

令和2年度「地域内エコシステム」サポート事業

# 木質バイオマス熱利用・熱電併給効率化実態調査 成果報告書

2021（令和3）年3月

一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会

# 目次

1. はじめに .....	1
1.1. 本事業の目的 .....	1
1.2. 検討委員会 .....	2
1.3. 採用した諸元・用語 .....	3
2. 先行事例の実態調査と分析、整理 .....	4
2.1. 先行事例におけるトラブル実態の調査 .....	4
2.1.1. 調査手法 .....	4
2.1.2. アンケート回答結果 .....	5
2.1.3. 設備利用率とバイオマスカバー率 .....	6
2.1.4. トラブル事例の分類 .....	11
2.1.5. リスクとトラブル事例の関係と影響度 .....	14
2.2. トラブル要因の分析 .....	15
2.2.1. チップボイラにおけるトラブル内容と要因分析 .....	15
2.3. 運用実績の分析 .....	22
2.3.1. 調査概要 .....	22
2.3.2. 施設ごとの調査結果 .....	22
2.3.3. 運用実績から得られた知見 .....	27
2.4. 現地ヒアリングによる実態調査 .....	28
2.4.1. 調査手法 .....	28
2.4.2. 調査対象の選定 .....	29
2.4.3. ヒアリング結果 .....	30
2.4.4. ボイラメーカー・代理店へのヒアリング .....	42
2.5. 熱利用拡大に向けた課題と対応 .....	44
2.5.1. 高いカバー率の実現にむけた運営体制 .....	44
2.5.2. ボイラメーカーと運営者のコミュニケーション .....	46
2.5.3. 設計・計画時の課題 .....	47
2.5.4. 高性能な準乾燥チップボイラの優位性 .....	49
2.5.5. 事業主体のあり方について .....	50
2.6. コスト分析 .....	52
2.6.1. 初期費用の分析 .....	52
2.6.2. ランニングコストの設定 .....	53
2.6.3. 検討するモデルケースの設定 .....	56
2.7. 先行事例の実態調査についての考察 .....	65

3. 技術普及資料の作成.....	66
3.1. 目的.....	66
3.2. 技術普及資料の作成方法.....	67
3.3. 分科会.....	67
3.3.1. 分科会の実施状況.....	68
3.4. 編集会議.....	72
3.4.1. 編集会議の実施状況.....	72
3.5. 技術普及資料の章構成および執筆担当者.....	72
3.6. 技術普及資料の取りまとめ.....	74
4. パンフレットの作成.....	75
4.1. 木質バイオマス熱利用施設におけるトラブル事例の整理.....	75
5. 報告会の開催.....	76
5.1. 報告会の実施概要.....	76
6. 木質バイオマスボイラの効率的運営の確立に向けて.....	77

# 1. はじめに

## 1.1. 本事業の目的

昨今のエネルギーの脱化石燃料化の動きを受けて、わが国でも木質バイオマス熱の利用が進められている。林野庁で実施されている「木質バイオマスエネルギー利用動向調査」の最新のデータによると、2018年度には2,064台の熱利用用木質バイオマスボイラが導入されているとされる。しかしここ2、3年の推移をみると導入件数の伸びは一段落した状況にある。

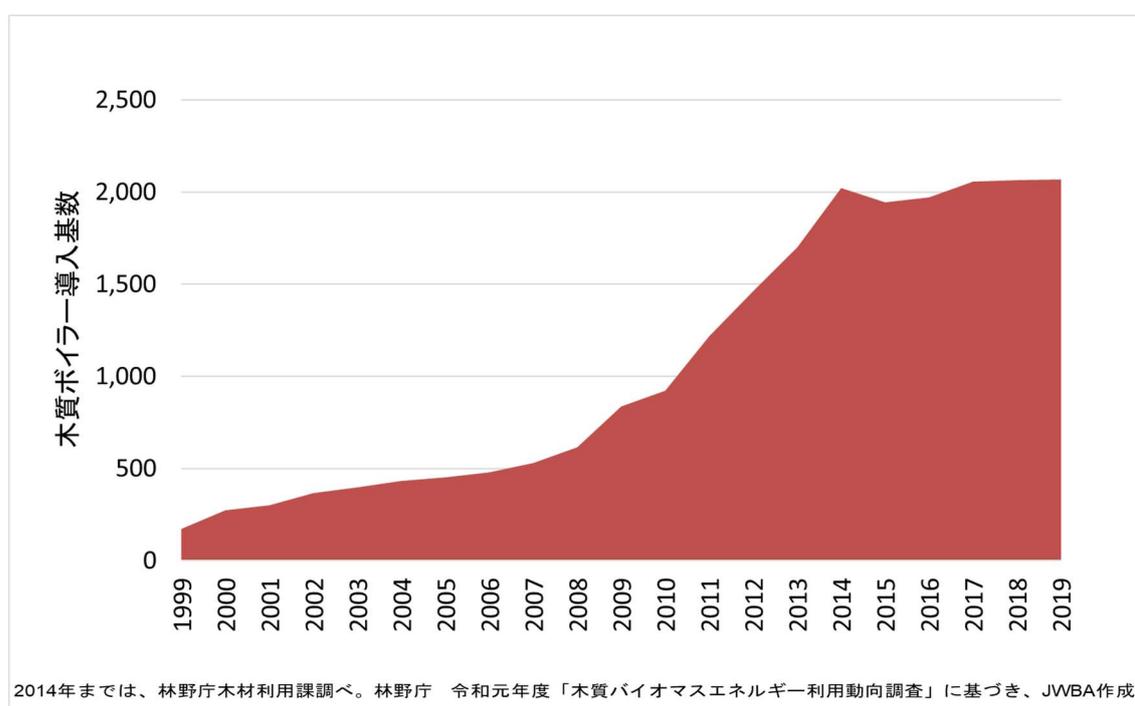


図 1 木質バイオマス熱利用施設導入状況

木質バイオマス熱利用の普及については、既に10年以上に渡って取り組まれているなかで、コストが掛かり増しになって想定した効果が発揮できていない施設・地域もあることが推測される。各地で取り組まれている実態を見ても、順調に稼働できていないとされるもの、初期の目的が達成できていないとするものが少なくない状況にあるといえる。2019年度林野庁補助事業木質バイオマス熱等面的供給実態調査事業で実施した技術ヒアリングでも、木質バイオマス熱利用関係者から事業採算性や利便性、安定稼働に関する技術面の課題が多く挙げられていた。

本事業では、①先行事例の調査・分析を通じて技術面・事業採算性面の課題を明確化し、原因分析、解決策の検討をするとともに、②木質バイオマス熱利用の標準的な技術のあり方を検討した。

①の結果は適正な木質バイオマス熱利用のための啓発活動に活かすため、わかりやすくパンフレットにまとめた。また、②の成果は専門知識を持つ技術者向けの技術資料としてとりまとめた。

## 1.2. 検討委員会

本事業では検討委員会を設置し、内容の審議や進捗管理を行った。本事業では、失敗事例を含む非常にセンシティブな情報についても扱うため、限られた人数の委員を選出し、全2回開催した。

第1回：令和2年度7月10日

第2回：令和3年度2月15日

表1 検討委員会名簿

氏名	所属・役職
遠藤 元治	富士大学 教授
久木 裕	(株) バイオマスアグリゲーション 代表取締役社長
久保山 裕史	(研) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 林業経営・政策研究領域 領域長

### 1.3. 採用した諸元・用語

本調査で使用する用語を下記にまとめる。

特に、木質バイオマスボイラのうちチップボイラにおいてはチップの水分により、機構や性能が異なるため、(一社)日本木質バイオマスエネルギー協会が策定したチップ品質規格に順じて、「生チップ」「湿潤チップ」「準乾燥チップ」と分けて整理を行った。

表 2 採用した用語の定義

分野	用語	定義
初期費用	設備工事費	機械設備・電気設備工事・給排水工事の費用
	建築工事費	建屋の建築工事・それに伴う掘削工事の費用
維持費	燃料購入費	燃料購入費用
	修繕費	専門員による定期点検費用、部品の交換費用
	光熱費	電力代、水道代などのユーティリティ費用
	諸費	固定資産税・消耗品費・人件費など
指標	バイオマスカバー率 (カバー率)	ボイラ導入後の化石燃料・木質燃料の一次エネルギー熱量の合計に対する、木質燃料の割合。
	設備利用率	年間8,760hに対するフルロード相当の稼働時間の割合 (ボイラ出力・燃焼効率・木質燃料消費量・水分(熱量)より算出)
	化石燃料削減率	導入前の化石燃料消費量に対する、導入後の化石燃料消費量の割合。(3章「運用実績の分析」で使用)
リスクの種類	運転リスク	ボイラの稼働停止の損失(関係者の反対含む)
	採算性リスク	収益の減少の損失
ボイラの種類	生チップボイラ	水分45%以上～55%未満のチップを使用するボイラ
	湿潤チップボイラ	水分35%以上～45%未満のチップを使用するボイラ
	準乾燥チップボイラ	水分25%以上～35%未満のチップを使用するボイラ

## 2. 先行事例の実態調査と分析、整理

### 2.1. 先行事例におけるトラブル実態の調査

#### 2.1.1. 調査手法

木質バイオマスボイラの運用に係るトラブル事例を収集するため、アンケート調査を実施した。

#### 1) アンケート送付対象とアンケート内容

バイオマスボイラを導入している施設のうち、燃料種・メーカー・機種・施設種類に配慮して地域 60 か所（施設数 64 か所）を選定し、アンケートを送付した。送付先の内訳は、チップボイラを 44 か所、ペレットと薪ボイラを 20 か所とした。

表 3 アンケート実施概要

項目	概要
対象	バイオマスボイラを導入した 64 か所
選定方法	燃料種・メーカー・機種・施設種類に配慮して選定 ※チップボイラ 44 か所、ペレットと薪ボイラを 20 か所
実施期間	2020 年 8 月 7 日～9 月 30 日
項目	アンケート内容
①事業の経緯	・ 事業目的、経緯
②導入効果	・ 導入前後の化石燃料・バイオマス燃料の消費量
③利用設備	・ バイオマスボイラの仕様（出力・メーカー） ・ 導入費用と内訳 ・ 稼働実績（稼働時間） ・ メンテナンス頻度、管理体
④燃料利用	・ 燃料の種類、使用量 ・ 燃料の購入単価
⑤事業運営	・ 1 年目、2 年目以降それぞれでのトラブル内容と原因、対応策 ・ ボイラ運営の課題

## 2.1.2. アンケート回答結果

アンケート送付 64 件に対し、40 件回答を受領した。回収率は 62.5%であった。

チップボイラを導入した施設については 25 件回答があり、内訳は生チップボイラ 12 件、湿潤チップボイラ 8 件、準乾燥チップボイラ 5 件であった。そのうち 16 件が公共施設である。

ペレットボイラと薪ボイラは合わせて 44 件に送付し 15 件回答があった。内訳はペレットボイラ 11 件、薪ボイラ 4 件であった。そのうち 9 件が公共施設である。

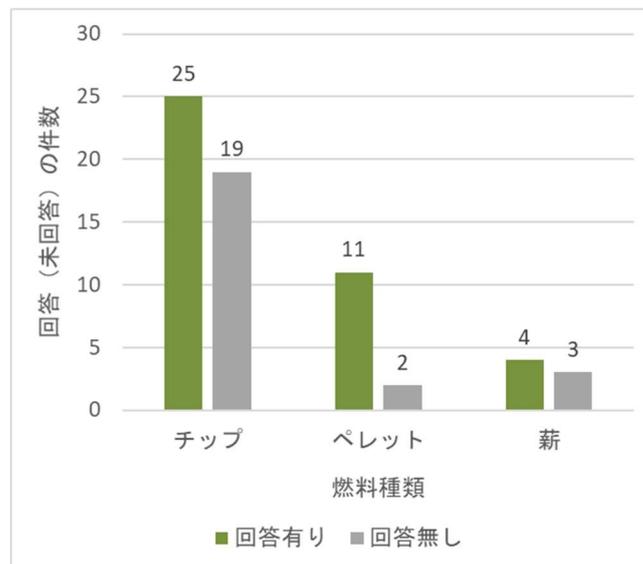
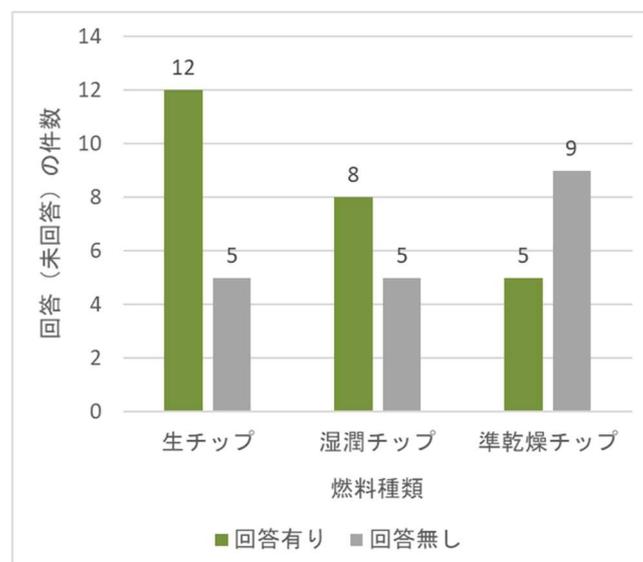


図 2 燃料種類ごとのアンケート回答結果(n=64)



※湿潤チップには、産業用の蒸気ボイラが含まれる（回答済み 4 件、未回答 3 件）

図 3 チップの種類ごとのアンケート回答結果(n=44)

### 2.1.3. 設備利用率とバイオマスカバー率

アンケート回答をもとに「設備利用率」「バイオマスカバー率」を施設毎に算出した。

ここで、バイオマスカバー率（特に断りが無い場合、以下「カバー率」）とはボイラ導入後の化石燃料・木質燃料の一次エネルギー熱量（ボイラ効率は考慮しない）の合計に対する、木質燃料の割合であり、算出式は下記の通りとした。

X1：年間の化石燃料使用量

X2：化石燃料の単位当たり熱量

Y1：年間の木質燃料使用量

Y2：木質燃料の単位当たり熱量 より、

$$\text{バイオマスカバー率} = \frac{(Y1 \times Y2)}{(X1 \times X2 + Y1 \times Y2)}$$

また、設備利用率は年間 8,760h に対するフルロード稼働時間の割合(ボイラ出力・燃焼効率・木質燃料消費量・水分(熱量)より算出)とし、その算出式は、

Z1：バイオマスボイラ出力 (kWh/h)

Z2：バイオマスボイラの燃焼効率 より、

$$\text{年間稼働時間(h)} = (Y1 \times Y2 \times Z2) \div Z1$$

$$\text{設備利用率} = \frac{\text{年間稼働時間}}{8,760\text{h}}$$

(例：100kW のボイラが年間 10,000kWh の熱を供給した場合、年間稼働時間 1,000 時間。よって設備利用率は、1,000h/8,760h=11.4%)とした。

導入施設の種類ごとに、設備利用率とカバー率の散布図を示す。

図 4 は、温浴施設での散布図である。温浴施設での木質バイオマスボイラ利用が最も多い事例であり、全て温水を給湯・濾過昇温、一部暖房に使用されている。グラフにおいては、設備利用率が低くともカバー率が高い施設が確認できる（グラフ中の左上側に位置）。

これらのケースでは、熱需要特性として負荷率が低いのが、カバー率を優先した設備導入がなされていると考えられる。これは、化石燃料から木質燃料へ転換する量の大きさを重視し、一定の余裕度を考慮して木質バイオマスボイラの出力規模を選定していると考えられる。その結果、ボイラの稼働時間が短い場合でも必要な熱需要が供給され、それに対する供給熱の木質燃料への転換がなされていると考えられる。

温浴施設での設備利用率は平均で 41%であり、年間利用時間はおよそ 3,600 時間に相当する。年間 3,600 時間とは、年間営業日が 300 日とすると一日の稼働時間が 12 時間に相当

する。3600 時間以上の稼働時間の施設では宿泊施設など、季節によらず一日を通じて熱需要が発生している施設であると考えられる。また、カバー率の平均値は 73%であった。

図 5 は、医療・福祉施設での散布図である。対象件数が少ないが、設備利用率の平均は 46%、カバー率の平均が 87%であり、温浴施設と同様の傾向と考えられる。

図 6 では、業務施設での散布図である。業務施設とは事務所・学校・会館が該当し、これらの木質バイオマスボイラの用途は全て暖房であった（今回、冷房利用の施設には回答が得られなかった）。設備利用率の平均は 10%であり、年間およそ 880 時間の稼働に相当する。今回のアンケートでは学校での利用が 5 件中 3 件を占めており、冬休み期間が多いこと、一日の利用時間が限られることが影響していると考えられる。学校での利用を除いた場合は、設備利用率は 18%であり、年間およそ 1,600 時間に相当する。

暖房利用の場合、一年を通じて冬季に利用が限定されるため、設備利用率は低い傾向にあることがわかる。一方でカバー率は 72%とほかの施設と同様の水準であった。

図 7 は工場の散布図で、全て木質バイオマスボイラによるプロセス蒸気として利用されている。設備利用率の 3 施設平均は 50%だが、1 施設は余剰な設備を保有しており、これを除くと 61%となる。61%の場合、年間利用時間が 5,300 時間となるため、平日のみの稼働（年 260 日）とすると、一日 20 時間以上の利用時間に相当する。また、カバー率は 98%（うち 2 施設は 100%で、化石燃料利用無し）であった。これらの工場では、一日、一年を通じて安定した熱負荷があり、また工場の高いコスト意識を反映し、投資回収の要請から設備利用率とカバー率を高める意図が働いていると考えられる。

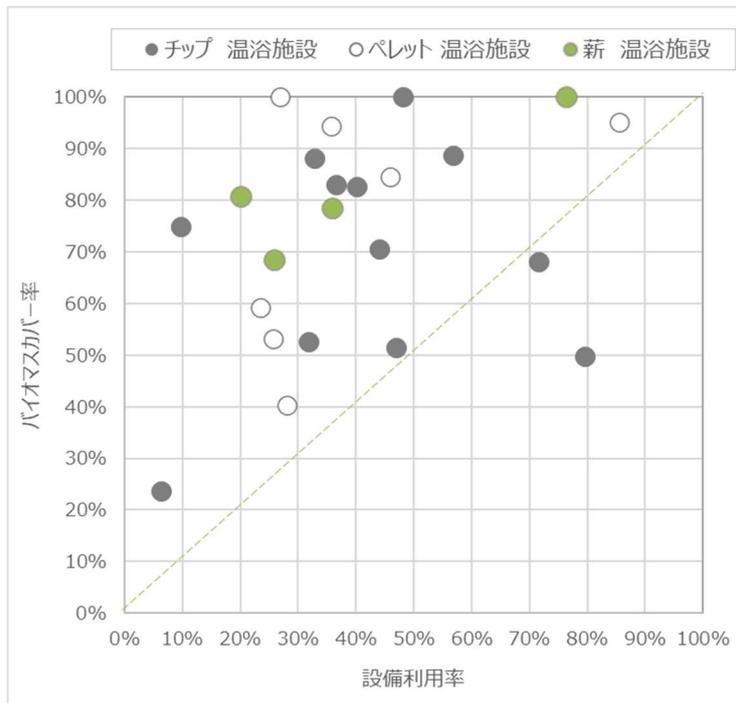


図 4 温浴施設でのカバー率と設備利用率の関係

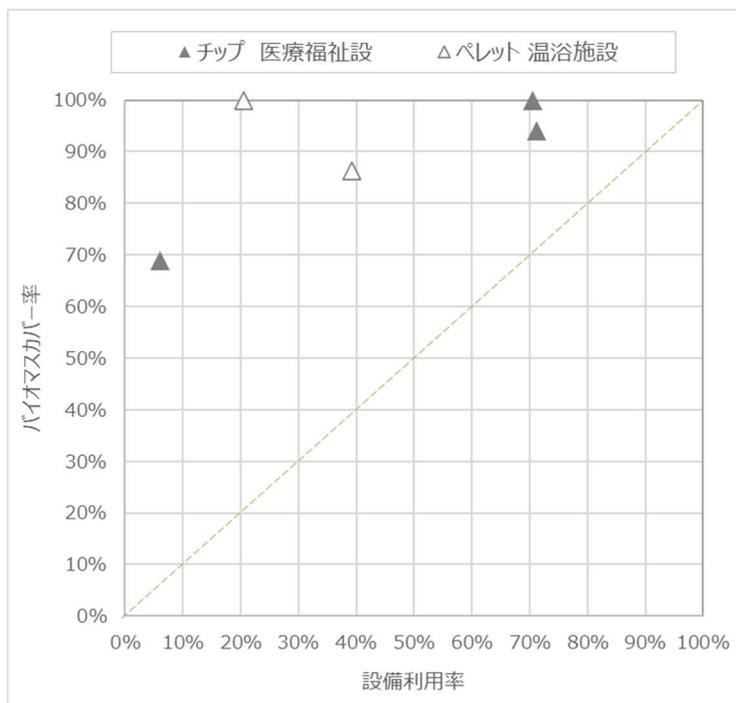


図 5 医療・福祉施設でのカバー率と設備利用率の関係

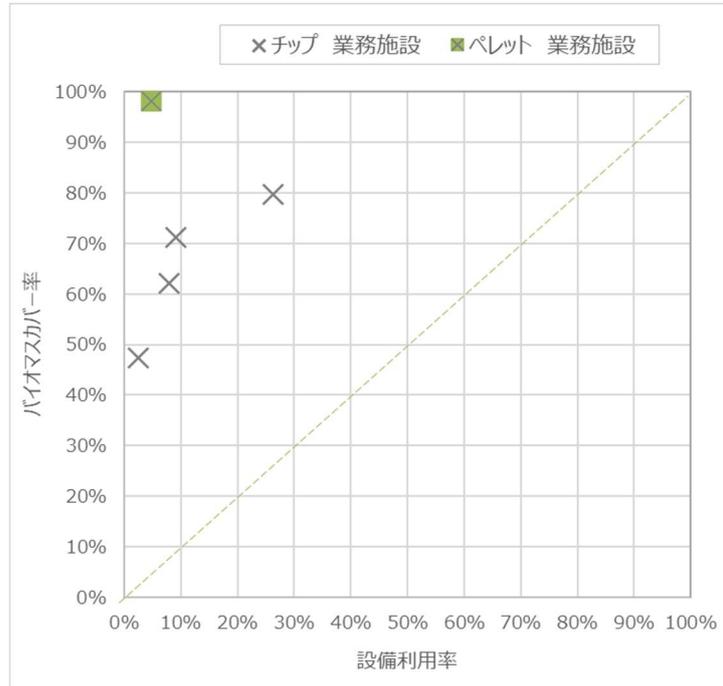


図 6 業務施設でのカバー率と設備利用率の関係

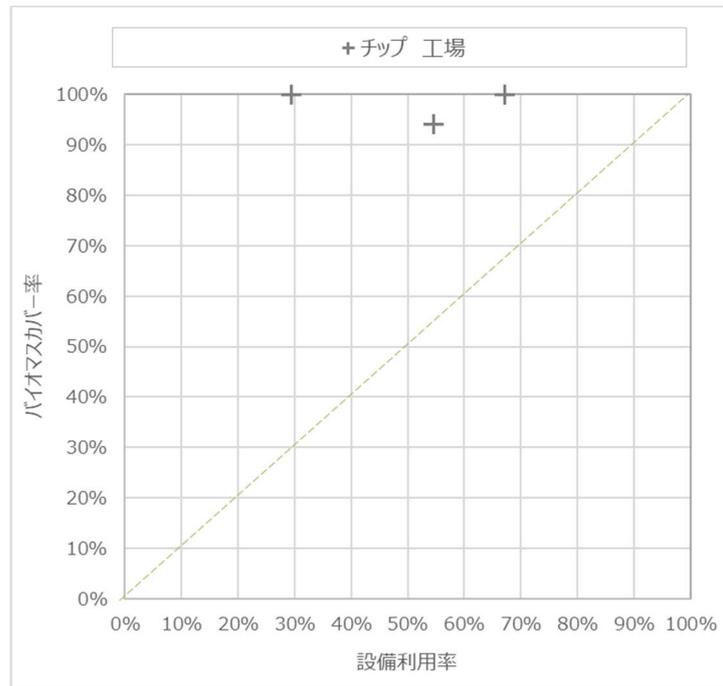


図 7 工場でのカバー率と設備利用率の関係

チップボイラの設備利用率とカバー率の散布図を図 8 に、ペレット・薪ボイラの設備利用率とカバー率の散布図を図 9 に示す。

チップボイラとペレット・薪ボイラの比較ではカバー率と設備利用率の傾向に大きな差は見られない。

後述するトラブルの分析では、設備利用率は施設の種類によって異なる為、チップボイラの対象件数が同等となるよう、カバー率の高い群(80%以上)、低い群(80%未満)に分類した。カバー率の算出が不可能な 1 件を除き、両群とも、対象件数が 12 件となっている。

