

黒滝温泉木質バイオマスガス化発電施設の  
運転停止に伴う検証

令和3年1月7日

奥州市

# 目次

## 第1章 はじめに

- 1 この検証の意義 … 2 ページ
- 2 木質バイオマス発電を取り巻く現況 … 3 ページ
- 3 奥州市の木質バイオマスエネルギーに関する経過等 … 6 ページ

## 第2章 旧施設導入前から導入時の状況

- 1 新エネルギーの導入について … 7 ページ
- 2 旧施設の導入について … 7 ページ
- 3 後継施設導入に至る経過と当時の機運 … 12 ページ

## 第3章 後継施設の導入から運転停止までの経過

- 1 後継施設導入の目的 … 13 ページ
- 2 施設の概要 … 13 ページ
- 3 導入後の稼働状況 … 15 ページ
- 4 後継施設の運転停止 … 22 ページ

## 第4章 成果と問題点

- 1 得られた成果と課題 … 23 ページ
- 2 明らかとなった問題 … 28 ページ
- 3 問題解決に必要な取組とは … 30 ページ

## 第5章 他自治体の事例研究

- 1 岡山県真庭市「バイオマス真庭」 … 32 ページ
- 2 福島県会津若松市「スマートシティ会津若松」 … 33 ページ
- 3 国内における木質バイオマスガス化後継施設の設置・稼働状況 … 34 ページ

## 第6章 まとめ

- 1 検証結果 … 35 ページ
- 2 今後の木質バイオマスエネルギーの利活用について … 35 ページ
- 3 監修について … 37 ページ

# 第1章 はじめに

## 1 この検証の意義

この検証は、令和2年度に運転停止となった黒滝温泉木質バイオマスガス化発電施設（以下「後継施設」という。）について、前身である旧木質バイオマスガス化炉及び水素生産ガス化炉（以下「旧施設」という。）導入当時から後継施設導入後の運用、運転停止に至るまでの経過を検証するものです。

衣川地域の木質バイオマスガス化発電事業については、後継施設の前身である旧施設から見ると、実に17年もの間、再生可能エネルギー関連施設として稼働してきた実績があります。

再生可能エネルギーとは、石油や石炭、天然ガスなどの化石燃料とは違い、太陽光や風力、地熱といった地球資源の一部など自然界に常に存在するエネルギーであり、環境にやさしく枯渇する心配が無いため、新しいエネルギーとして注目されており、近年ではSDGsのゴールの一つとして掲げられ、世界的に導入が推進されています。

本検証で取り上げる木質バイオマスエネルギーも再生可能エネルギーのひとつです。森林において、林地残材等であった切り捨て間伐材（未利用間伐材）、低質材（病虫害含む）、根元等の未利用部分、製材端材及び建築廃材等から発生する資源を木質燃料としたエネルギーです。現状では資源の収集や運搬、設備の維持管理といった発電コストは未だ高く、また、技術開発の途上である等課題も多くみられます。

SDGsが掲げられる以前から、黎明期に再生可能エネルギーに着目し、木質バイオマス発電の実証をしてきた当事業は、全国的に見ても先進的な事例でしたが、事業の継続には至らず令和3年3月をもって運転停止となりました。

このことから、この後継施設について施設導入時の構想と、実際の運用においてどのような問題や課題が生じ、それらが生じた理由は何かなどを明らかにし、今後の奥州市における再生可能エネルギーの活用策を検討するに当たっての参考とするものです。

図1 SDGsゴール7「エネルギーをみんなに そしてクリーンに」



## 2 木質バイオマス発電を取り巻く現況

### (1) 木質バイオマス発電の利用について

資源に限りのある石油、石炭などの化石燃料に替わる再生可能エネルギーである木質バイオマスは、平成9年の京都議定書の締結以降、地球温暖化防止対策の一つとして、関連研究が再開されることとなりました。平成15年には、電気事業者による新エネルギーなどの利用に関する特別措置法（RPS法）が施行され、木質バイオマスの発電利用が拡大しました。また、木質バイオマス発電は、発電時に多量の熱が発生することから、多くの研究により、電気を単独利用するよりも、熱電併給利用の方が経済性が高いことが指摘されています。こうした中、平成24年に開始された再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）の下で、林地残材や低質丸太などの未利用材を利用して発電した電力が32円/kWhという有利な価格で買い取られることとなり、令和3年現在も各地で5,700kWh前後の比較的規模が大きな発電所が稼働し、あるいは建設中となっています。こうした施設では、年間7万から10万㎡という膨大な燃料を必要とするため、燃料集荷コストの上昇が懸念されています。

また、中小規模の木質バイオマス発電事業の普及に向けて、平成27年にFITの制度変更が行われ、2,000kWh未満の施設からの買取価格について、間伐材等由来の木質バイオマスを使用した場合は40円/kWhに引き上げられました。なお、製材端材等由来のものを使用した場合は、24円/kWhのままとなっています。

