

令和2年度木材需要の創出・輸出力強化対策のうち「地域内エコシステム」構築事業

鳥取県若桜町

「地域内エコシステム」モデル構築事業

報告書



令和3年3月

(一社) 日本森林技術協会

(株) 森のエネルギー研究所

目次

1. 背景と目的	1
1.1 事業の背景	1
1.2 事業の目的	1
1.3 対象地域	3
1.3.1 対象地域の概要	3
1.3.2 地域における事業の位置づけ	4
1.3.3 目的と取り組み内容	6
2. 実施内容	11
3. 実施項目	12
3.1 地域協議会の設置・運営	12
3.1.1 協議会の設置	12
3.1.2 協議会の運営	13
3.2 サプライチェーン	14
3.3 含水率低下に向けた取組	15
3.3.1 川上・川中での乾燥試験	15
3.4 エネルギー供給事業の展開	26
3.4.1 目標	26
3.4.2 ウッディ若桜の蒸気配管・制御の検討	28
3.4.3 町営宿泊施設 運転方法の見直し	35
3.4.4 小型ガス化熱電併給設備の検討	44
3.5 付加価値の創造	47
4. 総括	52

1. 背景と目的

1.1 事業の背景

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

このため、森林資源をエネルギーとして地域内で持続的に活用するための担い手確保から発電・熱利用に至るまでの「地域内エコシステム」（地域の関係者連携のもと、熱利用又は熱電併給により、森林資源を地域内で持続的に活用する仕組み）の構築に向けた取り組みを進めることが必要となってきました。

1.2 事業の目的

「地域内エコシステム」モデル構築事業（以下、本事業という。）は、林野庁補助事業「令和 2 年度木材需要の創出・輸出力強化対策のうち「地域内エコシステム」構築事業」のひとつとして実施されました。

本事業は、「地域内エコシステム」の全国的な普及に向けて、既に F/S 調査（実現可能性調査）が行われた地域を対象として公募により選定し、選定地域における同システムの導入を目的として、地域の合意形成を図るための地域協議会の設置・運営支援を行いました。また、協議会における検討事項や合意形成に資する情報提供、既存データの更新等に関する調査を行いました。

本報告書は、鳥取県八頭郡若桜町「地域内エコシステム」モデル構築事業の報告書として作成したものです。

「地域内エコシステム」とは

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

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

「地域内エコシステム」の考え方

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



図 1-1 「地域内エコシステム」構築のイメージ

1.3 対象地域

1.3.1 対象地域の概要

本事業では、地域内エコシステムモデル構築事業の採択地域である鳥取県八頭郡若桜町を支援対象地域としました（図 1-2）。

若桜町は鳥取県の東南端に位置し、兵庫・岡山両県に県境を接しており、北に扇ノ山（1,310m）、陣鉢山（1,207m）、東には中国地方 2 番目の高峰氷ノ山（1,510m）、西に東山（1,338m）など、1,300 mを超える急峻な山々に周囲を囲まれた山間地です。集落は若桜宿を中心に八東川とその支流の標高 180m~620mに点在しています。

若桜町の人口は 3,041 人（2021 年 2 月 1 日現在）で、総面積は 199.18 ㎢、そのうち森林面積は 188.73 ㎢と約 95%を占めており、鳥取県で最も林野率の高い町です。

若桜町の素材生産量を図 1-3 に示します。素材生産量は順調に増加し、製材などの利用のほか、チップ化し木質バイオマスエネルギーとして利用されています。その多くが、地域外の発電所向けであることから地域内での利用を目指しています。

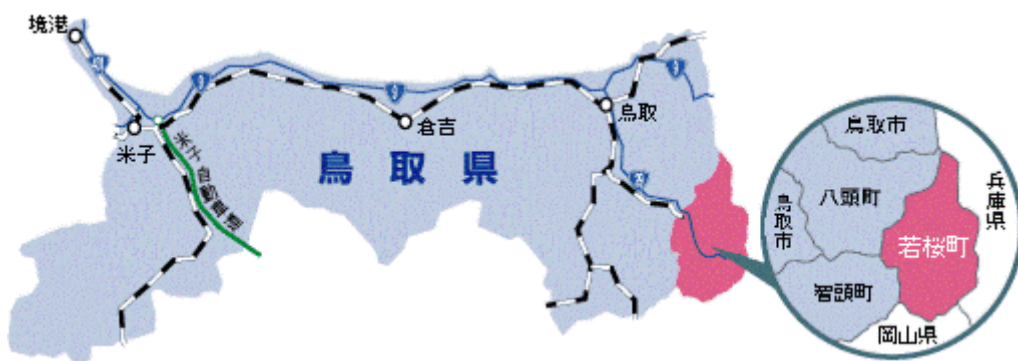


図 1-2 鳥取県八頭郡若桜町の位置

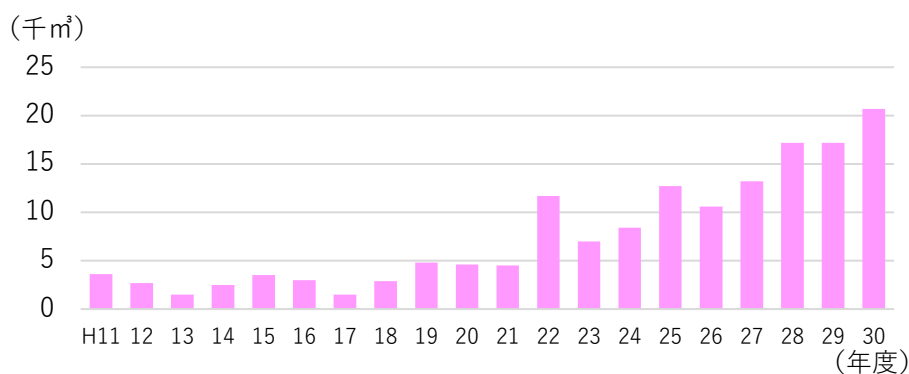


図 1-3 素材生産量の推移

1.3.2 地域における事業の位置づけ

鳥取県では、「SDGs（持続可能な開発目標）」や地球温暖化対策のための「パリ協定」など、国内外で環境施策の大転換期を迎えていることを踏まえ、令和12年度を目標年度とする環境施策等の総合的な計画となる「令和新時代とっとり環境イニシアティブプラン」を策定しました（図1-4）。今後の環境施策の展開として5つの柱を掲げ、この柱の1つである「低炭素社会の実現」において、木質バイオマスを含む再生可能エネルギーの導入を通じた低炭素社会の実現を目指しています（表1-1）。

＜令和新時代とっとり環境イニシアティブプランの5つの柱＞



表 1-1 令和新時代とっとり環境イニシアティブプランの「低炭素社会の実現」における環境指標

No.	指標名	現状(平成 30 年度)	目標(令和 12 年度)
1	温室効果ガスの総排出量 (CO ₂ 換算) (森林による CO ₂ 吸収量を差し引いたもの)	4,132 千トン (2013 年比 12%減)	2,827 千トン (2013 年比 40%減)
2	鳥取県地球温暖化対策条例で規定されている特定事業者のうち温室効果ガスを 2013 年度比 20%以上削減した企業の割合	20%	90%
3	主要電力における再生可能エネルギーの割合	36.8 %	60%
4	健康省エネ住宅性能基準適合住宅着工割合	約 9%	50%

また、本県の森林・林業・木材産業の施策の方向性を示す「とっとり森と緑の産業ビジョン」においても、「県産材の利用拡大」や「木質バイオマス利用の推進」を掲げています。

若桜町においては、平成 25 年 3 月に「若桜町木質バイオマス総合利用計画」（以下「総合利用計画」という。）を策定し、本町の長期的な木質バイオマス資源の利用方針及び木質バイオマス資源の安定供給体制の構築を柱とする基本計画を示しました。この総合利用計画において、木質資源加工ステーションの整備、公共施設へのバイオマスボイラーの導入（表 1-2）、また、家庭における薪ストーブの整備などの重点プランを掲げ、取り組みを進めてきました。

表 1-2 総合利用計画において温熱利用を選定した施設の概要

●教育・文化への活用	①「わかさ温水プール」 ②「若桜町公民館」
●福祉・保健への活用	③ 地域福祉センター「ドリーミー」 ④ 介護老人福祉施設「わかさ・あすなろ」 ⑤「ゆはら温泉」
●観光への活用	⑥「氷太くん」
●製造業への活用	⑦「(株)一宮電機 若桜工場」
●農林業・木材産業への活用	⑧「若桜木材協同組合」

その結果、本町による木質バイオマス供給施設の整備、また若桜木材協同組合や町営宿泊施設「高原の宿氷太くん」での木質バイオマスボイラーの導入を実現し、石油燃料から

木質バイオマスへのエネルギー転換を実現しました。



高原の宿氷太くん



氷太くんの木質ボイラー

写真 1-1 若桜町の木質バイオマス供給施設

木質バイオマス利用推進に向け、総合利用計画において選定した施設を中心に、今後も木質バイオマス利用設備の導入に取り組めますが、木質チップの供給状況や既存設備の稼働状況等を踏まえ、P D C Aを回して実践と評価を繰り返し、随時計画を見直しながら取り組んでいくことが重要です。

本事業においては、今までの取組実績を踏まえ、木質バイオマスの需給について地域関係者で現状分析や課題の抽出、その解決策について議論するとともに、防災や環境価値などの木質バイオマスによる地域付加価値の向上も視野に、木質バイオマスの多様な事業効果の発揮について検討し、総合利用計画をブラッシュアップしていくことで、木質バイオマス利用を推進し、資源と資金の地域内循環による地域活性化の実現を目指します。

本事業は、昨年度事業採択を受け、2年目の取組を実施するものです。昨年度の協議会での検討結果を踏まえ、取組内容を補充、改善しつつ検討を進めます。

1.3.3 目的と取り組み内容

若桜町における木質チップの製造は、(株)ウッディ若桜（若桜木材協同組合が2020年4月1日に組織変更。以下、組織変更前の若桜木材協同組合も含め「ウッディ若桜」という。）1社が行っており、木質チップの供給は町内需要を満たし、地域外のバイオマス発電所等へも木質チップを供給しています。若桜素材生産共同体（地元の森林組合や林業事業体、製材所で組成する団体）により町内で伐りだされた原木は、ウッディ若桜へ出荷さ

れるシステムが構築されており、木質燃料の量的な安定供給は実現しています(表 1-3)。

表 1-3 木質チップの生産量と町内の木質チップ需要量

年度	木質チップ生産量	町内利用量（利用率）	町外供給量（利用率）
H29	3,761 t	450 t（12%）	3,311 t（88%）
H30	4,349 t	460 t（11%）	3,889 t（89%）
H31（R1）	3,270 t	183 t（6%）	3,087 t（94%）

他方、本町のエネルギー代金が約5億円町外へ流出しているとの分析結果が得られており、本町の豊富な木質バイオマス資源を活用し、このエネルギー代金を町内で循環することで、地域振興に寄与することが期待されます。

この中、本事業では、次の点を柱とした調査を進め、現状の課題を解決しながら、木質バイオマスの利用推進に挑戦し、資源と資金の地域内循環による地域活性化の実現を目指します。

（１）木質バイオマス燃料の品質面での安定供給体制の構築

木質バイオマス利用設備の安定稼働を実現するには、燃料の品質を確保していくことが重要であり、これには、木質燃料の性状・条件を一定の許容範囲内に収める必要があります。木質チップの性状や条件には、樹種・部位・含水率・形状など様々な因子があり、このうち、木質チップの含水率は、燃料の発熱量を大きく左右し、ボイラーの燃焼を大きく妨げる主要因になります。

本町では、人工林の約92%をスギが占めており、スギを原料とした木質チップの供給が主となっており、スギ材は伐採直後の状態で水分60%を超え、これを燃料として使うには含水率を低下させるための取組が必要となります。

この中、現状、素材生産者とチップ工場（ウッディ若桜）の原木取引は、単純な重量による取引（原木重量に生トン単価を乗じて取引額を算出するもの。以下、「重量取引」という。）が行われており、素材生産者の立場では水分を多く含む原木がより高値で売却できることから、水分率の低下に向けてのインセンティブが働きません。

他方、チップ工場とバイオマス発電所の木質チップ取引においては、水分率を加味した重量取引（納入されるチップの水分率を測定し、水分率の多寡でチップの重量単価を決定し、重量取引するもの。）を行っており、チップ工場の立場では極力乾燥した原木の供給

を受け、チップ加工していくことが、適正な経営管理を維持していく上で非常に重要なものとなります。

このように、現在の原木供給システムでは、川上側に原木の含水率の低下を促すような仕組みでなく、木質チップの品質を確保する面では不合理なシステムであるといえます。これは本町のみならず、全国的にみても一般化している形態であり、木質チップの含水率の低下を目指すうえで改善が必要です。

含水率の低下に向けての取組や工夫は、研究機関等を中心に調査研究成果は徐々に蓄積されていると考えますが、林業事業者への情報提供やこれを踏まえた供給システムの改善までにはつながっていないのが現状です。

これらの背景を踏まえ、本事業においては、

- ① 川上・川中が一体となった含水率低下の取組の検討及びその試行
- ② 上記①の検討を通じて、川上への含水率低下の知見の提供と取組への機運醸成
- ③ 含水率低下の取組による川上・川中・川下の関係者に利益還元できるスキームの構築を目指します。

2年目となる今年度事業においては、燃料用原木供給ガイドラインのとりまとめと供給スキームの構築に向けて取り組みます。

(2) 木質バイオマス利用設備の導入計画の点検、見直し

総合利用計画において、本町における木質バイオマス導入の有望施設の選定を行っていますが、平成27年度以降は、新たな施設への導入が進んでいません。総合利用計画において、各施設の事業収支を算出していますが、その結果は、各施設で投資回収が長く、魅力的なものとはなっていません。

他方、総合利用計画策定当時と状況変化の見られるケースもみられます。ウッディ若桜は乾燥機への熱源供給として木屑焚きボイラーを導入しましたが、熱源の不足により石油ボイラーを稼働させ年間1千万円程度の燃料代を支出しており、ウッディ若桜の熱源不足は解消されていません。このため、ウッディ若桜は、現状においても、なお木質バイオマス燃料への転換の可能性があります。

昨年度の地域内エコシステム構築事業においては、ウッディ若桜と周辺の福祉施設の熱源転換を1台のバイオマスボイラーで併せて行うことで、総合利用計画とは異なった調査結果が得られる可能性を期待し検証を行いました。施設に供給すべき熱源が蒸気、温水と異なるケースであったこと、熱導管の布設延長が長いことなどからイニシャルコストが

嵩み、事業収支は厳しいものとなりました。一方、ウッディ若桜単体では、既存設備の蒸気配管の管径アップにより圧力損失を改善することや、既設のバイオマスボイラーと重油ボイラーの稼働切り替えを自動化することで工場内の木質バイオマスによるエネルギーカバー率を改善できる可能性が示唆されました。また、北海道胆振東部地震でのブラックアウトの発生により、再生可能エネルギーの地域分散型自立電源としての位置付けが再認識されたところであり、非化石取引市場の創設による新たな付加価値の付与、さらに再エネ設備導入へのより充実した支援制度の創設（総合利用計画では1/2補助を想定しているが、2/3の支援制度も活用も想定できる。）など、木質バイオマスの追い風となる環境変化も起こっています。