一部施設でカバー率が 50%未満と低い理由は、ボイラが過度に大きい、意図的に稼働制限していることが回答内容からわかった。

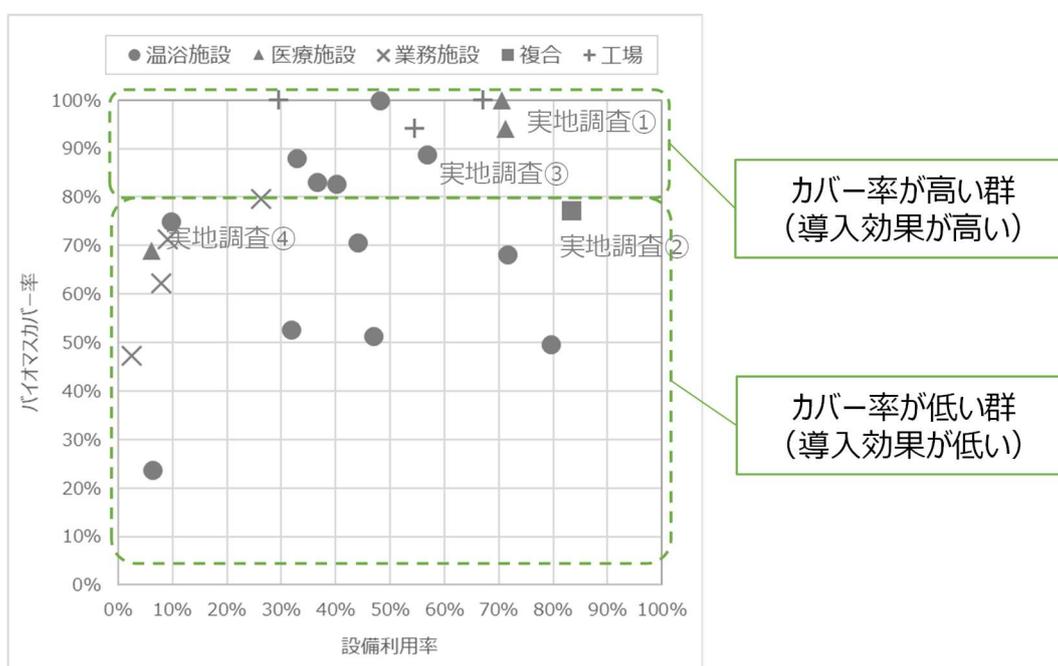


図 8 チップボイラ(温水・蒸気)の設備利用率とカバー率

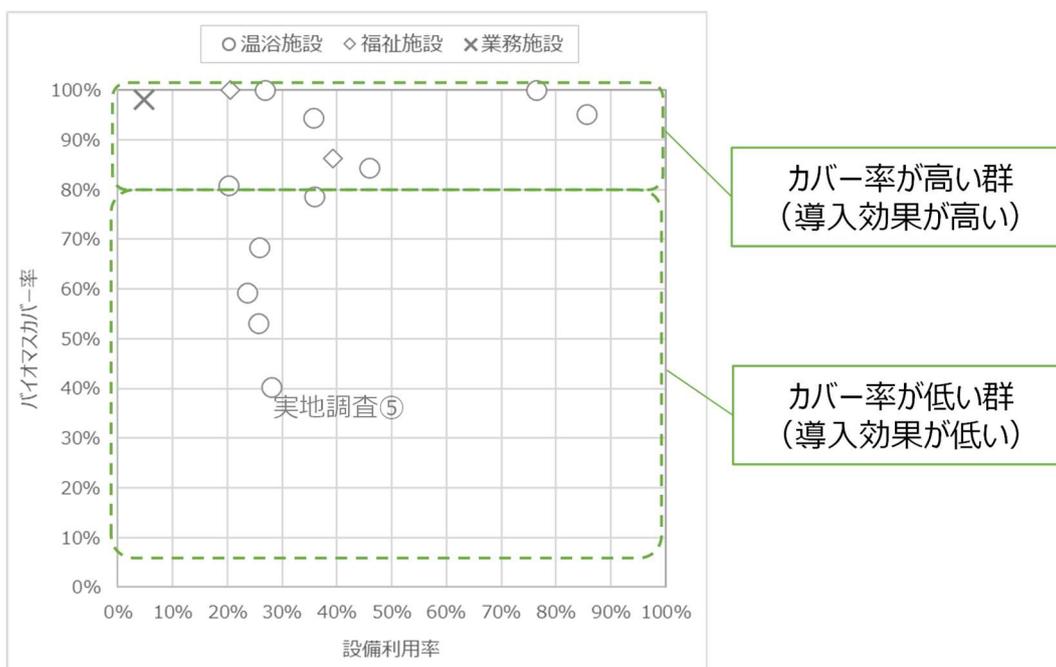


図 9 ペレット・薪ボイラの設備利用率とカバー率 (アンケート回答結果)

#### 2.1.4. トラブル事例の分類

調査に先立ち、採算性リスク・運転リスクにかかわるトラブルと誘起する要因をまとめた。

トラブルの発生においては、直接のトラブル内容を把握するとともに、これを引き起こした要因を把握することが安定したプラント運営には重要である。顕在化したトラブルへの対応のみでは根本的な要因や課題が放置されてしまう恐れがあり、同様のトラブルが継続的に発生する可能性があるためである。

本調査では、木質バイオマス熱利用に特徴的に発生し、効率的運営に必要な要素や知見を収集・整理するため、事業運営の採算性に影響を与える「採算性リスク」と熱利用におけるプラント運営に影響を与える「運転リスク」に焦点を当てた。

採算性リスクでは、燃焼効率が低下し木質燃料の購入量が想定以上に増加すること、木質バイオマスボイラの周辺機器が過剰に運転する (又は不適切な制御により)、ユーティリティ費用の上昇など、想定以上に運営コストが上昇すること等を想定した。

運転リスクでは、想定外の機器故障が発生すること、木質燃料の搬送の異常停止等を想定した。

これらリスクを引き起こすトラブルの内容は本調査では11の分類にまとめ、アンケートから把握したトラブル事例を分類し分析を行った。本調査では、「価格メリットの縮小」「関係者の反対」として想定したトラブル事例は把握することができなかった。

表 1 想定したトラブルの分類と発生例

トラブルの分類		具体的なトラブルの例
維持費 に関わる もの	価格メリットが縮小	・化石燃料の価格低下 ・チップの価格上昇 (維持費に関わるトラブルでほかに該当しないもの)
	燃焼効率低下	・燃焼効率低下による機能低下 ・失火が発生
	無駄な運転発生	・ポンプが不必要に稼働 ・既存の化石燃料ボイラーが稼働してしまう
	燃料調達不可	・燃料の供給元が事業停止した ・調達コスト増加した
	追加運用の発生	・サイロが小さく、燃料の投入頻度が増加した ・チップの管理・乾燥の手間が追加
運転に 関わるもの	想定外の故障	・ボイラーメーカーの推奨修繕計画にない部品の破損 (運転に関わるトラブルで他に該当しないもの)
	搬送の停止	・搬送部でのチップの詰まり ・センサーの異常による搬送停止
	交換部品の遅配	・代替部品が届かない ・メーカー等の対応が十分になされない
	タール・煤・煙の発生 (クリンカ含む)	・燃焼不良による煙やタールの発生 ・クリンカ発生による異常停止
	火災の発生	・逆火の発生 ・未燃物が灰受けに貯まる
	関係者の反対	・周辺住民の反対 ・ばい煙基準値の逸脱

また、これらのトラブルを引き起こした要因を表 2 のように 9 つの要因に分類した。これらの要因は、現象としてのトラブルの分類と一対一の関係ではなく、1 つの要因が複数のトラブルにつながるものが想定される。

発生するリスクとトラブル、それらを誘起する要因の関係を図 10 に示す。ここに例示したように、事業者が被る損失の背景には、トラブルの事象と要因がある。まず、発生するトラブルと損失がどのような関係か、影響度の大きさを把握し、次に、トラブルや事故の内容とこれを誘起する要因との関係を把握した。そのうえで、誘起する要因の対応策について検討を行った。

表 2 想定した要因の分類

要因の分類		具体的な要因の例 ※ ( ) 内は、関連するトラブルの例
外部環境	外部環境の変化	化石燃料の価格が低下 (価格メリットの縮小)
	熱需要の変動・停止	需要側施設の廃止・撤退、熱需要が想定より変動する (価格メリットの縮小)
燃料	燃料水分が不適合	高水分による燃焼不良 (燃焼効率低下) 過乾燥の燃料による異常燃焼 (火災の発生)
	燃料の規格外・異物発生	チップの規格外による搬送部の詰まり (搬送の停止) 粉塵によるセンサーの異常 (搬送の停止)
	燃料品質の変動	過乾燥チップによる燃焼温度上昇と消耗 (想定外の故障)
	燃料の競合発生	燃料の調達コスト増加 (価格メリットが縮小)
設計・運営	設計・施工の経験不足	ボイラーの不適切な初期設定 (燃焼効率低下・無駄な運転発生)
	O&Mの経験不足	修繕計画を実施しない (タール・煤・煙の発生) プラント周辺が高温多湿など環境が不適切 (想定外の故障)
	熱の需給の不一致	蓄熱タンクを設けず、熱負荷の平準化がなされない (燃焼効率低下)

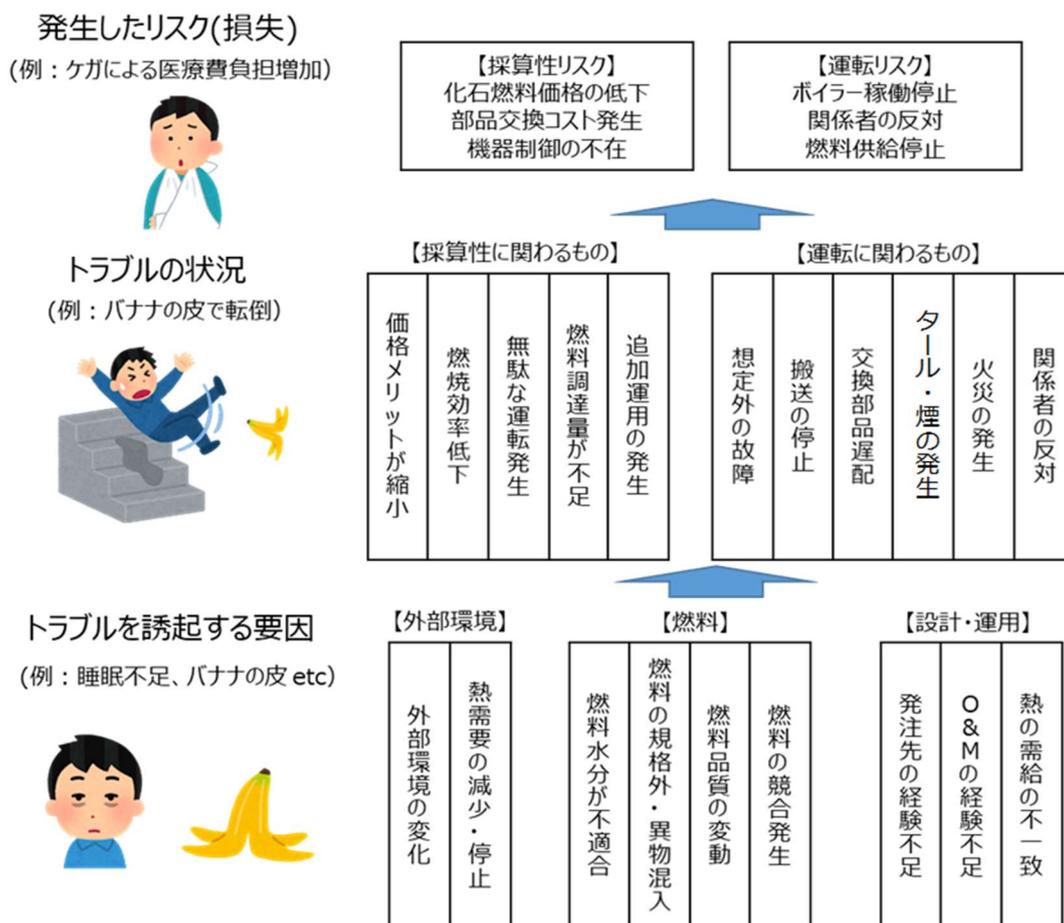


図 10 採算性リスク・運転リスクにかかわるトラブルと誘起する要因

## 2.1.5. リスクとトラブル事例の関係と影響度

トラブル事例ごとのリスクの影響度については、アンケートを中心とする本調査で分析的に把握することは困難であるため、想定されるトラブル分類ごとのリスクレベルを設定した。

各々のトラブルの要因とリスクレベルの例を表 3 に示す。リスクレベルは「大：事業停止、又は週単位の発生」「中：大規模の交換、又は月単位の発生」「小：一部の交換、又は年数回の発生」と定義した。灰色で示した部分は、今回は把握できなかったリスク・事象である。

木質バイオマスボイラを導入する事業においては、運転リスク対策は大前提となる。そのため、火災の発生などは事業運営そのものを中止するレベルを運転リスクレベル「大」とした。機器の故障や搬送の停止、タール・煙の発生、関係者の反対は運転リスクレベル「中」とした。

一方で、運転リスクレベルは採算性リスクとは異なる影響度があると考えられる。ここでは発生した場合に対応策を講じても追加コストが発生しつづけるものとして、火災の発生、関係者の反対については「中」とし、機器の故障や搬送の停止、タール・煙の発生については、トラブル対応し復旧するまでの時間も短く、採算性への影響は軽微にとどまると考えられ概ねリスクレベルは「小」と判断した。それぞれのトラブルによって引き起こされるリスクについて、事業開始前、開始後ともに対策を講じ、リスクをゼロにする、又は残留リスクがある場合は追加対策（保険・保証・保有）をする必要がある。

表 3 各々のトラブルの要因とリスクレベルの例

項目	事故の内容とリスク分析				
	トラブルの内容	誘因する要因の例	誘因する状況の例	採算性リスクのレベル	運転リスクのレベル
採算性リスク	価格メリットの低下	熱需要の減少・停止 外部環境の変化	需要側施設の廃止・撤退、熱需要が想定より変動する 化石燃料の下落	中	-
	燃焼効率低下	燃料水分が不適合	高水分燃料の投入、海外製品を開放への改造による錆び発生	中	-
	無駄な運転発生	発注先の経験不足 O&Mの経験不足	適正な制御がされない、季節毎の設定がされない	小	-
	燃料調達量が不足	燃料の競合発生	競合による需要圧迫、調達コスト増加	中	-
	追加運用の発生	発注先の経験不足	サイロにチップを投入できない	中	-
運転リスク	想定外の故障	発注先の経験不足 O&Mの経験不足 燃料水分が不適合	ボイラメーカーのメンテナンス表の不適合 適正なメンテナンスがされない 過乾燥チップによる炉内部品の消耗	小	中
	搬送の停止	燃料の規格外・異物混入	チップ内にオーバーサイズ・異物の混入	小	中
	交換部品の遅配	発注先の経験不足	海外製品のため、部品調達に時間がかかる	小	小
	タール・煙の発生	燃料水分が不適合 熱の需給の不一致	高水分による燃焼不良 需要先の熱負荷の変動が大きく、追従できない	小	中
	火災の発生	燃料水分が不適合	過乾燥による逆火発生、初期調整の不足	中	大
	関係者の反対	燃料品質の変動	周辺住民の反対、高水分による燃焼不良	中	中

## 2.2. トラブル要因の分析

### 2.2.1. チップボイラにおけるトラブル内容と要因分析

チップボイラにおけるトラブルについて、発生時期を「稼働 1 年目」「稼働 2 年日以降」に分類し整理したものを、表 7 に示す。

表 4 アンケートで得られたトラブル事例まとめ

分類	内容	原因	年次
想定外の故障	燃料切れによる装置停止	公園の担当者の確認頻度が少なかった	1年目
"	汚れによる着火エラー	着火センサーが汚れたことによる	1年目
"	灰受けBOXに灰がたまる	公園の担当者の確認頻度が定まっていなかった	1年目
"	コンペアラインのセンサー汚れて燃焼停止発生	チップ屑の定期清掃	2年目以降
"	センサー、耐熱レンガ破損	経年劣化・摩耗他	2年目以降
"	チップ搬送機の破損	チップを詰めすぎて破損した	2年目以降
"	バックアップボイラーの追従不良により湯温が低下	動作確認の不足	1年目
"	メーカーメンテ後に炉内圧力のエラーが頻発	炉内の部品が正しく取り付けられていない	1年目
"	ハウス温風ヒーターの熱交換機の熱効率が低下 (熱交換ができない)	設計段階において、一部既存施設の熱供給配管の受け側に熱交換器の設置が無かったことで、老朽化した施設配管内の錆が混入した	2年目以降
"	耐火レンガの故障	施工業者の技術不足	1年目
"	想定より都市ガスの削減量が少ない	既存ボイラー側の温度設定が高かった。	2年目以降
"	炉内の損傷	経年劣化	2年目以降
"	ボイラーからの水漏れ プッシュャーの破損 ポンプの破損		
"	火格子油圧の破損	(記載なし)	2年目以降
"	機材の老朽化	(記載なし)	2年目以降
"	センサーなどの故障	懸念劣化	2年目以降
"	積算流量計の故障	直接水に触れるものは壊れるやすい認識がなかった	2年目以降
"	炉内のチェーン、プレート劣化、ボイラー内モータ、ヒーターの故障	(記載なし)	2年目以降
"	機器の故障、耐火レンガの損傷	ホコリ、周辺温度など周辺環境による劣化	2年目以降
"	チップ水分が高く、着火装置エラー	チップ納入業者のチップの管理が、野積みであったため、降雨時は含水比が高い時があった	1年目
"	チップ水分が高く着火不良	チップの水分の管理徹底	1年目
燃焼効率低下	フィルター目詰まりによる燃焼エラー	フィルター目詰まり	1年目
"	フィルター目詰まりによる燃焼エラー	フィルター目詰まり	1年目
"	チップ水分による不完全燃焼	水分が高い	1年目
"	チップ水分による不完全燃焼	良いチップを供給する	2年目以降
"	チップ水分による不完全燃焼	業者と調整	2年目以降
燃料調達不足	燃料の確保が思ったより困難	(記載なし)	1年目
"	チップ製造機の故障		
"	チップ製造の停止	チップ製造者のトラブル・事業停止	2年目以降
"	チップ単価の上昇	発電所の運転	2年目以降
搬送詰まり発生	チップの水分が高く搬送量が低下しエラー	サイロダンパーの調整	1年目
"	最初の2-3か月、つまりが発生	チップに不定形の長い木が混入していた。	1年目
"	異物が混入して搬送トラブル	運搬時に金属破片やタロルなどの混入	1年目
"	コンペアにチップが詰まる	チップ形状の調整	1年目
"	チップサイズが大きく詰まりが発生	業者と協議し改善	1年目
"	スクリーコンペアに長尺チップが混入	スクリーコンペアの燃料センサー部分に長尺チップが詰まり、センサーが感知し、コンペアが停止し燃料が送られない	1年目
"	年に数回の詰まりが発生	時折、不定形のチップが重なってチップが落ちない	2年目以降
"	大きいサイズのチップによる搬送トラブル	細い木や枝ばかりの原料をチップ化すると、チップ機のスクリーンを滑り抜けて長い木が混入。	2年目以降
"	規格外サイズのチップの詰まり	業者に規格の徹底	2年目以降
"	搬送系の詰まりが年に1回程度ある	剪定枝チップなので形状が不均一で長物がある。	2年目以降
"	ボイラーにチップを供給する装置にチップが詰まった。	チップの破砕が規格通りではなく、樹皮が混入した。	2年目以降
"	スクリーコンペアに長尺チップが混入	スクリーコンペアの燃料センサー部分に長尺チップが詰まり、センサーが感知し、コンペアが停止し燃料が送られない	2年目以降
無駄な運転発生	ボイラー停止でもポンプが稼働している	ポンプの運転設定がタイマ設定（入切、手動モード）で運転時間中回り続けていた。	2年目以降
"	温水動力ポンプの電力代が高額で、インバータ制御を追加	需要家側の熱需要量に関係なく24時間定格で温水動力ポンプが動いており、広範囲な地域熱供給のため、系統も多く無駄な電気代がかかっている	2年目以降
追加運用の発生	サイロが小さく、ダンパでの投入が難しい	ホッパーの容量不足、投入方向検討不足	1年目
"	灰に重金属が混入	炉内部品がステンレスに変更されたため	2年目以降
タール・煙の発生	チップ水分が高く煙が発生	チップ水分が高かった。 (メーカーの「生木でも燃える」を信用した)	1年目
"	白煙、タールが発生し、排風機が破損	チップ水分が高かった。	1年目
火災の発生	逆火の発生	過乾燥により異常燃焼するため	1年目
交換部品の遅配	海外品の為部品交換に時間を要する	(記載なし)	1年目
"	ボイラーのメンテナンス体制や部品供給体制の構築に時間を要する。	年間メンテナンス費用について不明瞭だったため。	1年目
"	海外品を日本製に制作しており部品が届かない	(記載なし)	2年目以降