国産材を利用する木質バイオマス発電熱電利用は、エネルギー自給率や、災害時などにおけるレジリエンスの向上、我が国の森林整備・林業活性化の役割を担い、地域の経済・雇用への波及効果が大きい等多様な価値を有しています。<sup>1</sup>一方で、バイオマス発電は他の再生可能エネルギーと異なり、発電の際に燃料が必要となることが特徴であり、その発電コストのおよそ7割が燃料費で占められています。森林総合研究所<sup>2</sup>の論文によると、燃料価格が安ければ高い収益率が得られるものの、燃料価格がわずかでも上昇するだけで赤字に転落するなど、経済性に問題があることが示唆されています。

木質バイオマスの原料は主に、伐採された未利用間伐材、枝葉、樹皮、製材端材、建設端材等です。そのうち、製材端材、建設端材等は、製紙原料などとして約95%が利用されています。他方、林野庁調べによると、間伐材等の林地残材の利用率は低位であることから、木質バイオマスのエネルギー利用を進めるためには、林地残材の活用や、熱電併給の活用を図る等、コスト低減の道筋を検討する必要があります。<sup>3</sup>

図2 「残材と天ぷら油で緑の電力と熱供給」資源循環コンセプト



<sup>1</sup> 令和2年 自然エネルギー庁「持続可能な木質バイオマス発電」（バイオマス発電の現状と課題（総論）より

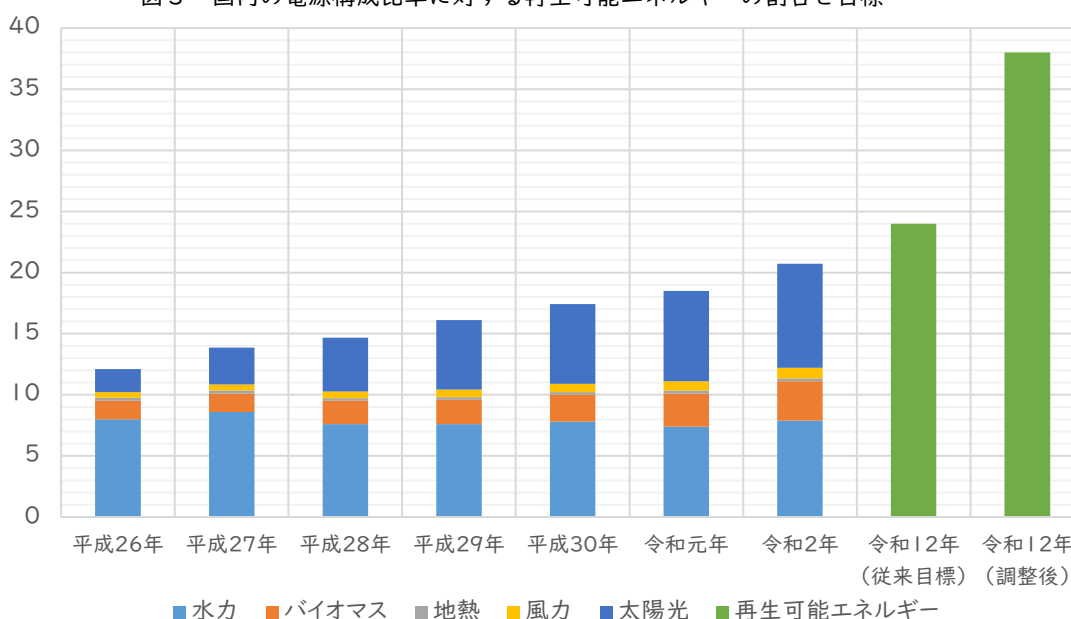
<sup>2</sup> 平成28年 森林総合研究所「木質バイオマスによる熱供給の可能性について」より

<sup>3</sup> 令和2年 林野庁「木質バイオマスのエネルギー利用の現状と今後の展開について」より

## (2) 再生可能エネルギーの現況

再生可能エネルギーについては、今世紀後半に温室効果ガスの人為的な排出量と吸収源による除去量との均衡を達成（脱炭素社会）することを目標とするパリ協定の発効（平成27年11月4日）を踏まえ、その有効活用により世界的に脱炭素化が進んでいます。国内においても、脱炭素化が進められており、再生可能エネルギーの活用は毎年増加傾向にあります。平成28年度の再生可能エネルギー電力が占める割合は、全電力のうち約15%でしたが、令和12年（2030年）までに22%～24%とすることを目標とし、再生可能エネルギーのさらなる普及が推進されています。なお、令和3年7月にはさらに目標値を引き上げ、36%～38%とする方向で最終調整を進めています。

