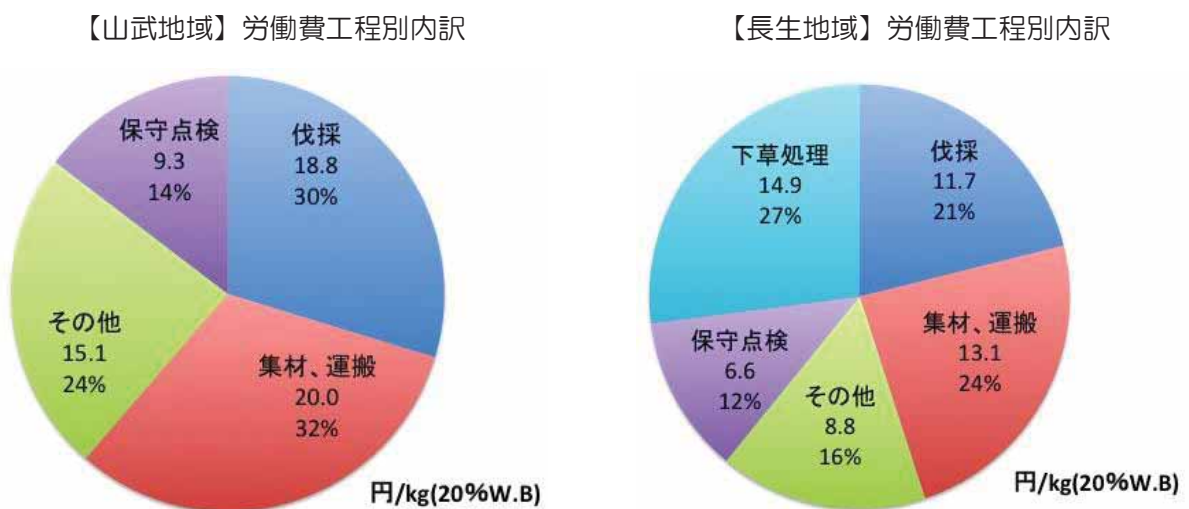
全体コストのうち際立って割合の高い労働費の工程別の内訳を示す。山武地域では、「集材、運搬」が最も多く、「伐採」、「その他」と続いている。長生地域は「下草処理」が最も多く、「集材、運搬」、「伐採」と続いている。長生地域で負担となる下草処理については、山武地域では実験実施前に既に行っていたことから、本コストには計上されていない。

表一 22 山側コストの労働費の工程別内訳

【山武地域】	伐採	集材、運搬	その他	保守点検	計
作業時間	165時間	176時間	133時間	81.4時間	555.5時間
労働費	206,250円	220,000円	166,250円	101,812円	694,313円
労働費/kg (20%W.B)	18.8円	20.0円	15.1円	9.3円	63.1円

【長生地域】	下草処理	伐採(加工含)	集材、運搬	その他	保守点検	計
作業時間	601時間	470時間	530時間	355時間	268時間	2,224時間
労働費	751,250円	587,500円	662,500円	443,750円	335,000円	2,780,000円
労働費/kg (20%W.B)	14.9円	11.7円	13.1円	8.8円	6.6円	55.2円

※労働費は、それぞれの地域の作業日報のデータを集計。地域毎、記録されている作業項目や、その他の作業の扱いに差異有り。山武地域は事前に下草の処理済み。



図一 39 工程別労働費内訳

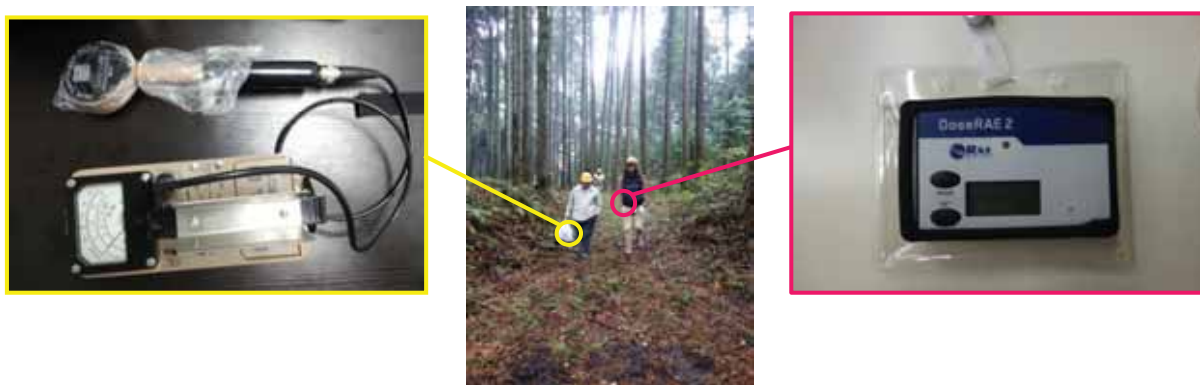
3.1.7 放射能汚染に係る安全性の確認

伐採の作業現場の空間線量、及び搬出した丸太の放射能の量を測定し、安全性の確認を行った。

山武地域、長生地域ともに伐採現場の空間線量を複数現場で計測したところ、いずれの現場においても $0.1 \mu\text{Sv/h}$ 以下で現場の安全性が確認された。

また集荷した丸太の放射能を分析したところ、山武地域、長生地域ともに、国及び千葉県の薪（加熱調理用）の指針に準じて 40Bq/kg 以下であることが確認された。

原木の放射能汚染に関しては、スポット的に放射能の数値に差がみられることも考えられる。今後も引き続きサンプリングを行い、丸太燃料の安全性について確認を行う。



図一 40 伐採現場における空間線量測定の様子と測定機器

3.1.8 バイオマス集荷システムの課題と対策

(1) 実験計画の見直しとデータ収集・分析精度の向上

事業初年度の今年度は、現場の事情を踏まえながら、データ収集、及び分析方法のカスタマイズを繰り返し実施してきた。次年度以降は、今年度の反省も踏まえ、的確なデータ分析を実施するために、施業シーズン開始前にデータ収集方法や分析方法を見直し、具体的な実験計画を立てて、データ分析精度向上を図る。

(2) データ分析を踏まえた流通システムの最適化の検証

事業初年度となる今年度は、現場での試行錯誤を繰り返して、各地域で実行可能なパターンにより施業を実施した。次年度以降は、今年度の実証データの分析結果を踏まえ、現場オペレーターとの意見交換も交えながら、生産性、安全性を改善させるための流通システムについて検討を行い、実証を通じて最適化の検証を行う。

(3) 現場条件に合わせた施業システムの体系化による“段取り”負担の軽減

実証実験を通じて、一連の現場作業における準備や施業方法の検討などの“段取り”に要する時間の割合が極めて長いことが明らかになった。段取り負担の軽減を図るために、現場条件に合わせた施業システムを体系化し、計画段階で現場作業を戦略的に計画立て、臨める体制を整えていくことが必要である。

たとえば林内での伐倒方向、集材ルートについて一定のルール化を図り、機械的に取り組むことで全体作業時間の短縮、コストダウンが期待される。これに関しては奥から順に伐倒する、搬出方向に伐倒する、伐採班・集材班に分かれて集材班が追いかけるように作業することで搬出作業がスムーズに進むことが経験的に分かっている。こうした経験則を体系化し、オペレーターに徹底していくことで、生産性の向上を図っていく。

(4) 現場アイデアによる改善策の効果検証

実証実験では、バギーウインチやくさびを用いた伐倒など、現場発での様々な改善が図られてきた。こうした改善が実際に生産性やコスト、さらに安全性にどれだけ寄与するのか、次年度以降は詳細なデータ分析により検証を行っていく。

(5) 広葉樹集荷の生産性等の検証

今年度の実証では、いずれの地域においてもスギを主体とした針葉樹林での施業となった。しかしながら特に長生地域は雑木の広葉樹林が多く、スギと異なり形状の特性から効率的な施業が困難と考えられる広葉樹の集荷に際しては、生産性が低下することが想定される。一方で、広葉樹は熱密度が高く燃料としての質は高い。次年度以降、広葉樹林の現場における集荷実証も実施し、生産性等の検証を実施する。

(6) 作業道の損壊・排水対策

緩い土壌のため、轍が崩れたり、雨の影響でぬかるんで作業道が損壊したりするようなケースが見られた。現場によってはユニック車の搬入ができなくなり、それにより数日間現場作業が滞る等、致命的な課題となっており、対策が急務な状況である。現状では砂利や鉄板を敷くことで応急的な措置を行っているが、林業のノウハウなども参考に、投資効果を前提とした改善策の検討が必要である。

3.2 燃料加工システムの取組結果

3.2.1 システムの概要

林内から搬出した原木から木質バイオマス暖房機で利用するための燃料用丸太に効率的に加工、乾燥させるための燃料加工システムを構築する。木質バイオマス暖房機では安定的な稼働と効率的な熱回収をするために、含水率 20%W.B. (湿量基準含水率) まで乾燥させることが求められ、またファーネスの形状を踏まえ、最大 50 cm (長生は 100cm) の長さ加工することが求められる。特に乾燥は丸太の形状、乾燥場所により乾燥速度や流通コストに大きく影響することから、ラボ実験を行うとともに、形状、乾燥場所のケースを想定し、実証実験により最適化の検証を行う。

3.2.2 システム実証の目的

燃料加工システム実証の目的、実施内容、成果目標について、以下の通り設定した。

表－ 23 燃料加工システム実証の目的

目的	◆林内から搬出した原木から丸太燃料への効率的・安定的な製造・加工法の確立 ◆木質バイオマス暖房機で求められる規格を満たすための乾燥方法の最適化
実施内容	◆燃料用丸太の加工実験 ◆丸太乾燥のラボ実験 ◆現場における乾燥パターン比較実験
成果目標	◆含水率 20%W.B. の燃料用丸太の安定的生産 ◆流通システム全体で 15,000～30,000 円/t で燃料用丸太を供給するためのコストでの加工

3.2.3 実験計画

1) 燃料用丸太の加工実験

①実験条件

ストックヤードに保管されている 4m の丸太燃料を、実際に使用する長さである 50cm に加工。加工した材の量や作業時間、必要備品等をもとに、コストや生産性を確認した。

実際の加工方法は以下の通りである。なお、この実験は山武地域にて行った。

加工作業の流れ（山武地域）



①ユニック車の足場など、準備



②加工する材にワイヤーを掛ける



③材を吊り上げて動かす



④治具に向けて移動中



⑤置き場所を調整し、治具に設置



⑥設置後、ワイヤーを外す



⑦チョークで50cm毎にマーク



⑧マークに合わせて一気に切断



⑨切断後の材を補助がかき出す

図－41 加工作業の流れ

②計測データと分析方法

作業工程毎、作業時間と人工、使用した設備や道具などを確認。加工量も確認した上で、コストや生産性を計算した。

また、今回の実験データをもとに、生産性、経済性の分析を行った。結果を踏まえ、改善方法についての検討を行った。

(2) 丸太乾燥のラボ実験

乾燥条件による丸太の含水率低減への影響の挙動を確認するため、丸太乾燥のラボ実験を実施した。多様な乾燥条件による丸太の含水率変化の挙動を確認し、その特性を把握した。実験結果からは、強制乾燥は80℃では効果的であるが、60℃、40℃であれば風乾とほとんど差がないこと、杉とシイはほとんど同様の乾燥傾向を示すことなどが明らかとなった。

①実験条件

(サンプル樹種)

- ・スギ、シイ

(サンプルサイズ)

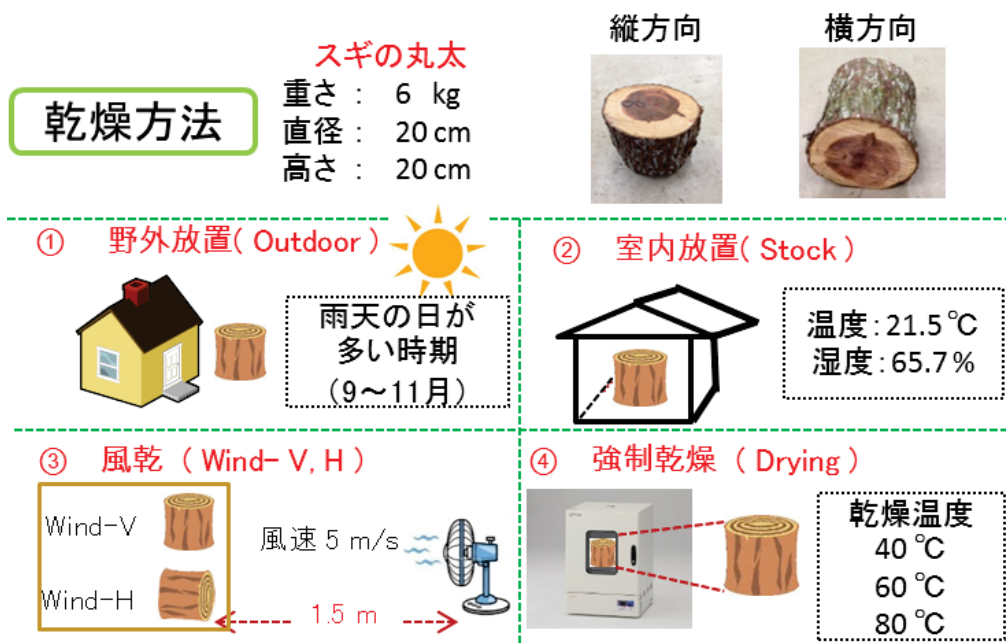
- ・直径 20cm、長さ 20 cm、重量 6kg の丸太

(乾燥方法)

