

対馬市木質バイオマスエネルギー導入計画

【概要版】

平成31年2月

対馬市

1. はじめに

豊富な森林を有する対馬市では近年、原木供給拡大に取り組んでおり、平成 24 年度 3.9 万 m³ だった素材生産量は平成 28 年度 5.2 万 m³ まで拡大し、平成 32 年度には 9.1 万 m³ までの増産を目指している。一方、対馬市内にはバイオマス発電所など低質材の需要地がなく、低質材は基本的に島外出荷となるため海上輸送の費用が負担となり取引価格は非常に安い。そのため現場の条件によっては価格が合わず、小径木、不良木が林内に多く放置されている。また離島である対馬のエネルギー事情は、小規模な火力発電所への依存度が高く、石油価格も比較的割高で本土地域と比較すると不利な環境である。

本計画は、低質材の利用促進による地域林業の経営力強化、森林環境の保全、化石燃料依存からの地域のエネルギーシフトを図るため、対馬市に適した発電、熱利用等の地域主導による木質バイオマスエネルギーの導入計画をとりまとめたものである。



図 1 人工林での間伐作業の様子

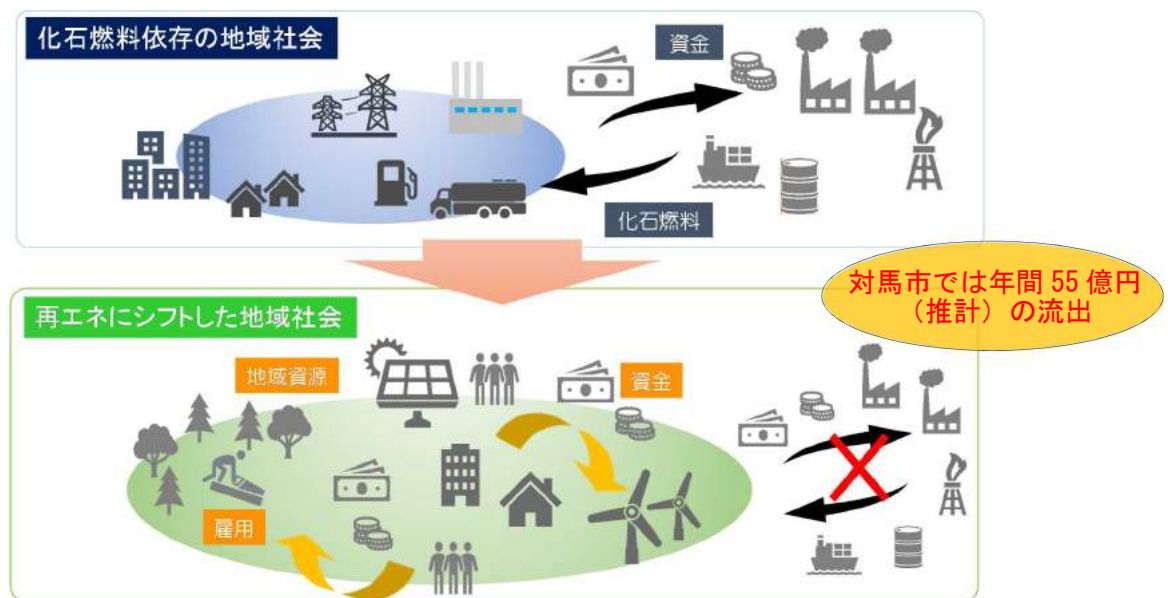


図 2 再生可能エネルギーにシフトすることによる地域社会への効果

2. 先進事例調査

岐阜県高山市のしぶきの湯、桜花の湯、笠原木材、岩手県釜石市の釜石地方森林組合、遠野市役所、遠野バイオエナジー、紫波町オガールエリアの視察調査を行った。各視察を通じて、ガス化発電設備を活用した FIT 事業、エネルギー会社による熱エネルギーサービス事業、バイオマス材の集荷システム、移動式チップターの活用のポイントや課題等について情報収集し、分析した。

3. 木質バイオマスの資源量調査

本計画では「森林整備事業を推進し健全な森林をつくり、木質バイオマス資源を有効利用することでCO2の吸収・固定による地球温暖化防止対策に寄与する」という趣旨・目的に鑑み、間伐及び伐期齢を迎えた森林を皆伐し再生林等による更新を図り、かつ持続的な林業経営が成立することを前提とし、私有林の人工林を対象に利用可能な木質バイオマスの資源量について調査した。

統計情報やヒアリング、出材量調査の結果、間伐、皆伐合わせて 13,005t/年が安定的な利用可能量と推計された。これは、対馬の現状の森林資源量や地域林業・木材流通動向を踏まえ、資源的・環境的・経済的な観点から持続可能かつ現実性の高い値といえる。

