

木質バイオマスエネルギー利用システムに係る
調査・検討業務
報告書

平成 29 年 3 月



一般社団法人 長野県農協地域開発機構

目 次

1. 事業の背景・目的、概要	1
2. 木質バイオマスエネルギー活用を想定している調査施設	6
3. 木質バイオマス燃料の性状・調製等の調査・検討	9
3.1. 木質バイオマス燃料の性状等について	9
3.2. 粒度・水分調整について	12
3.2.1. 木質チップの性状や品質の例	13
3.2.2. 粒度・水分調整技術	16
4. 木質バイオマスエネルギー転換システムの調査・検討	25
4.1. 木質バイオマスエネルギー転換システムの概要	25
4.2. ガス化（発電）技術	27
4.3. 直接燃焼方式	49
5. 需要等の詳細調査・検討	51
5.1. エネルギー消費量等	51
5.2. 時間当り負荷の推定	60
6. 機器設置費用及び該当施設改修費用の算出	68
6.1. バイオマスコジェネの検討	68
6.1.1. コジェネ・熱利用システム（基本ケース）	68
6.2. バイオマス熱利用の検討	88
6.2.1. ウェルネス倶楽部での熱利用	88
7. 木質バイオマスエネルギーシステム構築検討	95
8. 事業運営パターンの調査・検討	101
9. その他付帯システム等の検討	108
10. 推進方策・工程・体制	116
11. 結果の総括	121
12. 参考資料	127

1. 事業の背景・目的、概要

(1) 事業の目的

- ・ 信濃町は、多くの面積を占める広葉樹など豊かで特徴ある森林資源を有している。また、これらの森林資源は、従来の木材流通・利用とは別に町独自の資源として有効利用できる可能性が高いとも考えられている。
- ・ 木質バイオマスエネルギー利用を巡る社会状況の面でも、パリ協定を踏まえた 2030 年温室効果ガス 26%削減目標や新たな「バイオマス活用推進基本計画」の閣議決定など、利活用の取り組みを支援する枠組みが整えられつつある。そのほか、バイオマスエネルギー利用の事業化面でも、未利用材による小規模バイオマス発電で 2,000kW 未満区分の設定、それに伴う小規模発電に適した技術の導入など、信濃町が有する資源をエネルギーとして有効利用する有力な機会を迎えていると言える。
- ・ 本業務では、こうした諸条件を踏まえて、信濃町における小規模バイオマス発電等の木質バイオマスエネルギー利用の道筋を明らかにするとともに、木質バイオマス利用を通じた新産業の創出や地方創生につなげるものとする。



図 1 本事業の概念図

(2) 事業の背景

長野県信濃町 まち・ひと・しごと創生総合戦略と人口ビジョン

- ・ 本町は、人口減少と地域の活性化という大きな課題に直面しており、この課題を克服するため、町の特性をいかした次世代に向けたまちづくりを推進している。
- ・ 国においても、「人口減少と地域経済の縮小の克服」と「まち・ひと・しごとの創生と好循環の確立」を目指して、平成 26 年 12 月にまち・ひと・しごと創生総合戦略を策定し、地方においても地方版総合戦略の策定を求めている。
- ・ こうした背景を踏まえ、本町では、町民の方々のご参画をいただき「信濃町みらい創生会議」を設置し、幅広い意見を反映しながら総合戦略の策定を行い、「人口ビジョン」（平成 27 年 8 月）と「総合戦略」（平成 27 年 10 月）にそれぞれ策定した。
- ・ 人口ビジョンでは、本町の現状分析を踏まえ、将来に渡って活力ある信濃町を維持するため、自然増・社会増を同時並行で進めることとし以下の 4 つの方向性を掲げている。

信濃町地球温暖化防止

- ・ 本町では地球温暖化対策の推進に関する法律第 20 条により、運営する施設(委託は対象外)や公用車を対象として、温室効果ガス(二酸化炭素)の削減を目標とした地球温暖化防止実行計画を策定している。

第 2 次信濃町地球温暖化防止実行計画

計画期間：平成 25 年度から平成 29 年度の 5 年計画

計画目標：信濃町の事務、事業における温室効果ガスの総排出量を目標年度の平成 29 年度は平成 23 年度比率 9.6%削減とする。

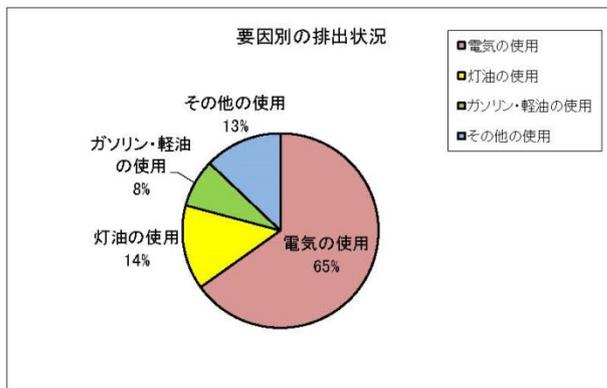
平成25年度温室効果ガス総排出量

要因別の排出状況

要因別	二酸化炭素 排出量(kg)	割合
電気の使用	1,668,658	65%
灯油の使用	375,539	14%
ガソリン・軽油の使用	204,441	8%
その他の使用	329,302	13%
合計	2,577,940	100%

基準年度の平成23年度から
3.75% 削減

要因別の排出状況



信濃町森林整備計画

- ・ 信濃町森林整備計画では、地域森林計画の対象となる民有林について、町の森林施策の方向や森林所有者が行う伐採や造林などの森林施業に関する方針を定めている。

信濃町森林整備計画

計画期間：平成 27 年 4 月 1 日から平成 37 年 3 月 31 日

- ・ 森林法（昭和 26 年法律第 249 号）第 10 条の 5 の規定により、本町の地域森林計画の対象となっている民有林について同法第 5 条第 1 項の千曲川下流地域森林計画に適合させ、本町が講ずる森林関連施策の方向及び森林所有者等が行う伐採、造林、森林の保護等の規範に関する計画
- ・ 第 5 次信濃町長期振興計画及び信濃町環境基本計画、信濃町過疎地域自立促進計画など既存関連計画等との整合性を図り、相互の連携のもとに効果的な施策を総合的に推進していくもの

長野地域連携中枢都市圏ビジョン

- ・ 長野地域の市町村が、人口減少下における様々な地域の課題に対し、合併によらず、スクラムを組んで「お互いの強みを活かし、弱みを補う」ことにより、持続可能な地域社会を創生するとともに、圏域全体を活性化し発展させていくことを目的に、目指すべき将来像や連携協約に基づき推進する具体的な取組などをまとめた「長野地域スクラムビジョン」（長野地域連携中枢都市圏ビジョン）が策定されている（平成 28 年 3 月）。

国・世界の地球温暖化対策の動向

- ・ 平成 27 年 12 月に、国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議（COP21）に新たな法的枠組みである「パリ協定」が採択された。環境大臣が、早期の地球温暖化対策計画の策定、排出削減への取組を着実に実行していくこと、決定された適応計画（「気候変動の影響への適応計画」（平成 27 年 11 月閣議決定））に基づき具体的な適応策を実行していくこと、2020 年に官民あわせて年間約 1 兆 3 千億円の気候変動関連の途上国支援を行うこと、革新的技術開発を強化していくこと等を発表するなど、わが国の地球温暖化対策のより一層の具体化・加速化が望まれている。

(3) 本業務の概要

目的

- ・ 平成 27 年度に実施した「信濃町木質バイオマス利活用事業調査業務」の結果に基づき、当該調査において算出された未利用材（C,D 材や枝葉）の賦存量をベースとして公共施設等で熱及び電気等として有効かつ高度に利用する手法を検討し、具現化につなげることにより、資源の地域内循環を促し、新たな需要を創出することを目的とする。

業務内容

1. 木質バイオマスエネルギー活用を想定している調査施設
 - ・ 信濃町ふれあい広場しなの内施設（温水プール及び入浴）
2. 木質バイオマス燃料の性状・調整等査検討
 - ・ 町内の 森林資源等から調達される木質バイオマス燃料小規模発電システムでの利用を想定した品質・性状に係る詳細調査・分析を行う。また、粒度・水分等の調整方法について検討する。
3. 木質バイオマスエネルギー転換システムの調査・検討
 - ・ 木質バイオマスの小規模発電システムを中心とするエネルギー転換システムの調査・検討を行う。
4. 機器設置費用及び該当施設改修費用の算出
 - ・ 機器設置に伴う費用の算出（施設内改修費用含む）。及び事業実施のための補助事業の検討を行う
 - ・ 整備費用についての回収期間の算出
5. 需要等の詳細調査・検討
 - ・ エネルギー転換により得られるエネルギー（電気・熱）の需要先（想定施設等）の需要詳細調査や設備等設置に係るレイアウト等の詳細調査・検討を行う。
6. 木質バイオマスエネルギーシステム構築検討
 - ・ 原料のサプライチェーン構築検討として、本町内の山林からガス化コージェネシステム用燃料を供給するシステムについて、工期や設備、体制等を検討する。また、経済性・コストや課題・対策等についても検討する。
 - ・ エネルギー転換・利用システム構築検討として、上記サプライチェーンから供給される原料を用いた小規模発電等のエネルギー転換システム及び電気・熱の需要等でのエネルギー利用等のシステムについて検討する。また、経済性・コストや課題・対策等についても検討する。
7. 事業運営パターンの調査・検討

- ・ 木質バイオマスエネルギーシステムの事業実施体制や組織・スキームについて調査・検討する。
8. その他付帯システム等の検討
- ・ 関連各主体の理解・協力・参画によるシステムの構築検討として、貯木拠点の設置、買取等による町内住民・事業者の幅広い協力・参加による原料調達や、町内全体との連携による木質バイオマス燃料加工システム、燃料の町民・事業者への普及検討等を行う。
 - ・ 木質バイオマスのカスケード利用、その他の利用方法・システムの検討として、ガス化コジェネでは利用が難しい部位等の燃料化（ペレット、薪）や多用途（農業用資材等）への利用など、本システムに付帯して地域の木質資源の有効利用に資するシステムを構築する。
9. 推進方策・工程・体制検討
- ・ 調査検討全体を踏まえて、取り組みの推進に向けた方策や工程、推進体制等を検討する。

2. 木質バイオマスエネルギー活用を想定している調査施設

- ・ 本事業では、木質バイオマスエネルギーの主な活用先として、信濃町ふれあい広場しなの内の施設（温水プール及び入浴施設）を想定する。

(4) 概要

- ・ ふれあい広場しなのは、町内富士里地区に位置し、温水プール・アスレチックジム、お風呂、グラウンドやマレットゴルフ場等を有する多目的施設となっている。
- ・ 温水プールやお風呂で加温用の燃料を利用しており、これらを木質バイオマスエネルギーでまかなうことが想定される。

表 1 施設概要

住所	長野県上水内郡信濃町大字平岡 223-1
交通	上信越道信濃町 IC から車で 15 分 しなの鉄道黒姫駅より車で 13 分
施設	いこいの家（大広間、お風呂、バーベキューコーナー、調理室） ウェルネス倶楽部（プール、アリーナアスレチックジム） グラウンド（中堅 96m、左翼 86m、右翼 80m） （他、ゲートボール場、マレットゴルフ場 等）
利用期間・時間	いこいの家：毎月曜定休（月曜が祝日の場合は翌日） 平日 9：00～18：00（7～10月は9：00～19：00） 日曜 9：00～17：00 ウェルネス倶楽部：毎月曜定休（月曜が祝日の場合は翌日） プール PM2:00～PM9:30 アリーナ・アスレチックジム AM9:00～PM9:30 グラウンド：4月～11月（毎月第3月曜定休）、9：00～17：00
備考	運営は指定管理者による

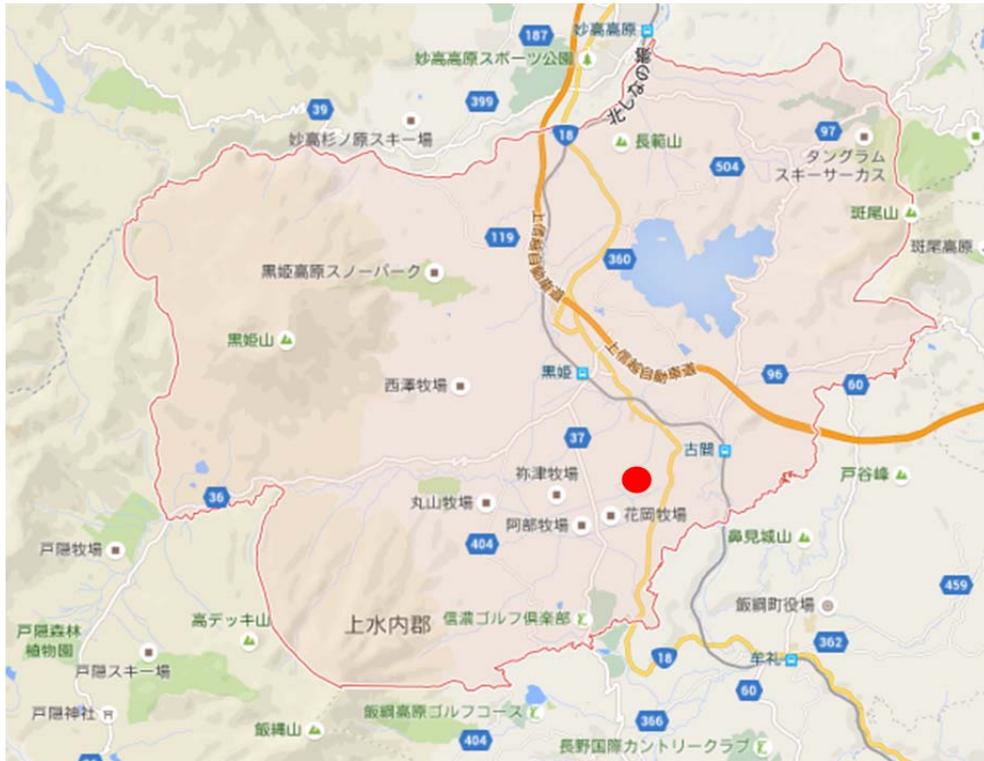


図 2 信濃町ふれあい広場しなのの位置（赤印部）



図 3 （上）ウェルネス倶楽部、（下）いこいの家 外観

3. 木質バイオマス燃料の性状・調製等の調査・検討

- ・ 町内の 森林資源等から調達される木質バイオマス燃料小規模発電システムでの利用を想定した品質・性状に係る詳細調査・分析を行う。また、粒度・水分等の調整方法について検討する。

3.1. 木質バイオマス燃料の性状等について

(5) 町内森林資源の特徴

- ・ 町内の 森林資源は、広葉樹が私有林中の面積割合で 54%（蓄積割合では約 30%）など広葉樹の占める割合も大きい。調達・利用対象資源種としても、広葉樹由来資源も重要な位置づけを占めると考えられる。

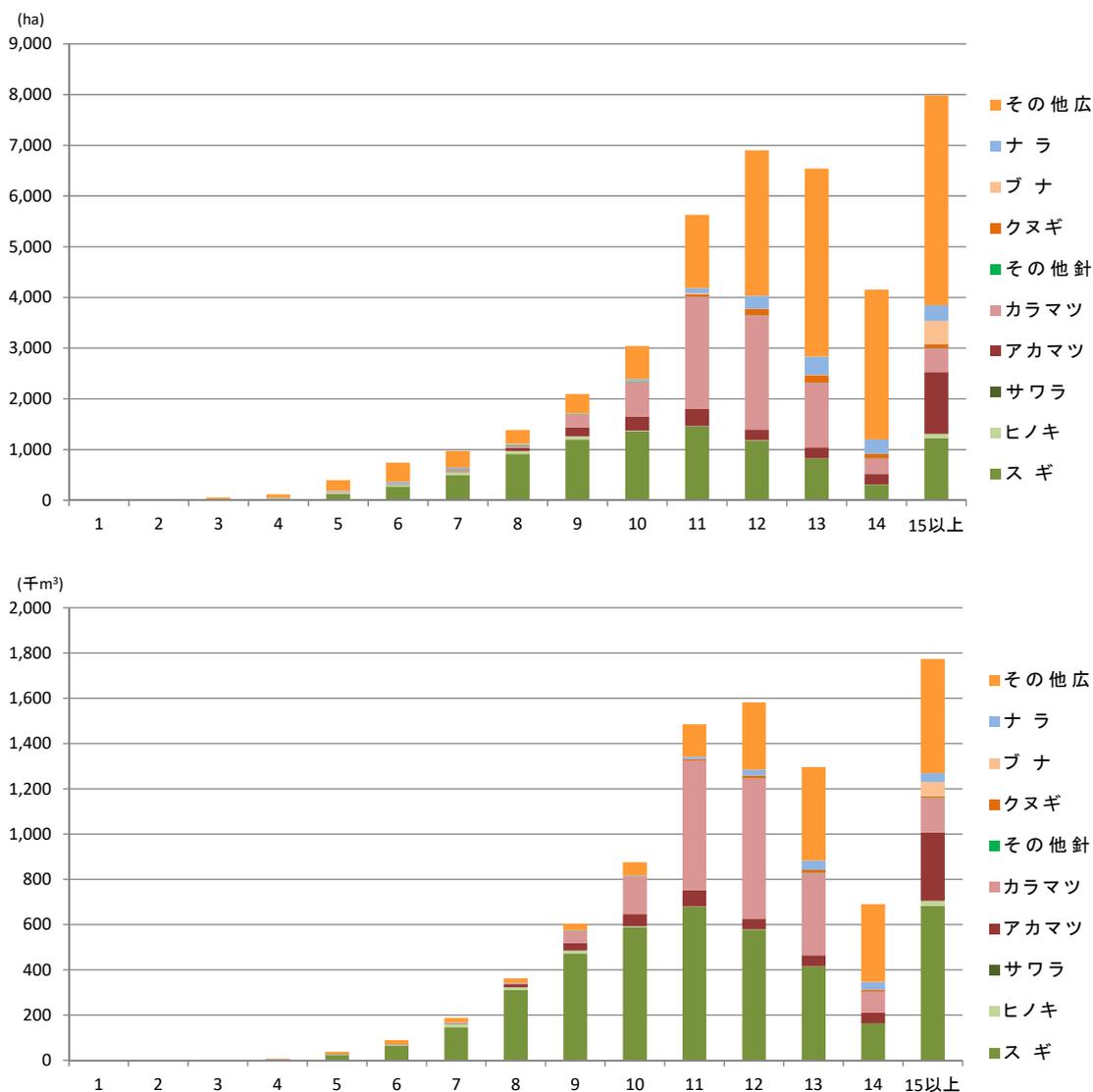


図 5 本町の森林資源構成（私有林、樹種別（上）面積、（下）蓄積）

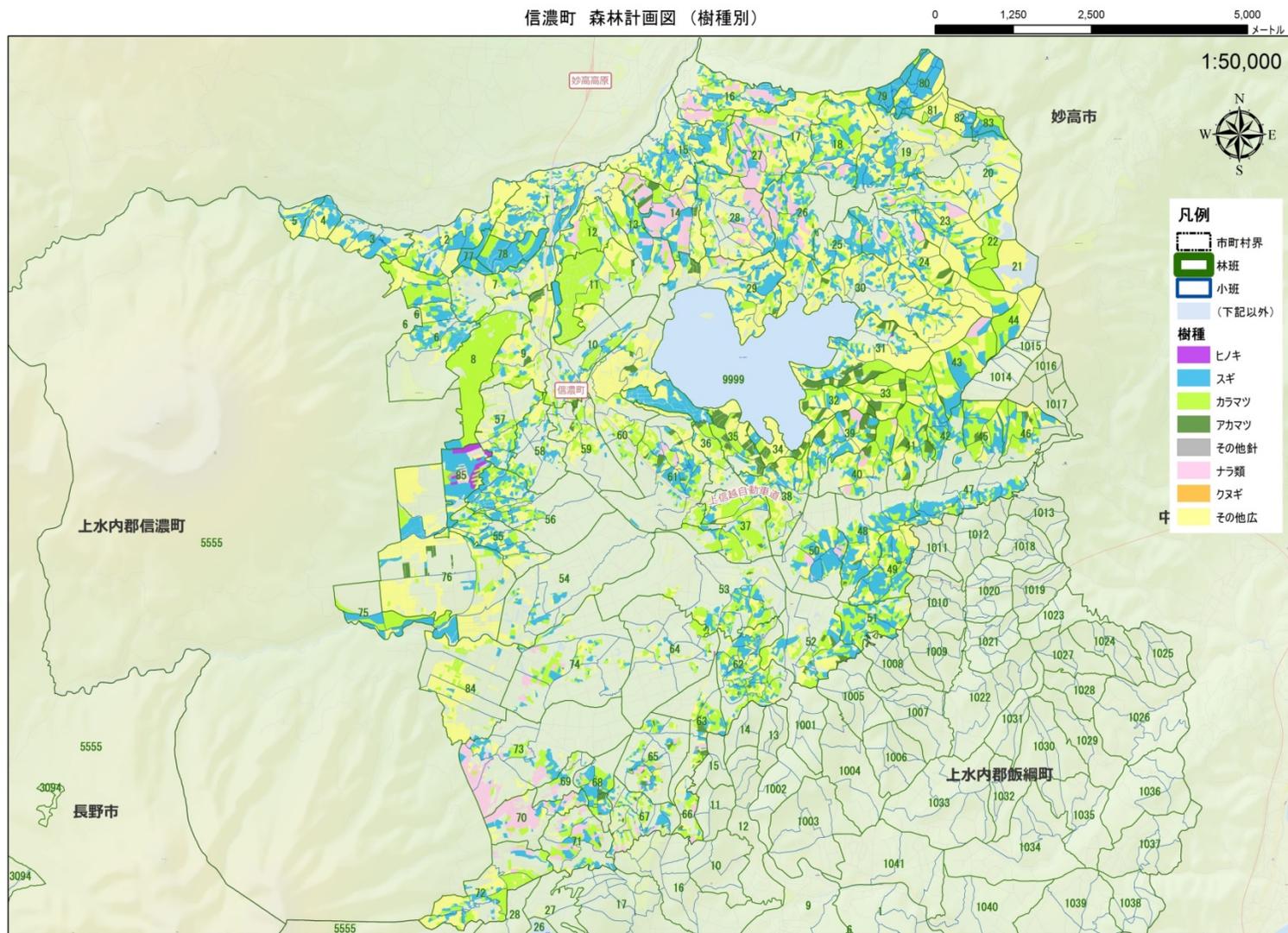


図 6 森林計画図 (樹種別)

(6) 町内森林資源の性状

- ・ 町内の 森林資源の性状について、針葉樹・広葉樹のサンプルの分析等を行った。
- ・ 広葉樹でやや灰分の割合が高い傾向が見られるが、大きな違いはないと言える。
- ・ 有姿での水分率は、広葉樹や約 50%であるが、針葉樹の生木は同程度か場合によりそれ以上の水分率を有すると考えられる。

表 2 分析結果

項目		針葉樹 (製材端材)	広葉樹	(参考) 広葉樹 ペレット	(参考) 広葉樹 炭化物
工業分析等	水分(有姿) %	14.35	46.73	6.68	0.81
	灰分 %(無水)	0.23	1.04	0.94	4.19
	揮発分 %(無水)	73.06	73.27	82.9	4.92
	固定炭素 %(無水)	26.71	25.69	16.2	90.9
元素分析等	炭素 %(無水)	49.6	48.9	49.7	91.0
	水素 %(無水)	6.1	6.1	5.94	1.17
	酸素 %(無水)	44.0	43.8	-	-
	窒素 %(無水)	0.1	0.3	0.24	0.41
	塩素 %(無水)	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02
	硫黄 %(無水)	<0.01	<0.01	<0.05	<0.05
	K %(無水)	0.05	0.17	-	-
	Na %(無水)	<0.01	<0.01	-	-
Si %(無水)	0.07	0.06	-	-	
発熱量	(有姿・高位) (kcal/kg)	4,060	2,480	4,840	7,710
	(有姿・低位) (kcal/kg)	3,670	2,000	4,520	7,640
	(乾へ-ス・高位) (kcal/kg)	4,740	4,660	-	-
	(乾へ-ス・低位) (kcal/kg)	4,410	4,330	-	-

本町内の広葉樹試料より作製したペレット・ペレット炭化物の例（長野森林組合による）



図 7 (左) 針葉樹 (製材端材)、(右) 広葉樹 (現地破碎チップ)

3.2. 粒度・水分調整について

- ・ 森林資源は、エネルギー利用に際して、搬出直後の形状（丸太）、性状（水分率 50% 前後）から、粒度・水分を調整する必要がある。特に、木質バイオマスの小規模ガス化発電は、小規模でも高い発電効率が得られるなど多くの優位性を持つと期待されるが、安定稼働のためにはガス化ガスの性状を安定的に保つことが重要で、その前段階の燃料性状（粒度、水分率等）についても適切に管理することが重要と考えられる。すなわち、プラント側で要求されるチップの品質を満足できない場合、設備の稼働トラブルにつながり、稼働率低下やメンテナンス費増大等により事業性を悪化させる一因となる恐れがある。



図 8 森林現場で発生する原料とプラント側で求められる性状との差の概念図

3.2.1. 木質チップの性状や品質の例

(1) 品質規格例（「燃料用木質チップの品質規格」¹）

- ・ （一社）日本木質バイオマスエネルギー協会では、燃料用木質チップの適切な利用を進めるために、その品質に関して原料、形状、大きさや水分などを定めた品質規格を策定している。

ポイント

- a. わが国で利用されている燃料用木質チップ全体を包含した品質規格
 - ・ 現在流通・利用されている燃料用チップは、原料元や種類が様々で、利用も小規模の熱利用から大規模の発電利用まで幅広い層に及んでいることから、木質チップの品質規格もそれらの利用用途・利用主体等の全体を包括し、かつ燃料用木質チップの適切な生産・流通・利用が推進されるように品質規格が制定された。
- b. 木質チップ利用時の課題が克服できる規格内容
 - ・ 燃料用木質チップの利用において多発する「チップが詰まる」「チップがよく燃えない」「火が消える」「灰が多い」「ボイラの損傷が多い」などのトラブルは、燃料の品質と燃焼機器の機能とがマッチしないためにおこることが多い。また、リサイクルチップの利用は環境へのマイナルの効果（大気汚染等）が発生しうる。そこで、燃料用木質チップの品質規格の策定にあたっては、「燃料チップと燃焼器との相性の重要性」「環境リスクを軽減する利用法」に留意されている。
- c. 木質チップの品質を4つの段階に分類
 - ・ 木質バイオマス利用では、先行する欧州の燃料用チップの品質規格をも参考に、木質チップの品質を4段階（class）に分類し、品質を判断する項目は「原料」「形状」「サイズ」「水分」「灰分」「環境リスク」の5項目としている。
 - ・ 品質基準を策定することにより、木質チップの利用者側も生産者側もお互い燃料について理解できる目安となる。

¹ （一社）日本木質バイオマスエネルギー協会ホームページより
<https://www.jwba.or.jp/woodbiomass-chip-quality-standard/>

規格内容

- ・ 下表の 4 区分が設けられている。切削チップに限定された規格は Class1 のみで、サーマル・大規模需要家向けの項目が中心になっていると考えられる。
- ・ 小規模ガス化など、切削チップが前提となる場合、より高い品位が必要になることも考えられる。

表 3 規格内容

品質項目	(単位)	Class1	Class2	Class3	Class4
原料		幹、全木 未処理工場残材	幹、全木 未処理工場残材 灌木・枝条・末木等	幹、全木 未処理工場残材 灌木・枝条・末木等 剪定枝等 樹皮 未処理リサイクル材	幹、全木 未処理工場残材 灌木・枝条・末木等 剪定枝等 樹皮 未処理リサイクル材 化学処理工場残材 化学処理リサイクル材
チップの種類		切削チップ	切削チップまたは破碎チップ		
チップの寸法 P		P16、P26、P32およびP45から選択			
水分 M	%(湿量基準)	M25、M35 から選択	M25、M35、M45およびM55から選択		
灰分 A	w-%dry	A1.0≤1.0%	A1.5≤1.5%	A3.0≤3.0%	A5.0≤5.0%
窒素 N	w-%dry	-	-	≤1.0	★ただし、リサイクル材を取り扱わない工場を除く ★リサイクル材を取り扱う工場では、重金属等()についても随時測定
塩素 Cl	w-%dry	-	-	≤0.1	
砒素 As	mg/kg dry	-	-	≤4.0	
クロム Cr	mg/kg dry	-	-	≤40	
銅 Cu	mg/kg dry	-	-	≤30	

注) 金属、プラスチック、擬木(合成木材、複合木材)、土砂、石などの異物を含まないこと

※) 硫黄 S: ≤0.1w%dry、カドミウム Cd: ≤0.2mg/kg-dry、鉛 Pb: ≤50mg/kg-dry、水銀 Hg: ≤0.1mg/kg-dry、亜鉛 Zn: ≤200mg/kg-dry

(2) プラント側の要求規格例

- 以下にガス化コジェネシステム等における要求規格例を示す。

表 4 ガス化用燃料チップの基準例

	A社	B社	【参考】C社	備考
燃料	チップ	チップ	ペレット	
形状	切削チップ	切削チップ	切削チップ	炉内の反応帯の保持に影響
水分	15%以下(WB)	13%以下(WB)	10%以下(WB)	ガス化温度、ターボトラブル等に影響
粒度	P \leq 63mm: 100% 50mm \leq P \leq 63mm: <9% 30mm \leq P \leq 50mm: 60%< 16mm \leq P \leq 50mm: 80%< P \leq 3.15mm: <1%	30~40mm 細粉(4mm以下) 30%以下	L: 3.15 \leq L \leq 40 ϕ : 6 or 8 (\pm 1) 等 (ENplus A1規格級、 灰分 \leq 0.7等20指標)	炉内の反応帯の保持に影響

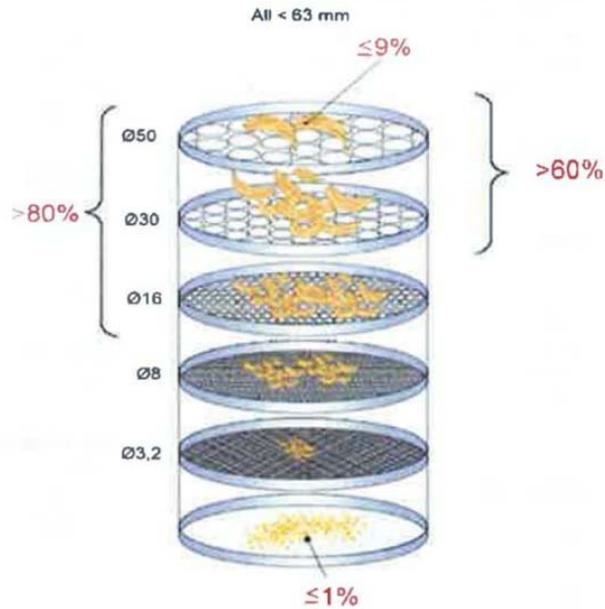


図 9 粒度分布の概念図 (A社の例)

3.2.2. 粒度・水分調整技術

3.2.2.1. 粒度調整（破碎）

(1) 粒度調整（破碎）の考え方

- ・ エネルギー転換プラントでは、チップやペレットなど一定の形状に調整された燃料を利用することとなるため、それらの燃料形状への加工が必要となる。
- ・ 基本的には、単段でオガコにする必然性が無い場合、まずチップ化（最終的にオガコ状に微細化する場合は1次破碎の位置づけ）する工程が基本となる。

表 5 破碎操作の製品粒度による分類例

粉碎前の大きさ	粉碎後の大きさ・粒度	名称
1m	10cm	粗破碎 破碎 } チップ化
数 10cm	1cm	
10cm	数mm	粉碎（中破碎）
数 mm	数十μ	微粉碎
数十μ	1μm 以下	超微粉碎

(2) 主なチップ化方法

チップ化機構・方式

- ・ チップ化の際に用いられている主な機構例を示す。
- ・ 実施に際しては、目的とする破碎粒度のほか、原料の形状・性状（径、素材種、硬度等）、処理能力等を考慮して選定（あるいは組み合わせの場合も）される。
- ・ 木質バイオマス燃料の調製では、生木・丸太を想定する場合は受け入れ可能な径や粗破碎・破碎の組み合わせなど、利用側設備の関係ではチップ形状（切削や打砕が等）を考慮する必要がある。特に、設備側の適否に関連する重要な要素としてチップ化方法における「切削タイプ」「打砕タイプ」に由来する違いが挙げられる。

表 6 主な破碎機構

破碎機構	破碎の種類	代表機種	適した対象物特性
圧縮	粗破碎	クラッシャー	脆弱
衝撃	粗破碎、破碎	ハンマークラッシャー	脆弱、摩耗性、粘着質
せん断	粗破碎、破碎	ギロチン	強靱、繊維質
引き裂き	破碎	二軸せん断	強靱、繊維質

表 7 チップ化方式

項目	破砕・打砕型	切削型
方式	ハンマーミル カッターミル等	カッターナイフ カッターディスク等
呼称例	ピンチップ	切削チップ
形状	長さ 20～50mm 程度の細い繊維状	30mm × 30mm × 5mm 程度の薄い方形状
		
用途	<ul style="list-style-type: none"> 堆肥化原料、マルチング、吹き付け材など バイオマスボイラー（大規模向け） 	<ul style="list-style-type: none"> 製紙パルプ・バイオマスボイラー
特徴	<ul style="list-style-type: none"> △形状（特に長さ）が不均一になる ○大量処理しやすい ○騒音レベルがチップに比べ小さい 	<ul style="list-style-type: none"> ○形状は均一にしやすい △処理規模が小さい（特に移動式で） △騒音レベルが一般に大きい

（凡例： ○：良い点 △：課題）

仕様例等

a. 仕様例

- 近年、バイオマス発電所向けの燃料製造用向けに大型チップパーの林業分野への導入も進んでいる。かつては、小規模なタイプが多く、目的・用途が限られていたこともあり性能やコスト面への考慮は少なかったが、燃料製造向けとしては規模や製造コスト等がポイントとなる。

表 8 チップ化設備 仕様例

	A	B	C
破砕方式	チップードラム	チップードラム	切削ドラム
処理能力(最大) (標準)	150m ³ /h (約 130m ³ /h)	150m ³ /h (約 120m ³ /h)	50m ³ /h (約 30m ³ /h)
出力	450ps	480ps	639ps
燃料消費量	60l/h(軽油)	53l/h(軽油)	70l/h(軽油)
設備費例(概算)	80,000,000 円	71,000,000 円	40,000,000 円

b. ランニングコスト例

- ・ 各仕様における製造コスト例を示す。製造能力が大きい方が単価は低減する傾向がある。

表 9 チップ化設備 製造コスト例 (単位：円/h)

	A	B	C
機械損料			
償却費	10,750	9,541	5,375
機械管理費	9,000	7,988	4,500
修理費	6,250	5,547	3,125
小計	26,000	23,075	13,000
運転経費			
燃料費	6,000	5,300	7,000
消耗品費	7,379	5,067	2,214
オペレータ費	2500	2500	2500
小計	15,879	12,867	11,714
合計	41,879	35,942	24,714
(トン当たり単価換算)	1,047 円/t	1,070 円/t	2,746 円/t
(m ³ 当り単価換算)	314 円/m ³	321 円/m ³	824 円/m ³

注：想定した前提

- 稼働時間：800h/年
- 使用年数：8年
- 残存率：14%
- 年管理費率：9%
- 維持修繕費率：50%
- 燃料単価：100 円/l(軽油)
- オペレータ労務費：2,500 円/h
- チップ比重：0.3t/m³
- 処理量：表 8 の(標準)を想定

c. 製材所からのチップ

- ・ 製材所では、角材を採材した残りの背板の排出工程の先にディスク型の切削チップパーを設けて、自動的に背板をチップとして回収する機構が付帯しているケースが多い。
- ・ 町内でも、同様の工程（ただし、ラインは別でチップ化は手作業）で切削チップを回収している箇所がある。表 2 の針葉樹試料は、同工場から提供されたものを用いている。
- ・ なお、同工程で得られたチップを用いる場合、基本的には FIT の区分上では「一般木材」（買取単価 24 円/kWh）になる。

表 10 切削式チップパー（端材用）の仕様例

処理丸太の最大寸法(mm)		φ 180	φ 180	φ 250	φ 250	φ 300	φ 300	φ 400	φ 500	
駆動関係	動力	55kW	75kW	110kW	160kW	160kW	250kW	250kW	350kW	
	回転数(rpm)	170	740	172	740	170	740	95-120	170	
生産能力	チップサイズ(mm)	30~50mm							80~100mm	
	生産量(m ³ /h)	20	30	30	80	40	80	90	135	
主要寸法	W	1,040	1,040	1,210	1,210	1,210	1,210	4,650	2,330	
	D	1,520	1,290	2,050	1,610	2,050	1,610	2,150	2,300	
	H	1,260	1,260	1,590	1,590	1,590	1,590	2,400	2,100	
投入口(W×D)		210×315	214×315	300×430	300×430	300×430	300×430	400×500	500×700	
機械重量(kg)		2,000	2,250	3,700	4,190	5,600	6,500	12,800	14,000	



図 10 町内製材所の様子

3.2.2.2. 水分調整（乾燥）

(1) 水分調整（乾燥）の考え方

- ・ バイオマスのエネルギー転換では、一般に、バイオマス中に含まれる水分は、燃烧等のエネルギー転換の際にその蒸発のための潜熱を追加的に与える必要があり、その際の投入エネルギーやコスト、また水分蒸散過程での反応への悪影響（加熱効率の低下等）などマイナスの方向に働く。
- ・ 木質バイオマス原料として生木を用いる場合は、一般に水分率が約 50%程度と高い場合が多く、一方、燃烧等の際には水分は低い方が望ましいため、多くのケースで何らかの乾燥操作が必要となる。特に、小規模ガス化発電では、一般的に原料水分は約 10%程度と条件設定されていることがほとんどであるため、強制的な乾燥操作が必要となる。
- ・ 乾燥工程では主に以下の点が課題となる。
 - 水分の蒸発潜熱がきわめて大きい
 - 乾燥操作の特徴上、効率を高めようとする温度差や乾燥表面との接触効率の高度化などが求められるがそれらは熱源温度の高温化や原料の微細化調整などエネルギーおよびコストを増大させる方向に働く。
 - 一方、投入エネルギーやコスト低減のために低温熱源の利用や自然乾燥等を行う場合、処理時間が長時間となり結果として施設・設備が大掛かりとなるなどやはりコスト等の負荷増大の方向となる。
 - 乾燥性能が、外気温や湿度等の影響を受け、季節や気象条件下でも変化しうるため十分な能力余力を見る必要があるといった要素があり、コストやエネルギー、手間、場所等のバランスを踏まえて最適な手法を選定する必要がある。
- ・ また、小規模バイオマスガス化発電では、排熱が温水（約 80℃）の形態で回収されるため、この利用を前提とした場合、選定される手法が更に限定される。
- ・ こうした点を踏まえて、様々なケースを検討する必要がある。