総合利用計画では熱利用のみを対象としていましたが、自立運転が可能な熱電併給システムを構築することは、地域の防災機能強化やCO2フリーへのエネルギーシフトなど、多様な付加価値が期待されています。

木質バイオマスの事業効果は、単なる導入施設のエネルギーコストの削減に限られるものではなく、林業を中心とした地場産業の振興や地域内経済循環による経済波及効果、さらには環境価値の創造など、多面的な事業効果が期待できます。これらの効果を総合的に評価し、木質バイオマス事業を地域振興策のツールとして戦略的に展開していくことで、総合利用計画の策定当時とは違った側面から事業分析していくことは有効と考えられます。また、木質バイオマス利用設備は、燃料の不均一性などから、その運用には特有の技能が必要となり、利用設備を施設管理者が運用することは、通常の石油系のボイラーに比べ施設管理者への負担が大きく、また初期投資が多大となることから導入意欲につながりません。

これらの背景を踏まえ、本事業においては、

- ① 木質バイオマス利用設備の導入可能性の点検及び見直し（熱電併給の可能性も併せて検証）
→ウッディ若桜における木質バイオマス利用設備の導入によるエネルギー転換
 - ② 木質バイオマスによる防災機能強化や環境価値の創造（Jクレジット、非化石価値など）による多様な事業効果の発現
 - ③ エネルギー供給会社によるエネルギー供給事業の展開
- を目指します。

昨年度は熱供給を主体とした設備導入の可能性を検証したところであり、今年度事業においては、ウッディ若桜の設備の稼働状況等をモニタリングし、より詳細な検証を行うこ

とで、確度の高い木質バイオマスへのエネルギーの転換計画を策定します。また、設備導入の検討に当たっては他地域での木質バイオマス熱電併給導入事例を参考にしつつ、熱電併給での導入可能性についても検証します。なお、ウッディ若桜で稼働しているフォークリフトやグラップル等の重機（12 台）では、化石燃料を年間 29 k リットル、経費にして 200 万円程度消費しており、これら車両を EV 化することで、熱電併給設備の導入の相乗効果も期待されます。

さらに、環境価値の創造に向けた取組では、薪プロジェクトや J クレジットの相乗効果により、地域内エコシステムの構築がより効果的なものとなるよう、本町内での具体的な取組（実施地区や認証取得申請）を想定しながら、検討を進めていきます。

2. 実施内容

本事業の実施内容は、以下に示す項目について、鳥取県八頭郡若桜町地域の「地域内エコシステム」の構築に向けて、地域協議会の設置・運営支援（事業計画策定に関する調査や地域の合意形成に資する情報提供、指導・助言を含む）等を行いました。

- （１）地域協議会の設置・運営
- （２）サプライチェーン
- （３）含水率低下に向けた取組
- （４）エネルギー供給事業の展開
- （５）付加価値の創造

本報告書における水分(含水率)の定義は、全て「湿潤基準含水率(ウェットベース)」であり、「水分〇〇%」と表記します。

3. 実施項目

3.1 地域協議会の設置・運営

3.1.1 協議会の設置

地域が主体となって、事業計画を策定また持続的な事業創出を目指していくため、「地域づくり・人づくり」に重点を置いて、地域また近隣地域の関係者で構成される協議会を設置しました。

協議会のメンバーは、表 3-1 のとおりです。

表 3-1 地域協議会のメンバー

区分	団体名等
委員	若桜町林業研究会
	若桜素材生産共同体
	八頭中央森林組合
	わかさ・あすなろ
	(株)ウッディ若桜（若桜木材協同組合）
	智頭石油(株)
	鳥取県八頭事務所農林業振興課
	鳥取県林業試験場
事務局	若桜町農林建設課
	一般社団法人日本森林技術協会
	株式会社森のエネルギー研究所

3.1.2 協議会の運営

協議会はコロナウィルス感染症対策を行いながら、計3回開催しました。

【第1回協議会】

開催日：令和2年8月（書面による開催）

議 題：

- ・今年度事業内容等
（含水率低下に向けた取り組み、熱供給事業の展開、付加価値の創造）

【第2回協議会】

開催日：令和2年12月25日

場 所：若桜町保険センター2階 大研修室

議 題：

- ・含水率低下に向けたガイドライン
- ・J-credit
- ・熱需要先について
ウッディ若桜の蒸気配管・制御の検討
氷太くん補助制度について
小型ガス化熱電併給設備の検討
- ・その他



【第3回協議会】

開催日：令和3年3月26日

場 所：若桜町保険センター2階 大研修室

議 題：

- ・令和2年度成果報告
- ・令和3年度の取組内容

3.2 サプライチェーン

若桜町では図 3-1 に示すとおり、森林組合、林業事業体、製材所で若桜素材生産共同体を組成し、町内の森林で伐採した木材を町内の製材所へ搬出し、製品に加工し、出材する体制づくりは構築されています。さらに、木質バイオマスの取り組みを進めるために、①含水率低下の取組、②熱供給事業の展開、③付加価値の創造を柱として検討しました。

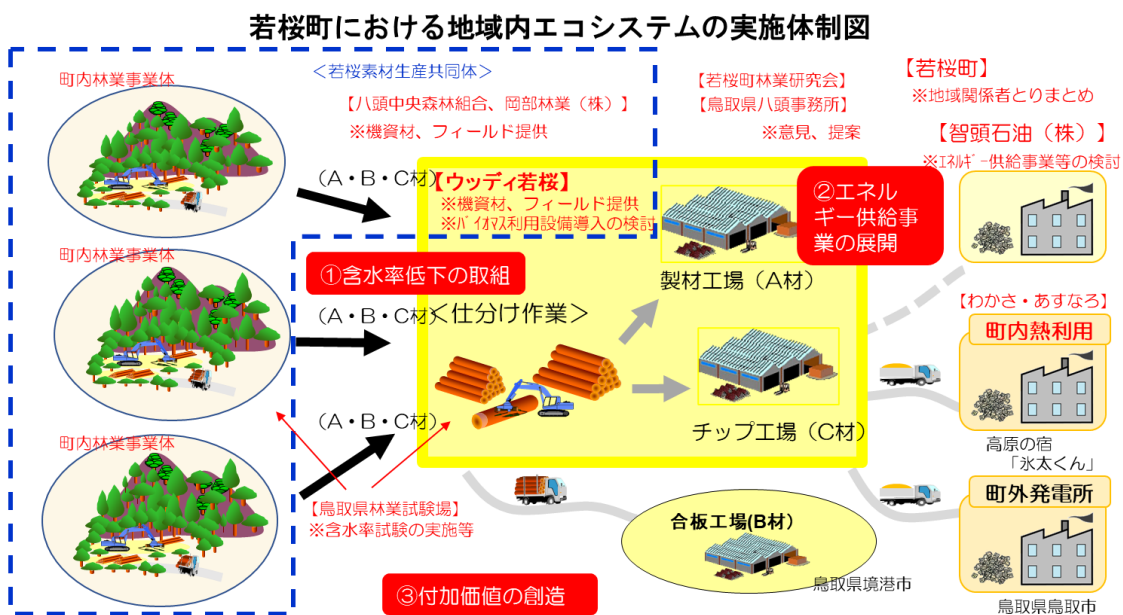


図 3-1 鳥取県八頭郡若桜町地域のサプライチェーン

3.3 含水率低下に向けた取組

3.3.1 川上・川中での乾燥試験

(1) 試験概要

昨年度に引き続き、川上と川中において原木の含水率を下げる有効な方法について検討するための乾燥試験を行いました。

試験場所は、図 3-2 に示すとおり、チップ工場（ウッディ若桜）が受け入れた原木の貯木場（以下、町土場という。）と、町内の財産区の伐採地周辺の貯木スペースを使った山土場（以下、山土場という。）の2か所を選定しました。各試験地での原木のはい積み状況は、写真 3-1、写真 3-2 のとおり、町土場は地面がアスファルトで舗装されており、山土場は土の地面となっています。それぞれの試験地とも最下段には、さん木を設置しています。

また、土場での乾燥試験に加え、葉枯らしによる効果も把握するため、山土場のある伐採地で枝葉を付けたまま放置した状態で含水率の変動を調査しました。



図 3-2 乾燥試験位置図



町土場（地面：舗装）



山土場（地面：土）

写真 3-1 町土場と山土場のはい積み状況



北斜面



南斜面

写真 3-2 山土場での葉枯らし(北斜面、南斜面) 状況

それぞれの乾燥試験スケジュールは表 3-2 に示すとおり、7 月から伐採等を行い、定期的に乾燥状況を測定しました。測定方法は鳥取県林業試験場が実証した FAKOPP による応力波伝播時間を測定する SPT 計測試験で、同試験場が測定・解析しました（図 3-3）。

この SPT 検測試験は、非破壊試験で、立木や丸太などを切断することなく、含水率の変化を把握することが可能です。林業試験場の研究により、この SPT 値の変化と丸太に含まれる水分の減少には高い相関関係があることが分かっており、SPT 値の減少は丸太水分の減少を示します。

表 3-2 スギの乾燥試験区分とスケジュール

区分	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
【町土場】 (ウッディ若桜) はい積み		▼測定 丸太 21 本	←→					▼測定
【山土場】 はい積み		▼伐採・採材 ・測定 丸太 15 本	←→			▼測定		
【山土場】 葉枯らし はい積み		▼伐採・測定 北斜面 6 本 南斜面 6 本	←→			▼測定		
			▼伐採・測定 6 本	←→		▼測定		

応力波法について

● 応力波と伝わり方の特性

応力波とは、打撃などで発生する、物体中を伝わる「ひずみ」の波です。空気中では「音」になります。同じ木材の場合は、乾いているほど応力波の伝わりが速くなります。

● 応力波伝搬時間の計測

2つのセンサー間を応力波が伝搬する時間を1μs単位で計測できる「FAKOPP」で、木材中を伝わる応力波伝搬時間（SPT）を測ります。

鳥取県林業試験場はSPTの出力精度を高めた計測手法「MM法」を独自に開発し、立木の性能や丸太の乾燥調査に利用しています。

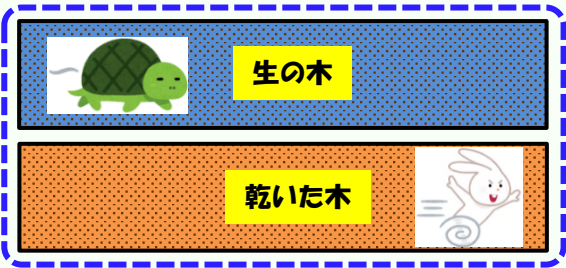
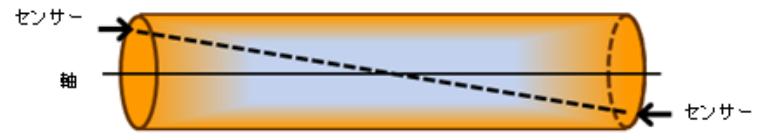


図 3-3 丸太の乾燥調査方法（出典：鳥取県林業試験場作成資料）

(2) 町土場での丸太乾燥試験方法と結果

町土場での丸太乾燥試験は、図 3-4 とおり、チップ工場に運ばれた原木をはい積みし、試験体の位置により、上段、中段、下段に分けて色を区分し、定期的に試験期間中の含水率の変動について SPT 計測を行いました。



図 3-4 町土場での丸太乾燥結果

乾燥試験期間は、図 3-5 のとおり、8月17日から翌年2月12日まで行いました。左のグラフの SPT 相対値は、12月まで乾燥が進みますが、その後上昇しました。町土場は地面がアスファルトで覆われており、日当たりも良いことから乾燥条件が整っています。しかし、12月の積雪期を迎えると丸太が雪に覆われ、融雪による水分を徐々に丸太が吸水するため、上昇したと考えられます。

また、はい積みの位置の比較では、SPT 相対値の変化をみると下段が最も早く、次いで上段、中段の順で、右のグラフの wb 含水率の変化をみると、上段と下段が同程度まで減少し、中段の乾燥が進みにくい結果となりました。

日当たりのよい上段の乾燥が進み、下段はさん木があることで中段よりも風通しがよいことが影響していると考えられます。積雪地域においては、積雪前までが自然乾燥の期待できる時期で、積雪から融雪期には含水率が高まることを念頭におく必要があります。

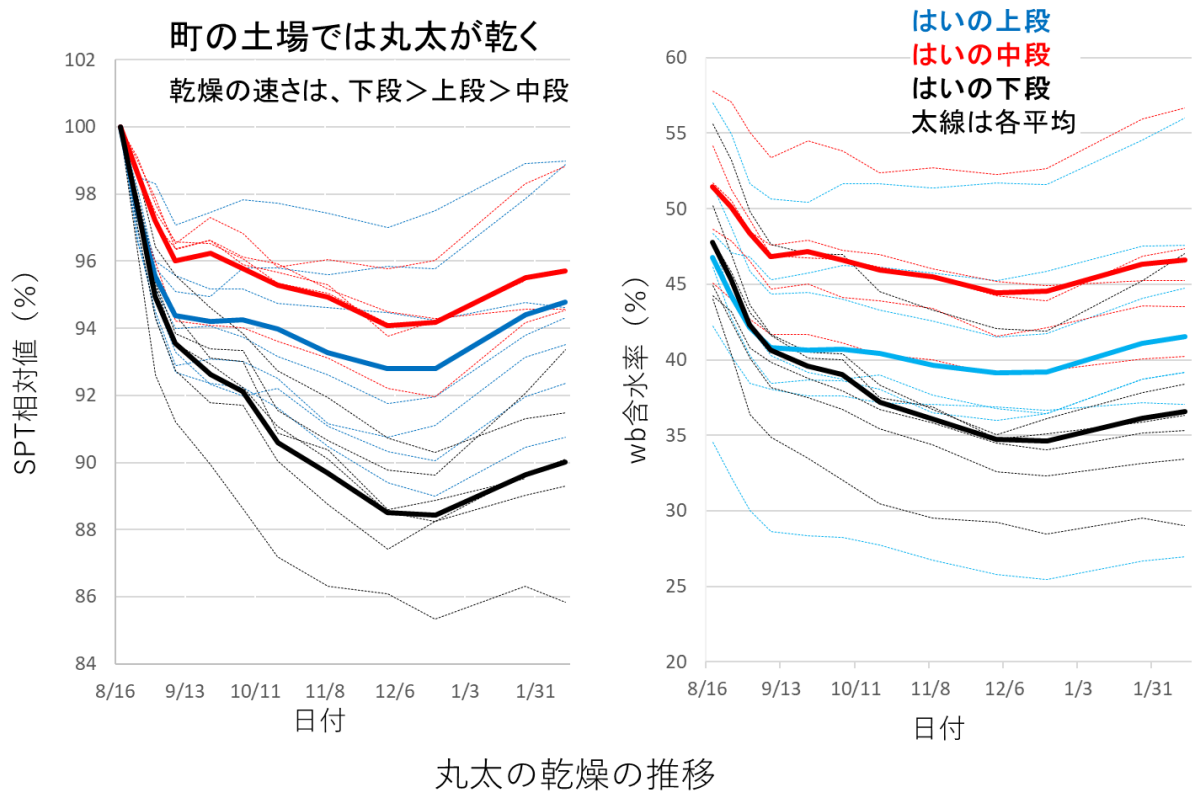


図 3-5 町土場でのスギ丸太乾燥結果

(3) 山土場での丸太乾燥試験方法と結果

山土場での丸太乾燥試験は、図 3-6 のとおり、試験に合わせて伐採した立ち木の 2 番から 4 番玉を使用した試験体 15 本を山土場にはい積みし、定期的に試験期間中の含水率の変動について SPT 計測を行いました。