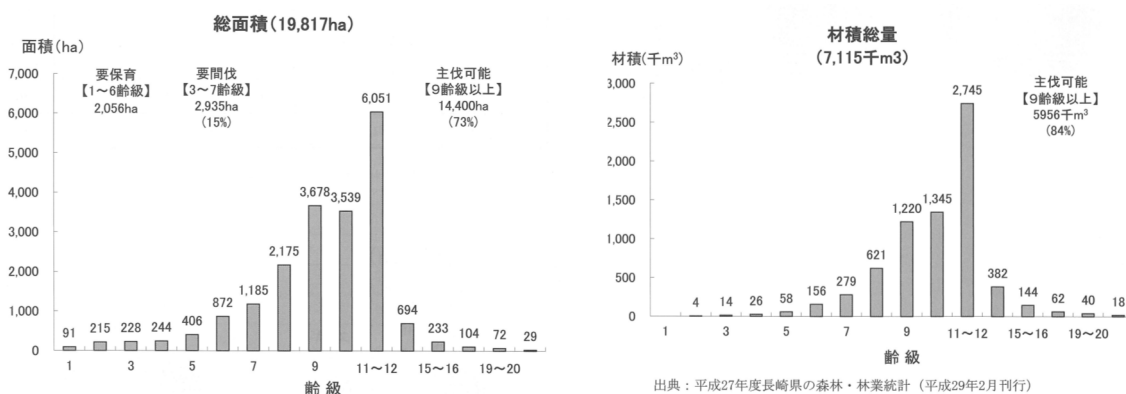


図3 齢級別森林資源（左：面積、右：材積）

①搬出間伐事業量/年×単位面積あたり出材可能量×比重＝木質バイオマス利用可能量
 $550\text{ha/年} \times 19\text{m}^3/\text{ha} \times 0.90\text{t}/\text{m}^3 = \mathbf{9,405\text{ t/年}}$

②主伐・皆伐の直近の事業量/年×比重により生産される木質バイオマス利用可能量
 $4,000\text{ m}^3/\text{年} \times 0.90\text{t}/\text{m}^3 = \mathbf{3,600\text{ t/年}}$

③対馬における木質バイオマス利用可能量（① + ②）
 $\mathbf{9,405\text{ t/年} + 3,600\text{ t/年} = 13,005\text{ t/年}}$

4. ガス化熱電併給事業の事業可能性の検討

ガス化熱電併給事業の実現可能性について、具体的に事業会社から提案のある事業プランの事業性について評価した。プランは数10kWのガス化発電設備を複数設置し、発電出力1MWの発電と排熱により燃料用チップ乾燥と小型バイナリー発電を行うモデルで、提案する事業会社と地元企業等の出資により立ち上げたSPCが事業主体となることを想定している。

事業採算性の面からは十分な収益性が確認され、かつ原木の買取価格も6,500～7,000円/tを想定しており、川上にとってもメリットが得られるプランであることが確認された。一方、技術性の面からはガス化発電設備の国内での実績不足、水分10%W.B.で形状の均一なチップ

の規格対応、地域の樹種との相性、メーカー・ベンダーのサポート体制の面から地域における稼働の安定性や計画通りの採算性は現段階では確認できず、課題が残る。

一方、ガス化発電設備については国内で複数のメーカー品の導入が進んでいることから、今後そうした先行事例の実績を検証し、現段階で想定する機器にこだわらずに引き続き実現の可能性を模索していく。また 20 年の FIT 事業期間後に低質材の行き場がなくなる、雇用がなくなるといった反動がないよう、事業期間内に次につながる仕組みづくりに取り組むことも重要である。

5. バイオマスボイラの導入可能性の検討

市内全域の主な熱利用施設 17 施設にアンケート調査を実施した。一定の需要規模の 10 施設合計での熱需要は年間約 35,000GJ で、チップボイラを入れた際のチップの消費規模は年間約 5,000t と推計された。(表 2)

中でも有望な 7 施設については現地調査を実施し、現場環境、既存設備・システムの詳細な確認や事業者の意向について調査をした。その結果、導入可能性が高い「真珠の湯」「対馬グランドホテル」と「湯多里ランド」の 2 地域 3 施設についてチップボイラ導入のケーススタディを行った。