小 ⇒ ⇒ ⇒ 消費エネルギー ⇒ ⇒ ⇒ 大

大（敷地要） ⇒ ⇒ ⇒ 所要時間 ⇒ ⇒ ⇒ 小（省スペース）

図 11 （左）バケツ内天日乾燥、（中）ハウス内通風乾燥、（右）ロータリードライヤー

(2) 主な乾燥方法

乾燥機構等

a. 乾燥に必要なエネルギー

- ・ 乾燥に必要なエネルギーは、概念的には、

水分の蒸発潜熱量 : Q1

所定水分に達するまでの材料加熱熱量 : Q2

熱損失（放熱、蓄熱、リークなど） : Q3

の合計と考えられる。

- ・ 乾燥工程における含水率と品温の関係は原料によって異なるが、乾燥に必要なエネルギーの総量（ $Q1 + Q2$ ）は、下図において

（ ）の初期含水率のまま材料が予熱される予熱量

（ ）所定製品含水率まで全水分が蒸発するとした蒸発熱量

（ ）含水率を保った状態で製品温度まで加熱される製品加熱熱量

の合計と言われている。

- ・ $Q3$ の熱損失については、装置の比表面積、加熱温度、保温度、リーク、装置蓄熱量によって異なり、小型装置ほど大きく、大型の場合 5~10% となると言われている。

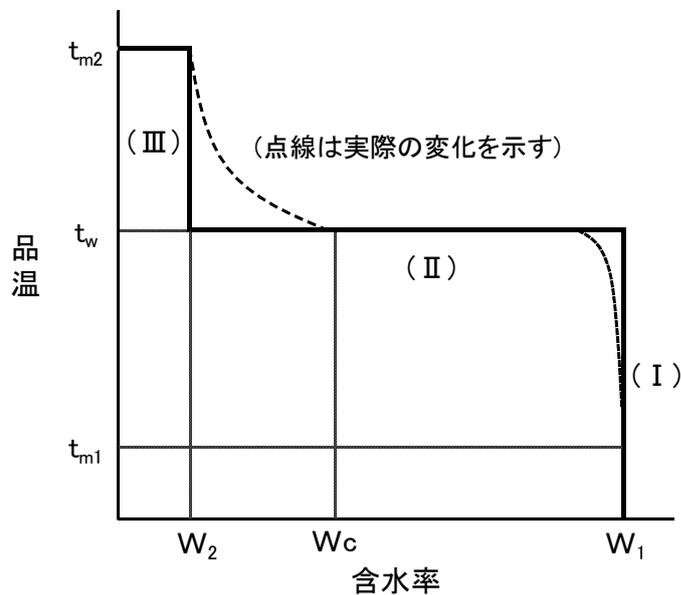


図 12 含水率と品温の関係例

b. 乾燥型式

- ・ 乾燥器の種類には様々な手法があり、原料の種類や乾燥の目的等に応じて選択される。

乾燥器の型式に係る主な用途としては以下が挙げられる。

- 熱源の種類（熱風、蒸気等）
- 連続かバッチか
- 乾燥時の条件（圧力・温度）
- 材質・伝熱面積・伝熱係数
- 攪拌法
- 伝熱法（原料に対して熱の授受が直接行われるか、間接的に行われるか）
- 原料の投入法・排出法

といった要素がある。

- ・ 乾燥効率は一般的には

- 乾燥熱源と乾燥対象物の温度差が大きいほど
- その相互の接触面積（伝熱面積）が大きいほど

高くなるが、温度差を大きくするために乾燥熱源の温度を高くすると、排気の温度が高くなり、排気の熱を循環利用しない場合はその排気が持ち逃げする熱が大きくなるため結果として乾燥効率は低下するなどトレードオフの関係にある指標が多く、双方を同時に高めることは難しい。

接触面積を大きくするために伝熱部を増やしたり攪拌機構を工夫したり、あるいは原料の粒度を細かくするなどの手法が考えられるが、いずれも設備コストや前処理コストおよび動力コストを増加させる方向に働くといった課題を生じる。

- ・ その他、

- 乾燥熱源の種類（安価な熱源や余剰排熱の有効利用などの考慮）
- 設備規模（小型の場合熱ロスが大きくなる）、設置台数
- 前後の工程との接続
- 入口水分と出口水分（出口水分が平衡含水率に近くなるにつれ乾燥効率は低下する）

といった点なども併せて考慮する必要がある。

仕様例等

a. 熱風（高温熱源）利用

- ・ 高温熱源を利用する方法としては、ロータリードライヤーなどの直接熱風乾燥やインナーチューブドライヤーなどの間接伝熱乾燥などが主に挙げられる。

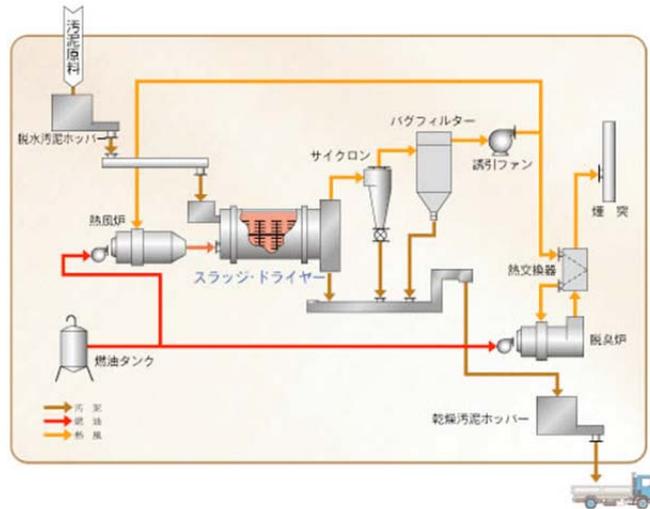


図 13 熱風通風乾燥（ロータリードライヤー（汚泥利用時のフロー例））

（資料：(株)大川原製作所ホームページ）

b. 低温熱源利用

- ・ 低温熱源を利用するタイプとしては、温水から温風を回収して通風乾燥する方式（ベルトドライヤー等）や減圧下で乾燥する方式などが挙げられる。

- 1 = 原料投入
- 2 = 原料層
- 3 = 原料反転装置
- 4 = 排出スクルー
- 5 = ベルトクリーニング装置-ドライ
- 6 = ベルトクリーニング用ファン
- 7 = ベルト
- 8 = ベルトクリーニング装置-水
- 9 = 熱交換器



- 10 = 熱源
- 11 = 外気取り入れ口
- 12 = 外気
- 13 = 温風
- 14 = 排出空気
- 15 = 排気ファン
- 16 = 排気
- 17 = ベルト蛇行調整
- 18 = 点検用ドア-熱交換器
- 19 = 点検用ドア

図 14 ベルトドライヤー機構図

（資料：三洋貿易(株)パンフレット）

エネルギー・コスト例

- 乾燥のエネルギーコストの多くを燃料費が占めるケースが多く、乾燥工程では排熱の有効利用やバイオマス等の利用（化石燃料以外の燃料の利用）などの工夫が不可欠と考えられる。

表 11 主要型式別 乾燥エネルギー・コスト例

型式		熱風式	真空式
能力例		1t/h(乾燥後)	5t/バッチ(入口、8h等)
乾燥能力		60%→10%	50%→5%
動力		40kW	18kW
燃料		100l/h(重油)	480l/バッチ
設備費例(本体のみ)		60,000 千円	18,000 千円
エネルギー (MJ/乾 t)	電力	180	158
	燃料	7,387	3,546
	計	7,567	3,704
熱効率		27%	57%
ランニングコスト (円/乾 t)	電気代	1,200	1,056
	燃料費	13,225	6,348
	償却費	3,333	3,200
	計	17,758	10,604

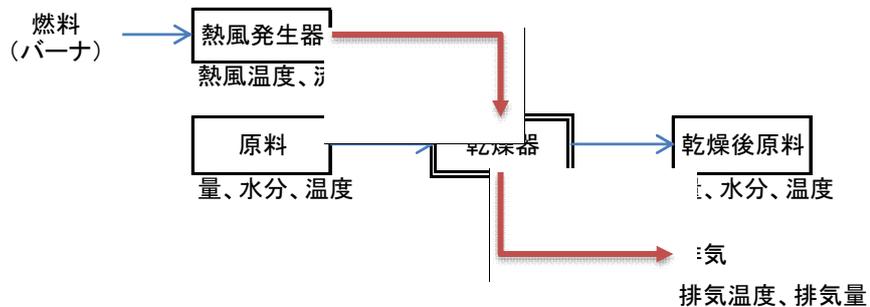


図 15 乾燥（熱風、排気循環無し）の物質・熱収支の概念図

4. 木質バイオマスエネルギー転換システムの調査・検討

- ・ 木質バイオマスの小規模発電システムを中心とするエネルギー転換システムの調査・検討を行う。

4.1. 木質バイオマスエネルギー転換システムの概要

(1) 概要

- ・ 木質バイオマス資源のエネルギー利用にはさまざまな手法がある。
- ・ 大きくは、熱化学的変換と生物化学的変換に分類され、一時、生物化学的変換（バイオエタノール化等）が注目されたものの、結晶度の高い木質資源の転換・利用の手法は今後も基本的に熱化学的転換が中心になるものと考えられる。
- ・ その中でも、これまでは技術的な信頼性や実用性が高かったのは直接燃焼（熱利用や蒸気回収・発電）システムであったが、近年、固定価格買取制度で未利用木材を用いた小規模発電の買取単価が高く設定されて以降、ガス化発電システムへの注目が高まっており今後が期待されている。

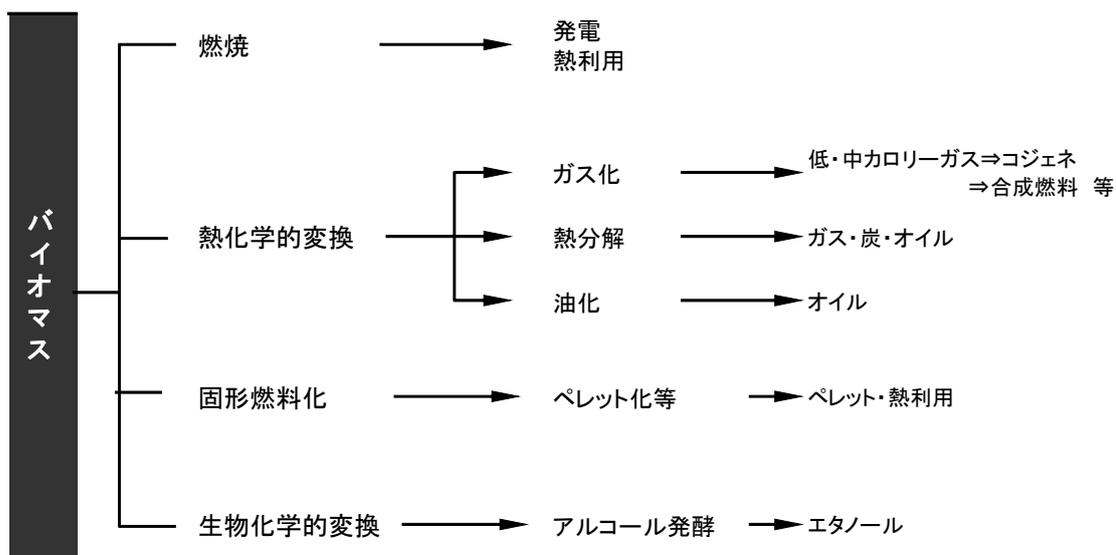


図 16 木質バイオマスの変換・利用技術

(2) 主な燃料化手法およびエネルギー転換手法

概要

- ・ 下表に主な燃料化方法と燃料化を経たのちの最終エネルギー転換・利用法を挙げる。
- ・ チップ・ペレットの各々からガス化（発電）・直接燃焼を行うルート・転換技術がそれぞれ存在し、原料や燃料の入手特性、規模等のケースに応じて考える。

表 12 各種燃料化・エネルギー転換方法の特徴

工程	燃料化方法		エネルギー転換(燃料の利用)	
	チップ化	ペレット化	ガス化	直接燃焼
形態・手法	チップ化	ペレット化	ガス化	直接燃焼
燃料の種類	丸太などの木材	微粉化した木材	チップ ペレット	チップ ペレット
燃料化手法の区分	物理的加工	物理的加工	熱化学的変換	熱化学的変換
技術段階	実用	実用	実用	実用
生成燃料形態	チップ	ペレット	ガス	(熱に転換)
燃料発熱量(低位)	(生チップ)2,000～ (乾燥チップ)4,000 kcal/kg	(バーク)4,000～ (ホワイト)5,000kcal/kg	(内熱式)1,000 ～(外熱式)3,000 kcal/Nm ³	
収率※	ほぼ 100%	90%以上	最大約 70%程度	最大約 70%程度
燃料利用方法	チップボイラー 発電設備等	ペレットボイラー ペレットストーブ 発電設備等	発電(ガスエンジン等) 熱利用	熱利用 発電(蒸気タービン等)
適規模	小～大	小～大	小～中	小～大
汎用性	小～中	中～高	小～中	小～大
設備費	中	小	大	小～中
ポイント	形状・性状の確保 利用先の確保 保管場所等の確保	燃料コスト低減 利用先の確保 流通コスト低減	安定稼働 排熱の有効利用	熱利用先の確保

※ エネルギー収率(燃料エネルギー／原料エネルギー)を想定。なお、数字はあくまで概算で、原料の種類等によって大きく変わらう。また、燃料化工程で消費されるエネルギーは考慮していない。

4.2. ガス化（発電）技術

(1) 概要

背景・動向

- ・ 近年、商用レベルと思われる小規模ガス化発電システムが上市され、導入事例も現れている。これらの動向、性能、実績等を調査し、本町における森林資源の高度利用に適したシステムの選定検討を行う。
- ・ ガス化技術の最も大きな問題点として、タールトラブル（黒色で粘度の高いタールが炉内で発生、配管やエンジンに付着してトラブルを招く）が問題となることが従来は多かったが、現在導入されている技術は、これらの点はクリアしているものと考えられる。ただ、機械・機構の点や一時的な運転状況だけでなく、原料条件が変わった場合の影響や長時間運転時の問題の有無なども踏まえて評価する必要がある。

ガス化技術の概要

a. ガス化機構

- ・ バイオマスのガス化とは、酸素が少ない還元雰囲気中で木材を熱分解し、可燃性ガス（水素、一酸化炭素、メタン等）を取り出す操作のことを指す。主に、原料を直接加熱してガス化する方法（直接ガス化、部分酸化）と、原料を間接的に加熱してガス化する方法（間接ガス化）という2つに大きく分類できる。さらに、反応器型式や反応温度・圧力などにより様々な方式に分けられ、各ケースに適した方法が選択される。

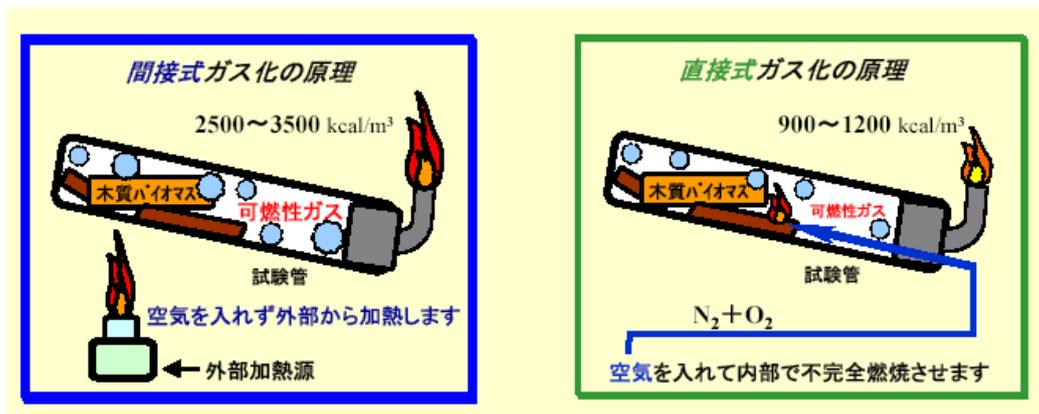


図 17 主なガス化機構の概念図

表 13 ガス化の熱化学的反応式

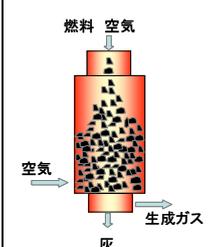
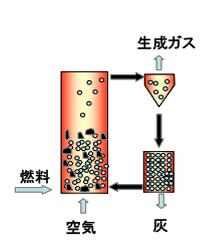
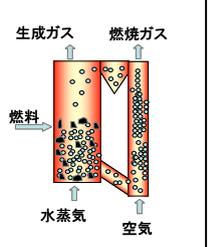
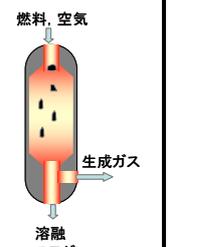
反応工程	直接ガス化	間接ガス化
① 燃焼 $C + O_2 \rightarrow CO_2$ (発熱) $H_2 + 1/2 O_2 \rightarrow H_2O(\text{ガス})$ (発熱)	↑	↑
② 部分酸化 $C + 1/2 O_2 \rightarrow CO$ (発熱)		
③ 発生ガス化 $C + CO_2 \rightarrow 2CO$ (吸熱)		
④ 水性ガス化 $C + H_2O(\text{ガス}) \rightarrow CO + H_2$ (吸熱)		
⑤ 水素化 $C + 2H_2 \rightarrow CH_4$ (発熱)		
⑥ シフト化 $CO + H_2O(\text{ガス}) \rightarrow CO_2 + H_2$ (発熱)		
⑦ メタン化 $CO + 3H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O(\text{ガス})$ (発熱)		
⑧ リフォーム $CH_4 + H_2O(\text{ガス}) \rightarrow CO + 3H_2$ (吸熱)		

b. 主なガス化方式

ア) 反応器型式

- ・ ガス化炉の形式には、固定床、移動床、流動床、噴流床などがあり、直接加熱（直接ガス化）と間接加熱（間接ガス化）の組み合わせも含めて様々な種類がある。
- ・ バイオマスガス化技術は、石炭のガス化から発展した技術が多く、バイオマス特有の技術課題である小型化やエネルギー効率の向上（低温ガス化、粒子滞留時間確保等）、ハンドリング（大きな原料粒径の許容等）、ターレットラブルの回避への対応等を通じて発展してきている。

表 14 主なガス化システムの例²

	固定床	循環流動層	内部循環流動層	噴流層
メーカー	サタケ, 中外炉 フェルト (スウェーデン)等	PSI, カルボナ (スイス)等	荏原製作所, ギッシング(奥) フェルコ(米)等	電力中央研究所, 三菱重工, コーレン(独)等
バイオマス	廃材チップ他	市販木材ペレット	丸太チップ	丸太チップ
ガス化剤	空気	空気	空気・水蒸気	空気
生 成 ガ ス				
H ₂	16%	10%	40%	22%
CO	19%	20%	25%	22%
CO ₂	12%	14%	22%	11%
CH ₄	2%	5%	10%	-
N ₂	51%	51%	3%	45%
生成ガス発熱[kcal/Nm ³]	1300	1500	3300	1500
タール分	100 mg/Nm ³	タール分少	タール分少	タール分なし
建設コスト[万円/kW]	30~50	50~60	40~60	40~60
備考				

² 出典:(独)産業技術総合研究所作成資料より

1) 反応型式

- ・ 前表の中で、流動層や噴流層は主に大規模に適した方式であるため、小規模タイプとしては固定床が検討の中心になると考えられる。
- ・ 固定床ガス化には、原料と生成ガスの流れ方向の点で、原料とガスが同方向に流れる「ダウンドラフト式」と逆方向に流れる「アップドラフト式」がある。
- ・ このうち、熱効率に優れるのはアップドラフト法であるが、タール抑制の面ではダウンドラフト式が有利（ガス化炉出口でガスが高温帯を通過することでタールが分解される）で、小規模発電にも適している。
- ・ 昨今、国内に導入されつつある方式の多くがこの区分に当てはまる。

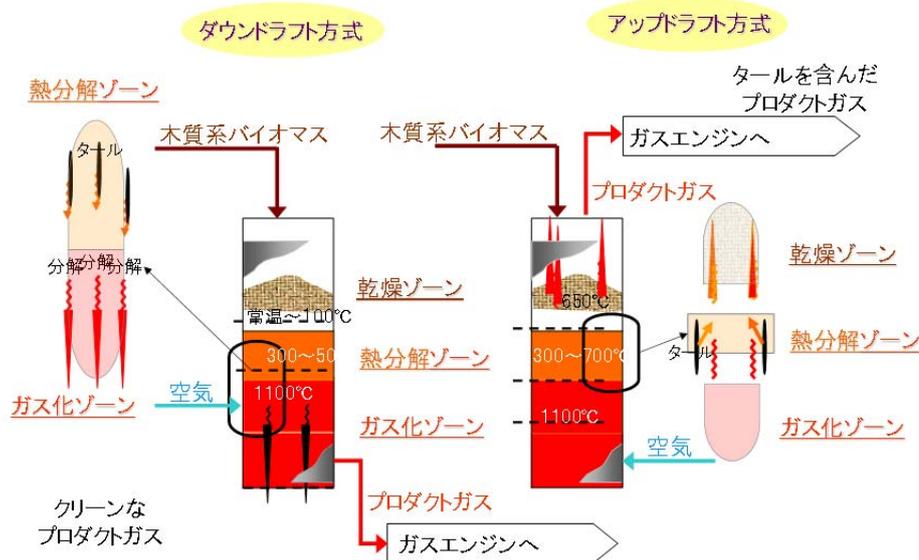


図 18 ダウンドラフト・アップドラフト式の概念図

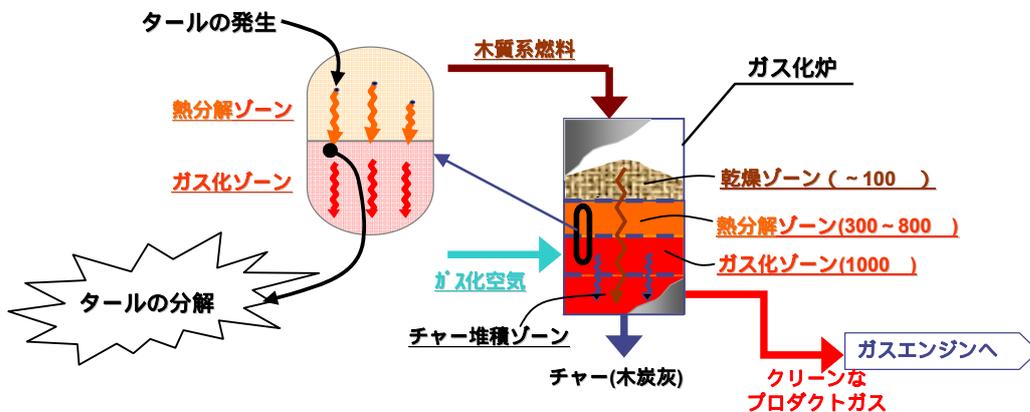


図 19 ダウンドラフトガス化におけるタール低減機構の概念図

c. システムの概要

ア) ガス化コジェネシステムの主な構成

- ・ ガス化設備の構成は炉形式が異なる以外はほぼ同様である。主な構成は(A)燃料供給設備、(B)ガス化炉、(C)ガス精製・冷却設備(熱交換器+集塵機)、(D)コジェネ設備に分類することができる。

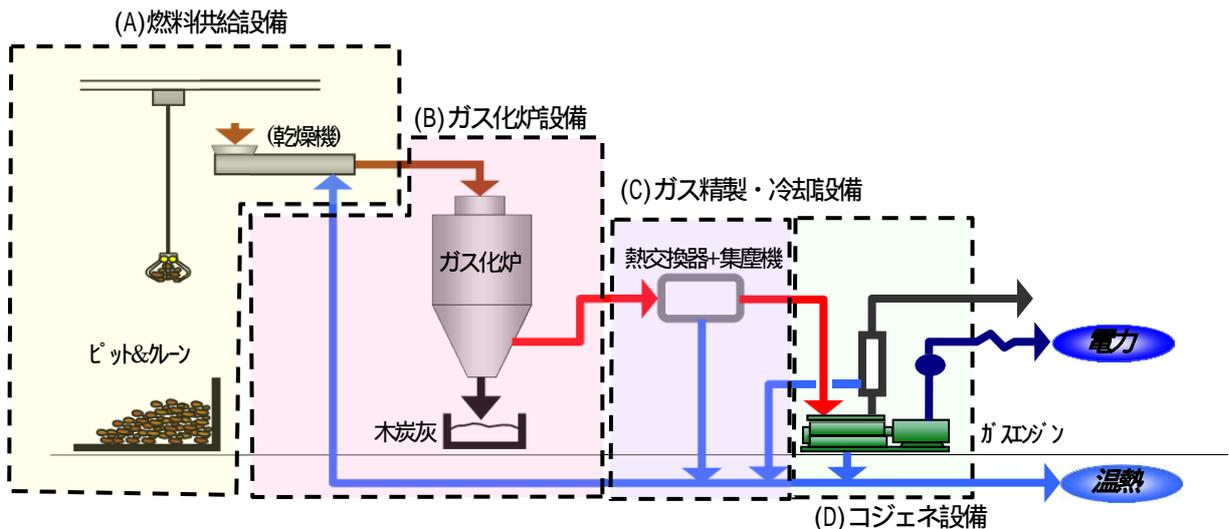


図 20 ガス化コジェネシステムの概念図

i) 燃料供給設備

- ・ 前処理設備でチップ化・乾燥された木質系燃料は、燃料貯槽に供給前の一時貯蔵され、必要に応じてガス化炉へ搬送、供給される。
- ・ この燃料供給設備は、通常完全に自動化されており、ガス化炉内にセットされたレベル計により炉内への供給量の過不足を検知し、自動的に木質燃料が供給される仕組みになっている。
- ・ この供給系統は、ピット・クレーンやスプリングアーム・スクリューコンベヤなどの方式があり、燃料の性状や形状、設置場所のレイアウト等により選定可能である。燃料チップの品質要件として、これらの搬送系等でトラブルが生じないことがまず必要となる。

ii) ガス化炉設備

- ・ 木質燃料は、ガス化で必要となった量だけガス化炉内に定量供給される。
- ・ 供給は、ガス化炉上部に搬送され、ガス化炉上部に設置された投入口(ダブルゲートやロータリーバルブなど)の開閉等の稼働により炉内に供給される。
- ・ ガス化炉内は、発生したガス(可燃性ガス)の漏洩を防止するため、弱負圧で運転されており、炉上部の投入口の動作等で炉内と外部が遮断され気密性が保たれる。

- ・ 固定床のガス化炉の炉内には、木質系燃料が堆積しており、上部より乾燥ゾーン(常温～100)、熱分解ゾーン(300～800)、ガス化ゾーン(約1,000)、チャー堆積ゾーン(約400)の各反応帯が形成されている。
- ・ 上部より投入された木質系燃料は、上部から乾燥ゾーン、熱分解ゾーン、ガス化ゾーンを經由し、下部よりチャー(木炭灰)として排出される。

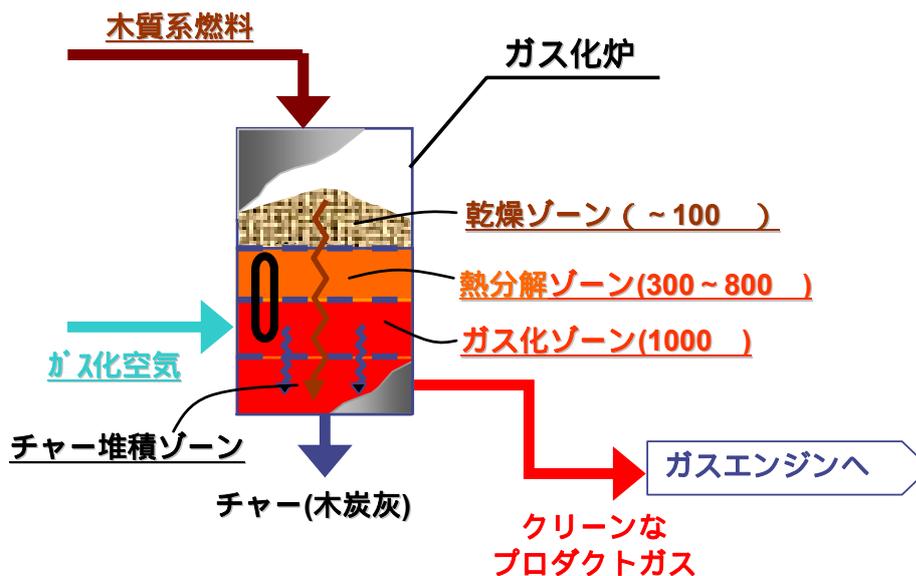


図 21 ガス化炉内の反応帯の概念図

iii) ガス精製・冷却設備

- ・ ガス化炉で生成されたプロダクトガスは、除塵・冷却された後にガスエンジンに供給される。
- ・ ダウンドラフトタイプでは、一般にガス中のタールは炉内で分解するものとし、ガス精製設備は乾式フィルターなどシンプルな構成となっているケースが多い。大規模な設備では、タール分解触媒や湿式洗浄(スクラバ等)の精製システムを付帯しているケースがあるが、それらを不要とすることで運転管理の容易化と管理維持費低減を図っている。逆に、原料性状に由来するタール増加等には対応できない恐れがあるため注意が必要となる。
- ・ ガス精製・冷却設備の構成は、フィルタ(バグフィルタ等)及び熱交換器(ガス/水熱交換器等)とすることで、排水が発生しないシステムが構築できる。
- ・ なお、完全燃焼した後の焼却排ガスと異なり、ガス化炉から発生するプロダクトガスには未燃炭化水素が多く含まれているため、安全のためガス中の酸素濃度を管理する必要がある。そのため、フィルタの逆洗用にパルス用ガスを用いる場合も不活性ガス(窒素等)を使用する。
- ・ ガス化炉内は負圧に保たれているため、未燃ガスが炉外に漏洩する可能性は極めて低いですが、適所にCOモニター、ガス検知器等を設置し、安全面に配慮するのが一般的である。

iv) コージェネレーション設備

- ・ コージェネレーション設備を構成することで、ガス化炉及びガスエンジンからの排熱を利用して、電気・熱を近隣の需要施設に対して供給することができる。コージェネレーション設備は発電設備のほか温水利用設備から構成される。

1. 発電設備（ガスエンジン等）

- ・ 生成ガスは、ガスエンジン等の発電設備へ供給され、（ ）吸気 + 空気と予混合、（ ）ピストン上昇による圧縮、（ ）点火プラグによる燃焼 + 膨張、（ ）排気の4行程を繰り返すことで発電機を通じて発電が行われる。
- ・ ガスエンジンは、起動停止時や緊急時を考慮し、化石燃料系のガスでも運転可能となっている場合がある。電圧・周波数は、連系条件等に応じた仕様とする。

2. 暖房給湯設備

- ・ 熱回収設備は水循環ポンプ、熱交換器等にて構成される。
- ・ ガスエンジンから排出された排ガスは、冷却水により排出時の温度（約 400℃）から周辺地域温度近く（約 40℃）まで冷却される。その際、冷却水は約 80℃ に加温されるためこの熱を水熱交換器を用いて温水として回収する。
- ・ 発生した温水は、温水循環ポンプにて各種温水利用先を循環させて利用することができる。

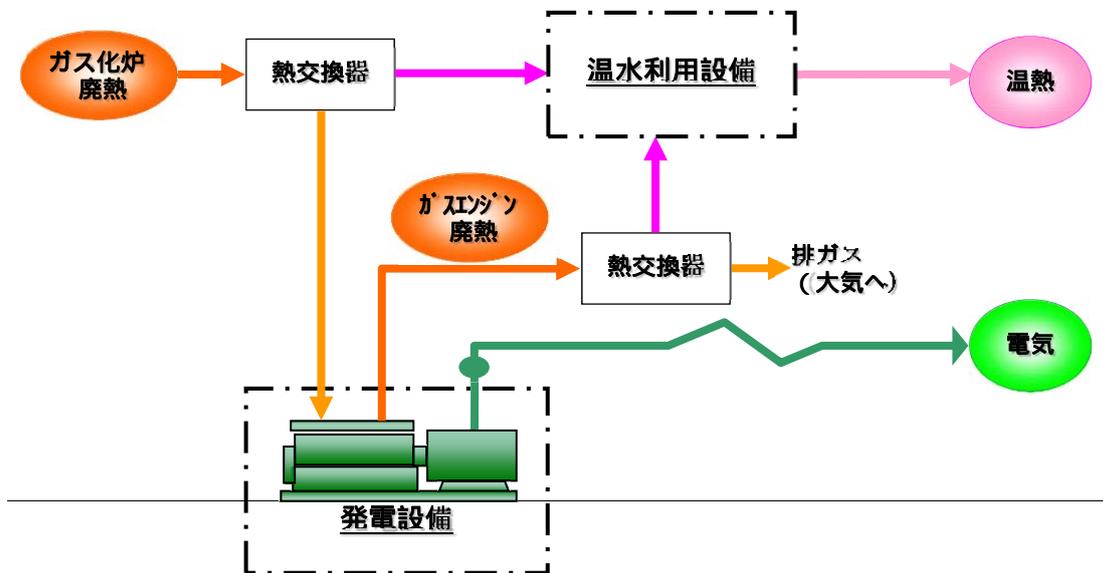


図 22 コージェネレーションシステムの概念図

(2) 仕様例等

- ・ 小規模タイプでチップを燃料として利用するタイプを対象に主な仕様等の調査を行った。
- ・ 以下に対象とした機種の外観例を示す。



図 23 日本に導入されているガス化システム例(左：A社(秋田県)、右：B社(福島県))

A 社

- ・ 木質チップを燃料とするガス化熱電併給設備。
- ・ 一台当たりの発電出力は 40kW、熱出力は 100kW（熱交換 65 /85 時）
- ・ 発電効率は 22%、熱利用効率は 56%、総合効率は 78%
- ・ 年間稼働時間 7,500 時間の場合、発電量は 300,000kWh、40 円/kWh で売電したとすると 12,000 千円/年の売電収入に相当する。
- ・ 熱量は、750,000kWh で灯油約 77,000 L に相当、60 円/L で換算すると約 4,600 千円/年となる。
- ・ 秋田県で自社実証導入済みのほか建設中の案件もある模様。

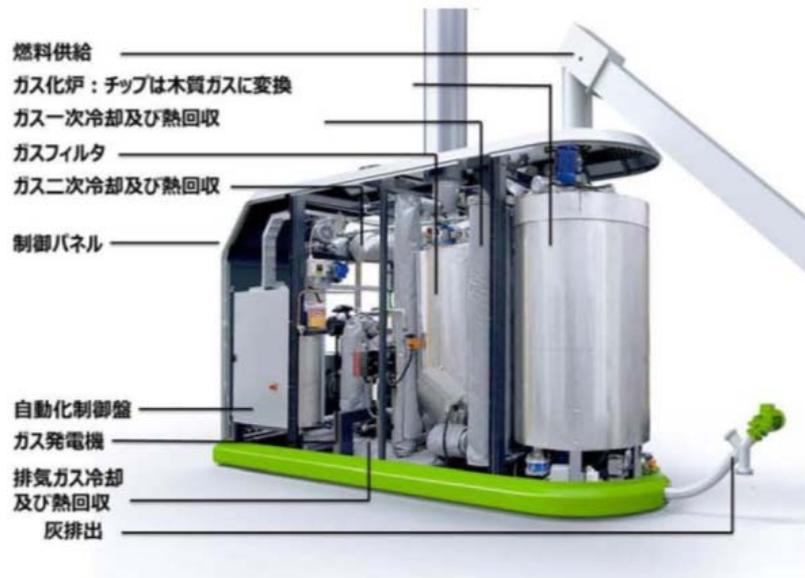


図 24 設備概要

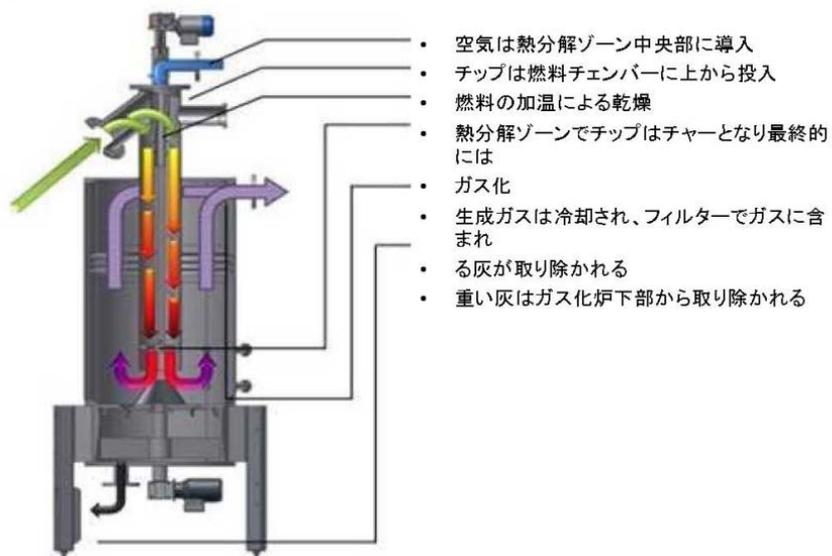


図 25 機構概要

B 社

- ・ A社と同様木質チップを燃料とするガス化熱電併給設備。
- ・ 一台当たりの発電出力は 45kW、熱出力は 105kW（熱交換 60 /85 時）
- ・ 発電効率は 23.3%、熱利用効率は 56.1%、総合効率は 79.4%
- ・ 年間稼働時間 7,500 時間の場合、発電量は 337,500kWh、40 円/kWh で売電したとすると 13,500 千円/年の売電収入に相当する。
- ・ 熱量は、750,000kWh で灯油約 80,000 L に相当、60 円/L で換算すると約 4,800 千円/年となる。
- ・ 福島県、島根県で稼働中のほか関東で建設中の案件もある模様。