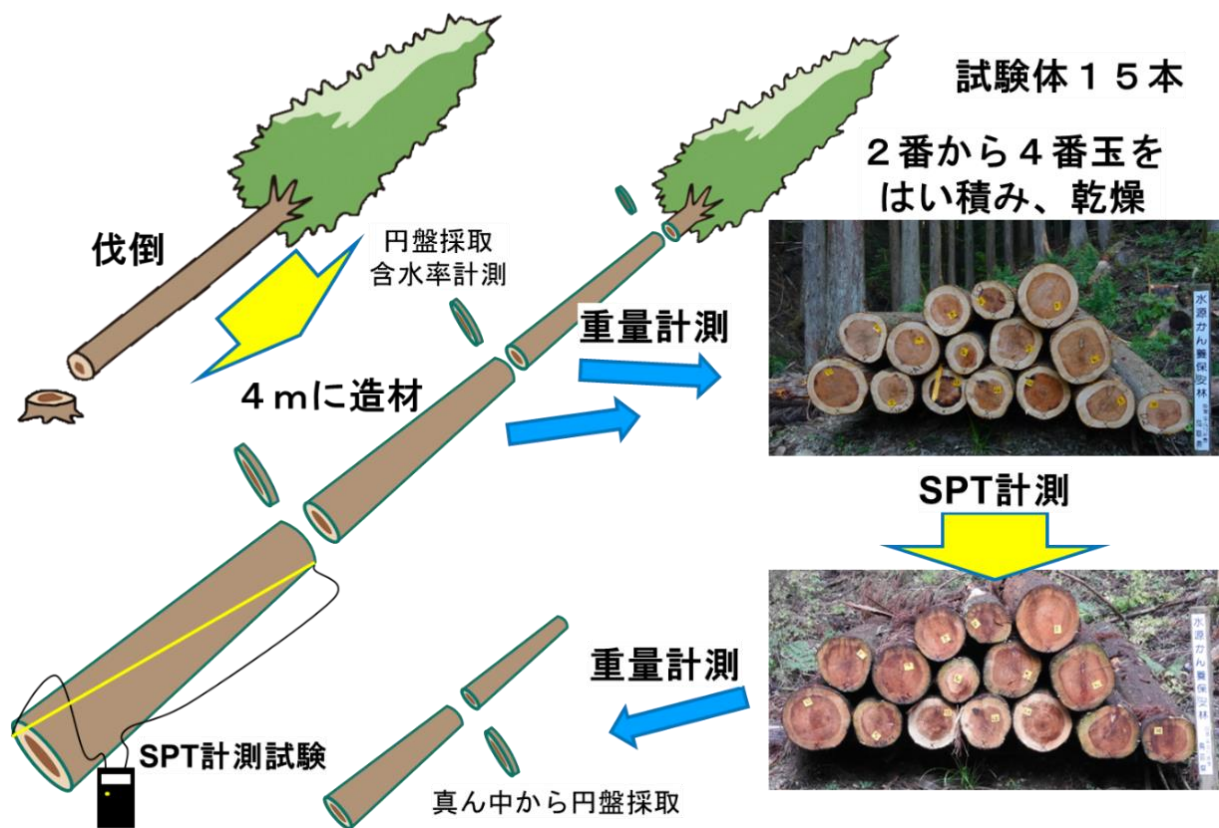


図 3-6 丸太の乾燥調査方法（出典：鳥取県林業試験場作成資料）

乾燥試験期間は、図 3-7 のとおり、8月25日から12月3日までの期間で行いました。左のグラフは含水率の推移を示しますが、全体的に右肩上がりで、山土場では含水率が下がらず、逆に上がる結果となりました。山土場の設置箇所は谷地形の作業道沿いの平地であったことから、地面からの湿気と谷から吹き込む湿った空気により、乾燥が進まなかったのではないかと考えています。

右側のグラフは、試験体 15 本の積み始め（○）と積み終わり（×）の重量を示しており、ほぼすべての丸太の重量が増加しています。この結果は、SPT 値による含水率変化を裏付けており、山土場では当初の予想に反し、乾燥効果は期待できない結果となりました。

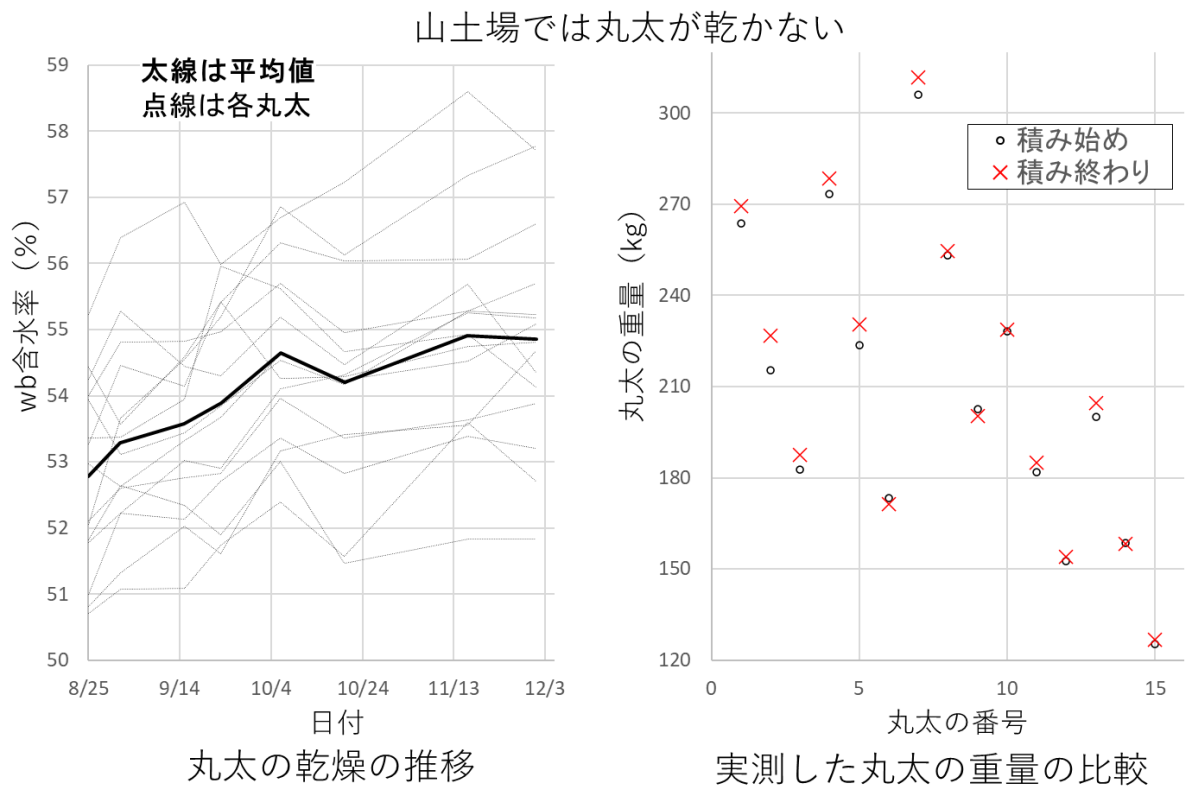


図 3-7 山土場での丸太乾燥結果

(4) 山林での葉枯らし乾燥試験と結果

葉枯らしは従来の乾燥方法で、伐採したスギを切り倒したまま放置します。図 3-8 のとおり、伐採時期は7月に 12 本、9月に 6 本、前者は伐採斜面を南向きと北向き各 6 本とし、定期的に試験期間中の含水率の変動について SPT 計測を行いました。

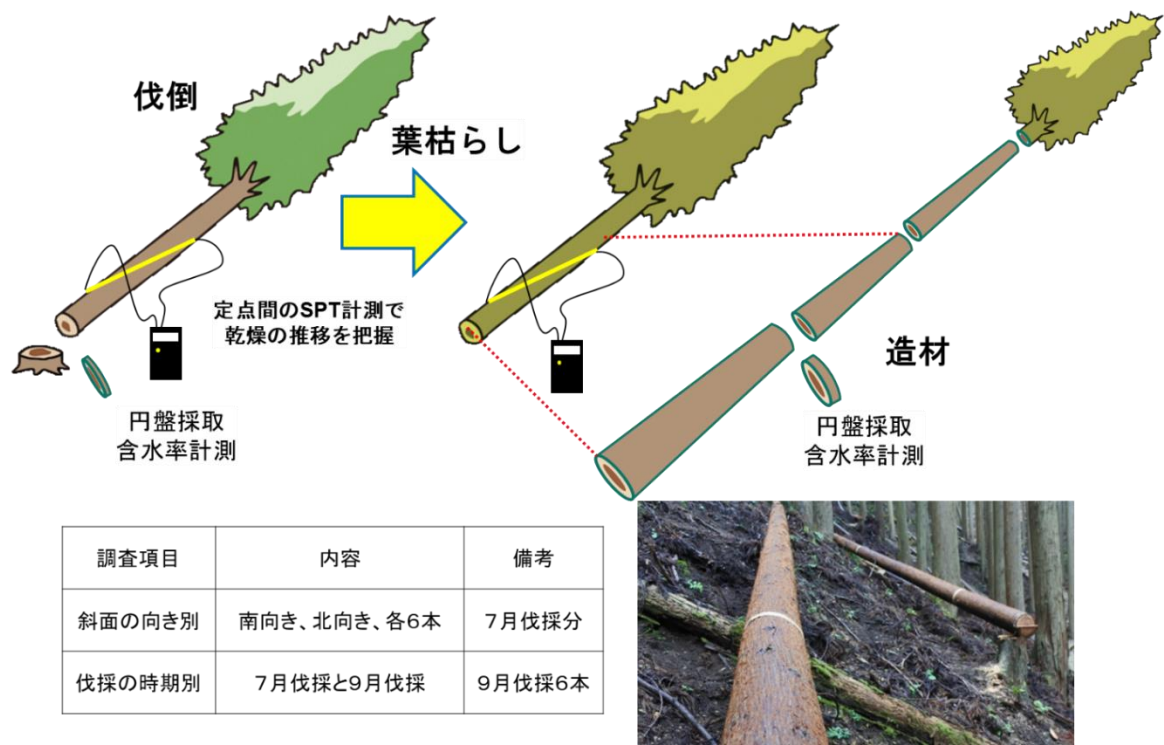


図 3-8 葉枯らし試験方法

7月に伐採したスギの斜面別の葉枯らしの測定結果は、図 3-9 のとおりです。左のグラフの SPT 相対値をみると、南向き斜面で乾燥が早く進んでいます。葉枯らしは葉からの蒸散作用により水分の放出が進むため、北斜面に比べて日当たりがよい南斜面が乾燥しました。右のグラフの wb 含水率をみると、初期は北向き斜面の含水率が低い傾向でしたが、2 か月後には差がみられなくなりました。一般的に尾根と谷など斜面部位による土壌水分等には差がみられ、スギの成長量に影響することは言われますが、斜面の向きによる立木の含水率への影響は不明です。

また、従来の研究結果により、丸太の乾燥は伐採後 2 か月間で加速的に進む傾向が知られていますが、今回の結果も伐採後 2 か月間は急激に乾燥が進んでいます。

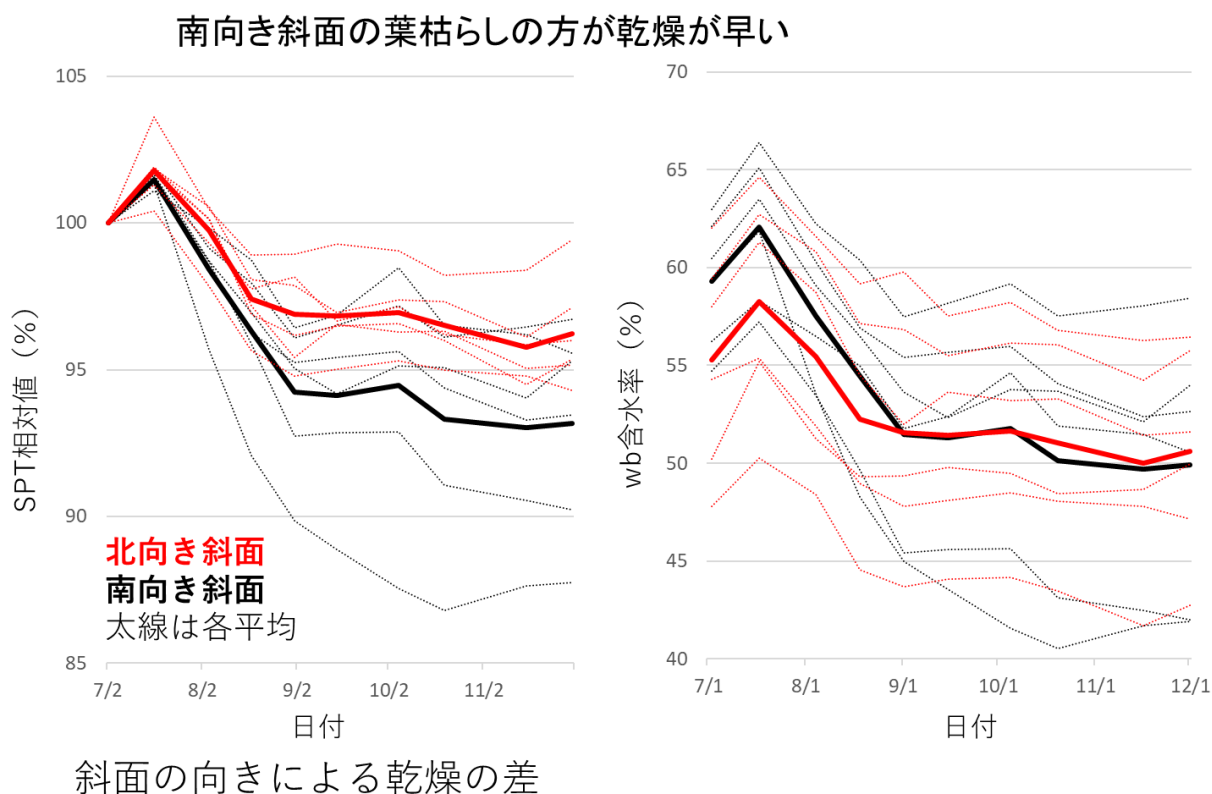


図 3-9 葉枯らしの測定結果

(5) 葉枯らしとはい積み乾燥の違い

7月と9月の伐採時期の異なる葉枯らしと、町土場におけるはい積み結果を図 3-10 のとおり比較しました。山土場での結果は乾燥が進まないことから除いています。

SPT 相対値の変化をみると、葉枯らしの7月伐採と9月伐採は同じ傾きで乾燥が進んでいます。7月の伐採直後の含水率の上昇は豪雨による影響と考えられます。また、7月および9月伐採ともに10月末頃から乾燥が鈍化、あるいは含水率の微増に転じており、これは秋雨前線による影響と考えられます。

Wb 含水率のグラフをみると、7月葉枯らしと町土場は9月から10月末までは同程度で推移しています。

葉枯らしと町土場を比べると、町土場の乾燥は8月初期の乾燥の進み具合は同程度であるものの、9月以降は鈍化しています。丸太の状態と、葉が付いたままの葉枯らしとの水分の放出の違いが考えられます。葉枯らしは、山林内という条件の厳しい環境の中でも乾燥効果があることが分かりました。一方で、秋雨前線などで湿度が高くなり、蒸散作用が低下する季節では乾燥効果はあまり期待できないものと考えます。