- ・以下の6種類の方法にて乾燥を行い、効果を比較

表－ 24 丸太乾燥ラボ実験の乾燥パターン

乾燥方法	条件、特徴	使用機械、期間など 実際に行ったこと	写真
・強制乾燥	40℃、60℃、80℃のケースの中で、それぞれ強制乾燥。	ETTAS 定温乾燥器 (ONW-300S)	
・風乾	丸太を風に対して、縦置きと横置き。 風速 5m/秒。	風速 5 m/s 距離 1.5 m	 縦置き 横置き
・室内放置	温度 21.5℃ 湿度 65.7%		
・野外放置	晴れ	9～11月 雨天の日が多い	



図－ 42 丸太乾燥ラボ実験の乾燥パターン

②計測データと分析方法

乾燥前の初期の丸太の比重と乾燥段階で定期的に測定した丸太の比重を比較して、減少率を求め、減少率の比較、検証を行った。また、樹皮部分と丸太本体の含水率の比較を実施し、丸太の含水率低減のメカニズムについても検証を行った。

$$\text{減少率} = \frac{\text{乾燥後の比重} (\text{※})}{\text{初期の比重} (\text{※})}$$

(※) 定期的に測定

なお、用いたサンプルの初期比重は以下のものであった。

表－ 25 サンプルの初期比重

初期比重[kg/m ³]	最大	最少	平均	サンプル数
杉	1.10	0.69	0.88	9
シイ	0.93	0.53	0.79	4

(3) 現場における乾燥パターン比較実験

丸太燃料の形状と乾燥場所による乾燥速度の違いを把握することを目的として、乾燥パターン比較実験を行った。

現場において、丸太燃料の形状と乾燥場所により複数の乾燥パターンを設定して、含水率の変化の比較を行い、効率的な乾燥パターンについて検証した。実験は2週間に一回重量の測定を行い、あらかじめ測定した材積を用いることで、含水率変化として分析を行っている。

①実験条件

今回の実験においては、丸太燃料の形状と乾燥場所が及ぼす影響を確認するため、サンプルとして使う丸太燃料の条件を出来るだけ揃え、いくつかのパターンに分けて実験を行うこととする。

表－ 26 現場乾燥実験条件

サンプルの選木	<ul style="list-style-type: none"> ・ 同一の現場（高松金属の森）において同程度の林齢のスギを11本伐採。 ・ 伐採したスギのそれぞれ元玉にあたる部位をサンプルとした。 ・ 材積については、伐採後のサンプル作成時に、直径と長さをもとに計算。以降、変化がないものとして扱う。
乾燥パターン	<ul style="list-style-type: none"> ・ 乾燥場所と材の形状により以下のようなパターンを設定した。 <p>丸太燃料の形状は3パターン、乾燥場所は5ヶ所設定。</p>

表－ 27 乾燥実験現場、丸太燃料形状

乾燥場所	条件、特徴	乾燥材
高松金属の森	実験用材の伐採場所。 林内放置。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 4m 丸太 1本 ・ 50cm 丸太 8本
神様のひろば	山土場、露天乾燥。 地面は土と草。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 4m 丸太 1本 ・ 50cm 丸太 8本
塩浜	平地土場、露天乾燥。 海側からの強い風が絶えず吹いている。 地面は土と草。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 4m 丸太 1本 ・ 50cm 丸太 8本 ・ 2つ割薪 8個 ・ 4つ割薪 16個
千葉大学構内	コンクリート打ち、露天乾燥。 コンクリートの地面が周囲より1段上がっている。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 4m 丸太 1本 ・ 50cm 丸太 8本
長生地域、倉庫	コンクリート打ち、屋根付きの屋内倉庫。 無人の際は締め切っているため、風の流れは無い。 木質バイオマス暖房機導入予定。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 4m 丸太 1本 ・ 50cm 丸太 8本



高松金属（林内）



神様のひろば



塩浜



千葉大学



長生地域、倉庫

図－ 43 乾燥現場写真

表－ 28 乾燥パターン一覧

パターン	スタート	→	木材サイズ	→	乾燥場所	→	→	ゴール
1	伐採	玉切り	4m	---	高松金属 (伐採/林内)	加工	搬出	ストック
2	伐採		50cm (8本)					
3	伐採	集材	4m	搬出	神様の ひろば	加工	---	---
4	伐採	玉切り	50cm (8本)					
5	伐採	集材 玉切り	4m	搬出	塩浜	加工	---	---
6	伐採		50cm (8本)					
7	伐採		薪					
8	伐採	集材	4m	搬出	千葉大 コンクリ	加工	---	---
9	伐採	玉切り	50cm (8本)					
10	伐採	集材	4m	搬出	長生 倉庫	加工	---	---
11	伐採	玉切り	50cm (8本)					

乾燥実験においては、以下の通り、丸太の下にりん木を敷いて積んでいる。



①倉庫内乾燥の燃料丸太

②塩浜乾燥の薪

③林内放置の丸太

図一 44 乾燥実験のサンプルの様子

2) 計測データと分析方法

乾燥実験では以下のデータを計測し、丸太燃料の含水率変化を把握した。

各データの計測方法を以下に示す。

表一 29 データの計測方法

データ項目	計測方法など
燃料材積	「半径の二乗×3.14×長さ」 (4m 材の直径は、両端の直径の中間値を採用)
燃料丸太の重量変化	13年12月24日以降、「2週間に1回」のペースでカートスケールを用いて測定
スギの絶乾比重の値	「日本産主要木材」木材工業編集委員会(1960)より、平均0.35(0.27~0.41)。今回は0.41という数字を設定。

丸太の重量計測の様子



①測定前に縦横の水平を確保



②測定



③100kg 超の 4m 材はスケール 2 台で測定

図一 45 燃料丸太の重量計測の様子

3.2.4 燃料加工実験の実施結果

(1) 燃料用丸太の加工実験

今回の実験では、約 1.2m³ の丸太燃料を加工した。加工量は、加工本数を記録して算出したもので、おおよそパレット 1 枚分である。

以下、各工程の人数や作業時間、作業内容と備品をまとめたものである。

パレット 1 台を加工するのに 20 分程度の時間を要しているため、加工方法を改善し時間短縮を図ることが求められる。ユニック吊りのためのワイヤーかけをやめて、床に直置きで切るなどいくつかのパターンを比較して検討する。

表－ 30 加工実験記録

加工工程	作業人工 作業時間	作業内容	所要備品
準備		ユニック車の足場などの準備。 加工する材にワイヤーを掛ける。	3t ユニック ワイヤー フック
材の移動	2 人 10 分	加工する材をユニックで吊り、治具まで移動させる。 治具の骨組みを避けて、チェンソーを入れられる様、位置を調整。	
マーキング 切断	2 人 10 分	チョークで 50cm 毎に切り取り線を入れ、線に合わせて、丸太を切断。 約 1.2m ³ の丸太を、一気に切断することができる。 切断したものを補助の人がかき出す。	チョーク 丸太燃料加工治具 チェンソー チャップス
(その他) ※長生地域では治具などを使わず、地面に長い丸太を並べて、同じように一気に切断している。			

表－ 31 加工実験コスト

労働費	1,250 円×1/3 時間×2 人	833 円
燃料 (ユニック)	軽油 128.9 円×10 分÷15 分	86 円
燃料 (チェンソー)	混合ガソリン 149.4 円×1.2m ³ ÷2.75m ³	65 円
設備費	・別表参照	1230 円
消耗品その他	・今年度は、燃料+設備費の 20%として設定。	276 円
合計		2491 円
円/Kg (20%W.B)		4.8 円
【諸条件】 労働費：人件費 1 日 10,000 円を 8 時間労働とみなし計算。 軽油、ガソリンの価格は 26 年 3 月 1～7 日の千葉県内平均価格。 ユニック燃料は、15 分の積み降ろし作業/1L として計算。 チェンソー燃料は 2.75m ³ の切断/1L として計算 (実際には 50:1 の混合ガソリン使用)		

表－ 32 設備一覧リスト

備品	単価	数量	年間稼働日数	耐用年数	日割り損料	計上損料 (コスト計算用)
3t ユニック車	2,730,000 円	1	200	4 (法定)	3,413 円	190 円
チェーンソー	286,650 円	1	100	3 (法定)	956 円	956 円
切断治具	85,058 円	1	100	10 (みなし)	85 円	85 円
計					3,667 円	1,230 円

【諸条件】

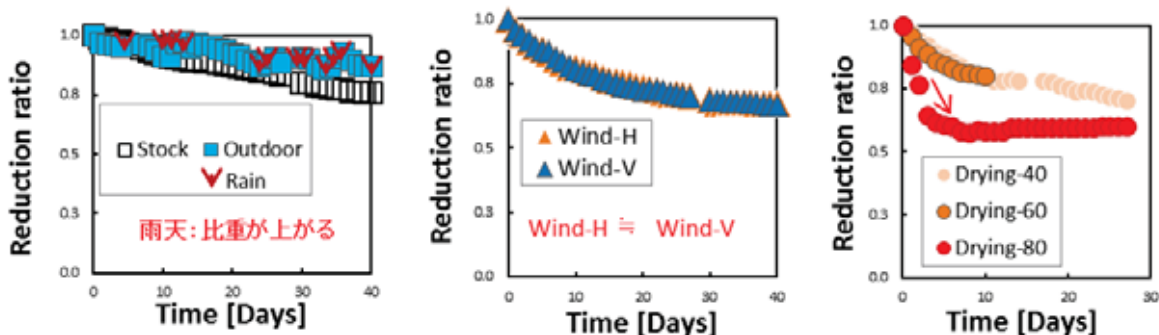
設備費については山側作業のコスト計算と同様に、単価が3万円以上のものを計上。全て、耐用年数と年間稼働日数を基に日割り損料を計算。ユニック車については1日の実作業時間を6時間として、今回の使用時間で割ることで、作業時間当たりのコストとする。

コスト試算の結果、丸太燃料の加工に要するコストは4.8円/kg (20%W.B.) となった。将来の丸太燃料の目標供給コスト15円/kg (20%W.B.) を踏まえると、加工コストとしては改善が必要な水準である。

治具への設置にユニック車を用いており、そのユニック車の設備費が全コストの半分を占めている。加工コスト低減には、ユニック車の利用を控える、あるいは前後のシステムとの連携の中で特別な負担、コストのかからない方法が求められる。

(2) 丸太乾燥のラボ実験

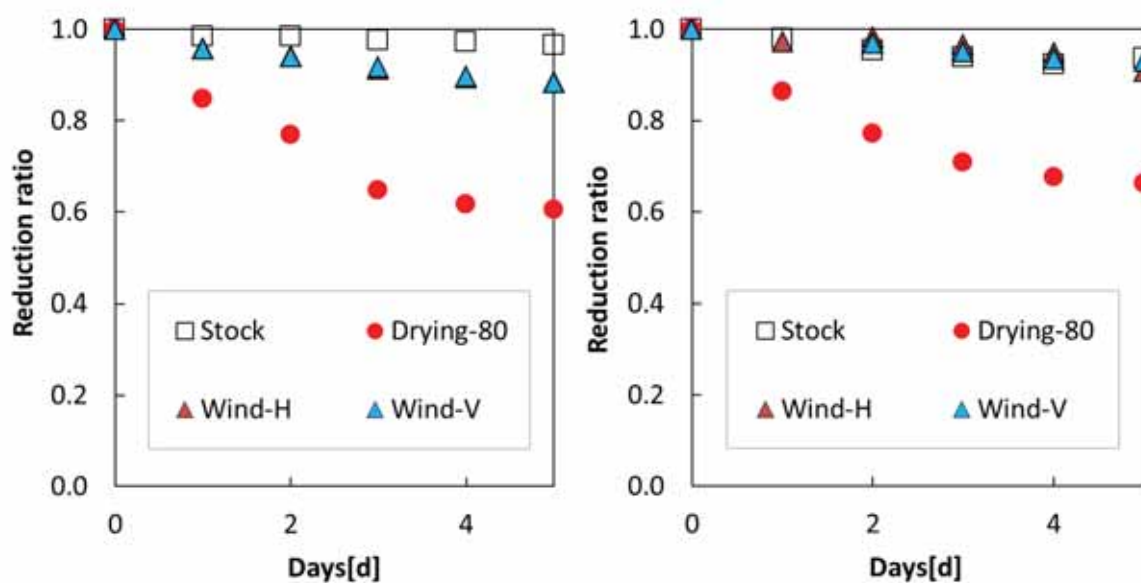
杉を用いた実験結果を示す。野外に比べて室内が乾燥し、室内でも風をあてて風乾した方が大きな重量変化を示した。風乾に関しては、縦置き、横置きで大きな差は見られなかった。強制乾燥では、80℃の場合に早い重量減少が見られたが、60℃、40℃では風乾とほとんど変わらなかった。このことより、丸太材の乾燥には、風が大きな影響を及ぼすと考えられる。