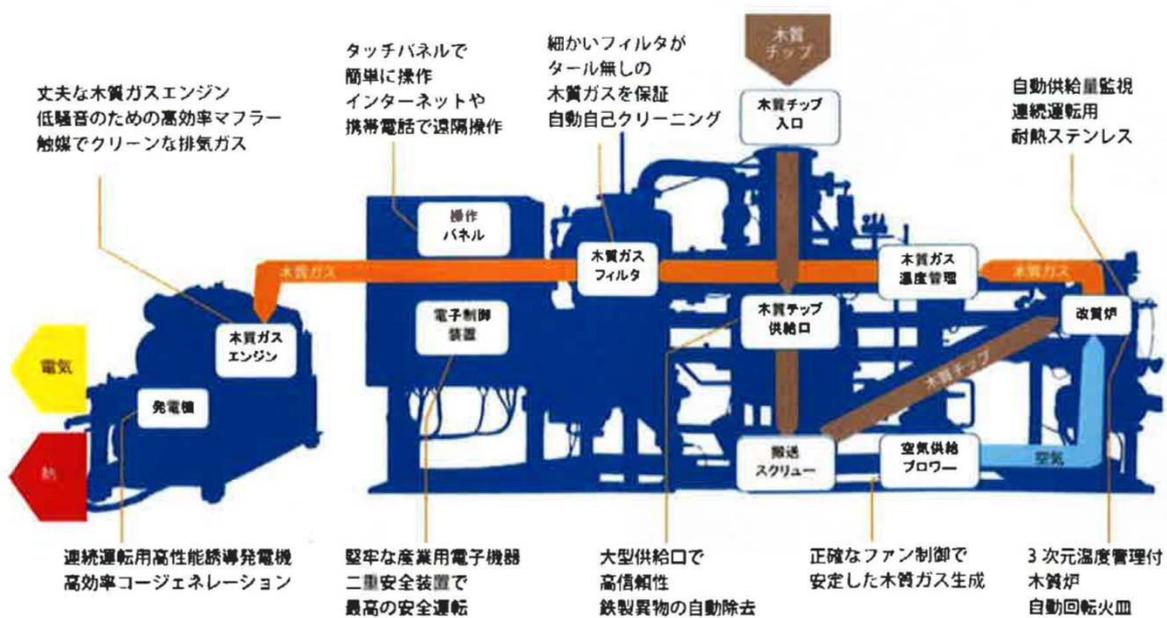


図 26 設備概要

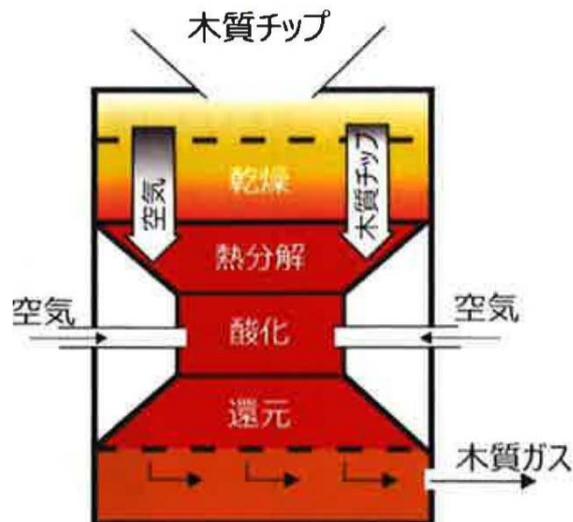


図 27 機構概要

(3) ガス化試験

- ・ A社の試験設備でガス化試験を行った。

試験方法等

- ・ 対象：) 製材端材(チップ(切削)、水分率は有姿)
) 広葉樹チップ(チップ化(切削)、水分率は有姿)
- ・ 試験内容：
 - 切削チップの未乾燥品を燃料として、乾燥後にガス化・発電を行う
 - 運転時間は1日(昼間)を想定

試験結果

a. 製材端材

ア) 結果概要

- ・ 1回目は燃料供給開始1時間後に停止。
- ・ 原因は、ロータリーバルブトリップ。元々の原料の水分率が低かった(約15%)が、たまたまサンプリング・水分計測を行った試料の水分率が高かった(約30%)ため、その水分率を基準に乾燥を行ったところ全体に原料が過乾燥状態となり、燃料中の水分に反応するレベル計が反応せず、炉内へ過供給となりロータリーバルブ直下まで燃料が堆積、バルブに異常な負荷がかかったためと思われた。
- ・ そこで、仕様前の未乾燥の原料(製材端材)の水分をフレコン内の数カ所で計測、それにより把握された水分率に基づき約15%程度を目途に再度乾燥し試験に用いた。また、一部、明らかにオーバーサイズと思われる大径の原料や厚みや堅さの点でバルブに噛み込み恐れがあると思われた原料は手作業で除いた。その結果、8時から燃料チップが無くなるまでの間(13:00過ぎまで、約5時間)問題なく連続運転できた。
- ・ 使用した製材端材チップは、燃料として利用できると考えられるが、一部、オーバーサイズが見受けられたため、実際に利用する際には留意する必要があると思われた。



図 28 (左) 使用した製材端材チップ、(右) 使用した乾燥設備 (初回乾燥に利用)
2 回目は、水分率の低減度合が小さいと分かったため別の小型乾燥機を用いた



図 29 (上左) 燃料貯槽 (スプリングアーム、チェーンコンベヤ方式)、
(上右) ロータリーバルブトリップ時の復旧作業の様子、
(下左) 発電設備、(下右) 手選別したオーバーサイズ試料

1) 結果

i) 運転結果

- ・ ほぼ仕様通りの出力（仕様値 40kW、平均 43.8kW）が安定して得られた。
- ・ エンジンの回転数ほか、各部温もほぼ一定で、設備の稼働状況は安定していたものと思われる。

表 15 運転データ（2回目）

時間		8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	(合計)	(平均)	備考
発電量	(kW)	43.8	43.9	43.6	43.9	43.8	43.8	262.8	43.8	
内部消費	(kW)	4.5	4.1	4.1	4.9	4.0	4.2	25.8	4.3	
発電端	(kW)	39.3	39.8	39.5	39.0	39.8	39.6	237.0	39.5	
室内温度(VC内)	(°C)	11.0	10.4	10.4	9.7	9.3	7.4	-	9.7	
室内湿度(VC内)	(%)	63.0	64.0	63.0	68.0	65.0	65.0	-	64.7	
ガス化炉内部温度(上)	(°C)	22.0	22.0	22.0	21.0	21.0	19.0	-	21.2	
ガス化炉内部温度(下)	(°C)	1069.0	1101.0	1069.0	1127.0	1079.0	1092.0	-	1089.5	
1次ガスクーラー上温度	(°C)	598.0	631.0	630.0	640.0	642.0	621.0	-	627.0	
1次ガスクーラー下温度	(°C)	173.0	185.0	189.0	182.0	186.0	178.0	-	182.2	
ガスエンジン前温度	(°C)	56.0	58.0	58.0	57.0	57.0	49.0	-	55.8	
エンジン温度	(°C)	91.2	90.0	90.0	90.4	90.6	87.9	-	90.0	
エンジン回転数	rmp	1500.0	1500.0	1490.0	1500.0	1500.0	1500.0	-	1498.3	
排ガス温度	(°C)	573.1	567.2	567.0	573.2	574.8	566.7	-	570.3	
温水排熱温度(出)	(°C)	61.3	62.2	64.4	63.2	64.2	59.6	-	62.5	
温水排熱温度(入)	(°C)	31.6	31.8	34.7	33.3	34.3	30.3	-	32.7	
水分計(ハンディ)	(%)	15.2	15.0	15.6	15.3	15.2	15.4	-	15.3	
チップ消費量	(kg)	-	34.5	26.0	24.0	32.0	26.5	143.0	28.6	
灰発生量	(kg)	-	-	-	-	-	-	5.0	0.8	発生割合2.9%

ii) ガス化後残渣の分析

- ・ ガス化後残渣の分析結果を下表に示す。
- ・ 残さは外観が濃い黒色で、未燃の炭素分を多く含んだ状態で灰というより炭に近いと思われる。

表 16 分析結果

項目		燃料(製材端材)(再掲)	ガス化後残渣
工業分析等	水分(有姿) %	14.35	1.12
	灰分 %(無水)	0.23	27.14
	揮発分 %(無水)	73.06	63.04
	固定炭素 %(無水)	26.71	67.60
元素分析等	炭素 %(無水)	49.6	67.6
	水素 %(無水)	6.1	0.6
	酸素 %(無水)	44.0	4.4
	窒素 %(無水)	0.1	0.2
	塩素 %(無水)	<0.01	0.03
	硫黄 %(無水)	<0.01	<0.01
発熱量	(有姿・高位) (kcal/kg)	4,060	5,310
	(有姿・低位) (kcal/kg)	3,670	5,270
	(乾 [^] - _λ ・高位) (kcal/kg)	4,740	5,370
	(乾 [^] - _λ ・低位) (kcal/kg)	4,410	5,340



図 30 (左) ガス化燃料(製材端材チップ)、(右) ガス化後残渣

b. 現地破碎チップ

ア) 結果概要

- ・ 現地破碎チップの第1回目の試験では、昇温ができない現象が発生した。ただ、その直前に試験設備のオーバーホールを行った経緯があり、他原料での試験でも同様の現象が見られたため再度メンテナンスによる点検後、再試験を行った。

再試験に際して、原料中に微細な粉体物の多いケースでガスの流路が閉塞気味となり稼働に支障を生じることがあることから、本現地破碎チップ試料も念のため微細物をふるいで除去した。また、同様に、大径の原料も除去した。

- ・ ただ、試験の結果は、炉の高温部の温度が安定化せず、エンジン・発電の停止が不定期に起こるなど、原料として利用するには難しい結果となった。



図 31 (左) 使用した試験用燃料 (現地破碎チップ)、(右) 同拡大



図 32 除去したチップ (使用せず) (左) 大径物、(右) 微細物



図 33 性状 (左) 水分率 13.5%
 (右) かさ比重 0.29
 (5.15kg/18L より)
 ※缶重量は補正済み

4) 結果

i) 稼働状況

z 図 34～図 37 に示すように、ガス化炉底部の温度が 900°C を境に上下するため、エンジン稼働・発電 (ガス化炉下部の温度が 900°C を下回ると自動で停止) が on/off を繰り返す挙動を示した。

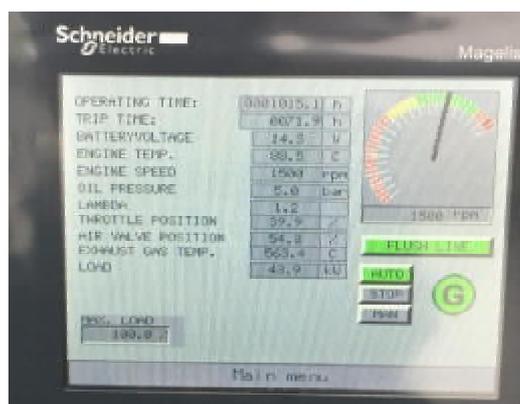
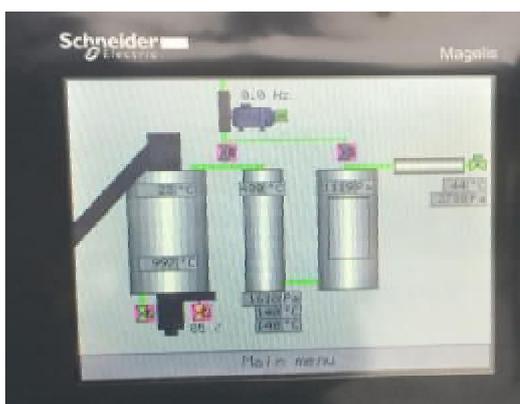


図 34 発電中 (左) ガス化炉等温度 (炉底部 900°C 以上)、
 (右) エンジン状況 (発電出力 43.9kW)

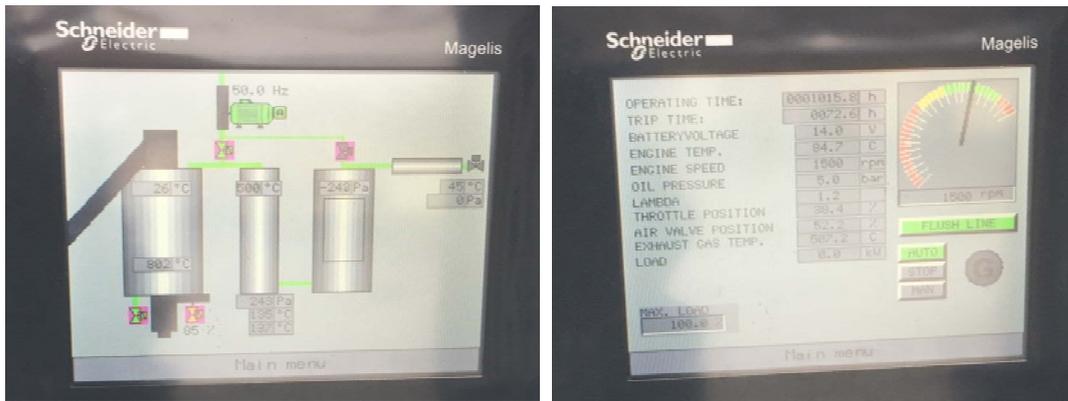


図 35 発電停止中（左）ガス化炉等温度（炉底部 802（900 以下））、
（右）エンジン状況（発電出力 0.0kW）

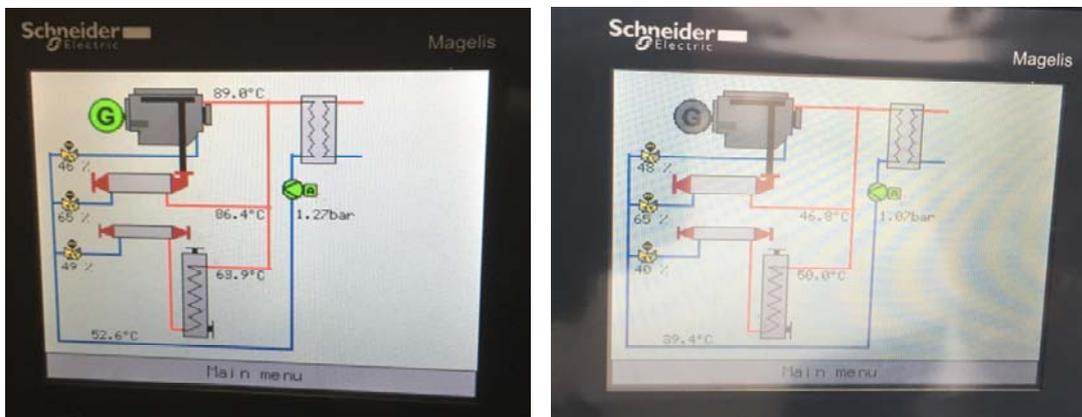


図 36 エンジン周辺冷却系統（左）発電中、（右）停止中

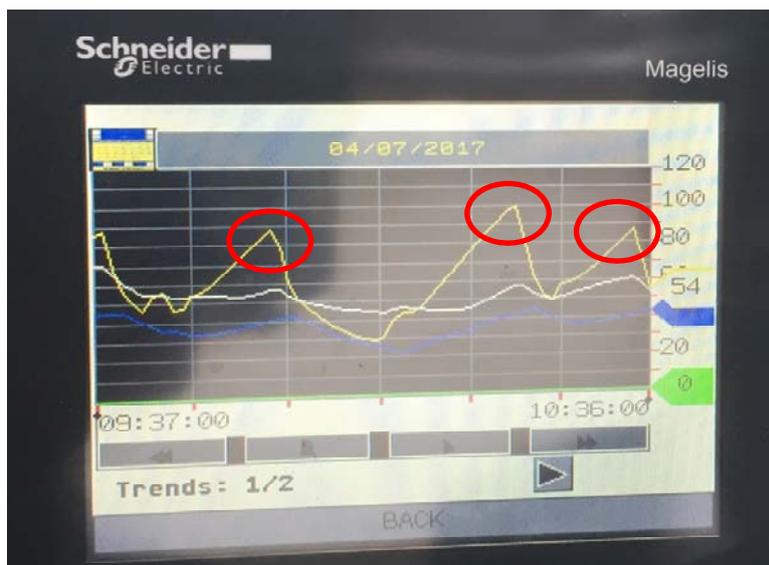


図 37 エンジン周辺冷却系統熱回収量トレンド
（赤丸の時点でエンジン停止、エンジン出口の排気・排熱回収も停止）

結果の総括

- ・ 製材端材を用いた場合、水分調整に由来するトラブルはあったものの、条件調整後は安定した発電が確認できており、発電用燃料チップとしての利用および発電には支障はないものと考えられる。
- ・ 一方、現地破碎チップについては、ガス化炉下部の温度が安定しない現象が見られ、原料条件調整後も完全停止には至らないものの、エンジン・発電の発停止を繰り返し、結果として発電稼働の時間割合が低下した。

その明確な原因は不明であるが、以下のような点が考えられる。

- 枝部など、樹皮で表面が覆われたチップについて、内部に未乾燥の水分が残留し、ガス化炉下部でガス化された際に水蒸気として揮発、その際にガス化に必要な熱を持ち逃げしてガス化炉の温度低下を招いた
- 燃料の粒度が全体に細かく、ガス化炉下部で燃焼空気の流れを阻害して燃焼ムラが生じてガス化炉下部の温度の不安定化を招いた
- 広葉樹の性質（密度が高い、硬質等）に由来する何らかの原因（ただし、燃料規格上、広葉樹は忌避されておらず、広葉樹の同様な性質が影響しうるかは不明）

本結果から、現地破碎チップの発電用燃料としての利用は、技術面の課題や適否など限定される可能性が高く、現時点では困難と考えられた。

その他・備考

- ・ 図 32 で除去したチップ（使用せず）については、大径物は手選別で分離した程度で量としては微量（1kg 程度、重量比 0.5%程度）、（右）微細物は 4mm の目開きの篩で分離したもので、重量割合は約 7%であった。

(4) 関連事例調査

- ・ B社設備の導入事例の調査を行った。

場所等

島根県 隠岐の島町 ウッドヒル隠岐内

概要

- ・ 燃料は、ウッドヒル隠岐内の製材所端材チップを利用
- ・ 発電電力は中国電力に売電
- ・ 設備は、45kW1基で乾燥設備等も付帯している。なお将来的に並列化する計画もあるとのことで設置のためのスペースは設けられている。



図 38 (左) 木材加工施設 (中央がチップサイロ)、(右) チップ外観



図 39 (左) チッパー (ディスク型)、(右) 木材乾燥設備



図 40 (左)施設建屋、(右)燃料用チップ一次貯槽、灰フレコン置場等



図 41 (上左)燃料用チップ一次貯留脇壁面の通風孔、(上右)通風乾燥設備
(下左)チップ一次貯槽から通風乾燥設備へのフィーダ、(下右)ラジエーター



図 42 (左) 通風乾燥設備内部、(右) 通風乾燥設備から燃料サイロ(2F)への搬送フィーダ

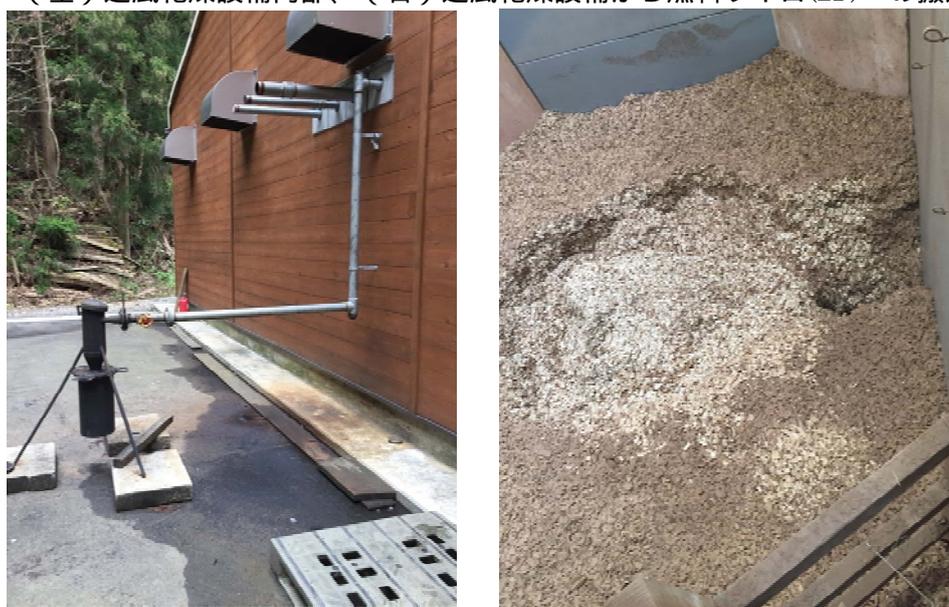


図 43 (上左) 排気・フレアスタック、(上右) サイロ内部
(下) 燃料サイロ(2F)



図 44 (上) 機械室
(下) 管理室 (機械室の中の 1 フloor、盤)

4.3. 直接燃焼方式

- ・ 直接燃焼には、主にチップあるいはペレットを用いるケースが考えられる（表 17）。
- ・ そのほか、薪等を燃料として用いるボイラー（温水器）やストーブ等もある。これらは、一般的にはバッチ式であったり燃料を手投入する必要があるなど、運用の手間やコストを要するが、設備費は安価な傾向がある。
- ・ また、ペレット等の原料の乾燥など、稼働時間や所要燃料が用途等が限定される場合に、それらの用途等に見合った簡易な熱風発生炉（一般に着火時等に補助燃料を利用）等が用いられるケースもある。ガス化コジェネのチップ乾燥用にこうした熱利用設備を流用することも可能と考えられる。

表 17 チップボイラーとペレットボイラーの比較

	チップボイラー	ペレットボイラー
外観		
主要機器	チップサイロ→供給フィーダー→ボイラー	ペレットサイロ→供給フィーダー→ボイラー
所要面積	△大きい	○小さい
負荷対応	△負荷変動への追従が遅い △細かい制御は難しい (油焚きと比べて、チップもペレットボイラーとも) 灰の温度などが残るため、炉の温度の低下が緩やか 逆に、負荷が下がったときに出力の低下が追いつかない場合がある。	○負荷変動への追従が早い ○細かい制御が可能
運用特性	△炉の温度が低下し、効率が下がる等のため、低負荷運転に限界がある(30%程度) □連続運転が望ましい	○種火式のもの、炉の温度が下がりきらず、低負荷運転も可能 □種火方式のものは間欠運転も可能
コスト	□高価	○安価
製造メーカー	□ほとんどが海外	○国内メーカー有り
用途	□業務用(温浴施設等)が主 □ベース負荷に対応	○業務用(温浴施設等)の他、農業用等幅広い(油焚きボイラーの代わりに設置できる)
その他	△負荷対応や非常時のために、バックアップボイラーが基本的に必要	○バックアップがなくてもよい。油焚きボイラーに置き換えることができる。
用途・規模	□業務用のボイラーが主 □小型でも 100Mkcal/h 程度、大型では数 MW の火力発電所クラス	○家庭用のストーブや小型ボイラー・業務用の小型～中型・大型ボイラーまで幅広い

(凡例: ○:良い点 △:課題 □:一般的特徴)

5. 需要等の詳細調査・検討

5.1. エネルギー消費量等

(1) ふれあい広場しなの内の施設

- ・ ふれあい広場しなの内の施設で、熱源用燃料等のエネルギー消費が大きいと思われる主な施設としてウェルネス倶楽部、いこいの家のエネルギー消費量等を把握した。

ウェルネス倶楽部

a. 施設・熱源設備等概要

- ・ ウェルネス倶楽部の施設概要、熱源等概要を示す。

表 18 施設概要

住所	長野県上水内郡信濃町大字平岡 223-1
交通	上信越道信濃町 IC から車で 15 分 しなの鉄道黒姫駅より車で 13 分
利用期間・時間	毎月曜定休（月曜が祝日の場合は翌日） プール PM2:00～PM9:30 アリーナ・アスレチック AM9:00～PM9:30
熱源設備	ボイラー（温水ヒータ） 600Mcal/h 用途：プール加温等 ボイラー運転時間：8:30～21:00（冬季以外） 冬季は、出力を最低として終日運転 貯湯槽 1.5m ³ 、ろ過循環
備考	運営は指定管理者による

b. エネルギー消費量（平成 25～27 年平均）

表 19 燃料消費量（灯油）（単位：l）

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計
H25	3,700	5,200	1,800	1,400	2,400	2,200	3,400	4,200	5,900	7,100	6,000	5,300	48,600
H26	3,900	2,800	900	700	400	700	2,500	2,800	3,700	5,600	4,300	3,100	31,400
H27	2,500	1,200	800	800	800	300	2,000	2,100	4,130	3,700	4,800	2,900	26,030
平均	3,367	3,067	1,167	967	1,200	1,067	2,633	3,033	4,577	5,467	5,033	3,767	35,343

表 20 電力消費量（単位：kWh）

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計
H25	-	11,689	13,122	12,820	14,441	14,301	12,119	13,442	13,163	13,347	13,905	12,759	159,027
H26	13,927	12,158	12,682	12,229	14,885	14,997	12,639	12,953	12,607	12,906	13,120	11,532	156,635
H27	12,548	11,659	11,894	11,611	12,504	13,666	11,736	12,188	11,917	12,174	12,296	11,644	145,837
平均	13,465	11,835	12,566	12,220	13,943	14,321	12,165	12,861	12,562	12,809	13,107	11,978	153,833

注：H25.4 はデータ無し

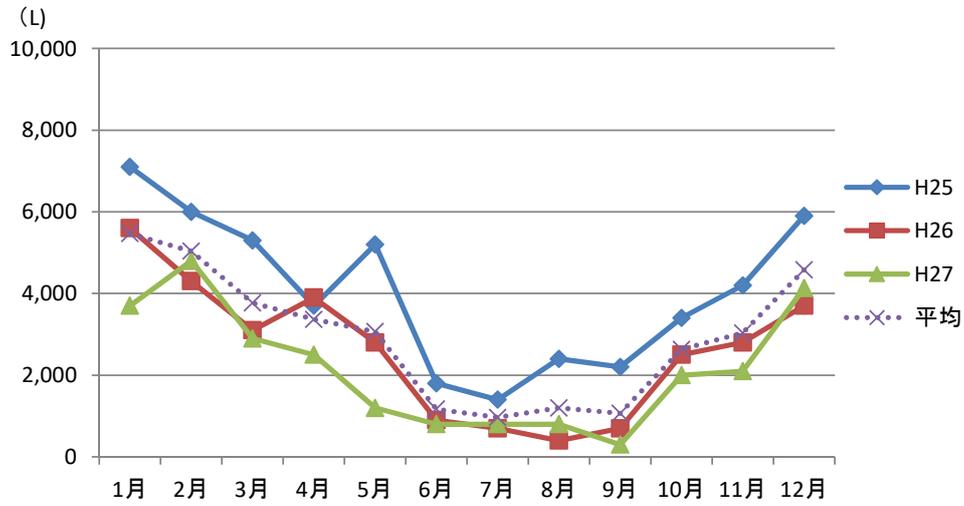


図 45 燃料消費量 (月別、灯油)

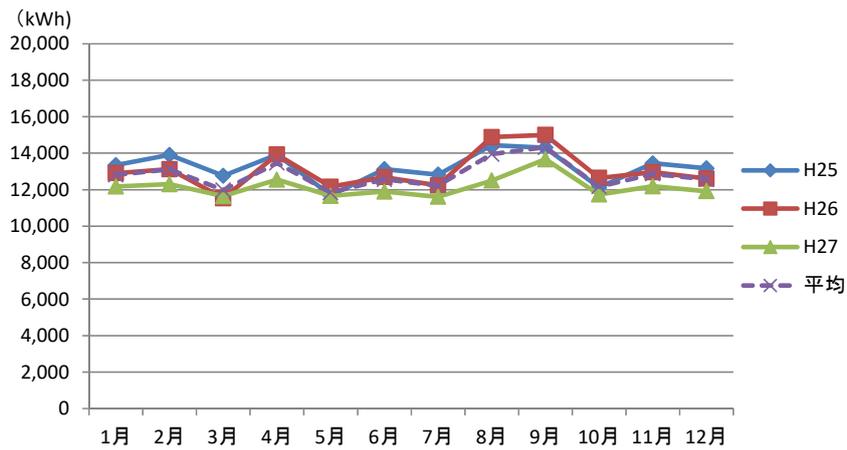


図 46 電力消費量 (月別)

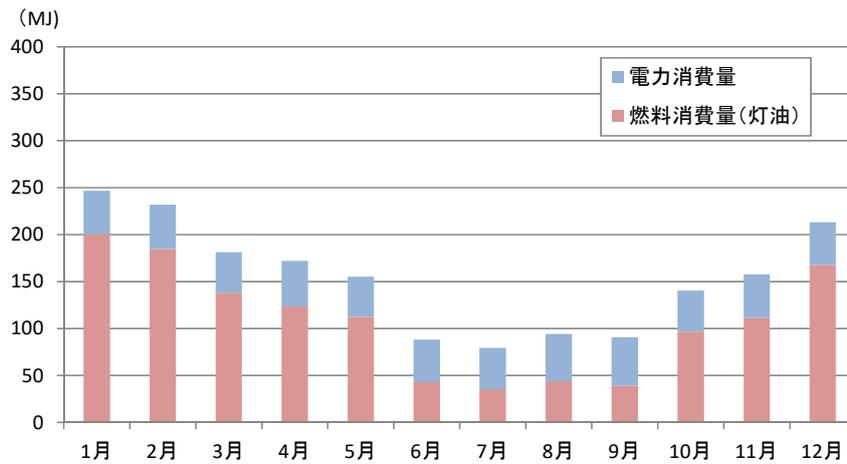


図 47 熱・電力消費量

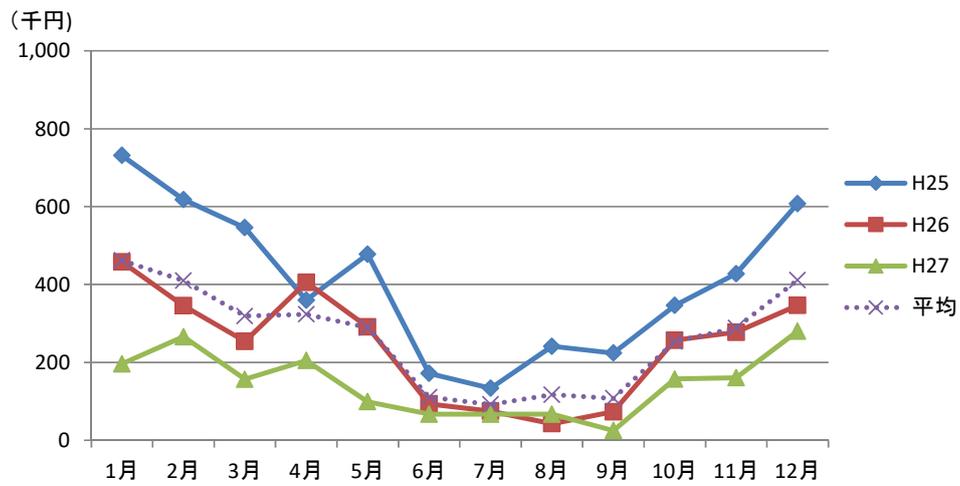


図 48 燃料費の推移 (灯油)

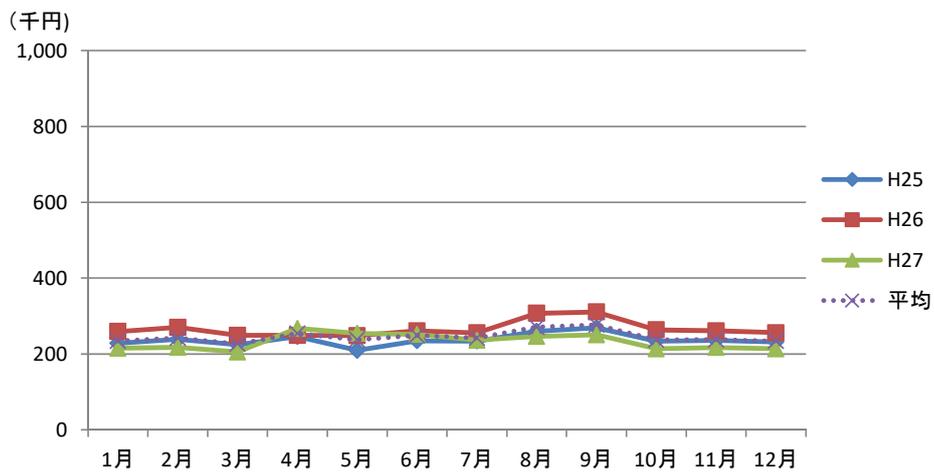


図 49 電気代の推移

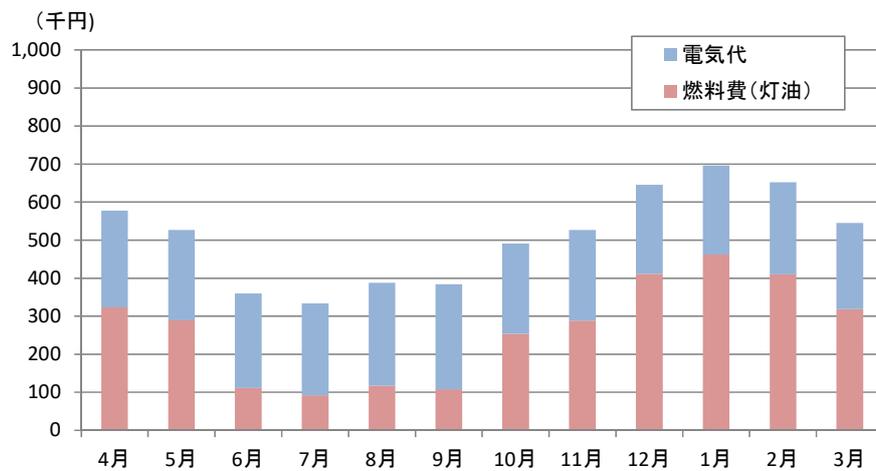


図 50 燃料費・電気代の内訳の推移

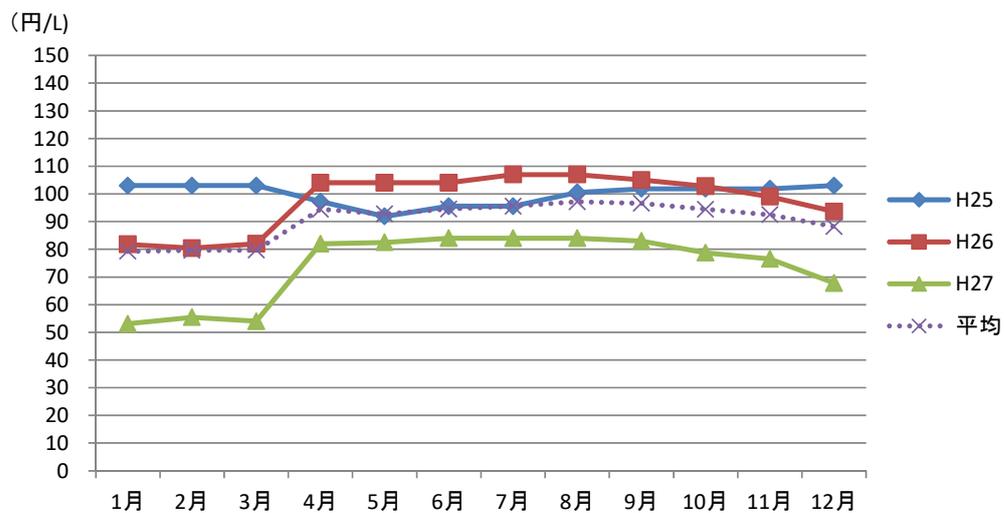


図 51 燃料単価 (灯油) の推移

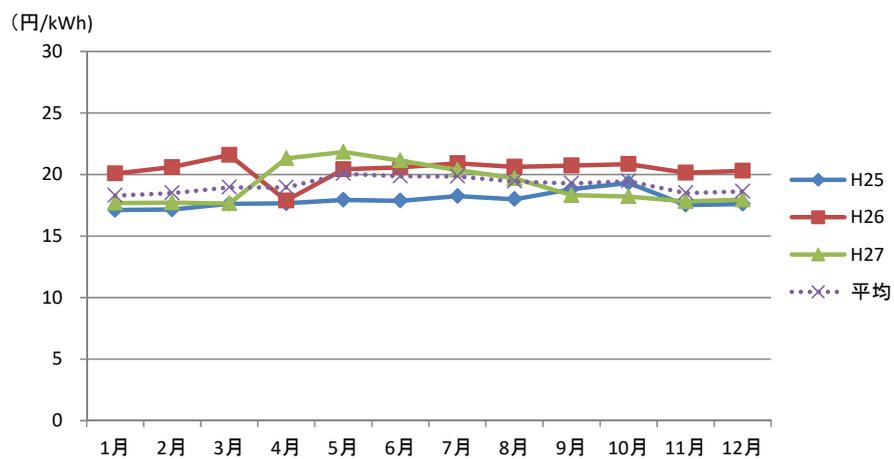


図 52 電力料金単価 の推移

料金 ÷ 消費量による

いこいの家

a. 施設・熱源設備等概要

- ・ いこいの家の施設概要、熱源等概要を示す。

表 21 施設概要

住所	長野県上水内郡信濃町大字平岡 223-1
交通	上信越道信濃町 IC から車で 15 分 しなの鉄道黒姫駅より車で 13 分
利用期間・時間	毎月曜定休（月曜が祝日の場合は翌日） 平日 9：00～18：00（7～10月は9：00～19：00） 日曜 9：00～17：00
熱源設備	ボイラー（温水ヒータ） 200Mcal/h 用途：浴槽加温等 ボイラー運転時間：8：30～19：00（通年） 貯湯槽 1m ³
備考	運営は指定管理者による

b. エネルギー消費量（平成 25～27 年平均）

表 22 燃料消費量（灯油）（単位：l）

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計
H25	1,460	1,709	1,072	1,240	946	1,091	1,510	1,710	1,655	1,886	1,921	1,854	18,054
H26	1,485	1,525	1,062	1,104	1,110	1,208	1,583	1,630	1,765	1,956	1,788	1,818	18,034
H27	1,505	1,266	1,225	1,080	989	1,430	1,365	1,425	1,720	1,823	1,922	2,091	17,841
平均	1,483	1,500	1,120	1,141	1,015	1,243	1,486	1,588	1,713	1,888	1,877	1,921	17,976

表 23 電力消費量（単位：kWh）

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計
H25	-	2,558	2,046	2,253	3,025	2,903	2,845	2,949	2,567	3,651	3,380	3,496	34,909
H26	3,607	3,219	2,714	3,076	3,185	3,031	3,231	3,116	2,521	3,682	3,285	3,041	37,708
H27	3,119	2,840	2,260	2,472	2,912	2,685	2,723	3,322	2,743	3,034	3,251	3,495	34,856
平均	3,321	2,872	2,340	2,600	3,041	2,873	2,933	3,129	2,610	3,456	3,305	3,344	35,824

注：H25.4 はデータ無し

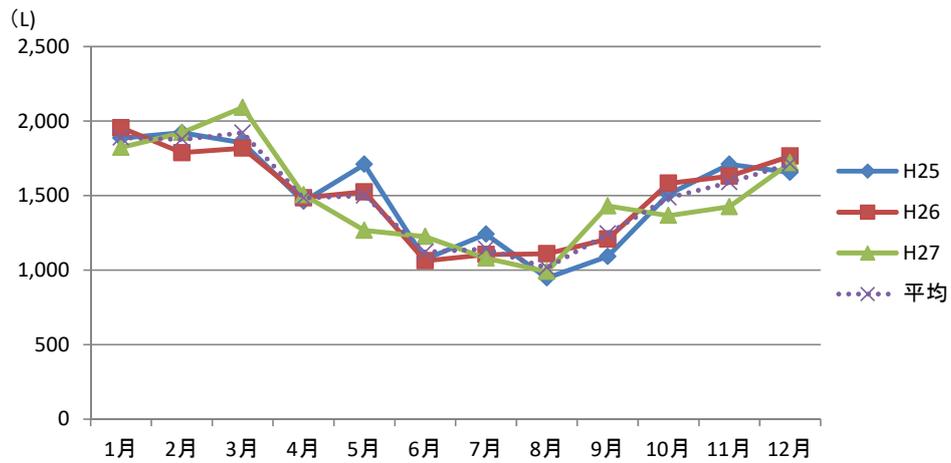


図 53 燃料消費量 (灯油、月別)