稼働実績をカバー率でとらえ、カバー率の高い群(80%以上)、低い群(80%未満)についてそれぞれトラブル内容を整理すると、1年目はどちらの群でも様々なトラブルが発生しているが、カバー率が高い群では2年目以降が「搬送の停止」「燃料調達が不足」「想定外の故障」に収れんしている。一方で、カバー率が低い群では2年目以降も「無駄な運転発生」「燃焼効率低下」「追加運用の発生」などが継続している。これは、具体的にはチップ水分が高いことによりセンサー汚れが想定より高く、装置停止が発生するなどのケースが確認された。

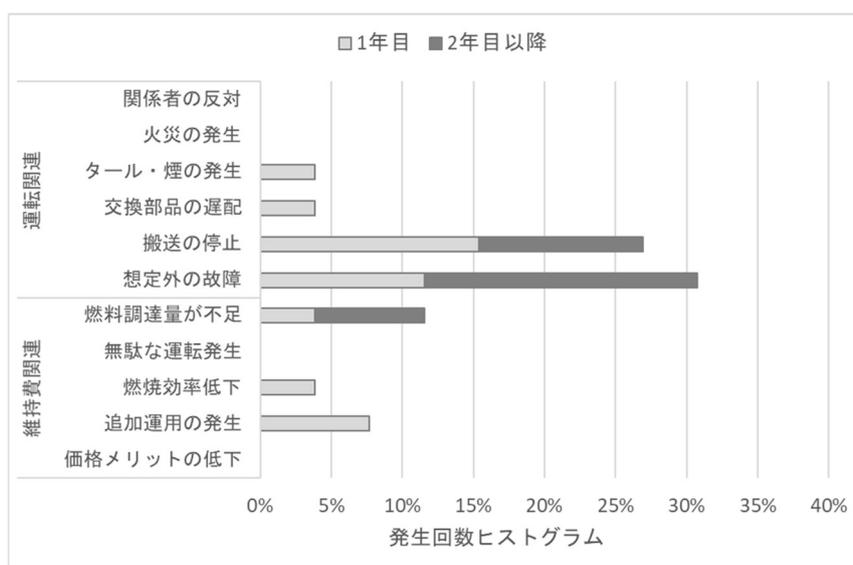


図 11 チップボイラのカバー率が高い群でのトラブル発生頻度

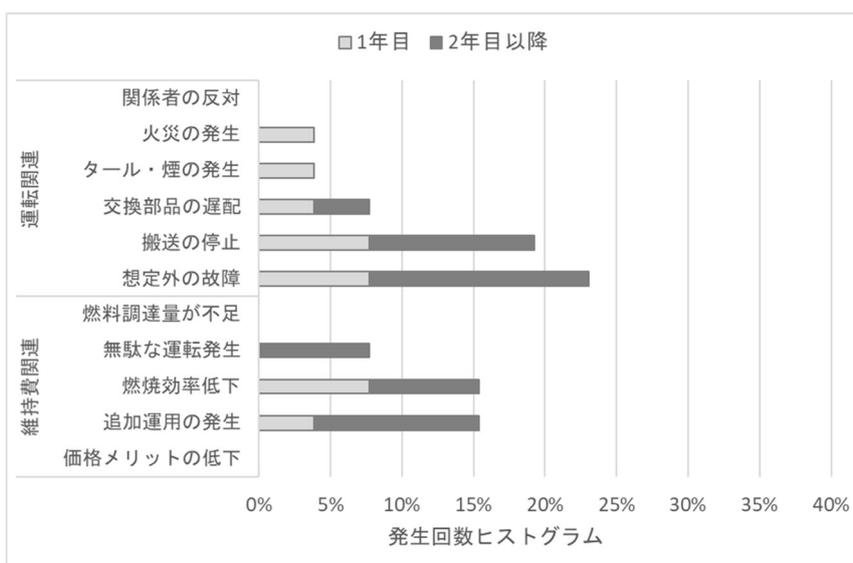


図 12 チップボイラのカバー率が低い群でのトラブル発生頻度

チップボイラのトラブルを誘起した要因について整理すると、1年目は「発注先の経験不足」「O&Mの経験不足」「燃料水分が不適合」「燃料の規格外・異物混入」により、多種のトラブルが発生している。特にカバー率が低い場合では、ボイラメーカーの不備で交換部品が届かない、過乾燥チップで逆火が発生など、トラブルが比較的深刻かつリスクレベルが高い状況に発展している。全体として、原因としてはチップ水分が高いことによる煙の発生、燃焼効率低下、チップへの異物(金属片等)の混入のほか、稼働のごく初期に調整不足でのトラブルになるものが多い。

2年目以降は、カバー率が高い群では、発生するトラブルの種類が絞られている上に要因も限定されており、初期に発生したトラブルを根本原因にあたり適切に対応していることが予想される。カバー率が低い群では2年目以降も「発注先の経験不足」「O&Mの経験不足」が複数トラブルを引き起こしている。

トラブルを誘起した要因別にみると2年目以降も「燃料の規格外・異物混入」、「燃料の競合発生」「発注先の経験不足」「O&Mの経験不足」によるトラブルはどちらにも共通して一定頻度で発生している。

各種トラブルに対応した後もリスクが残らないことが理想的だが、リスクが残る場合もある。経験不足によるトラブルの対応後の残留リスクを表5に示す。

発注先(設計や設備メーカー、施工業者)の経験不足による運用の変更や追加コストの発生、発注先(ボイラメーカー)の経験不足により適正なメンテナンス・部品供給が受けられない、設備の老朽化による故障の発生などが挙げられる。ただし、この内容は運転者側からの回答に基づいており、運転者側の瑕疵を把握できてない可能性は排除できない。

O&Mの経験不足によるトラブルは、発生頻度は多いが、メンテナンス事項を整理・徹底して対応できると考えられる。

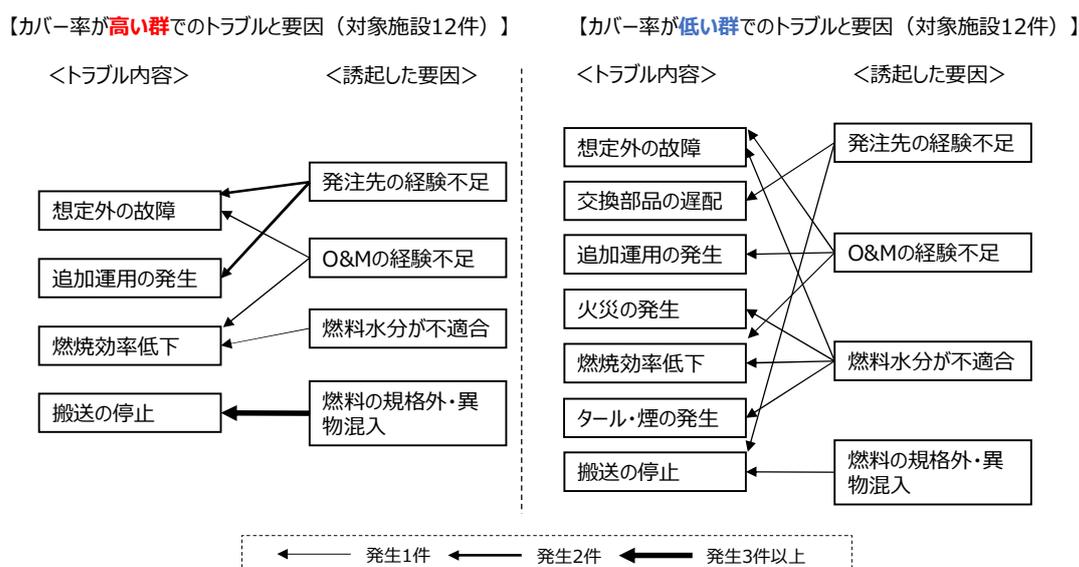


図13 チップボイラのトラブルを誘起した要因(1年目)

【カバー率が**高い群**でのトラブルと要因（対象施設12件）】

【カバー率が**低い群**でのトラブルと要因（対象施設12件）】

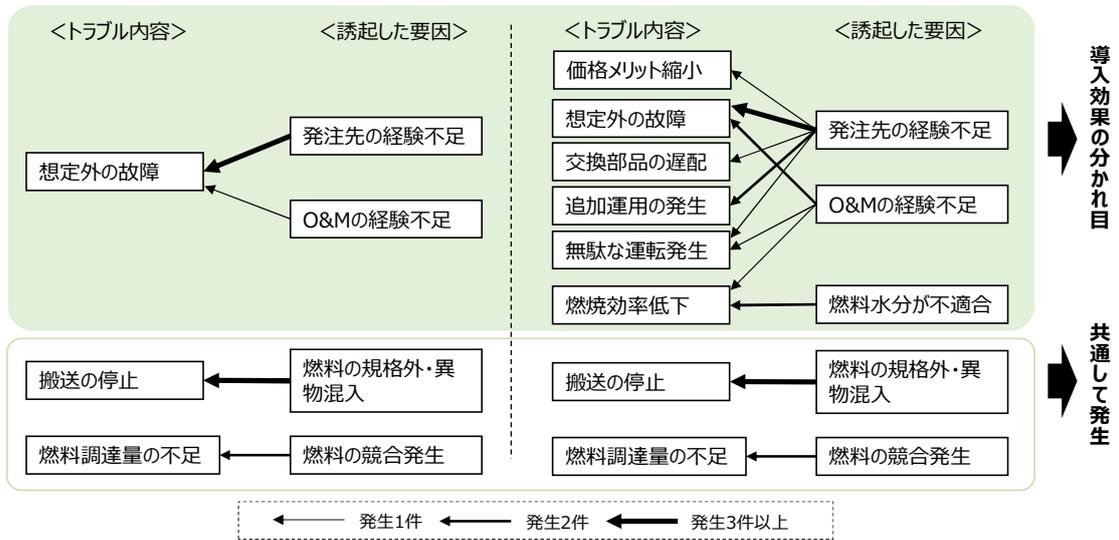


図 14 チップボイラのトラブルを誘起した要因(2年目以降)

表 5 経験不足によるトラブルの対応後の残留リスク

要因の分類	起きたトラブル	トラブル内容と対応			残留リスク
		内容	関係者	対応	
発注先の経験不足	想定外の故障	機器、センサー類の故障 老朽化による耐火レンガの破損	メーカー	メーカーにて交換・修理	修繕費の増加
		既存施設の配管の錆が混入して、周辺機器を損傷	設計	混入しないよう熱交換機を追加	(改修費の負担増)
	火災の発生	チップが過乾燥で、逆火が発生(稼働初日)	メーカー	消火作業・送風量の調整	-
	想定外の運用	灰に重金属が混入し、処分費増加	メーカー	炉内のSus部材を鋼鉄製に変更	-
		サイロが小さく投入できない	設計	車両をローダーに変更	運用の変更 修繕費の増加
	価格メリットが縮小	想定した都市ガスの削減が未達成	設計	既存ボイラーの温度設定を調整	-
	交換部品の遅配	ボイラーを輸入しており、部品供給が遅れる	メーカー	協議を継続、地元業者でメンテナンス、予備品を確保する	修繕費の増加 装置停止
無駄な運転の発生	温水ポンプが常時運転の為、電力代が高い	設計	インバーター制御を追加	(改修費の負担増)	
O & Mの経験不足	想定外の故障	センサーの汚れによる着火エラー チップの投入量が多く、機器が破損	運転者	定期的な清掃・交換を実施 作業内容のマニュアル化	-
	燃焼効率低下	排ガスフィルターの詰まりにより燃焼エラー	運転者	フィルターの定期清掃	-
	無駄な運転の発生	温水ポンプが終日運転に誤って設定され、電力代が高い	運転者	季節毎に設定確認とモード切替	-

※ここでは、代理店もボイラメーカーとして扱っている。

なお、ペレット・薪ボイラでは「想定外の故障」「燃焼効率低下」が最も多く、前者は機器故障によるもの、後者はペレット品質による不具合や調整によるものであった。

ペレット・薪ボイラでは、燃料の搬送が比較的容易(薪では搬送設備が不要)であること、燃料品質が比較的均一であることから、チップボイラに比べてトラブルの種類は限定されている。しかしながら、カバー率が低い群では、トラブルの種類が多様であり、タール・灰の発生、追加運用の発生などのトラブル対応が発生している。

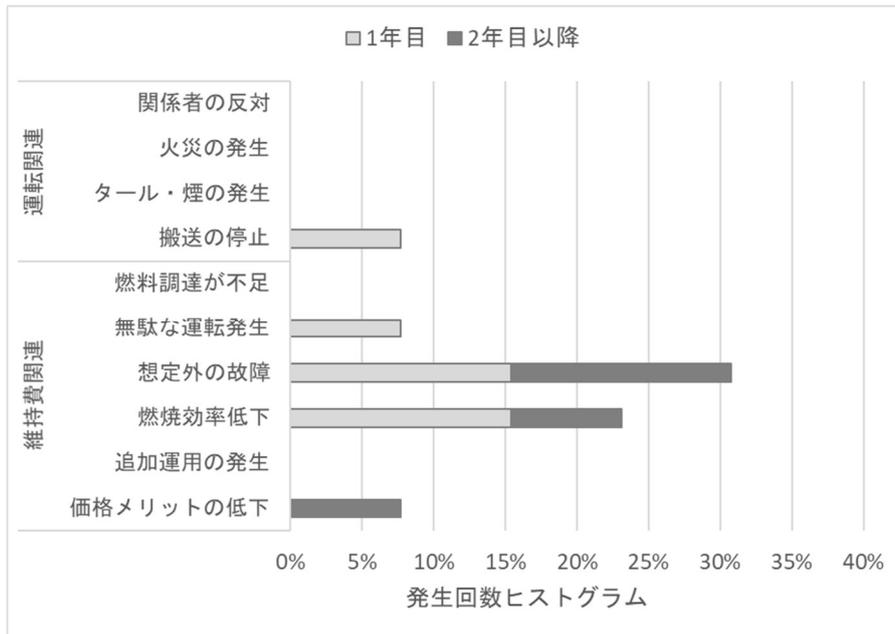


図 16 ペレット・薪ボイラのカバー率が高い群でのトラブル発生頻度

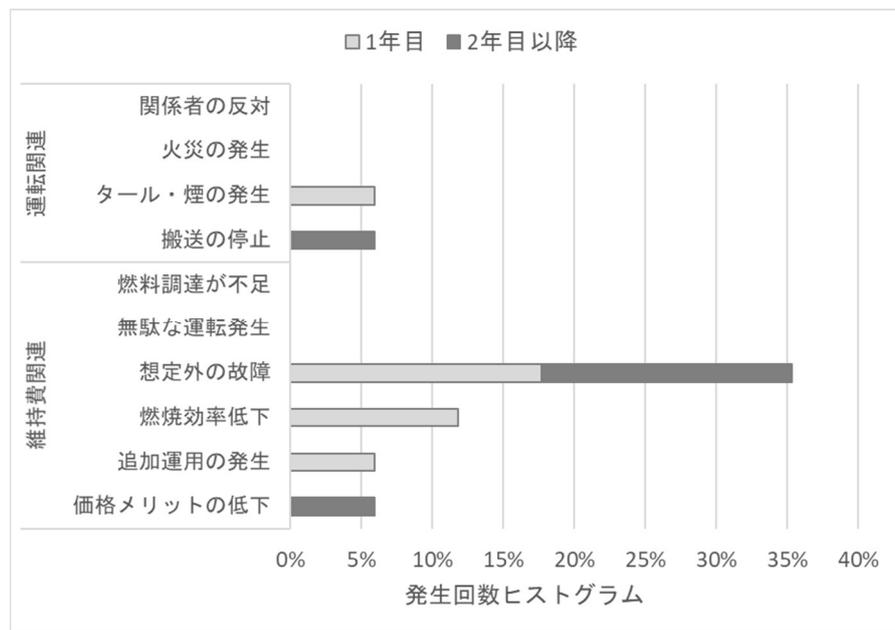


図 16 ペレット・薪ボイラのカバー率が低い群でのトラブル発生頻度

## 2.3. 運用実績の分析

### 2.3.1. 調査概要

木質バイオマスボイラの運用実績として、チップボイラを対象に、ボイラ導入前の化石燃料と導入後の化石燃料と木質燃料の使用量に基づき、化石燃料の削減率（導入前の化石燃料消費量に対する、導入後の化石燃料消費量の割合）を算出した。また、木質燃料と化石燃料の一次投入エネルギー量（ボイラ効率是非考慮）の総計について導入前後でも比較した。

これらに基づき、木質バイオマスボイラ導入による導入目標と実績の差異について原因を分析する。

本調査では、アンケートでは目標値の回答が十分に得られなかったため、追加で電話ヒアリングも実施して要因について詳細に把握をすることとした。

本調査で得られた 4 件の事例について、木質バイオマスボイラ導入前後での燃料消費量と目標との差異についてまとめたのが、表 6 である。

表 6 導入前後での燃料消費量と目標値との差異

No	化石燃料	導入前		導入後				結果		
		導入前使用量	導入前熱量	導入後の化石燃料使用量	導入後の化石燃料熱量	導入後の木質燃料使用量	水分 (%)	導入後の木質燃料熱量	削減率実績	削減率目標値
①	灯油	188,200 L	1,824,494 kWh	7300 L	70,769 kWh	445 t	35	1,447,500 kWh	96%	98%
②	灯油	95,000 L	920,972 kWh	10200 L	98,883 kWh	314 t	50	731,500 kWh	89%	75%
③	A重油	128,300 L		12,000 L						
	LPG	41,560 m <sup>3</sup>	2,506,663 kWh	2,200 m <sup>3</sup>	186,367 kWh	1,250 t	50	2,916,667 kWh	93%	90%
④	A重油	138,000 L	1,422,167 kWh	15500 L	159,736 kWh	391 t	35	1,269,840 kWh	89%	84%

### 2.3.2. 施設ごとの調査結果

#### 1) 施設①について

本施設では、温浴施設での給湯・濾過昇温にチップボイラが使用されている。既存の化石燃料ボイラが老朽化しており、チップボイラの導入と同時に灯油ボイラを更新し、また 2 種類のボイラで蓄熱槽を加熱し熱供給するフローに変更した。

稼働実績は稼働 1 年目のものとなるが、目標の削減率 98% に対して削減率の実績は 96% となった。これは、稼働初期にチップの水分が高く、燃焼効率が上がりず想定よりチップを消費したこと、また水分に関連するトラブルなどが多く発生したためバックアップである灯油ボイラが稼働したことが原因と考えられる。

また、導入後には全体の一次投入エネルギー量が 15% 近く低下しており、導入前の化石燃料ボイラが老朽化しておりボイラ効率が低下していたこと、蓄熱槽を介した熱供給になるため、ボイラの燃焼時間が長くなることでボイラ効率が安定した高くなったことが要因

として考えられる。

表 7 施設①の稼働状況の概要

項目	内容
施設の種類	温浴施設
ボイラ用途	給湯・濾過昇温
導入年度	2019年2月
設備利用率	65%
ボイラ導入工事の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既存ボイラ設備の老朽化に伴い、チップボイラの導入と化石燃料ボイラの更新を行った。</li> <li>・チップボイラと併設した蓄熱槽に更新した灯油ボイラも接続し、チップボイラと灯油ボイラの優先度をつけやすくした。</li> </ul>
ボイラ稼働の状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一年目は、チップ水分が高く想定よりチップを消費したこと、また稼働から2～3か月はトラブルが多く、思うように稼働できなかったが、現在は安定した稼働となっている。</li> </ul>

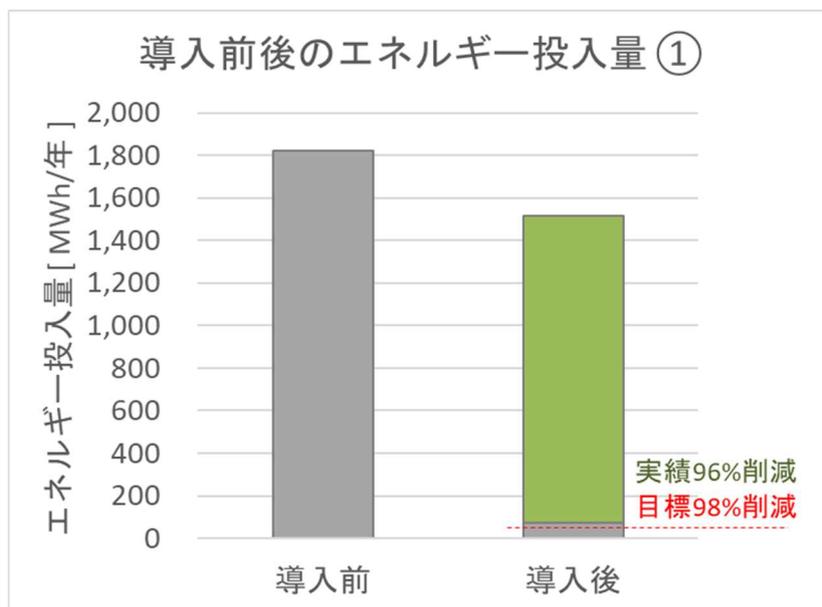


図 17 施設①の化石燃料削減の結果

## 2) 施設②について

本施設では、温浴施設での給湯・濾過昇温にチップボイラが使用されている。既存の灯油ボイラをバックアップとして使用している。

稼働実績は稼働1年目のものとなるが、目標の削減率85%に対して削減率の実績は89%となり、おおむね想定通りの稼働となった。その後5年間は75%~90%の代替率で推移して、想定通りとの回答であった。

また、導入後には全体の一次投入エネルギー量が若干低下しており、導入前の化石燃料ボイラが老朽化しておりボイラ効率が低下していたこと、また稼働と前後して東日本大震災が発生したことで利用客が一時的に減少したことが要因として考えられる。

表 8 施設②の稼働状況の概要

項目	内容
施設の種類	温浴施設
ボイラ用途	給湯・濾過昇温
導入年度	2011年3月
設備利用率	33%
ボイラ導入工事の概要	・チップボイラの導入し、チップボイラを優先し灯油ボイラをバックアップとした設定で運用開始。
ボイラ稼働の状況	・一年目から大きなトラブルは発生していないが、稼働した年は東日本大震災があり利用客数の減少などの影響があった。