図3 国内の電源構成比率に対する再生可能エネルギーの割合と目標



また、令和2年10月の「第203回臨時国会の所信表明演説」において、菅義偉前内閣総理大臣は「令和32年(2050年)までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」ことを宣言しました。併せて、令和12年度までに温室効果ガスの排出量を平成25年度比で46%削減する目標を示しています。

同様に、岩手県でも岩手県環境基本計画（令和3年度策定）<sup>4</sup>において、「温室効果ガス排出量の2050年実質ゼロ」を目指した取組の推進を行っています。この計画では、将来予想される気候変動による甚大なリスクを回避・軽減し、環境を通じてSDGsを達成するため、温室効果ガスの人為的な発生源による排出量と吸収源による除去量との均衡を実現することにより、本県の温室効果ガス排出量を令和32年までに実質ゼロとすることを目標とし、パリ協定の目標達成に地域から貢献するとともに、温室効果ガスの低排出型の地域経済社会を構築することを目指しています。

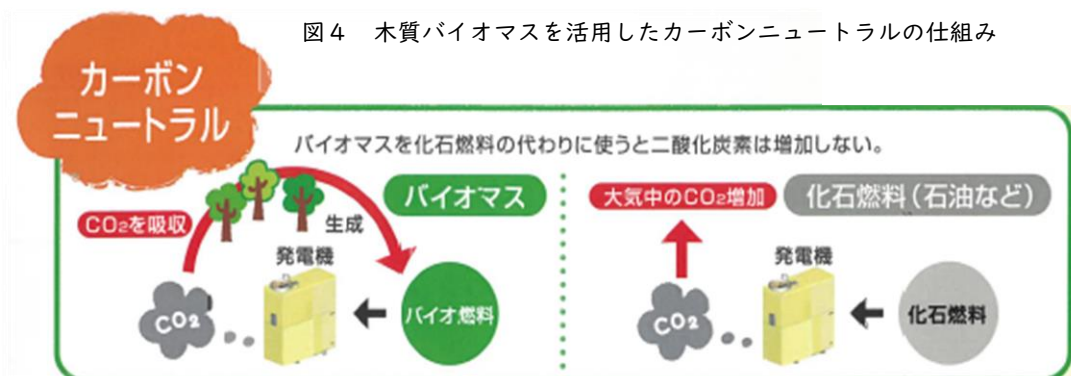
一方で、近年、自然環境や景観の保全を目的として、再生可能エネルギー発電設備の設置に抑制的な条例（再エネ条例）の制定が増加しています。全国の自治体における条例の制定状況は平成28年度に26件だったものが令和2年度には134件と5年で約5.2倍に増加し、全国の自治体の約1割弱が再エネ条例を制定している状況にあります。<sup>5</sup>

<sup>4</sup> 令和3年 岩手県環境基本計画（計画期間 令和3年度から令和12年度）

<sup>5</sup> 令和3年 経済産業省資源エネルギー庁 2030年に向けたエネルギー政策の在り方より一部抜粋

このうち、66件の条例は、再エネ発電設備の設置に関し抑制区域や禁止区域を規定しており、中には域内全域を抑制区域とする例も見られます。

図4 木質バイオマスを活用したカーボンニュートラルの仕組み





### 3 奥州市の木質バイオマスエネルギーに関連する経過等

年 度	内 容
平成11年度	衣川村新エネルギービジョン策定（平成12年2月） 新エネルギー導入による「健康いきいき、新時給自足の村」を目指して
平成13年度	NEDO委託調査事業（環境調和型エネルギーコミュニティ形成促進事業）による木質バイオマスガス化発電事業の実現可能性調査
平成16年度	旧施設の導入 二酸化炭素排出抑制対策事業（環境省）を活用し導入 設置場所：奥州市衣川上立沢112（黒滝温泉） 木質バイオマスガス化炉：ダウンドラフト炉（日立造船㈱） 水素生産ガス化炉：ロータリーキルン炉（中外炉工業㈱）
平成18年度	旧施設実証事業の終了 奥州市新エネルギービジョンの策定（平成19年2月）
平成19年度	奥州市地球温暖化対策実行計画の策定（平成20年3月）
平成20年度	旧施設の運転停止 奥州市環境基本計画の策定（平成21年2月）
平成21年度	奥州市バイオマスタウン構想の策定（平成22年3月） ※農林水産省 バイオマス・ニッポン総合戦略（平成18年3月改定）
平成22年度	後継施設の導入 地域グリーンニューディール基金（環境省）を活用し導入 設置場所：奥州市衣川上立沢112（黒滝温泉） 木質バイオマスガス化後継施設：ダウンドラフト炉 （ヤンマーエネルギーシステム㈱）
令和元年度	ガス化・精製ユニットの運転停止 7月定期メンテナンスにてガス化炉の異常を発見 以降、BDF単独で運用
令和2年度	後継施設の運転停止 BDFメイン制御盤の故障に伴い後継施設の運転停止