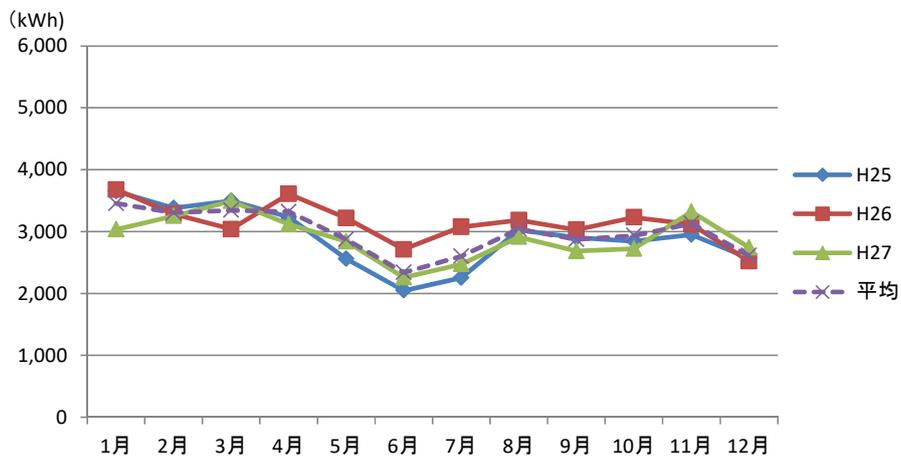


図 54 電力消費量 (月別)

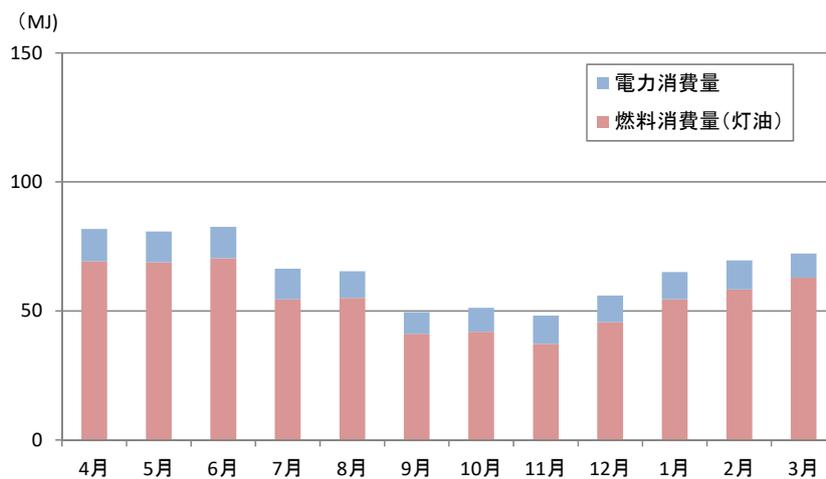


図 55 熱・電力消費量

ふれあい広場しなの内全体

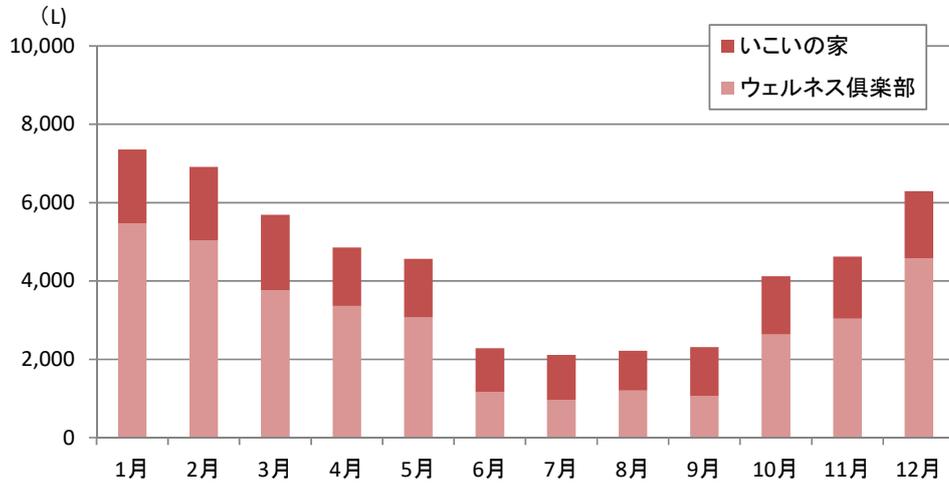


図 56 燃料（灯油）消費量

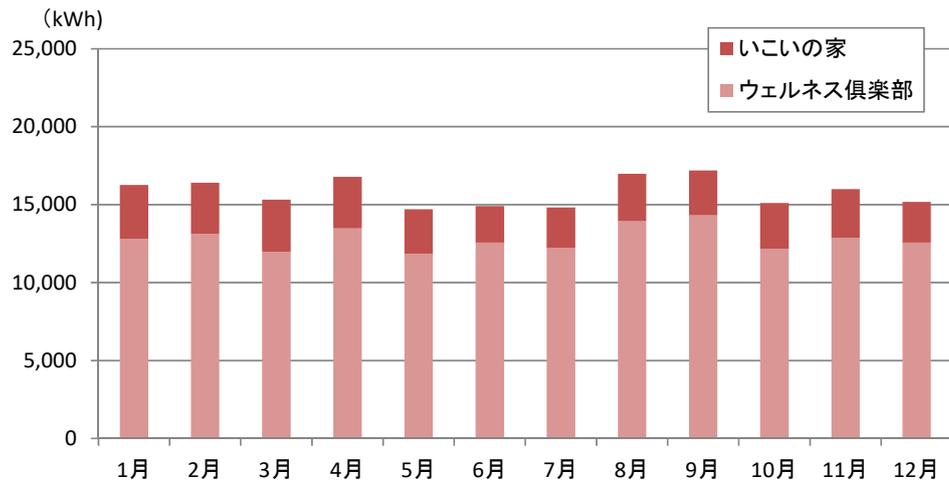


図 57 電力消費量

(2) 乾燥熱需要

- ・ ガス化コジェネでは、水分率約 15%以下に乾燥したチップが必要となる。原料となる木材の水分率や約 50%であり、燃料用チップとして利用する際に乾燥が必要となる。その際にも、熱が必要となるため、熱需要先と同様に熱利用先として想定した上で何らかの熱源を確保する必要がある。
- ・ 乾燥熱需要についても、ふれあい広場しなの内の施設と同様にエネルギー消費量等を推定した。

乾燥に必要な熱エネルギー

- ・ 乾燥に際して、3.2.2.2 で検討したように、
 - 水分の蒸散に際して蒸発潜熱（1 気圧下で 100 の水 1kg を蒸発させるために 539kcal が必要）が必要となる
 - 乾燥装置の熱効率は、高効率な乾燥方法でも約 50～60%程度、低い場合は 30%などで通常 40～50%程度と考えられる。といった概要が想定される。
- ・ 一方、ガス化コジェネで必要となる燃料チップの量は 40kW 級の場合約 38kg/h(水分 15%ベース)であり、年間に必要となる乾燥燃料は灯油を想定した場合、34kl と推定される。燃料消費規模としては、ほぼウェルネス倶楽部の平成 25-27 年の年平均消費量とほぼ同規模である。

表 24 乾燥に必要なエネルギー

項目	内容	備考
燃料チップ使用量	38 kg/h	
水分率	15%	
(乾重量)	32.3 kg/h	
生木所要量	64.6 kg/h	生木の水分率 50%想定
水分蒸発量	26.6 kg/h	
蒸発潜熱量	15,960 kcal/h	水の加温・蒸発潜熱の合計として 600kcal/kg 想定
年間所要量	119,700 Gcal/年	年稼働時間 7,500 時間想定
所要乾燥入熱量	299,250 Gcal/年	乾燥効率 40%想定
灯油換算	34 kl/年	

年間推移

- ・ 年間の推移は、各月における乾燥量によるが、基本的に乾燥設備を日単位で定常的に稼働させることが想定され、各月でほぼ同程度で推移すると考えられる。

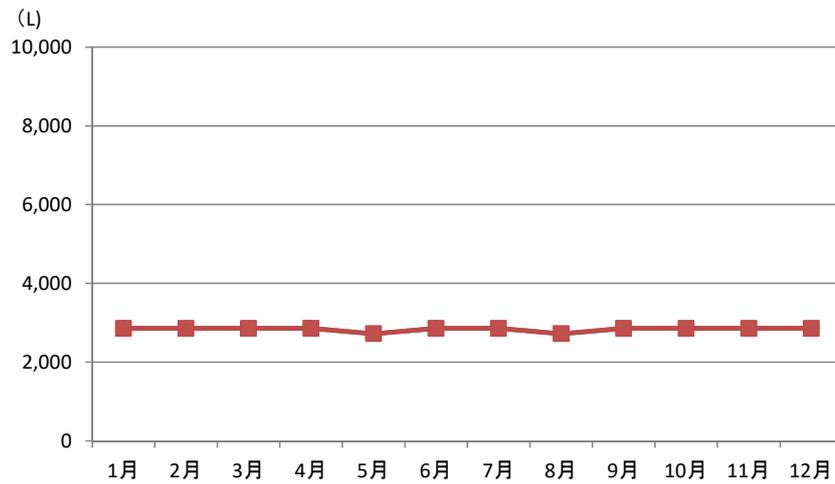


図 58 乾燥の燃料消費量（月別推定、灯油換算）

5.2. 時間当り負荷の推定

(1) ふれあい広場しなの内施設

- ・ ふれあい広場しなの内の時間当り負荷の推定を行った。冬季や平均時はピーク時で両施設合計で約 100～300kW、夏場は 100kW 程度になると思われる。
- ・ 40kW 級のガス化コジェネの熱回収量は約 100kW で稼働時間中（24 時間/日）定常であるため、熱利用を想定した場合、昼間は熱が不足、夜間に熱が余剰となると考えられる。

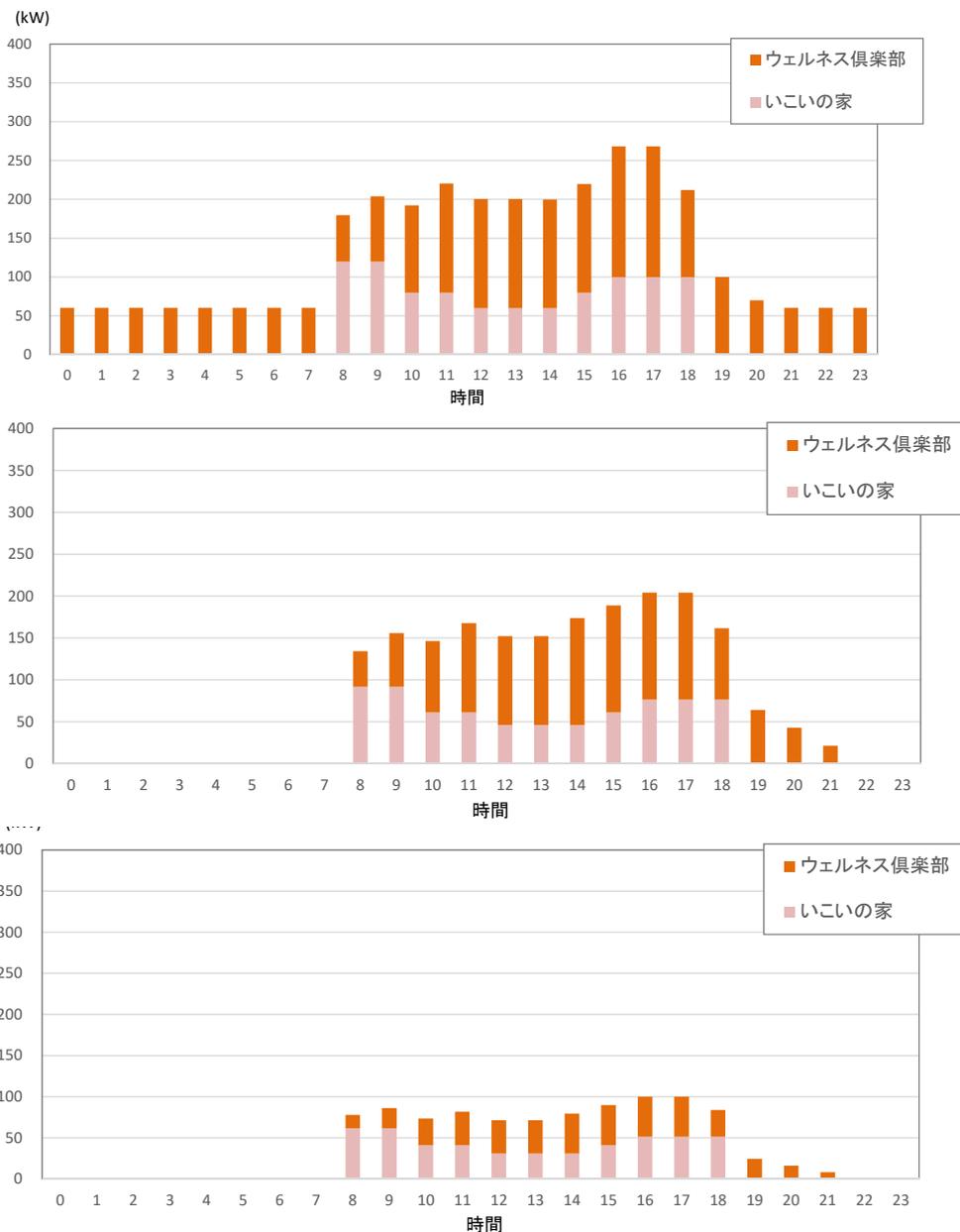


図 59 熱負荷推定（上から冬季・平均・夏季の推計）

(2) 乾燥熱需要

- ・ 乾燥熱需要の時間当り負荷は、乾燥設備の仕様や運転時間等の運用による。
 - ・ 主に、
 - 昼間のみ（8時間/日程度）の運転
 - バッチ式で昼間（朝立ち上げ）・夕方（夕方立ち上げ・成り行きで停止）の運転（16時間/日程度の運転）
 - 24時間連続運転
- が考えられる。それぞれ乾燥設備の仕様と合わせて検討する必要があるが、上記の各ケースを想定した場合の時間当り負荷の例を示す
- ・ 40kW級のガス化コジェネの副生熱を利用する場合、1のケースでは熱が不足（夜間は熱が余剰）すると考えられる。

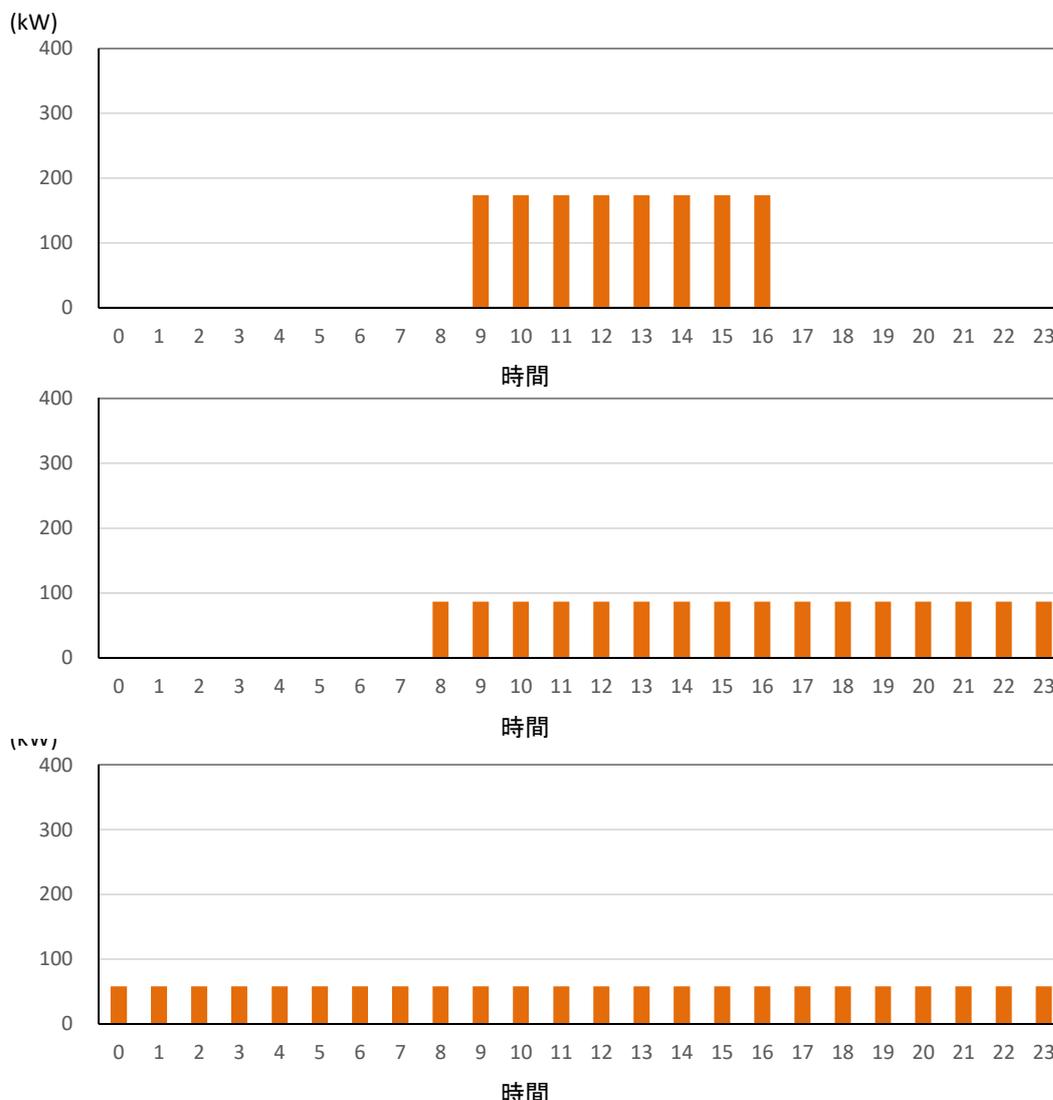


図 60 （上）8h/日ケース(1)、（中）16時間/日ケース(2)、（下）24時間/日ケース(3)

(3) 組み合わせ熱需要

- ・ ふれあい広場内施設および乾燥熱需要の組み合わせの熱需要のトレンドの推定例を示す。

ふれあい広場内施設および乾燥熱需要の組み合わせの熱需要

- ・ 乾燥工程の運用方法や季節により異なるが、乾燥 24 時間/日運転以外のケースでは、通年で昼間は熱が不足、夜間は熱が余剰となると考えられる。
- ・ 熱負荷の合計が、コジェネの熱生成規模（100kW）より大きく、併用熱源が必要と考えられる。

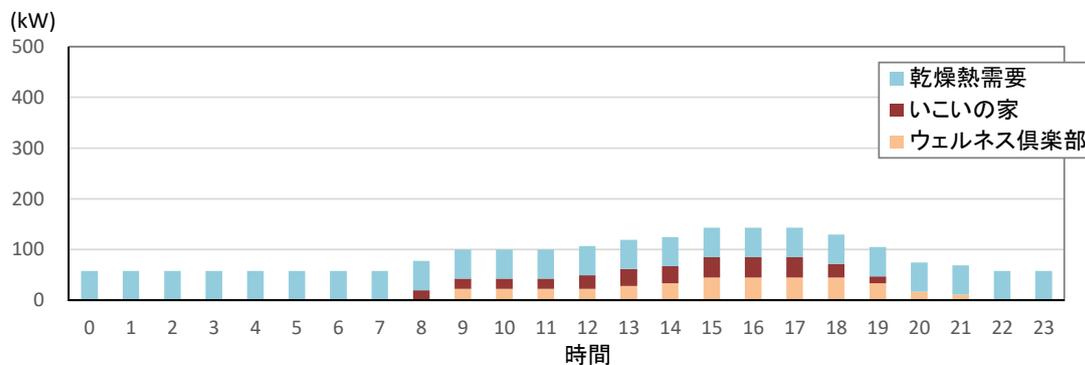
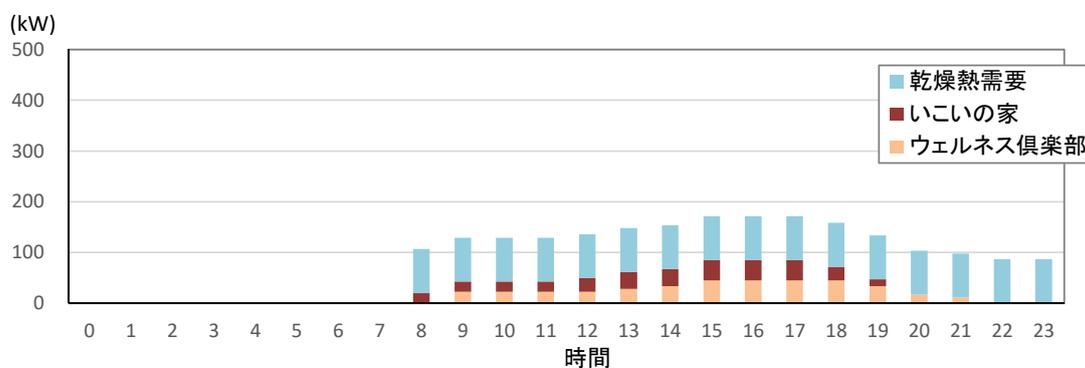
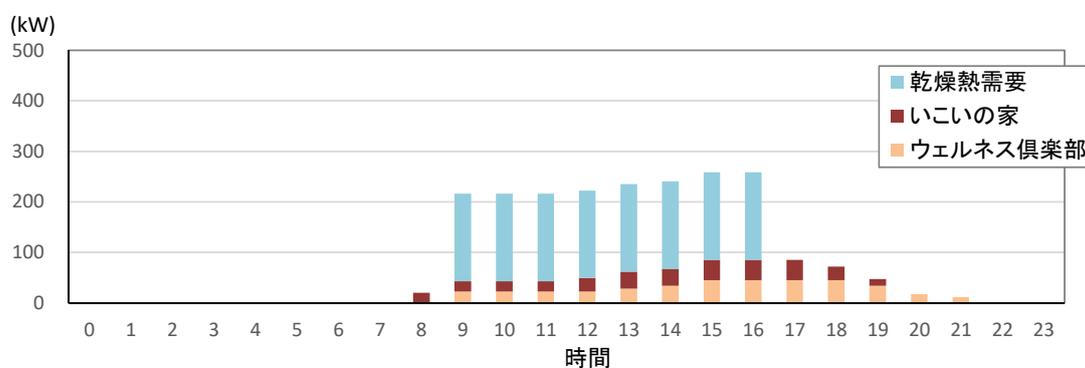


図 61 (上) 乾燥 8h/日ケース(1)、(中) 同 16 時間/日ケース(2)、(下) 同 24 時間/日ケース(3)
(いずれも平均時)

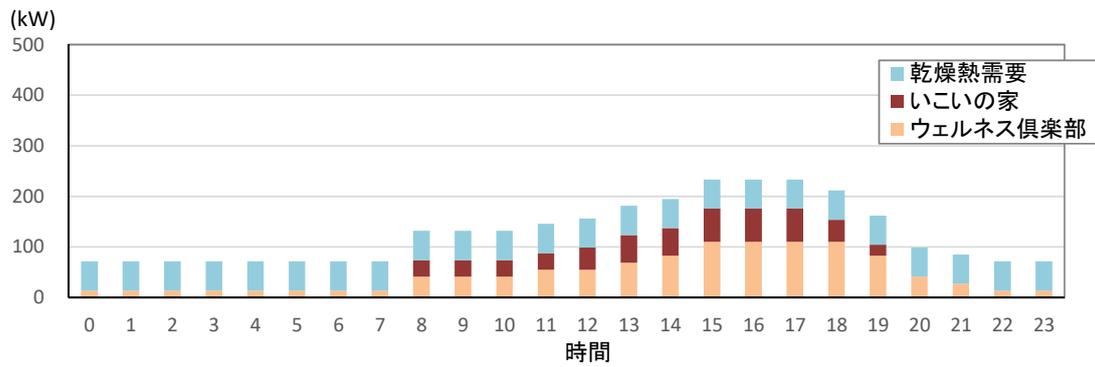
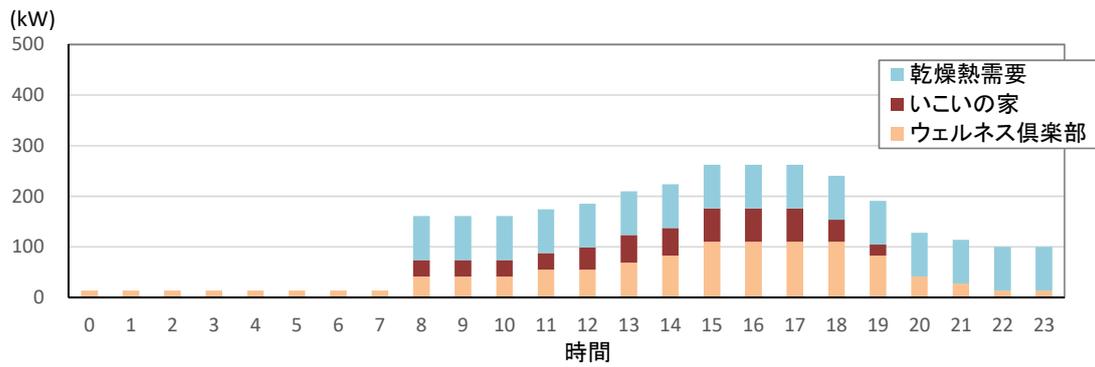
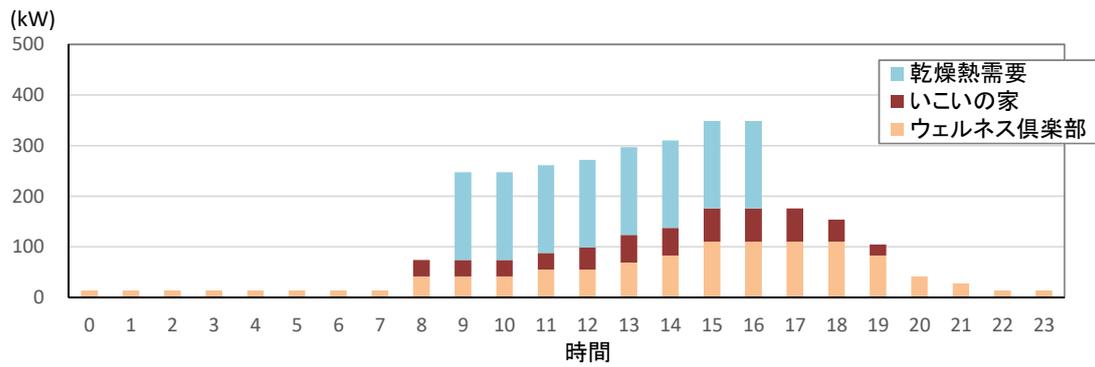


図 62 (上) 乾燥 8h/日ケース(1)、(中) 同 16 時間/日ケース(2)、(下) 同 24 時間/日ケース(3)
(いずれも冬季)

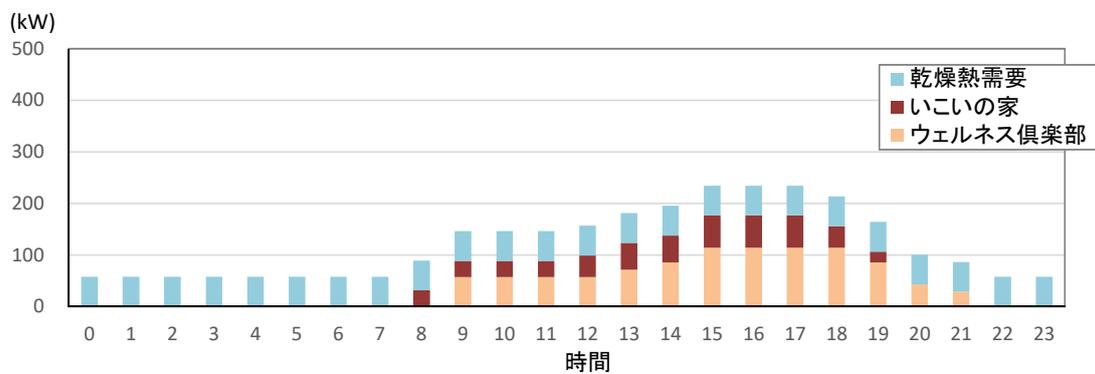
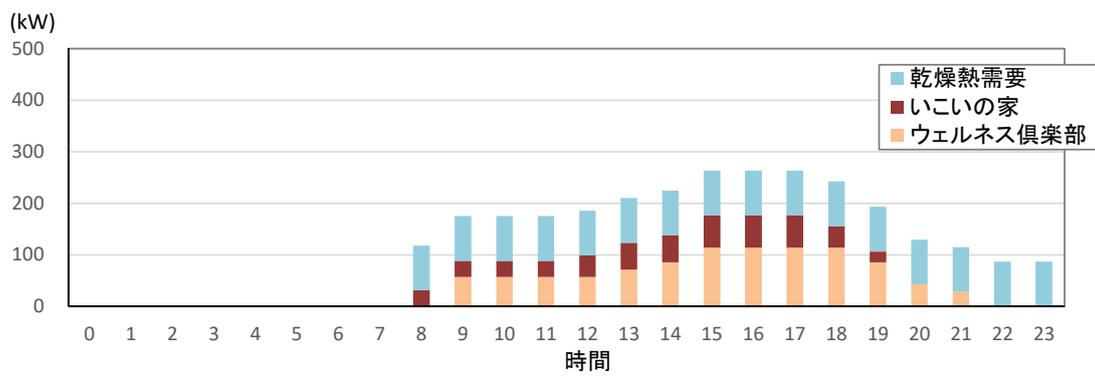
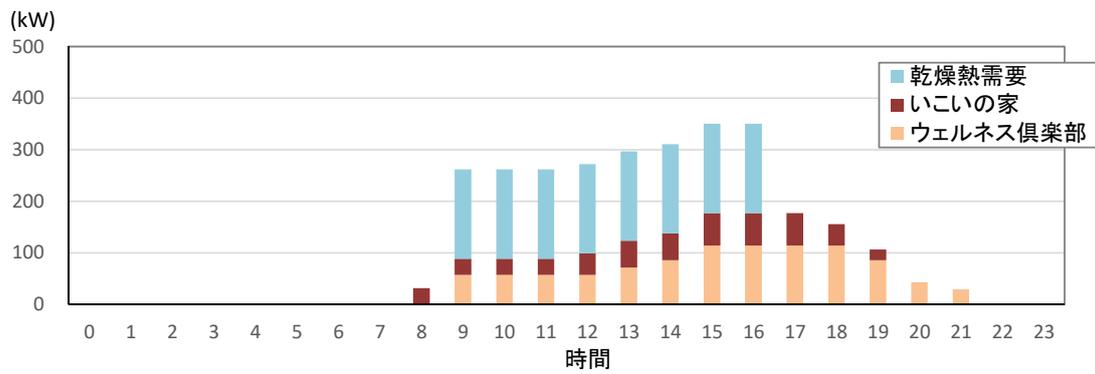


図 63 (上) 乾燥 8h/日ケース(1)、(中) 同 16 時間/日ケース(2)、(下) 同 24 時間/日ケース(3)
(いずれも夏季)

ふれあい広場内施設（ウェルネス倶楽部）と乾燥熱需要の組み合わせ熱需要

- ・ ウェルネス倶楽部と乾燥熱需要のみでも、ほぼ傾向は同様と考えられる。

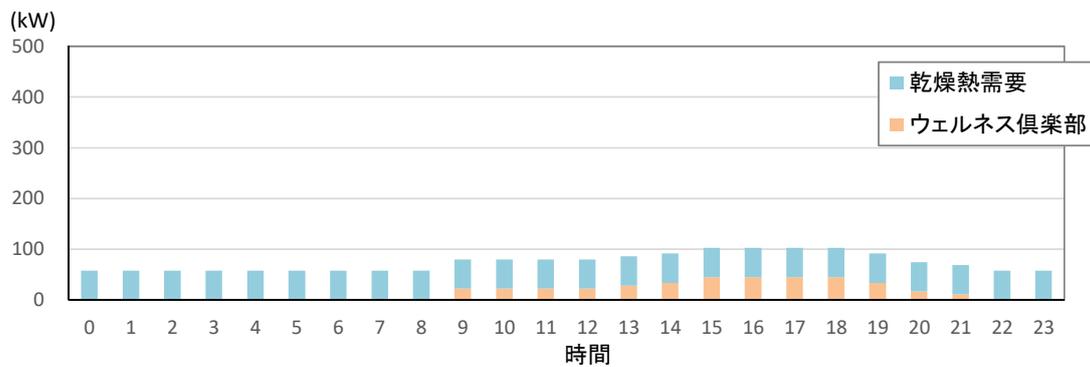
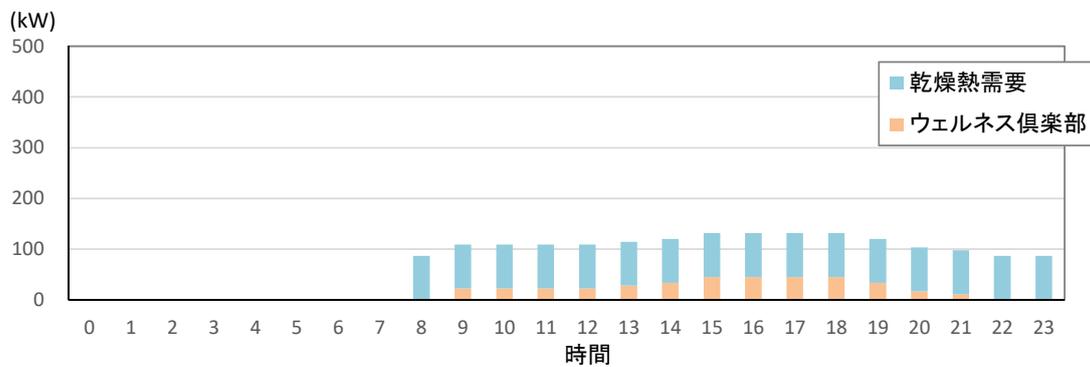
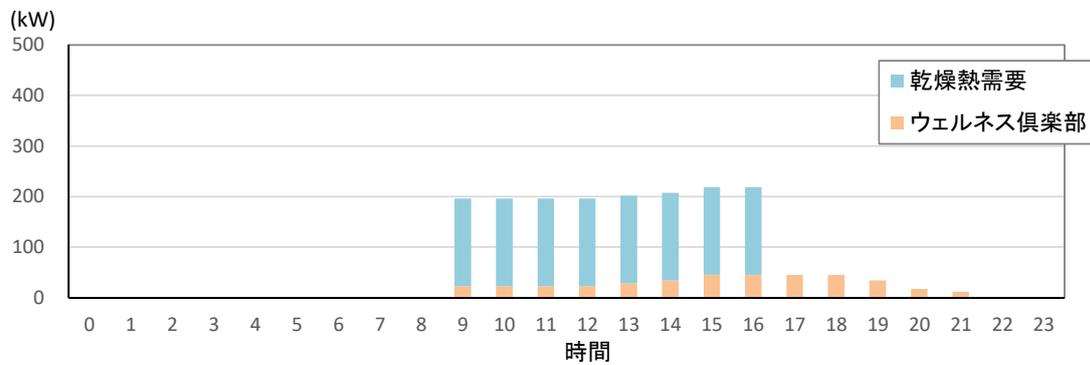


図 64 (上) 乾燥 8h/日ケース(1)、(中) 同 16 時間/日ケース(2)、(下) 同 24 時間/日ケース(3)
(いずれも平均時)

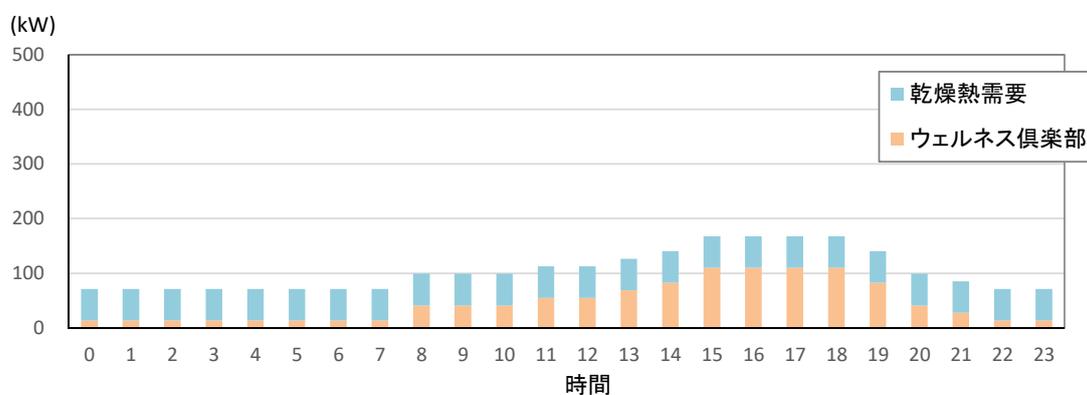
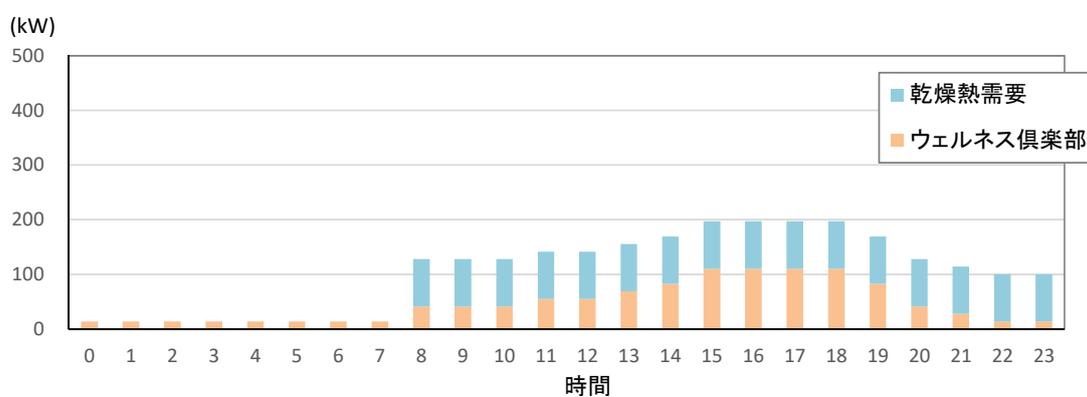
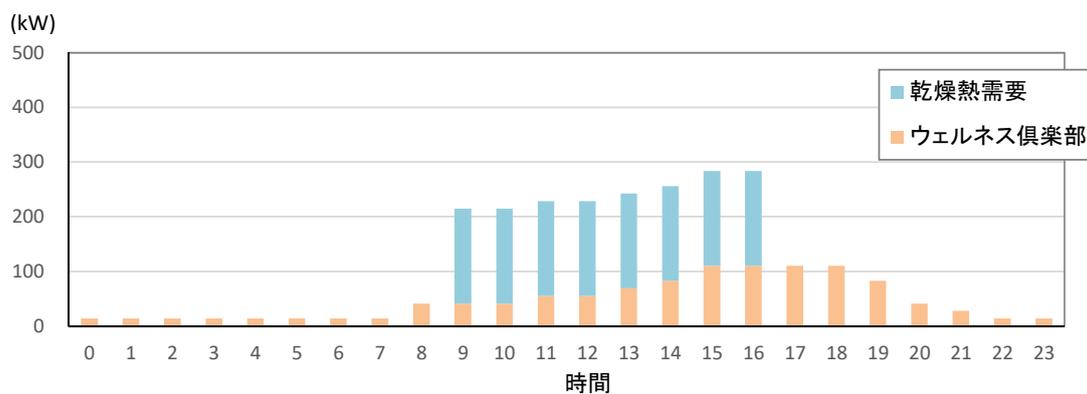