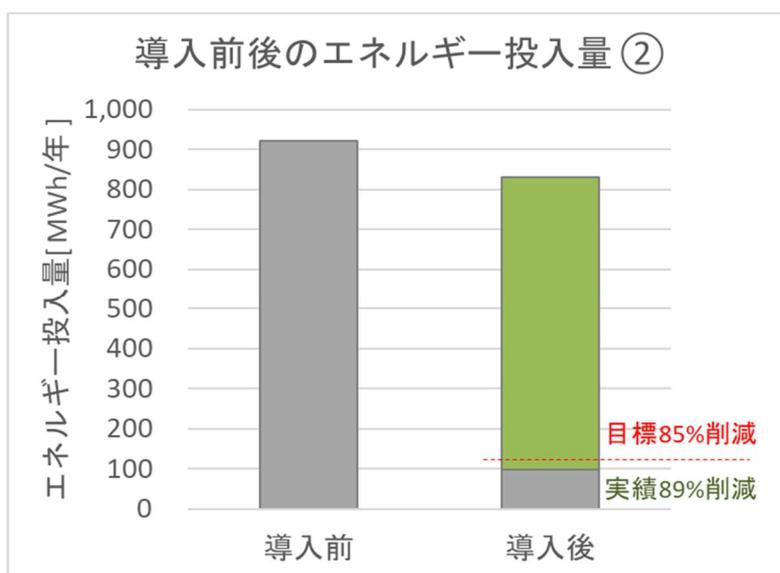


図 18 施設②の化石燃料削減の結果

### 3) 施設③について

本施設では、医療施設など隣接する複数施設での給湯・濾過昇温にチップボイラが使用されている。既存のA重油・LPGボイラをバックアップとして使用している。

稼働実績は稼働1年目のものとなるが、目標の削減率90%に対して削減率の実績は92%となり、おおむね想定通りの稼働となった。その後も安定して想定通りの稼働との回答であった。

また、導入後には全体の一次投入エネルギー量が10%近く増加しており、複数施設に向けて1つのチップボイラから供給するため、長距離にわたって敷設された配管からの放熱が要因として考えられる。但し、施設側としては光熱費削減のメリットが十分に得られていることから特別な対応はしていないとのことであった。

表 9 施設③の稼働状況の概要

項目	内容
施設の種類	温浴施設
ボイラ用途	給湯・濾過昇温
導入年度	2009年2月
設備利用率	71%
ボイラ導入工事の概要	<ul style="list-style-type: none"><li>・光熱費削減と環境負荷低減を目指し、チップボイラの導入を行った。</li><li>・使用していないA重油コージェネレーション設備があり、これと置き換える形でチップボイラを導入した。</li></ul>
ボイラ稼働の状況	<ul style="list-style-type: none"><li>・一年目の1-2か月はチップ水分が高く、燃焼トラブルが多かったが、早期に解決し光熱費削減に大きく起用した。</li></ul>

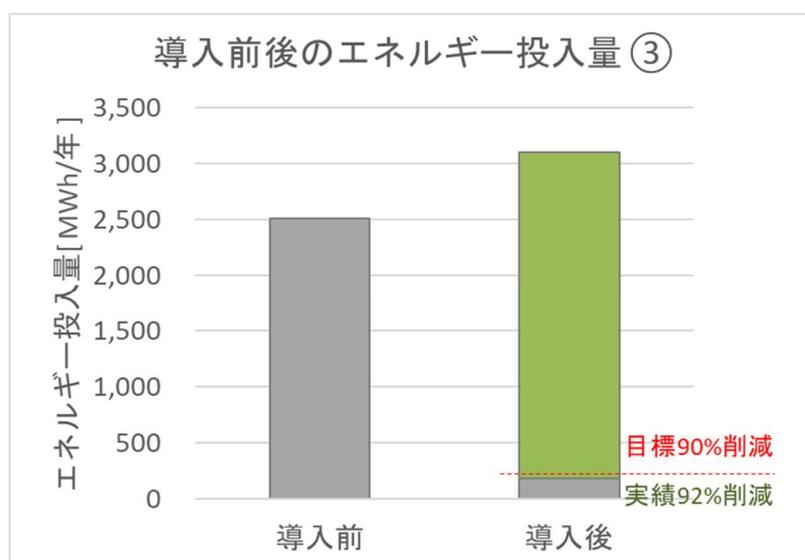


図 19 施設③の化石燃料削減の結果

#### 4) 施設④について

本施設では、温浴施設での給湯・濾過昇温にチップボイラが使用されている。既存の灯油ボイラをバックアップとして使用している。

稼働実績は令和元年度のものとなるが、目標の削減率 88%に対して削減率の実績は 84%となっている。目標については、達成に向けて改善をしているが、稼働から 5 年が経過し、突発の故障などで対応が都度発生するため、効果が挙げられていないとのことであった。

表 10 施設④の稼働状況の概要

項目	内容
施設の種類	温浴施設
ボイラ用途	給湯・濾過昇温
導入年度	2015 年 4 月
設備利用率	57%
ボイラ導入工事の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バイオマスタウン構想のなかでチップ製造施設と共に、チップボイラの導入を行った。</li> <li>・周辺地域では原発事故の懸念から、放射能対策として排気ガスのバグフィルターを設置する等の追加対策を実施した。</li> </ul>
ボイラ稼働の状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一年目は、バグフィルターのトラブルなどがあったが、日常点検を追加して対応し、安定稼働している。</li> </ul>

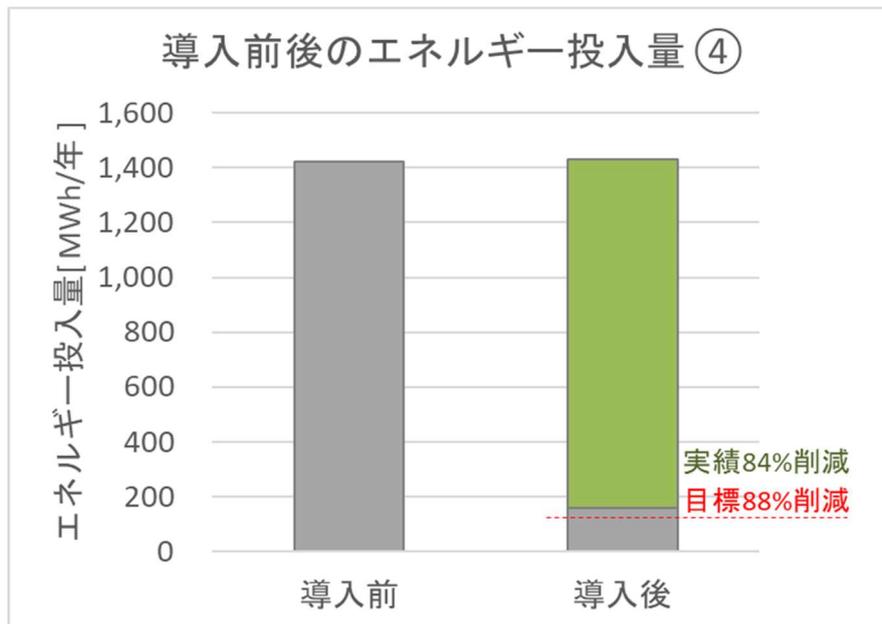


図 20 施設④の化石燃料削減の結果

### 2.3.3. 運用実績から得られた知見

以上より、4施設での目標と実績から、木質バイオマスボイラ導入時に考慮すべき点についてまとめる。

大前提としては、部品故障やトラブルなどボイラの安定稼働するための維持管理が必要であり、故障によるプラント停止が多くあるほど、削減率の目標は達成が困難となる。

そのうえで、既存の化石燃料ボイラが老朽化している事例が散見され、更新によりボイラ効率が向上・改善されることがあった。これは、一次投入エネルギー量がチップボイラ導入後に減少する傾向が見られることから、木質バイオマスボイラ導入時に既存の化石燃料ボイラのボイラ効率を確認することが望ましい。

一方で利用客数の増減による化石燃料の消費量が増減する場合もあるため、導入効果を検証するには利用客数や施設の運営状況を踏まえること、また複数年での評価をしていくことが重要と考えられる。

また、削減率達成に向けた障壁として、木質バイオマスボイラからの配管の放熱損失の可能性も示唆されており、特に配管距離が長い（木質バイオマスボイラと施設が離れている）場合には放熱損失を考慮することも重要と考えられる。

## 2.4. 現地ヒアリングによる実態調査

### 2.4.1. 調査手法

木質バイオマス熱利用施設の安定的運営のための課題に適した施設を5か所選定し、2020年10月30日～12月1日までの期間に聞き取り調査を実施した。重点テーマと聞き取り内容は表11のとおりである。

表 11 重点テーマと聞き取り内容

項目	聞き取り内容
高いカバー率の実現	化石燃料から木質燃料に効果的に代替するための条件・取り組みの把握
長期間の運用	10年以上の運転により、老朽化による不具合の状況把握
効果的な設計指針	バイオマスボイラを安定・効果的に運転させるための設計方針の把握
修繕の実態	安定稼働のための修繕の要点、修繕費の実態の把握

## 2.4.2. 調査対象の選定

アンケートに積極的な回答がある施設 5 か所のヒアリングを実施した。対象施設と重点テーマを表 12 に示す。なお、下川町はコロナウィルス感染対策のため現地訪問はせず電話ヒアリングとした。

また、安定稼働に向けた要点や課題についてボイラメーカー・代理店にもヒアリングを実施した。

表 12 実地調査の対象と狙い

対象No	①	②	③	④	⑤
施設名称	聖峰会 田主丸中央病院ほか	下川町 (五味温泉・一の橋バイオビレッジ)	卯の花温泉 はぎ苑	大井ふ頭海浜 中央公園	H温泉
バイオマス燃料種	湿潤チップ(製材端材)	湿潤チップ(間伐材)	準乾燥チップ(間伐材)	準乾燥チップ(剪定枝)	ペレット
ボイラー出力	550kW	180kW/550kW	300kW	100kW	220kW
用途	温水 (給湯・浴槽加温 ・プール加温)	温水 (給湯・浴槽加温・暖 房)	温水 (給湯・浴槽加温・床 暖房)	温水 (給湯・暖房)	温水 (給湯・浴槽加温)
稼働時期	2008年	2004年/2013年	2019年	2011年	2011年
カバー率	94%	50% / 77%	95%	75%	40%
対象の特徴	改善を重ねて、早期に 投資回収を実現	ボイラー利用を黎明期 から開始し、複数台の 導入実績を保有	準乾燥チップボイラー (KWB)と欧州流の設 計ノウハウを活用	準乾燥チップボイラー (ハガスター)を導入し、 自社ノウハウを蓄積	設計上の齟齬、トラブ ルがあるが、長年ボイ ラー利用を継続
重 点 テ マ	高いカバー率の実現	○		○	△ (悪い)
	長期間の実績	○	○	○	○
	効果的な設計			○	
	ボイラー修繕費実態	○		○	○

### 2.4.3. ヒアリング結果

#### 1) 田主丸中央病院

訪問先	田主丸中央病院
日時	2020年12月2日(水) 13:30~15:00
調査場所	田主丸中央病院
配布資料	—

**1. 導入経緯**

- ・化石燃料削減による経費削減と、地球環境問題への対策として導入。
- ・田主丸中央病院は、平成18年度に断熱ガラスの導入、平成21年に太陽光パネルの設置、平成24年に高効率の空調機導入など、新エネ・省エネの取組を多数実施しており、その一環として平成21年にチップボイラによる温水供給を開始した。新エネ・省エネへの取組は当時理事長の意向によるもの。
- ・近隣で木くず焚きボイラが利用されていることを知り、検討が始まった。
- ・導入検討時是对馬にチップボイラが導入されており、そちらを見学したところ非常に上手く活用できていたため、有力候補となった。

**2. 事業性・コスト関係**

- ・導入費は9,618万円(税込み)、負担額は5620万5千円となっている。半額補助を受けており(「平成20年度地域新エネルギー等導入事業(NEDO)」を活用)、約3997万5千円の補助を受けている。
- ・ランニングコスト削減額は約644万円/年で投資回収は7年で完了している。
- ・A重油を約13万ℓ/年、LPGを約4万m<sup>3</sup>/年使用していたが、その約9割を削減できている。CO<sub>2</sub>削減効果はおよそ555t-CO<sub>2</sub>/年になる。
- ・24時間稼働しているため、ポンプ等で180万/年の電気代がかかっている。
- ・メンテナンス費は97万円/年かかっている。
- ・修繕費はこれまでの稼働で200万円程度かかっている。平成25年に耐熱レンガを交換し42万、平成30年に炉内移動床の故障に158万程度かかっている。また排ガスファンも交換した(コスト不明)。
- ・導入当初は化石燃料価格の高騰で3年での投資回収ができる想定だったが、設置している頃には価格が低下していた。
- ・CO<sub>2</sub>クレジットの販売も検討し、購入予定先も決まっていた。50万円くらいの利益が期待できたが、病院側の体制の都合(自主行動計画)により、断念することとなった。

**3. バイオマスボイラ設備・運用**

- ・巴商会の 550kW のチップボイラ（シュミット社製、UTSR-550）が 1 基導入されている。ボイラ室は 40m<sup>2</sup>、サイロ容積は 90m<sup>3</sup>（有効容量 72m<sup>3</sup>）。
- ・熱供給は田主丸中央病院だけでなく、ウエルネス（介護付き有料老人ホーム）、サンライフ聖峰（介護老人保健施設）にも熱供給を行っている。田主丸中央病院の近隣（道路を挟んだ対岸）に 2 施設ともあり、田主丸中央病院とサンライフ聖峰は主に浴槽・シャワーの給湯、ウエルネスはそれに加え施設内プールに熱供給を行っている。
- ・11 月くらいまではチップボイラのみで熱供給可能で冬季は A 重油ボイラも併用して運用している。
- ・熱を利用しない際も種火運転で 24 時間稼働している。
- ・日常点検も行っており、1 日 1 回（最近では 2 日に 1 回）見回りしている。他には週に 1 回灰処理する程度の作業量となっている。
- ・2～3 ヶ月に 1 回は稼働停止する。多くは燃料が詰まった場合でチップ業者側に対応してもらっている。
- ・灰は近隣の農家に無償提供している。肥料成分も調査して提示している。
- ・排煙は基本無色、少し臭いがする程度で、順調に燃焼できている。
- ・チップサイロ底部でスクリーコンベアへチップを送る羽根が完全には伸びなくなっており、サイロ端のチップに届かなくなっている。そこは交換する必要があるが他にはあまり交換すべき設備はない。
- ・当初はチップの水分がかなり高く、不安定な稼働だったため、巴商会がそれに合わせてボイラの能力を抑えた設定にしていた。仕様に合った燃料を用意し、能力を最大にしてもらった。
- ・燃焼温度が 400 度以下になって火が消えてしまったことが何度かある。止まったら警報が出るので確認しに行く。

#### 4. 燃料について

- ・チップは製材端材由来のチップ（樹皮付き）を利用している。浮羽チップ生産協同組合から供給を受けている。
- ・FIT による発電所でのチップ需要が高まった影響でチップ価格の値上げを要求された。交渉のうえ、1,700 円/m<sup>3</sup>での購入であったところを、現在は 2,000 円/m<sup>3</sup>で購入している。
- ・水分は 50%以下としているが、近年は乾いたチップも供給されている（視察時は 30%程度のチップが供給されていた）。
- ・チップの水分はバケツに入れ重量計測で測っている。業者がチップを供給した際にバケツにチップを入れておく体制になっている。
- ・チップは 10t 車で月 2 回程度供給されている。3～5 日に一度はチップを補給してもらう必要があるため、2t 車で繋ぎの供給を受けている。

## 5. ユーザー所感

- ・導入して良かったと思っている。燃料費削減できたこと、環境アピールになること、化石燃料の価格変動の影響を受けないこと、地産地消の地域振興に繋がっていることなどにメリットを感じている。
- ・導入初期は長いチップの影響で詰まりが多発し、チップ事業者と連携しながら改善した。チップボイラがまだ普及していなかったこともあり、チップボイラに適した燃料という認識がなかった。特に導入して1ヶ月間が大変だった。月に4~5回は稼働停止していた。
- ・九州で2台目のバイオマスボイラであったため、視察が大勢訪れた。導入初期は週一で視察対応していた。
- ・省エネ法改正により、年間のエネルギー使用量が原油換算1500kℓ以上である場合、特定事業者の指定を受けることになったが、バイオマスボイラを導入していたおかげでその対象から外れることができた。

## 2) 下川町

訪問先	下川町（北海道上川郡）
日時	2020（令和2）年8月28日（金）10:30～12:00
調査場所	五味温泉、一の橋地区地域熱供給施設（北海道上川郡下川町）
配布資料	下川町 再生可能エネルギーマップ
<p><b>1. 導入経緯</b></p> <p>&lt;五味温泉&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・1998（平成10）年に下川産業クラスター研究会（異業種の有志団体）が立ち上がり、持続可能な森林共生社会の実現に向けた議論の中で、木質バイオマスエネルギー利用のアイデアが出された。</li> <li>・2000（平成12）年に安齋前町長が林野庁の国有林野のエネルギー資源利用検討会のメンバーとして参画し、木質バイオマスエネルギーの利用に興味を持たれた。</li> <li>・2001（平成13）～2003（平成15）年にかけて、地域新エネルギービジョンを策定し、2004（平成16）年の導入に至った。</li> </ul> <p>&lt;一の橋地区地域熱供給施設&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・下川の人口ピーク時（昭和35年）に2,000人規模で林業が盛んだった一の橋集落は、10年前の人口は約140人、高齢化率は約52%と限界集落に近い状況にあった。</li> <li>・2011（平成23）年の国の環境未来都市選定を受け、導入目的達成のため、集落中心部に集住化住宅を建設し、地域熱供給による施設の暖房・給湯を賄い、更には、熱を使った産業の創造と雇用の場を確保し、若者の定着によるコミュニティの再生を行った。</li> </ul> <p><b>2. バイオマスボイラ設備</b></p> <p>&lt;五味温泉&gt;</p> <p>概要</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2004（平成16）年に（株）トモエ商会が取り扱うスイスのシュミット社製のボイラを導入した。</li> <li>・出力：180kW、型式：UTSR180、分類：炉筒煙管ボイラ、無圧式温水ボイラ。</li> <li>・ピーク負荷の半分程度を、ベース負荷として賄う。それ以上の負荷は変動分も含めて重油ボイラで賄う。</li> <li>・燃料は、水分45%WB程度の切削チップ（生チップ）。炉内で乾燥させながら燃焼させる。</li> <li>・チップサイロの容量は34m<sup>3</sup>。内部の温水パネルは凍結防止用に用意したが、ボイラ室からの熱が伝わるため必要無かった。4t車で配達する。</li> </ul>	

#### トラブル

- ・設計上のトラブルは無い。源泉の都合により深く掘れないため、チップサイロの供給機を工夫した。
- ・設置当初は、燃料チップの形状で長い物が入ると供給機で詰まるなどのトラブルが発生した。また、ダンプ車の荷台に載っていた金属片（鉄の棒）やタオルが混入したこともあり、そのためにボイラが停止する事があったが、現在では燃料チップの製造方法を見直して、均質にしているためそのようなトラブルは無い。
- ・供給機に付いているセンサーがチップの粉で汚れると誤動作する。定期的な清掃が必要である。
- ・起動時や、負荷が急変する時は煙が多少出る。

#### <一の橋地区地域熱供給施設>

##### 概要

- ・老朽化した町営住宅の建て替えをきっかけに住宅を集住化して郵便局、住民センターや障がい者支援施設等の生活関連施設を集約した「一の橋バイオビレッジ」と、菌床椎茸ハウスなどへの熱供給をしている。
- ・2012（平成24）年に（株）トモエ商会が取り扱うスイスのシュミット社製のボイラを導入した。
- ・出力：550kW×2台、型式：UTSR-550、分類：炉筒煙管ボイラ、無圧式温水ボイラ。2台で5,000万円程度。
- ・チップの保管庫は80m<sup>3</sup>。チップの運搬には4tダンプ車で夏は7日に1回、冬は3日に1回の投入をする。

#### トラブル

- ・老朽化した既存配管との接続により、新設側の配管な既存配管の錆びが流れて混入した。
- ・広範囲な地域熱供給の温水ポンプが需要側に関係なく24時間稼働しており、電気代が200万円程度かかっている。省エネのための改修工事を行い、12月からの4ヶ月強で70万円削減できている。温水の行きと還りの温度差が設計で10℃、実際で5℃くらいだったものを、15℃となるようにポンプをインバーターで制御している。

### 3) 卯の花温泉はぎ苑

訪問先	はぎ苑・はぎの湯
日時	2020年11月26日(土) 13:30～16:00
調査場所	はぎ苑・はぎの湯
配布資料	実態調査用アンケート調査票
<p><b>1. 導入背景</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・既存の灯油ボイラが更新時期を迎えていた。</li> <li>・導入検討当時は灯油価格が高騰。那須建設(株)と既存灯油供給会社と連携してチップ供給会社を設立し、近隣地域におけるチップ供給体制を作ることも併せて検討を実施。</li> <li>・他地域の公共事業にてチップボイラ導入の可能性も検討していたが、事業性を比較した結果、はぎ苑への導入が最も導入効果が見込まれた。</li> <li>・補助事業が有効であったことも大きな要因。15年間での投資回収を前提に灯油ボイラ・チップボイラで比較を行った結果、補助も含めるとチップボイラが優位となったことから、導入を決定した。</li> </ul> <p><b>2. 設備概要</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地下式チップサイロ 59m<sup>3</sup></li> <li>・KWB チップボイラ Powerfire 300kW x 1台</li> <li>・灯油ボイラ エコフィール CUG-E5903UR F 61.7kW x 5台</li> <li>・蓄熱槽、圧力タンク、開放タンク、ポンプ等その他補機・計器</li> </ul> <p><b>3. 運用実態</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・月1回の定休日を除き、年中無休で運営。</li> <li>・宿泊客あり。AM0時～5時の間は清掃のため入浴はないが、逆洗工程含めて設備は稼働させている。</li> <li>・焼却灰は全量産業廃棄物処分としている。</li> <li>・チップの消費量は、概ね当初の計画通りとなっている。</li> <li>・通常運用時には排煙は目視されず、近隣環境的にも問題ない。ただし、雨天時には水蒸気が目視される。</li> <li>・メーカーには、ボイラ稼働時間3,000時間毎の定期メンテナンスを委託している。現在は年に2回程度の運用となっている。チップ燃焼の土台となる円盤は定期的に交換している。今後は耐火レンガも交換の予定がある。</li> </ul> <p>(ボイラメーカーによると、欧州より日本の方が、交換頻度が早く定期メンテナンスごとに交</p>	