図－ 46 各乾燥方法による杉丸太の重量変化

杉とシイについて、各乾燥による重量変化を比較した。室内放置で差は見られるが、他の

方法では大きな差は見られなかった。



図－ 47 杉（左）とシイ（右）の重量変化

次に水分計(図)を用いて丸太の表面（樹皮）の部分と切り口の中心部分の含水率（湿潤）を測定した。この水分計は電気伝導率を計測し、対象の水分—電気伝導率特性より水分量を決定する。

杉とシイの初期含水率を表1と表2に示す。杉の初期含水率は中心部分、樹皮部分ともシイより低かった。特に、杉の樹皮部分の平均含水率は約 18.7 % に対して、シイの場合は約 44.4 % と杉の 2 倍であった。



図－ 48 水分計

表－ 33 中心部分の初期含水率

初期含水率[%]	最大	最少	平均	サンプル数
杉	38.4	32.1	35.3	9
シイ	40.1	37.7	39.1	4

表－ 34 樹皮部分の初期含水率

初期含水率[%]	最大	最少	平均	サンプル数
杉	27.9	11.0	18.7	9
シイ	46.1	43	44.4	4

杉の乾燥結果を表に示す。もともと含水率は中心部分で 32 - 39 %、樹皮部分は 17-29%と

中心部分に比べて含水率が低いですが、20日後には乾燥が進んでいるものほどその差が縮まる傾向が見られた。

表－ 35 杉の乾燥結果：中心部分の含水率の変化

Days	Drying-40	Drying-60	Drying-80	Wind-H	Wind-V	Stock	Outdoor
0	36.3	38.4	32.1	34.3	36.1	34	34.1
20	13.8	8.9	6.3	20.2	20.7	29.3	33.8

表－ 36 杉の乾燥結果：樹皮部分の含水率の変化

Days	Drying-40	Drying-60	Drying-80	Wind-H	Wind-V	Stock	Outdoor
0	18.6	27.9	24.8	28.9	21.1	17.2	17.2
20	11.4	12	6.6	18.8	12.7	11.5	17.9

シイの乾燥結果を表に示す。シイについては、中心部分と樹皮部分が同様に減少している傾向が見られた。

表－ 37 シイの乾燥結果：中心部分の含水率の変化

Days	Drying-80	Wind-H	Wind-V	Stock
0	39.5	40.1	38.9	37.7
5	7.8	17.6	15.5	19.4

表－ 38 シイの乾燥結果：樹皮部分の含水率の変化

Days	Drying-80	Wind-H	Wind-V	Stock
0	44.6	43.9	46.1	43
5	6.3	21.5	19.7	20.9

以上のことより、樹種により丸太材の乾燥状態が異なるが、重量減少傾向は大きく変わらないことがわかった。

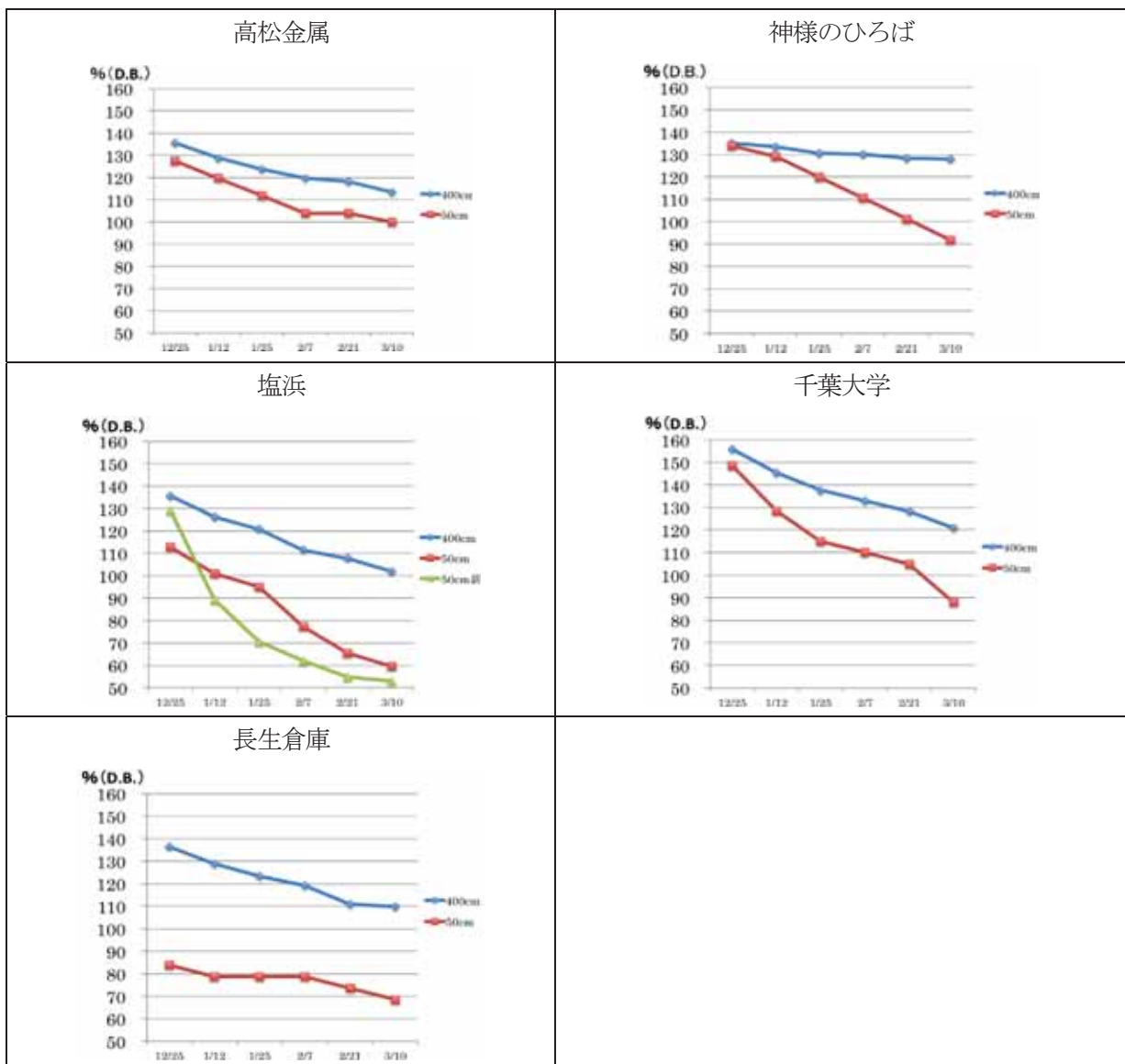
(3) 現場における乾燥パターン比較実験

乾燥場所、木材サイズ別の含水率の推移を以降の図に示す。乾燥の評価を行う特性上、こ

ここでは乾量基準 (D.B.) の含水率で評価を行った。

全パターンを比較したところ、塩浜と千葉大学が最も含水率低減効果が高い結果となった。海側の平地土場である塩浜は、土の地面となるが常に強い風が抜ける立地のため、乾燥には適した用地だったものと考えられる。コンクリート打ちの千葉大学は当初に想定通り、高い乾燥スピードとなった。一方、長生倉庫内での乾燥は効果が低いことが確認された。締め切った屋内で、かつ生木が大量に置かれていることから乾燥には適さなかった。倉庫の活用としては、むしろ乾燥された丸太燃料の品質管理に利用する方が望ましいと考えられる。

林内乾燥も程度は低い乾燥が進んでいることが確認された。作業現場によって条件は異なるため、常に伐採場所で乾燥が可能とは限らないが、風などの環境が良ければ森林所有者の了解のもと、林内で乾燥を進めることも選択肢のひとつと考えられる。



図一 49 現場における乾燥実験の結果

一方、含水率低減の高い効果が得られた神様の広場、塩浜、千葉大学では、材の形状による含水率変化の差も顕著にみられた。長さの短い丸太ほど含水率低減効果が高く、コンクリ

ート打ちの千葉大学においては、4m と 50cm の丸太では同含水率低減するのに倍程度の時間の差がみられた。さらに、塩浜での実験によると、薪割りを行った 50cm の材は乾燥開始から大幅な含水率低減効果が確認されており、長尺の丸太と比較した際の乾燥適性が確認された。

検証の結果から、条件の良い現場で、50cm に玉切りした丸太であれば、75 日程度で、生（130%D.B. =57%W.B.）の状態から、60%D.B.（=38%W.B.）まで乾燥させることができることが確認された。しかしながら、導入する木質バイオマス暖房機の原料規格としては20% W.B. 程度まで乾燥させることが望ましいと考えられ、現場乾燥での対応となると、長期乾燥が求められることが再確認された。

来年度も継続して計測を行い、条件別の乾燥スピードと最適化の検証を行う。さらに、現場実験およびラボ実験を通して明らかになった最適な乾燥パターンを、木質バイオマスの流通システムに組み込むためのシステム化の検討と、実験を通じた実用化の検証を行う。

3.2.5 燃料加工システムの課題と対策

(1) 丸太加工の時間短縮

山武地域で用いた方法では、パレット1台分(約1.5m³)を加工するのに、20分程度の時間を要し、そこに4.8円/kgのコストがかかっている。丸太燃料の目標とする供給コストを見据えると、加工方法の改善により時間短縮、コストダウンを図る必要がある。ユニック吊りのためのワイヤーかけには時間を要することから、直接材を地面に置いてカットする等、いくつかのパターンを比較検証して改善を図る。

(2) 最適な乾燥パターンの流通システムへの組み込み

丸太燃料の乾燥に関しては、ユーザー側での安全、かつ効果的な利用を実現するうえでも極めて重要な要素であり、かつ乾燥場所と材の形状などの条件により効率も大幅に異なることが予想される。そのため今年度はラボ実験と現場実験により“乾燥”だけを独立して実施し、その特性の把握に努めた。

次年度以降は、今年度の実験により明らかになった条件別の材の乾燥特性を踏まえ、“乾燥場所”“材の形状”“乾燥期間”を総合的に考慮した最適な乾燥パターンの検討と、丸太燃料流通システムに組み込むためのシステム化の検討が求められる。

3.3 燃料配送システムの実績

3.3.1 システムの概要

林地またはストックヤードで加工された丸太燃料を利用施設まで安定的に・効率的に配送するシステムを構築する。配送プロセスとして以下のようなになる。

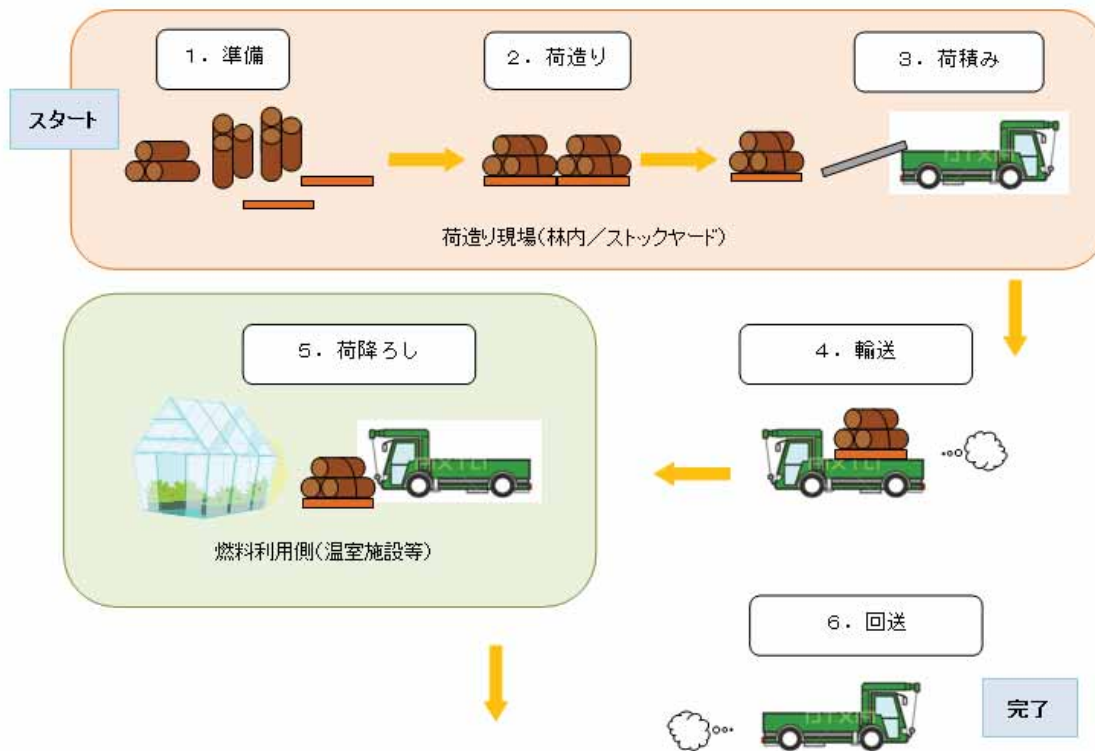


図- 50 配送プロセス

表- 39 配送プロセス

1. 事前準備	◆加工された丸太燃料および配送備品のパレット・バンド、貨物自動車などを準備する。
2. 荷造り	◆丸太をパレットなどに積む。
3. 荷積み	◆貨物自動車に乗せる。
4. 輸送	◆貨物自動車で丸太燃料をモニターの指定場所まで配送する。
5. 荷降ろし	◆モニターのところで荷降ろしし、指定場所まで運ぶ。
6. 回送	◆貨物自動車を指定場所まで回送する。