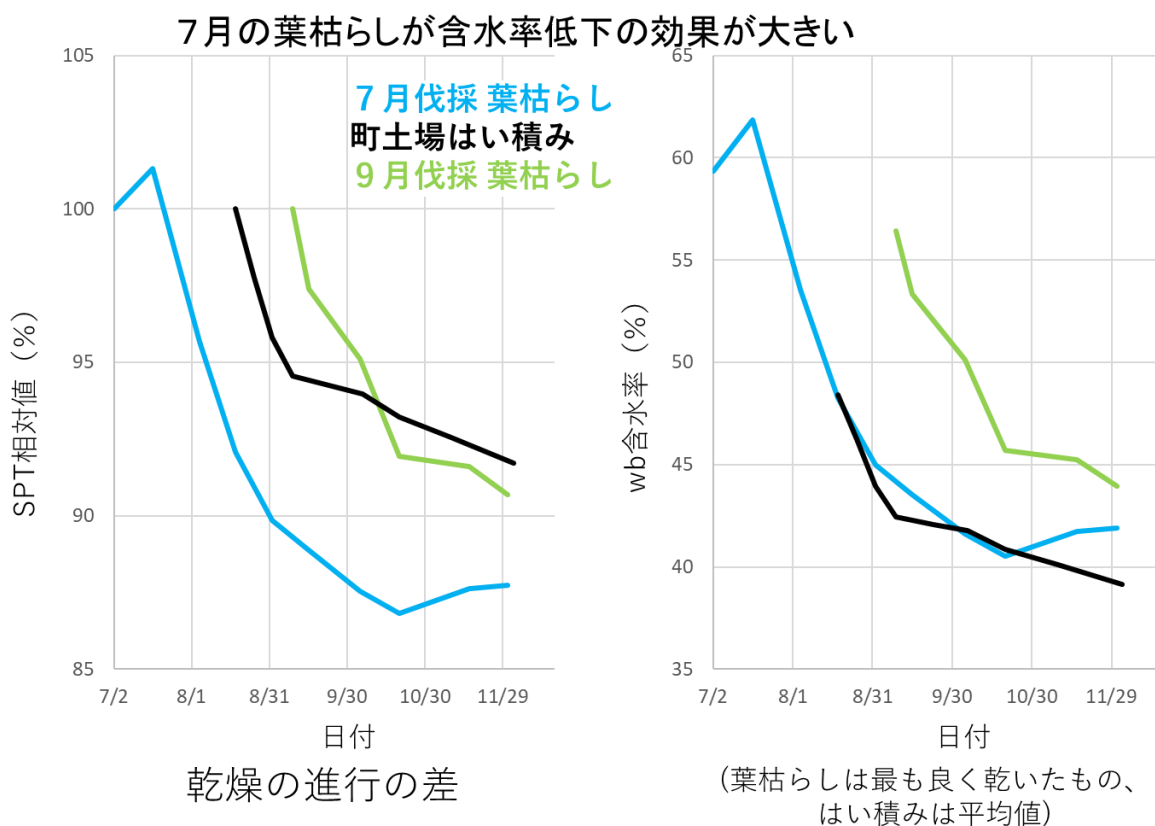


図 3-10 葉枯らしの伐採時期と町土場の比較

(6) まとめ

以上の乾燥試験結果として、下記が明らかになりました。

- **山土場**
 - ・自然乾燥は期待できない
- **町土場**
 - ・乾燥は進むが、乾燥が期待できるのは積雪期まで
- **葉枯らし**
 - ・林内でも乾燥は進むが、秋雨期以降乾燥効果は鈍化

また、今回の山側での含水率低下について検討する場合に、伐採時の樹木の含水率も大きく影響します。鳥取県林業試験場の研究報告によると、立木の含水率は形成層の活動が盛んな4～7月は立木の含水率が他の時期より高いことが明らかになりつつあります。そ

のほか、下記の点も踏まえる必要があると考えられます。

- ・葉枯らしによる乾燥は、梅雨時期（6月上旬～7月中下旬）も進まない。
- ・4月から6月に伐採した場合、穿孔生害虫による虫害が発生する。

→上記から葉枯らしの伐採時期（開始）は7月中旬から9月中旬（乾燥期間2か月程度）

伐採時期に応じた乾燥方法案を表 3-3 に示します。

④の12月から4月は積雪期のため検討から外します。①の5月から7月上旬と③の9月下旬から11月は、大半が梅雨と秋雨季と重なり乾燥効果が低いため、伐採後町土場へ搬出し乾燥するのが合理的です。

②の7月中旬から9月中旬は、葉枯らしによる高い乾燥効果が期待でき、乾燥後の軽量化された木材の搬出など省力化につながるメリットも考えられます。

なお、葉枯らしは、伐採と搬出時期にずれが生じるため、施業地単体ではコストが掛り増しになります。このため、同一路線内に複数の施業地を抱えているケースなど、一定の条件下で実現性があるものと考えます。

表 3-3 伐採時期に応じた山側の含水率低下に向けた取組のモデルケース

番号	伐採時期	乾燥方法	新規性
①	5～7月上旬	伐採後、町土場で乾燥	無し
②	7月中旬～9月中旬	伐採後、葉枯らしで秋雨まで乾燥	有り
③	9月下旬～11月	伐採後、町土場で乾燥	無し
④	12月～4月	積雪期間で伐採不可	無し

以上から、今後、②の伐採及び乾燥方法を実践し、含水率低下の効果やコストの検証などを計画します。必要なデータを蓄積し、燃料用原木の生産重点期間等の設定、将来的には効果的な乾燥方法の手引きやガイドラインとして、含水率低下の取組のひとつの形を示したいと考えています。

3.4 エネルギー供給事業の展開

3.4.1 目標

昨年度は、地域福祉センターのドリーミーと老人介護施設のわかさ・あすなろの2施設に、ウッディ若桜を加えた3施設で、熱供給事業を検討しました。ウッディ若桜から、2施設へ温水・冷水を供給して、空調で活用する事業を検討しました。検討の結果、支出が収入を上回ってしまい、事業性が全くないことが分かりました。熱導管のコスト高と冷房時の効率の悪さが事業に影響しました。熱供給されるドリーミーとわかさ・あすなろの2施設とも、総合利用計画において、費用対効果が高い施設として導入の候補施設として記載されています。また、本利用計画では、ウッディ若桜と氷ノ山高原の宿「氷太くん」も、候補施設となっており、ウッディ若桜には木屑焚き蒸気ボイラーが、氷太くんにはチップボイラーが、既に各々導入され、運用されています。

今年度は、ウッディ若桜と氷太くんに着目して、既に導入されている木質バイオマス設備の運用改善や課題解決を目標として、検討を行うこととしました。具体的な取り組みについて、提案者である若桜町役場と協議を行い、以下の3点を検討することとし、これらを川下側の目標として、検討を進めることとしました。

➤ ウッディ若桜の蒸気配管・制御の検討

上記の木屑焚き蒸気ボイラー（新芝設備製、蒸気発生量 2.7t/h×1 台）より、本施設で発生しているパークや背板、おが粉を燃料として蒸気をつくり、製材乾燥に使用しています。しかし、立上げ直後 40 時間程度は、高温乾燥機が必要となる蒸気量が多くなり、木屑焚き蒸気ボイラーだけでは賄えず、各乾燥機に設置されているバックアップボイラーである重油ボイラーを焚いており、年間 1,000 万円近くのA重油を使っています。これに対して、昨年度、現在の蒸気配管径(80A)が小さいため、配管抵抗が大きくなり、蒸気不足になっていると考えて、配管径を大きくする案を検討しました。しかし、工事費が高くなるため、他の案を検討する必要性がありました。これに対して、今年度は、現状を把握した上で、いくつかの提案を行いました。最終的に重油使用量の低減と運転員の負荷軽減を目指します。

➤ 町営宿泊施設 運転方法の見直し

上記の氷太くんには、シュミット社製の 150kW 温水ボイラーが 1 台導入されました。このチップボイラーにより、既存の灯油焚きボイラーによる給湯・浴槽加温、及び灯油焚き冷温水機による冷暖房の空調の一部を木質バイオマスで代替しています。

実際の運用時は、灯油とチップの両方を使って、空調や温水供給を行っています。今回、過去のデータを確認することで、1年間に消費したチップの量にチップの発熱量を掛けて算出した総熱量と、1年前のデータと比較して削減できた灯油の量に灯油の発熱量を掛けて算出した総熱量の間に、大きな差があることが分かりました。具体的には、チップの総熱量 $\div$ 灯油の総熱量 $\times 2$ となっていました。すなわち、投入したチップで、そのチップが持っている半分の熱量しかチップからは熱供給できなかった、ということになります。過去のデータを参考にして原因を把握し、運転方法の見直しを行いたいと考えます。最終的に、氷太くん施設全体のエネルギー使用料金を低減する方法を提案します。

➤ 熱電併給の検討

3点目は、ウッディ若桜へ熱電併給施設を導入した場合の事業性評価を行います。ウッディ若桜では、三洋製紙などへチップを販売しています。自社工場で燃料となるチップを製造しており、ウッディ若桜で事業性が見込めない場合、町内の他のどこにおいても事業性は成り立たないと考えられ、これを検証します。熱電併給であるため、電気は所内電力を一部カバーし、熱はチップ乾燥の使用を目指します。チップ乾燥については、乾燥による効果を定量化することを目指し、これを事業性評価に結びます。

以下、上記の結果の概要を記載します。

ウッディ若桜の蒸気配管・制御の検討では、ループ状配管に代わる新たな提案を提示しました。来年度、高温乾燥機などの生産設備のために補助金申請を行っており、状況に応じて、今回提案した改造を行います。また、氷太くんへの運転提案では、新たな運転方法の案が出来たので、今年度内に効果の試算を施設管理者へ提示し、来年度以降の試験運転への協力を求める予定です。最後の熱電併給の検討は、今年度内での検討は完了しませんでした。現状の課題と今後の見込みをまとめます。以下、各々について説明します。

3.4.2 ウッディ若桜の蒸気配管・制御の検討

現状のウッディ若桜の全体敷地図を示します。現在、平成 25 年度に導入された木屑焚き蒸気ボイラーで 10 機の木材乾燥機へ蒸気を供給していますが、高温乾燥機では蒸気不足となる為、重油ボイラーも併用しています。

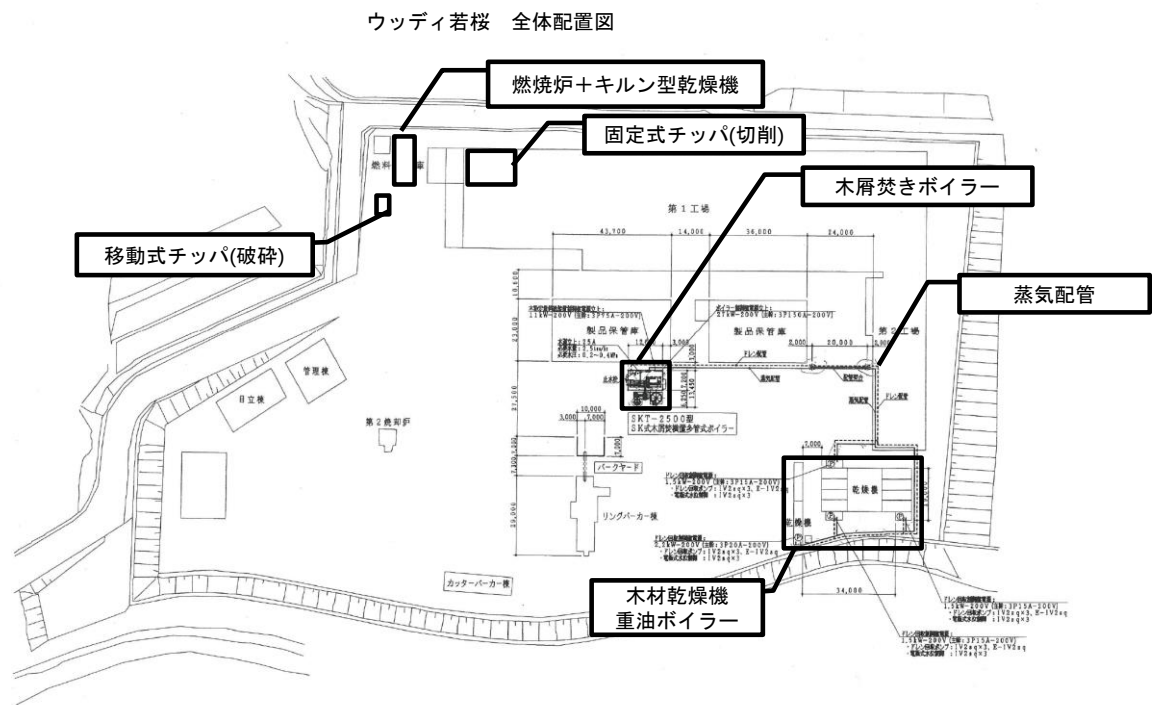


図 3-11 ウッディ若桜 全体配置図



写真 3-3 ウッディ若桜事務所



写真 3-4 ウッディ若桜全景

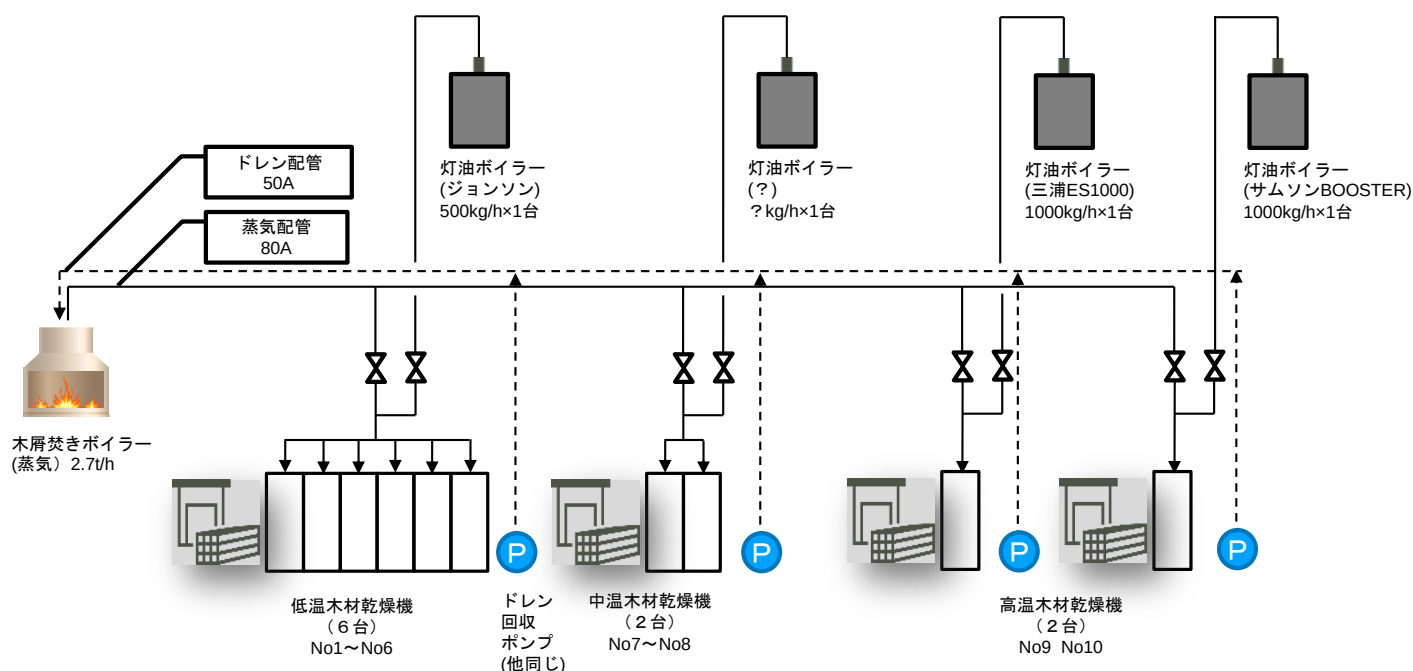


図 3-12 木材乾燥機周りの設備

現在、ウッディ若桜において、木屑焚きボイラーから 10 機の木材乾燥機へ蒸気を供給しています。同時に複数台の木材乾燥機へ蒸気を供給しています。しかし、高温乾燥機では立上げ 40 時間程度は、多量の蒸気を使用するため、蒸気不足となり、乾燥が十分にできなくなるため、立上げ 40 時間程度は、重油ボイラーを稼働させて、手動バルブで木屑焚きボイラーラインを閉めて、重油ボイラーのラインを開けています。40 時間程度後は、必要となる蒸気量が減るため、木屑焚きボイラーの蒸気へ手動で切り替えています。このように、手動切り替えで両ボイラーを併用しています。