換していたが、本施設では再循環装置を入れて頻度が1/2になっているとのこと。)

- ・18万ℓの灯油がほぼゼロまで削減できている。

#### 4. 設備トラブル関連

- ・着火不良

稼働一年目で発生。複数回アラームでエラーメッセージを発信。夜間のボイラ冷却および高含水率チップの適用が要因。

現在は丸太の自然乾燥期間を1年以上確保すること、丸太を仕分ける、などで対応。チップ供給者がグループ企業でもあるため、後述のチップ詰まりと合わせて連携して対応できている。

- ・バックアップボイラ追従不良

1回だけ発生。温度設定によるものと考えられるが、原因は正確には不明。現在は問題なく自動追従している。

- ・搬送系の燃料詰まり

センサー不良によって搬送路内の燃料が検知されず、搬送路内で詰まりが生じてもスクリーコンベヤが停止せず、チップが圧密状態となる。取り出す際には押し潰されてコルク状になっていた。センサーの交換、および那須建設(株)がチップ製造工程にて、長径チップを極力少なくするよう努めることで、現在は問題なく運用できている。

- ・チップ製造について

広葉樹は熱量が高いが、針葉樹より小割にしないとチップパーに投入ができない。一方、小割にし過ぎても細長い材が出来やすい。原木小割時点で細長い材が出てしまうと、チップースクリーンを縦に抜けていってしまう長径チップができやすく、燃料詰まりの原因となる。小割の仕方については経験値でノウハウを蓄積している状況である。

- ・煙管の灰詰まり

初期運用時、煙管の灰詰まりによる排気不良にて、負圧を保てなくなり圧力エラーが発生。数日間稼働停止となる。煙管内の灰の自動掻き出し機構の施工精度が不十分であったことに起因。

原因がわからず解決に2-3か月を要したが、掻き出し機構のカム部分の水平を取り直し、交換を行ったところ解決に至った。

- ・その他の不具合はないが、初めてのことでメーカーに頼らざるを得ないが、説明が不足することもある。

#### 4) 大井ふ頭中央海浜公園

訪問先	(株)日比谷アメニス
日時	2020年10月30日(金) 10:00~13:00頃
調査場所	大井ふ頭中央海浜公園
配布資料	都市部における木質バイオマス熱利用の可能性、各種設備カタログ等
<p><b>1. 導入経緯</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・造園業と自社事業内で多量に発生する剪定枝の有効活用策としてバイオマスエネルギー導入を検討。平成21年度にFS調査事業の採択を受け具体的な検証を開始。</li> <li>・プロジェクト構想当時は都と協力体制(都の資産として設備導入も検討)のもと検討を重ねていたものの、平成23年度の実施段階では都は共同実験という形の支援のみとなり、日比谷アメニスの設備投資として導入された。</li> <li>・平成23年の東日本大震災の影響を受け、放射線量の制約で園内剪定枝を原料としたチップの製造・燃焼が不可となり、千葉県からチップを外部調達しボイラの運用を行う。平成26年まで剪定枝チップの燃焼はできず、この間剪定枝チップについては、乾燥機の乾燥実証試験のみを行う。</li> <li>・上述の苦労を経て、平成27年より剪定枝チップを用いた運用を本格化。通年を通じた実証を実施。</li> </ul> <p><b>2. 事業性・PR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・指定管理契約は5年更新。投資回収は計画当初から15年前後で見えていたため、初めから投資回収が約束された中でのスタートではなかった。一方、年間数千万円の処分費支出を伴っていた剪定枝の利活用はかねてからの課題であり、本海浜公園以上のバイオマス導入の実証適地を望むのは難しかったこともあり、試金石として導入を決断した。</li> <li>・立地が良いこともあり、現在は(株)日比谷アメニス社の木質バイオマスに対する取り組みのPR拠点となっている。</li> <li>・導入当時、国内ではまだ欧州製の高効率ボイラ導入は進んでおらず、選択肢が限られていた。導入規模的にも小型であり、できる限りイニシャルコストを抑える策を検討していた折、今のボイラメーカーが費用面・サポート面でも融通を効かせてもらえたことが決め手となった。</li> <li>・初期投資はボイラ設備一式で2,000万円、乾燥設備一式で1,700百万円。</li> <li>・年間ランニングコストの削減効果は、剪定枝の処理費および都市ガスの削減費合計で250万円。本設備運用のための新規雇用はなく、同社人員が植栽業務の空き時間に作業を行っているため、人件費はかかっていない。チップング作業の委託費、重機・ボイラ設備の維持管理費を合わせて100万円程度。よって年間ランニングコストとしては、差し引き年間150万円が削減されている。</li> </ul>	

### 3. バイオマスボイラ設備

- ・現状のボイラ年間稼働率は3割程度。
- ・なぎさの森で生じている剪定枝量150t/年のうち、50tをチップ化し燃料として使用している。
- ・大井スポーツセンターの給湯および暖房用に熱供給。既存施設の給湯はガス焚きボイラ＋貯湯タンク、暖房設備はガス焚き吸収式冷温水タイプであったことから、バイオマスボイラ導入に際し既存設備側の追加工事は少なく、温水配管の接続にて熱供給が可能であった。
- ・指定管理委託を受けている(株)日比谷アメニスが園内に設備投資を行う際の条件として、撤去できる設備とする必要があった。よって、バイオマスボイラ設備はコンテナ型を採用。景観や排煙の影響も鑑み、大井スポーツセンター建屋の裏手の駐車場内に設置している。
- ・ボイラメーカー、設備業者共に日本国内におけるバイオマスボイラ導入における知見が少なかつたこともあり、設備には改善点が散見される。温水配管は開放式であるが、欧州製は密閉式が多く缶水に真水が使用されていたことから、温水系統内での錆の発生・熱交換効率の低下に繋がった(錆除去作業も難しい設備構成)。また、配管断熱もより配慮すべきだったと感じている。
- ・ボイラの運転制御は貯湯槽温度＋タイマーで行っている。運用開始当時は温度設定が高く、既存のガス焚きボイラが先行して作動してしまい、代替率が上がらない現象が生じていた。現在は設定温度を下げ、バイオマスボイラからの熱供給がメインとなっており、団体客利用等の高負荷時のみバックアップで既存ボイラが作動する運用となっている。
- ・バイオマスボイラは元々準乾燥チップ仕様であり、35%W.B.相当のチップを想定した空気供給量が設定されていた。本施設では15%W.B.程度までチップ水分率を下げていることから、運用開始当初はチップの熱量が高すぎ、燃料投入口の逆火防止装置まで火が回ってしまったことがあった。その後空気供給の調整弁を再調整し(空気量を絞った)、問題なく運用できている。
- ・コンテナサイロへの燃料投入ホッパーおよびスクリーコンベヤもハーガスナー社製。スクリーコンベヤの投入速度は60m<sup>3</sup>/h程。フレコンバッグからホッパーにチップを投入し、ホッパー1回分を10～15分程度かけサイロ内に自動投入。同作業を1時間で4～5回繰り返すことで、チップ充填を行っている。
- ・ボイラ設備の維持管理は、灰出し・清掃等の日常管理は自社で行い、定期メンテナンスは(株)ミクニに年一回、7万円程度で依頼している。運用上の不都合もないため、現在は定期メンテナンス委託も廃止を検討している。
- ・灰出し作業は、夏季は2週に一回、暖房需要のある冬季は1週に一度の頻度で行っている。  
→導入直後は、従業員に日常管理の意識が定着していなかったことから、灰出しコンテナが溢れてしまうこともあったが、現在は問題なく運用している。
- ・ボイラ内部の耐火レンガの交換は5年に一度が目安。
- ・燃焼灰は現状産業廃棄物として処分している。

#### 4. 燃料製造・乾燥設備

- ・チップ製造は外部委託にて実施。チップング作業は年間5回程度で、製造量も少量のため、(株)日比谷アメニス自社でチップパーを所有するのではなく、オペレーターと製造作業と併せて外部委託としている。将来的には自社でチップ製造を行うことも検討している。
- ・チップ製造は、委託先が所有する移動式チップパーが本サイト内にて切削型ドラムチップを製造。ユニットにてチップパーに剪定枝を投入し、チップパーから直接乾燥サイロに吹き付ける形でチップ充填を行っている。
- ・元々駐車場であった場所にチップ原料である剪定枝置場と、乾燥棟建屋を設けている。乾燥設備はソーラードライシステム。チップ乾燥サイロ容量は36m<sup>3</sup>。太陽熱で集熱し温められた温風をサイロ下部から吹き付けチップ乾燥を行っている。
- ・剪定作業と本サイトまでの運搬は自社内の同一植栽作業班が行っている。剪定作業と集材作業を同一班としていることで、剪定時点において後の搬出のことを踏まえた作業が行われるようになっており、自助努力で効率化が図られている。
- ・チップは15%W.B.程度まで乾燥させており、生の剪定枝チップの状態から平均2週間程度で到達。チップ水分率は、ハンディ型電気抵抗式の水分計(下限10%W.B.まで計測可)を用いて計測、管理している。
- ・乾燥サイロに投入した剪定枝チップは、堆積層の下部と上部で乾燥度合いが異なるため、1週間程度で一度ホイールローダーにて天地替えを行い、攪拌している。
- ・乾燥棟の正面左側が乾燥サイロ、右側が格納庫になっており、サイロ側で乾燥したチップをフレコンバッグに入れ、格納庫に収納・保管している。
- ・ソーラードライシステムは、乾燥棟屋上に設置された集熱パネルに外気温を引き込むための誘引ファンと、サイロ下部から送風するための送風ファンの2台が設置されている。同ファンは制御盤にて一括制御されており、集熱パネルの前後で温度差が5°C以上得られる場合に自動運転が継続されるようになっている。制御盤にて上記温度差、また運転時刻もタイマーを介して設定可能。
- ・外気温自体が季節によって変動するため、乾燥速度は時期によって異なる。ハンディ型水分計で適宜水分を計測しながら運用を行っている。

#### 5. ユーザー所感

- ・導入事業者自らが汗をかき、設計時点から主体性を持って関与するプロセスが、木質バイオマス設備の導入と運用には欠かせないと感じている。継続的な材の調達と品質管理が求められるとともに、バイオマスボイラ運用も安定化に至るまでには実証の積み重ねが不可欠。
- ・補助事業においては市町村単位のF/S調査や設計委託ではなく、導入を検討している民間事業者が具体的な技術支援を受けられるようなメニューができれば、裾野が広がると感じている。

## 5) H 温泉

訪問先	〇社（指定管理者）
日時	2020年11月18日（水）13:00～15:00頃
調査場所	H温泉
配布資料	事業説明資料、バイオマスボイラ実態調査における調査項目

※話を伺った〇社M様は6年前から本施設の設備管理に従事。よって、ペレットボイラ導入前後の詳細な経緯までは把握されていない。

### 1. 施設背景・諸元

- ・干ばつ期に灌漑水用の地下水資源を調査していた折、偶然温泉を掘り当て、近隣住民で組合化して温泉施設を建造・運営することとした。その後来訪者数減の影響もあり、経営が立ち行かなくなり、市に移管。
- ・源泉は自噴式で1,000ℓ/分、30℃。浴槽に加え、シャワー給湯も温泉利用（合計300ℓ程度）。源泉槽で受け、バルブで絞って利用しており、不使用分はオーバーフローで放流している。
- ・浴槽は一般日帰り用男女、60歳以上限定の浴槽男女の計4つ。
- ・休業日は月に1日と、大晦日と元旦のみ。営業時間は10:00～21:00。かけ流しのみで循環ろ過回路はなく、毎日湯抜き清掃、湯張りを行っている。

### 2. 設備概要

- ・既存重油ボイラ出力が1,047kWに対してペレットボイラ出力220kW。需要出力に対しては、使用上の感覚として2/3程度をペレットボイラで賄っている。
- ・重油ボイラへの源泉給水ラインの予熱として、ペレットボイラ+熱交換器で昇温している。蓄熱槽・貯湯槽はない。
- ・ペレットサイロはFRPタンク10m<sup>3</sup>。ペレット補填はペレット納入業者が1回4.5tずつ搬入し（2-3回/月の頻度）、サイロ上部よりフレコン底部開にてペレットを補填している。
- ・燃焼灰は全量産廃処理。コンテナに灰が溜まったらドラム缶に移し替え、産廃業者に処分委託している。

### 3. 運用実態・変遷経緯

- ・重油価格に比してペレット価格が高価。指定管理業者の立場としては全量をペレットで賄うことは採算的に難しく、市と協議の上、ペレットを年間100t程度使用することに落ち着いた。ペレットボイラはタイマー制御となっているため、運転時間を調整することで使用量を年間100t程度に調整している。

(H29年燃料使用実績：ペレット 103.5 t/年、 A重油 65.2 kℓ/年)

- ・重油ボイラは24時間温度制御、ペレットボイラは上記の通りタイマー制御で運転時間を絞っており、AM7:30~PM4:00の運用となっている。
- ・昨今はコロナ禍の影響もあり客数減。ペレット使用量も減らして運用している状況。
- ・ペレット燃料は当初の販売者が調達先を切り替えることに伴い値上げすることになり、安価に購入できる調達先を全国で模索。現在のペレットに切り替えてから、クリンカも減り、ススも白くきれいになっている。
- ・貯湯槽がなく、湯張りも手動のため温度調節が難しく、従業員の経験則に基づいて運用。
- ・定期メンテナンスは半年に1回だが、メーカーへの委託は年一回の年間契約としている。煙突掃除や機械調整等の専門作業をメーカーに委託。他、1.5か月毎に炉内清掃、炉筒煙管のスス除去作業を自身で行っている。トラブル時には都度支払いでの対応となっている。

#### 4. 設備トラブル関連

- ・ペレットが粉化すると、投入部分で詰まりが生じる。点検口を開け竹棒で突いて対応。
- ・ボイラが海外製のため、部品調達に2~3週間要してしまい、停止期間が長くなってしまふことが少なくない。
- ・燃料詰まり、火格子落下、温度センサー不調などのトラブルはあったものの、昨今は比較的安定して運用できている（稼働時間そのものを短くしていることの影響可能性あり）。
- ・本年度はじめ、省エネを志向し湯張り方法の工夫（湯張り終えた後、客入りの間までペレットボイラを一度止める）を試みたものの、温水温度が上がり蒸発→補給水が間に合わず、低水位異常で停止してしまった。蓄熱タンクがないことによる過熱のエラーと考えている。

## 2.4.4. ボイラメーカー・代理店へのヒアリング

木質バイオマスボイラの運営者だけでなく、ボイラメーカー・代理店の視点からも安定稼働に向けた要点や課題について聞き取りを行った。

ヒアリング先	木質バイオマスボイラ代理店企業 代表取締役
調査場所	Web 会議システム
聞き取り内容	以下に示す。
<p><b>1. 修繕費について</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 役場など予算計上が必要な顧客向けに修繕費の 10 年計画を作成している。温浴施設等、高い稼働率の前提になっているが、使用条件、稼働率によって交換周期は変わるので必ずこの金額になるとは限らない。</li> <li>・ 暖房用途など稼働率が低い場合は、もっと少ない金額になる。年 4 回の定期点検の内容とあるが、暖房用途なら年 2 回で済む。</li> <li>・ 少し余裕をもって費用を算出しているので、うまく行けば 50～80%くらいにはなるかもしれない。ただ、壊れない部品はないので、確実なことは言いづらい。</li> <li>・ 導入後一年間は保証期間として設定している。</li> <li>・ 耐火材は通常は壊れることはないが、チップの燃料が過度に乾燥していると、炉内に投入してすぐ燃焼し、局所的に傷みやすく破損につながることもある。また、建築廃材などを使う場合も注意が必要。</li> <li>・ 可動部（ファン、火格子）やスイッチ、センサーは一定期間で交換は必要なもの</li> <li>・ 火格子は 3 年に一回、傷んだものを交換する。全部ではなく傷んだものを一部ずつ。</li> <li>・ 搬送のスクリーコンベアは、不具合があれば補修が必要。 通常はあまりないが、大きなチップ、金属のごみなどが入って歪むとよくない。</li> <li>・ こういった部品は、使用頻度やチップの形状や異物の有無で交換頻度が決まるものではないため、明確な交換頻度や費用の提示は難しい。</li> <li>・ その他、水分が高いチップなどによって不完全燃焼すると、すすやタールが発生し、煙管や排気の誘因ファン、煙突に付着する。そのままにすると、熱交換能力が落ちる、ファンが壊れる、排煙温度が上がりタールに再着火して火災につながるのを気を付けないといけない。（排煙温度が通常で 130℃～180℃、それ以上だと清掃が必要。）</li> </ul> <p><b>2. 海外製の木質バイオマスボイラの取り扱いについて</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 日本はスギのチップが大半だが、欧州にはない。スギはかさ比重が低いため、燃料の投入スピード、炉内の火格子のスピード、空気量などを調整する必要がある。</li> <li>・ また、剪定枝やバークなどは灰分が多く、クリンカが出ないよう 800℃を下回るように燃焼</li> </ul>	

温度を抑える設定にする。

- ・燃料や温水の用途によっても設定するパラメータが異なる。バイオマスの特徴は、燃料が化石燃料より不均質なので、それを前提にしたボイラになっている。ただ、ある程度、燃料の品質は揃っていないといけない。
- ・海外は密閉型のボイラで、日本では資格者の選任を不要にするには開放型にして使用する必要がある。当社は錆び対策として、ボイラ内部には防錆剤を入れている。

### 3. 木質バイオマスボイラの運営上の注意点について

- ・基本的には、熱負荷にあわせてボイラ出力、タンクを決めて燃料の特性がわかれば、トラブルは起こらないはずである。
- ・実際は、チップの水分が高いことによる不具合が出ると、相談を受けるが、チップ水分の管理について都度お願いをしている。これが、日々改善されないと、ボイラ自体も不完全燃焼が続いて劣化に繋がる。燃料の品質はシビアに見るべき。水分 50%といっても変動があることに留意が必要。
- ・ボイラ自体は多くの稼働実績があるので、失敗事例といわれる施設があるとしたら調整の失敗が多いと思う。ひとつひとつの小さなトラブルシューティングができるかどうかが必要ではないか。
- ・自治体で木質バイオマスボイラを導入される場合、複数台導入している自治体では経験があるため、チップの管理やトラブルが起きた時の対処や改善方法を知っているので、大きなトラブルが少ない。
- ・10年以上のボイラ運転で、追加となる交換部品というのはない。但し、一部の施設では、炉壁などが傷んで補修する必要がでたところもある。

## 2.5. 熱利用拡大に向けた課題と対応

### 2.5.1. 高いカバー率の実現にむけた運営体制

木質バイオマスボイラは長期間の設備運転となるため、安定運転・コスト優位性の確保に向け、運営面で「管理体制の確立」「改善の実現」「木質バイオマスへの信頼」の好循環が必要である。好循環と悪循環イメージを図に示す。

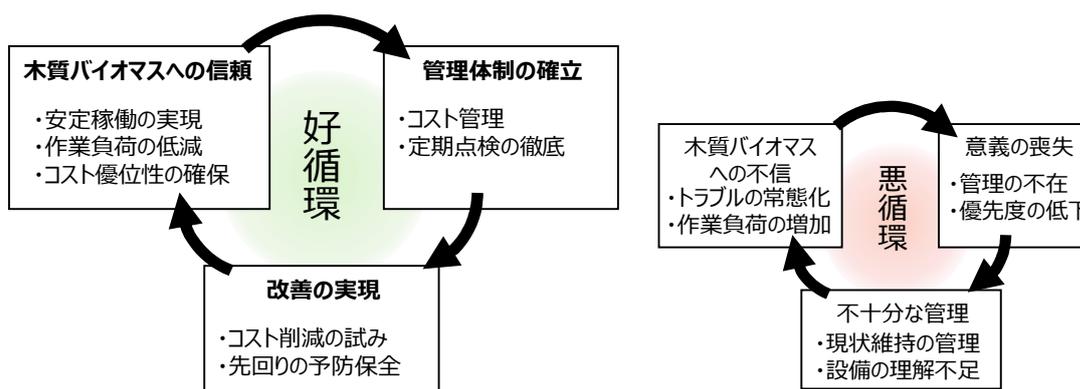


図 21 木質バイオマス利用の運営面における好循環と悪循環のイメージ

稼働初期に改善が必要な要素としては、チップの水分・サイズの適正化、調達チップに合わせた設定、化石燃料ボイラの温度調整、ボイラメーカー・代理店とメンテナンス頻度・費用の協議等が挙げられる。運営者側では木質バイオマスの利用経験が無いことが多く、稼働初期にチップの水分やサイズ、設定の調整など対応できる管理体制構築を早期に実現できることが重要と考えられる。

ボイラなど設備の管理は、一般的にバスタブカーブと呼ばれる故障率やトラブル発生を想定して行われる。通常、一年は初期不良期としてトラブルが発生しやすい時期であるといえる。

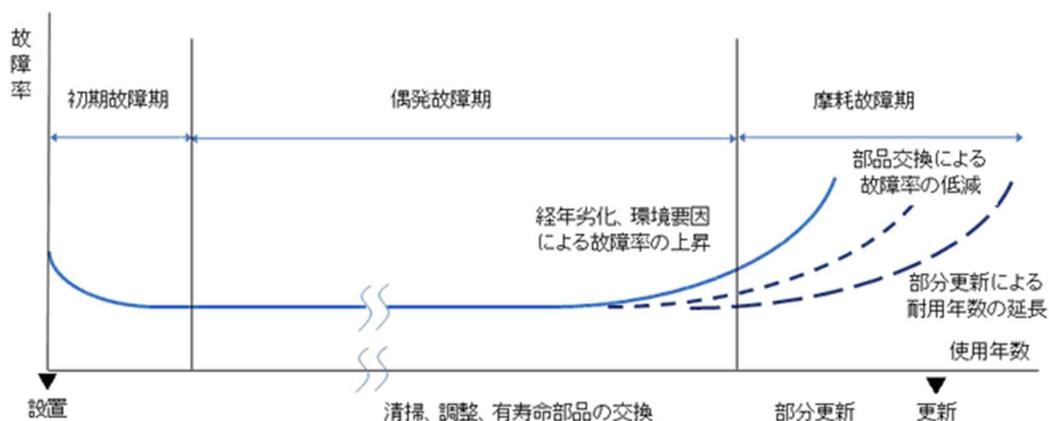


図 22 バスタブカーブの概要（厚生労働省 HP より）

仮に、木質バイオマスボイラの稼働初期に発生するトラブルについて根本原因にあたり改善が実現できない場合、トラブルの常態化につながりやすい。また、作業負荷の増加は、運営者において木質バイオマスボイラへの信頼性の低下を引き起こす。さらに、このような状態が続くと、木質バイオマスボイラの導入意義が薄れ、優先度が低下し設備利用率の低下や管理者の不在が起き、悪循環がおきるものと考えられる。