図 65 (上) 乾燥 8h/日ケース(1)、(中) 同 16時間/日ケース(2)、(下) 同 24時間/日ケース(3)
(いずれも冬季)

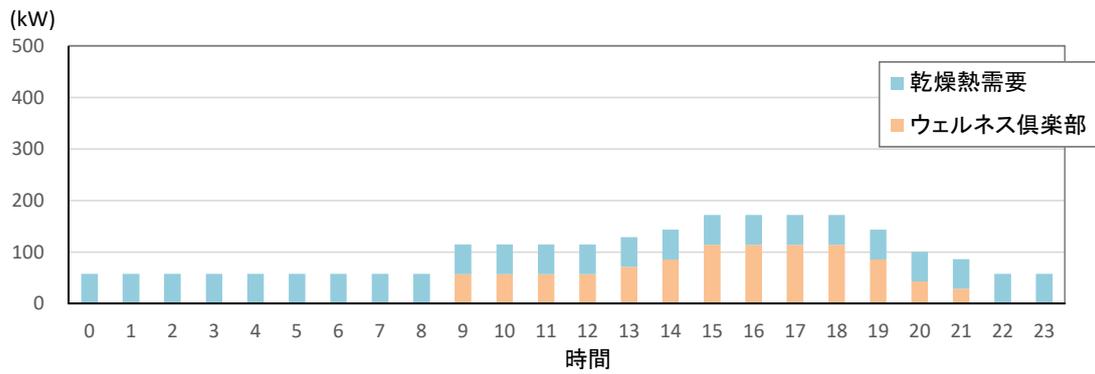
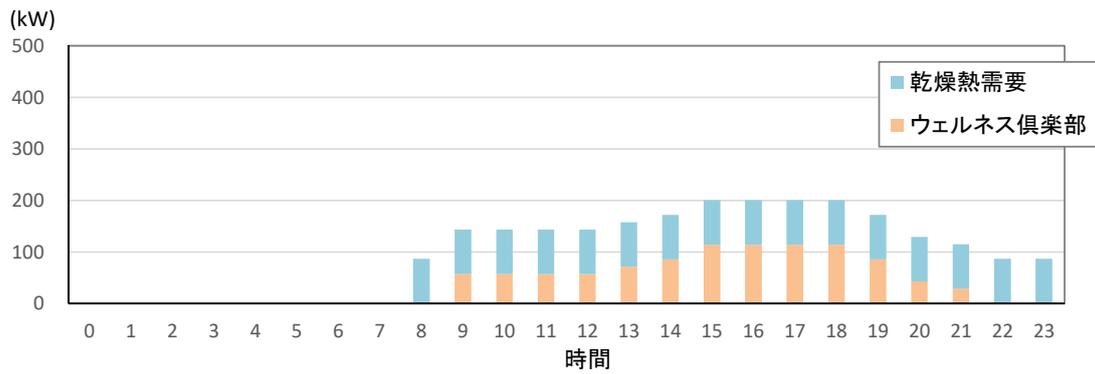
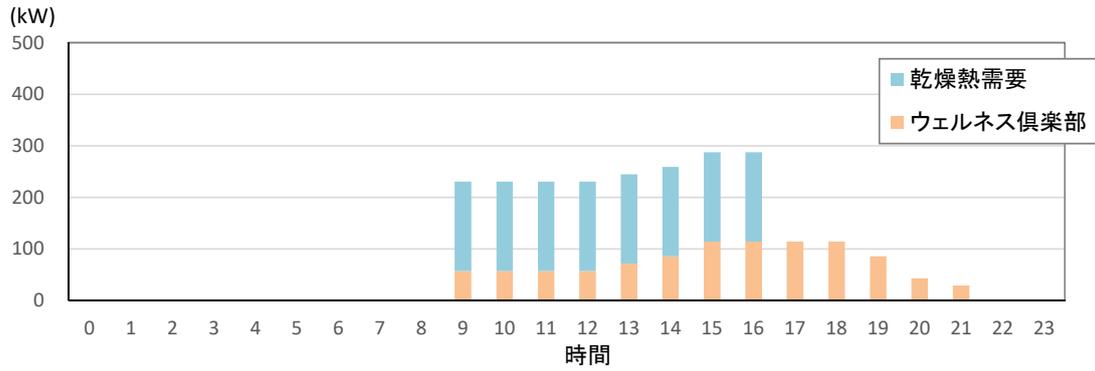


図 66 (上) 乾燥 8h/日ケース(1)、(中) 同 16 時間/日ケース(2)、(下) 同 24 時間/日ケース(3)
(いずれも夏季)

6. 機器設置費用及び該当施設改修費用の算出

- ・ 機器設置に伴う費用の算出（施設内改修費用含む）、及び事業実施のための補助事業の検討、整備費用についての回収期間の算出を行う。

6.1. バイオマスコジェネの検討

6.1.1. コジェネ・熱利用システム（基本ケース）

(1) 事業費等の想定

主仕様の想定

- ・ 40kW 級の発電設備 1 基の導入を想定する。
- ・ 熱利用先は、乾燥とふれあい広場内の施設（ウェルネス倶楽部、いこいの家）を想定する。

表 25 主要機器等構成・仕様例

項目	能力・容量等
乾燥設備	・ 通風乾燥（棚型） 処理能力 約 0.5m ³ /h（約 100kg/h） 24 時間連続・流通乾燥運転
乾燥チップサイロ	・ スプリングアーム方式 約 15m ³ （直径 4m）
ガス化発電設備	・ ガス化コージェネレーション設備 ガス化炉、ガスエンジン等 発電出力 40kW
熱利用設備	・ 乾燥およびふれあい広場内の施設（ウェルネス倶楽部、いこいの家）への熱供給 ・ 4 方弁で乾燥に優先的に熱を利用

レイアウト等例

a. 発電設備レイアウト

- ・ 発電設備のレイアウト例を示す。
- ・ 乾燥設備を併設し、発電設備から生成する熱を優先的に乾燥に使用することを想定する。
- ・ 設置場所は、既存建屋を利用できるものとした。

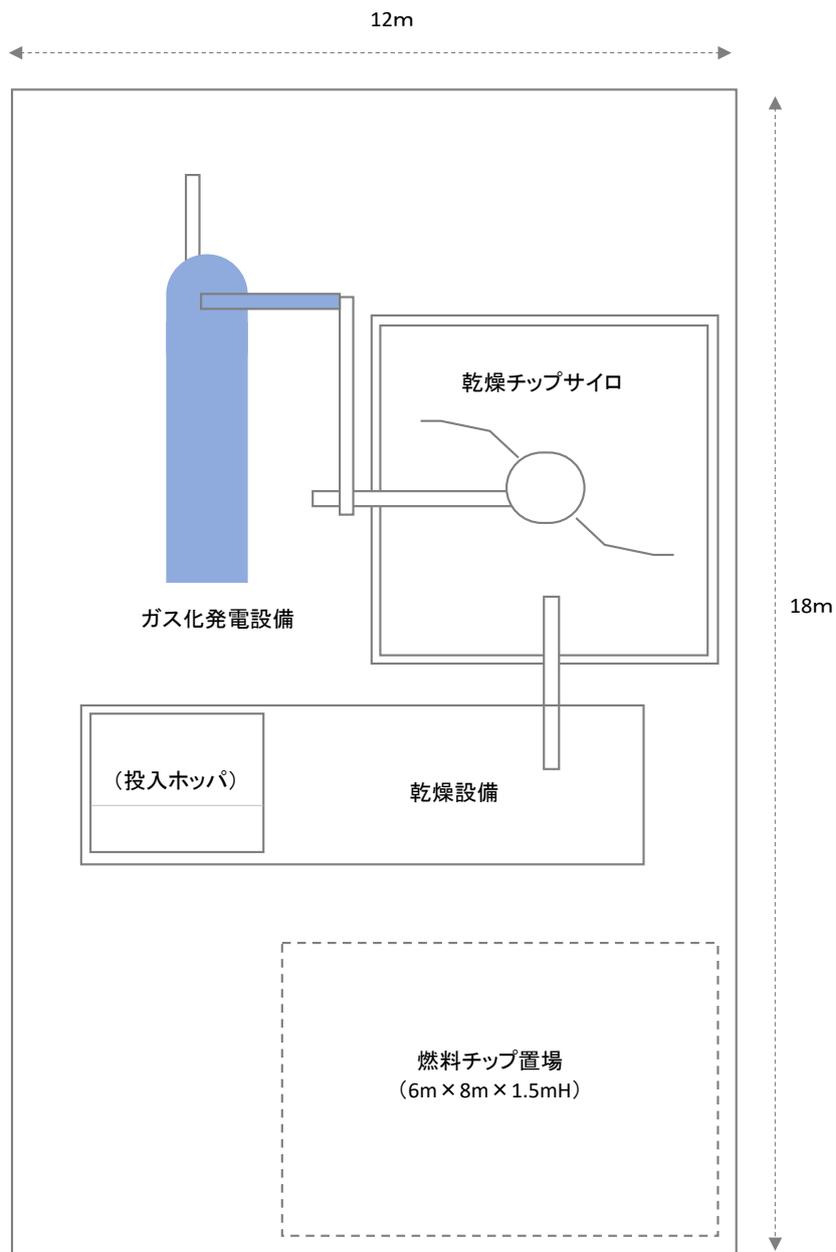


図 67 設備レイアウト

熱利用効果

- ・ 熱利用については、乾燥はプラント脇で 24 時間連続稼働を想定する。その場合、熱生成 100kW に対して乾燥熱負荷は約 40kW であり、最大約 60kW をウェルネス倶楽部・いこいの家で熱利用できる。
- ・ ウェルネス倶楽部・いこいの家の熱負荷が少ない時間帯は熱が余るケースがあるものの、ほぼ通年昼間は生成熱の全量が利用できる。熱利用効果としては、ウェルネルクラブ（平成 25-27 年の実績・平均で約 35kl/年）、いこいの家（同約 18kl/年）の合計消費量（訳 53kl/年）の約 3 割（18kl）が代替できると考えられた。

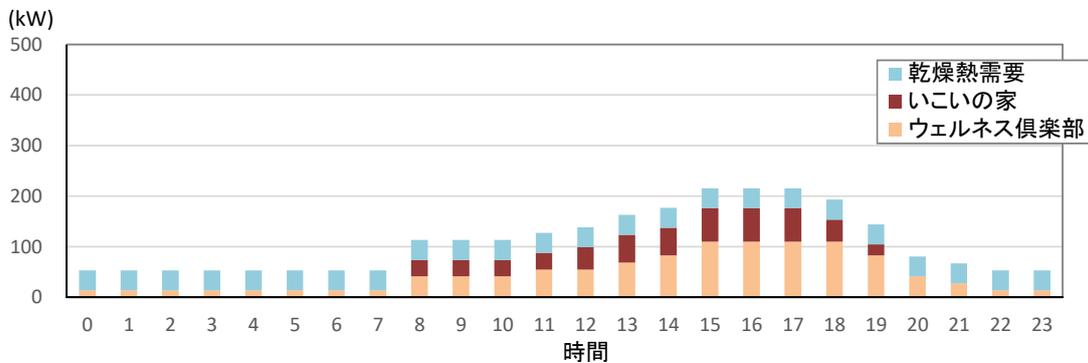
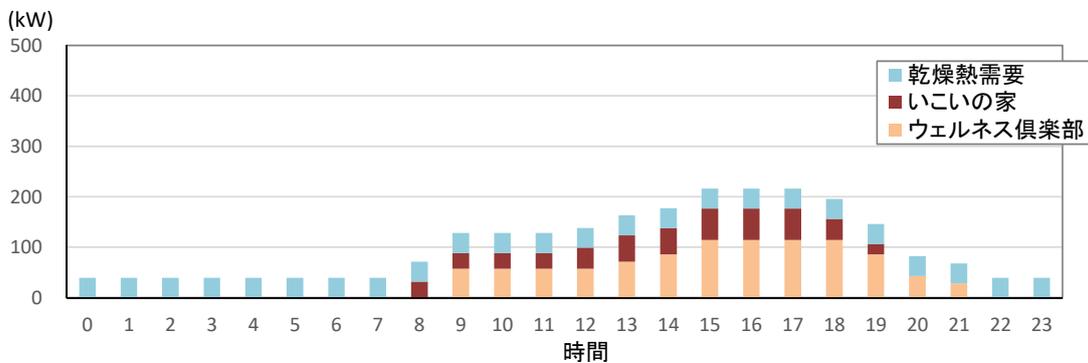
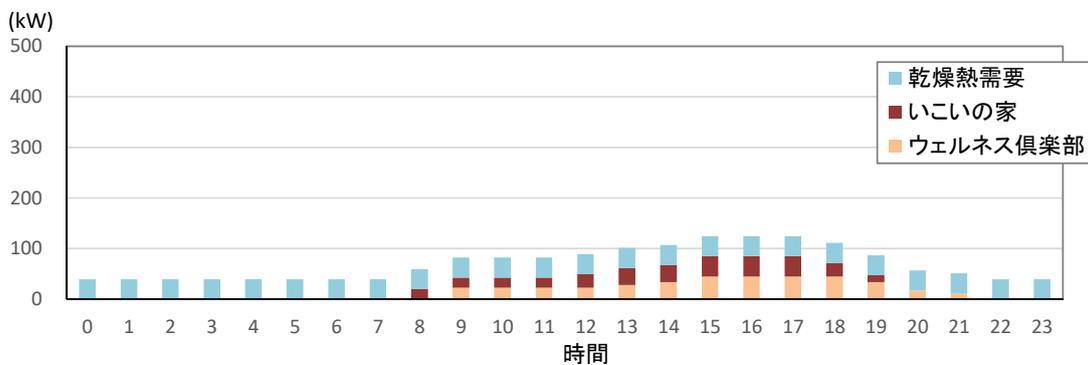


図 70 熱利用内訳（（上）平均時、（中）夏季、（下）冬季）

事業費例

- ・ 事業費について、各設備機器等の仕様等に基づいて下表のように想定した。
- ・ 乾燥設備は、温水の温熱を利用する通風乾燥を想定した
- ・ ガス化発電設備は、温水ユニット（ポンプユニット、4方弁制御）を含んで想定した
- ・ 熱利用設備は、ふれあい広場内の施設の2施設（ウェルネス倶楽部、いこいの家）に配管（土中埋設、各々約70m想定）、熱交換器、蓄熱槽を想定した
- ・ プラント施設は、既存建物が利用できるものとし、改修費を想定した

表 26 概算設備費等

項目	金額(千円)(補助残)	備考
乾燥設備	15,000 (7,500)	補助 50%想定
ガス化発電設備	47,000 (47,000)	温水ユニット含む
熱利用設備	11,000 (5,500)	補助 50%想定、熱供給管等(温水ユニット以外)
プラント施設	5,000 (5,000)	既存建屋の改修費(20千円/m ² 想定)
計	78,000 (65,000)	

(2) 発電コストの試算

発電コスト試算

- ・ 発電コストの試算例を示す。
- ・ 熱利用メリットの控除前で 50 円/kWh、控除後（18kl 相当、1,260 千円/年を控除）で 45.8 円/kWh となる。

表 27 発電コスト（4年目（100%稼働時、減価償却前））

項目	金額(千円)	備考
(1)燃原料費		
①燃料購入費	5,039	17,000 円/t、296t/年(15%wet)想定
②その他燃料費	0	(補助燃料等の使用無し)
(2)製造経費	0	
①人件費	0	(兼務等として計上せず)
②ユーティリティ費	67	
③消耗品費	0	
④メンテナンス費	2,500	
⑤廃棄物等処理費	89	灰処理費
⑥減価償却費	6,500	平均 10 年償却想定
(3)支払金利	0	
(4)租税公課	637	
合計	14,832	
売電量	296MWh/年	7,800 時間/年稼働
発電コスト	50.0 円/kWh	
熱利用メリット	1,260 千円/年	18kl、70 円/L 想定
(控除後費用)	13,572	熱利用メリット控除後費用
発電コスト(控除後)	45.8 円/kWh	

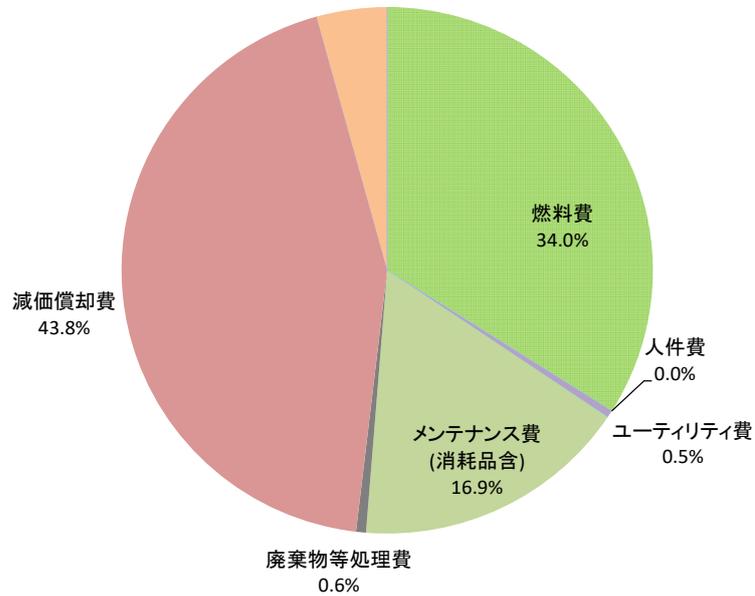


図 71 発電コストの内訳（減価償却費含む）

感度分析

a. 事業費の変動

- ・ 総事業費として 78 百万円、一部補助を見込んで実質事業費を 65 百万円とみているが、その変動による影響度合いを見た。
- ・ 実質事業費が約 70%（約 45 百万円）に低減できたケースで発電単価は約 40 円/kWh（売電単価見込）以下となる。

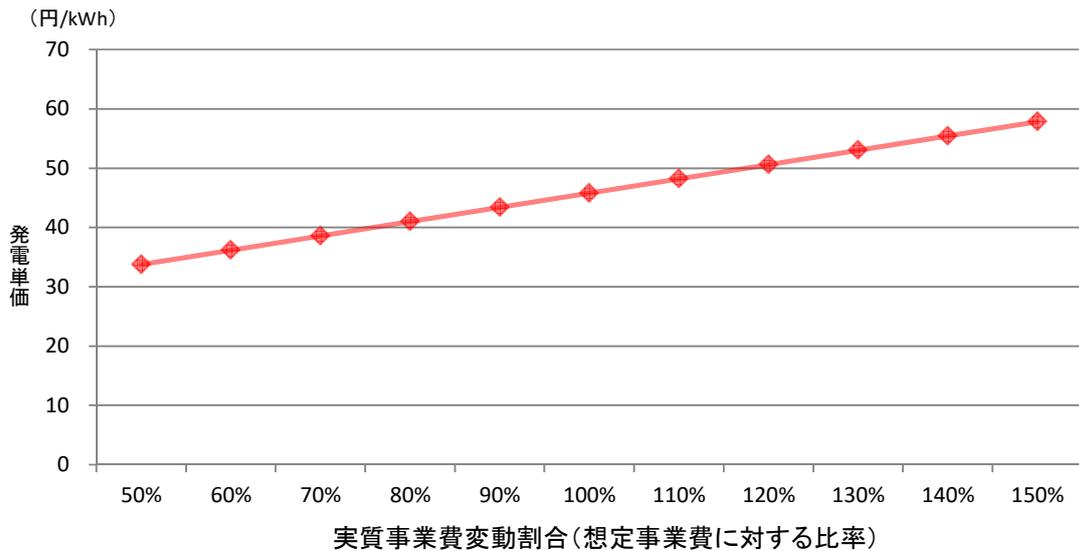


図 72 実質事業費の変動と発電単価

b. 燃料チップ単価の影響

- ・ 試算では、実証試験結果を踏まえて、燃料チップ単価として 17,000 円/t(乾燥ベース)を想定したが、変動することもある。
- ・ 燃料チップ単価が 10,000 円/t(乾燥ベース)に低減できたケースで発電単価は約 40 円/kWh(売電単価見込)となる。

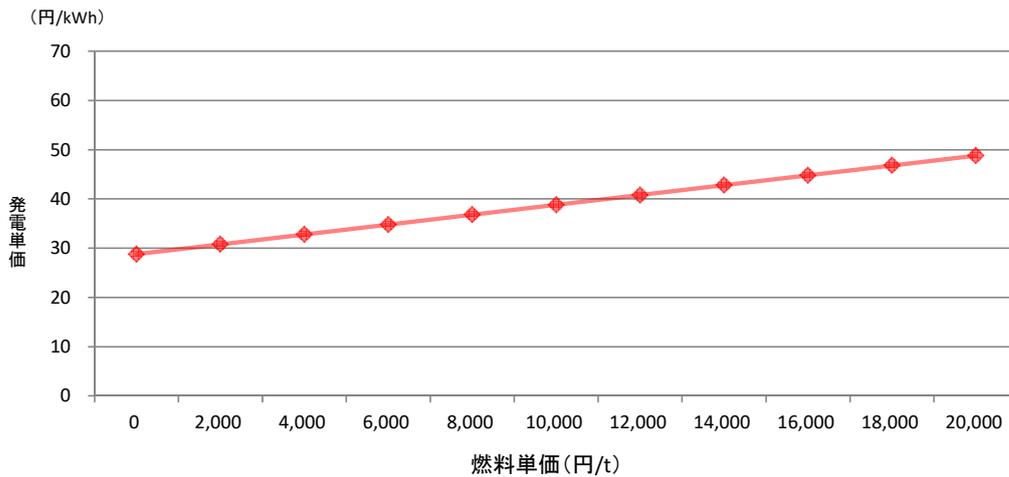


図 73 燃料チップ単価の変動と発電単価

c. メンテナンスコストの影響

- ・ 経費内訳で、メンテナンスコストの占める割合が減価償却費、燃料費について大きく、現想定(2,500 千円/年、発電量当り約 7.6 円/kWh(総発電量 327MWh/年))が変動した場合の影響を見た。
- ・ メンテナンス費約 2 円/kWh(約 600 千円/年)で発電単価約 40 円/kWhとなるが、そこまでの低減は困難と思われ、メンテナンス費低減だけでは十分でないと考えられる。

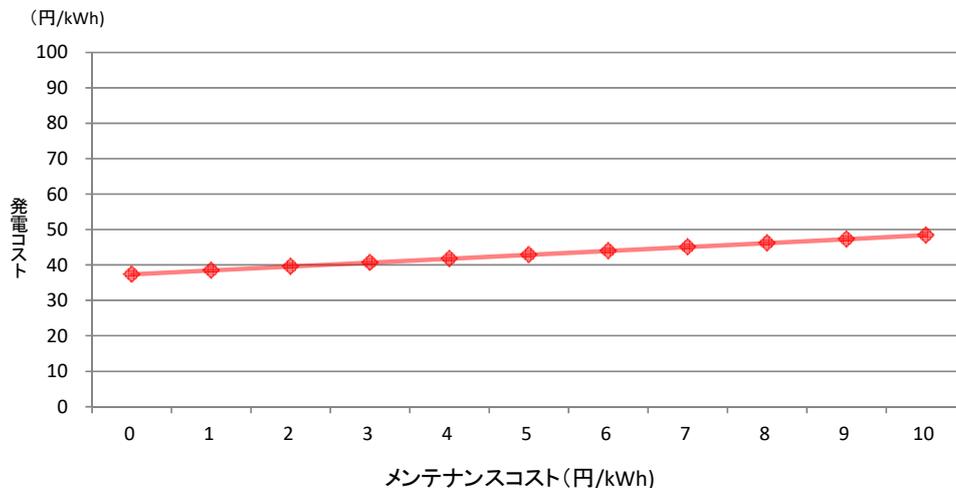


図 74 メンテナンスコストの変動と発電単価

d. 熱利用割合の影響

- ・ 熱生成（100kW）に対して、試算条件における熱利用割合は、乾燥熱需要への充分分が約35%、ふれあい広場内施設での利用分が約25%の合計約60%となっている。
- ・ 現想定では、仮に熱が全量利用できた場合で発電単価が40円/kWhとなる。

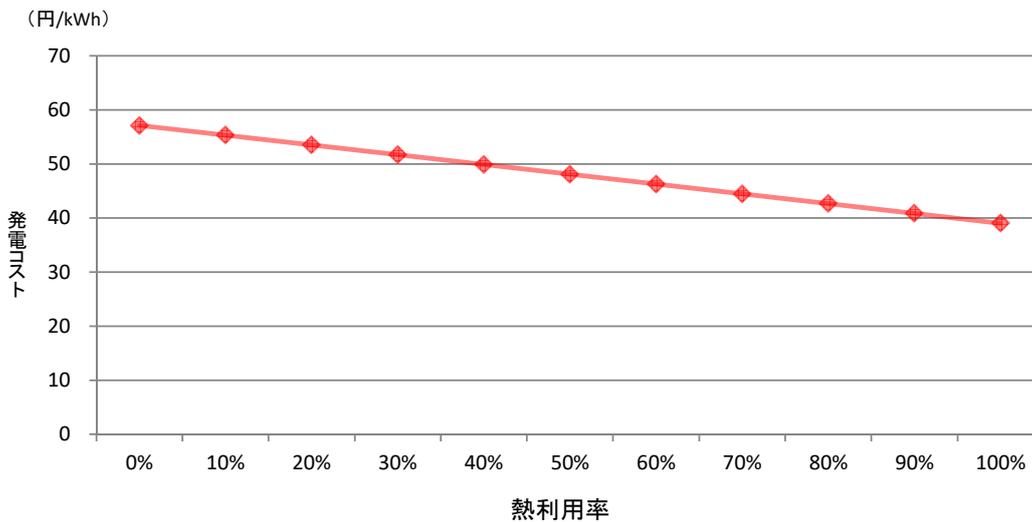


図 75 熱利用率の変動と発電単価

e. 化石燃料単価の影響

- ・ 化石燃料（灯油）の価格変動の影響（現想定70円/L）を見た。
- ・ 変動はそれほど小さくなく、乾燥部で生成熱のうちの約4割を優先利用しており、実際に熱利用メリットが見込める熱利用量が限定されているためと考えられる。

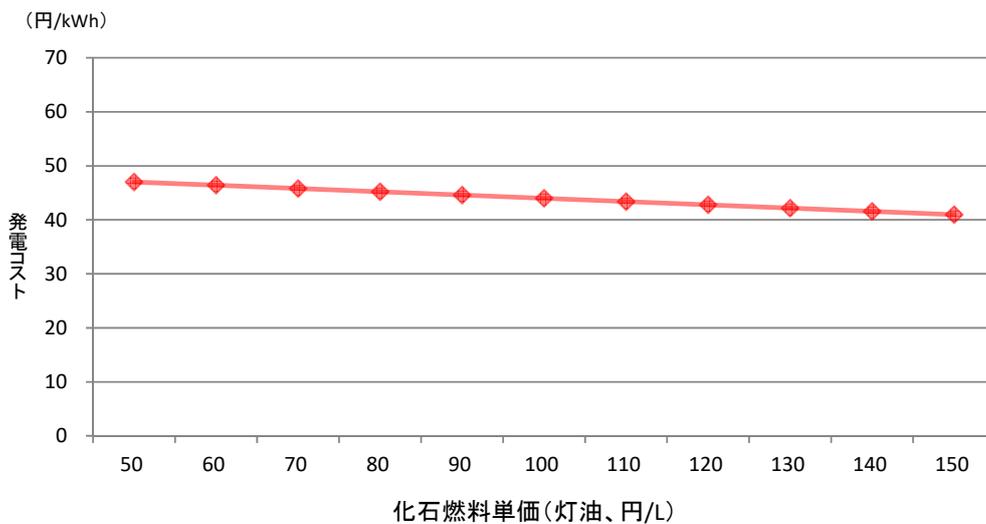


図 76 化石燃料単価（灯油）の変動と発電単価

経年収支の検討

- ・ 表 27 の想定での経年収支の試算例を示す。
- ・ 現想定では、単年度収支の黒字化が事業開始後 11 年目、累積収支黒字化が同 17 年目、回収率は 20 年で 115%、IRR は同 1.4%と経済性に課題のある結果となった。

表 28 収支計画

単年度収支黒字化(減価償却費含む場合)	事業開始 11 年目
累積収支黒字化(回収年)	17 年目
回収率(20 年)	115%
IRR(20 年)	1.4%

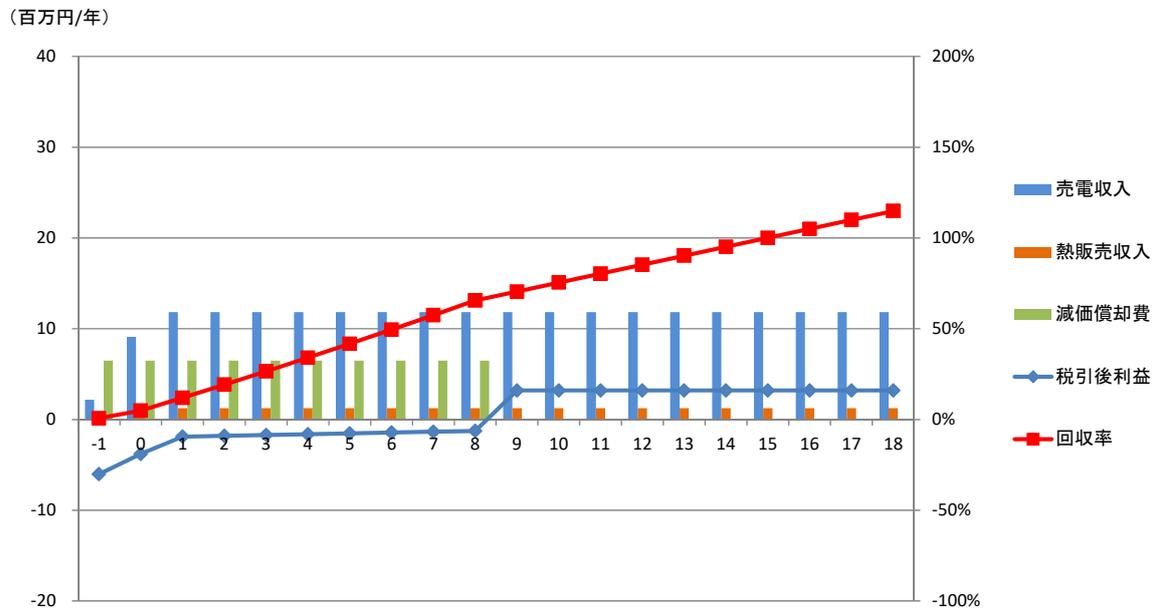


図 77 経年収支

表 29 経年収支

(単位：百万円)

事業年度		初期投資	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	11年目	12年目	13年目	14年目	15年目	16年目	17年目	18年目	19年目	20年目
I	a建設費	-65																				
	a.収入		2.4	10.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1
II	①売電収入		2.2	9.1	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9
	②熱販売収入		0.2	1.0	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
	③製品販売収入																					
	④受入処理費による収入																					
	⑤副産物販売収入																					
	b.支出		8.4	13.8	14.9	14.8	14.7	14.6	14.6	14.5	14.4	14.3	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
	(1)原料費		0.9	3.9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
	①原料購入費		0.9	3.9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
	②その他原料購入費		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(2)製造経費		6.5	9.1	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
	①人件費		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	②ユーティリティ費		0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	③消耗品費		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	④メンテナンス費		0.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	⑤廃棄物等処理費		0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	⑥減価償却費		6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5										
	(3)支払金利		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(4)租税公課		0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(5)一般管理費		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	c.税引前利益		-5.9	-3.7	-1.8	-1.7	-1.6	-1.5	-1.4	-1.4	-1.3	-1.2	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
d.法人税等		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	
e.税引後利益		-6.0	-3.8	-1.9	-1.8	-1.7	-1.6	-1.5	-1.4	-1.3	-1.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	
f.減価償却費		6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
g.毎年のキャッシュフロー		-65	0.5	2.7	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	
IRR(内部収益率)																			0.0%	0.5%	1.0%	1.4%
III	a.キャッシュの累計額		0	3	8	12	17	22	27	32	37	43	46	49	52	55	59	62	65	68	71	75
	b.回収率		1%	5%	12%	19%	27%	34%	42%	50%	57%	66%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	105%	110%	115%

(3) 熱利用形態の改善検討

- ・ 前想定では、熱利用（24時間、約40kW規模）に優先してコジェネの排熱を利用したため、ふれあい広場敷地内施設への熱利用量が限定され、熱利用配管等の設備投資に対する効果が不十分になったとも考えられる。
- ・ そこで、乾燥熱利用には、バイオマスを熱源とする乾燥設備（熱風発生炉等）を専用に用い、コジェネの温水はふれあい広場敷地内施設に優先的に利用するシステムを想定する。
- ・ それにより、乾燥設備費の低減、熱利用メリットの増大が見込める。他方、燃料コスト（乾燥に用いるバイオマス等）が増加するがそのバランスを検討する。

主仕様の想定

- ・ ガス化コジェネ設備は同様に40kW級の発電設備1基の導入を想定する。
- ・ 乾燥は、夜間に熱が余っている時間帯は放熱の温熱風を利用（成り行きで夜間に乾燥可能と想定）、昼間はバイオマスを利用することを想定する。
- ・ 生成熱（温水）はふれあい広場敷地内施設で優先的に利用する。

表 30 主要機器仕様・構成

項目	能力・容量等
乾燥設備	・ バッチ式・通風乾燥 500kg/バッチ（5時間～） 熱源は放熱部の温熱風と熱風発生炉を利用
乾燥チップサイロ	・ スプリングアーム方式 約15m ³ （直径4m）
ガス化発電設備	・ ガス化コージェネレーション設備 ガス化炉、ガスエンジン等、発電出力40kW
熱利用設備	・ ふれあい広場敷地内施設（ウェルネス倶楽部・いこいの家）、 乾燥（放熱部経由）への熱供給 ・ 3方弁でふれあい広場内施設に優先的に熱を利用



図 78 (左) バッチ式・通風乾燥、(右) 放熱器 (ダクト口付き)

事業費例

- ・ 事業費について、各設備機器等の仕様等に基づいて下表のように想定した。
- ・ 乾燥設備は、図 78 のようなバッチ式の通風乾燥設備・熱源設備を想定した。
- ・ ガス化発電設備は前の試算時と同様、温水ユニット (ポンプユニット、4 方弁制御) を含んで想定した。熱利用設備も同様にふれあい広場内の施設の 2 施設 (ウェルネス倶楽部、いこいの家) に配管 (土中埋設、各々約 70m 想定)、熱交換器、蓄熱槽を想定した。
- ・ プラント施設は、同様に既存建物の改修費を想定したほか、乾燥設備用のヤードの簡易建物 (屋根程度) を想定した。

表 31 概算設備費等

項目	金額(千円)(補助残)	備考
乾燥設備	12,000 (6,000)	補助 50%想定、バッチ式
ガス化発電設備	47,000 (47,000)	温水ユニット含む
熱利用設備	11,000 (5,500)	補助 50%想定、熱供給管等(温水ユニット以外)
プラント施設	5,000 (5,000)	既存建屋の改修費 (20 千円/m ² 想定)
簡易建屋 (乾燥用)	3,000 (3,000)	約 70m ² 、40 千円/m ² 程度を想定
計	78,000 (66,500)	

熱利用効果

- ・ 熱利用は、コジェネからの生成熱 100kW をウェルネス倶楽部・いこいの家で熱利用することを想定する。
- ・ 夜間などのウェルネス倶楽部・いこいの家の熱負荷が少ない時間帯は熱が余ると思われるが、昼間は生成熱を有効利用できる。熱利用効果としては、ウェルネルクラブ（平成 25-27 年の実績・平均で約 35kl/年）、いこいの家（同約 18kl/年）の合計消費量（訳 53kl/年）の約 5 割（25kl）が代替できると考えられた。
- ・ 乾燥については、両施設での利用の余剰分で、ガス化燃料用チップに必要な熱量（灯油で約 35kl/年、生チップで約 150t/年相当）のうち約 6 割が賄え、乾燥に必要な木質量は 60t/年（生チップ換算）と想定した。