## 第2章 旧施設導入前から導入時の状況

### 1 新エネルギーの導入について

平成11年度当時の衣川地域では、衣川村新エネルギービジョン（平成11年度策定）<sup>6</sup>を策定し、新エネルギー導入の実現性を検討していました。同ビジョンには、木質バイオマスエネルギーについて、その豊富な賦存量が特筆されており、高い期待がありました。

衣川地域のビジョン策定当時の間伐材蓄積量は5,372m<sup>3</sup>であり、原油量に換算すると348キロリットルになります。これは平成11年度の衣川村の全体のエネルギー消費量に対し、25.9%に相当し、平均的世帯の428.6世帯分に相当する量になります。

また、木質バイオマスエネルギーの利用に関しては、衣川村新エネルギービジョン策定当時、我が国では十分に普及していなかったことから、システム開発状況と、コストを考慮したうえで、林産廃棄物処理施設整備などの制度と組み合わせて導入を図る必要があるとし、十分な賦存量のあるバイオマスエネルギーの利用技術・システムの確立を進めることとしていました。このことから、平成13年度にNEDO委託調査事業（環境調和型エネルギーコミュニティ形成促進事業）により木質バイオマスのガス化発電事業の実現可能性調査を実施し、ドイツDM2社の実験プラントを導入し、二酸化炭素削減量及び水素生成の可能性について調査を行いました。

### 2 旧施設の導入について

#### (1) 旧施設の導入とねらい

##### ア 実証事業の開始

衣川村新エネルギービジョンに基づき、森林資源を活用したエネルギーの創出と中山間地域の課題解決を目的として、平成16年度より旧施設である木質バイオマスガス化炉及び水素生産ガス化炉を黒滝温泉に設置し、企業と共同で実証事業を開始しました。旧施設の設置場所として黒滝温泉を選定した理由は、市民が集う場所に設置することで、環境保全や森林の適正管理に向けた意識啓発の波及効果をもたらす期待があったものです。施設導入に際しては、環境省による二酸化炭素排出抑制対策事業（対策技術率先導入）補助金を活用しています。

二酸化炭素排出抑制対策事業内訳

事業名	対策技術率先導入事業(円)
総事業費	63,019,409
国庫補助対象額	57,009,879
国庫補助金額（補助率1/2）	28,504,000
一般財源額	21,015,409
その他（辺地債）	13,500,000

<sup>6</sup> 平成11年度策定「健康いきいき、新自給自足の村」をキーワードに「社会」「経済」「環境」の持続可能性と自然との共生を目指した。



## イ 導入のねらいと目的

旧施設を導入するに当たっては、以下の3点をねらいとし、新エネルギーの導入を図りつつ、複合的に地球温暖化対策を実施することを目的としていました。

### ① 熱電供給（コージェネレーション）

循環型資源である木質バイオマスから、電気と熱を取り出して黒滝温泉で利用することにより、化石燃料の利用を削減する。また、地域資源を活用した地球温暖化対策を推進することにより、地域の産業振興に有益であることを示す。

### ② カーボンナノチューブの生産

木質バイオマスをガス化して水素を生産し、炭素をカーボンナノチューブに固定する。石油、天然ガスなど地下資源由来の原料により生産が進められているカーボンナノチューブ及び水素が、循環型資源である木質バイオマスから生産できることを示す。

### ③ 生産された水素からデカリン（液体燃料）を合成

水素を液体燃料（デカリン）に合成することにより、運搬や備蓄に利点があることを確認する。

## (2) 旧施設の概要

旧施設は、木質バイオマスガス化炉（ダウンドラフト炉）及び水素生産ガス化炉（ロータリーキルン炉）の2基を有しており、共に企業の実証プラントとして設置されました。

旧各施設の概要については、以下のとおりです。

### ア ダウンドラフト炉（デンマーク製：日立造船㈱）

地域資源（木質チップ）を使った熱電供給の実証を目的として設置され、木質ガス由来のカーボンの共同特許を2件取得しました。しかしながら、継続的な運転に至らず稼働日数はわずか406日、発電時間も514時間にとどまりました。原因は大型部品の故障と、岩手宮城内陸地震の影響によるものです。なお、特許権については、平成29年度に費用に見合う特許権使用が見込めないことから放棄しています