昨年度において、木屑焚きボイラーから重油ボイラーへの自動切換制御装置を追加する事により現状の手動切り替えに比べて効率を上げる事を提案しました。その際、同時に、蒸気配管の直径を大きくする提案も行いました。蒸気不足になる原因は、蒸気配管の直径が小さく、抵抗になっていると考えたためです。その場合、現在の蒸気配管の直径 80A を 150A 程度に大きくして、同じルートに配管し直す必要がありました。そうすると、工事費の規模は約 1,500 万円程度になってしまい、安価で効果的な方法がないか検討しました。そこで、考えたのが、現在、直径 80A の蒸気配管がカタカナのコの字のように設置されているところを、コの字を左に 1 本入れて、口の字にして、蒸気のループ配管を作る方法です。以下にループ蒸気配管案を提示します。

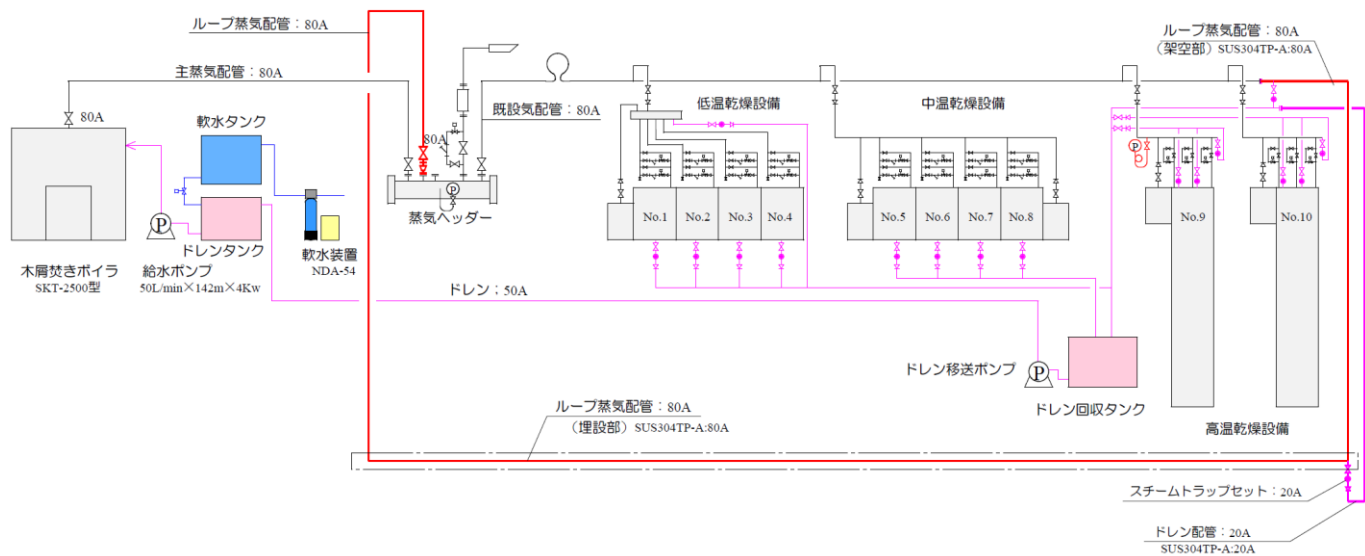


図 3-13 蒸気のループ配管 改造案

ただ、このループ蒸気配管の改造も約 900 万円掛かってしまうので、現状を把握するべく、そもそも高温乾燥機に蒸気は来っていないのか？また高温乾燥機はいつ、どのくらいの蒸気が必要なのか？を確認することとしました。その上で、対策を講じた方が良いと考え、今年度は、高温乾燥機の圧力や必要となる蒸気量（ボイラー給水量）を計測しました。その上で、新たな改造方法を提案しました。

高温乾燥機の入口蒸気の圧力の計測結果を以下に示します。

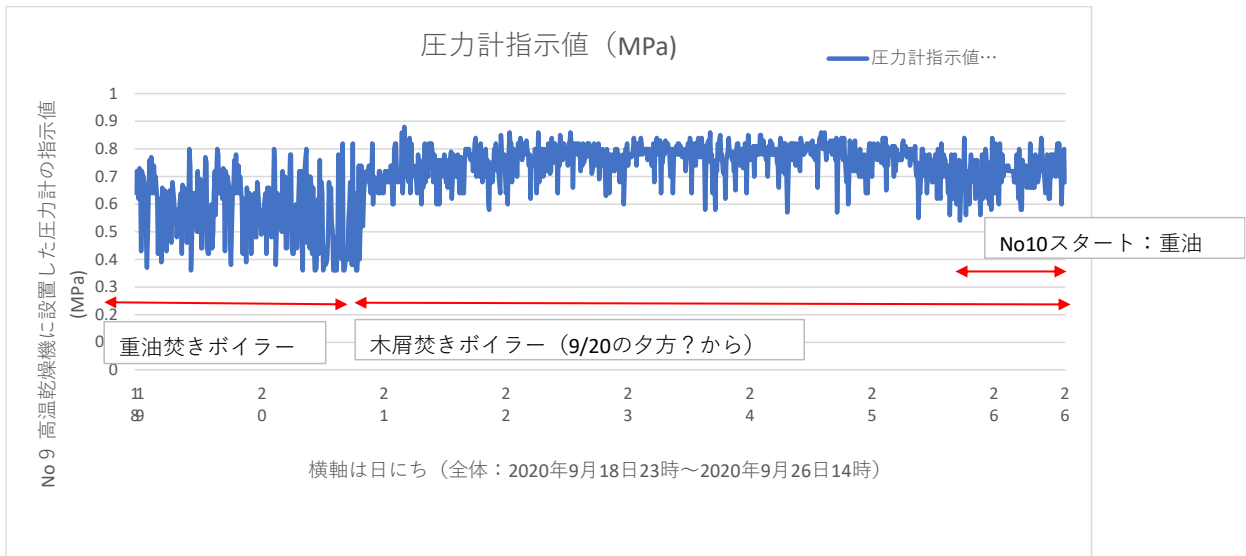


図 3-14 高温乾燥機入口蒸気圧力の推移 (2020/9/18 23 時~9/26 14 時)

乾燥開始の2日程度は重油ボイラーから、またその後は木屑焚きボイラーから蒸気が圧力を確保した状態（木屑焚きボイラー出口圧力は0.8-0.85MPa）で投入されていることを確認することが出来ました。



写真 3-5 高温乾燥機と製品



写真 3-6 高温乾燥機制御盤



写真 3-7 重油ボイラー（左：本体、中央：蒸気ヘッダー、右：今回確認した蒸気圧力計）

次に、高温乾燥機が必要とする蒸気量を木屑焚きボイラーの給水量より推測しました。まず、高温乾燥機制御盤に設定された運転パターンの一例を示します。ここで設定した乾燥機の加熱温度と排気温度を各ステップで設定された経過時間を確保するようにバルブが開閉します。現在は、ステップ6の開始から44時間は重油ボイラーの蒸気を使い、その後は木屑焚きボイラーへ変えるパターンになっています。以下に、投入された蒸気量（≒給水量）と各温度の関係を示します。

表 3-5 高温乾燥機の運転パターン（加熱/排気設定温度）の一例

高温乾燥機（パターン 1 2）（ステップ1～4：バーナー稼働時					
ステップ	経過時間	時間	加熱(°C)	排気(°C)	燃料
1	2	2	0	110	A重油
2	12	10	0	110	A重油
3	16	4	120	98	A重油
4	36	20	120	90	A重油
5	40	4	110	80	A重油
6	44	4	110	70	A重油
7	140	96	100	70	木屑
8	154	14	90	60	木屑
9	157	3	0	55	木屑
10	161	4	0	50	木屑
11	165	4	0	40	木屑
12	169	4	0	30	木屑
13	180	11	0	20	木屑
180 時間					合計
7.5 日					

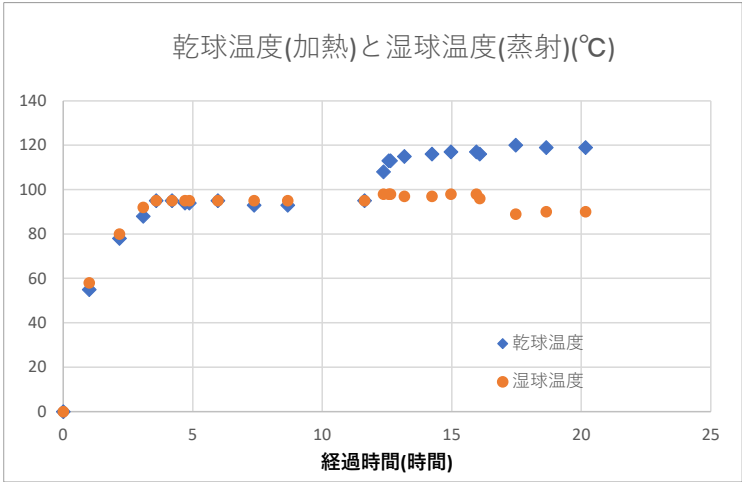


図 3-15 加熱（青色）と排気（オレンジ色）温度の推移

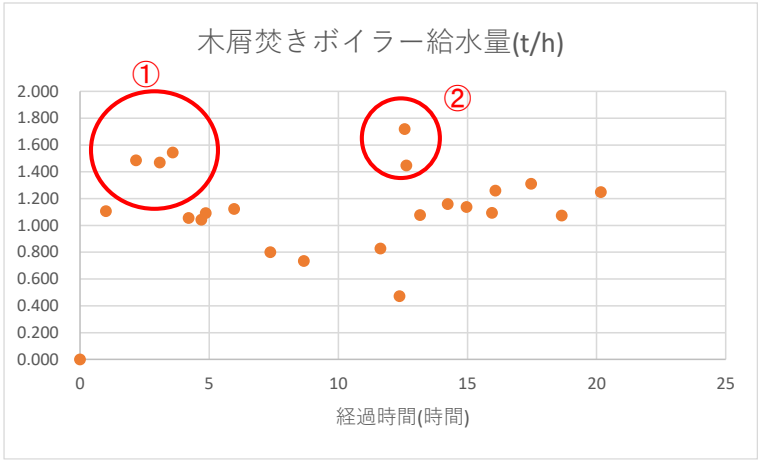


図 3-16 高温乾燥機入口の蒸気量（≒ボイラー給水量）の推移

図 3-16 における①の赤丸のピーク(1.5t/h)は、乾球と湿球温度を上げるため、高温乾燥機のパルプが開いて蒸気が供給された状態と考えられます。表 3-5 の運転パターンのステップ 1, 2 に対応します。その後、両方の温度が安定したので、パルプを少し閉じて蒸気量は 1.0t/h から 0.7t/h へ減ります。次にステップ 3 に移り、乾球温度（加熱）を上げるため、図 3-16 における②の赤丸のピークが来ます。温度が安定したら、蒸気量は 1.0t/h へ下がります。

ステップ 4 以降は、加熱及び排気温度は上がらない設定になっています。上記の動きより推察すると、1.0t/h 以上の蒸気は要求されないと考えられます。よって、このパターンの場合、乾燥開始 4 時間と途中で乾球温度を上げる 1 時間程度の間、1.5t/h～1.6t/h の蒸気があれば、また他の時間帯は 1.0t/h 程度の蒸気を確保できれば、問題無く、高温乾燥が出来ると考えられます。

木屑焚きボイラーの定格は、2.7t/h の為、高温乾燥機が 2 台同時に同じタイミングで稼働すると、蒸気が不足することは予想できます。ただ、このタイミングをずらせば、重油ボイラーの稼働をゼロにする、または最小限に抑えた運転が可能になると考えられます。

同様に、中温乾燥機と低温乾燥機の必要蒸気量も把握し、生産計画に則った乾燥機の組合せ運転が出来れば、上記で推察されるように、重油ボイラーの運転時間を短くできる可能性がでてきます。



写真 3-8 木屑焚きボイラー



写真 3-9 同ボイラー給水量計

以上の結果から、前述しました蒸気のループ配管は不要と考えました。ただ、ウッディ若桜では、来年度に高温乾燥機を 1 台追加して高温乾燥機 3 台体制となる計画です。上記の乾燥機の組合せ運転と、高温乾燥機 3 台時の対応として、次に示すような蒸気ヘッダーを増設し、木屑焚きボイラーと既設重油ボイラーの自動切替制御を行える改造を提案しています。