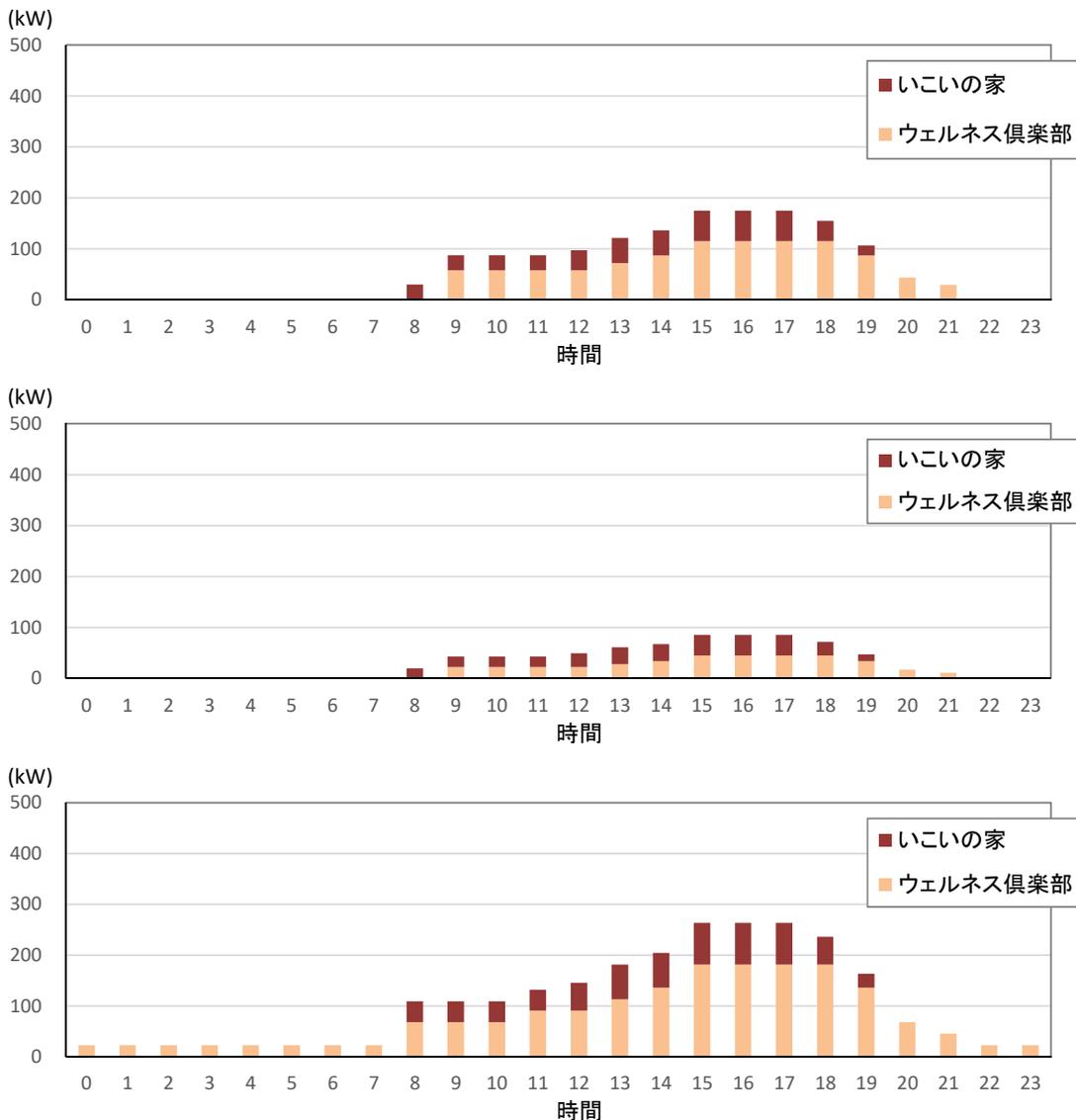


図 79 熱利用内訳（（上）平均時、（中）夏季、（下）冬季）

発電コストの試算

a. 発電コスト試算

- ・ 発電コストの試算例を示す。
- ・ 熱利用メリットの控除前で 49.6 円/kWh、控除後（25kl 相当、1,750 千円/年を控除）で 43.7 円/kWh となる。乾燥工程の改善、熱利用メリット拡大により控除後は前試算（控除後 45.8 円/kWh）より低減が見込める。

表 32 発電コスト（4 年目（100%稼働時、減価償却前））

項目	金額(千円)	備考
(1)燃原料費		
①燃料購入費	5,039	17,000 円/t、296t/年(15%wet)想定
②その他燃料費	250	乾燥熱源用バイオマス、60t/年、3,500 円/t
(2)製造経費	0	
①人件費	0	(兼務等として計上せず)
②ユーティリティ費	67	
③消耗品費	0	
④メンテナンス費	2,500	
⑤廃棄物等処理費	111	灰処理費
⑥減価償却費	6,045	平均 12 年償却想定
(3)支払金利	0	
(4)租税公課	677	
合計	14,690	
売電量	296MWh/年	7,800 時間/年稼働
発電コスト	49.6 円/kWh	
熱利用メリット	1,750 千円/年	25kl、70 円/L 想定
(控除後費用)	12,940	熱利用メリット控除後費用
発電コスト(控除後)	43.7 円/kWh	

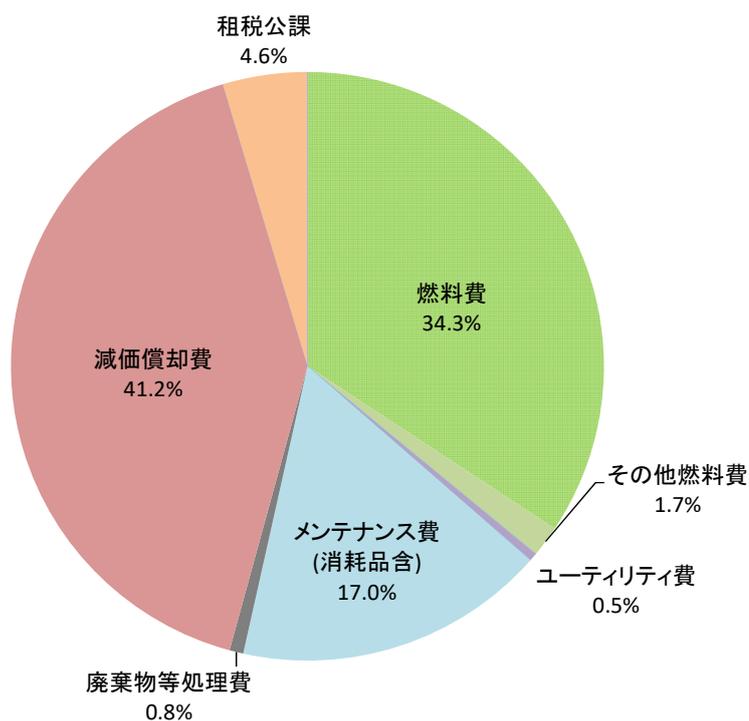


図 80 発電コストの内訳 (減価償却費含む)

b. 感度分析

ア) 事業費の変動

- ・ 総事業費として 78 百万円、一部補助を見込んで実質事業費を 66 百万円とみているが、その変動による影響度合いを見た。
- ・ 実質事業費が約 80% (約 53 百万円) に低減できたケースで発電単価は約 40 円/kWh (売電単価見込) 以下となる。

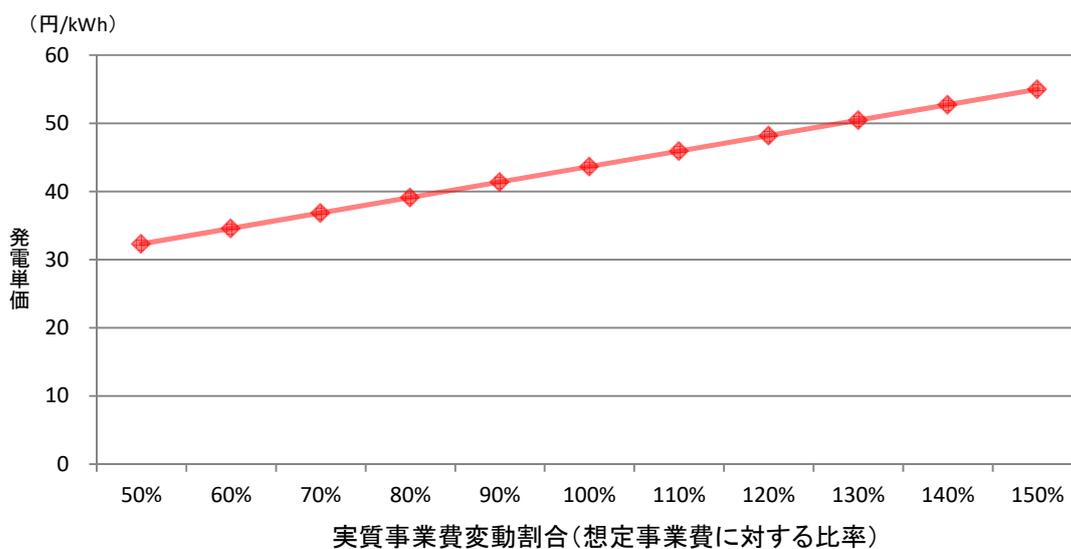


図 81 実質事業費の変動と発電単価

1) 燃料チップ単価の影響

- 前試算と同様に、実証試験結果を踏まえた燃料チップ単価(17,000 円/t(乾燥ベース))の変動の影響を見たところ、燃料チップ単価が12,000 円/t(乾燥ベース)に低減できたケースで発電単価は約40 円/kWh(売電単価見込)となる。

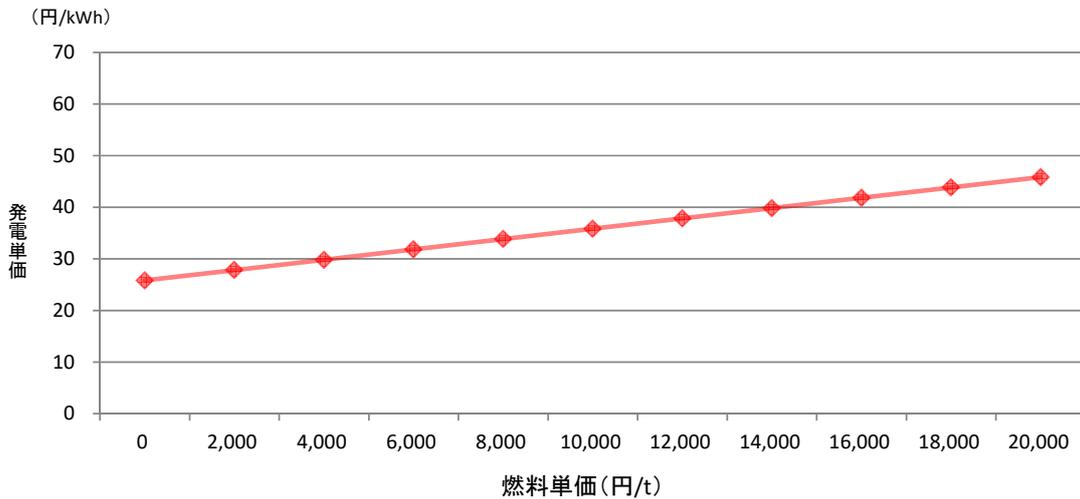


図 82 燃料チップ単価の変動と発電単価

2) メンテナンスコストの影響

- 前試算と同様に、メンテナンスコスト(現想定2,500 千円/年、発電量当り約7.6 円/kWh(総発電量327MWh/年))が変動した場合の影響を見たところ、メンテナン費約4 円/kWh(約1,300 千円/年)で発電単価約40 円/kWhとなる。

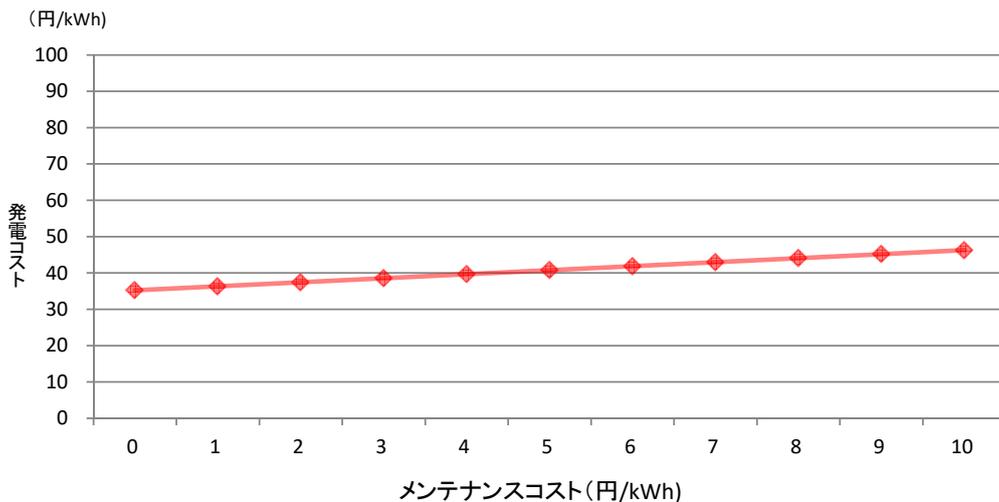


図 83 メンテナンスコストの変動と発電単価

I) 熱利用割合の影響

- ・ 熱生成（100kW）に対して、本試算条件下での熱利用割合は、ふれあい広場内施設で約35%（他にも乾燥でも約25%の熱利用、合計約60%の熱利用を想定）程度であるが、仮にふれあい広場内施設のような熱利用メリットに算入可能な形態での熱利用率が約50%となった場合に発電単価約40円/kWhとなる。

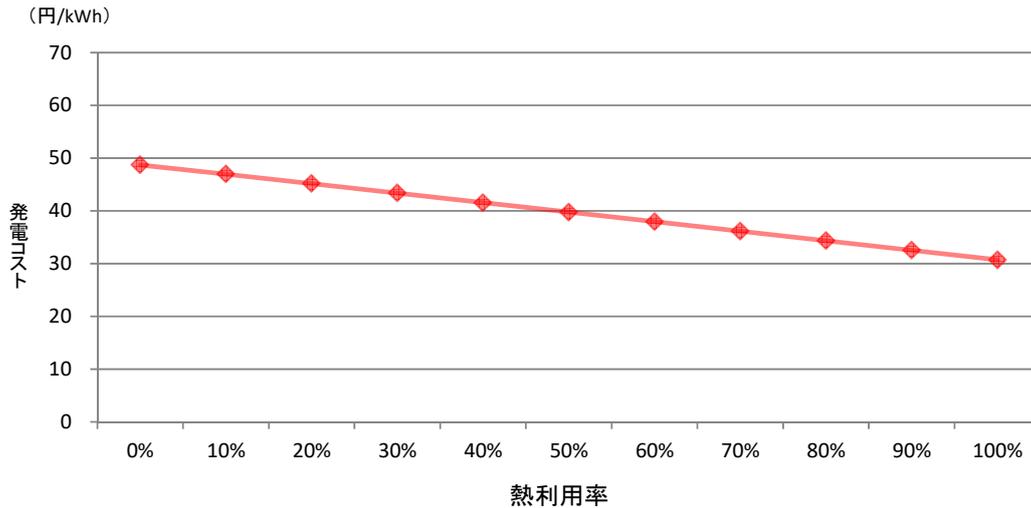


図 84 熱利用率の変動と発電単価

c. 化石燃料単価の影響

- ・ 同様に、化石燃料（灯油）の価格変動の影響（現想定 70 円/L）を見たところ、実際に熱利用メリットが見込める熱利用量を拡大するような想定をしたことにより、前想定より影響が大きくなっていると思われる。灯油単価（現想定 70 円/L）が約 100 円/L となったケースで発電単価約 40 円/kWh となる。

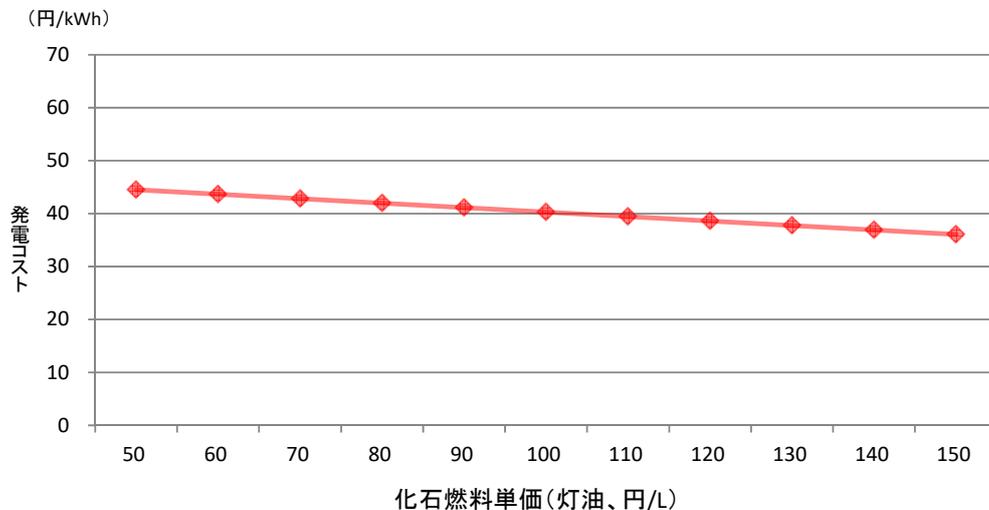


図 85 化石燃料単価（灯油）の変動と発電単価

経年収支の検討

- ・ 熱利用工程の改善を見込んだケースでの経年収支の試算例を示す。
- ・ 単年度収支の黒字化が事業開始後 12 年目、累積収支黒字化が同 16 年目、回収率は 20 年で 120%、IRR は同 1.8%とやはり経済性に課題のある結果となったが、各指標の改善は見られる。
- ・ 敷設した熱供給配管等の設備を有効利用して熱利用効果（熱利用メリットに算入可能な熱利用量）を最大化することが重要と考えられる。

表 33 収支計画

単年度収支黒字化(減価償却費含む場合)	事業開始 12 年目
累積収支黒字化(回収年)	事業開始 16 年目
回収率(20 年)	120%
IRR(20 年)	1.8%

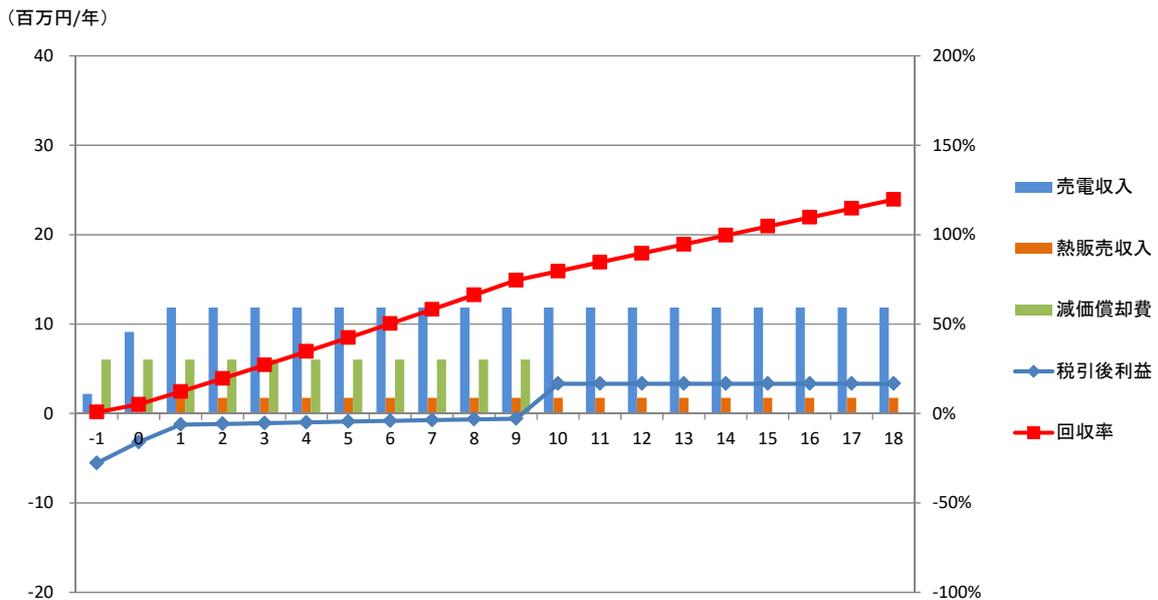


図 86 経年収支

表 34 経年収支

(単位: 百万円)

事業年度		初期投資	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	11年目	12年目	13年目	14年目	15年目	16年目	17年目	18年目	19年目	20年目
I	a建設費	-66.5																				
	a.収入		2.5	10.5	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6
II	①売電収入		2.2	9.1	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9
	②熱販売収入		0.3	1.3	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
	③製品販売収入																					
	④受入処理費による収入																					
	⑤副産物販売収入																					
	b.支出		8.0	13.6	14.8	14.7	14.6	14.5	14.4	14.4	14.3	14.2	14.1	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
	(1)原料費		1.0	4.1	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
	①原料購入費		1.0	4.1	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
	②その他原料購入費		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(2)製造経費		6.1	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
	①人件費		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	②ユーティリティ費		0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	③消耗品費		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	④メンテナンス費		0.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	⑤廃棄物等処理費		0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	⑥減価償却費		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0									
	(3)支払金利		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(4)租税公課		0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(5)一般管理費		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	c.税引前利益		-5.5	-3.1	-1.2	-1.1	-1.0	-0.9	-0.8	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
d.法人税等		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	
e.税引後利益		-5.6	-3.2	-1.2	-1.2	-1.1	-1.0	-0.9	-0.8	-0.7	-0.7	-0.6	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	
f.減価償却費		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
g.毎年のキャッシュフロー		-66.5	0.5	2.8	4.8	4.9	5.0	5.1	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	
IRR(内部収益率)																			0.5%	1.0%	1.4%	1.8%
III	a.キャッシュの累計額		0	3	8	13	18	23	28	33	39	44	50	53	56	60	63	66	70	73	76	80
	b.回収率		1%	5%	12%	20%	27%	35%	42%	50%	58%	66%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	105%	110%	115%	120%

6.2. バイオマス熱利用の検討

6.2.1. ウェルネス倶楽部での熱利用

(1) 主仕様・事業費等の想定

主仕様（出力）の想定

- ・ ふれあい広場内の2施設でのバイオマス熱利用システムを検討する。季節別の熱負荷（下図）から、導入バイオマスボイラーの出力としては100～300kW級が想定される。
- ・ 代替推定で規模と代替効果の面で効率的と考えられる200kW級を想定する。

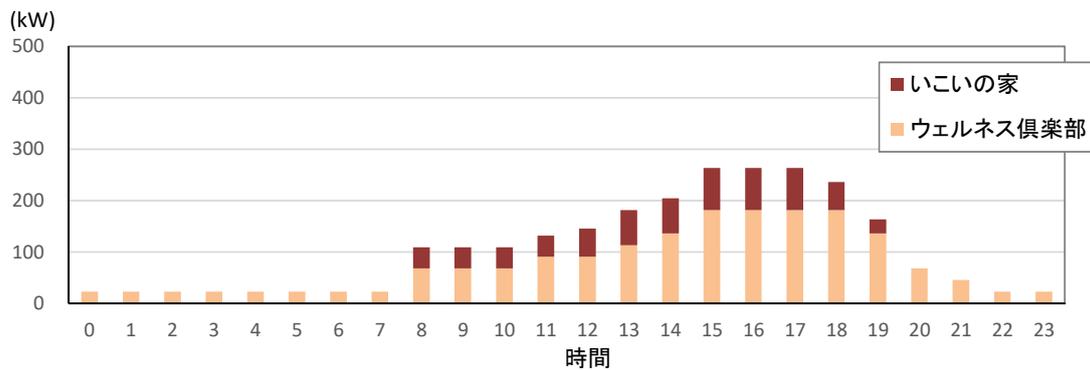
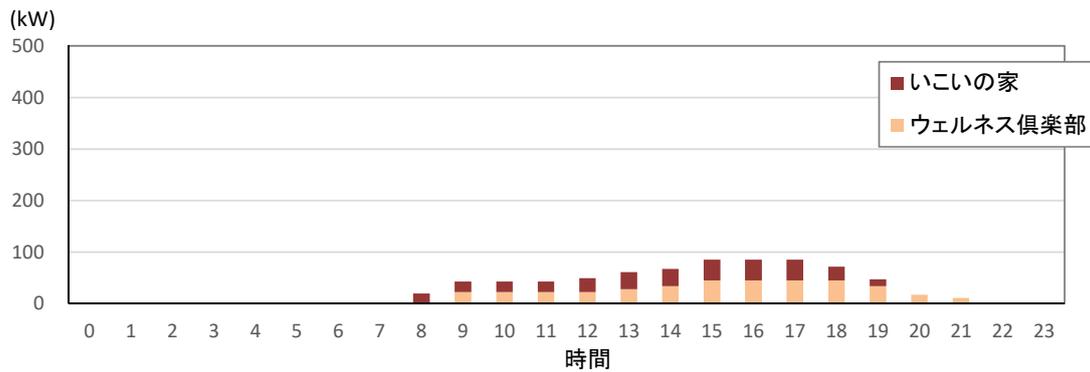
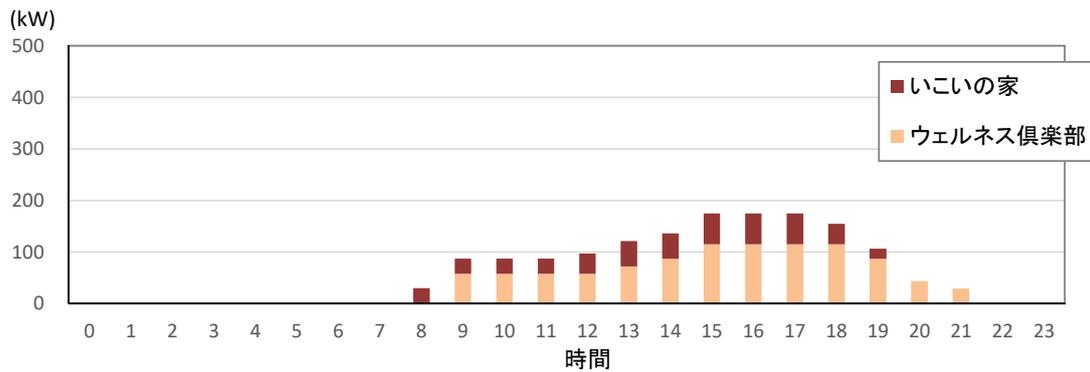


図 87 ウェルネス倶楽部の熱負荷推定（上から冬季・平均・夏季の推計）

表 35 規模別代替率（推定）

	総消費量	ボイラー規模				
		100kW	150kW	200kW	250kW	300kW
代替量(1/年)	53,320	35,327	41,855	44,864	45,907	46,016
代替率	-	66.3%	78.5%	84.1%	86.1%	86.3%

注:総消費量はふれあい広場しなの内の2施設(ウェルネス倶楽部、いこいの家)の過去3年の灯油消費量の平均値としている

ボイラー規模別の代替量は推定値

主仕様の想定

- ・ 200kW級(180kW想定)の熱利用設備、燃料は生チップを想定する。
- ・ 熱利用先は、乾燥とふれあい広場内の施設(ウェルネス倶楽部、いこいの家)を想定する。

表 36 主要機器仕様・構成

項目	能力・容量等
チップボイラー	・ 無圧温水発生機(出力:180kW、生チップ対応) (燃料サイロ等)
熱利用設備	・ ふれあい広場敷地内施設(ウェルネス倶楽部・いこいの家)、への熱供給

事業費例

- ・ 事業費について、各設備機器等の仕様等に基づいて下表のように想定した。
- ・ 熱利用設備は、ふれあい広場内の施設の2施設(ウェルネス倶楽部、いこいの家)に配管(土中埋設、各々約70m想定)、熱交換器、蓄熱槽を想定した
- ・ プラント施設は、既存建物が利用できるものとし、改修費(燃料チップサイロ部の建設費含む)を想定した。

表 37 概算設備費等

項目	金額(千円)(補助残)	備考
チップボイラー設備	49,000 (24,500)	補助50%想定
熱利用設備	11,000 (5,500)	補助50%想定、熱供給管・蓄熱槽等
ボイラー建屋	11,000 (11,000)	既存建屋の改修費(約50千円/m ² 想定)
計	71,000 (41,000)	

(2) 熱利用コストの試算

単年度経費

- ・ 熱利用メリットが木質燃料購入費を上回っている（燃料費の削減は可能）が、減価償却費等の回収には至らない内容となっている。

表 38 単年度経費例（4年目（100%稼働時、減価償却前））

項目	金額(千円)	備考
(1)燃原料費		
①燃料購入費	939	3,500 円/t、264t/年(50%wet) 想定
②その他燃料費	0	(補助燃料等の使用無し)
(2)製造経費	0	
①人件費	0	(兼務等として計上せず)
②ユーティリティ費	623	
③消耗品費	0	メンテナンスに含む
④メンテナンス費	300	
⑤廃棄物等処理費	80	灰処理費
⑥減価償却費	4,100	平均 10 年償却想定
(3)支払金利	0	
(4)租税公課	402	
(A)合計	6,444	
(B)熱利用メリット(収入)	3,428 千円/年	49kl、70 円/L 想定
(C)収支(B-A)	-3,016	

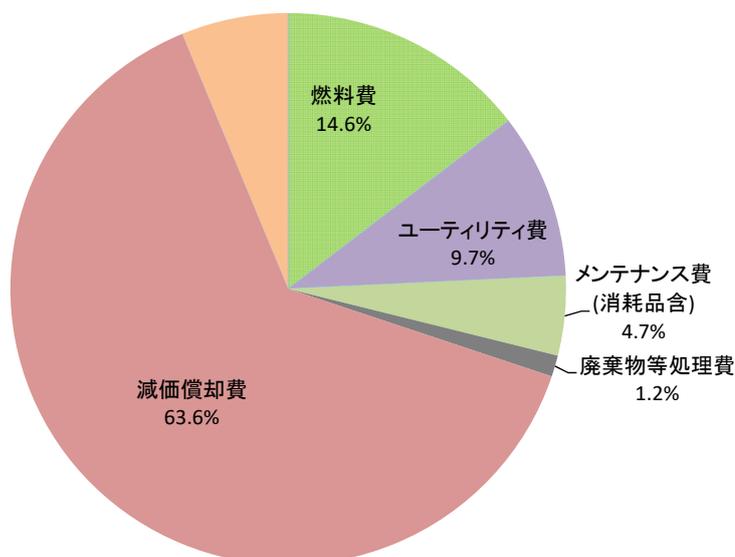


図 88 費用の内訳

感度分析

a. 事業費の変動

- ・ 総事業費として 71 百万円、一部補助を見込んで実質事業費を 41 百万円とみているが、その変動による影響度合いを見た。
- ・ 実質事業費が約 50% (約 20 百万円) に低減できたケースでも灯油削減量当りの単価は約 80 円/L と現況の灯油単価見込 (約 70~80 円/L) より高くなっている。

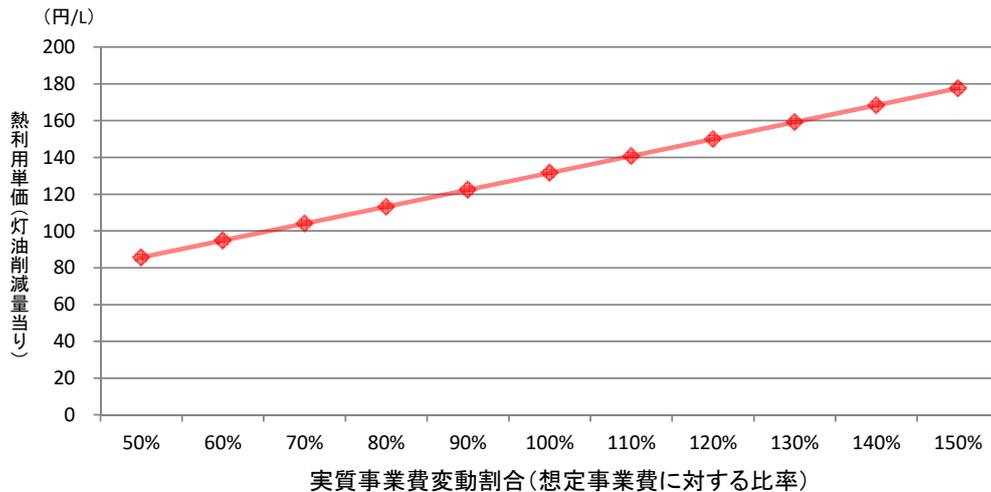


図 89 実質事業費の変動と熱利用単価 (灯油削減量当り)

b. 木質バイオマス燃料単価の変動

- ・ 木質バイオマス燃料単価の変動による影響を見た。現想定は、現地破碎チップ(生ベースで 3,500 円/t) であるが、本諸条件下では、さらに安価となった場合にも現況の灯油単価見込 (約 70~80 円/L) を上回ると考えられる。

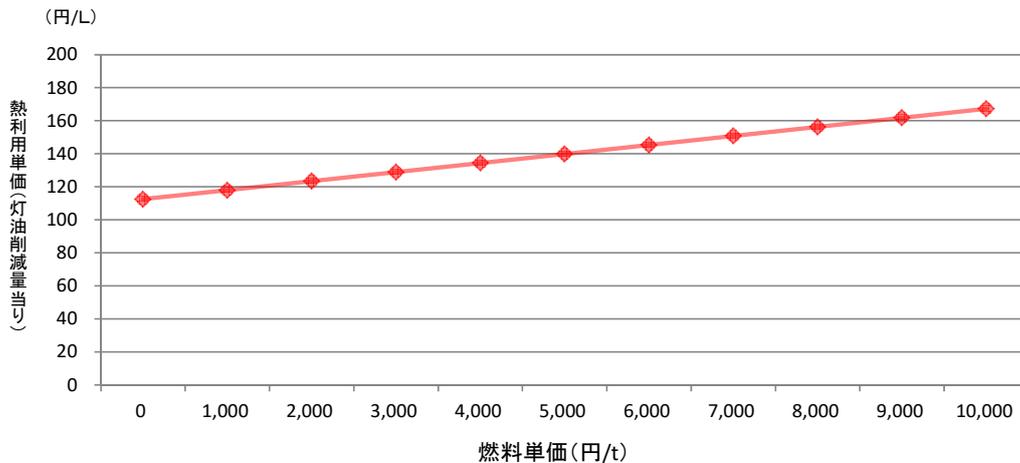


図 90 木質バイオマス燃料単価の変動と熱利用単価 (灯油削減量当り)

c. 稼働率の変動

- ・ 現想定では、約 200kW 級 (180kW) のバイオマスボイラーでふれあい広場しなの内の施設の灯油を代替・削減することを想定しているが、両施設の灯油消費量の規模が小さく季節変動が大きい傾向があるため、設備の稼働率が約 30%にとどまり、灯油削減効果 (熱利用メリット) が限定されているものと考えられる。
- ・ 仮に、需要平準化・消費量増大により、代替効果・熱利用メリットが拡大できたとすると、設備稼働率 50~60% (灯油削減効果約 100kL/年) 以上となった場合に現況の灯油単価見込 (約 70~80 円/L) を下回ると考えられる。

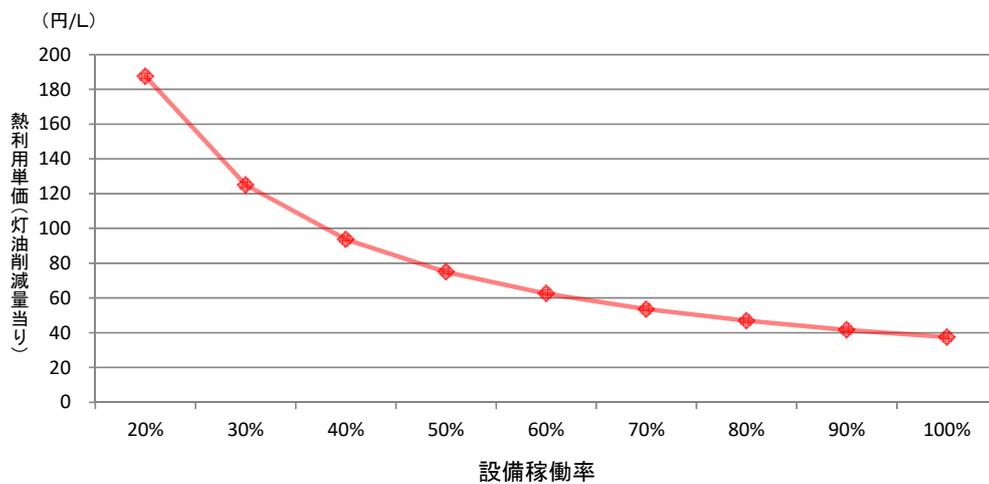


図 91 設備稼働率の変動と熱利用単価 (灯油削減量当り)

d. 化石燃料単価の変動

- ・ 化石燃料単価の変動による影響を見た。現想定は、代替対象を灯油として単価は 70 円/Lとみているが、灯油単価約 130 円/L 以上のケースで単年度収支が黒字となる。

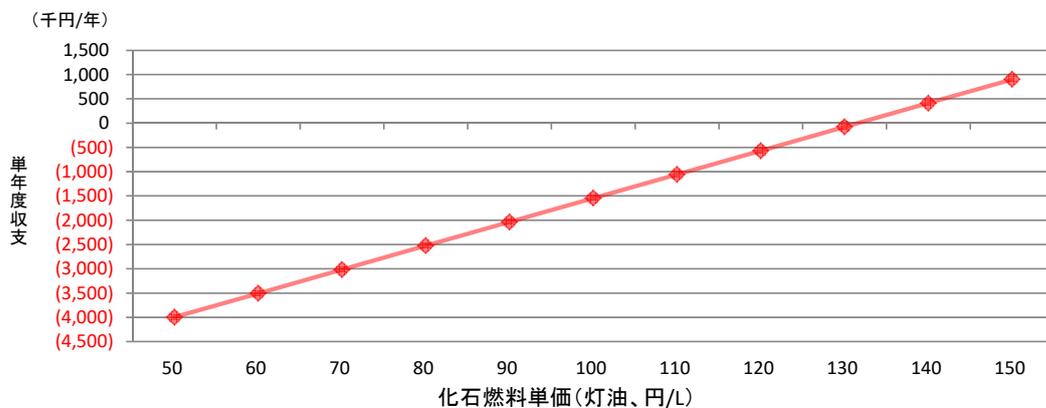


図 92 化石燃料 (灯油) 単価の変動と単年度収支

経年収支の検討

- ・ 現想定での経年収支の試算例を示す。
- ・ 現想定では、累積収支が回収できず経済性に課題のある結果となった。

表 39 収支計画

単年度収支黒字化(減価償却費含む場合)	事業開始 11 年目
累積収支黒字化(回収年)	—
回収率(20 年)	44%
IRR(20 年)	—

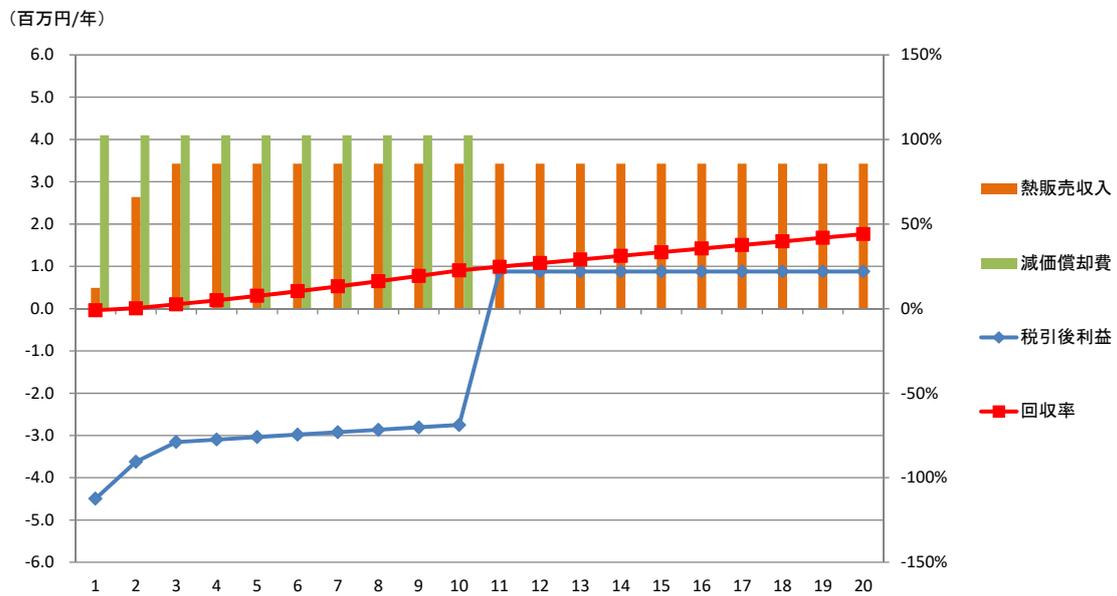


図 93 経年収支

表 40 経年収支

(単位:百万円)