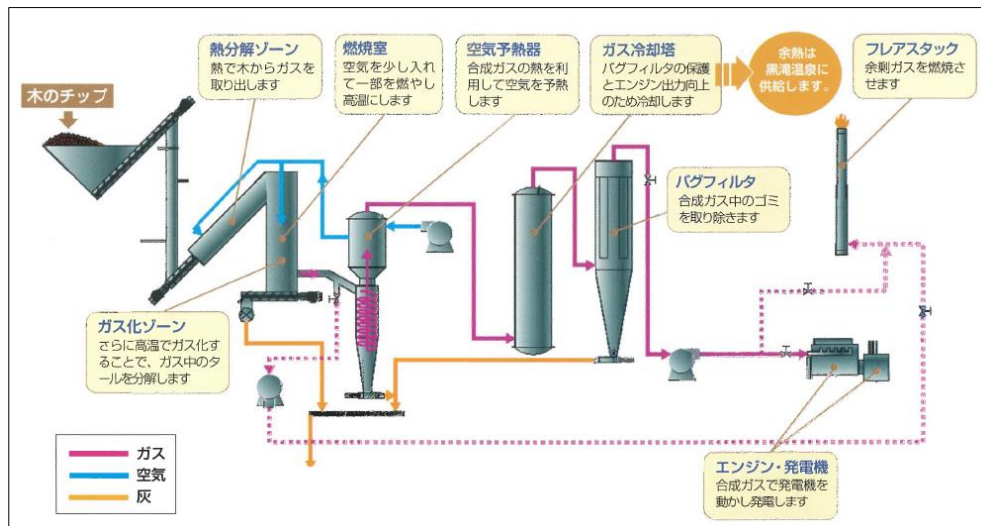
#### ダウンドラフト炉について

ダウンドラフト炉とは、小規模対応可能な発電を目的とした施設である。ガス化炉の上部から燃料である木質チップを供給し、ガス化剤（空気や水蒸気等）も同じ上部から吹き込む。ガス化に伴い発生したタールは、酸素と一緒に温度の高い領域に到達し燃焼される。炉内は1,000度から1,400度に達することから、タール副生は少なくなるが、完全なタールフリーとはならないため、タール処理のメンテナンスが必要となる。タールはガスエンジンやガスタービンのトラブル原因となり、メンテナンスコストが高くなる原因である。

#### 旧施設 ダウンドラフト炉の仕様（デンマーク製：日立造船㈱）

原料	木質チップ（含水率20%）
投入量	20kg/h
ガス化炉	ダウンドラフト方式
発生ガス種	熱分解ガス
処理温度	800度から1,000度

図5 旧施設システムフロー図（ダウンドラフト炉）



## イ ロータリーキルン炉（中外炉工業㈱）

木質チップから水素とカーボンナノチューブを精製するために導入するとともに、水素からデカリン（液体燃料化）を生産することを目的として設置され、中外炉工業㈱等とカーボンナノチューブに関する共同特許を1件取得しました。しかし、消費電力が膨大（40kW～50kW）なため、稼働は限定的となり、実績は平成17年2月から5月までの60日間のみでした。なお、特許権については、平成29年度に費用に見合う特許権使用が見込めないことから放棄しています。

### ロータリーキルン炉について

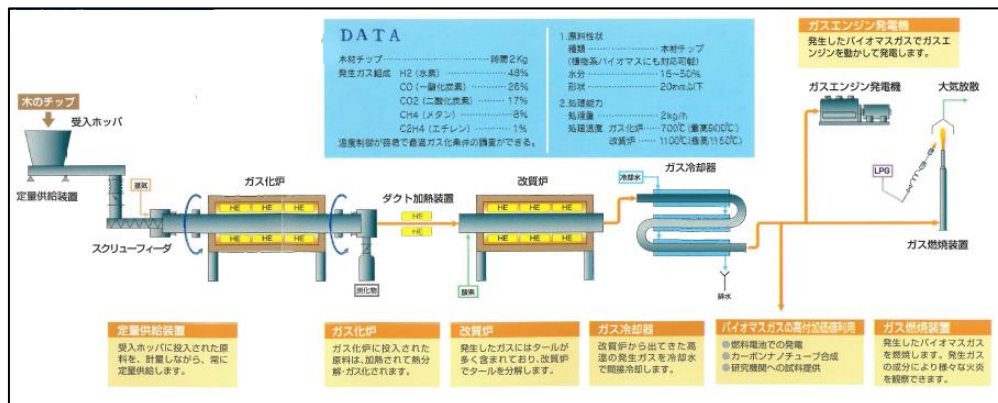
ロータリーキルン炉とは、燃料を直接外部の空気に触れず加熱し熱分解することから、発生ガスに空気中の窒素が混入することがなく、単位容積当たりの熱量が高いガスが得られる。また、ダウンドラフト炉と比較し低温の700度から800度で分解するため、木質燃料の熱分解残さの発生量が増える。この熱分解残さは発熱量が石炭と同等の良質な炭化物であることから、さまざまなガス組成のガスや炭化物を取り出すことも可能で、運用幅の広いシステムである。