逆に、こういった初期トラブルを適切に改善することができると、稼働面だけでなく採算面での無駄やムラに気づくことができ、さらなる改善を実現することができる。また、対処療法的でなく根本治療がなされることにより、木質バイオマスボイラへの信頼が高まれば、化石燃料ボイラのバックアップが不要な期間は電源を停止する、より効率を高める整備が進むことになり、好循環が生まれると考えられる。

このような好循環を生むためにも、初期トラブルへの迅速な対応と管理体制の構築が重要であると考えられる。

具体的な改善の事例としては、季節毎の送水ポンプの設定変更、化石燃料ボイラの待機時の消費を削減する等の取り組みを把握できた。（表 13）

表 13 改善の事例

事例	改善内容
事例①	<ul style="list-style-type: none"> <li>・夏季は木質バイオマスボイラで熱供給をまかなえるため、化石燃料ボイラを停止し、待機運転時の化石燃料の消費を削減できた。</li> <li>・稼働初期にチップの水分が高くトラブルが続いたため、ボイラ代理店が出力を落とし燃焼しやすい設定にしていた。安定稼働後にボイラ代理店と協議し、最大出力が出る設定に変更した。</li> <li>・Jクレジットで排出削減取引の検討</li> </ul>
事例②	<ul style="list-style-type: none"> <li>・温水ポンプのインバーター制御 (1つのボイラから複数施設に温水を供給する温水ポンプが 24 時間稼働しており、電力代が想定より高額となった。インバーターを追加して 230 万円かかっていたところを 160 万円までコストダウンする予定)</li> </ul>
事例③	<ul style="list-style-type: none"> <li>・グループ企業にチップ製造依頼 (チップ製造をするグループ企業があり、慣れないチップ水分管理を共同で実施。チップの形状や水分について、丸太を小割して乾燥させる、小割にしすぎると大きいサイズが出やすい等の微調整が可能になった。)</li> </ul>
事例④	<ul style="list-style-type: none"> <li>・温水ポンプの季節別の運用設定 (給湯と暖房向けにバイオマスボイラを使用しているが、これらに熱供給する温水ポンプが日中は常時稼働していた。夏季は暖房用途がないため、バイオマスボイラの稼働と連動する設定にして電力代を削減した。)</li> </ul>

## 2.5.2. ボイラメーカーと運営者のコミュニケーション

契約段階で発注者側とボイラメーカーのコミュニケーションが十分でない場合に、あるいは双方の経験が浅い場合に、リスク想定が詰め切れず、また責任の所在が不明確になることがある。現状においては、結果として発注者がリスクを取るケースが多く、負担がかかる構図となっている。

設備や木質バイオマスの経験が少ない発注者にとってトラブルへの対応は未知の分野であることが多く、本調査でもボイラ修繕におけるボイラメーカーと運営者との認識の齟齬が発生している状況が確認できた。例を図 23 に示す。

とはいえ修繕費が想定より高額になる場合であっても、必ずしもボイラメーカーの不作為であるとは言えず、運営者側での使用状況や責任によると考えられるケースも多い。

また、修繕の項目・費用は、稼働時間と使用状況に応じて発生するため、設計段階で導入後の需要や稼働時間の想定に現実とのズレがあり、そのことが把握されないまま事業を運営していくと、期待された事業の効果が確保できない可能性がある。

さらには、実績の少ないボイラメーカーや、国内で販売開始されて間もない海外製品の場  
合には、初期調整・国内仕様への改造・修繕計画の不備などサポート体制が販売導入の展開  
に対して充足しているか、という点が懸念される。導入の際の対応だけでなくアフターサー  
ビス体制が拡充されている、実績のあるボイラメーカーを選定し、修繕計画やトラブルシュ  
ーティングについて事前に協議をしていくことが重要と考えられる。

また、トラブルや故障について、稼働状況のモニタリングが不十分であるため、トラブル  
発生時に責任の所在が曖昧となるケースが散見され、運営者とボイラメーカーの双方が詳  
細な事象とデータを把握し、状況を可視化したうえで課題解決していくことが重要である。

運営者側では、チップ品質の管理、ボイラ運転の標準化（運転マニュアル）をすること、  
ボイラメーカーの実績や対応能力を踏まえて選定すること、修繕費は（特に一年目は）バス  
タブカーブを意識し余裕をもった予算とする、老朽化が始まる時期のために、安定稼働に入  
った段階で将来の修繕費用の引当を積むなどの工夫が必要である。

運営者にノウハウがない場合には、設計者や専門家が仲介する等の関与も必要と考えら  
れる。

【ボイラの修繕に関わる問題】	【ボイラメーカーの回答（W社・T社）】	【潜在的な課題】
修繕費が想定より高額	稼働時間で交換時期が変わる為、早く交換するこ とがある。また日本の場合、海外より交換時期が早 く、追加対策を実施している。	修繕費の不確実性
修繕項目・費用が提示されない	不確実さがあり、数か所の実績がないと難しい 当社は余裕をもった提示をすることが多い	実績の少ないメーカーの 存在
突然、故障や破損が発生した	適正なメンテナンス・燃料でないことがある	責任所在が把握しづらい
チップ水分が低すぎて燃焼異常	稼働前にチップ性状に合わせた設定が必要	初期調整の必要性

図 23 修繕におけるボイラメーカーと運営者の齟齬

### 2.5.3. 設計・計画時の課題

木質バイオマスボイラは、既存ボイラに付け加える改修の形式での導入が多いが、既設ボ  
イラの技術者にとって木質バイオマスボイラは馴染みが少なくその特性が良く理解されて  
いるとはいえ、設計でも検討事項が多い。

アンケート調査の結果、メーカーが設計者に正確に情報を伝えていないなど、経験不足に  
よる設計の課題が散見される。具体的には、「海外製品の無圧開放した場合に内部の錆対策  
がない」、「蓄熱タンクの容量が不適切」などが挙げられる。実地調査でも、「専門家を探す  
ことから始めた」「ボイラメーカーに一任」という事例が大半であり、専門知識を持った人  
材の存在があれば、あるいはバイオマスボイラの特長についてメーカーが設計者や事業者  
に説明し理解を得ることで避けられるトラブルもあると考えられる。

また、図 24 のとおり、欧州ではポンプのインバーター制御や蓄熱タンク内の温度層等によって電力代を削減できる仕組みとなっているが、国内の事例では光熱費（電力代）の削減策まで講じる設計は少ないことから、せっかく木質バイオマス熱利用設備が導入されても省エネ効果の点では逆行してしまうことが懸念される。木質バイオマス熱利用の導入効果を最大限に生かすためにも設備全体の運営を視野に入れた総合的なエネルギー管理が行う必要がある。

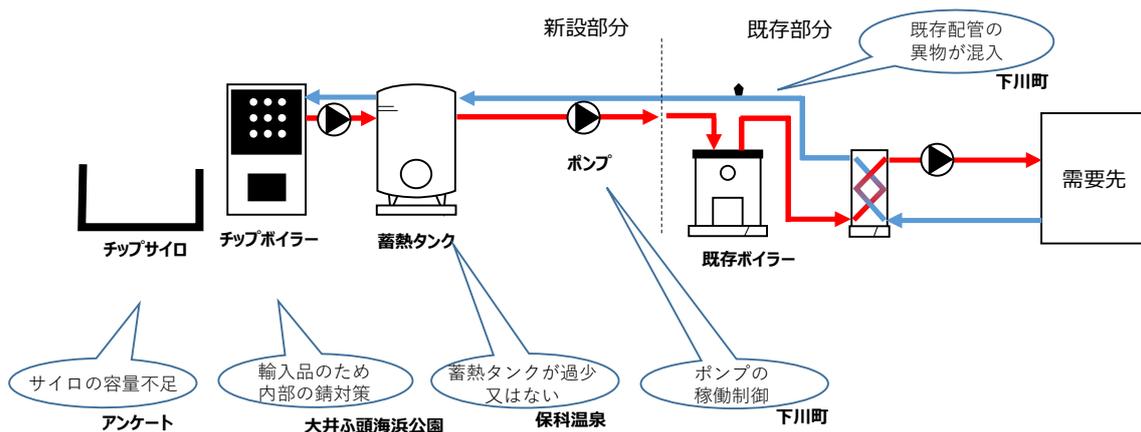
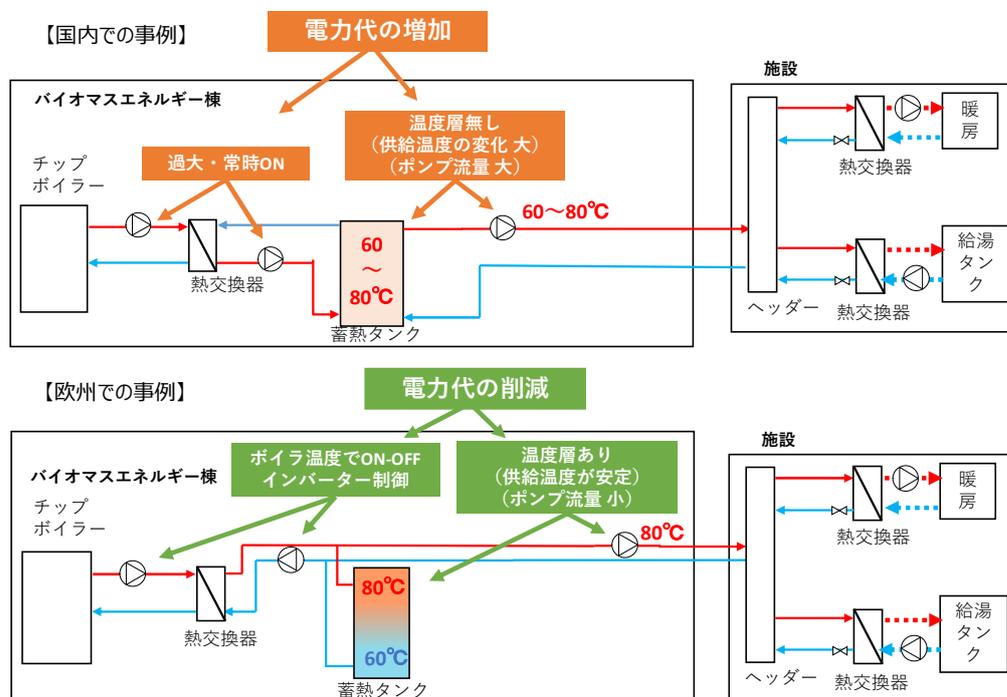


図 24 設計によるトラブル事例



(出所：WB エナジー社資料)

図 25 欧州の設計思想との差異

## 2.5.4. 高性能な準乾燥チップボイラの優位性

近年、国内でも導入が進む高性能な準乾燥チップボイラは、

- ・ 内部に制御機能を搭載
- ・ 設備設計や施工を容易に
- ・ 一定水準まで乾燥した準乾燥チップを使用することで断続的な着火・消火が可能で熱負荷に対応しやすい
- ・ 燃焼効率が高い
- ・ 専有面積が少ない

このようなメリットがあるといわれている。(図 26、図 27)

背景としては、ボイラ製造元である欧州で木質バイオマス熱供給システムに特化したボイラの開発が行われるなかで、これらの機能が付与されたもので、ボイラ周辺機器も含めた一連のシステムを参考とし欧州の設計手法と合わせることで、期費用・維持費用ともコストダウンが可能となると期待できる。

一方で、これらのシステムは準乾燥チップ（水分 25～35%）の利用を前提としたものであるため、適合する品質のチップが調達できない場合には導入することができない。

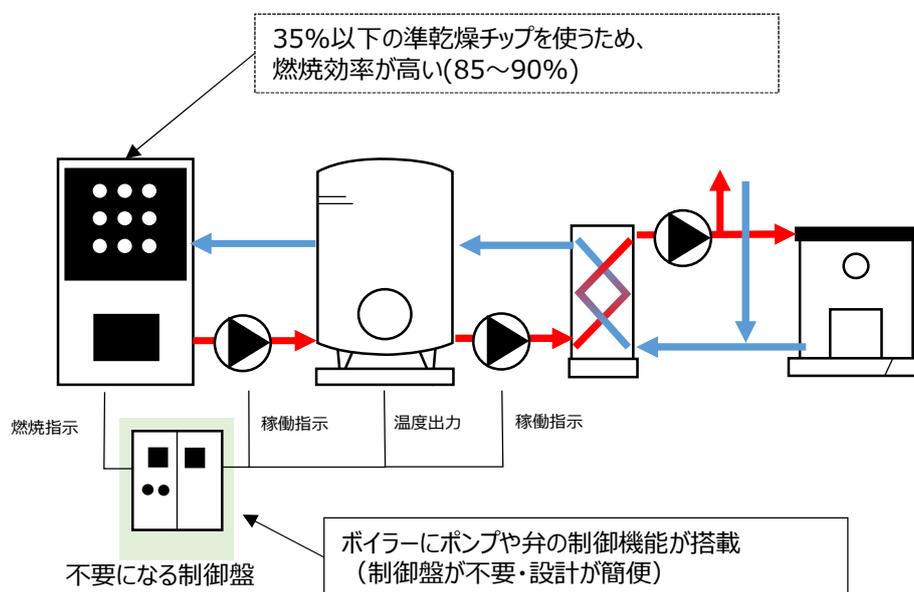


図 26 準乾燥チップボイラのメリット (例)

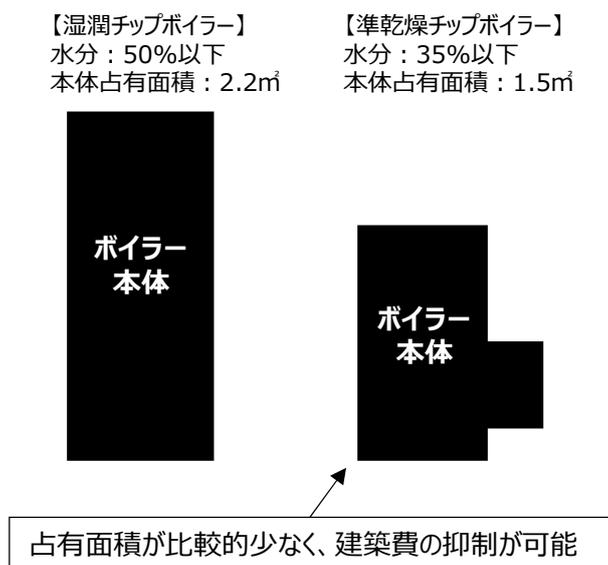


図 27 ボイラー専有面積の比較 (120kW 相当)

### 2.5.5. 事業主体のあり方について

これまで述べたように、木質バイオマス熱利用事業においては、コンサルタント・専門技術者等の専門的知見を持つプレーヤーのサポートを受けつつ、まずバイオマス熱事業を導入する熱事業者（発注者）自身が、その事業の目的や様態について検討を重ねた上で、設計・施工段階においてボイラメーカー（代理店）、燃料生産者、設計・施工業者と入念な検討を行い、事業目的に合致したボイラを調達すること、また、ボイラの稼働開始後は稼働や投資回収にむけた予測と対応を実施していくことが、トラブルの少ない、安定的に稼働し効果を発揮する「効率的運営」を可能とするベースとなる。

現状では、木質バイオマス熱利用の成功事例が一般化されておらず、事業関係者の体制の中でもノウハウが不足することが多いため、事業を計画し設備投資を行い、運営を主導する熱事業者への負荷が大きく、孤独な対応を続けているとも言える。

これまで 2,000 か所以上の導入実績がある木質バイオマス熱利用分野ではあるが、2050年カーボンニュートラル宣言を踏まえ、今後、一層の脱炭素化を進めていくためには、エネルギー消費の半分を占める熱の再生可能エネルギー化について社会の要請が高まると考えられる。

木質バイオマス熱利用のさらなる普及に向けて、これまでの導入の経験を踏まえ、F/S調査や設計のマニュアル化や人材育成、燃料製造やボイラ導入の設計の技術指針により、木質バイオマス熱利用技術の標準化を進め、導入における事業者の負荷を軽減し、全国、どの地域においても必要なバイオマスエネルギー技術が導入可能な状況を創出することが重要と考えられる。各地域における効率的な導入促進のためにも、スキル・ノウハウを持つ人材が

地域に根付く形で活動し、木質バイオマス熱利用事業に取り組もうという意欲のある事業者に対し F/S 調査・設計から運営まで助言や意思決定ができるように地域の体制を構築していくことが重要と考えられる。

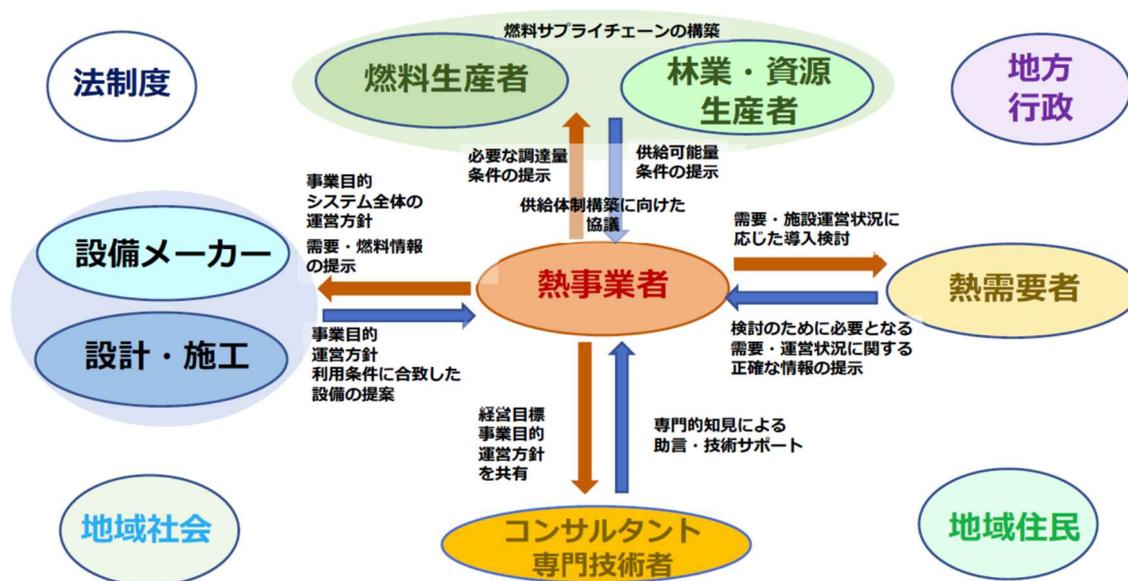


図 28 熱事業者（事業主体）とステークホルダーの関係

## 2.6. コスト分析

### 2.6.1. 初期費用の分析

チップボイラの初期費用に関して、アンケート調査回答済みの温水ボイラ 17 件と木質バイオマスボイラ導入・運用にかかわる実務テキスト(平成 24 年度) (以下、平成 24 年度文献) を比較した。ボイラ出力毎の初期費用を図 29 に、kW あたりの初期費用を図 30 に示す。今回のアンケート調査による回答 17 件は 50kW~1100kW、中央値が 300kW である。平成 24 年度文献は 21 件となっており、100kW~1000kW、中央値が 250kW である。

非常にばらつきが大きいのが、初期費用は平成 24 年度文献と比べて横ばいと言え、400kW 以下のボイラでは 1kW あたり単価で 20 万円~40 万円、400kW~では 1kW あたり 20 万円、が目安となる。

また、サンプル数が 5 件と少ないが、400kW 以下の規模で、海外製の準乾燥チップボイラは 1kW あたり 20 万円前後と比較的廉価な初期費用となっている。準乾燥チップボイラは、前述のように初期費用、ランニングコストとも改善する可能性があり、今後の普及モデルの一つと考えられる。

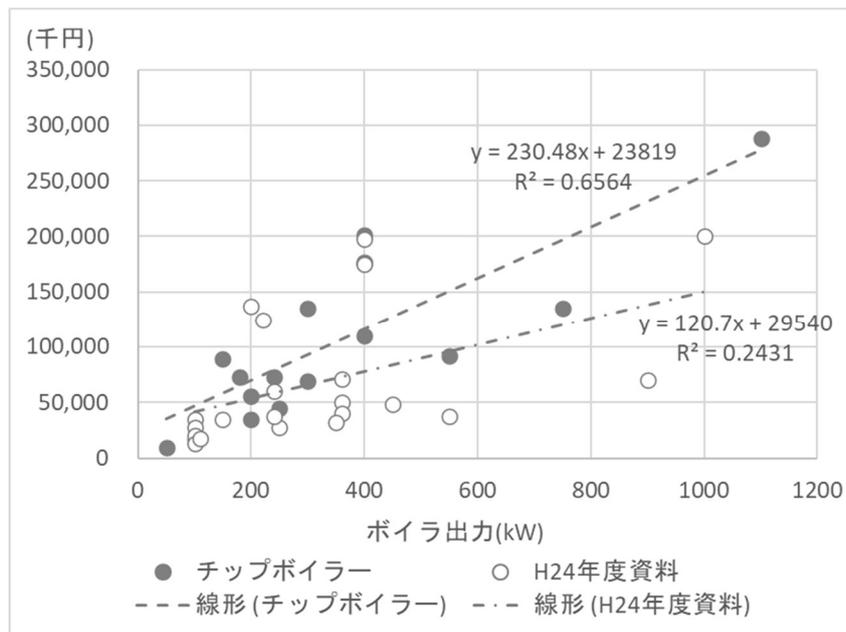


図 29 チップボイラの初期費用の散布図 (ボイラ出力 対 初期費用)  
(チップボイラ n=17,H24 年度資料 n=21)