ウッディ若桜では、既に高温乾燥機などの増設のための補助金申請を行っています。上記の改造については、来年度にウッディ若桜にて導入するか否かを判断して頂く予定です。

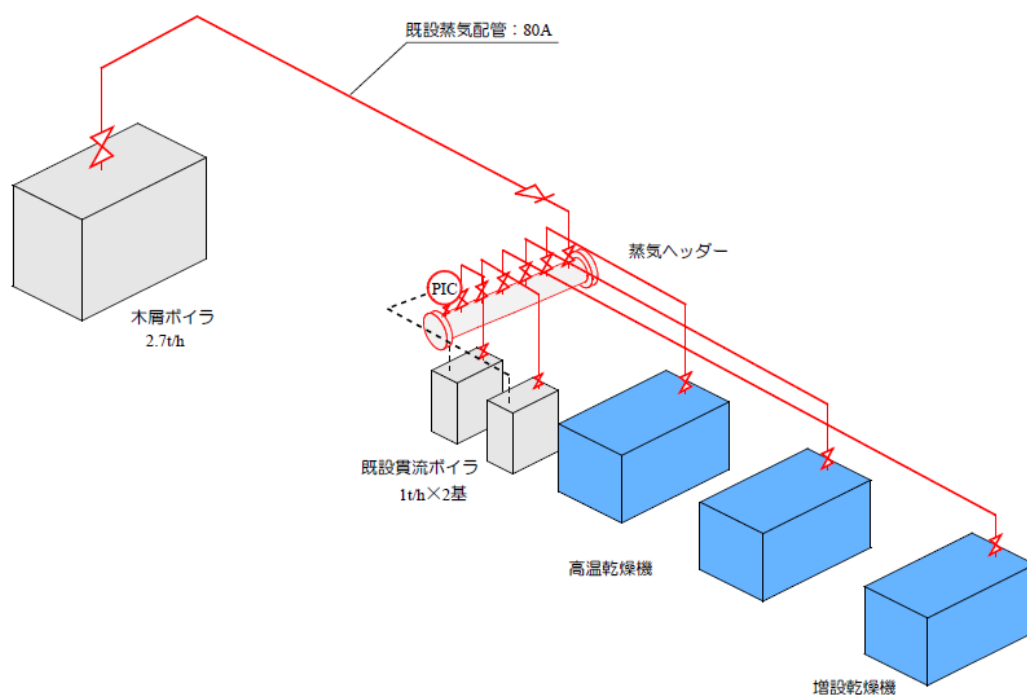


図 3-17 新たな蒸気ヘッダーと自動切替制御

上記の提案内容について、以下に記載します。

工事見積金額：410 万円（税込み）

改造内容

- （１）重油ボイラーと木屑焚きボイラーを蒸気ヘッダーに繋げる
- （２）昨年度の提案通り、自動制御弁を設置する

目的

- ・新たに導入する高温乾燥機を含めた 11 基の乾燥機に、メインは木屑焚きボイラーで蒸気を供給し、蒸気が不足したときに、自動で重油ボイラーがバックアップする制御を追加し、ボイラーマンの負担を減らす。
- ・高温乾燥機の蒸気圧力などが見える化し、蒸気流量のピークをずらす運転方法を確立し、重油使用量を減らす。
- ・既設の重油ボイラーの給水量や重油使用量、木屑焚きボイラーの給水量などを把握し、稼働状態が見える化する。

3.4.3 町営宿泊施設 運転方法の見直し

平成 27 年度に高原の宿「氷太くん」へチップ焚き温水ボイラーが導入されました。本チップボイラーで作られた温水は、図 3-18 のフロー図に示す通り、空調（冷暖房）、給湯、パネルヒータへ供給されています。これまで使用していた灯油燃料の一部を代替し、現在も順調に稼働しています。チップボイラーの燃料であるチップは、ウッディ若桜から搬送しています。前述の「総合利用計画」の目的に掲げられた、木質バイオマス資源の地域内循環システムが構築されています。



写真 3-10 高原の宿「氷太くん」

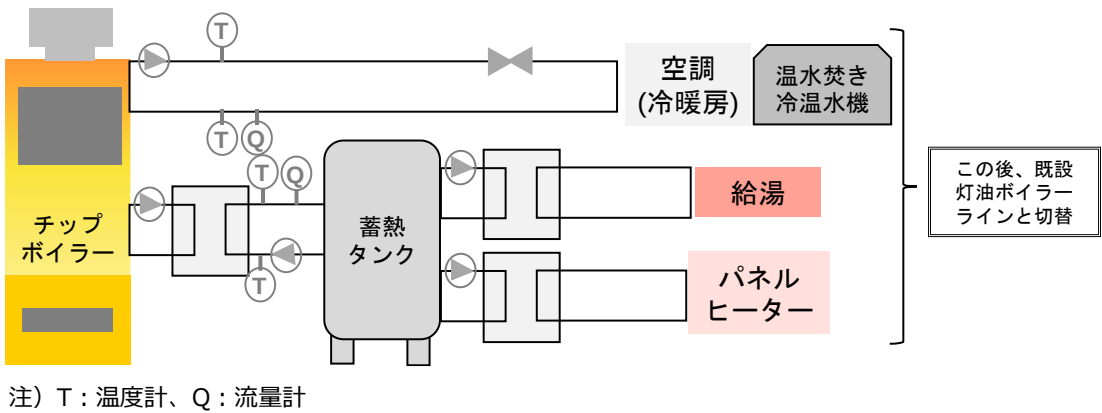


図 3-18 チップボイラーのフロー図



写真 3-11 平成 27 年度導入のチップボイラー



写真 3-12 既存の灯油ボイラー

今回、チップボイラーの稼働状況、特にチップによる灯油の代替効果を確認したところ、消費したチップの総熱量と代替できた灯油の総熱量に差があることが分かりました。以下に両者を比較した結果をまとめます。

◆チップ（データは平成 28 年度、チップ水分は約 50%-WB）

消費量 $1,120\text{m}^3/\text{年} \times 0.33\text{t}/\text{m}^3 \div 370\text{t}/\text{年}$

総熱量 $1,793\text{kcal}/\text{kg} \times 370\text{t}/\text{年} \div 2,780\text{GJ}/\text{年}$

◆灯油（データは平成 26 年度（チップボイラー導入前：灯油のみ）、平成 28 年度（チップボイラー導入後：灯油+チップ併用）、両年度の差分＝削減量）

削減量 約 40,000L/年

総熱量 $8,341\text{kcal}/\text{L} \times 40,000\text{L}/\text{年} \div 1,400\text{GJ}$

以上より、削減できた灯油の総熱量の約 2 倍のチップを消費していたことが分かりました。

この原因を解明し、新たな氷太くんの運転方法を提案します。

まず、原因として考えられる点は、温水焚き冷温水機の効率です。本機に供給される温水の温度が低い場合、冷水を作る効率は急激に下がってしまいます。今回、チップボイラーと一緒に導入された温水焚き冷温水機の性能を確認し、また、本機に供給される温水温度については、チップボイラー等の設置工事の施工監理を行ったコンサルタント会社の資料を参考にしました。

以下の表は、コンサルタント会社が本機の性能確認のために実施した試験結果です。チップボイラーの温水を、空調と給湯に供給した場合と、空調のみに供給した場合で、どのような結果になるかの試験を行っています。試験の結果は、空調と給湯を同時に行うとチップボイラーの温水温度が急激に下がってしまうことが示されています。今回、この試験結果において、チップボイラーの温水を空調と給湯に供給した場合、と空調のみに供給した場合の本機に供給される温水温度のデータを参照しました。

以下の図表では、空調と給湯を同時に行ったときの温水焚き冷温水機へ供給される温水の変化を示しています。赤枠部の約 3 時間の間に温水は 64℃～76℃を示しており、供給された温水の平均水温は約 74℃でした。

表 3-6 温水焚き冷温水機の試験結果（1 / 2）＜空調＋給湯＞

時刻 (写真)	缶水温度	空調往 温度	空調環 温度	空調出力	給湯出力	出力合計	貯湯T 温度	備考
10:54	75.0	66.3	69.2	0.0	65.0	65.0	70.6	給湯のみ運転中
11:37	39.9	42.3	37.5	158.0	0.0	158.0	73.1	11:37に空調・給湯同時運転開始
11:38	40.2	40.4	33.9	230.0	0.0	230.0	73.1	
11:39	38.2	38.2	38.4	0.0	0.0	0.0	72.6	缶水温度が一旦35℃程度まで下がり、 それから上昇。そのため、貯湯T温度 の方が高い間は、貯湯出力が0kwを 示す。
11:44	42.1	45.4	43.2	81.0	0.0	81.0	70.0	
11:48	46.4	49.8	46.3	120.0	0.0	120.0	68.2	
11:59	55.6	58.0	54.7	107.0	0.0	107.0	65.8	
12:03	58.5	60.7	57.6	95.0	0.0	95.0	65.1	
12:06	60.7	63.0	59.4	103.0	0.0	103.0	64.8	
12:08	61.8	63.8	60.6	100.0	0.0	100.0	64.6	空調送水流量を510→415ℓ/mに絞る
12:45	70.6	72.4	71.1	37.0	74.0	111.0	65.7	(設計値432ℓ/m)
12:50	71.0	72.7	71.6	34.0	74.0	108.0	66.3	
12:59	71.7	73.3	72.3	28.0	78.0	106.0	66.7	出力合計が最大で120kw程度である。 ボイラーの温度設定やチップの搬送 速度(量)を上げる等の対策で、出力 合計を最低でも150kwとしたい。
13:05	71.9	73.6	72.5	32.0	74.0	106.0	67.1	
13:27	72.6	74.4	73.1	31.0	75.0	106.0	68.1	
13:34	72.5	74.1	73.0	32.0	70.0	102.0	68.2	
13:55	73.2	75.0	73.3	46.0	69.0	115.0	69.3	
14:14	73.7	75.5	73.7	52.0	52.0	104.0	69.9	
14:16	74.0	75.7	73.6	61.0	58.0	119.0	70.0	蓄熱T送水流量188から130ℓ/mに絞る
14:26	74.2	76.1	74.1	52.0	59.0	111.0	69.7	(設計値125ℓ/m)
14:50	74.6	76.3	74.3	58.0	58.0	116.0	70.5	
15:01	74.6	76.4	74.2	61.0	56.0	117.0	70.6	
15:05	74.8	76.6	74.5	64.0	56.0	120.0	70.8	
15:12	74.9	76.7	74.7	55.0	56.0	111.0	70.8	
15:23	75.0	76.8	74.7	58.0	56.0	114.0	71.3	缶水温度:この後75.1℃まで上昇
15:40	74.8	76.6	74.7	48.0	0.0	48.0	71.1	給湯貯湯槽へ送るP2を停止(空調単独)
15:44	76.2	78.3	74.6	107.0	0.0	107.0	70.2	(ただしこの時、P3、P4は運転を継続)
15:45	76.5	78.4	74.9	101.0	0.0	101.0	70.1	給湯を停止すると缶水温度上昇速 度が増し、25分で5℃上昇。
15:50	77.9	79.5	76.1	99.0	0.0	99.0	69.4	
15:54	78.4	80.0	76.7	95.0	0.0	95.0	69.0	
16:00	79.1	80.6	77.2	93.0	0.0	93.0	68.6	
16:05	79.9	81.2	77.8	100.0	0.0	100.0	67.8	

これに対して、以下の表 3-7 で示す空調のみの場合では、本機へ供給される温水の変化は、79℃～82℃であり、平均水温は約 81℃でした。空調のみに絞ることで、本機へ供給される温水の温度が上昇することが分かります。

表 3-7 温水焚き冷温水機の試験結果（2 / 2）＜空調のみ＞

時刻 (写真)	缶水温度	空調往 温度	空調環 温度	空調出力	給湯出力	出力合計	貯湯T 温度	備考
16:06	80.0	81.4	77.9	107.0	109.0	216.0	67.9	P2運転再開時(ここから再び同時運転)
16:20	75.9	77.1	75.4	49.0	72.0	121.0	70.3	この時、2階全客室(全客室 の半分)の暖房を入れる。
16:25	75.3	76.7	74.8	57.0	66.0	123.0	70.2	
16:30	75.2	76.6	74.6	55.0	61.0	116.0	70.4	
16:35	74.9	76.1	74.4	48.0	55.0	103.0	70.5	
16:40	74.8	76.3	74.2	66.0	57.0	123.0	70.6	同時運転にすると、缶水温度が25分 で5℃低下し、その後は75℃程度をや や上昇気味にキープ。
16:45	74.9	76.2	74.1	63.0	55.0	118.0	70.8	
16:50	74.9	76.3	74.2	61.0	54.0	115.0	70.6	
16:55	74.8	76.3	74.4	54.0	51.0	105.0	70.9	
16:57	75.0	76.5	74.3	64.0	53.0	117.0	71.1	17:01にP2を停止(空調単独、半客室) (ただしこの時、P3、P4は運転を継続)
16:59	75.0	76.3	74.5	55.0	54.0	109.0	71.1	
17:00	75.0	76.3	74.5	55.0	52.0	107.0	71.2	
17:02	75.4	77.4	74.4	87.0	0.0	87.0	70.7	
17:05	76.6	78.4	74.4	107.0	0.0	107.0	70.3	客室暖房を追加した空調単独でも、 30分で缶水温度が5℃上昇。
17:10	77.8	79.2	75.8	99.0	0.0	99.0	69.9	
17:15	78.6	80.0	76.6	98.0	0.0	98.0	69.3	
17:20	79.2	80.9	77.3	98.0	0.0	98.0	68.7	
17:26	80.0	81.5	77.9	103.0	0.0	103.0	68.3	この後、客室暖房停止 (大広間、食堂のみの空調単独運転)
17:30	80.1	81.6	78.1	99.0	0.0	99.0	68.1	
17:36	80.6	82.1	78.4	106.0	0.0	106.0	67.6	
17:42	81.0	82.5	78.8	111.0	0.0	111.0	67.3	
17:45	81.0	82.7	78.9	104.0	0.0	104.0	67.2	缶水温度>80℃で、ボイラー燃焼制御 ボイラー燃焼に制御が掛からなければ、 空調往温度を85℃にはできそうである。
17:50	81.4	82.8	79.2	106.0	0.0	106.0	67.0	
17:59	81.0	82.3	75.8	0.0	127.0	127.0	69.7	17:55給湯の単独運転に戻す。調査終了

また、このときの本機の性能曲線を見ると、冷房時（冷凍時）において、本機への供給温水温度が74℃の場合、出力は44kW となります。一方、同温度が81℃に上がると出力は82kW へ上がります。冷房時の本機の定格出力は105kW なので、各々効率を算出すると、 $44\text{kW} \div 105\text{kW} \approx 42\%$ 、 $82\text{kW} \div 105\text{kW} \approx 78\%$ となり、チップボイラーの用途を空調に絞ると、温水焚き冷温水機の効率が42%から78%へ、約2倍近くになることが推測されます。

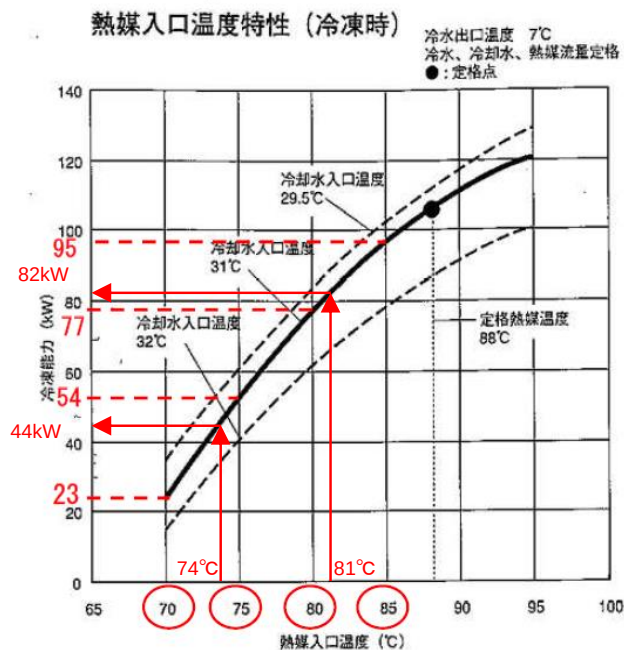


図 3-19 温水焚き冷温水機の性能曲線（冷房時）

一方、暖房時（加熱時）では、本機への供給温水温度が 74℃の場合、出力は 32kW となり、効率は $32\text{kW} \div 105\text{kW} \approx 21\%$ 、同温度が 81℃に上がると出力は 95kW へ上がり、効率は $95\text{kW} \div 150\text{kW} \approx 63\%$ となります。