しかし、前述したとおり低温で熱分解を行っていることから、ダウンドラフト炉と比較して多くのタールが発生する。発生したタールは改質炉にて処理を行う必要性があり、分解に大きなエネルギーを要してしまう。

### 旧施設 ロータリーキルン炉の仕様（中外炉工業㈱）

原料	木質チップ（含水率15%～50%） 形状（20mm以下）
投入量	2kg/h
ガス化炉	ロータリーキルン方式
発生ガス種	水素48% 一酸化炭素26% 二酸化炭素17% メタン8% 他
処理温度	ガス化炉700度（最高900度） 改質炉1100度（1150度）

図6 旧施設システムフロー図（ロータリーキルン炉）



### (3) 旧施設が短期間で運転停止に至った経緯

旧施設は前述したとおり、木質バイオマスガス化炉（ダウンドラフト炉）及び水素生産ガス化炉（ロータリーキルン炉）ともに企業の実証プラントであり、実用的な稼働を目的とする施設ではありませんでした。

これらは、平成16年度に環境省「二酸化炭素排出抑制対策事業（対策技術率先導入事業）」を活用し設置したものであり、水素・カーボンナノチューブ生産実験を目的としたものでした。木質バイオマスガス化炉（ダウンドラフト炉）、水素生産ガス化炉（ロータリーキルン炉）ともに企業と共同特許を取得していることから、事業の目的は果たしているとはいえ、短期間で運転停止に至っています。

木質バイオマスガス化炉（ダウンドラフト炉）は、実証事業が終了した平成18年度以降は黒滝温泉の営業時間に合わせた運転を目指すとともに、ガス化の副産物である炭の商品化を検討し、市が単独で運用していましたが、大型部品の故障と岩手宮城内陸地震による影響で平成20年6月から稼働不能となりました。その後、これまでの成果を元にカーボンのマテリアル利用を追究するため、炉の一部を改良する予定でしたが、林野庁の補助事業に応募したものの不採択となり、結果として運転停止となりました。

水素生産ガス化炉（ロータリーキルン炉）は、事業内容を見直しするとともに、林野庁の「森林資源活用型ニュービジネス創造対策事業」を活用し、循環社会研究所へ事業全体の統括を委託したうえで、炉を改良して木質ガスからのカーボンナノチューブの連続生成をシステム化することを検討していました。総事業費は5カ年で371,558千円を想定していましたが、こちらも事業不採択となり、運転停止となりました。

平成23年度には、県外企業Aより水素生産ガス化炉（ロータリーキルン炉）を借りて除染技術実証事業を行いたいと申し出があったため、一時的に黒滝温泉から衣川日向工業団地内の工場跡地へ移動し、事業を実施しました。また、平成26年度には、中外炉工業(株)と県外企業Bから廃プラスチックの廃繊維ガス化試験にあたり、水素生産ガス化炉（ロータリーキルン炉）をお借りしたいと申し出があり、実証試験に使用しました。