表 1 ケーススタディの設定条件

対象施設	既存設備	導入設備
真珠の湯 対馬グランドホテル	重油ボイラ (23 年) 重油ボイラ 349kW (20 年) ガスボイラ 174kW (4 年)	チップボイラ(断続運転タイプ) 200kW×2 基 ※2 施設への熱融通
湯多里ランド	チップボイラ(連続運転タイプ) 450kW (13 年) 灯油ボイラ 529kW (14 年) 灯油ボイラ 529kW (14 年)	チップボイラ(断続運転タイプ) 500kW

※ () 内は設置年数

表 2 市内の施設の熱利用実態

施設名	施設の使用用途	施設の管理	既存ボイラの概要					熱需要量推計値	備考
			設備の種類	熱媒体	設置年数	定格出力	燃料種		
施設 A	温浴施設	公共	チップボイラ	温水	13 年	450kW	チップ	7,119GJ/年	メインがチップボイラで、灯油ボイラ 2 基はバックアップ
			灯油ボイラ	温水	14 年	529kW	灯油		
			灯油ボイラ	温水	14 年	529kW	灯油		
施設 B	温浴施設	公共	重油ボイラ	温水	23 年	—	A 重油	2,110GJ/年	宿泊施設に隣接
施設 C	足湯	公共	灯油ボイラ	温水	14 年	93kW	灯油	260GJ/年	
施設 D	病院	公共	ヒートポンプ	温風	3 年	40kW	電気		
施設 E	高齢者福祉施設	公共	重油ボイラ	温水	20 年	290kW	A 重油	565GJ/年	設備が老朽化
施設 F	高齢者福祉施設	公共	電気温水器	温水	16 年	7 kW	電気		
施設 G	高齢者福祉施設	公共	重油ボイラ	温水	3 年	291kW	A 重油	298GJ/年	
施設 H	隊員の宿泊施設	公共	重油ボイラ	温水	6 年	105kW	A 重油	253GJ/年	
			重油ボイラ	温水	6 年	105kW	A 重油		
			重油ボイラ	温水	5 年	93kW	A 重油		
			重油ボイラ	温水	5 年	93kW	A 重油		
施設 I	隊員の宿泊施設	公共	重油ボイラ	蒸気	22 年	1,800 kg/h	A 重油	6,182GJ/年	
			重油ボイラ	蒸気	12 年	1,500 kg/h	A 重油		
施設 J	宿泊施設	民間	重油ボイラ	温水	20 年	349 kW	A 重油	2,192GJ/年	温浴施設に隣接
			ガスボイラ	温水	4 年	174 kW	LP ガス		
施設 K	宿泊施設	民間	灯油ボイラ	温水	16 年	291kW	灯油	1,246GJ/年	
施設 L	温浴施設	公共	重油ボイラ	温水	1 年	581kW	A 重油	1,137GJ/年	
			重油ボイラ	温水	1 年	581kW	A 重油		
			重油ボイラ	温水	13 年	756kW	A 重油		
			重油ボイラ	温水	13 年	349kW	A 重油		
施設 M	高齢者福祉施設	民間	重油ボイラ	温水	9 年	233kW	A 重油	1,685GJ/年	給湯用
			重油ボイラ	温水	9 年	430kW	A 重油		暖房用
施設 N	高齢者福祉施設	民間	重油ボイラ	温水	—	581kW	A 重油	615GJ/年	対馬市がボイラを提供
施設 O	高齢者福祉施設	民間	ガスボイラ	温水	15 年	—	LP ガス		入浴サービスなく消費はわずか
施設 P	障がい者支援施設	民間	ガスボイラ	温水	6 年	112kW	LP ガス	449GJ/年	
施設 Q	製塩工場	民間	重油ボイラ	蒸気	2 年	—	A 重油	12,093GJ/年	生産量増加により 2016 年 10 月より重油ボイラも同時稼働
			チップボイラ	蒸気	—	—	チップ		
合計 (熱量)								36,204 GJ/年	
チップ消費量換算※								5,235t/年	50%W. B.
うち 500GJ/年								5,053 t/年	

※熱利用ボイラ (熱効率 85%) を利用した際の想定チップ消費量

隣接する真珠の湯と対馬グランドホテルでは、既存の源泉・循環水の昇温・給湯用の重油ボイラに替えて、200kWのチップボイラ2基を導入することを想定した。年間384t-35%W.B.のチップを消費し、バイオマスへの転換率は100%で、現状消費する重油87kL、LPガス1.5万m³を全て削減可能である。施設整備は約9千万円で2/3の補助を活用し、原木由来のチップを13,260円/t-35%W.B.で調達した場合、年間670万円の燃料費の削減となり、投資回収年数は6年と試算された。