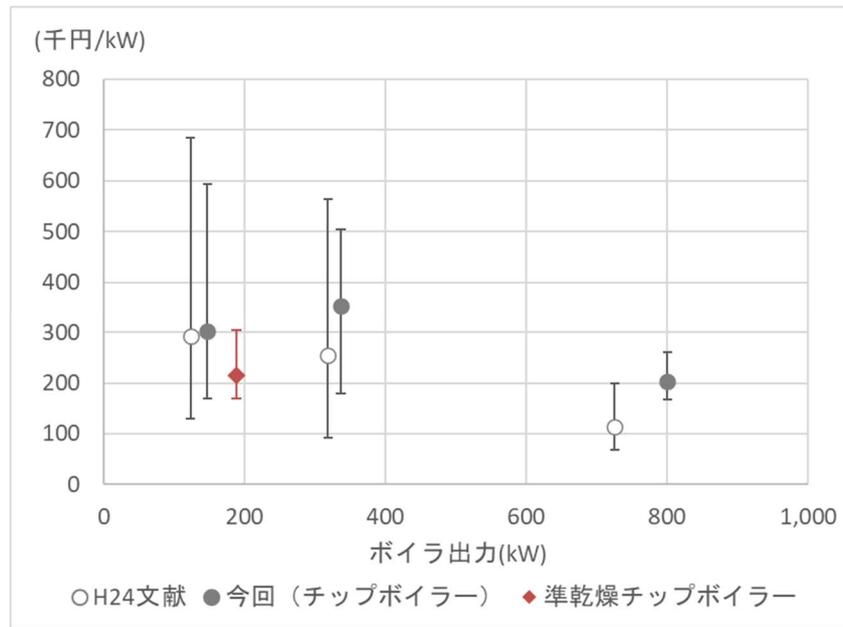


図 30 チップボイラの kW あたり初期費用

## 2.6.2. ランニングコストの設定

### 1) チップ購入単価

チップの購入単価は、アンケートで得られた単価とチップ水分で平均値を算出した。また比較として、(一社)日本木質バイオマスエネルギー協会がまとめた「燃料材需給動向調査報告書 2019 年度」より全国の発電所を対象に調査した未利用材チップ、一般木材チップの全国平均単価(絶乾基準)を参照し、水分による重量変化分を考慮して、チップ水分ごとの単価を算出した。

その結果を図 31、表 14 に示す。今回アンケートで得られたチップ購入単価の場合、上述の報告書で得られた未利用材チップ、一般木材チップの水準よりも高額な結果となった。乾燥させたチップを製造する際に、伐採時の水分が高いため原木での天然乾燥など追加工程が必要になる可能性もあるが、各地の木質バイオマスボイラの燃料として比較的割高な形で購入がなされていると考えられる。

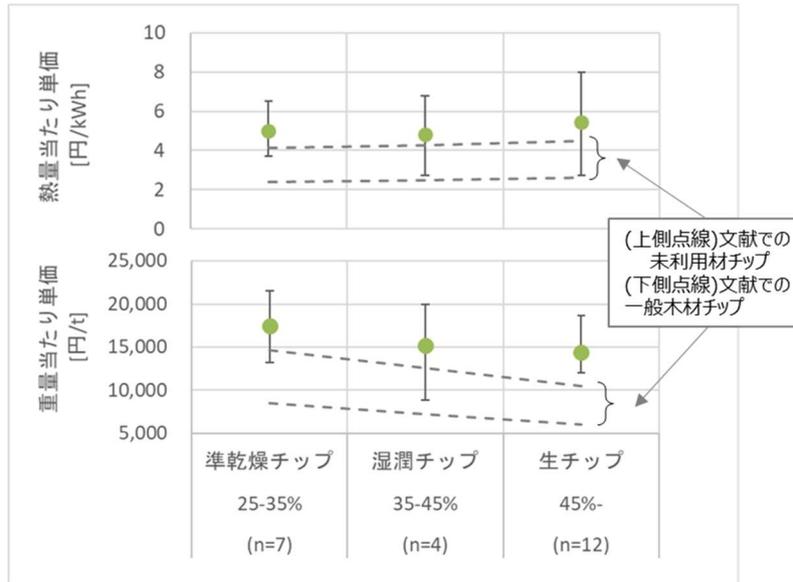


図 31 アンケートで得られたチップ単価と熱量当たり単価

表 14 チップ単価の比較

種類	水分	アンケート (平均値)	未利用材相当 (20,978円/BDt)	一般木材相当 (12,099円/BDt)
準乾燥チップ	25-35%	17,471	14,685	8,469
湿潤チップ	35-45%	15,210	12,587	7,259
生チップ	45%-	14,385	10,489	6,050

## 2) 修繕費と電力代の目安

ボイラと導入施設に関連する修繕費と電力代について、アンケートで得られた数値を確認した。ボイラ出力と熱供給量、電力代・修繕費のすべてが把握できた3か所を散布図にプロットした。

修繕費のプロットが図 32、電力代のプロットが図 33 である。両グラフより線形近似(切片ゼロ)を設定し、熱供給量 1kWh あたりの各コストを算出した。ここでは、熱供給量 1kWh あたりの電力代を 0.6 円、同様に修繕費を 0.4 円とした。

表 15 電力代・修繕費のヒアリング値

ボイラー出力 (kW)	熱供給量 (kWh/yr)	電力代 (千円/yr)	修繕費 (千円/yr)
100	71,895	217	111
300	1,447,500	724	900
550	2,916,667	1,844	1,105

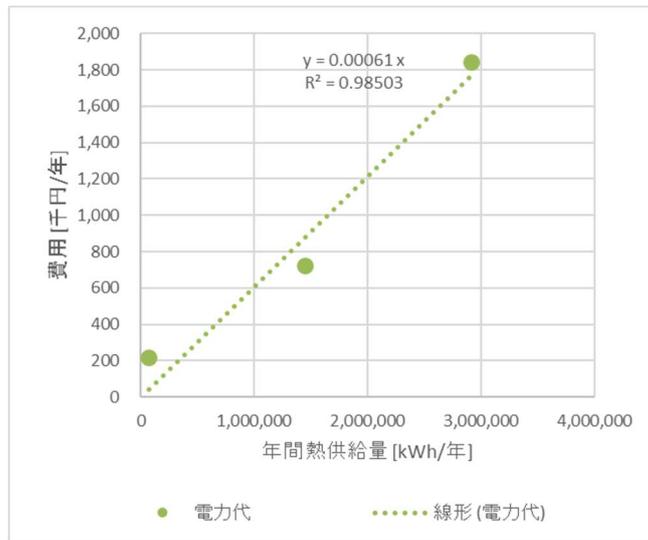


図 32 修繕費のプロット  
(n=3)

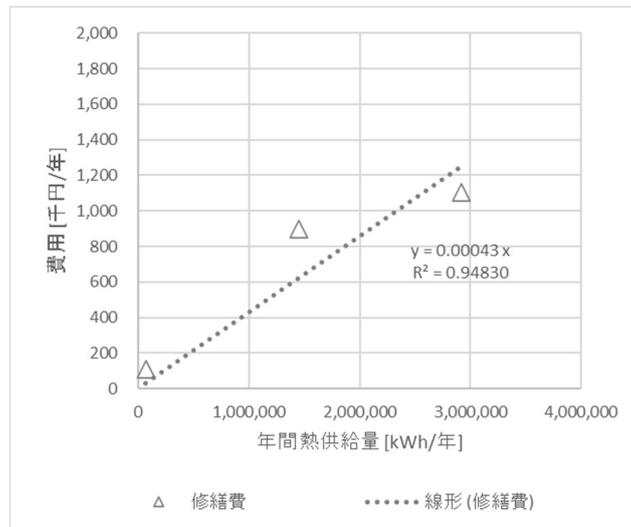


図 33 電力代のプロット  
(n = 3)

### 2.6.3. 検討するモデルケースの設定

上述のように、国内では比較的調達が可能であった湿潤チップを用いるボイラが多く導入されている。また、海外製の高性能な準乾燥チップボイラも導入が進みつつあることがわかった。

準乾燥チップボイラについては、特に小規模な需要（例えば 100～500kW 程度）では初期費用を比較的安くすることができることから今後導入が進むものと考えられる。一方で、湿潤チップボイラは出力規模が大きい施設（500kW 以上）で、スケールメリットを活かしていくことが導入に必要な視点と考えられる。

今後、2種類のボイラが出力規模ですみ分けた形で導入が進むものと考えられることから、本調査では小規模（300kW）の準乾燥チップボイラと中規模（600kW）の湿潤チップボイラの2種類をモデルケースとして設定した。300kW と 600kW の規模設定については、アンケート調査で温浴施設での導入に多く見られる一般的な規模として選定をした。

また、それぞれのモデルケースについて、本調査で把握された改善方策（初期費用、チップ購入単価、電力代と修繕費、改善によるカバー率向上）を実施した場合としない場合で投資回収年数がどう変化するか検証を行った。

投資回収年数の試算では、温浴施設を想定し、施設の運営者が木質バイオマスボイラを購入・運転し、既存燃料の削減（A 重油）により設備投資の負担額を回収していくことを前提とする。また、試算にあたって設定した値を表 16 に示す。

また、木質バイオマスボイラの採算性においては、代替する化石燃料は A 重油とし、改善前は設備利用率 40%（年間利用時間 3,500 時間）で施設の A 重油を 75%削減（カバー率 75%）したと仮定した。設備利用率 40%は今回の調査で確認した温浴施設における平均値であり、より高い設備利用率が得られる施設であれば、より採算性が高くなると期待される。

表 16 共通する設定値

大項目	小項目	数値	備考
資本 関連	減価償却（建築費）	38 年	金属造のもの
	減価償却（設備費）	15 年	建物附属設備（ボイラ設備）
	補助率	50%	
	固定資産税の税率	1.4%	
	借入金	なし（自己負担）	
ランニン グコスト 関連	人件費（年間）	20 万円	週 2 時間程度の作業想定
	電力料金	0.4 円/kWh (改善後 0.3 円/kWh)	
	修繕費	0.6 円/kWh (改善後 0.45 円/kWh)	
	灰処理費	チップ消費量×1%×2 万円	灰の発生をチップ消費量の 1% 灰処理費 20,000 円/t
改善の 内容	カバー率	改善前 75% 改善後 80%	改善でカバー率 5%向上と仮定
	設備利用率	改善前 40%(3,500 時間) 改善後 (カバー率に準拠)	
	初期費用	改善前 30 万円/kW 改善後 20 万円/kW	
	チップ購入単価	改善前 アンケート平均値 改善後 未利用材平均値※1	※1:「燃料材需給動向調査報告書 2019 年度」より全国平均を参照
	修繕費・電力代	改善前 6.2 章の想定値 改善後 想定値の 75%	
その他	A 重油ボイラ効率	85%	
	初期費用の内訳	初期費用の 20%が建築費、80%が設備費とした。	

## 1) 準乾燥チップボイラモデルの採算性試算

準乾燥チップボイラのモデルケースでは、300kW のボイラで、年間のボイラ利用時間 3,500 時間（A 重油 119,900 ℓ /年の代替に相当）、カバー率 75%とした場合と、改善後カバー率 80%とし、設定した改善方策を実施した場合の結果をまとめた。ここでは、チップの水分を 30%とし、木質バイオマスボイラの燃焼効率を 85%、A 重油単価 75 円/ℓとしている。

この場合、改善前の収支は、ボイラ導入の実質負担額 4,500 万円に対し、年間の収入（A 重油代替効果）が 97 万円となり投資回収年数は 46.2 年となった。また改善後では、ボイラ導入の実質負担額 3,000 万円に対し、年間の収入が 307 万円となり、投資回収年数は 9.8 年となった。

高効率ボイラの導入と改善方策の実施を併用することで、10 年以内の投資回収が可能となると考えられる。また、チップや化石燃料の購入単価は地域によってさまざまであり、都市部から離れた地域などでは化石燃料の輸送費が増しとなることから、より木質バイオマスボイラのメリットが得やすいことも考えられる。

改善前と改善後の収支をグラフ化したものをそれぞれ図 34、図 35 に示す。支出の 75% 近くが燃料費となっているが、地域で生産されるチップを使用することやチップの品質確保のためのコストを考慮すると、燃料費の引き下げによるコストダウンは望ましい方策とは言えない。チップ価格の適正な水準は生産方法や輸送等、地域により異なるが、地域内エコシステムの持続的運用のために、適正なチップ価格水準と収支の関係は確認しておく必要がある。

表 17 準乾燥チップボイラ 300kW のモデル設定値

大項目	小項目	単位	300kW ボイラ		備考
			改善前	改善後	
共通 設定	燃焼効率	-	85%		
	A 重油消費量	ℓ/年	全体で 160,000 ℓ		
	チップ水分	-	30%		
			改善前	改善後	
改善 事項	初期費用	千円	90,000 (設備費 72,000)	60,000 (設備費 48,000)	改善前：30 万円/kW 改善後：20 万円/kW
	実質負担	千円	45,000	30,000	補助金適用後
	カバー率		75%	80%	
	チップ単価	円/t	17,500	14,700	
改善の 設定	代替熱量	MWh/yr	1,050	1,200	
	稼働時間	h/yr	3,500	3,970	
	削減重油量	ℓ/yr	119,900	135,900	
	CO2 削減量	t-CO2/yr	325	368	2.71kg-CO2/ℓ より算出
	チップ需要	t/yr	347	394	

表 18 準乾燥チップボイラ 300kW のモデルの採算性 (A 重油 75 円/ℓ のとき)

大項目	小項目	単位	300kW ボイラ		備考
			改善前	改善後	
初期費用の実質負担		千円	45,000	30,000	補助金適用後 (再掲)
収入	重油削減額 <sup>※1</sup>	千円	8,990	10,190	
支出	燃料費 <sup>※1</sup>	千円	6,070	5,513	
	電力代	千円	630	536	
	修繕費	千円	420	357	
	その他	千円	896	713	人件費・固資税・灰処理費 固資税は 20 年間の平均値で算出
収支額 (年間)		千円	974	3,071	
投資回収年数		年	46.2	9.8	

※1：本表では、A 重油単価 75 円/ℓ と仮定した。

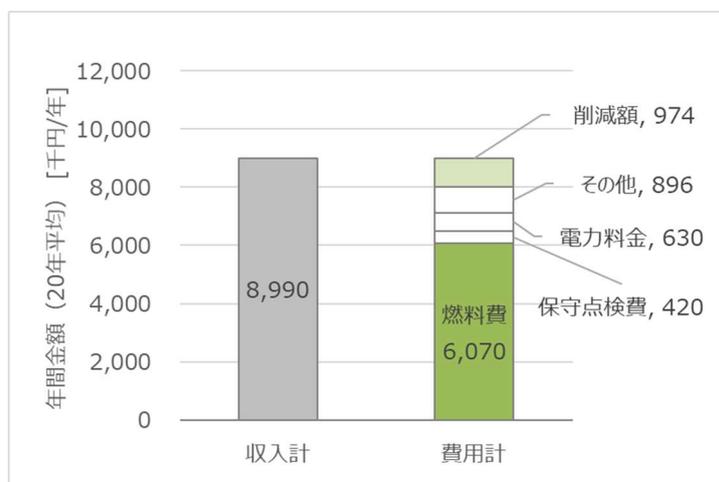


図 34 準乾燥チップボイラ(300kW)の改善前の収支イメージ

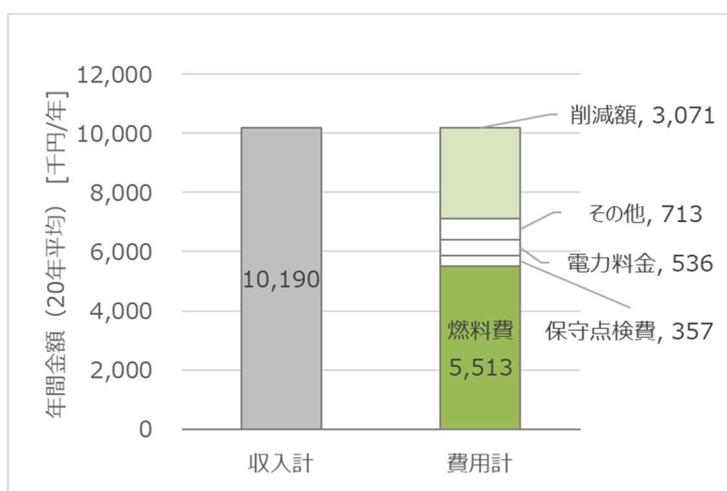


図 35 準乾燥チップボイラ(300kW)の改善後の収支イメージ

上述の通り、木質バイオマスボイラの採算性には、チップの購入単価と比較対象となる化石燃料（ここでは A 重油）の購入単価が大きく寄与する。従って、これら単価の影響度を調べるため、A 重油の購入単価を 1 リットル当たり 50 円から 110 円、チップを 1t あたり 4,000 円から 18,000 円とした場合の感度分析を行った。

表 19 準乾燥チップボイラ(300kW)の改善前の投資回収年数の分析

重油単価 (円/L)	チップ料金 (水分30%ベース)							
	4,000	6,000	8,000	10,000	12,000	14,000	16,000	18,000
110円/L	5	6	6	7	7	8	9	10
100円/L	6	7	7	8	9	10	11	13
90円/L	7	8	8	10	11	13	15	18
80円/L	8	9	10	12	14	17	21	21
70円/L	10	12	14	16	20	21	21	21
60円/L	13	15	19	21	21	21	21	21
50円/L	18	21	21	21	21	21	21	21

※閲覧性向上のため、投資回収 21 年以上の場合は「21」と表示している

表 20 準乾燥チップボイラ(300kW)の改善後の投資回収年数の分析

重油単価 (円/L)	チップ料金 (水分30%ベース)							
	4,000	6,000	8,000	10,000	12,000	14,000	16,000	18,000
110円/L	3	3	4	4	4	5	5	6
100円/L	3	4	4	4	5	5	6	7
90円/L	4	4	5	5	6	7	8	10
80円/L	5	5	6	6	8	9	11	15
70円/L	6	6	7	9	11	14	19	21
60円/L	7	8	10	13	17	21	21	21
50円/L	9	12	16	21	21	21	21	21

※閲覧性向上のため、投資回収 21 年以上の場合は「21」と表示している

## 2) 湿潤チップボイラモデルの採算性試算

湿潤チップボイラのモデルケースでは、600kWのボイラで、年間のボイラ利用時間3,500時間（A重油254,800ℓ/年の代替に相当）、カバー率75%とした場合と、改善後にカバー率80%とし、改善方策を実施した場合の結果をまとめる。ここでは、チップの水分を40%、木質バイオマスボイラの燃焼効率を80%とした。

この場合、改善前ではボイラ導入の実質負担9,000万円に対し、年間の収入が77万円となり、投資回収年数は118.9年であった。また改善後では、ボイラ導入の実質負担6,000万円に対し、年間の収入が394万円となり、投資回収年数は19.2年となった。先述の通り、木質バイオマスボイラを導入する地域によりチップの適正価格が異なるほか、化石燃料の購入単価は地域性だけでなく市況にも左右されることを考慮する必要があるが、本事業モデルでは10年以上の投資回収年数が発生するため、より採算性を良くしていくためには、より需要規模の大きい施設の選定しさらなるスケールメリットを発揮していくことが必要であると考えられる。

また、改善前と改善後の収支をグラフ化したものをそれぞれ図36、図37に示す。このモデルの場合、支出の80%まで燃料費となっており、準乾燥チップボイラと比べても、よりチップ価格の寄与度が高くなっている。

表21 湿潤チップボイラ 600kWのモデル設定値

大項目	小項目	単位	600kWボイラ		備考
共通 設定	燃焼効率	-	80%		
	A重油消費量	ℓ/年	全体で340,000ℓ		
	チップ水分	-	40%		
			改善前	改善後	
改善 事項	初期費用	千円	1440,000 (設備費36,000)	96,000 (設備費24,000)	改善前：30万円/kW 改善後：20万円/kW
	実質負担	千円	90,000	60,000	補助金適用後
	カバー率		75%	80%	
	チップ単価	円/t	15,200	12,600	
改善の 設定	代替熱量	MWh/yr	2,100	2,240	
	稼働時間	h/yr	3,500	3,930	
	削減重油量	ℓ/yr	254,800	271,800	
	CO2削減量	t-CO2/yr	691	737	2.71kg-CO2/ℓより算出
	チップ需要	t/yr	892	951	

表 22 湿潤チップボイラ 600kW のモデルの採算性 (A 重油 75 円/ℓ のとき)

大項目	小項目	単位	600kW ボイラ		備考
			改善前	改善後	
初期費用の実質負担		千円	90,000	60,000	補助金適用後 (再掲)
収入	重油削減額	千円	17,980	19,177	
支出	燃料費	千円	13,551	11,981	
	電力代	千円	1,260	1,008	
	修繕費	千円	840	672	
	その他	千円	1,563	1,575	人件費・固資税・灰処理費 固資税は 20 年間の平均値で算出
収支額 (年間)		千円	766	3,942	
投資回収年数		年	118.9	19.2	

※1：本表では、A 重油単価 75 円/ℓ と仮定した。

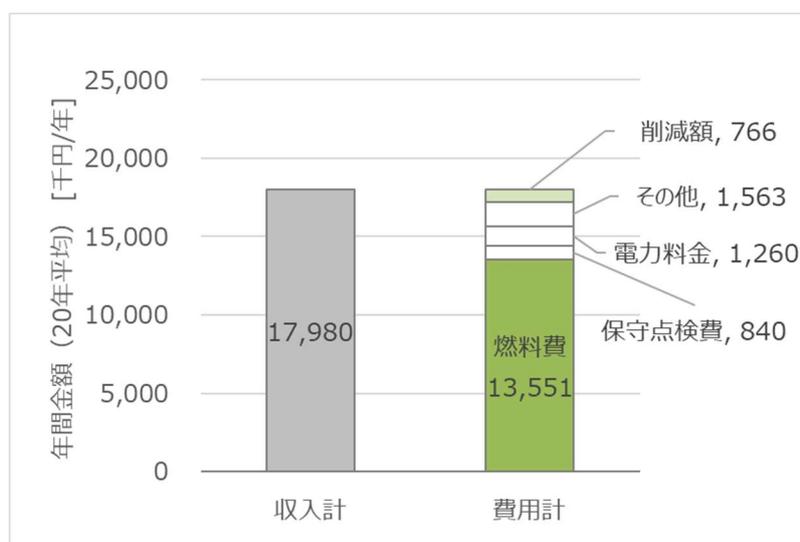


図 36 湿潤チップボイラ (600kW) の改善前の収支イメージ

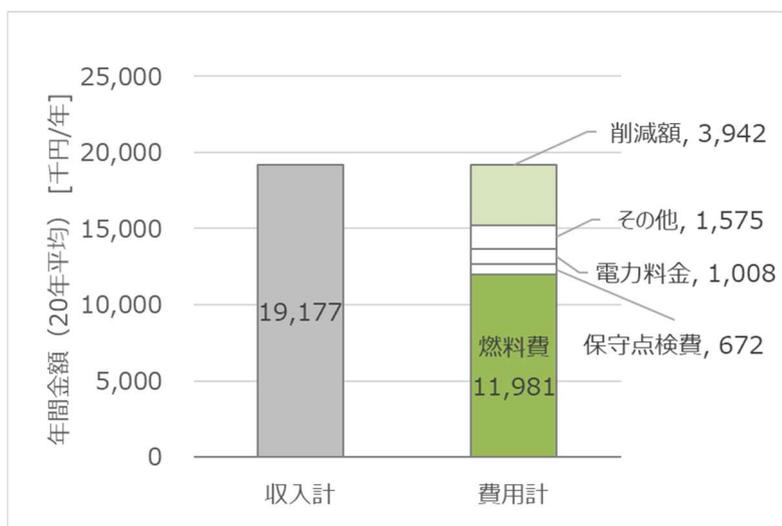


図 37 湿潤チップボイラ (600kW) の改善後の収支イメージ

次に、チップの購入単価と比較対象となる化石燃料（ここでは A 重油）の購入単価の影響度を調べるため、A 重油の購入単価を 1 リットル当たり 50 円から 110 円、チップを 1t あたり 4,000 円から 18,000 円とした場合の感度分析を行った。