その後、令和2年9月に、既に耐用年数を超過していることから中外炉工業(株)及び県外企業Aに今後の利用の有無について確認のうえ、廃棄処分としました。

なお、旧施設である木質バイオマスガス化炉（ダウンドラフト炉）については、現在も黒滝温泉に隣接する建屋内に保管されています。

図7 ロータリーキルン炉を利用した除染技術実証試験の現地写真





### 3 後継施設導入に至る経過と当時の機運

後継施設を導入した平成22年度当時、以下の2点から衣川地域では木質バイオマスエネルギーに対する期待がありました。

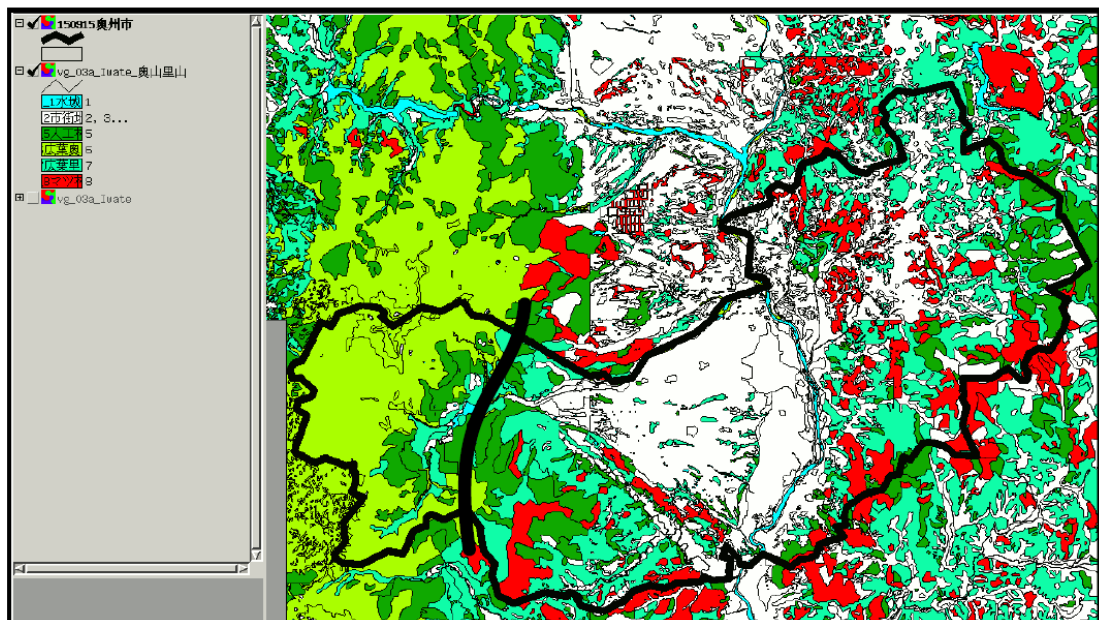
1点目は豊富な森林資源の利活用に対する期待です。衣川地域では前述したとおり、全国的にも先進的な木質バイオマスエネルギーの導入に取り組んできました。衣川地域における民有林の面積<sup>7</sup>は8,637haであり、奥州市全体の34,880haと比較して全体の24.7%を占めていることや、衣川地域の未利用間伐材量は9,567m<sup>3</sup><sup>8</sup>であり、奥州市全体(22,284m<sup>3</sup>)の42.9%を占めていたことから、豊富な森林資源を木質系バイオマス資源とし、利用促進することによる林業の活性化が期待されていました。

2点目は、地域循環型社会の構築に対する期待です。平成19年2月に新たに「奥州市新エネルギービジョン」が策定されました。このビジョンでは、本市の地域特性に沿った自然資源による新エネルギーの導入と、地域循環型社会の構築を推進し、地球温暖化の主な原因である二酸化炭素の排出量を削減するとともに、さらなる地域産業の活性化を目指していました。

さらに、海外依存度の高いエネルギー構造の改善に資することのみではなく、将来の枯渇が懸念される地下資源への依存をできる限り低下させ、再生可能な新エネルギー資源を活用し、この豊かな環境を次世代に引き継ぐこと、環境への負荷低減とエネルギーの確保・多様化を図ることは極めて重要な意味を持つものとしていました。

しかしながら、実証試験を目的とした旧施設が安定した稼働を維持できず、短期間で運転停止してしまった点、未利用間伐材の利用実績がこれまでにない状況下で、燃料となる地域資源(木質チップ)を安定的に供給できる体制を構築できるのかという点は、解決に至らず課題として残したままとなりました。

図8 環境庁植生図による奥州市の天然林(広葉樹林)の二次林(若竹色)と原生林(黄緑)の境界(黒線)(なお、スギ林:深緑、アカマツ:赤色)(環境庁 昭和62年)<sup>9</sup>



<sup>7</sup> 平成17年度岩手県統計年鑑より

<sup>8</sup> 平成18年度 奥州市新エネルギービジョンより

<sup>9</sup> 平成27年度 奥州市受託研究木質バイオマス後継施設に対する燃料供給量予測と事業採算性評価手法の開発成果報告書より

## 第3章 後継施設の導入の経過

### 1 施設導入の目的

後継施設導入にあたり、地域グリーンニューディール基金(環境省)<sup>10</sup>へ示した目的は次のとおりです。

#### (1) 二酸化炭素の排出抑制

実行計画並びに奥州市環境基本計画、奥州市新エネルギービジョン及びバイオマスタウン構想に基づいて、市営温泉が使用する化石燃料(購入電力、灯油)を地域に存する廃棄物(バイオマス資源)で代替して二酸化炭素の排出抑制を図ります。

#### (2) 林地残材や廃食油の利活用

放置又は廃棄される林地残材や廃食油等を、エネルギー資源として利活用することにより、環境負荷の低減を図ります。

#### (3) 山村再生の足掛かり

木質バイオマスガス化コージェネレーションは現代版「炭焼き」ともいうべきもので、たとえ小規模であっても安定的な稼働を実現することにより、岩手県のかつての主要産業であった薪炭林循環施業の復活と「先祖返り」により山村再生の足がかりとします。

#### (4) 先進的取組

市営温泉施設に廃棄物由来の再生可能エネルギー利用施設を率先して導入することにより、市内外の利用者に対して森林や環境に関する意識の高揚を促すとともに、全国の類似自治体等に対する情報発信の拠点とします。