図 4 真珠の湯・対馬グランドホテルの検討ケース

表 3 真珠の湯・対馬グランドホテルにおけるチップボイラ導入のケーススタディ結果

(初期投資額)		
計	87,000 千円/年	
(既存システム)		
燃料代	11,894 千円/年	
メンテナンス	300 千円/年	
電気代、保険料	0 千円/年	チップボイラと相殺
計	12,194 千円/年	
(導入システム)		
燃料用チップ代	5,095 千円/年	チップ単価 13,260 円/t (50%W.B. で 1 万円相当) チップ工場での原木の取引価格は 6,500 円/t を想定
メンテナンスその他	400 千円/年	ユーザーメンテナンス
灰処理費	40 千円/年	
電気料金、保険料	0 千円/年	既存設備と相殺
計	5,535 千円/年	
(年間粗便益)		
	6,659 千円/年	
(投資回収年)		
既存ボイラ併用	12 年	補助なし
	8 年	設備 1/2 補助活用
	6 年	設備 2/3 補助活用

湯多里ランドでは、13年前に導入されたチップボイラが老朽化し、近年トラブルも頻発し、修理代や停止中の灯油代が非常に負担になってきていることから、断続運転タイプの500kWのチップボイラに更新した際の効果の検証を行った。既存の建屋、サイロが利用可能なため、投資額は比較的抑えることが可能で3,500万円程度となり、バイオマスの代替率は現状と同等と仮定し、12,240円/t-40%W.B.で調達した場合、年間430万円の燃料費等のコスト削減となり、投資回収年は補助なしで8年、1/2の補助活用で4年と試算された。実際にはバイオマス代替率がより向上されることが見込まれ、より大きな投資効果が期待される。



図 5 湯多里ランドの検討ケース

表 4 湯多里ランドにおけるチップボイラ更新のケーススタディ結果

(初期投資額)		
計	34,760 千円/年	
(既存システム)		
燃料代 (チップ)	11,312 千円/年	
燃料代 (灯油)	1,146 千円/年	
メンテナンス	860 千円/年	
灰処理費	98 千円/年	
電気代、保険料	0 千円/年	新規設備と相殺
修理代	1,100 千円/年	チップボイラ年平均
計	14,516 千円/年	
(導入システム)		
燃料代 (チップ)	8,452 千円/年	チップ単価 12,240 円/t (50%W.B. で 1 万円相当) チップ工場での原木の取引価格は 6,500 円/t を想定
燃料代 (灯油)	1,146 千円/年	
メンテナンスその他	500 千円/年	ユーザーメンテナンス
灰処理費	69 千円/年	
電気料金、保険料	0 千円/年	既存設備と相殺
計	10,166 千円/年	
(年間粗便益)		
	4,349 千円/年	
(投資回収年)		
回収年数	8 年	補助なし
	6 年	設備 1/3 補助活用
	4 年	設備 1/2 補助活用

6. 木質バイオマスエネルギーの導入シナリオ

森林所有者、林業従事者、森林組合、行政等で構成する協議会での協議の結果、対馬市では以下のコンセプトにより、木質バイオマスエネルギーの導入を進めていくこととした。

【対馬市における木質バイオマスエネルギーの導入コンセプト】

1. 森林系の低質材のエネルギー利用に積極的に取り組み、地域の森林経営意欲の向上・森林環境の保全に直接的に結び付けていく
2. 地域のバイオマス資源をフル活用し、エネルギーシフトしていくことで、離島の不利なエネルギー環境の改善・脱炭素化を目指していく
3. 地域主導の体制構築により富を最大限地域で享受する

コンセプトに基づき、森林資源量やエネルギー利用設備の導入可能性の調査の結果を踏まえ、対馬市における中長期的な導入シナリオとして、2つの方向性を定めた。基本線として「シナリオⅠ：バイオマスボイラの分散設置」により、地元企業等で設置するエネルギー会社がESCO方式での市内施設にボイラによるエネルギーサービスを着実に進めていく。発電・熱電併給の事業化の可能性が見込めた場合には「シナリオⅡ：バイオマス発電を核としたバイオマスボイラ・熱電併給の分散設置」を進めていく。