事業年度		初期投資	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	11年目	12年目	13年目	14年目	15年目	16年目	17年目	18年目	19年目	20年目
I	a建設費	-41																				
II	a.収入		0.5	2.6	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
	①売電収入		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	②熱販売収入		0.5	2.6	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
	③製品販売収入																					
	④受入処理費による収入																					
	⑤副産物販売収入																					
	b.支出		4.9	6.2	6.5	6.4	6.4	6.3	6.3	6.2	6.2	6.1	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
	(1)原料費		0.1	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
	①原料購入費		0.1	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
	②その他原料購入費		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(2)製造経費		4.2	4.9	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	①人件費		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	②ユーティリティ費		0.1	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	③消耗品費		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	④メンテナンス費		0.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	⑤廃棄物等処理費		0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	⑥減価償却費		4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1										
	(3)支払金利		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(4)租税公課		0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	(5)一般管理費		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
c.税引前利益		-4.4	-3.5	-3.1	-3.0	-3.0	-2.9	-2.8	-2.8	-2.7	-2.7	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
d.法人税等		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	
e.税引後利益		-4.5	-3.6	-3.2	-3.1	-3.0	-3.0	-2.9	-2.9	-2.8	-2.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	
f.減価償却費		4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
g.毎年のキャッシュフロー		-41	-0.4	0.5	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	
IRR(内部収益率)																						
III	a.キャッシュの累計額		-0	0	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15	16	17	18
	b.回収率		-1%	0%	3%	5%	8%	10%	13%	16%	19%	23%	25%	27%	29%	31%	33%	35%	38%	40%	42%	44%

7. 木質バイオマスエネルギーシステム構築検討

- 原料のサプライチェーン構築検討として、本町内の山林からガス化コジェネシステム用燃料を供給するシステムについて、工程や設備、体制等を検討する。また、経済性・コストや課題・対策等についても検討する。
- エネルギー転換・利用システム構築検討として、上記サプライチェーンから供給される原料を用いた小規模発電等のエネルギー転換システム及び電気・熱の需要等でのエネルギー利用等のシステムについて検討する。また、経済性・コストや課題・対策等についても検討する。

(1) 検討の考え方

- 本システムでは、川上の原料供給側から最終的なエネルギー利用に至るまで、多くの工程と主体を経ることが想定され、各工程・主体ごとに燃料の流通や品質確保等における役割分担や責任の所在、また所掌の区分等も重要になると考えられる。
- また、通常の化石燃料と異なり、木質チップには、一定の規格例はあるものの、季節や加工方法等によって製品性状や品質等は変化し得るほか、保管状態によっても性状・品質が変わりうる点、さらに利用側で必要となる品質も利用方法や利用設備等により微妙に異なってくるなど、品質管理のポイントの設定が難しい傾向がある。ただ、ガス化発電を行う場合、発電用エンジン手間のガス燃料の性状を安定化することが重要で、そのためにガス発生の原料となるチップの品質もできるだけ高度に制御することが望まれている。
- こうした点から、役割分担や責任の所在の明確化といった点だけでなく、サプライチェーン全体で「安定供給」「コスト」「品質」をいかに確保し、参画主体全体が事業メリットを享受できるような情報共有や意思疎通、連携・協力といった「協業的」な枠組みも組み込んだスキームとすることも必要と考えられる。
- エネルギーシステムの検討や実証調査等も踏まえて、役割分担やサプライチェーン全体で「安定供給」「コスト」「品質」を確保する方法を検討した。

求められる「安定供給」「コスト」「品質」～役割分担・連携が必要



図 94 「安定供給」「コスト」「品質」確保の考え方

(2) サプライチェーンの検討

- ・ 全体のサプライチェーンの概念図と所掌内容、必要設備の例を下図に示す。
- ・ 全体のサプライチェーンは、大きくは、「原料供給サイド（森林サイト）」と「木質バイオマス燃料利用・発電サイド（施設・設備サイト）」に分けられるが、各工程内でも移送や加工などの工程がいくつかあり、それらで必ずしも前記のような分担・所掌・サイトとならないケースや別の主体によるケースなども考えられる。
- ・ 以下主な工程区分ごとに役割やこれまでの検討から明らかになった条件等を整理する。

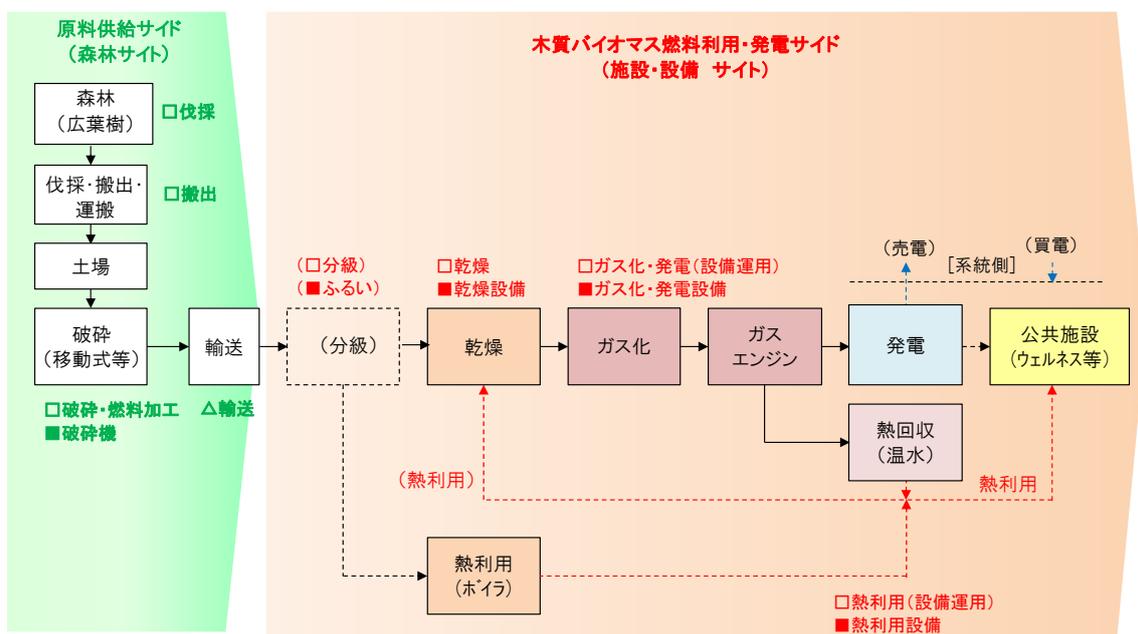


図 95 全体システムの概念図

原料供給サイド（森林サイト）

- ・ 原料供給サイドにおける主な工程としては、「伐採～搬出～燃料加工～輸送」になるものと考えられる。
- ・ 主なポイントとしては、以下が挙げられる。
 - 伐採・搬出工程～広葉樹に適した効率的な伐採技術
 - ・ 伐採・搬出は、天然林等の広葉樹林地での皆伐、伐採地での造材や仕分けになるものと想定され、皆伐であるため運材の手間やコストは人工林施業の場合に比べて低減できると考えられる。
 - ・ ただ、不定形な広葉樹の伐採作業となるため、使用機械の選定や作業工程の決定や効率的な伐採作業を行うことが重要となる。試験作業でも、使用機械での伐木に支障が

あったケースや作業時間を要したケースなどがあり、コスト低減のためのも広葉樹に適した効率的な伐採技術が望まれる。

- b. 搬出・燃料加工・輸送～仕分け・燃料加工・調製法、作業手順・手法等の技術確立
- ・ 本システムでは、広葉樹の現地での燃料加工（現地チップ化）が想定される。密度の高い広葉樹の未利用部（枝条部）のチップは、針葉樹の枝条よりもかさ密度が高く、現地破碎の方が効果的であることが昨年度確認された。
 - ・ その一方で、樹種や形状にバラつきがある広葉樹未利用部のチップは、品質にバラつきが生じやすいことが考えられる。本事業では、伐採材の主な用途を薪用材として優先的に採材し、分別されたその他の幹部や枝上部を現地チップパーで破碎（分級も実施）することで燃料用チップを生産したが、同試料を用いて実施したガス化試験では、燃料に由来すると思われる要因により安定的な発電ができなかった。本事業で実施したのは短時間の試験であり、さらに加工条件やガス化側での運転手法など、対策の余地はあると考えられるが、ガス化コジェネでの利用を想定した場合、加工後の燃料チップの品質に対する要求がさらに高まる点、事業性確保において設備稼働（発電）休止の要素は大きなリスクとなることから、用途に適した燃料性状へ安定的に加工する技術の確立が求められる。
 - ・ また、伐採・搬出・燃料加工・輸送の全体の作業の流れの中で、仕分け・造材・極積の手順や作業位置の選定などを適切に行う技術も重要となる。
 - ・ なお、ガス化試験で、原因の特定は現時点では難しいものの、おそらく原料性状によると思われる稼働トラブルが発生し、解消ができなかった。本事業で想定した広葉樹の利用によるガス化稼働へのリスク要素としては以下のような点が挙げられる。これらは引き続き検証が必要と考えられる。
 - 広葉樹は、施業地・時期等によって樹種構成や伐採材の性状が異なることが予想される。これらの変動要素もガス化側へのリスクとなりうる恐れがある。
 - 本事業では、形状のバラつきを減じるために篩いで粒度調整を行ったが、結果として安定稼働ができなかった。より適切な分級調整が必要なことが考えられる。その場合、分級条件と合わせて、適・不適の原料の分配比や不適原料の処分・利用方法、その場合の生産性やコスト等への影響も確認が必要である。本事業では、現地では分級条件が適当でなかったが、仮にガス化側で要求される標準的な形状により適した条件で分級、ガス化での利用が可能となった場合でも、ラボールでは分級後の適原料の収率は約 50%、その場合のチップ生産コストや約 17,000 円/トンとなり、その単価では事業性確保が難しいと考えられた。この点は、原料供給サイドだけでなく、燃料利用サイドとも相互連携した技術構築の必要があると考えられる。一方、技術的（ガス化側）の限界もあるいと

思われ、燃料のどのような要素がトラブルの原因になったかの特定に向けた取り組みは引き続き必要と思われる。

- ・ そのほか、乾燥を現地で自然乾燥により行うことも考えられるが、チップ化前の状態では冬は乾燥が困難であったり作業の手間が逆に増えること、天乾の間に燃料品質が低下（土砂等の付着）することなどが考えられる点、チップ化後の天然乾燥には発酵・発火のおそれがあることなどから基本的には難しいと考えられる。ただ、未利用広葉樹は、針葉樹に比べて全体的に水分率が低い（広葉樹の水分率例は約 40%で、針葉樹例（約 50%）に比べて約 10%ほど低い）とも考えられ、作業工程の支障とならない範囲内で簡易・軽微な自然乾燥を組み合わせるなどして少しでも水分率を低減できれば望ましいといえる。

木質バイオマス燃料利用・発電サイド（施設・設備サイト）

- ・ 木質バイオマス燃料利用・発電サイドにおける主要要素工程としては、「乾燥～ガス化コジェネ稼働～売電・熱利用」になるものと考えられる。
- ・ なお、このうち乾燥（および の工程に含めた破碎・分級も含めて）工程は、原料供給サイド、あるいは とは別主体により実施されることも考えられるが、その場合は、乾燥調製の便宜（手間やコスト等）が最適となる方法が中心になると考えられる。ただ、基本的には、コジェネの排熱を乾燥用として優先的に利用することが自然であり、第 3 者に委ねた場合は対象原料の取り扱いの手間がどうしても増大すると思われ、それを上回るメリットの得られる方法は少ないと考えられる。
- ・ 主なポイントとしては、以下が挙げられる。
 - a. 低コストで安定な燃料調製・ガス化発電稼働技術～低コスト・安定的な乾燥技術
 - ・ ガス化発電設備は、燃料性状がガス化に適しているほど安定的に稼働する。一方、未利用材（40 円/kWh の対象材）から設備側の要求に合致する燃料を調製しようとする、その精度をコスト・手間が二律背反の関係となり、完全に性状を合致させようとする、未利用材から製紙用チップを製造することに等しくなるとも考えられるなど、どこかで最適点を見出す必要がある。その場合、チップ化は切削チップパーによる以上、手法間での差異は小さいと考えられるが、乾燥工程は、手法間のコストや手間等の差異は大きいと思われる。本調査検討でも、乾燥工程を変更することにより事業性の変化が見られた。また、乾燥後の水分率がガス化発電の安定稼働に及ぼす影響が大きく、低コストかつ適当な水分率に安定的に乾燥する技術・手法は重要と考えられる。
 - ・ また、でもふれたように、ガス化側でも燃料受入れの幅を広げるような工夫ができれば望ましいが、一般には、ガス化側で受入れ可能な燃料性状の技術的な許容幅

はそれほど広くないと考えられる。ただ、未利用広葉樹に適したガス化手法の構築余地は残されていると考えられ、今後も技術の進展が望まれる。

b. ガス化発電設備の運用技術～低コストかつ安定的な運用技術

- ・ ガス化発電では、設備費を別とした場合、その運転経費の大きな割合をメンテナンスコストが占めている。これらは、メーカーに委託せずに、発電事業者が自ら実施することである程度低減できる場合もあると考えられるが、逆にその場合はオペレーターの作業負荷の増大やトラブルが発生した場合の責任などのデメリットもある。こうした中で、地域に特有の未利用材を燃料として用いて、小規模ガス化コージェネを安定かつ低コスト・省力的に稼働させるオペレーション技術の構築が必要と考えられる。

c. 熱利用メリットの増大～安定的に排出される排熱の高付加価値・有効利用の取り組み

- ・ 本事業で想定したガス化コージェネシステムでは、熱利用のメリットは発電に比べて同一熱量当りでは低い(発電の約 1/6 程度)ものの、発電に比べて約 2 倍の出力があることなどから、採算性確保の上で熱利用は不可欠と言える(図 96)。
- ・ 主なポイントとしては、以下が挙げられる。

ア) 熱需要拠点との連携

- ・ 発電に伴い、その約 2 倍の出力の熱が低温温水(約 80)として安定的に排出される。その熱が有効利用できる熱需要拠点と連携して設備導入が望ましい。
- ・ 本事業では、ふれあい広場しなの内の熱需要施設(ウェルネルクラブ、いこいの家)を想定したが、発電設備のほか両施設への熱利用配管等の設備費が必要となった一方で、熱需要の規模が小さく、季節変動も大きいために熱利用メリットが制限され、費用対効果に見合いづらい結果となった。大規模で通年安定的な熱需要拠点と連携できることが望ましい。また、熱利用に係る設備(設備の位置関係、配管距離等)も最小にできる条件が望ましい

イ) 熱の用途創出

- ・ 逆に、既存の熱需要拠点との連携でなく、コージェネの排熱を安定的に利用できる新事業などの新たな用途を発電設備と合わせて整備して熱需要を創出することにより十分な熱利用メリットを実現することも考えられる。
- ・ 熱の品位が高くない(低温温水)であることから用途は限定されるが、養殖への利用などの事例がある。

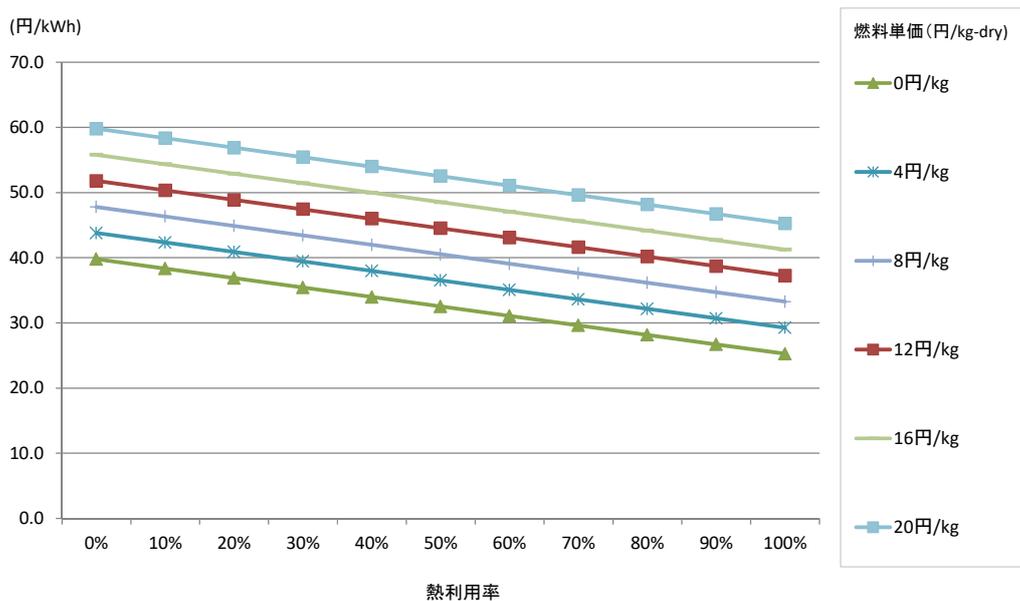


図 96 熱利用率の変動と発電単価例（熱利用形態改善検討時の条件下での例）

d. 費用対効果に優れる設備導入スキームの構築～併設（スケールアップ）等

- ・ 本事業では、設置予定場所や熱需要条件等の点から 40kW1 機を基本とした検討を行った。ただ、40kW のバイオマス発電は、発電単価が優遇される小規模（2,000kW 未満）の中でも事業化規模としては小規模な部類であり、どうしても設備単価が割高となる。そのため、発電コストに占める減価償却費の割合が大きく、コスト低減に限界がある。
- ・ 複数台並列や熱利用設備の共用などにより、できるだけ投資効率が良くなる導入スキームを構築することが望ましいと言える。

8. 事業運営パターンの調査・検討

- ・ 木質バイオマスエネルギーシステムの事業実施体制や組織・スキームについて調査・検討する。

(1) 検討の考え方等

検討の考え方

- ・ 事業運営パターンについては、事業主体がどの範囲の業務等を所掌するかという点の設定がまず重要になると考えられる。本事業の中心は、発電事業やそれに係るプラントの操業・運転等の業務であるが、事業が成立し持続的に存続成り立つためには、その前後の工程の発電に用いる燃料の確保や副生する熱の利用などの仕組みも不可欠であり、それらにどのように、どの程度関与するか、どのような全体的な体制・枠組みを構築するか、という観点も必要となる。
- ・ 発電電力に由来する売上が事業の売上の中の大きな割合を占め、その「商品」である電力の安定供給には、燃料の性状確保が重要で、その管理範囲は山林現場まで遡及しうる。また、発電の売上が、「燃料」となる木質資源の調達の原資となることから、事業関連主体全体が事業メリットを享受するには、サプライチェーン全体で「安定供給」「コスト」「品質」を保全する仕組みも内包しうるスキームとする必要がある。
- ・ こうした点を踏まえて、各主体の役割分担や主体形態を検討し、発電事業主体だけでなく、サプライチェーンの各構成主体が経済的メリットを得られる観点にも配慮する必要がある。

主に想定されるケース

a. 事業の所掌等の考え方

- ・ 事業の所掌等について、主に想定されるパターンとしては下図のようなケースが考えられる。
- ・ なお、下図の区分や主体の名称等はいくまで一例で、その他にも幅広い区分や業務分担の括り方が考えられる。また、既存主体間の連携を基本として体制を構築することや、逆に全体を所掌する事業体で包括的に実施することなども考えられる。

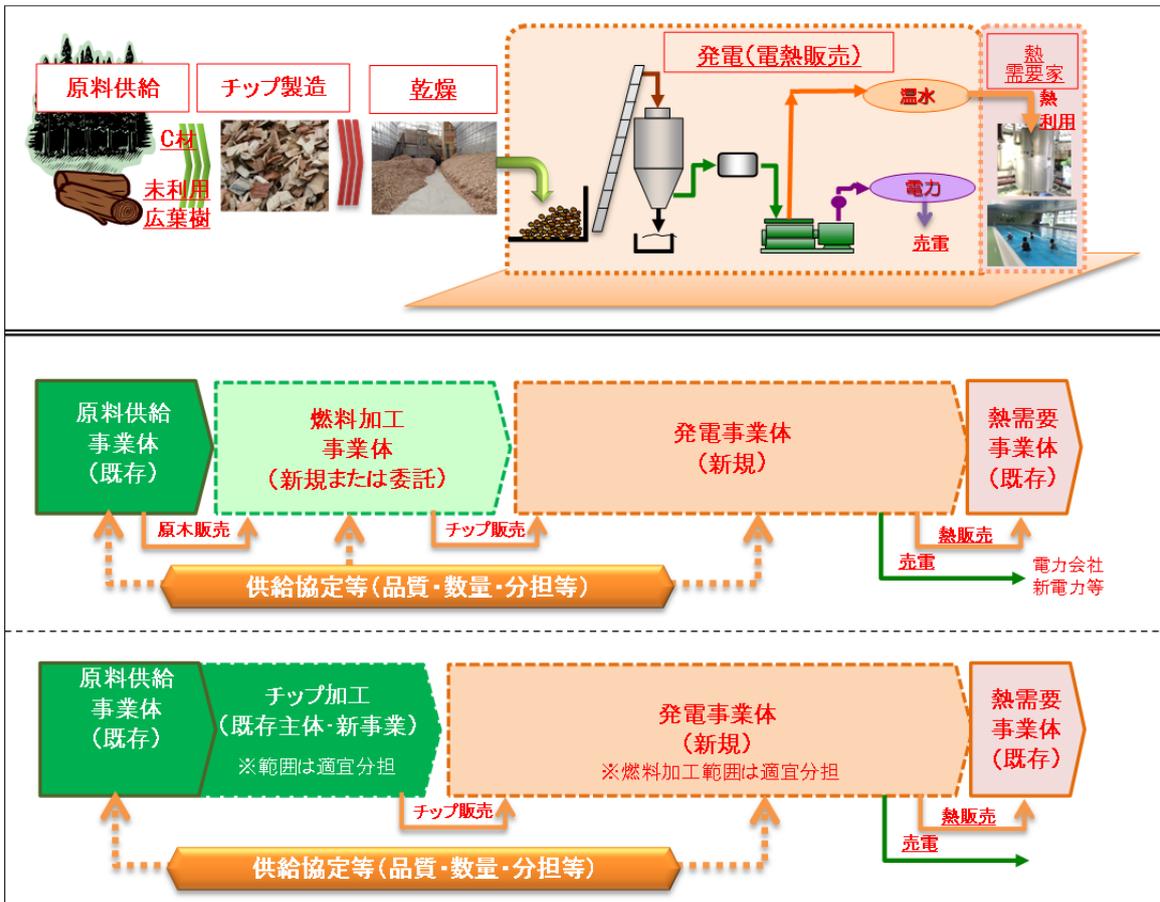


図 97 事業運営パターン例

b. 事業形態の考え方

- ・ 事業形態としては、一例として下表のようなケースが考えられる。大きくは、すべて行政が担当する「公設公営型」と、それ以外の何らかの形で民間活力を導入する官民連携型のスキームとに分けられる。
- ・ 本事業では、原料の供給、燃料加工等の面で、民間団体等との連携が不可欠であることや発電や熱利用等の中心となる事業そのものも行政では技術・ノウハウが少ない領域であることなどから、民間活力を導入する方式とすることが考えられる。
一方、それらの場合には役割や責任の所在が不明確となる場合や行政では想定が難しいリスクを被るおそれなどもあり、管理運営責任が明確で専門性を要する分野は業務委託等でまかなう公設公営型とすることも考えうる。
それぞれメリット・デメリットがあり、それらを勘案して選択していく必要がある。

表 41 事業形態の例

整備	運営	区分	概要
公	公	1) 公設公営	・ 全て行政が担当 (直営、地方公営等(一部業務委託含む))
公	民	2) 公設民営	・ 管理運営委託(指定管理者制度等) ・ 施設貸与 ・ DBO 等
民	公	3) 民設公営	・ 施設受譲、借用(リース) 等
民	民	4) 民設民営	・ PFI ・ 第3セクター方式 ・ 定期借地権方式 等

1) 公設公営

- ・ 施設の設置・運営とも公共団体が直接担う方式。
- ・ 管理運営に関する責任は行政が負い、一部業務を民間に委託するケースも含まれる。
- ・ 直接業務運営指示を行う管理運営の責任者が常勤一般職公務員である必要は必ずしもなく、非常勤特別職公務員や嘱託職員、臨時職員、派遣職員等を主体とした職員厚生とすることも可能である。
- ・ コストについては、事業に係る経費のうちの間接経費部分(一般管理費等)は行政予算で賄われることとなり、事業経費として明確には区分されないため、必ずしもコスト高になるとは言えないが、行政側の事務等の負担は増加する。
- ・ 組織の管理運営は行政の規定に従う必要があるため、能力や実績等に応じて臨機応変に職員を処遇するなどの柔軟な運用は難しい。ただ、業務内容の多くを定型業務が占める場合はそれほど問題にはならないと考えられる。

2) 公設民営

- ・ 管理運営委託（指定管理者）や施設貸与、DBO（施設等の設計、建設工事、管理運営を一体的に民間に委ねる（発注主体は行政））などがある。

管理運営委託（指定管理者方式）

- ・ 施設を行政が建設し、その管理運営を民間に委託する形態。平成 15 年 9 月の地方自治法改正により、公共施設の管理運営を民間企業も含めた幅広い団体に委ねることが可能となった。
- ・ 指定管理者制度には、管理運営に係る費用負担の方法により、主に「委託費支払型（行政が委託費として民間に支払うことで一定額を負担）」、「利用料金型（受託者が利用料等の収入から負担）」、「両者の併用型」の 3 つの形態に区分される。
- ・ 複数年の指定期間を設定するなど、管理運営を中長期的に安定かつ円滑に進められるような枠組みの設定が可能であり、受託者は自主事業の展開についての裁量権も有する。
- ・ なお、施設の維持・修繕の責任・権限は行政側に属する。
- ・ コストについては、入札で行うことで競争条件が整えられる場合には委託料が低減できるケースもあるが、管理運営責任は委託者（行政側）にあるため、委託業務内容を契約書で明示し、当該業務が契約に沿って適切に遂行されているかをモニタリングする必要がある。

施設貸与・譲渡方式

- ・ 施設を行政が整備した上で、民間に有償等で貸与または譲渡し、その管理運営をゆだねる方式。
- ・ 管理運営に係る費用は、基本的に民間が利用料等の収入から賄う。
- ・ 平成 18 年の地方自治法の改正により、行政財産の貸付範囲が普通財産以外にも拡大され、空きスペースなどを民間に目的外でも貸し付けるなどにより行政財産の有効利用・収入増を図ることも可能になっている。

DBO（Design Build Operate）

- ・ 施設等の設計（Design）、建設工事（Build、発注・建設主体は行政）及び管理運営（Operate）を一体的に民間に委ねる方式。
- ・ 施設等の細部仕様まで規定せず、行政の求める施設内容やサービス水準のみを指定する性能発注の導入により民間の創意工夫を生かした効率的な工事が可能となることや管理運営コストの低減まで見据えた設計・建設が行われることによるライフサイクルコスト低減などの効果が期待される。

- ・ PFI では、民間が建設主体（発注主体）となり、建設資金の調達も行うのに対し、DBO では、建設主体はあくまで行政で資金調達も行政が担う点で異なる。

3) 民設公営

- ・ 施設を民間が建設・所有し、公共団体が借り受けるなどする方式。

4) 民設民営

- ・ 公共的な施設に関して、設置・運営ともに民間が行う方式。PFI 方式のほか、第 3 セクターを設立する方式も区分上は本領域に分類されると考えられる。
そのほか、定期借地権方式などがある。

PFI 方式

- ・ 民間に施設等の設計・建設・運営・資金調達等を一体的にゆだねる方式。「PFI 法」（「民間資金等の活用による公共施設等の整備等の促進に関する法律」）や国の基本方針等に即した手続きを経る必要がある。本手法により実施された事業は、法に基づく税の減免や補助金交付、行政財産活用等の優遇措置を受けることができる。
なお、PFI 法に定められる手順等を踏まずに事業を実施する「PFI 的手法」も可能であるが、その場合は PFI 法に基づく優遇措置を受けられない恐れがある。
- ・ 本方式は、施設整備区分・権利区分・運営区分等により以下に分けられる。
 - BTO (Build Transfer Operate) 方式：
PFI 事業者（民間）が公共施設等を建設後、公共へ所有権を移転し、PFI 事業者が運営する方式
 - BOT (Build Operate Transfer) 方式：
PFI 事業者（民間）が公共施設等を建設後、自ら運営し、事業期間満了後に公共へ所有権を移転する方式。
 - BOO (Build Own Operate) 方式：
PFI 事業者（民間）が、公共施設等を建設後、公共へ所有権を移転せずに自ら運営する方式。事業期間満了後も PFI 事業者、は施設を所有して事業を継続するか、施設を撤去して原状回復する。
- ・ また、事業性や事業類型に関する考え方の別で以下に分けられる。
 - 独立採算型
PFI 事業者が整備した施設・サービスに、利用者等が料金等を支払うことで事業費を賄う方式。事業実績により収入が影響を受けるため、事業者が長期にわたり事業リスクを負う。
 - サービス購入型

PFI事業者が整備した施設・サービスに、行政が対価（サービス料や補助金等）を支払うことで事業費を賄う方式。予め定められたサービス料が支払われるため、安定的に事業を行うことができる。

➤ 混合型

独立採算型とサービス購入型の複合。

第3セクター方式

- ・ 行政と民間部門が共同出資により経営事業体（第3セクター）を設立する方式。第3セクターに、施設等の設計・建設・管理運営・資金調達等を一体的に委ねることになる。
- ・ 民間ノウハウを活用する点はPFIと同様であるが、PFIのように契約上で公共と民間の役割・責任分担が明確にする仕組みとは必ずしもなっていないため、責任や和区割り分担が不明確になる恐れはある。

定期借地権方式

- ・ 民間（不動産開発事業者等）に、土地の活用の企画とセットで、施設等の設計・建設・管理運営をゆだねる方式。

(2) 事業運営方式の検討

- ・ 事業運営方式としては、実際には、既存の主体・体制に基づいて、それらの連携（協定や契約等）によることがまず考えられる。ただ、本事業で予定場所としているふれあい広場しなのは、指定管理者制度で運用されており、これらの既存運用の枠組みとの調整が必要となる。
- ・ また、事業全体を1主体で包括するような新たな事業体の立ち上げや既存主体の所掌を拡張・限定するような、中間的な新たな組織を設けて、本事業の目的に沿った機動的な運用を可能とすることなどが考えられるが、本事業の規模がそれほど小さくなく、そうした新たな事業体を設ける場合、それらの主体の運営経費や組織そのものの管理費負担の捻出が難しいおそれもある。こうした点で、新たな主体を立ち上げる場合は、本発電事業関連の業務を端緒として、様々な関連事業・業務等への拡張、組織・体制の延展も見据えたものとするのが考えられる。
- ・ なお、事業全体を包括するような事業主体を設立することで、バイオマス発電事業でよく見られる発電事業主体側と燃料供給主体の側で対立構造が生じるリスクの低減や発電燃料の原料生産工程からの一貫管理が可能になるといったメリットは考えられるものの、逆に、役割分担や品質に対する意識が希薄化し、事業全体のコスト削減、効率化が疎かになる恐れもある。特に、本事業のような小規模発電の場合は、既存事業対や既存事業・業務を付け加える程度で、各事業体等に一定のメリットが見込める、リスクについてはそれほど大きくなることはないものとコントロールできる範囲とすることが現実的と考えられる。
- ・ そのほか、発電事業は、表41のような各事業形態で検討対象となる事業の中では、業務範囲が比較的限定され、非定型業務が少なく、公共的な性格が強いと考えられる。すなわち、民間活力を積極的に用いて売上増大などの正の側面の強化や長所の強調を図る余地より、稼働トラブルの防止などリスク管理、定型・定例業務の確実な遂行・踏襲といった側面の比重の方が大きいとも考えられる。こうした場合、官民連携型のスキームによる、民間活力の導入効果の発揮や効果的な参入促進が難しい（民間活力発揮の余地や動機付けの要素が乏しい）とも考えられる。
事業運営方式としては、こうした発電事業の有する公共的な性格に見合った公的な要素も取り入れながら、発電事業のリスク管理上重要な設備のオペレーション技術や専門性を要する機械・設備の管理・保守等で民間活力を導入することが考えられる。

9. その他付帯システム等の検討

- ・ 関連各主体の理解・協力・参画によるシステムの構築検討として、貯木拠点の設置、買取等による町内住民・事業者の幅広い協力・参加による原料調達や、町内全体との連携による木質バイオマス燃料加工システム、燃料の町民・事業者への普及検討等を行う。
- ・ 木質バイオマスのカスケード利用、その他の利用方法・システムの検討として、ガス化コジェネでは利用が難しい部位等の燃料化（ペレット、薪）や多用途（農業用資材等）への利用など、本システムに付帯して地域の木質資源の有効利用に資するシステムを構築する。

(1) 検討の考え方

- ・ 本事業では、検討主対象の小規模バイオマス発電システムの対象原料として、下図のように針葉樹・広葉樹のうち、現在チップ用等として流通している原料の本用途への転換と、現在林地に放置されている利用広葉樹（薪用のナラ材など）の利用部位以外の残材が想定される。
- ・ 本町の森林資源の総合利用に向けて、A,B材、用材利用の関連主体や薪として町内で利用されている町民、また、本バイオマスシステムで品質の面で利用が難しい部位などを総合的に有効利用する仕組みづくりの構築が考えられる。



図 98 町内森林資源の総合利用の概念図

(2) 付帯システム等の検討

発電不適材の発生・利用

- ・ 本事業では、未利用広葉樹を中心に、利用用途としてはガス化コージェネを主に想定して検討を行ったが、ガス化コージェネでは、未利用広葉樹由来のチップ（燃料）の利用が制限される恐れがあると考えられた。
- ・ ガス化コージェネでの利用が難しいと考えられる原料は、主には「径が大きすぎる（長さが長いなど）あるいは逆に細かすぎる（微粉状）のもの（図 99）」と考えられた。その場合、分級等の何らかの選別や性状調整の操作が必要になると想定され、そうした場合に、選別等の過程で、搬出・供給された後に主要用途（発電用）での利用が困難と判定されたために何らかの形で利用（或いは処分）が必要となる資源が発生することが考えられる。それらの用途として、ペレット等としての利用を検討した。



図 99 （左）オーバーサイズ、（右）細粒物

a. ペレットの利用

- ・ ガス化で利用が難しい細粒物（オーバーサイズも二次破碎で利用可能）をペレット用原料として利用することが考えられる。
- ・ 信濃町産の広葉樹を用いて試作したペレットを用いて、ペレットストーブを利用されている方を対象に試供によるモニター調査を行った。

ア) モニター調査概要

- ・ 広葉樹ペレットと針葉樹ペレットを各々モニターに対して試供し、その双方を実際に保有されているペレットストーブで利用していただき、その結果について調査票等を通じてご回答いただいた。

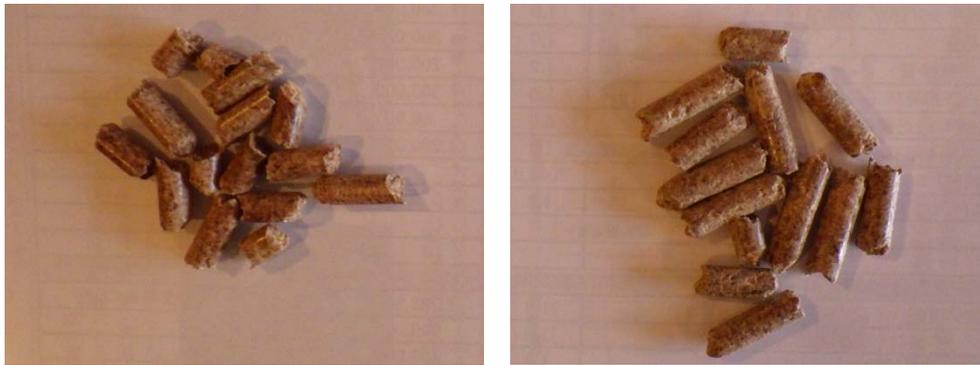


図 100 （左）広葉樹ペレット、（右）針葉樹ペレット

イ) モニター調査概要

- ・ 燃焼の様子、アンケート調査結果等を各々下図・下表に示す。



図 101 燃焼の様子

表 42 結果集計

	悪い (やや悪い)	普通	(やや良い)	良い	大変良い	他	(無回答)
	今使っているものを使う		広葉樹ペレットを使う			わからない	
着火性	3	1	1	1			
燃焼状況	1	3	1	1			
暖かさ	2	4					
燃焼の持続性	1	5					
燃料供給状況	1	4	1				
荷姿・取扱		4					2
イメージ			2	1			3
総合評価	4	2					
同価格で販売されたら？	5					1	

(主な意見)

- ・ 粒長が 20mm 超のものが多く目詰まりの原因となっていた
- ・ 硬度は柔らかく割れてしまう(他、微粉が多い 等)
- ・ 燃えカスが残って灰が出すぎてストーブの手入れ掃除が大変(他、3 日目に掃除が必要となる 等)
- ・ 熱量が少し低いような気がした(体感のみ)
- ・ 価格が低ければ熱量が必要でない初冬や春先にはいいかと思う
- ・ 煙が多い(2名)、ガラス窓に煤が多くとれない
- ・ 臭い(焦げ臭い)

り) 結果・考察

- ・ 広葉樹ペレットは、針葉樹ペレットに比べて、既存の市販ペレットストーブでは利用特性の面でやや劣るものと考えられた。
- ・ 広葉樹ペレットの利用上の問題を生じることとなる要因としては、広葉樹ペレットが、貯蔵・輸送や燃焼などの物理的・化学的な働きかけがあった際に、ペレットの時点で有している物理的・化学的性質が変化してしまう粉化などの現象が必要以上の速度で生じてしまうことによるものと考えられた。
- ・ もともと、広葉樹は、素材の時点では針葉樹に比べて硬度・密度が高く、薪などとしての利用の面では針葉樹より優れた特徴を有している。こうした点が、ペレット化した場合に逆にデメリットとして働いている恐れもある。広葉樹に適したペレット化手法などについて、引き続き検討する必要があると考えられた。

b. 燃料利用

- ・ ペレット以外にも、熱源用燃料として利用することが考えられる。
- ・ 利用用途としては、
 - 薪等のストーブやボイラーでの熱利用
 - ガス化コジェネシステム内部での熱利用などが考えられる。
- ・ 形状が不定形であるなどの点のため、投入方法などを工夫する必要があるが熱風発生用や温水生成・加温用の熱源として利用することは可能と思われる。
ガス化コジェネでは、乾燥工程でバッチ式の通風式の乾燥機を用いながら、下図のような簡易な熱風発生設備を用いてガス化不適材を燃料として有効利用することが考えられる。