燃料配送システムの手間とコストが供給の安定性と燃料単価に強く影響するため、労働生産性と経済性の検証が重要である。今年度では現状把握を目的として、配送プロセスの技術性・経済性・環境性を検証する。それを踏まえ、課題と対策案を整理し、次年度では多数の作業パターンとルートに分けて、検証していく。

3.3.2 システム実証の目的

燃料配送システム実証の目的、実施内容、成果目標について、以下の通り設定した。

表－ 40 配送システム実証の目的

目的	◆燃料丸太配送に係る生産性及び経済性を把握する ◆加工された燃料丸太を安定的・効率的に熱利用先に配達する方法の確立
実施内容	◆燃料用丸太の配送実験 ◆課題と対策案の検討
成果目標	◆流通システム全体で 15,000～30,000 円/t で燃料用丸太を供給するためのコストでの配送

3.3.3 実験計画

加工された丸太燃料の荷造りから配送までの状況把握実験を実施した。今年度には丸太の積み方など作業パターンの検証を行わずに、運搬の現状把握のみに着目し、現状の生産性と経済性を評価した。その結果に基づき、課題を整理し、既存事例に参考して対策案を提示した。なお、今年度は山武地域のみ実験を行ったため、長生地域について配送概要と条件のみ示し、次年度より実験を行う予定である。

1) 実験条件

今年度の実験範囲は、事前準備から配送後のユニック車の回送までとした。今年度の配送ルートが限られ、山武地域と長生地域それぞれの配送ルートが下の図に示されている。ただし、長生地域については、配送は行っているものの、詳細なデータ取りを伴う実験は行っていない。



図－ 51 配送ルート

2) 計測データと分析方法

丸太燃料の配送を実施し、各プロセスにおける労働生産性・コストデータを収集した。データ量は1回配送分とした。配送実験は以下の手順で、山武地域で1回実施した。山武地域での、実際の配送概要を示す。

表－ 41 実験の手順

作業工程	実施内容		収集データ
	山武地域	長生地域	
1. 事前準備 	<ul style="list-style-type: none"> 今回は加工実験と合わせて行ったため、事前準備はなかった ユニック車を満タンにする 	<ul style="list-style-type: none"> 軽トラックを満タンにする 	
2. 荷造り 	<ul style="list-style-type: none"> 丸太燃料をパレットに積む 		
3. 荷積み 	<ul style="list-style-type: none"> パレットをユニック車に乗せる 	<ul style="list-style-type: none"> 90cm 丸太 (約 500kg) を軽トラックに乗せる 	<ul style="list-style-type: none"> 所要時間 作業役割、人数 消耗品消費量 作業評価
4. 輸送 	<ul style="list-style-type: none"> ユニック車で丸太燃料を緑海園芸まで配送 	<ul style="list-style-type: none"> 軽トラックで丸太燃料を神崎薔薇園まで配送 	<ul style="list-style-type: none"> 所要時間 配送距離 作業役割
5. 荷降ろし 	<ul style="list-style-type: none"> 荷降ろし 指定場所まで運ぶ 	<ul style="list-style-type: none"> 荷降ろし 指定場所まで運ぶ 	<ul style="list-style-type: none"> 所要時間 作業役割、人数 作業評価
6. 回送 	<ul style="list-style-type: none"> ユニック車を成東駅付近まで回送 ユニック車を満タンにする 	<ul style="list-style-type: none"> 軽トラックをストックヤードまで回送 軽トラックを満タンにする 	<ul style="list-style-type: none"> 所要時間 配送距離 燃料消費量

収集されたデータを技術チームが解析し、作業の生産性とコストを算出、評価した。改善方法も合わせて提示した。今回の実験では、技術性・経済性・環境性の検証のために、以下のようにデータを分析した。

表－ 42 データの分析

データ項目	分析方法など
労働生産性	<ul style="list-style-type: none"> ・各プロセスの所要時間を計測し、作業員の役割と人数、そして作業様子を記録する ・各プロセスおよびプロセス全体における労働生産性（m3/人日）を分析し、改善方法について考察する ・作業の問題点や成果について作業員ヒアリングで情報収集する
経済性	<ul style="list-style-type: none"> ・各プロセスの所要備品、品数を記録する ・使った燃料を計測する ・各プロセスおよびプロセス全体のコスト（燃料費・所要備品）を分析し、コスト削減の提案について考察する
環境性	<ul style="list-style-type: none"> ・来年度のルートとの比較のために、プロセス全体のCO2排出量を算定する ・満タン法で計測した燃料使用量でCO2排出量を計算する。

3.3.4 燃料配送実験の実施結果

山武地域で26年2月3日に作業実験を行った。長さ50cmの丸太を1.5m×1.0mのパレットに8段（約1.0m）の高さに積み、ユニック車を用いて塩浜作業現場から緑海園芸まで配送した。実験の流れを以下に示す。

表－ 43 各プロセスの概要

実施日：2014年2月3日 配送ルート：塩浜作業現場から緑海園芸まで 配送量：長さ50cmの丸太、1.5m x 1.0m (1パレット) で、8段の高さ(約1.0m)、191本				
	所要時間	役割・人数	備品	コメント
1. 準備				
2. 荷造り	22分	積む：2人(選ぶ、並べる) ・丸太の太さを見ながら水平に、パレットの上に積み上げる。	・木製楔(パレットを水平にする) ・パレット(110cm x 100cm)	・荷崩れが1回あった(1段目) ・5段目の際に高低差のため、不安定になった。横から押して安定させた。 ・丸太の太さが不均一で、1段を同じ方向に積んでいくため、なるべく隙間を作らず安定させるために、積み方を考える時間が必要。
		締め：2人 ・コの字型網、ゴムバンド、荷締め機で積み上げた丸太を締める。	・荷締め機(200cm) ・ゴムバンド(100cm) ・コの字型網(カゴ)	
3. 荷積み	15分	準備：2人(5分) ・ユニック車を準備し、吊り具をパレットに設置した。	・ユニック車	・丸太が崩れないよう、水平に吊り上げる必要があるため、吊り具の長さを調整した。
		吊り上げ：2人(10分) (操作：1人、調整：1人) ・1人がユニックを操作し、1人がパレットを調整しながら指示を出す。パレットを吊り上げて、荷台に乗せた。 ・パレットを荷締め機でユニック車に固定する。	・吊り具 ・荷締め機(400cm)	
4. 輸送	8分	輸送：2人 (運転：1人、同乗：1人)	・ユニック車	・ユニック車を屋外倉庫の前に止めた。
5. 荷降ろし	9分	吊り上げ：2人(2分) (操作：1人、調整：1人) ・1人がユニックを操作し、1人がパレットを調整しながら指示を出す。設置されたレールと単管の上に乗せる。	・ユニック車 ・木製レール	・パレットの下を金属で補強し、ソリの様な形に。所定の置き場に設置した。 ・パレットの下に単管を噛ませて、転がした。
		設置：2人(7分) ・単管を転がしながら、奥まで移動させる。荷締め機と網を外す。	・単管(150cm)	
		転び止め：2人 (釘：1人、補助：1人) ・転がらないように、単管の部分に釘を打つ。	・釘	
6. 回送	6分	回送：2人		
全体	60分	2人		

配送作業の流れ（山武地域）



①パレットを
水平に設置



②太さを見ながら、
積み上げ



③不安定な部分で
積み方を考える



④丸太の積み方



⑤積み上げたものを
カゴと紐で固定



⑥吊り具を上に乗せ
ワイヤーで固定



⑦ユニックで吊り上げ
荷台へ



⑧荷台に設置後に
荷締め機で固定



⑨設置場所に
レールを設置



⑩単管を置き、丸太を降ろす



⑪単管を転がしながら、
奥まで移動



⑫レールを固定させ、
設置終了

図- 52 配送作業の流れ

3.3.5 燃料配送システムの技術性

各プロセスの労働生産性は以下のようにまとめられる。

表－ 44 労働費、工程別内訳

	1. 準備	2. 荷造り	3. 荷積み	4. 輸送	5. 荷降ろし	6. 回送	計
作業時間		22 分	15 分	8 分	9 分	6 分	60 分
作業人数		2 人					2 人
労働費							2500 円
労働費/kg (20%W. B)							6 円
【諸条件】 人件費 1 日 10,000 円を 8 時間労働とみなし、計算。							

今回の配送実験では、荷造りから回送まで合計 60 分かかった。荷造りでは、不均一な太さの丸太を一方向に積む作業となり、隙間を作らず安定させるために積み方を工夫しながらの作業となったため、非常に時間を要した。荷造りは手作業となるため、状況によっては所要時間が大きく変わる可能性がある。また、ユニック車への荷積みの際にも、吊り具の長さを調整するために時間がかかった。実験を通じて、丸太の配送作業の最適人員は 2 名であった。

3.3.6 燃料配送システムの経済性

山武地域のユニックを用いた配送における経済性は以下のとおりとなる。

ユニック車で1パレット(1.19m³)の丸太燃料を配送するのにかかる費用は4,055円となり、コスト単価にすると7.8円/kg(20%W.B.)となった。労働費の割合が全体の6割程度を占め、最も大きな負担となり、特に荷造り、積み込み作業時間の短縮が求められる。

ユニック車の設備費は、ここでは損料計算をしており、年間200日としていることから、試算によるコスト負担を上回らないためには、稼働率・集荷量の向上、あるいは他目的利用との融通などの工夫が必要となる。

表-45 トータルコスト

生産量	本数=191本(平均直径0.126m) 丸太燃料の体積=0.063m×0.063m×π×0.5m×191 =1.19m ³ 重量:0.5t(含水率20%W.B.換算)
労働生産性	1.19m ³ /回
労働費	2,500円
燃料費	走行(14.3km、14分) : (128.9円/L×14.3km)÷5km/L=369円 積込・積降(12分) : 128.9円/L×12分÷15分/L=103円
設備費	824円
消耗品その他	259円
計	4,055円
円/kg(20%W.B.)	7.8円/kg(20%W.B.)
【諸条件】 労働生産性：生産量/1回分作業、1回=1時間、2人、労働費：人件費1日10,000円を8時間労働とみなし計算、燃料費：軽油、ガソリンの価格は26年3月1～7日の千葉県内平均価格。ユニック燃料は、15分の積み降ろし作業/1Lとして計算。チェーンソー燃料は2.75m ³ の切断/1Lとして計算(実際には50:1の混合ガソリン使用)、設備費：別表参照、消耗品その他：燃料費と設備費の合計の20%として設定	

表-46 設備、損料計算リスト

	単価	数量	年間稼働日数	耐用年数	日割り損料(単価)	計上損料(コスト計算用)
3tユニック車	2,730,000円	1	200	4(法定)	3,413円	569円
吊り具	65,000円	1	100	5(みなし)	130円	130円
パレット	2,500円	1	20	1(みなし)	125円	125円
計					4,453円	824円
【諸条件】 設備費については山側作業のコスト計算と同様に、単価が3万円以上のものを計上。全て、耐用年数と年間稼働日数を基に日割り損料を計算。ユニック車については1日の実作業時間を6時間として、今回の使用時間で割ることで、作業時間当たりのコストとする。						

3.3.7 燃料配送システムの課題と対策

今回の実験結果をもとに、配送にかけてのコストを把握し、結果を踏まえた改善案をいくつか実施することで、コストへの影響を検証する。

(1) 荷づくり時間の短縮と製品形態の検討

今回の実証では、特にパレットの荷造りに時間を要することがわかった。荷崩れを防ぐため安定させながら丸太を積むため、時間を要し、その労働費が丸太燃料全体コストを押し上げる一因となってしまう。労働費低減のためには、効率的な作業を可能とする製品形態の検活用可能性について検証が必要となる。

たとえば、地元の鉄工所などで製作した薪専用ラックや薪のバケットを活用し、効率的な配送を行っているような例が全国では良く見られる。簡易な試算によると、専用ラックを導入することで労働費が半分に低減できるとすると、経済的な投資効果も期待される。