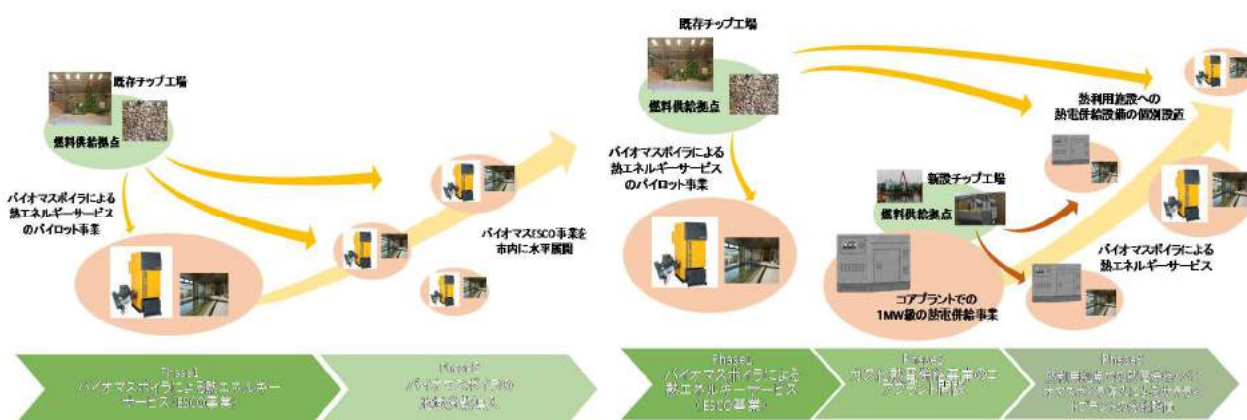


図 6 展開シナリオⅠ（左）、Ⅱ（右）

7. モデル事業の事業計画

ケーススタディで導入効果が確認されえた市の温浴施設である「真珠の湯」と隣接する「対馬グランドホテル」におけるチップボイラによる熱融通事業をモデル事業として位置づけ、実現に向けて取り組みを推進していく。既存の重油ボイラに替えて 200kW のチップボイラを 2 基導入し、施設への源泉・循環水の昇温、給湯用に利用する。年間 384t-35%W. B. のチップで 100%熱需要を賄う。

事業は地元企業で構成する地域エネルギー会社を実施し、設備の導入から運転管理、燃料の調達も行い、施設側は利用量に応じたエネルギーサービス料金を負担する。チップは地元森林組合や素材生産業者が供給する C, D 材を主体として地元チップ業者で加工する。

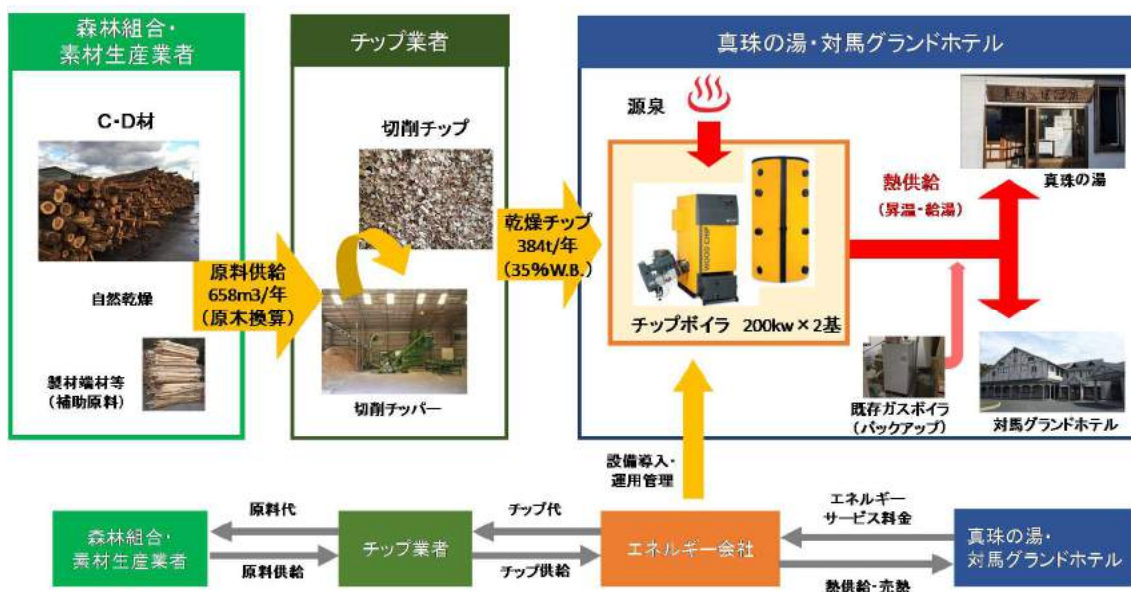


図 7 モデル事業の全体像

表 5 導入システムの基本計画

熱供給先	真珠の湯	源泉の昇温 浴場の循環水の昇温・給湯
	対馬グランドホテル	源泉の昇温 浴場の循環水の昇温・給湯 個室・厨房の給湯
ボイラ	ボイラタイプ	固定床チップボイラ (温水)
	出力	200kW
	導入台数	2基
	燃焼効率	94%
	燃料仕様	水分：M35 (35%W. B. 以下)、サイズ：G50
蓄熱タンク	容量	5,000L
	導入台数	2基