図 102 (左)薪ボイラー、(右)バイオマス利用熱風発生炉(乾燥用熱源利用の例)

木材加工残材の利用

- ・ 町内の木材加工所で、残材から加工されたチップが生産されている。これらを発電用として利用することが考えられる。
- ・ 同端材チップは、FIT 上は一般木材に区分されて売上が制限されるおそれはあるが、水分率は 15%程度であり乾燥が不要にできる可能性がある。形状等の燃料性状の面でもガス化試験で安定稼働が確認されており、ガス化コジェネでのより確実な利用、安定稼働の確保が見込めると考えられる。

また、広葉樹チップと混合することなども考えられる。



図 103 (左)チップ外観例、(右)チップ化設備

その他未利用資源の利用～幅広い層からの多種多様な木質資源の調達

- ・ 地域の森林資源等を収集する方法として、集積場所を設けて幅広い層からの持ち込みを受け入れる方法（「木の駅」などと呼ばれる）がある。地域に薄く広く分散しているために効率的な集積が困難な資源を比較的安価で集積できる可能性もある。
- ・ その一方、集積材の性状等は限定することは難しいと考えられるため、仕分け機能を設けて選木・用途仕向けの作業を行うか、ペレット用や簡易な熱源設備向けとして利用することなどが考えられる。

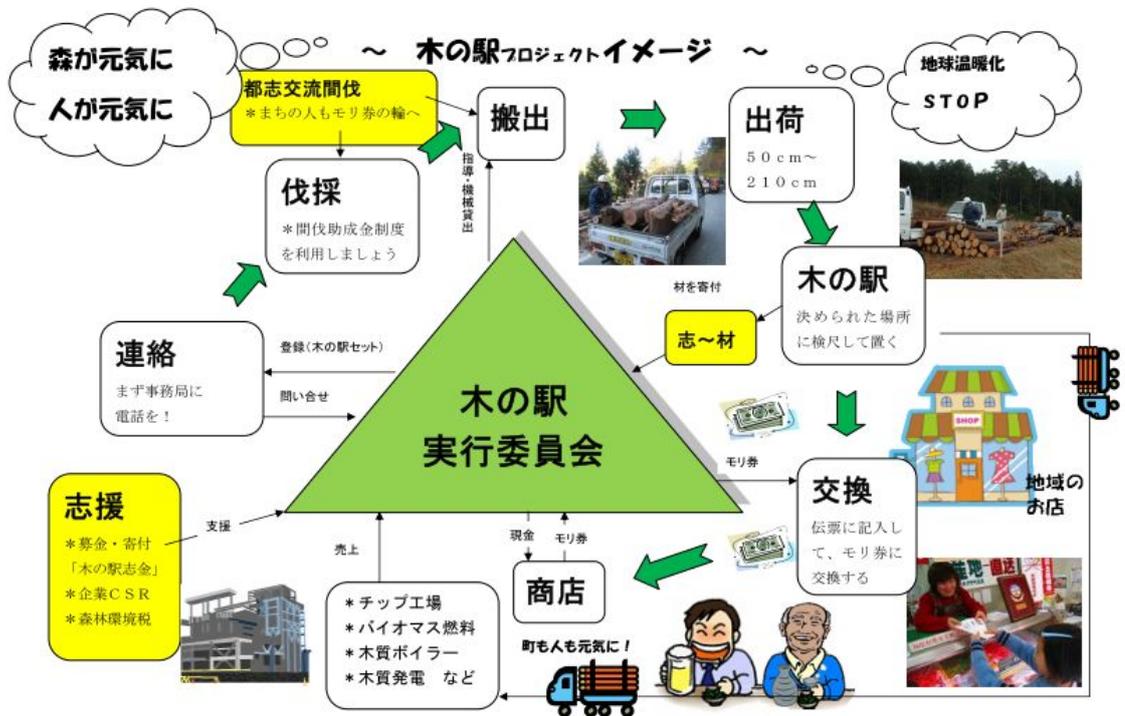


図 104 木の駅プロジェクトの概念図

(出典:木の駅プロジェクト ポータルサイト <http://kinoeki.org/>)

10. 推進方策・工程・体制

- ・ 調査検討全体を踏まえて、取り組みの推進に向けた方策や工程、推進体制等を検討する。

(1) 推進方策

- ・ 本検討を踏まえた、事業化に向けた課題・対策としては以下のように考えられる。

原料供給

- ・ 本事業で主な対象とした未利用広葉樹資源は豊富にあり、ガス化コージェネでの需要量（約 300t・乾/年、生木ベースで約 500～600m³/年）は十分確保できるが、ガス化コージェネの要求する燃料性状への対応やコストの面で課題がある。燃料調製や生産コスト低減に向けた技術・手法等の確立が望まれる。

表 43 原料供給に係る課題と対策例

課題	主な要求	対策例
燃料性状の確保	粒度(大径・細粒物を含まない) 水分率(約 15%以下) 形状(切削チップ)	<ul style="list-style-type: none"> ・ チップ化方法や分級方法等の燃料性状調製手法の確立 ・ 針葉樹チップとの混合等の性状調整・安定化などの手法探索 ・ 自然乾燥の組み込み(生産工程の支障とならない方法による) ・ 設備の実操業に見合った規格・品質管理手法の構築
燃料コストの低減	約 12 円/kg-dry 以下	<ul style="list-style-type: none"> ・ 作業工程、システム等の手法確立 ・ 広葉樹の機械作業に適した機械の開発
燃料の安定供給	約 1t-dryの安定供給	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施業地の確保 ・ 作業機械・設備・要員の確保 ・ 供給協定等のスキーム構築

エネルギー転換

- ・ 本事業で主な対象とした未利用広葉樹資源は、ガス化コージェネでの利用において何らかの支障を生じるリスクがあると考えられた。原料供給側だけでなく、エネルギー転換技術の側でも何らかの適応が可能な技術が望まれる。
- ・ また、広葉樹資源の利用は、針葉樹に比べてその具体的な実践例は少なく、原料供給・生産技術のほか、エネルギー転換・利用技術の領域でも試験・検証や技術開発が必要な点もあるものと考えられる。

- ・ 機械・設備の運用の面でも、ガス化コジェネのランニングコストに占めるメンテナンスコストの割合が高い傾向がある。ユーザー・メーカーの双方でコスト低減に向けた検討の余地があると思われる。

表 44 エネルギー転換に係る課題と対策例

課題	主な要求	対策例
燃料性状への適応	未利用広葉樹チップの利用(粒度・形状条件の拡大)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料供給や調整(設備側での簡易な方法)や操業条件等による対策検討・技術開発 <ul style="list-style-type: none"> - 予備乾燥での分級(微粉除去) - 炉内供給方法、空気量、吹込方法等の条件の探索 等 ・ 仕様の調整等の対策の検討・技術開発 <ul style="list-style-type: none"> - 投入・炉内堆積に係る機構の改良 - ガス化・改質に係る機構の改良 ・ 広葉樹の特徴とガス化特性の関連の基礎的検討を通じた基盤技術構築
ランニングコスト低減	メンテナンスコスト低減(約 1,300 千円/年以下等) 等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 作業手順・時間の短縮や備品・部品等の調達コスト低減の対策 <ul style="list-style-type: none"> - 作業内容の精選、作業手順等への習熟、作業軽減に向けた仕様変更等改良 - 部品・備品等の国内・近隣等での調達 - 事業者、地域業者等による実施手法構築
稼働リスク軽減	通年安定稼働	<ul style="list-style-type: none"> ・ 稼働トラブルの原因となる要素の解消 <ul style="list-style-type: none"> - 安定操業条件の把握 - 運転管理やトラブル対応等のマニュアルの作成、更新
規模の不利	規模の不利の軽減	<ul style="list-style-type: none"> ・ 複数台並列などのスケールアップ

エネルギー利用

- ・ 収入の大部分は、発電・売電による収入になると考えられるが、熱利用メリットについても熱出力が発電出力の約 2 倍になることなどから十分確保することが事業性確保の上では必要不可欠と考えられる。
- ・ その一方で、熱利用先は基本的に周辺近隣に限定され、熱利用先までの距離が長くなればなるほど配管設備等の事業費が増加するなど事業性が悪化する。また、熱需要の規模や季節変動により、熱利用メリットは制限される。こうしたことから、十分かつ通年安定した熱需要のある施設で加えて隣接敷地等の近傍に発電設備の設置が可能な条件があることが望ましい。場合によっては、安定して副生する熱利用先を創出するなど含めた熱利用対策を講じることが考えられる。

表 45 エネルギー利用に係る課題と対策例

課題	主な要求	対策例
熱利用メリットの確保	熱利用メリットの拡大(副生熱の約 50%以上の利用・化石燃料代替)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 熱需要規模の大きい需要家や通年安定して熱需要先の探索 ・ 熱を有効利用できる新事業の創出、併設

全体システム・事業性確保等

- ・ 本事業の安定かつ持続的な継続には、発電の前後の工程の燃料供給やエネルギー利用等に係る主体・施設等の理解・協力・参加が不可欠である。事業期間を通じて、これらの関連主体との連携が保たれるような枠組みづくりが重要である。
- ・ 本事業は、発電規模が小さいことから事業費・設備費が事業性・経済性に及ぼす影響が大きい傾向がある。事業費軽減に向けて活用可能な補助金等を組み合わせることが望ましい。

表 46 エネルギー利用に係る課題と対策例

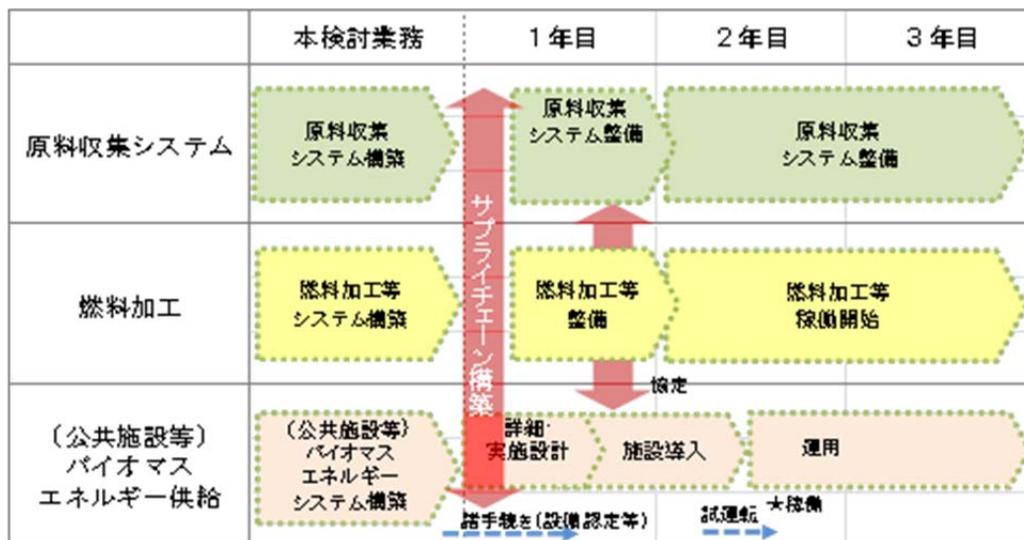
課題	主な要求	対策例
事業の安定性・持続性の確保	関連主体との連携	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事業主体、体制構築における、関連主体との連携確保や事業の安定性・継続性への配慮 <ul style="list-style-type: none"> - 関連主体も含めた事業体構築 - 燃料供給協定等のスキームの構築 - 事業の情報共有や透明性確保の仕組み - 関連主体との密な情報交換・認識共有
初期投資の低減	初期投資約 50 百万円程度への抑制	<ul style="list-style-type: none"> ・ 活用可能な補助金等の資金の確保 ・ 設備仕様の見直し <ul style="list-style-type: none"> - 乾燥負荷(設備能力)の軽減

(2) 推進工程

推進工程の考え方

- ・ 取り組みの推進に際しては、本事業の核となる設備導入や事業実施主体構築等の取り組みのほか、原料供給・燃料化桜体制の構築やエネルギー利用に係るシステム・仕組みづくりなどが必要となる。

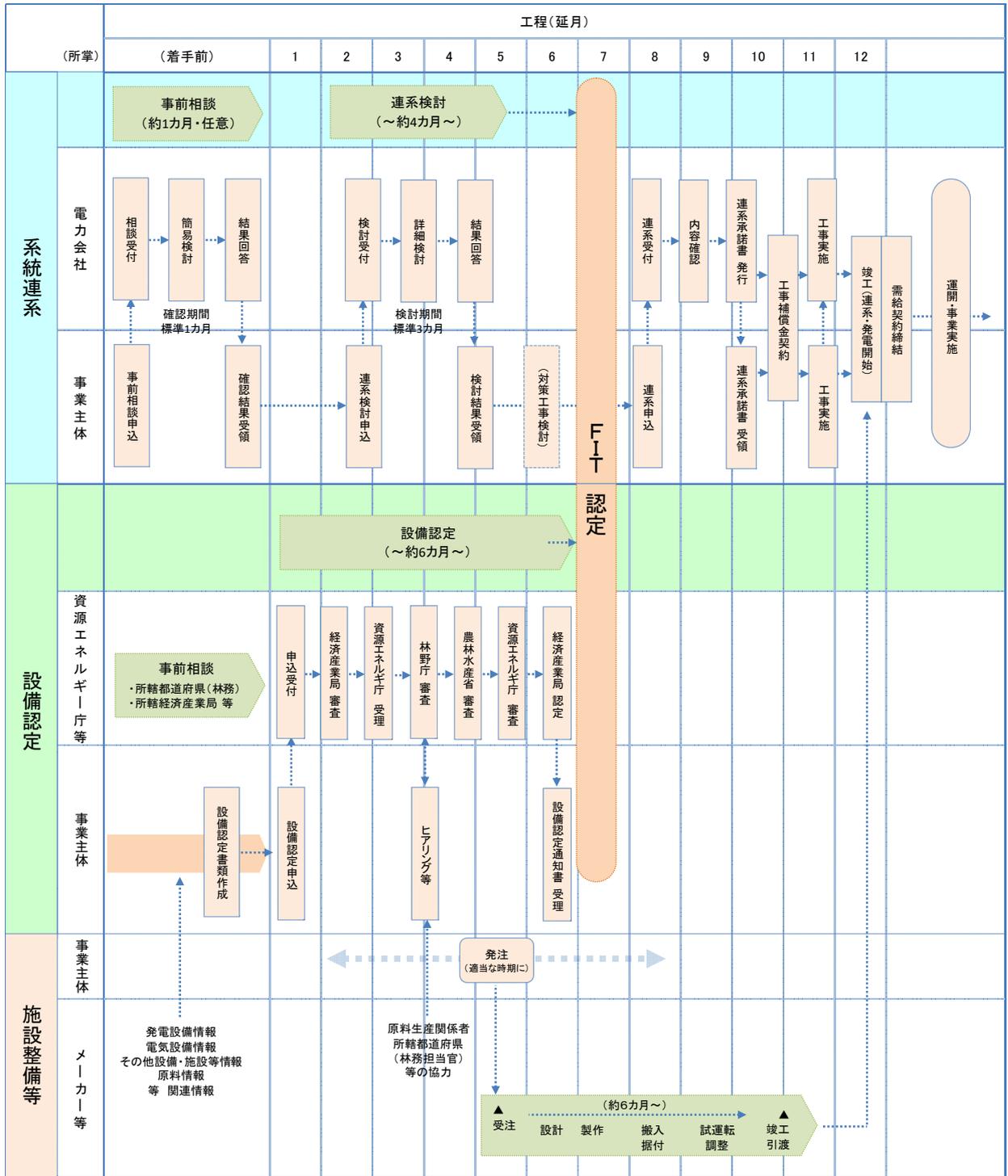
表 47 推進工程の考え方



推進工程例

- ・ 事業化に際して、系統連系手続きや設備認定手続き等も必要となる。事業化工程例を下表に示す。
- ・ 系統連系は、実際の連携検討で約4カ月程度、検討や照会状況によってはそれ以上を要することもある。なお、40kW級1基の場合、基本的には低圧連系となることから、熱容量等の関係から連系そのものが難しい場合や系統対策工事が必要となるようなケースは一般的には無いものと考えられる。

表 48 推進工程例



11. 結果の総括

- ・ 本事業では、地域の広葉樹由来資源のガス化・コジェネでの利用を中心に検討したが、現状では、広葉樹由来燃料チップの性状に由来する要因のために安定した発電が困難と考えられ、導入にはリスクがある状況と考えられた。また、経済性の面でも 40kW 1 基でふれあい広場しなの内の施設で熱利用するケースは、発電・売電のメリットは期待できるものの、熱利用のメリットが限定され、発電規模が小さいことによるコストデメリットもある中で、十分な経済性を得ることも困難と考えられた。
- ・ 直接燃焼による熱利用についても、熱利用のために必要な費用に対して熱利用メリットが限定的となることなどによりやはり経済性の面で課題がある結果となった。
- ・ 調査検討等の結果について以下に総括する。

(1) 木質バイオマスエネルギー活用を想定している調査施設

- ・ ふれあい広場しなのは、温水プール・アスレチックジム、お風呂、グラウンドやマレットゴルフ場等を有する多目的施設となっており、温水プールやお風呂で加温用の燃料を利用している。これらを木質バイオマスエネルギーでまかなうことが考えられ、主対象としては、温水プール等のあるウェルネス倶楽部と温浴施設のあるいこいの家が想定される。
- ・ ふれあい広場しなの内の既存建物（車庫）は、場合によって設備設置用の建屋として利用することも考えられる。
- ・ 地域の電力系統の状況は、発電・系統連系に照会時点（平成 28 年 12 月）では問題がなかった。

(2) 木質バイオマス燃料の性状・調製等の調査・検討

対象となる資源の特徴

- ・ 町内の森林資源は、広葉樹が面積割合で 54%（民有林）を占めるなど、広葉樹由来資源も重要な位置づけを占めると考えられる。実際の搬出・利用に際しても、用材用として針葉樹・広葉樹とも搬出されており、それらの施業時の残材などをそれぞれ調達可能と考えられた。
- ・ 針葉樹・広葉樹の性状について、製材端材と現地破碎チップ（残材部）の分析を行ったところ、有姿の状態での水分率は各々約 50%前後で、広葉樹の方が若干低いと考えられる。灰分は、広葉樹の方が高めであるが約 1%程度、発熱量は広葉樹の方が低めであるが 4,330kal/kg（低位）であり、燃料として十分利用できると考えられた。

前処理

- a. 必要な前処理操作

- ・ 森林資源を実際のエネルギー転換設備に利用する際には、形状や水分率等を調製する必要がある。
 - ・ バイオマスガス化コジェネでは、特に形状は切削チップ状に、水分率は約 15%以下に調整する必要があり、破碎と乾燥操作が必要と考えられる。
 - ・ 熱利用の場合は、生チップ対応ボイラーを選定することで乾燥は不要になると考えられるが、破碎については、同様に切削チップが前提となる。
- b. チップ化
- ・ 切削チップ化には、規模等にもよるが約 3 円/kg 程度を要すると考えられ、処理規模や稼働率等によっては前後すると考えられる。
 - ・ なお、町内の製材所で製材端材を切削チップ化して販売しており、同製材所から調達することも考えられる。
- c. 乾燥
- ・ 森林資源は、生木の状態では水分を約 50%前後含み、その乾燥には多くの熱エネルギーとコストが必要になる恐れがある。
 - ・ 乾燥コストは、主に設備費と熱源用の燃料費が大きな割合を占めると考えられ、特に燃料として化石燃料を用いた場合、コスト・環境性とも悪化するため、バイオマスなどの代替燃料を利用することが必要と考えられる。
- (3) 木質バイオマスエネルギー転換システムの調査・検討
ガス化コジェネシステム
- ・ 小規模で発電出力約 40kW 級のシステムの導入事例が国内で見られる。それぞれヨーロッパで開発された技術で、現地では多くの実績を有している。国内では、各々 1 ~ 2 か所程度の実績（平成 28 年度末時点）であるが、技術的にはエンジントラブルを招くガス中タールの低減技術等を具備しており、十分実用に供し得ると考えられる。
 - ・ 発電時に熱が約 100kW 副生し、温水・熱利用が可能である。
 - ・ 実際に 1 社のシステムでガス化試験を行ったところ、
 - 製材端材のチップについては、約 8 時間の試験稼働時間中問題なく安定的に発電が確認でき、燃料としての利用、発電には支障がないと考えられた。
 - 一方、現地破碎チップについては、ガス化炉底部の温度が低下する現象がみられ、発電が連続的に行えない結果となった。形状や性状など、現地破碎チップに特有の燃料特性が影響していると推測され、現地破碎チップの発電用燃料としての利用は、技術面の課題や適否など限定される可能性が高く、現時点では困難と考えられた。

熱利用システム

- ・ チップの熱利用システムでは、小規模の場合は切削チップが前提となる。水分率については、生チップに対応可能なボイラーもあり、現地破碎チップの利用には問題ないと考えられる。
- (4) 需要等の詳細調査・検討
- ・ 熱需要先としては、ふれあい広場しなの内の施設のほか、ガス化コジェネで燃料を利用する場合は、その乾燥工程も熱需要先として想定する必要がある。
 - ・ ふれあい広場しなの内の施設については、
 - ウェルネス倶楽部では、
 - ◇ 主に温水プールの加温で灯油を使用しており、平成 25～27 年の平均で約 35kL/年、燃料単価を 70 円/L とみた場合の燃料費では約 2,500 千円/年相当の需要がある。
 - いこいの家では、
 - ◇ 主に浴槽加温や給湯用で灯油を使用しており、平成 25～27 年の平均で約 18kL/年、燃料単価を 70 円/L とみた場合の燃料費では約 1,300 千円/年相当の需要がある。
 - 時間当たりの負荷では、両施設合計で、冬場の熱負荷が高い時期でピークは約 250kW（うち約 6 割程度がウェルネス倶楽部）、平均時で約 200kW 程度、夏場など低需要期には約 100kW 程度と考えられる。熱需要の時間帯は、基本的に昼間のみ（8～21 時ころ、冬場のみウェルネス倶楽部で夜間も最低の出力で加温）となっている。
 - ・ 乾燥熱需要については、ガス化コジェネ用に水分率 50%から 15%程度まで、乾燥後のチップで約 300t/年を確保することを想定した場合、
 - 灯油換算で年間約 34kL の燃料が必要になると推定され、熱需要規模としては、ウェルネス倶楽部とほぼ同規模と考えられる。
 - 時間当たりの負荷では、24 時間連続で乾燥する場合は、約 60kW 程度の熱負荷でコジェネから副生する熱（約 100kW）で賄えると考えられるが、乾燥設備を昼間だけなどの稼働とする場合は何らかの補助熱源が必要になると考えられる
- (5) 機器設置費用及び該当施設改修費用の算出
- ・ ふれあい広場しなの内の施設に対して、コジェネ熱利用で発電（売電）を行いながら熱利用を行うケースと、バイオマスの直接燃焼で両施設に対して熱利用を行うケースを各々検討した。

コジェネ熱利用

- ・ 40kW 級のコジェネシステムと両施設への熱利用システム、チップ乾燥設備、建屋、関連付帯設備等を想定して経済性等の検討を行った。結果、以下のような点から、経済性の面で課題があると考えられた、
 - 事業費は、約 90～100 百万円、乾燥設備や熱利用設備等の補助を見込んだ場合で約 80 百万円程度と考えられる。
 - 売電見込み量（約 300MWh）に対して、発電に要する経費は、減価償却（約 7,000 千円）を見込んだ場合約 15,000 千円/年で、発電単価は約 50 円/kWh となった。熱利用メリット（約 30kL/年、灯油単価 70 円/L で約 2,000 千円/年相当）を見込んだ場合も約 45 円/kWh で、売電単価見込み（40 円/kWh）に比して高コストとなった。
 - 経年収支では、減価償却期間中（12 年想定）は単年度収支の黒字化は困難で、20 年間の事業期間で見た場合の回収率も 100%に達することは難しいと考えられた。
 - 小規模のガス化設備では発電規模に対して、設備費やメンテナンスコストの割合が割高になる傾向があるほか、熱利用に要する配管設備等の費用に対して、ふれあい広場しなの内の施設の熱需要規模の割合が小さいため、熱利用メリットが限定された点などによると考えられる。

バイオマス熱利用

- ・ 直接燃焼による熱利用の検討を行ったところ、本ケースでも以下のような点で経済性の面で課題があると考えられた。
 - ふれあい広場しなの内の両施設に対して、200kW 級の生チップボイラーで年約 200t のチップ（生チップ）を利用して約 8 割の熱需要が代替（灯油消費量削減）できると考えられた。
 - 事業費については、ボイラー、熱利用設備等を含めて、補助（50%）を見込んだ場合で約 17 百万円と考えられる。
 - 熱利用に要する経費については、減価償却（約 3,000 千円）、燃料費（生チップ、約 200t/年・3,500 円/t で約 700 千円）を見込んだ場合に約 4,700 千円/年と試算され、想定される熱利用メリットは約 3,000 千円（約 40kL/年、70 円/L の想定）を上回ると考えられた。
 - 経年の経済性でも、減価償却期間（12 年想定）中は単年度収支の黒字化は困難で、回収率についても 20 年間の事業期間中で 50%以下にとどまると考えられる。
 - 熱利用に要する設備等の費用に対して、ふれあい広場しなの内の施設の熱需要規模が小さく、熱利用メリットが限定された点、発電と異なる熱利用以外のメリットがなく、昨今の燃料単価の傾向からも熱利用メリットの拡大も見込みづらい点などによると考えられる。

(6) 木質バイオマスエネルギーシステム構築検討

- ・ 森林から、最終的なバイオマスエネルギー利用に至るまでの全体システムについて、地域の森林組合等の協力を得ることで燃料の搬出・チップ化は可能である。
- ・ ガス化コジェネの場合は、燃料の粒度調整や乾燥が必要になると考えられ、これらはエネルギー転換設備の側で行うことが搬出木質燃料の有効利用やコジェネ側で副生する熱利用の観点から有利と考えられるが、運営側でコストや手間が増大するおそれがある。粒度調整を山林側で行うことは可能であるが、その場合、ふるい分けの残分の利用が困難になるおそれがある。
- ・ 直接燃焼による熱利用の場合は、エネルギー転換設備の側で搬出・輸送燃料を受け入れられるホッパーや燃料貯槽等の態様を具備させることで大幅な手間やコストを増大させずに利用できると考えられる。

(7) 事業運営パターンの調査・検討

- ・ 事業運営パターンについては、
 - 役割分担については、エネルギー転換利用側で燃料調製（乾燥、場合によって粒度調整）も含めて実施することが考えられる。
 - 体制としては、第3セクター等の別組織の立ち上げのほか、公営での実施が考えられる。

(8) その他付帯システム等の検討

- ・ 本町の森林資源の利活用にあたって、
 - 針葉樹由来資源は、従来の用材用のほか、地域のバイオマス発電向けなどの1次利用は安定的になされており、製材端材の地域内利用などの2次利用への展開もコジェネおよび熱利用システムのいずれでも可能である。
 - 広葉樹由来資源については、利用試験等の結果から、コジェネ用燃料としての利用やペレット化による利用には制限があると思われた。現時点では直接燃焼用ボイラーでの熱利用が基本になると考えられる。

(9) 推進方策・工程・体制

- ・ 推進方策について、
 - 針葉樹資源は、現状の利用のうち、製材端材や未利用材の町内での燃料化・利用など、本町および関連主体に双方にメリットがある条件での利用方法を確立することで、技術的な制約はなく実施し得ると考えられる。
 - 広葉樹資源については、搬出工程では効率的な収穫方法や安定した燃料調製方法が課題となる。搬出の低コスト化手法や広葉樹に適した燃料化手法を構築する必

要がある。利用面では、広葉樹の性質に由来する要因で、ペレット化による利用やガス化による利用が制限されると考えられた。現状では、薪やチップなどによる直接燃焼・熱利用に利用方法は限られるものと考えられるが、今後、広葉樹に適した利用技術の開発に取り組むことが考えられる。

- ・ 工程については、
 - 小規模ガス化・コジェネについては、大きく設備認定手続きと系統連系手続きの2つの手続きが推進工程に大きくかかわる点となり、
 - ◇ 設備認定手続きは、申し込みから認定まで約6か月
 - ◇ 系統連系手続きは、設備認定後からとなるが、それまでの間に系統連系検討を電力会社に依頼、連系条件を確認する必要があり、設備認定手続きと並行して認定前の約4か月程度の事前から電力会社との協議を開始する必要がある。
 - ◇ 設備は、発注から設置・稼働開始まで、メーカーでの在庫等にもよるが約6～9か月程度と考えられる。
- ・ 体制については、森林資源の搬出から最終利用までの関連主体の連携が重要と考えられ、広葉樹資源の燃料化・利用に際しては、利用方法によってはメーカー等との共同開発、研究等も含めて利用に向けた取り組みを進める必要があると考えられる。

12. 参考資料

(1) 発電関連の事業費の考え方

- ・ 発電設備の事業費の想定に際しては、下記のような聞き取り内容に基づいた。なお、下記は、聞き取り時点の例であり、事例が少ないことなどもあり、実際の事業化時には変動することも考えられる。

表 49 発電関連の事業費の考え方

項目	金額(千円)(内数)	備考
乾燥設備	-	含まず
ガス化発電設備	42,300	燃料サイロ含む
（燃料搬送設備）	(2,500)	
（本体）	(33,000)	ガス化炉・エンジン
（電気・計装）	(2,500)	2次側の概算・参考例
（温水冷却ユニット）	(2,500)	
（搬入・設置）	(1,000)	参考(場所、現地設置場所条件等による)
（試運転調整）	(800)	参考(条件による)
電気設備（1次側）	-	含まず
配管等設備	1,500	参考
熱利用設備	2,500	三方弁温水制御温水ポンプユニット (熱利用配管、熱交換器、制御等含まず)
プラント施設	-	含まず

聞き取りによる

「 - 」「含まず」の項は、A社の所掌外

(2) 熱利用関連の事業費の考え方

- ・ 熱利用関連の事業費の想定に際しては、下記のように参考見積（次頁以降別添）に基づいて想定した。なお、下記は、聞き取り時点の例であり、事例が少ないことなどもあり、実際の事業化時には変動することも考えられる。

表 50 熱利用設備関連の事業費の考え方

項目	金額(千円)(内数)	備考
(1) 配管設備	1,290	
掘削、埋返し	(350)	70m
配管	(400)	
ラインポンプ	(90)	
バルブ他	(100)	
設備、保温工事	(350)	
(2) 蓄熱槽	2,420	
蓄熱槽	(1,600)	
保温材等	(400)	
搬入取付	(280)	
搬入トラック	(60)	
レッカー	(80)	10t
(3) 熱交換器	773	
蓄熱槽	(773)	
小計	4,483	
消耗品	134	小計の 3%を想定
諸経費	448	小計の 10%を想定
合計	5,065	

別添参考見積による

熱利用 1 箇所当たりとなるため、ふれいあい広場内の施設（ウェルネス倶楽部、いこいの家）の 2 施設の想定ではこの倍を計上

参考資料 1 熱利用設備工事

御見積書

平成 29 年 2 月 28 日 NO 29068

信濃町 御中

下記の通り御見積申し上げます

受渡期日 平成 年 月 日
 受渡場所 _____
 取引方法 ご協議
 有効期限 30日

有限会社 寺澤工業

代表取締役 寺澤輝男

〒388-8014 長野市篠ノ井塩崎 4049-2
 TEL (026)299-3600
 FAX (026)292-8155

合計総額 **¥4,200,000**

合計総額に消費税は含まれておりません

摘要	数量	単価	金額
* 熱利用設備工事			
1.配管設備			
・掘削、埋返し工事 70m (重機他含む)	1 式	350,000	350,000
・配管 40A外面被鋼管 WHTLP 40A(150M)	1 式	400,000	400,000
・ラインポンプ 40LPD 0.75	1 台	90,000	90,000
・バルブその他	1 式	100,000	100,000
・設備、保温工事	1 式	350,000	350,000
2.蓄熱槽 SUS 2500×2500×2000H	1 台	1,600,000	1,600,000
・保温材他 (ロックウール25)	1 式	400,000	400,000
・搬入取付	1 式	280,000	280,000
・搬入トラック	1 式	60,000	60,000
・レッカー 10t	1 式	80,000	80,000
・消耗品	1 式	120,000	120,000
・諸経費	1 式	370,000	370,000
備考	小 計		4,200,000
* 概算 埋設 GL-600	合 計		4,200,000

御見積書

平成 29 年 2 月 28 日 NO 29074

信濃町 御中

下記の通り御見積申し上げます

受渡期日 平成 年 月 日

受渡場所

取引方法 ご協議

有効期限 30日

合計総額 **¥773,000**

合計総額に消費税は含まれておりません

有限会社 寺澤工業

代表取締役 寺澤輝男

〒388-8014 長野市篠ノ井塩崎 4049-2
TEL (026) 299-3600
FAX (026) 292-8155

摘要	数量	単価	金額
1 * 熱利用設備工事			
2 ◎熱交換器 (単価見積)			
3 ・プレート式熱交換器 T2-BFG	1 台	773,000	773,000
4 仕様書添付			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
備考 取付工事別途(取付場所により)	小 計		773,000
	合 計		773,000

アルファ・ラバル プレート式熱交換器

00782-08789-01-01

項目	機器・品名・仕様	数量	単価	金額
機器番号 機器名 台数(番) 受渡し 本体 型式 Ref. No. 伝熱面積 (m) 設計条件 交換熱量 (kWh) 高温側 流体名 流量 (l/min) 入口温度 (°C) 出口温度 (°C) 圧力損失 (kPa) 設計圧力 (MPa) 試験圧力 (MPa) 設計温度 (°C) 低温側 流体名 流量 (l/min) 入口温度 (°C) 出口温度 (°C) 圧力損失 (kPa) 設計圧力 (MPa) 試験圧力 (MPa) 設計温度 (°C) 流れ形式 プレート構成 (高温側) プレート構成 (低温側) プレート枚数 (全数/有効) 適用法規 プレート材質 ガasket材質 コネクション材質 コネクション口径 フランジ規格 寸法 (mm) 製品質量 (kg) 満水質量 (kg) 製作日数 特記事項	アルファ・ラバル プレート式熱交換器 1 現地車上で渡し T2-9FG 0.34 58.6 水 84 80 70 83 0.6 0.78 90 水 34 30 55 16 0.6 0.78 90 同流 1×9 1×9 19 / 17 圧力容器検査除外品 SUS316 EPDM Stainless Steel R 3/4 ニップル 140×198×380H 18 19 最終承認図ご返却後30日 ※混載便現地車上で渡し			
合計金額		1	773,000	773,000

(3) 熱利用関連（バイオマスボイラー）の事業費の考え方

- ・ 熱利用関連（バイオマスボイラー）の事業費の想定に際しては、下記のように参考見積（次頁以降別添）に基づいて想定した。なお、下記は、聞き取り時点の例であり、現地詳細条件等により、実際の事業化時には変動することも考えられる。
- ・ なお、プラント施設（レイアウト等）の参考図も併せて示す。

表 51 熱利用関連（バイオマスボイラー）の事業費の考え方

項目	金額(千円)(内数)	備考
乾燥設備	-	不要(生チップボイラー)
ボイラー設備	48,698	燃料サイロ(建屋)は別、供給設備は含む
電気設備(1次側)	-	含まず
プラント施設	-	含まず

別添参考見積（UTSR、180kW）による

「-」「含まず」の項は、ボイラー設備会社の所掌外

2017年 2月 28日

御見積書

No. 1730456-2

品名・仕様	数量/単位	単価	金額
運転方式：24時間連続全自動運転可能 着火方式：手動着火（オプションで自動点火あり） （自動点火は電気式ヒータで、条件あり） 燃焼方式：ストー方式可動火格子燃焼 燃焼効率：80% 伝熱面積：17.0m ² 燃料消費量：117.2kg/h 0.451m ³ /h 缶容量：728lit 供給電源：200V 60Hz 3Φ ボイラ電源：230V 50/60Hz 3Φ *当社にて昇圧トランス手配。 ボイラ本体寸法： 1,150×3,525×2,600(H)mm 運転質量：5,910kg（運転質量） 【装備品】 (1) 燃料積出装置（スウィーベルアーム方式） (2) 燃料搬送装置（スクリュウ方式） (3) 燃焼空気送風装置 (4) 排ガスファンと排ガス浄化装置 (5) マルチサイクロン（灰受けコンテナ付） (6) 自動灰出し装置（灰受けコンテナ付） (7) 自動煙管クリーニング装置（空圧式） (8) 樹種・含水率に対応するO ₂ （ラムダ）センサー (9) 全自動制御盤 (10) 逆火防止等の安全装置、防火用警報 （消火バルブ、感震器、消火タンク） (11) 開放タンクユニットおよび制御装置			
2. 蓄熱タンク（新設機械室内に設置） 容量：4,000lit 材質：SUS444	1基		2,690,000
3. 密閉式膨張タンク（新設機械室内に設置）	1基		798,000
4. 機器の搬入・組立・据付工事 ・4日間程度の作業	1式		3,840,000
			次頁へ

2017年 2月 28日

御見積書

No. 1730456-3

品名・仕様	数量/単位	単価	金額
5. 木質生チップ焚きボイラ廻りの計装工事 ・ 2日間程度の作業	1 式		1,730,000
6. 試運転調整 ・ 6日間程度、作業員2名程度 ・ 機器動作確認、炉内乾燥焚き、燃焼調整	1 式		2,160,000
7. 運搬費	1 式		500,000
備考1 上記見積金額には下記項目は含まれておりません			
1) 新設機械室建設に関わる建築・土木工事費			
2) 新設機械室内の配管設備工事費			
3) 既存施設機械室までの渡り配管設備工事費			
4) 電源引き込み・その他電気設備工事費			
5) 試運転時の燃料費			
6) その他、見積書に記載のない事項			
備考2 参考寸法			
1) 新設機械室・サイロ寸法：13m × 6.5m 程度			
※1 切削チップを使用した場合の寸法です			
※2 付帯設備によっては大きく寸法は変わります			
2) サイロのみの寸法：4.5m × 4.5m × H2.0m 程度			
※1 切削チップを使用した場合の寸法です			
※2 サイロは地下式RC造です。			
※3 10日間に1度のチップ搬入を想定した容量 です。			
弊社における消費税等は外税方式を採用しております。 御用命の際は消費税等を別途申し受けます。			
何卒御用命の程、御願ひ申し上げます。		合 計	¥48,698,000