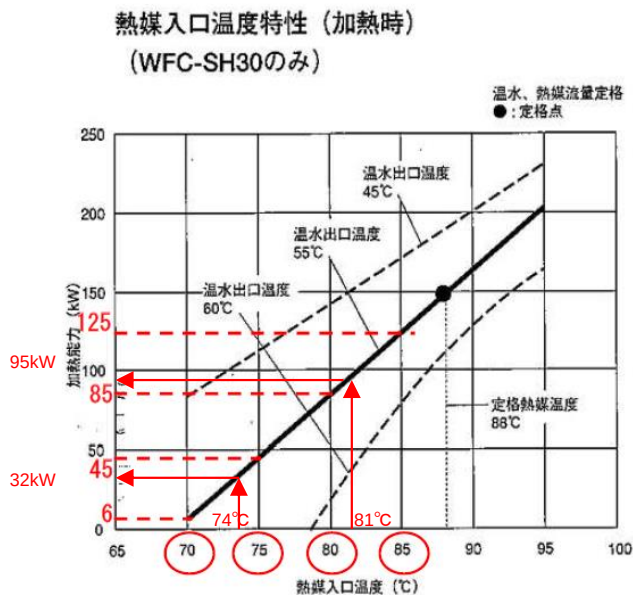


図 3-20 温水焚き冷温水機の性能曲線（暖房時）

以上の結果を以下の表 3-8 にまとめます。

表 3-8 冷暖房時の供給温水温度による冷温水機の効率の違い

条件	供給温水温度	冷房時(冷凍時)		暖房時(加熱時)	
		出力	効率	出力	効率
空調+給湯	74℃	44kW	42%	32kW	21%
↓					
空調のみ	81℃	82kW	78%	95kW	63%
		定格 105kW	－	定格 150kW	－

現状のチップボイラーから供給している温水のフロー図を図 3-21 に示します。空調と給湯（パネルヒーター含む）を同時に行えるようになっています。空調の温水ラインに手動バルブが設置されており、常時 1 / 3 開の状態になっています。このため、効率の悪い空調側へ温水が供給されてしまい、削減できた灯油の総熱量の約 2 倍のチップを消費したことに関係があると考えられます。なお、コンサルタント会社の試験結果で、空調と給湯を同時に運転すると、急激にチップボイラーの缶水温度が急激に低下することが、報告されています。缶水温度が下がると、フロー図に示す通り、空調のラインには蓄熱タンクがないので、供給される温水温度も急激に下がります。

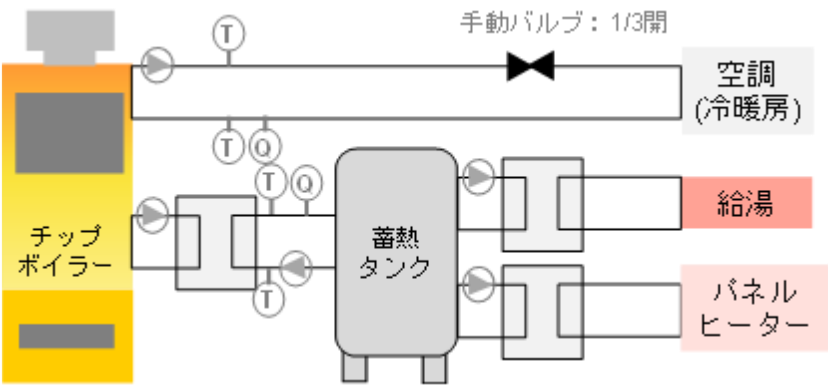


図 3-21 現状のチップボイラーのフロー図

チップボイラー建屋からの配管、空調ラインの手動バルブ、温水焚き冷温水機の写真を以下に示します。以上を踏まえて、以下のような効果的かつ効率的な運転方法を提案します。これらについては、今年度内に施設管理者に説明し、了解が得られれば、来年度試験を行う予定です。



写真 3-13 チップボイラー（左：配管、中央：空調用手动バルブ、右：温水焚き冷温水機）

まず、冬季において、チップボイラーによる空調（暖房）を停止します。手动バルブを全閉し、全量を給湯及びパネルヒーターに使用します。チップボイラーから供給された熱量を計測し、灯油の削減量を算出します。これにより、冬季における灯油のチップによる代替効果を明確にします。単純に供給熱量の $1/3$ が空調に使用され、効率が 21% だったので、 $0.33 \times 0.21 \div 0.07$ となり、約 10% が空調に使われていたと考えられます。よって、残りの $2/3 \div 67\%$ と上記の 10% の合算値 77%（ $\div$ 約 8 割）になり、現在、冬季で消費されていたチップの量が約 8 割程度（約 2 割減）になると考えられます。このとき、灯油使用量は少し増えることも考えられます。この時のフロー図を図 3-22 に示します。

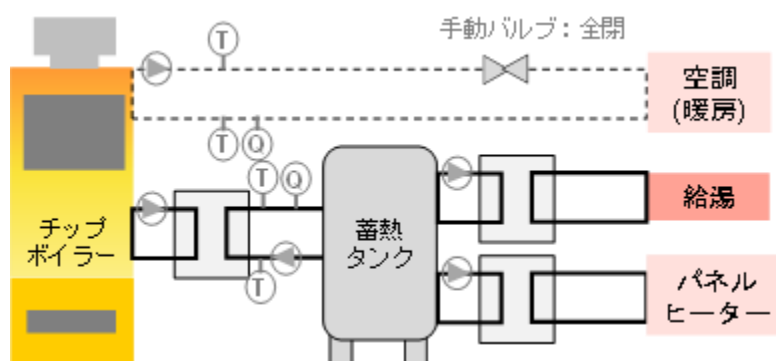


図 3-22 冬季における運転フロー図

一方、夏季においては、以下に示すように、空調（冷房）に特化し、手動バルブを全開にした運転を実施します。

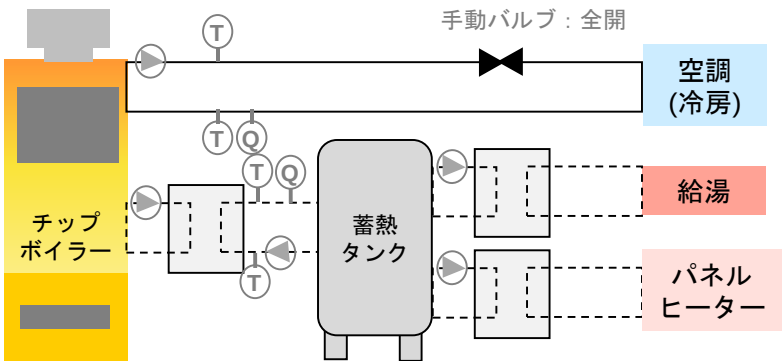


図 3-23 夏季における運転フロー図

平成 29 年度、平成 30 年度の電気使用量を以下に示します。現在、冷房による電気代が大きいことが課題の一つになっています。年間の基本料金を決める最大電力量も同様に夏季に発生していると考えられます。これを、夏季において、チップボイラーの温水を空調（冷房）に集中して、既存の灯油焚き冷温水機の負荷を軽減し、最大電力量の低減に寄与できないかを確認します。まず、ピークの電力量がいつ発生するかを把握し、状況に応じて、図 3-23 で示した手動バルブを途中で切り替えて、給湯にも使用します。

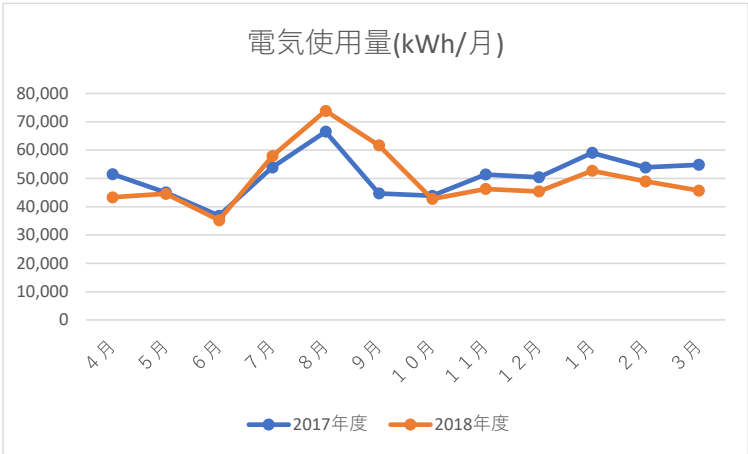


図 3-24 氷太くん平成 29,30 年度の電気使用量

現在、氷太くんの事務所には、電力監視モニターが設置されています。これにより施設の最大デマンド値(30 分間の最大電力量(kW)) を把握しています。この最大デマンド値によりその施設の年間の契約電力が定まり、電気の基本料金が決まってきます。電気料金は、使用した電力量に単価を掛けた電力量料金とこの基本料金で構成されています。氷太くんでは、施設の最大デマンド値を常に把握しており、この値が契約電力を超えそうにな

ったときに、不要な機器の電源をオフにしています。これにより、年間の電気料金を削減してきました。今回の試験、特に夏季の冷房時の電力値の把握にこのモニターを利用します。



写真 3-14 電力監視モニター

3.4.4 小型ガス化熱電併給設備の検討

ウッディ若桜への小型ガス化熱電併給設備の導入検討について、現在、検討中です。

導入を検討している設備は、国内で 5,000 時間弱の安定稼働実績があり、定格で 49kw の発電と約 90kw の排熱を利用できます。ウッディ若桜で製造している切削チップを用いて、熱電併給を行います。排熱によりチップを乾燥します。前半にお話ししました、葉枯らしによる燃料用原木生産を後押しします。また、電気は自家消費と電気の FIT 販売について事業性を試算する予定です。現在、これらの試算中です。

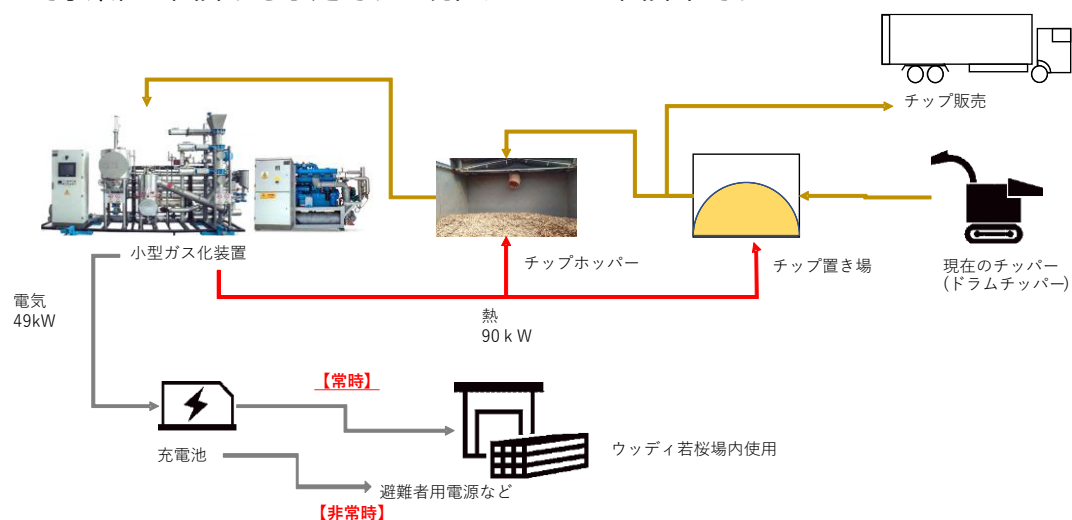


図 3-25 小型ガス化熱電併給設備のフロー図案

現在、全体配置図（航空写真）の南側に上記の設備を配置できないか、検討しています。白線枠内の部分です。ここに切削チップヤード、破碎チッパー及びチップヤード、チップ乾燥キルン炉などの設備が設置されています。本件は、来年度に引き続き検討します。



写真 3-15 ウッディ若桜 全体配置図（航空写真）



写真 3-16 破砕チッパー（左）とチップ乾燥キルン炉（右） 写真 3-17 反対側の写真
切削チップ置き場

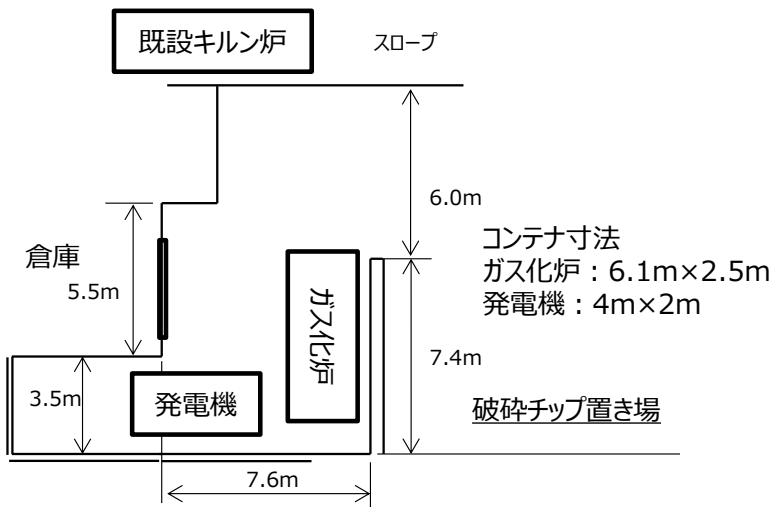


図 3-26 本設備設置場所の検討



写真 3-18 切削チップヤード



写真 3-19 チップ乾燥キルン炉とヤード

3.5 付加価値の創造

今年度、付加価値の創造として、防災機能強化の事業効果の検証、Jクレジットによる環境価値の創造、薪プロジェクトのモデルプランの作成を予定していましたが、コロナ禍の影響により協議会を開催できず、検討できなかったため、本節は、第2回協議会で報告した「J-クレジット制度の概要」（Jクレジット HP から主に引用、追記）を掲載します。

◆ J-クレジット制度とは

国が認証するJ-クレジット制度とは、省エネルギー機器の導入や森林経営などの取組による、CO2などの温室効果ガスの排出削減量や吸収量を「クレジット」として国が認証する制度です。本制度は、国内クレジット制度とオフセット・クレジット（J-VET）制度が発展的に統合した制度で、国により運営されています。本制度により創出されたクレジットは、低炭素社会実行計画の目標達成やカーボン・オフセットなど、様々な用途に活用できます。