表 23 湿潤チップボイラ(600kW)の改善前の投資回収年数の分析

重油単価 (円/L)	チップ料金 (水分40%ベース)							
	4,000	6,000	8,000	10,000	12,000	14,000	16,000	18,000
110円/L	5	6	7	7	9	10	12	15
100円/L	6	7	8	9	11	13	16	21
90円/L	7	8	9	11	14	18	21	21
80円/L	9	10	12	15	19	21	21	21
70円/L	11	13	16	21	21	21	21	21
60円/L	14	18	21	21	21	21	21	21
50円/L	20	21	21	21	21	21	21	21

※閲覧性向上のため、投資回収 21 年以上の場合は「21」と表示している

表 24 湿潤チップボイラ(600kW)の改善後の投資回収年数の分析

重油単価 (円/L)	チップ料金 (水分40%ベース)							
	4,000	6,000	8,000	10,000	12,000	14,000	16,000	18,000
110円/L	4	4	4	5	5	6	7	9
100円/L	4	4	5	6	7	8	10	13
90円/L	5	5	6	7	8	11	15	21
80円/L	5	6	7	9	12	17	21	21
70円/L	7	8	10	13	19	21	21	21
60円/L	9	11	15	21	21	21	21	21
50円/L	12	17	21	21	21	21	21	21

※閲覧性向上のため、投資回収 21 年以上の場合は「21」と表示している

## 2.7. 先行事例の実態調査についての考察

運用実態調査として木質バイオマスボイラを導入したアンケート調査、現地ヒアリング調査を行い、木質バイオマスボイラの安定稼働、普及に向けた課題やあり方を調査した。

アンケート調査では、木質バイオマスに特有のトラブルとして、燃焼効率の低下、燃料搬送の停止、燃料調達量の不足といったものが把握された。これらのトラブルの要因として、燃料水分が不適合なこと（水分が高い、又は低い）、燃料の規格外品や異物の混入といったハード面の要因が挙げられるとともに、O&M（事業運営者）や発注先（ボイラメーカー・代理店、設計・施工業者）といったソフト面の要因もあることが確認できた。

設備の管理においては、一般的に稼働初期はトラブルが発生しやすい時期であり、木質バイオマスボイラでもこれに該当する。今回のアンケート調査でも、稼働1年目には様々なトラブルが発生しており、早期にこれらトラブルに対応し、木質バイオマスボイラに特有の運転ノウハウを蓄積していく必要がある。2年目以降では、木質バイオマスのカバー率を高く運用している施設ではハード面の要因によるトラブルがなくなる傾向があることがわかった。

化石燃料と木質燃料の使用量の運用実績の調査では、早期に化石燃料より木質燃料を優先する設計と設定がなされる事例とともに、稼働初期のトラブルによって想定した目標値を達成していない事例も把握された。施設側の設備の運営方法の変化により化石燃料そのものの需要が減少したこともあり、設備管理そのものの効率化も考慮していく重要性も明らかとなった。

また、現地ヒアリングによる実態調査を通じ、安定稼働や効率的な運営に向けて、管理体制と改善の実現が行われることで好循環になること、木質バイオマスボイラのメーカーや代理店と運営者とのコミュニケーションの重要性をまとめた。また、導入が既に進んでいる欧州では、設計手法のパッケージ化や準乾燥チップボイラに代表される高機能なボイラの採用など効率化が進んでおり、国内でもこれらノウハウを採用して効果を上げている事例も確認することができた。一方で、木質バイオマスボイラの稼働から10年以上経過した施設で老朽化の問題について調査も行ったが、想定外の故障が発生する実態はあるものの、機能や費用面で大きな負担となっている事例はなく、適切な管理を施していれば継続して稼働することはできるものと考えられる。

現時点では、木質バイオマスの主流であるチップボイラは定格出力1kWあたり20万円～40万円の初期費用が必要となる導入事例が多く、普及に向けたコスト削減の取り組みが重要である。導入施設に適した木質バイオマスボイラの機種選定、初期費用を20万円/kW水準にする、ランニングコストである木質燃料の調達コスト、電力代や修繕費の削減に向けた改善を行う等により、投資回収を短期間にしていくことは可能と考えられる。

以上のように、木質バイオマスボイラの効率的な運営には、設備を導入する事業主体がボイラメーカーや設計・施工業者、又は専門家などと密に連携を取り、複数年にわたる設備の

管理と改善を行っていく必要がある。

まだ事例が少ない中では事業主体への負担が大きいことが想定され、事業主体が設備や木質バイオマスのノウハウを早期に保有する必要がある。それ以外にも、導入までの F/S 調査や設計のマニュアル化や地域で事業を進展させる人材育成、また木質バイオマスボイラの規格統一など今後導入を検討する事業主体が導入を加速させる取組も重要であると考えられる。

### 3. 技術普及資料の作成

#### 3.1. 目的

木質バイオマス熱利用の普及については、既に 10 年以上に渡って取り組まれてきたが、コストが掛かり増しになっているのみならず、各地で取り組まれている実態を見ても、順調に稼働できていないとされるものもあり、初期の目的が達成できていないとするものが少なくない状況にある。2019 年度林野庁補助事業の木質バイオマス熱等面的供給実態調査事業で実施した技術ヒアリングでは、木質バイオマス熱利用関係者から事業採算性や利便性、安定稼働に関する技術面の課題が多く挙げられた。

課題の背景には、木質バイオマス熱利用のシステム、特に温水ボイラシステムについては、その設計や運営について、コンサルタントやメーカー、設計者を始めとした開発者に十分に理解されていないといった現状がある。本来は、木質バイオマスの特徴を踏まえた上で、1 つのプラントとしてシステム設計及び制御設計がなされる必要がある。

欧州では、1990 年代後半にヨーロッパで広範囲に風倒木被害が発生したことを契機に、被害木の有効活用を目的として、スイスの工学設備設計士が中心となり、標準的な手法が取りまとめられた。それをベースとして、スイス、オーストリア、ドイツが 3 カ国共通の国際プロジェクトとして作成したものが「QM Holzheizwerke」であり、現在、標準的な手法として活用されている。

一方、我が国においては、熱利用の普及を目的とした書籍は作られてきたが、効率的な計画や設計を示し、実際にどのようにしていくかを明らかにした技術書が未だできておらず、有効な技術の普及ができていない。このような現状を踏まえ、本事業において、効率的な計画・設計を行うための技術普及資料を作成し、その中で基本的な考え方や標準的な技術のあり方を明らかにすることを目的とする。

## 3.2. 技術普及資料の作成方法

今回作成する技術普及資料については、今後、マニュアルとして技術標準に関する整備を行うことを念頭に置き、進めていくこととした。また、その場合、今回作成する資料は、我が国における温水ボイラシステムの技術標準になるべきものであり、関係者の合意形成も兼ね、作業進行をすることの必要に対し、配慮しながら実施した。

このため、温水ボイラの関係者の多くに作成過程への参加をいただくとともに、議論を行えるように、大まかな章立てを設定した上で、大きく内容の区分をし、それぞれに分科会を設けて検討することとした。

分科会は、6分科会として、それぞれに5~15名程度の関係者が参加できるようにした。分科会は次の通りである。

## 3.3. 分科会

技術普及資料の作成にあたって、分科会の開催を通じて、内容の検討や執筆の分担を行った。各分科会は、2020年6月と2020年12月の計2回実施した。いずれも開催はWEB会議方式をとった。

2020年6月に実施した第1回の分科会においては、目次構成案を元に、内容や項目に関する意見交換を行い、執筆者と執筆スケジュールの決定を行った。2020年12月に実施した第2回の分科会では、原稿の第一次稿を元に意見交換を行い、執筆内容の過不足を中心に議論を行った。

### 3.3.1. 分科会の実施状況

#### 1) 第1分科会

■ テーマ：燃料・燃焼

■ 開催日時

・第1回 2020年6月10日 14時～16時

・第2回 2020年12月10日 13時半～15時半

表 25 第1分科会 構成員名簿

氏名	所属
江川 広和	(株) 森のエネルギー研究所
石山 浩一	(株) 森林環境リアライズ
遠藤 武	(株) 日本サーモエナー
笹内 謙一	(株) PEO 技術士事務所
沢辺 攻	岩手大学名誉教授
吉田 貴紘	国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所
薬師堂 謙一	特定非営利活動法人 九州バイオマスフォーラム

## 2) 第2分科会

■ テーマ：ボイラ・ボイラ関連機器

■ 開催日時

・第1回 2020年6月17日 10時～12時

・第2回 2020年12月15日 10時～12時

表26 第2分科会 構成員名簿

氏名	所属
山田 幸司	やまがた自然エネルギー（株）
谷淵 庸次	高山バイオマス研究所
小島 健一郎	ラブ・フォレスト（株）
江川 広和	（株）森のエネルギー研究所
岡本 繁幸	Reast（株）
森 大顕	（株）森の仲間たち
小久保 公由	丸文製作所
川村 浩	オヤマダエンジニアリング（株）
西村 信生	（株）ヒラカワ
山田 昌宏	矢崎エナジーシステム（株）
遠藤 武	（株）日本サーモエナー
岡本 利彦	（株）トモエテクノ

### 3) 第3分科会

■ テーマ：システム・制御

■ 開催日時

- ・第1回 2020年6月19日 10時～12時
- ・第2回 2020年12月16日 13時半～15時半

表 27 第3分科会 構成員名簿

氏名	所属
黒坂 俊雄	元 神鋼リサーチ (株)
小野 春明	小野コンサルティング事務所
谷淵 庸次	高山バイオマス研究所
山崎 尚	(株) WB エナジー
大坪 祐輔	アイフォレスト (株)
池田 文雄	巴商会
川村 浩	オヤマダエンジニアリング (株)
山田 昌宏	矢崎エナジーシステム (株)

### 4) 第4分科会

■ テーマ：熱負荷・熱量計算

■ 開催日時

- ・第1回 2020年6月12日 14時～16時
- ・第2回 2020年12月18日 13時～14時半

表 28 第4分科会 構成員名簿

氏名	所属
小野 春明	小野コンサルティング事務所
山崎 尚	(株) WB エナジー
笹内 謙一	(株) PEO 技術士事務所
沢辺 攻	岩手大学名誉教授
岡本 利彦	(株) トモエテクノ

## 5) 第5分科会

■ テーマ：運転メンテナンス

■ 開催日時

- ・第1回 2020年6月11日 14時～16時
- ・第2回 2020年12月21日 10時～11時40分

表29 第5分科会 構成員名簿

氏名	所属
山田 幸司	やまがた自然エネルギー（株）
岡本 繁幸	Reast（株）
大坪 祐輔	アイフォレスト（株）
森 大顕	（株）森の仲間たち
大城 謙治	（株）マルツホールディングス
梶山 恵司	（株）WBエナジー
黒坂 俊雄	元 神鋼リサーチ（株）

## 6) 第6分科会

■ テーマ：コスト計算・計画設計

■ 開催日時

- ・第1回 2020年6月16日 10時～12時
- ・第2回 2020年12月9日 10時～12時

表30 第6分科会 構成員名簿

氏名	所属
黒坂 俊雄	元 神鋼リサーチ（株）
山田 幸司	やまがた自然エネルギー（株）
小川 聡志	（株）森のエネルギー研究所
池田 文雄	巴商会（株）
梶山 恵司	（株）WBエナジー
相川 高信	自然エネルギー財団
久木 裕	（株）バイオマスアグリケーション
高橋 祐二	下川町
庄司 昌之	ナラサキ産業（株）

※ 庄司氏は第1回分科会のみ

### 3.4. 編集会議

分科会に引き続き、2021年1月に専門家を招聘し、編集会議を行った。編集会議では、全体構成ならびに各章ごとの整理内容の過不足について、意見交換を行った。

#### 3.4.1. 編集会議の実施状況

■ 開催日時

・2021年1月14日 10時～12時

表 31 編集会議 構成員名簿

氏名	所属
黒坂 俊雄	黒坂事務所 代表（元神鋼リサーチ）元 神鋼リサーチ（株）
岡本 利彦	（株）トモエテクノ代表取締役
川村 淳浩	釧路工業高等専門学校 教員
橘 雅哉	京環境研究所 代表
梶山 恵司	（株）WB エナジー 代表取締役社長
山崎 慶太	（株）竹中工務店 技術研究所 主任研究員

### 3.5. 技術普及資料の章構成および執筆担当者

技術普及資料の章立てと執筆担当者については表 35、表 36 に示す。基本編と設計編の 2 編からなっており、基本編は 1～7 章、設計編が 8～18 章で構成されている。執筆担当者は、第 1 回の分科会の後に決定し、8 月から 11 月頃までにかけて第 1 次稿の作成を行った。11～12 月に第 1 次稿を編纂した上で、分科会で討議を行い、さらに第 2 次稿の作成を行った。

表 32 技術普及資料の章構成（基本編）

構成	
(基本編)	
第 1 章	計画設計マニュアルの必要性と課題
第 1 節	木質バイオマス熱利用の意義
第 2 節	我が国の木質バイオマス熱利用の展開過程と現状
第 3 節	欧州の木質バイオマス熱利用の状況
第 4 節	木質バイオマス熱利用の効率的な実施のための課題
第 2 章	プロジェクト管理
	・プロジェクトの手順とフェーズごとの成果物のあり方
	・補助金の要求手順を念頭に置くことが必要か
	・関係者間の関係性と役割、責任
	・実績評価、PDCA サイクル
第 3 章	木質バイオマスの燃焼特性
第 4 章	燃料
第 1 節	燃料種毎の特性
第 2 節	チップ
第 3 節	ペレット
第 4 節	望ましい燃料のあり方
第 5 節	チップ、ペレットの使用に当たっての注意点
第 6 節	品質規格と認証制度
第 5 章	木質バイオマスボイラの特質
	・化石燃料ボイラと木質バイオマスボイラの違い
	・日本のボイラ、欧州のボイラ
第 6 章	熱供給システムの構成と関連機器
第 1 節	熱供給システムの全体構成
第 2 節	ボイラ関連機器
第 3 節	熱導管
第 4 節	需要先の機器と制御
第 5 節	配管機器（室内配管、室外配管）
第 6 節	計測・制御機器
第 7 節	冷房関連機器
第 7 章	安全対策及び関係法令の規制
第 1 節	安全対策
第 2 節	関連法令の規制

表 33 技術普及資料の章構成と執筆担当者（設計編）

<b>（設計編）</b>
第 8 章 木質バイオマス熱供給システム設計の基本的考え方とあり方
・生産熱（廃熱も含む）の有効利用の考え方
・熱利用システムの設備・回路・制御を設計するための基本原則
第 9 章 計測・制御システムの機能と運用
第 10 章 熱負荷分析
第 11 章 コスト積算・システム評価
第 12 章 失敗事例の類型と対策
第 13 章 計画提案 <FS: Feasibility Study>
第 14 章 システムの基本設計 FEED: Front End Engineering & Design>
第 15 章 実施設計
第 16 章 事業の発注
<b>（施工・メンテナンス編）</b>
第 17 章 施工、試運転
・設計図書の確認
・総合工程表の作成
・作業工程管理
第 18 章 維持管理・メンテナンス

### 3.6. 技術普及資料の取りまとめ

今年度は技術的内容がどのようになるべきかを中心に技術普及資料として取りまとめた。さらに標準技術にしていくためには内容として議論すべきことが明らかになるとともに、用語の統一、用語の説明、参考資料の整理等マニュアル化に当たっての取り組むべき事項についても指摘されている。また、マニュアルが受け入れられ、活用されていくためには、より具体的でわかりやすくしていくことが必要である。今回の技術普及資料は、それらのことが検討できるたたき台が出来たとすることができ、来年度以降、さらに内容等を整えていくこととする。

## 4. パンフレットの作成

### 4.1. 木質バイオマス熱利用施設におけるトラブル事例の整理

2, 先行事例の実態調査と分析、整理により得られた、国内で現在、稼働中の木質バイオマス熱利用施設において、具体的なトラブルとその対応についてトラブル事例をとりまとめ、報告会において発表を行った。

パンフレットの作成については、今後、技術普及資料の活用と合わせて行うことが適当と考えられた。

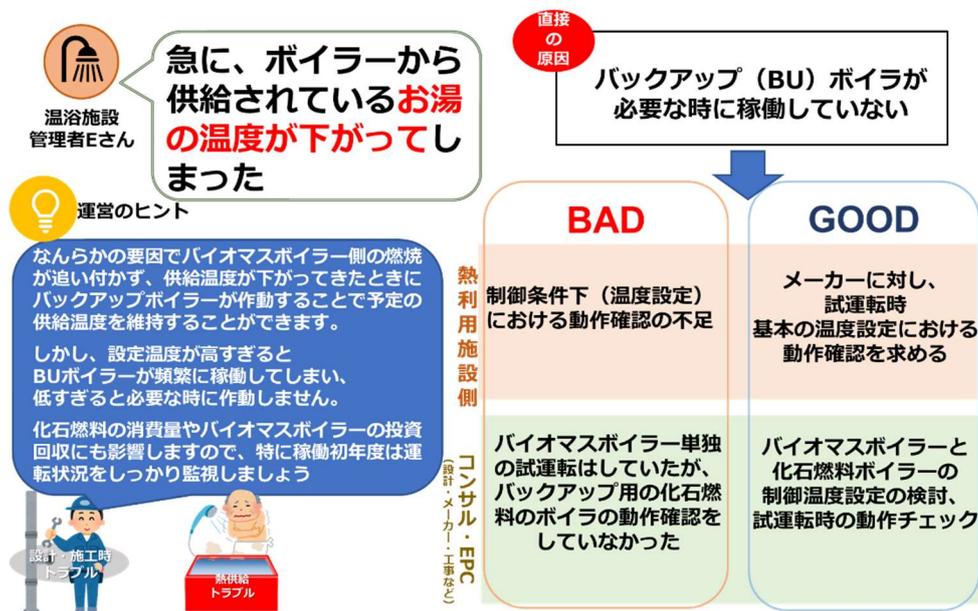


図 38 トラブル事例の一例

## 5. 報告会の開催

### 5.1. 報告会の実施概要

2020 年度「地域内エコシステム」サポート事業木質バイオマス熱利用・熱電併給効率化実態調査の成果報告会を以下の内容で実施した。。

名称：2020 年度 林野庁補助事業 成果報告セミナー

日時：2021 年 3 月 3 日（水）・ 4 日（木）・ 5 日（金） 12：30～14：30

会場：東京ビッグサイト （東京都江東区有明）

定員：200 名

## 6. 木質バイオマスボイラの効率的運営の確立に向けて

運用実態調査では、多くの事例から、運転開始1年目において燃料性状に起因する「搬送の停止」等のトラブルは一定数が発生していることが分かった。いずれも、事業開始間もない時期は、設備運用側もチップ製造事業者もまだ木質バイオマスの取扱いに習熟していないことも多いため、導入したボイラの特性に合わせた燃料品質が確保できない、O&Mの未習熟などの状況が起りやすいと考えられる。

しかし、運営経験を重ねていくうちに、事象を確認しながら両者間で協議を行い、チップ納入規格や検品、品質管理体制を見直すなどの対策を実施することでトラブル要因が解消されたというケースも確認されている。

このように、初期不良や当初の想定との実態のズレを早期に修正できた事業は、その後の運営で高い効果を上げると期待できる。

また、実地調査では、比較的安定稼働している施設では2年日以降トラブル頻度は低下し、計画外停止・修繕等による影響は低い水準にとどまる一方で、チップ製造事業者との調整が順調にいかない場合はトラブルの根本原因が解決されないため、2年日以降も同様のトラブルに悩まされるなど、事業の信頼性を低下させかねない大きなリスクとなっていることが確認された。

長期間の運転による老朽化・経年劣化については、実地調査では稼働そのものは問題ないとの回答が得られたが（事例①②）、中にはメーカーの定期点検費の一年分に相当する修繕費が発生した場合（事例①）もあった。このケースではDSS（Daily Start Stop、日間起動停止）を行うために朝の起動時は常にCold Startとなることから耐火レンガの経年的な損傷が想定よりも手前で発生していた。修繕費の見込みについては、メーカーと協議し、バスタブカーブなどを考慮し、ある程度余裕をもった予算とすることが望ましいと考えられる。

また、コスト分析では、準乾燥チップボイラ、湿潤チップボイラの2つのモデルについて、一般的な導入モデルと、カバー率の向上など改善方策を実施した場合を比較した。

その結果、いずれのモデルにおいても、改善方策の実施により大幅に採算性が向上し、投資回収年数が短縮される効果が確認された。

また、実態調査において、長期化するトラブルの要因を確認すると、設備等の発注先の経験不足や体制に起因すると思われる事例も見られた。課題の背景には、木質バイオマス熱利用のシステム、特に温水ボイラシステムについては、その設計や運営について、コンサルタントやメーカー、設計者を始めとした開発者に十分に理解されていないといった現状があることから、技術普及資料の検討を行った。

この取り組みは欧州で既の実績があるが、日本でも国内の事情・法制度・建築設備設計基準を踏まえた技術標準化につながると期待される。この標準化が確立すれば、木質バイオマス熱利用の潜在的な導入先であるさまざまな業種や用途、地域において一定の技術水準を確保することができるようになると考えられる。

現状、木質バイオマスボイラは国内で2000台程度の実績を持つが、近年、導入台数の伸びが低下している。

木質バイオマスボイラ技術の標準化による円滑かつ適切な設備導入が可能となり、またその設備を効率的に運営できる技術・ノウハウが、広く共有されることで、脱炭素社会に向け今後ますます高まりを見せる木質バイオマス熱利用への社会の要請に応えていくことができると期待される。



令和二年度「地域内エコシステム」サポート事業のうち  
木質バイオマス熱利用・熱電併給効率化実態調査  
報告書

2021年3月 発行

発行： （一社）日本木質バイオマスエネルギー協会  
<http://www.jwba.or.jp>

〒110-0016

東京都台東区台東3丁目12番5号 クラシックビル604号室

電話：03-5817-8491 FAX：03-5817-8492

Email：mail@jwba.or.jp

本書は、令和二年度「地域内エコシステム」サポート事業のうち木質バイオマス熱利用・熱電併給効率化実態調査により作成しました。