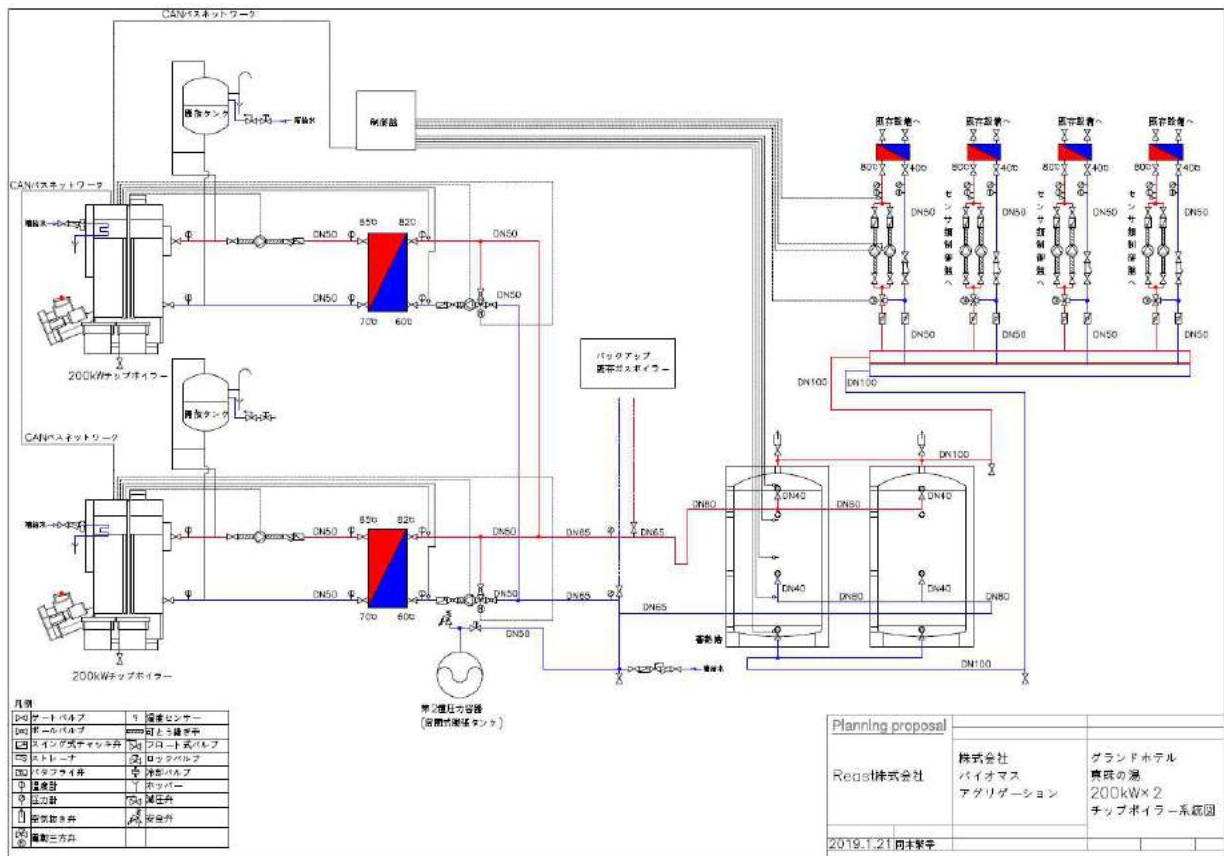


図 8 システム系統図



図 9 施設配置図

プラント全体の建設費は7千万円で、4千万円を国の設備補助で賄い、1千万円を資本金、2千万円を金融機関からの借入により調達する。

表 6 プラント建設費内訳（左表）・資金調達内訳（右表）

	金額		金額
ボイラ・付帯設備	40,000 千円	資本金	9,550 千円
建屋	6,000 千円	補助金	38,667 千円
サイロ	7,000 千円	融資	22,283 千円
熱導管	15,000 千円	初期投資合計	70,500 千円
建中予備費	2,500 千円		
初期投資合計	70,500 千円		

2つの施設に対する熱の売上は年間1,142万円で営業利益は242万円となり、8.3年での投資回収を目指す。内部収益率（P-IRR）は11.4%で、長期的な事業リスクの条件は異なるものの、FIT売電事業（未利用材・8.0%）よりも収益率としては高い。