今後、実際にこうした梱包資材等の活用による実証で、効果の検証を進めたい。



図- 53 薪専用ラック



図- 54 ウッドバック

表- 47 薪専用ラックの投資効果試算

専用ラック設備費	20,000 円/個	ラック製造事業者聞き取り
一回配送あたり設備費	200 円/回	補修なしで100回の配送に対応可と設定
労働費削減効果	1,250 円/回	現状の1/2に作業時間短縮と設定
配送コスト削減効果	1,050 円/回	

(2) 配送車両のコスト・実用性の検証

丸太燃料の配送は、山武地域はユニック車、長生地域は軽トラックを利用した配送となっている。施設園芸のような比較的スペースに余裕があるユーザーに対してはユニック車でも対応が可能だが、宿泊施設等の場合、燃料のストック場所までの搬入には軽トラックでない対応が難しいことも想定される。

今後、配送車両別の配送コストの検証を行うとともに、ユーザーの条件に応じた実用性の検証も進めていく。

(3) ロット管理と配送計画

今回の実験では数少ないモニターの需要に応じて配送量を設定し、需要が発生次第、配送を行った。今後モニター数の拡大に伴い、多数の需要家に対応できるようにロット管理が必要となる。また、点在する多くのユーザーに安定的かつ効率的に配送するためのルートの検討など、配送計画の検証が必要となる。

3.4 エネルギー利用システムの実績

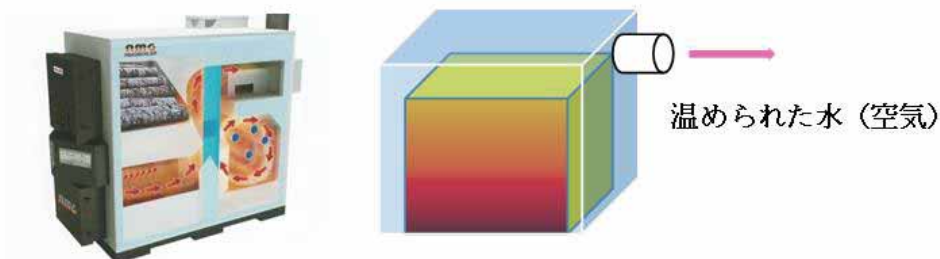
3.4.1 システムの概要

(1) 木質バイオマス暖房機の概要

タイセイマシナリー株式会社の薪焚きの暖房機は燃料が丸太で対応可能で、室内温度管理を自動で行える木質バイオマス暖房機である。燃料は間伐材を丸太（長さは数十センチ～1m）のまま使うことができる。温水タイプと温風タイプの二種類がある。



図一 55 木質バイオマス暖房機（温水タイプ） 図一 56 木質バイオマス暖房機（温風タイプ）



図一 57 木質バイオマス暖房機の構造

燃焼室に丸太燃料を投入し、着火材を使って着火しふたを閉め、スイッチを入れると、蓋についたファンが回って空気を送り燃焼させる。設定温度に達するとファンがとまり、燃焼を抑制して種火状態を保ち、設定温度より下がると再びファンが回って燃焼状態になる。





図一 58 稼働時の様子

表－ 48 温水タイプの仕様

		NO.251	NO.401	NO.1001
				
暖房面積		49～99 m ²	83～163 m ²	231～495 m ²
寸法	外形	610×940×1250mm	920×1500×1790mm	920×1500×1760mm
	縦横高さ 燃焼室	493×403×980mm	700×625×1460mm	700×625×1460mm
煙道規格		150mm	150 mm	200 mm
貯湯量		180L	300L	780L
燃料供給量		48kg	81kg	202kg
総重量		232kg	310kg	630kg
燃焼方式		強制送風、2次燃焼方式、燃焼制御機能		

表－ 49 温風タイプの仕様

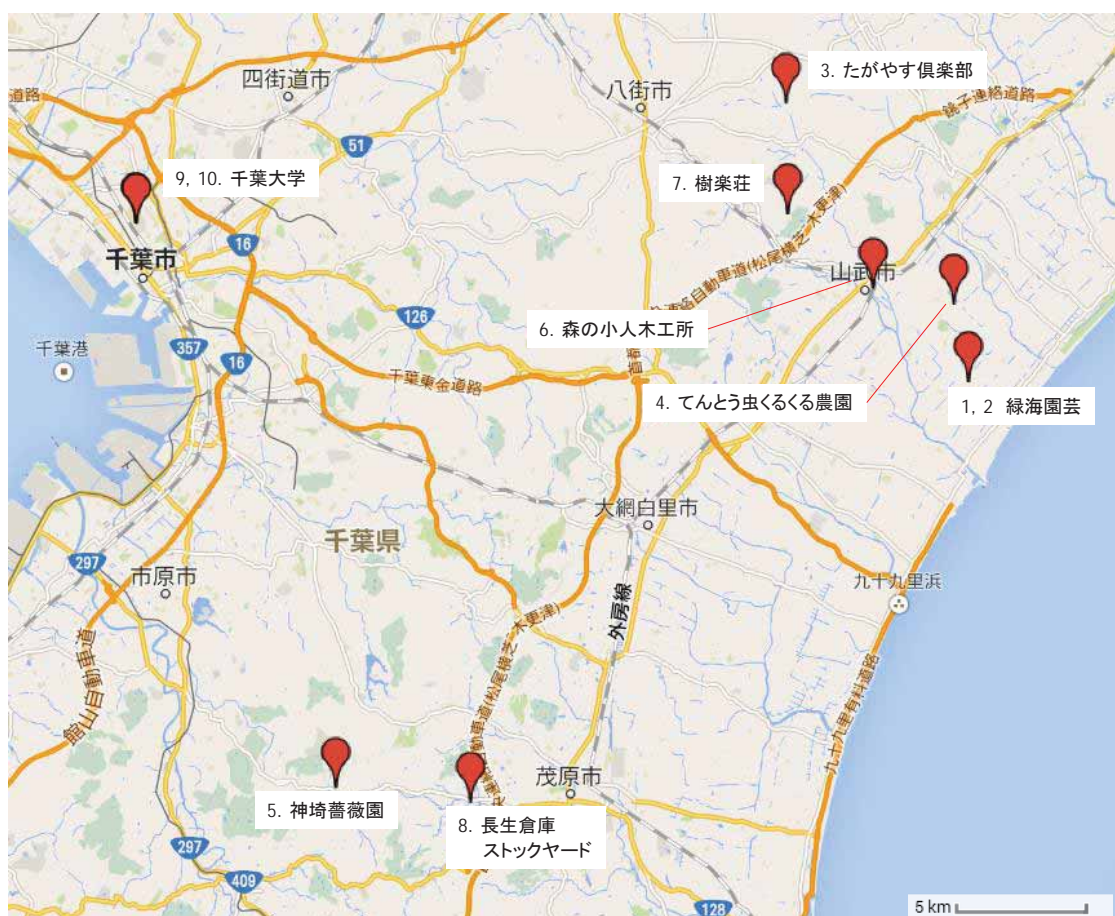
		NH500	NH1000
			
暖房面積		115～198 m ²	198～396 m ²
寸法	外形	700×1790×1800mm	968×2080×1863mm
	縦横高さ 燃焼室	600×1300×600mm	850×1410×750mm
煙道規格		150mm	200mm
熱出力		45,000kcal/h	87,000kcal/h
燃料供給量		80kg	160kg
総重量		530kg	920kg
燃焼方式		強制送風、3次燃焼方式、完全燃焼、燃焼制御機能	

(2) モニター施設の概要

本年度のモニター施設 10 箇所を以下に示す。温室に 5 機、事業所、住宅、倉庫に各 1 機、大学に 2 機である。当初温室は 2 機の予定であったが、追加予算によって 3 機増やすことができ、計 5 機となった。

表－ 50 モニター施設の概要

	モデル		所在地	機種	燃料 供給量 (kg)	暖房 面積 (㎡)	備考
1	温室	緑海園芸	山武	NH1000	160	430	シクラメン・カーネーション
2				NH1000	160	660	シクラメン・カーネーション
3		たがやす倶楽部	山武	NO. 401	81	240	有機野菜
4		てんとう虫くるくる農園	山武	NO. 251	81	100	有機野菜
5		神埼薔薇園	長生	NO. 1001	200	429	薔薇
6	事業所	森の小人木工所	山武	NO. 401	81	200	室内暖房、将来に木材乾燥
7	個人宅モデル	樹楽荘	山武	NO. 251	48	53	給湯
8	室内乾燥	長生倉庫	長生	NO. 401	81	297	室内暖房、木材乾燥
9	実験	千葉大学	千葉	NO. 251	48	100	実験用
10	実験	千葉大学	千葉	NH500	81	100	実験用



図－ 59 モニターの位置

1) 緑海園芸 1号機

木質バイオマス暖房機 機種	NH1000 温風タイプ
所在地	山武市松が谷
用途	シクラメン、カーネーション、アジサイ等の花栽培
暖房面積	430 m ² ビニール温室
既存の暖房機	重油温風機 竹沢

表- 51 木質バイオマス暖房機導入温室の設定温度

加温時期	設定温度
10月25日～12月20日	18℃
2月20日～4月20日	15℃

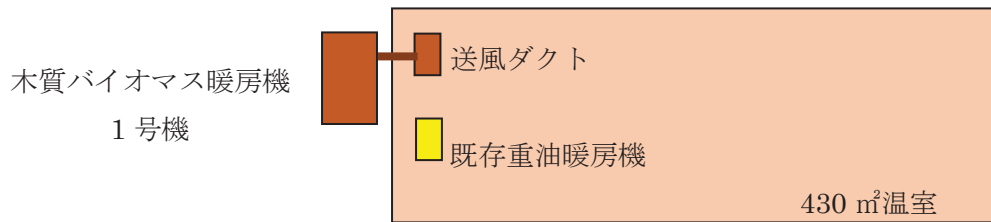


図- 60 1号機設置状況



図-56 1号機、丸太燃料と温室外観



図- 57 430 m²温室内の重油暖房機 (左) と木質バイオマス暖房機送風ダクト (右)

2) 緑海園芸 2号機

木質バイオマス暖房機 機種	NH1000 温風タイプ
所在地	山武市松が谷
用途	シクラメン、カーネーション、アジサイ等の花栽培
暖房面積	660 m ² ガラス温室
既存の暖房機	重油温風機 ネポン

表- 52 木質バイオマス暖房機導入温室の設定温度

加温時期	設定温度
10月25日～12月20日	17℃
2月20日～4月20日	12～15℃

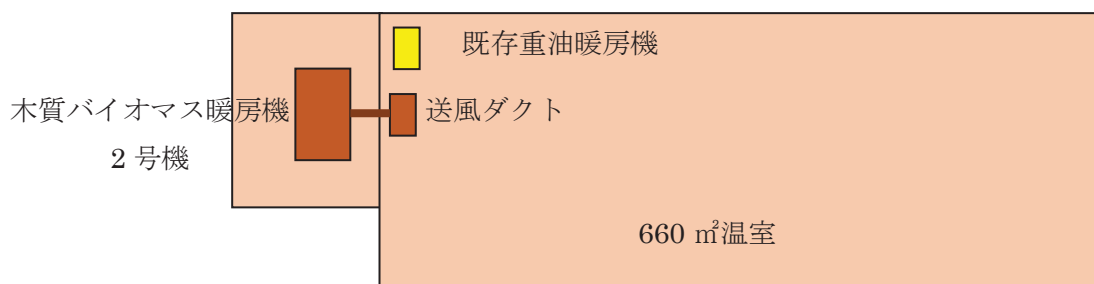


図-58 2号機設置状況



図- 59 2号機



図-60 2号機 (左) と既存温風機 (右)



図-61 温室施設内 夜は不燃布の内張りを降ろす (右)



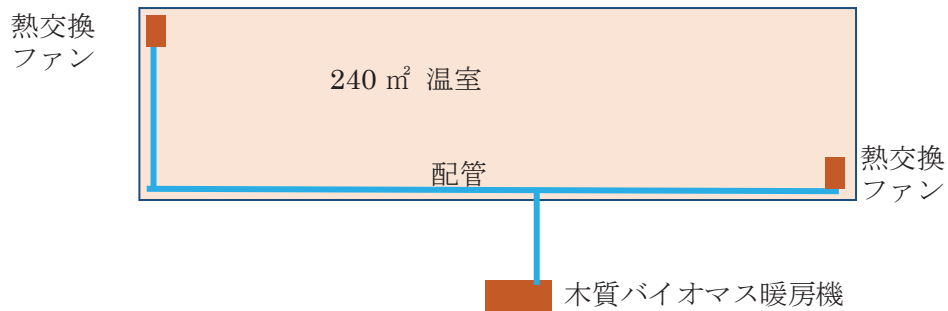
図一 62 火入れ式・安全祈願



図一 63 2号機点火

3) たがやす倶楽部

木質バイオマス暖房機 機種	NO. 401 温水タイプ
所在地	山武市横田
用途	野菜農家・体験農園
暖房面積	240 m ²



図一 64 木質バイオマス暖房機設置状況



図一 65 温室全景



図一 66 温室と暖房機と燃料置き場



図一 67 温室内部 (左) と熱交換ファン (右)