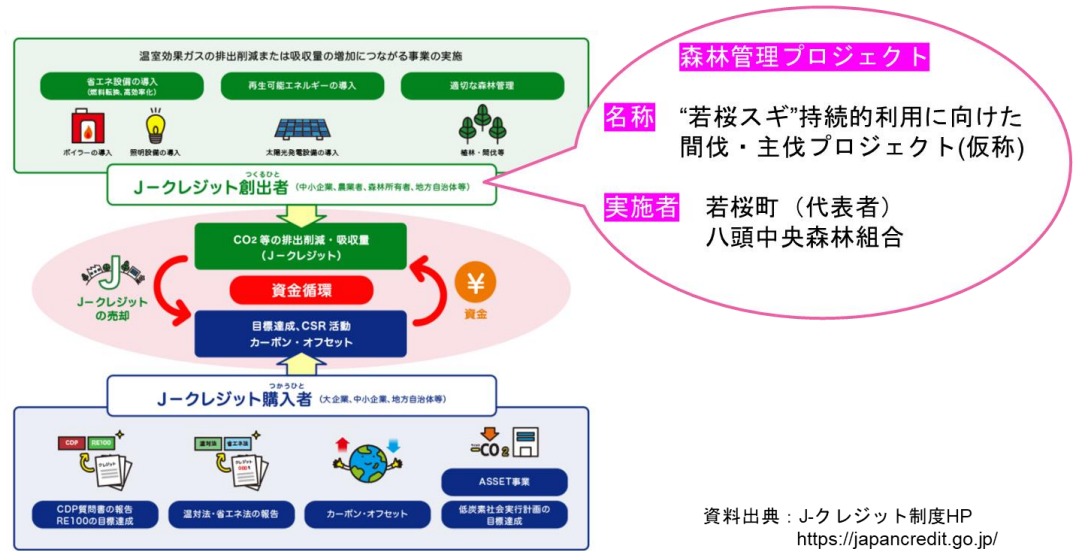


図 3-27 Jクレジット制度とは

J-クレジット制度への登録、認証の大まかな流れ

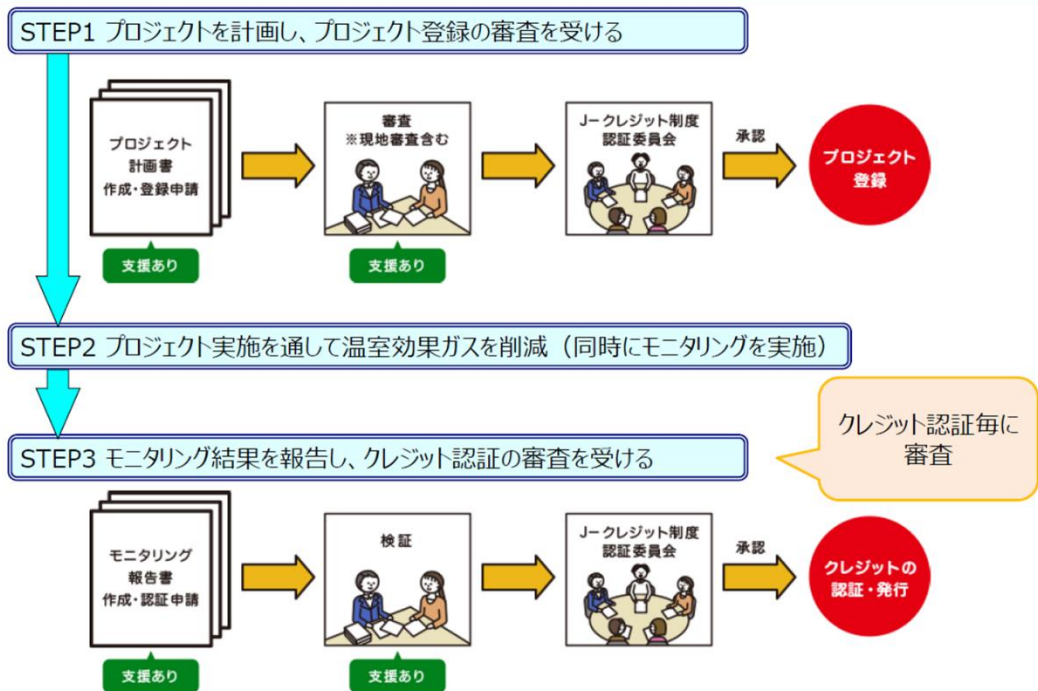


図 3-28 J-クレジット制度への登録と認証まで3ステップ

プロジェクト登録までの流れ

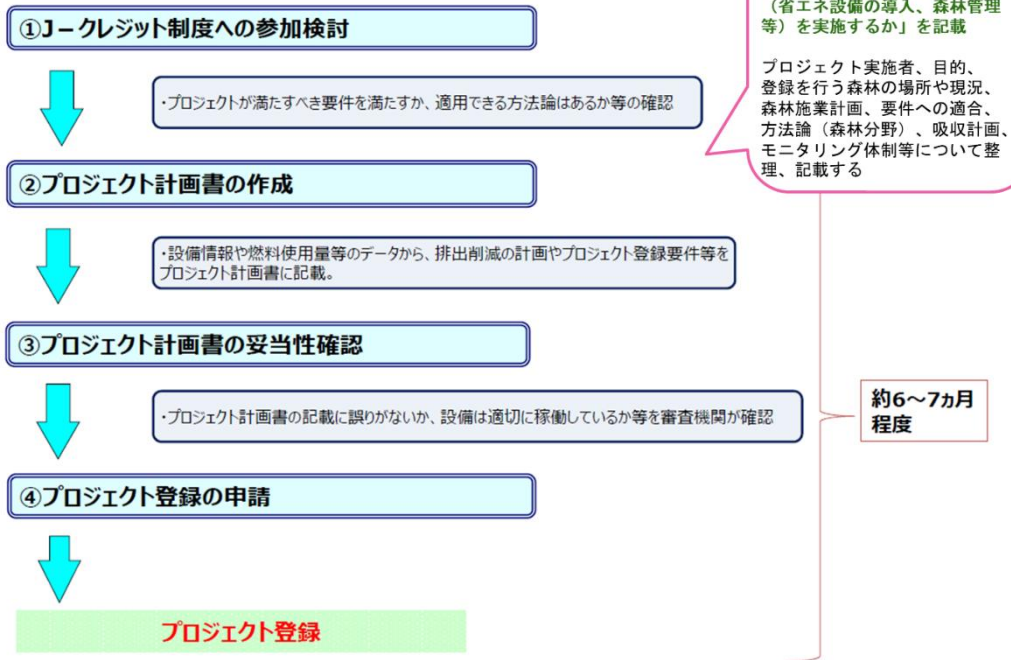


図 3-29 プロジェクト登録までの流れ

クレジット認証までの流れ

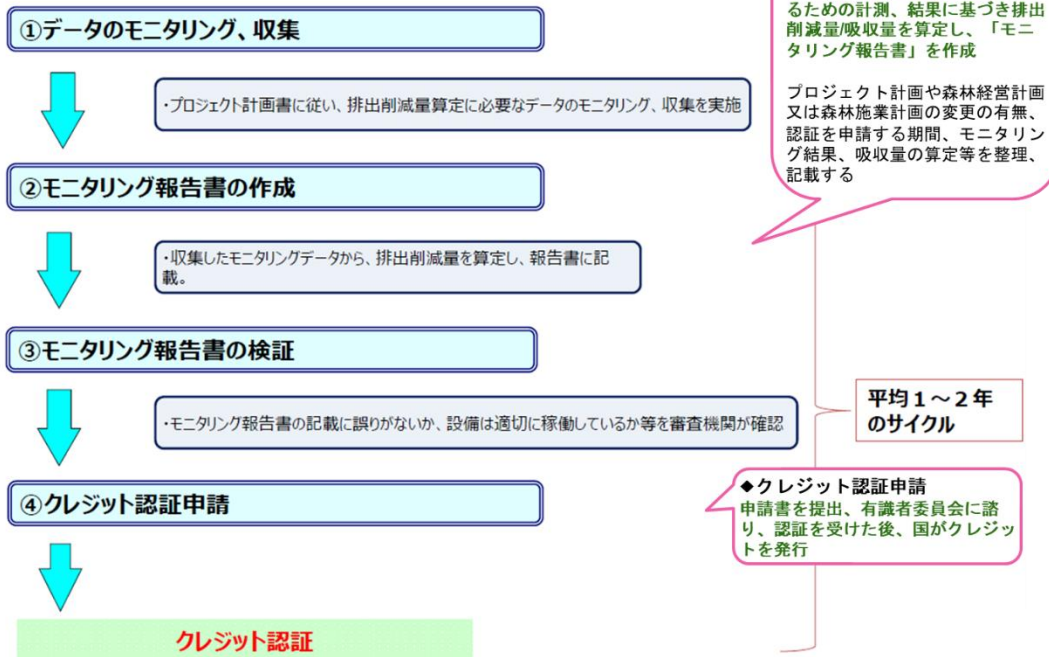


図 3-30 クレジット認証までの流れ

J-クレジット創出者のメリット



図 3-31 創出者のメリット

J-クレジット創出者(プロジェクト実施者)の負担等

項 目	
1	プロジェクト計画書作成、審査費用の発生 (⇒作成代行、審査費用の支援有)
2	モニタリング報告書作成、審査費用の発生 (モニタリングプロットは、1箇所/30ha設定) (⇒作成代行、審査費用の支援有)
3	プロジェクト計画書作成から登録まで概ね6か月程度 (準備期間を要する)
4	モニタリング報告書作成からクレジット認証まで1年から2年のサイクル (準備期間に時間を要する、売買成立や収入が得られるまでの期間の正確な把握は難しい)
5	クレジットの需要や価格による取引への影響 (需要が小さく、価格が低い場合など)

注) J-クレジット HP に掲載されている資料ではありません (関係情報等を参考にして整理)

図 3-32 創出者の負担等

J-クレジット購入者のメリット

環境貢献企業としてのPR効果

クレジットの購入をとおして、日本各地の森林保全活動や中小企業等の省エネ活動を後押しすることができます。

企業評価の向上

温対法・省エネ法の報告への活用や、各種企業評価調査等においてクレジット購入をPRすることで企業評価につなげることができます。

製品・サービスの差別化

製品・サービスに係るCO2排出量をオフセットすることで、差別化・ブランディングに利用可能です。

ビジネス機会獲得・ネットワーク構築

クレジット購入を通して構築された企業や地方公共団体との新たなネットワークを活用し、ビジネス機会の獲得や新たなビジネスモデルの創出につなげることができます。

- ① 温対法の調整後温室効果ガス排出量の報告
- ② 省エネ法の共同省エネルギー事業の報告
- ③ カーボン・オフセット、CSR活動(環境・地域貢献)等
- ④ CDP質問書及びRE100達成のための報告
(再エネ電力由来のクレジットに限る)
- ⑤ ASSET事業の削減目標達成への利用
- ⑥ 低炭素社会実行計画の目標達成

CDP 質問書：投資家に向けて企業の環境情報の提供を行うことを目的とした国際的な NGO が気候変動等に関わる事業リスクについて、企業がどのように対応しているか、質問書形式で調査し、評価したうえで公表するもの。

RE100：企業が自社で消費するエネルギーを 100%再生可能エネルギーでまかなうこと。

ASSET 事業 (先進対策の効率的実施による CO2 排出量大幅削減事業設備補助事業)：CO2 排出量の増加が著しい業務部門や、全部門に占める CO2 排出量の割合が最大の産業部門において、先進的な設備導入と運用改善を促進するとともに、市場メカニズムを活用することで、CO2 排出量大幅削減を効率的に図る制度。

図 3-33 購入者のメリット

◆(参考) 森林分野 登録プロジェクト(中国地方)

〈HP登録認証情報からの検索結果〉

通常型		プログラム型						
プロジェクト番号	登録申請日	プロジェクト実施者・法人番号	プロジェクト実施場所	クレジット取得予定者・法人番号	プロジェクト概要	認証期間の開始日	適用方法論	関係書類
36	2014/03/24	津山市 5000020332038	岡山県津山市	津山市 5000020332038	市有林における森林経営活動	2013/04/01	FO-001 Ver. 2.0	プロジェクト計画書 プロジェクト計画書別紙 妥当性確認報告書 プロジェクト計画変更届
60	2015/02/23	鳥取県東部森林組合 7270005000359	鳥取県鳥取市 鳥取県岩美郡 岩美町	鳥取県東部森林組合 7270005000359	私有林における森林経営活動	2014/04/01	FO-001 ver.2.1	プロジェクト計画書 プロジェクト計画書別紙 妥当性確認報告書 プロジェクト計画変更届
100	2016/02/16	鳥取県 7000020310000	鳥取県日野郡 日野町	鳥取県 7000020310000	県有林における森林経営活動	2015/04/01		鳥取県有林の取り組み プロジェクト計画書 プロジェクト計画書別紙 妥当性確認報告書 プロジェクト計画変更届
147	2017/02/21	須山木材株式会社 6280001003225	島根県出雲市	須山木材株式会社 6280001003225	社有林における森林経営活動	2016/04/01	FO-001 ver.2.1	プロジェクト計画書 プロジェクト計画書別紙 妥当性確認報告書 プロジェクト計画変更届
225	2020/02/07	西栗倉村 8000020336432	岡山県英田郡 西栗倉村	西栗倉村 8000020336432	村有林における森林経営活動	2019/04/01	FO-001 Ver.2.4	プロジェクト計画書 プロジェクト計画書別紙 妥当性確認報告書
230	2020/02/07	鳥取県中部森林組合・ 谷口 純一 7270005004285	鳥取県倉吉市	鳥取県中部森林組合 7270005004285	私有林における森林経営活動	2019/04/01	FO-001 Ver. 2.4	プロジェクト計画書 プロジェクト計画書別紙 妥当性確認報告書

図 3-34 登録プロジェクト事例

4. 総括

川上・川中については、昨年度に引き続き、川上と川中において原木の含水率を下げる有効な方法について検討するための乾燥試験を行いました。結果、山土場での乾燥は期待できないこと、町土場での乾燥は積雪期までの乾燥は期待できること、葉枯らしによる乾燥は林内でも乾燥は進み、伐採時期（開始）は7月中旬から9月中旬（乾燥期間2ヶ月程度）が良い、ことが分かりました。これらより、以下のような伐採時期に応じた原木の含水率低下のモデルケースを検討しました。

- ① 5月～7月上旬 伐採後、町土場で乾燥
- ② 7月中旬～9月中旬 伐採後、葉枯らしで秋雨まで乾燥
- ③ 9月下旬～11月 伐採後、町土場で乾燥
- ④ 12月～4月 積雪期間なので伐採不可

川下については、昨年度に引き続き、ウッディ若桜における木材乾燥機の重油使用量を減らすべく現状の蒸気圧力や流量などを計測し、運転方法を把握しました。結果、蒸気が不足する高温乾燥機への蒸気は問題なく圧力が確保されており、木材乾燥機の加熱温度・排気温度の設定により必要な蒸気量を推測しました。これらを元に新たな蒸気配管・制御方法の提案を行いました。また、既にチップボイラーが導入されている町営宿泊施設において、チップ消費量と灯油削減量の関係を確認したところ、チップが効率的に使用されていないことが分かりました。原因は冷暖房に使用している温水焚き冷温水機であろうと見当を付けました。これに対応した運転方法を検討しました。ウッディ若桜への小型ガス化熱電併給設備の導入計画については、十分に検証ができませんでした。現在、収支試算と設置場所の検討を進めています。

来年度以降、川上・川中については、②の葉枯らしでの乾燥方法について、効果とコストの検証を行います。将来的に効果的な乾燥方法の手引きやガイドラインを示したいと考えています。また、川下については、町営宿泊施設で今年度検討したチップボイラーの運転方法の検証と、小型ガス化熱電併給設備の具体的な検討を行います。なお、ウッディ若桜の蒸気配管・制御方法については、来年度、補助金が採択された場合、再度検討する予定です。

令和 2 年度木材需要の創出・輸出力強化対策事業のうち
「地域内エコシステム」構築事業

鳥取県若桜町
「地域内エコシステム」モデル構築事業
報告書

令和 3 年 3 月

一般社団法人 日本森林技術協会
〒102-0085 東京都千代田区六番町 7 番地
TEL 03-3261-5281（代表） FAX 03-3261-3840

株式会社 森のエネルギー研究所
〒205-0001 東京都羽村市小作台 1-4-21KTD キョーワビル小作台 3F
TEL 042-578-5130 FAX 042-578-5131