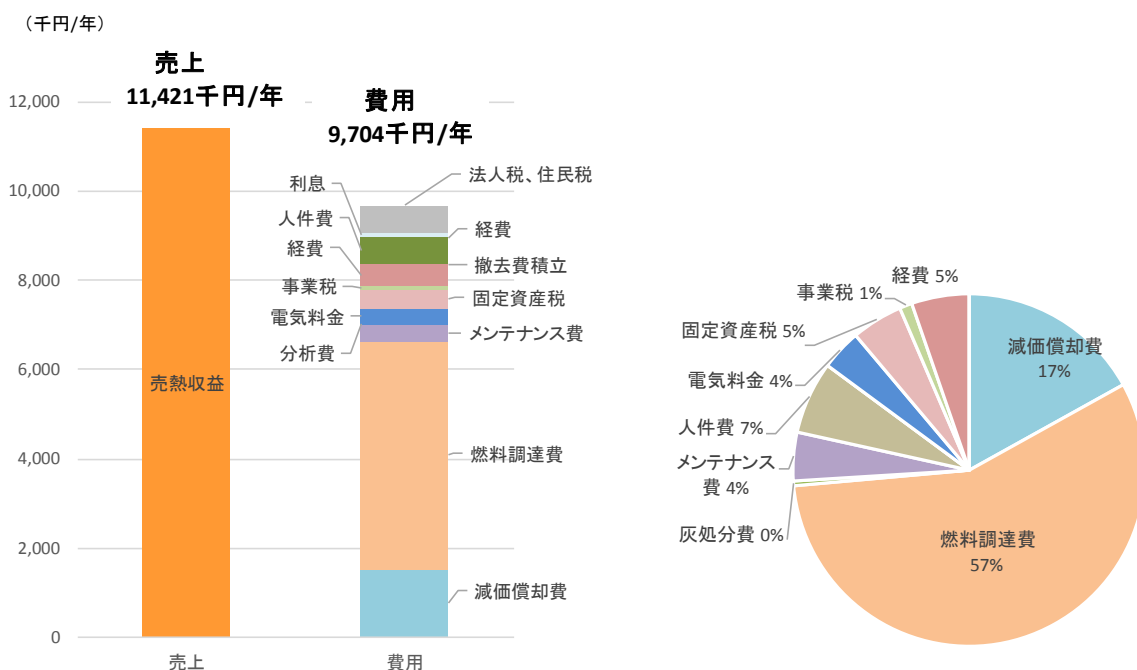


図 10 左：事業収支（20年平均）、右：原価の内訳

表 7 投資効果

資本金	9,550 千円
事業期間の当期利益累積計	34,339 千円
DSCR 平均	3.64
最低（1年目）	1.11
プロジェクト IRR（20年目）	11.4%
投資回収	8.3年

表 8 事業収支 (20年平均)

売上	売熱収入		11,421
	売上計		11,421
原価	減価償却費		1,526
	燃料調達費		5,095
	灰処分費		38
	メンテナンス費		400
	人件費		600
	電気料金		337
	固定資産税	1.4%	423
	事業税	0.90%	103
	経費	(保険代)	476
	原価計		8,998
売上総利益			2,423
営業外損益	営業外費用	支払利息	2.0%
経常利益			2,301
法人税、住民税			584
当期純利益			1,717

8. 事業による効果

モデル事業を実行することで、売上規模年間1千万円の事業が地域に生まれ、化石燃料消費が削減されることにより年間1千万円の資金の域外流出が抑制され、燃料費・人件費等で年間6百万円の資金が地域で循環する。将来的に1万t規模のバイオマスが利用されれば、年間4千万円の資金の域外流出抑制、1億4千万円の域内循環創出が期待される。

表 9 事業展開による地域経済効果

		モデル事業	将来
バイオマス利用量 (50%W.B.)	t/年	499	10,000
地域経済	新規事業創出規模	万円/年	30,932
	域外流出抑制	万円/年	4,246
	域内経済循環創出	万円/年	14,347

※将来推計は1MW級の熱電併給が実現した場合を想定 (排熱利用率30%)