4) てんとう虫くるくる農園

木質バイオマス暖房機 機種	NO.251 温水タイプ
所在地	山武市上横地
用途	野菜・育苗
暖房面積	100 m ²
既存の暖房機	電熱ヒーター
設定温度	10度



図-68 温室外観



図-69 木質バイオマス暖房機と丸太燃料

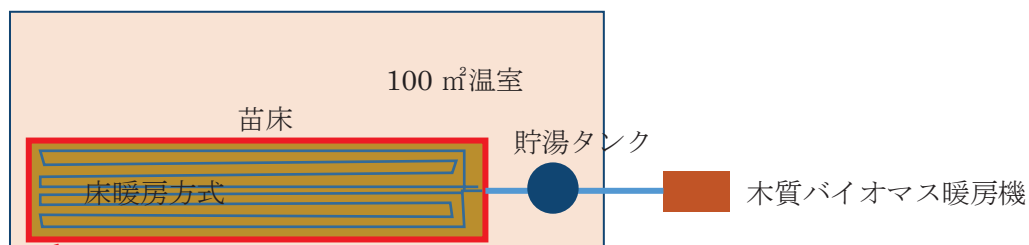


図-70 木質バイオマス暖房機設置状況



図-71 温室内の苗床



図-72 苗床と温水配管



図-73 貯湯タンク



図-74 苗床と温水配管

5) 神埼薔薇園

木質バイオマス暖房機 機種	NO. 1001 温水タイプ
所在地	長柄町刑部
用途	薔薇栽培
暖房面積	429 m ²
既存の暖房機	重油温風機 ネポン
設定温度	16 度

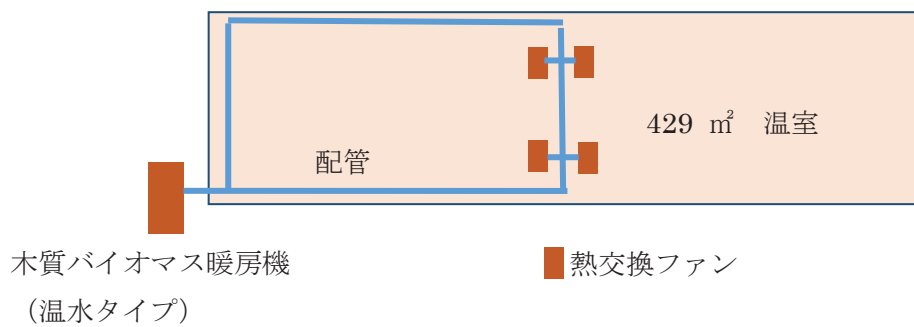


図- 75 木質バイオマス暖房機設置状況



図- 76 暖房機と丸太燃料



図- 77 熱交換ファン

6) 森の小人木工所

木質バイオマス暖房機 機種	NO. 401 温水タイプ
所在地	山武市殿台
用途	事業所作業場の暖房
暖房面積	200 m ²

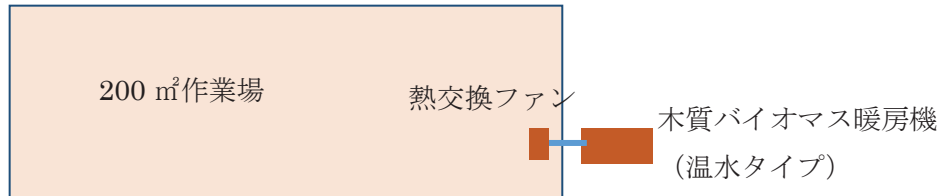


図- 78 木質バイオマス暖房機設置状況



図- 79 木質バイオマス暖房機 (NO. 401)

7) 樹楽荘

木質バイオマス暖房機 機種	NO. 251 温水タイプ
所在地	山武市椎崎
用途	住宅モデル
目的	給湯
既存の機器	ガス湯沸かし器と接続させて、プロパンガス燃料の削減を図る。



図- 80 外観



図- 81 木質バイオマス暖房機 NO. 251

8) 長生倉庫

木質バイオマス暖房機 機種	NO. 401 温水タイプ
所在地	長南町本台
用途	倉庫内の暖房と、倉庫内に保管する木材の乾燥
暖房面積	297 m ²

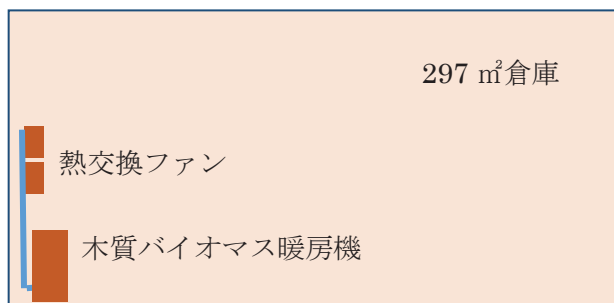


図-70 木質バイオマス暖房機設置状況



図- 83 倉庫 (ストックヤード)



図- 84 暖房機 (NO. 401) と熱交換ファン



図- 85 倉庫内部



図- 86 倉庫につみ置いてある丸太燃料

9) 千葉大学

木質バイオマス暖房機 機種	NH500 温風タイプ、NO. 251 温水タイプ
所在地	千葉市稲毛区 工学部内
用途	実験用



図－ 87 暖房機 (NH500、NO. 251)

3.4.2 システム実証の目的

エネルギー利用システム実証の目的、実施内容、成果目標について、以下の通り設定した。

表－ 53 エネルギー利用システム実証の目的

目的	◆丸太燃料を活用した木質バイオマス暖房機の安定的な稼働を確認する。
実施内容	◆木質バイオマス暖房機の設置・導入 ◆暖房機のモニター施設における稼働状況の分析
成果目標	◆モニター10 箇所への導入 ◆年間 284t の燃料用丸太の利用

3.4.3 実験計画

(1) 暖房機の運転確認

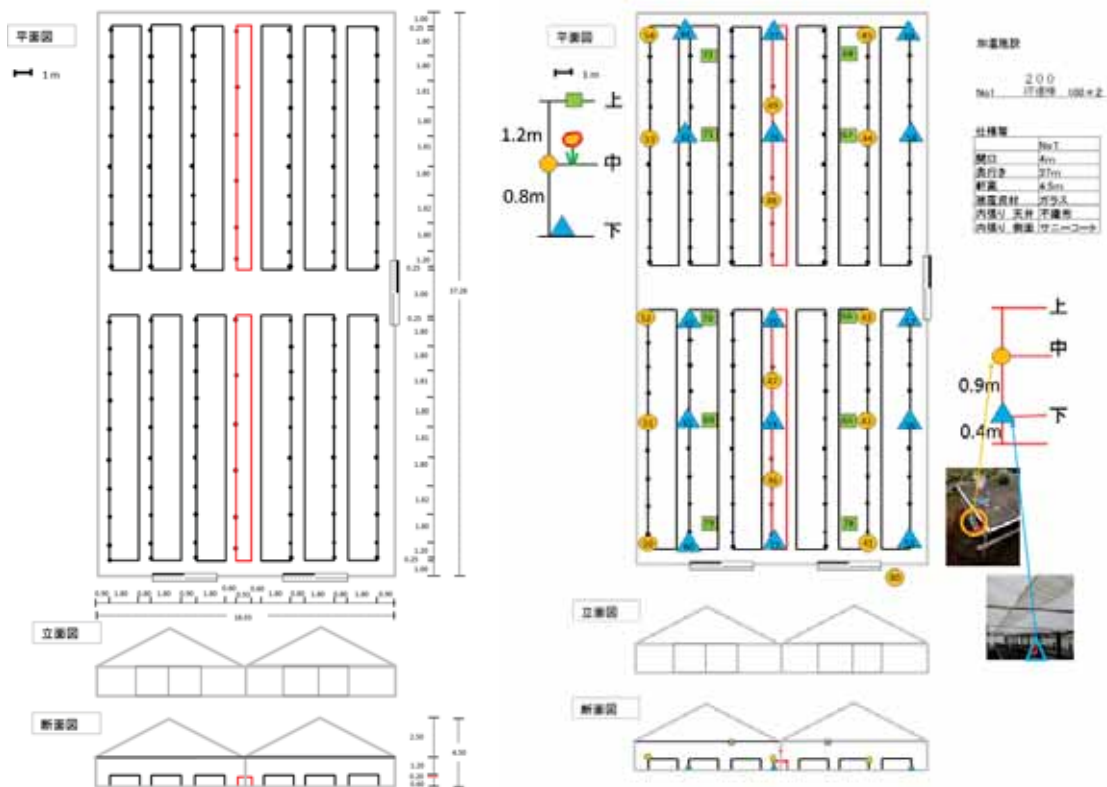
温水タイプの木質バイオマス暖房機を用いて、木質バイオマス暖房機の運転状況を調査した。木質バイオマス暖房機の利用では炉内に丸太を投入し、着火を行い蓋を閉めることで送風が始まり燃焼状態となる。



図一 61 木質バイオマス暖房機の運転開始方法

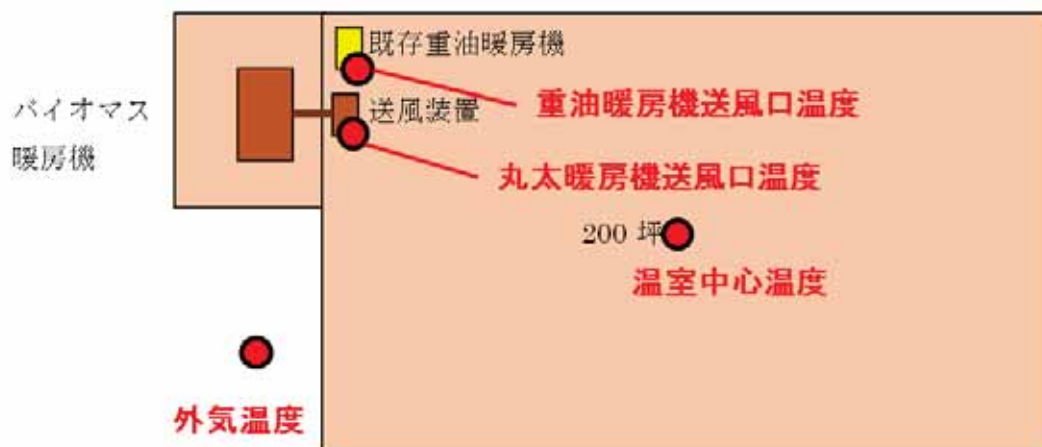
(2) モニター施設での稼動状況

温室農家に設置した温風タイプの木質バイオマス暖房機の稼動状況について調査した。対象としたモニター施設は、緑海緑化の 200 坪の温室である。温室内の温度を調べるため、温度測定器を下図のように設置した。



図一 62 温室内の温度測定器設置場所

今年度は、下図に示すように温室中心温度(47番測定器)と外気温度(80番測定器)、重油暖房機送風口温度(78番測定器)、木質バイオマス暖房機送風口温度(79番測定器)を用いて稼動状況と温室暖房状況を調査した。

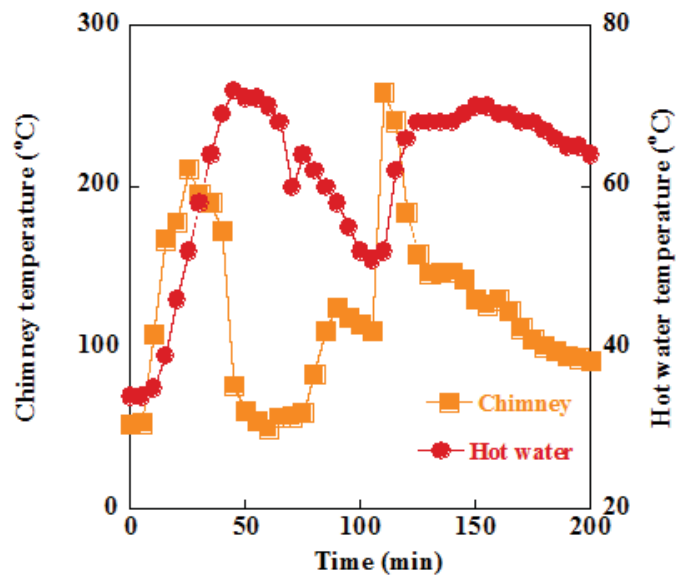


図一 63 温度測定箇所

3.4.4 エネルギー利用実験の実施結果

(1) 暖房機の運転確認

温水が設定温度より低い場合は送風機が稼働し丸太が燃焼することで水の温度が上がり、設定温度をこえると送風が止まり燃焼制御状態になり、温度が下がる。このような送風器の稼働状態で温水温度が制御できていることを確認した。



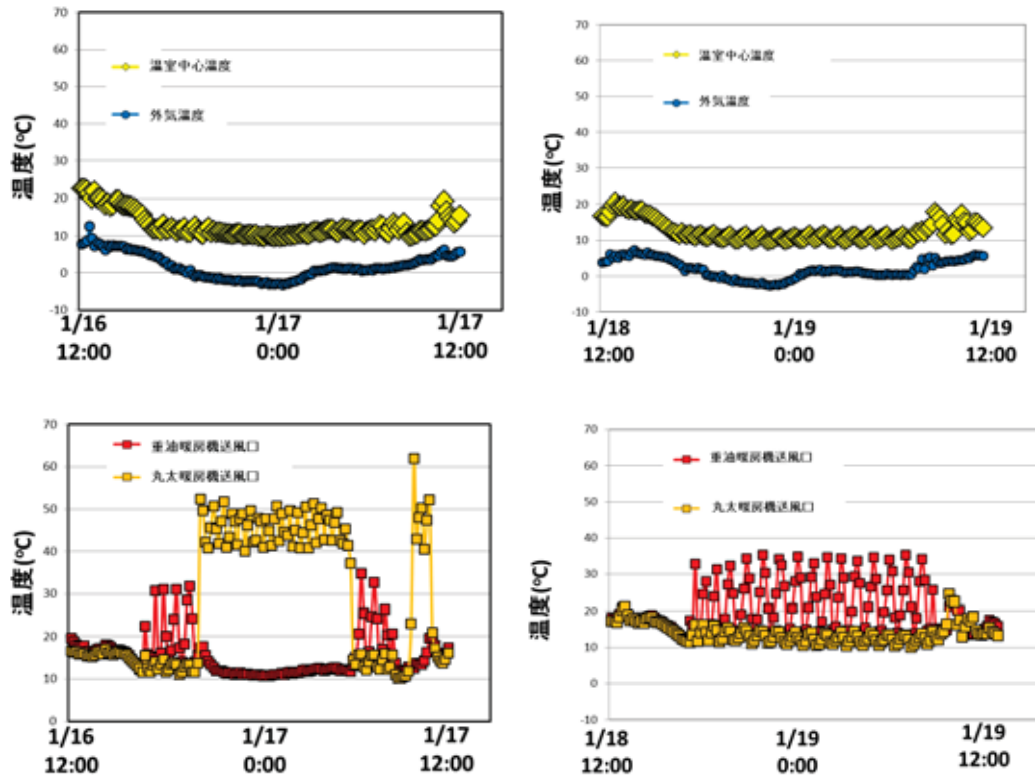
温水の温度が設定値より低い→送風により燃焼状態
温水の温度が設定値に達する→燃焼制御状態

図－64 木質バイオマス暖房機（温水タイプ）の温水温度制御

(2) モニター施設での稼働状況

左に木質バイオマス暖房機と重油暖房機を同時に稼働させた日、右に重油暖房機のみを稼働させた日の温室中心温度と外気温度（上図）、重油暖房機送風口と木質バイオマス暖房器送風口の温度（下）を示す。両日とも外気温度の変化はほぼ同様であり、夜中の 0℃を下回る外気温度でも温室内は設定温度の 13℃に保たれていることがわかった。また、送風口温度から木質バイオマス暖房機を使用した場合、最も温度の下がる夜半に木質バイオマス暖房機が稼働し温室温度を保っていることがわかり、木質バイオマス暖房機による温室暖房が可能であることが確認された。さらに、重油暖房機のみの場合に比べて重油暖房機の稼働時間は 1/4-1/5 まで減少しており、木質バイオマス暖房機の使用により重油暖房機がバックアップとして稼働していることがわかった。

温度モニターを温室内に多数設置しているため、今後、暖房機による温室内の暖房状況などを検討し、効率的な木質バイオマス暖房機の利用方法を検討する予定である。



図－ 65 モニター施設内外の温度推移

3.4.5 エネルギー利用システムの課題と対策

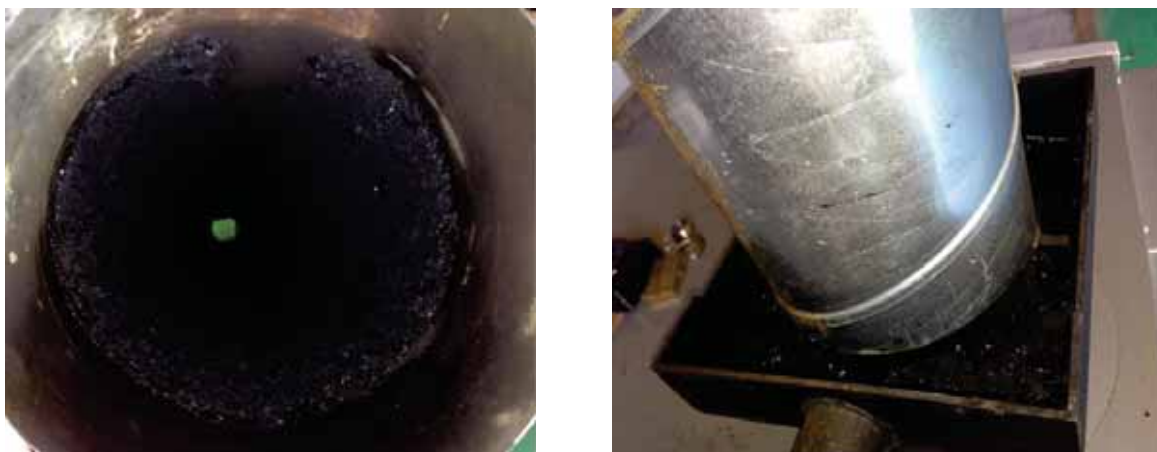
(1) 木質バイオマス暖房機の性能と課題

温風暖房機(NH1000)を稼働した際の燃料の燃焼状況を調査した。100kgの丸太を燃料として一晩稼働させた場合、0.5kgの灰が発生した。このことより、丸太燃料は効率よく燃焼していると考えられる。この結果は温水タイプの暖房機も含めてほぼ同様であった。



図ー 66 木質バイオマス暖房機炉内での丸太燃焼状況

また、稼働後の木質バイオマス暖房機の煙突の内壁にはススが多く付着しており、タールの発生も観察された。木質バイオマス暖房機の稼働に大きく影響すると考えられ、今後、改善を進める予定である。



煙突の内壁に付着したスス

煙突から垂れたタールの回収皿

図ー 67 木質バイオマス暖房機利用により発生した、煙突のススとタール

第4章 地域システムとしての評価

4.1 全体システムの評価

4.1.1 全体システムの取組結果

今年度は山武地域に6台、長生地域に2台、また実験用に千葉大学に2台の合計10台の木質バイオマス暖房機を導入し、実証実験を行った。

山武地域では7名のオペレーターにより延べ22日の作業を実施し、合計11.0tの丸太燃料の生産を行った。長生地域では30名のオペレーターにより延べ38日の作業を実施し、合計50.4tの生産を行った。両地域合計での丸太燃料の生産量は61.4tとなった。

当初は初年度、284.0tの丸太燃料の利用を想定していたが、暖房機の設置工事が順番となるため施設により設置時期が想定より遅れたことと、1日当たりの丸太燃料の消費量が想定より大幅に少なかったことから、必要な燃料の量は少なくて済む結果となった。

次年度は、暖房機の導入台数も増加し、今年度と異なり暖房シーズン開始時期より一斉に利用がスタートするため、丸太燃料の消費量は大幅に増加し、それに合わせた安定集荷体制の構築が求められる。

表－54 全体システムの取組結果

	山武地域	長生地域	合計
木質バイオマス暖房機 導入台数	温風タイプ：2台 温水タイプ：4台	温水タイプ：2台	温風タイプ：3台 温水タイプ：7台 (※実験用に千葉大学 に各タイプ1台導入)
現場作業期間	平成26年1月8日～ 平成26年2月26日 うち作業日数22日	平成25年11月6日～ 平成26年1月4日 うち作業日数38日	延べ作業日数60日
丸太燃料生産量	25.3m ³ 11.0t (20%W.B.)	171.5m ³ 50.4t (20%W.B.)	196.8m ³ 61.4t (20%W.B.)
オペレーター構成	総人数7名	総人数30名	総人数37名

※生産量は2月末現在

4.1.2 丸太燃料の流通全体コスト評価

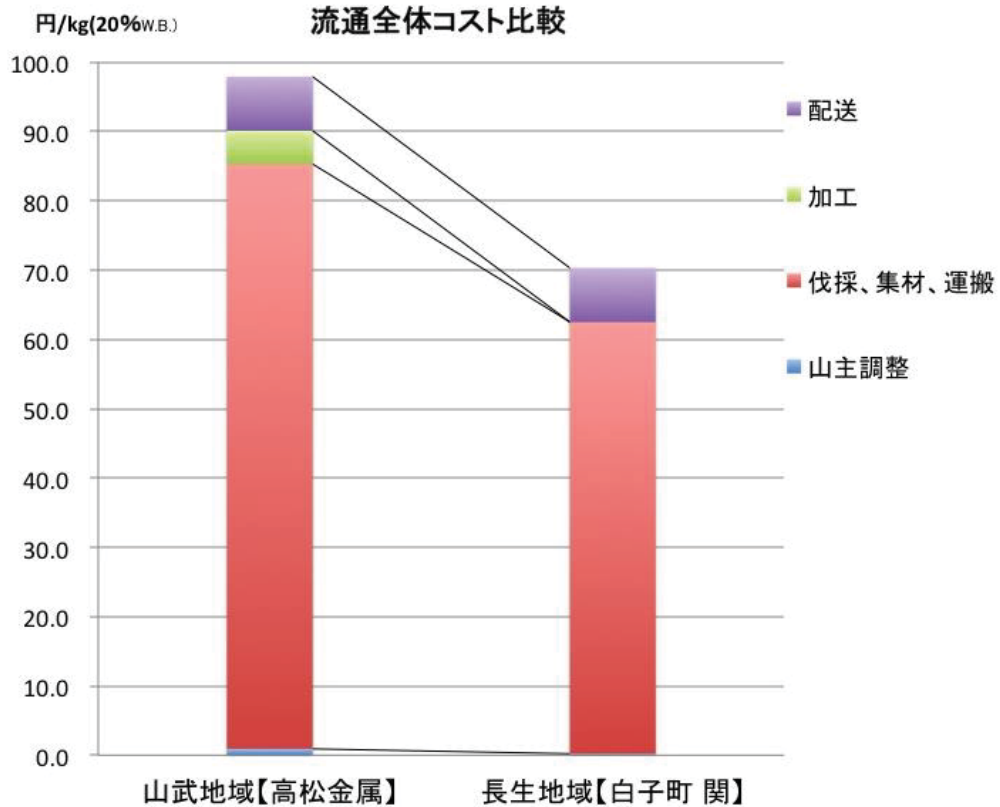
バイオマスの集荷・供給システム、加工システム、配送システムの実験結果を踏まえ、丸太燃料の流通全体コストの評価を行った。

算定の結果、山武地域の全体コストは97.9円/kg(20%W.B.)、長生地域は70.3円/kg(20%W.B.)となった。間伐の現場で軽架線集材を行った山武地域と比較して、皆伐の現場で軽トラックが林内まで侵入して玉切り後の丸太を手積みで積込した長生地域の方が、3割程度コスト安という結果がみられた。しかしいずれも目標とする30,000円/tには程遠い結果となっている。

事業初年度となる今年度は、不慣れな作業の上、ノンプロで構成するオペレーター集団のため、労働生産性が極めて低いところからのスタートだったことが過大なコストとなった要因と考えられる。オペレーターの技能向上、施業システムの体系化等により、次年度以降は

コスト低減が図れることが期待される。

工程別にみると、現場での伐採から集材、加工、運搬に係るコストが全体の約9割を占め、目標コスト達成には大幅な改善が求められる。また全体的に占める割合は低いものの、7.6円/kgかかる配送コストの改善も課題である。



図－ 68 山武地域・長生地域の流通全体コスト

表－ 55 流通全体コスト

	山武【高松金属】	長生【白子町 関】
山主調整	0.9 円/kg (20%W.B.)	0.2 円/kg (20%W.B.)
伐採、集材、運搬	84.4 円/kg (20%W.B.)	62.3 円/kg (20%W.B.)
加工	4.8 円/kg (20%W.B.)	※玉切りと同時進行のため集材に含む
配送	7.8 円/kg (20%W.B.)	7.8 円/kg (20%W.B.)
計	97.9 円/kg (20%W.B.)	70.3 円/kg (20%W.B.)
【諸条件】		
乾燥時の重量：乾木比重 0.35 (含水率 20%W.B.)		
長生地域の配送コスト：データ取り未実施のため、山武と同等とする		
長生地域の加工コスト：伐採の玉切り時に行うため、伐採に含まれている		

費目別でみると、いずれの地域も労働費が 8～9 割といった高い割合を占め、想定通りではあるものの、いわゆる現代林業が目指す資本集約型とは異なり、当システムは労働集約型のビジネスであることがコストデータからも確認された。