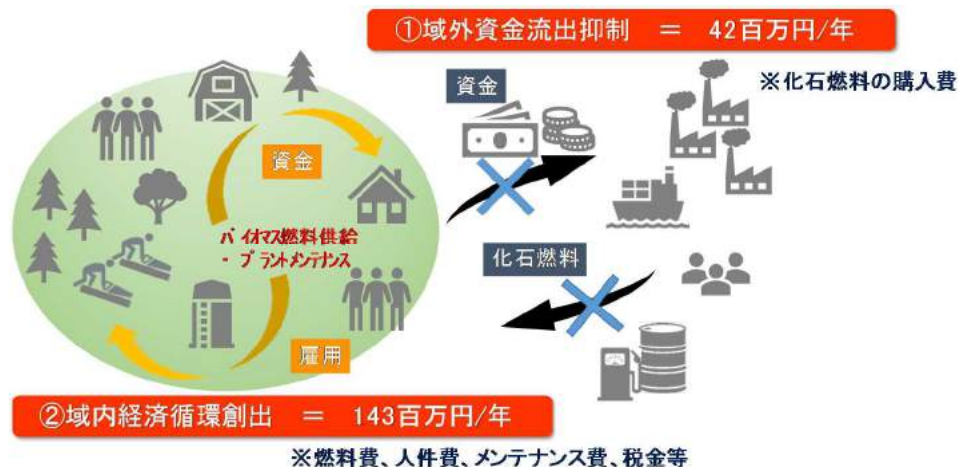


図 11 事業による地域経済効果

モデル事業の実施、及び将来的な 1 万 t 規模の木質バイオマスの活用による CO2 削減効果は以下の通りである。1 万 t 規模の利用が実現すると、年間 600ha 近い森林整備の促進が下支えされることが期待される。

さらに計画を実行し、木質バイオマスエネルギーの利用が地域に定着していくことで、森林の多面的機能の回復による土砂災害防止、地域のエネルギーセキュリティの向上や地場林産業のみならず、需要家となる事業者の経営安定化、観光の振興など、地域経済全体への効果の広がりも期待される。また市民への PR や参加機会を創出することで、市民の環境意識・地域づくりへの参加意欲の向上、くらしの満足度向上につながることも期待される。

表 10 事業の展開による環境効果

		モデル事業		将来展開
環境	化石燃料削減量	KL/年	132	2,339
	CO2 削減効果	t-CO2/年	334	5,597
	森林資源活用	m3/年	658	11,100
	森林整備促進	ha/年	35	584
【諸元】 面積当りバイオマス出材量（間伐）：19m3/ha、比重 0.9t/m3 将来展開：電力量 7,733MWh、重油消費削減 413kL				

9. 森林の管理保全の方向性

対馬市の約 9 割を占める森林は水源涵養、土砂流出や山地災害の防止、地球温暖化防止など市民生活の安全・安心といった面からも大きな役割を担っている。ツシマヤマネコなど固有の生態系を有する貴重な森林でもあり、生物多様性を維持することも重要である。長期的な林業の低迷により森林整備が進まず手入れ不足や放置されたままの森林が存在し、多面的機能の低下が課題となるかな、木質バイオマス活用も含めた木材の活用には期待がかかる。

一方で、今後皆伐の割合が高まることを見込まれる中、再造林放棄による森林環境の悪化も懸念される。対馬市では、森林資源の有効利用と持続可能な森林管理を実現するため、対馬市森林整備計画や森林経営計画に基づき、計画的な整備を進めていくとともに、対馬市伐採ガイドラインに基づき、生物多様性に配慮しつつ、適切な森林の管理保全を図っていく。

10. 計画実現に向けた展開の方向性

計画の実現に向けて、次年度以降進めていくアクションプランについて取りまとめた。

表 11 展開するアクションプランの概要

アクションプラン	主たる担当
1) 協議会の継続開催	対馬市、長崎県森林組合連合会
2) 発電・熱電併給事業の可能性の継続検討	対馬市木質バイオマス利用推進協議会
3) 真珠の湯の施設更新のワーキング設置とボイラ導入の検討	対馬市
4) 湯多里ランドのチップボイラの更新	対馬市

5) バイオマスボイラ導入先の需要開拓	対馬市
6) 原燃料の流通体制の構築	対馬市、長崎県森林組合連合会、対馬森林組合、長崎県、林業公社
7) 地域エネルギー会社の設立・勉強会の開催	対馬市木質バイオマス利用推進協議会
8) 事業者、市民へのプロモーションの実施	対馬市
9) 対馬市自然エネルギー条例等の制定、森林環境譲与税による支援	対馬市

表 12 実施スケジュール

	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度
協議会の継続開催		→			
発電・熱電併給事業の可能性の継続検討				事業化判断	→ (FIT価格変更の可能性)
真珠の湯の施設更新のワーキング設置とボイラ導入の検討		● WG設立・検討	基本設計	ボイラ導入	● 運用 →
湯多里ランドのチップボイラの更新		対策検討・予算準備	リプレース		
バイオマスボイラ導入先の需要開拓		→			
原燃料の流通体制の構築		→			
地域エネルギー会社の設立・勉強会の開催		→			
事業者、市民へのプロモーションの実施		→			
対馬市自然エネルギー条例の制定、森林環境譲与税による支援		→			