一方、設備費は割合は少ないものの、今回の試算では日割りの損料で計上しているため、経済性を保つには確実な事業量確保が求められる。

生産性はいずれの地域も 1.0m³/人日を下回り、従来の林業経営における間伐の生産性 3.3m³/人日と比較しても大幅に低い生産性となる。コスト低減には段取り時間の短縮、施業体系化などによる生産性アップが必須となる。

また消耗品に関しては詳細なデータ整理が必要となるため、今年度は暫定的な数値を用いたが、今後、精査が必要となる。

表－ 56 山武地域トータルコスト、作業工程別/費目別一覧

円/kg (20%W.B)	労働費	燃料費	設備費	消耗品 その他	合計
山主調整	0.9円	---	---	---	0.9円
伐採～搬出	62.2円	3.7円	14.1円	4.4円	84.4円
加工	1.6円	0.3円	2.4円	0.5円	4.8円
配送	4.8円	0.9円	1.6円	0.5円	7.8円
合計	69.5円	4.9円	18.1円	5.4円	97.9円

表－ 57 長生地域トータルコスト、作業工程別/費目別一覧

円/kg (20%W.B)	労働費	燃料費	設備費	消耗品 その他	合計
山主調整	0.2円	---	---	---	0.2円
伐採～搬出	55.0円	2.9円	3.2円	1.2円	62.3円
加工	---	---	---	---	---
配送	4.8円	0.9円	1.6円	0.5円	7.8円
合計	60.0円	3.8円	4.8円	1.7円	70.3円

表－ 58 流通全体コストの費目別内訳

	山武【高松金属】	長生【白子町 関】
作業期間	1月8日～2月26日 うち作業日数 22日	11月6日～1月4日 うち作業日数 38日
生産量	25.25m ³ [生木換算 22.7t] [乾木換算 11.0t]	171.5m ³ [生木換算 98.1t] [乾木換算 50.4t]
労働生産性	0.36m ³ /人日	0.62m ³ /人日
労働費	694,313円	2,780,000円
燃料費	40,569円(実費) [軽油 218L、ガソリン 83L]	144,854円(実費) [ガソリン 825.7L、混合ガソリン 50L]
設備費	155,253円 [7,057円/日] [計 22日作業]	162,388円 [4688円/日(2チーム作業時)] [3475円/日(1チーム作業時)] 日報より、 [2チーム分装備 25日] [1チーム分装備 13日] (計 38日作業)
消耗品 その他費用	48,165円 ・ 39,165円 [燃料費、設備費の合計の 20%] ・ 9,000円 [=パレット 2,500円×6枚]	61,449円 [燃料費、設備費の合計の 20%]
計	938,299円	3,148,691円
<p>【諸条件】 比重：生木 0.90、乾木 0.35(含水率 20%W.B.)、労働生産性：(伐採からヤード運搬までの)生産量/延べ人工、設備費：日割りの損料計算。品目・耐用年数は別表参照、長生の設備費は日報より各日の出勤人数を確認の上、設定、消耗品その他費用：保険/車検/その他一般管理費を含め、まとめて燃料費と設備費の合計の 20%と設定、山武のパレットのみ、個別に算出</p>		

今回は不慣れな作業を強いられた初年度ということもあり、目標を大きく上回るコストとなった。しかし、現場条件としてはいずれの地域の現場も地形的にはなだらかで、特に皆伐地である長生地域の場合は、軽トラックで林内まで侵入ができるほど条件が極めて良い現場での施業となった。今後事業を拡大していく上では必ずしも条件の良い現場ばかりではないため、条件不利な現場での生産性・コスト分析も進め、条件による比較検証を行う。

またこれに関連して、低コスト化を重視すれば、地形的に緩やかで比較的荒廃が進んでいない現場を選んでいくことが有効であるが、荒廃する地域の森林整備・活用といった本来の目的を見誤ることなく、低コスト化と森林再生のバランスを見つつ、現場選定を進めることが重要である。

4.1.3 CO2削減効果

今年度の実証では、山武、長生両地域のモニターで、トータル 61.4t (20%W.B.) の丸太燃料が製造された。この全量がバイオマス暖房機の燃料として利用されたと仮定し、CO2 排出削減効果の算定を行った。なお、従来システムとしては灯油ボイラーでの燃焼を設定し、比較した際の削減効果として評価した。

試算の結果、灯油の削減量は 20,529L となり、CO2 排出削減量は 51,117kg と推計された。

表－ 59 今年度集荷した丸太燃料消費に伴う CO2 排出削減量

項目	単位	数量	備考
丸太燃料消費量	t	61.4	山武：11.0t、長生50.4t、いずれも20%W.B.
供給熱量	MJ	640,402	バイオマス暖房機効率70%と設定
灯油消費削減量	L	20,529	灯油ボイラー効率85%と設定
CO2排出削減量	kg-CO2	51,117	
【諸条件】 スギ発熱量 (W.B. 20%木部・樹皮平均低位発熱量)：14.9MJ/kg (「木質バイオマスボイラー導入指針」平成24年3月、森のエネルギー研究所)、灯油発熱量：36.7MJ/L、灯油CO2排出係数：2.49 kg-CO2/L (環境省「地球温暖化対策の推進に関する法律施行令」)			

今年度はバイオマス暖房機の効率等の検証を実施していないため、ここでは熱効率70%と設定して評価を行った。次年度以降、詳細な熱効率等の分析を行ったうえで、正確な石油消費削減量、及びCO2 排出削減量の評価を実施していく。

4.2 地域システム化の評価

■森林所有者へのプロジェクトの理解醸成・啓発

本システムを実施する上で出発点となるのが、原料の集荷ターゲットとなる民有林の現場確保で、そのための森林所有者の合意形成である。

事業がスタートしたばかりの今年度はプロジェクトの認知度もない中、全くの飛び込みでの調整は困難と思われ、伝手をたどっての現場確保が中心となった。しかしながら丸太燃料の需要拡大に伴い、今後より多くの現場を確保していく必要があることから、地域におけるプロジェクトの理解醸成と参画のメリットの浸透を図り、森林所有者を巻き込んでスムーズな現場確保を進めていくことが求められる。

森林所有者からの理解を深めていくためにも、見積精度の向上や整備後の森林や木質バイオマス暖房機利用の現場の視察会の開催などのPRの場の創出が有効と考えられる。

■良質材の流通と合わせた仕組みづくり

原木の集荷実証を行った現場では、本来製材などへの利用にも資する良質な大径木も確認された。また一方で、対象地域においては、木材市場での調達難しい長尺の材（5m超）に対する個人の方からのニーズが高いことも確認されている。

現状では燃料向けの材の集荷コスト低減を第一目標として取り組んでいるが、本システムを経済的にペイさせていく一つの方策としては、従来の林業と同様に、A、B材と合わせた搬出・流通システムを構築することであると考えられる。



図－69 集材された良質な材

■バイオマス暖房機設置・メンテナンス業務の内製化

本システムによる地域効果を高めるには、単に燃料の供給と利用を行うばかりでなく、バイオマス暖房機の設置、メンテナンス業務も地域で内製化し、所得機会の向上を図ることが有効である。現状ではタイセイマシナリーが直接、設置、メンテナンスを行うこととなっているが、将来的には地域単位で代理店機能を構築することが望まれる。

■里山の価値を活用した多様な取組との融合の中での取組の位置づけ

本事業による取組は、地域の資産としての里山の価値を新たに見つめなおし、エネルギー生産の場として里山を捉え、持続可能な農山村の再構築の一助となる丸太燃料の流通の仕組みづくりへのチャレンジとなる。こうした地域活性化のアプローチには、単独のプロジェクトの突破論に依存するばかりではなく、多様な取組の融合による“地域力”の向上が有効と考えられる。

対象地域となる山武、長生両地域では、里山をフィールドにこれまで多様な取組が行われてきている。たとえば山武地域では整備した森林の空間利用による「森のウェディング」やキャンプイベント「33 ギャザリング」などが行われている。長生地域では地場の材を活用した薪炭、竹製品、スギの丸太椅子等の生産や整備した林内での山菜・筍採り等のイベントが実施されている。

現状では独立したシステムとしての丸太燃料流通システムの確立を目的に取り組んでいるが、里山を取り巻く将来の地域の全体像にまなざしを向け、多様な取組との融合の中で、いかなる潤滑油として地域の活性化の一翼を担っていくのかを考えていくことが重要である。



■地元行政の巻き込み

本プロジェクトで目指す取組は、荒廃する地域の森林再生、地場産業（農業、観光）の振興にもつながる高い公益的側面も有する。取組を加速化させていくためには、その公益性に鑑み、地元行政の側面支援を求めていくことも有効と考えられる。具体的には現場確保などの地域の合意形成、ヤード用地としての市有地の貸し出し、公共施設でのバイオマス暖房機の活用等、さらには小規模林業への森林整備費用の割り当てなども期待したいところである。

今年度は協議会への参加という形で行政には協力をいただいたが、今後より具体的な連携のあり方を探っていききたい。

第5章 まとめ

5.1 事業の成果

本事業による今年度の成果を以下に整理する。

○地域住民主導の丸太燃料流通システムの始動

林業が盛んでない地域で地域住民が主体となり森林整備を行い、そこから搬出される材を丸太燃料として地域でエネルギー利用する新しい林業のスタイルへのチャレンジとなる本事業であるが、事業初年度となる今年度、順調に体制を構築し、システムを始動させることができた。

素人が大半の中、両地域で総勢 40 名ほどのオペレーターによる集荷チームを結成し、計 61t の丸太燃料の供給を行うことができた。また利用サイドでは施設園芸農家を中心に計 10 台の木質バイオマス暖房機が導入され、地産地消のエネルギーシステムが動き始めた。

○現場での創意工夫によるノウハウ蓄積

プロが行う機械化林業とは異なり、素人による簡易な機具を用いた施業システムによる材の集荷を行う中で、現場での創意工夫により新たな施業方法のアイデアが生まれる等、生産性及び安全性向上のための様々なノウハウが蓄積された。機械化林業とは異なり専門家がいるわけでも体系化された方法論があるわけでもない本システムにおいては、こうした現場の改善の積み重ねが欠かせないものであり、実用化への近道と考えられる。

○流通コストの定量化

データ収集・分析の手法には改善の必要性を抱えているものの、今年度実施した基本パターンによる川上から川下までの流通コストを定量的に把握することができた。当面の目標コスト 30,000 円/t (20%W.B.) に対して山武地域で 97,900 円/t、長生地域で 70,300 円/t とまだまだ割高となるものの、スタート時の現実的なコストを把握できたとともに、個別の改善要素も明らかにすることができた。

5.2 事業の課題と対策

今年度明らかになった主な課題とその対策について以下に整理する。

表－ 60 明らかになった課題と対策

課題	対策
現場確保のための森林所有者の理解醸成	<ul style="list-style-type: none"> ● 地元理解醸成に向けた行政との連携 ● 詳細な見積手法の確立 ● モデル林での PR
収集データ項目・精度の向上	<ul style="list-style-type: none"> ● 詳細な実験計画の策定 ● データ入力シートのカスタマイズ ● オペレーターへの日報記入方法の徹底
現場での段取り時間の短縮	<ul style="list-style-type: none"> ● 現場条件に合わせた伐採・搬出システムの体系化 ● 経験蓄積による現場判断能力の向上
良質材と合わせた搬出・流通システムの構築	<ul style="list-style-type: none"> ● 材の見立て技能の向上 ● 良質材の需要開拓 ● 良質材と合わせた効率的なバイオマス集荷システムの構築
配送時間の短縮	<ul style="list-style-type: none"> ● 製品ラックの導入効果検証 ● ユニック車と軽トラ配送の比較検証 ● 効率的な配送計画（ルート・頻度等）の策定
丸太燃料の規格化	<ul style="list-style-type: none"> ● 暖房機の仕様に合わせた含水率管理、乾燥の徹底 ● サイズ、ロッドのラインナップ化
バイオマス暖房機のメカニズム解析と効率改善	<ul style="list-style-type: none"> ● 熱効率の解明 ● 燃焼・送熱コントロールの改善 ● 煤・タールの発生抑制
モニター施設における導入効果の評価	<ul style="list-style-type: none"> ● 詳細な実験計画策定とデータ収集・分析 ● 経済効果の算定

5.3 次年度の計画

平成25年度は山武・長生の異なる特性をもつ2地域において、地域住民主導による丸太燃料流通システムの基本パターンを構築し、森林からの伐採から木質バイオマス暖房機での利用までの基礎的な情報を整理した。平成26年度は、前年度の成果をもとに両地域において丸太流通システムの効率化・最適化を検討し、重油に対抗しうる低コストな丸太燃料供給システムの提案を目指す。

また、近年、農家や温泉宿において暖房燃料費の原価に占める割合が増加し、燃料費の大幅な低減が期待される木質バイオマス暖房機へのニーズが事業開始当初より高まっており、モニター施設として暖房条件の違う様々な種類の野菜農家や農家と異なり年間を通して熱利用が必要な温泉施設などに拡大し、さらに、対象地域としてバイオマス燃料利用において実のある南房総市を追加することで、モデル地域づくりの促進をはかる。



図一 71 次年度の実証実験の概要