### 2 施設の概要

#### (1) 事業内容について

後継施設は、平成22年7月に地域グリーンニューディール基金(環境省)を活用して導入されました。

事業費の内訳は下表のとおり

事業名	2つの廃棄物を利用した市民温泉 エコ化事業
総事業費(円)	88,615,000
国庫補助対象額(補助率10/10)	88,615,000
国庫補助金額	88,615,000
事業費内訳	—
工事請負費	88,200,000
事務費	415,850
一般財源額	0

<sup>10</sup> 地域グリーンニューディール基金(環境省)

地震や台風等による大規模な災害に備え、再生可能エネルギー等の導入を支援し、災害に強く環境負荷の小さい地域づくりを全国的に展開することを目的とし、都道府県及び指定都市が行う事業を支援するための基金。



## (2) 木質バイオマスガス化コージェネレーションシステムの概要について

後継施設では、旧施設（デンマーク製：日立造船）と同じダウンドラフト方式を採用しました。ダウンドラフト方式は省スペースで設置でき、タールの発生量が少ないことが利点であり国内でも普及しています。

また、後継施設では補助燃料にバイオディーゼル燃料（BDF）を使用しています。これは、木質チップをガス化炉でガス化した可燃ガスとバイオディーゼル燃料（BDF）をディーゼルエンジンで8対2の割合で混焼して、発電ユニットで発生する電気と熱を温泉施設に供給するためです。

### システムの概要（ヤンマーエネルギーシステム株式会社）

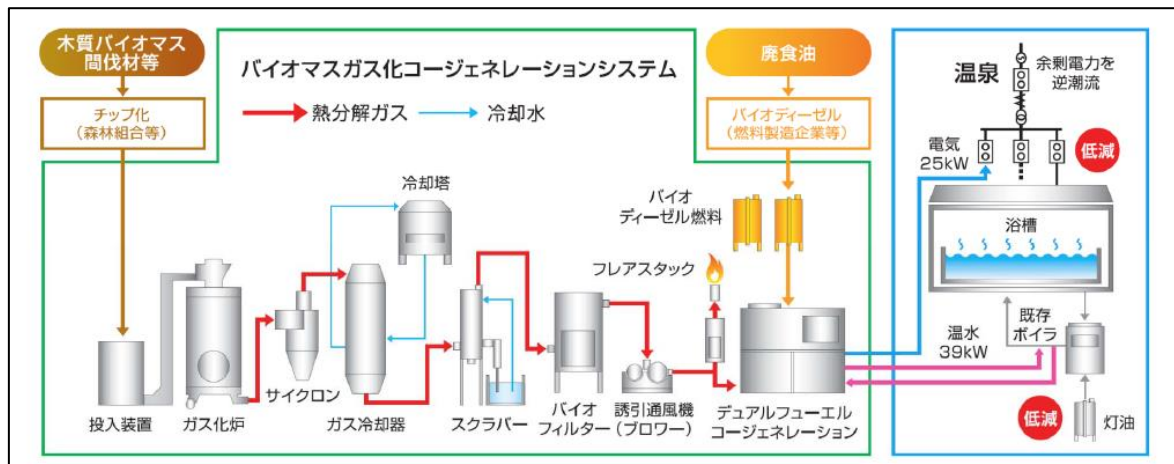


ガス化・精製ユニット	
原料	切削チップ：含水率15%以下 粒径10～25mm
投入量	20kg/h
ガス化炉	ダウンドラフト方式
発生ガス種	熱分解ガス
発生ガス量	46Nm <sup>3</sup> /h
発生ガス熱量	1,000～1,200kcal/Nm <sup>3</sup>



コージェネレーションユニット ※BDF単独でも稼働可能	
補助燃料	バイオディーゼル燃料（BDF） 1.6L/h
エンジン	デュアルフューエルエンジン
システム	コージェネ（熱電併給）
発電量	25kW
廃熱回収量	39kW（140MJ）
総合エネルギー効率	84%（電気32%、熱52%）

図9 バイオマスガス化コージェネレーションシステムフロー図



### 3 導入後の稼働状況

#### (1) 稼働実績について

後継施設の積算稼働時間 平成22年7月～令和2年11月（運転停止時まで）  
計39,872時間

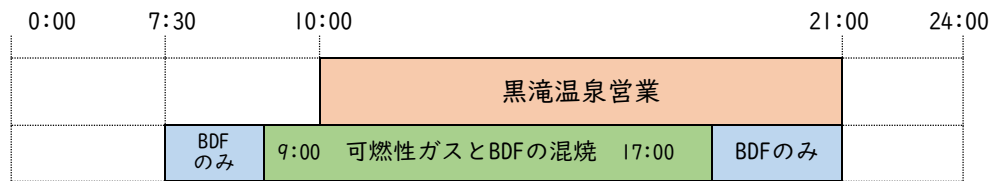
- 内訳 ① ガス化炉稼働による可燃性ガスとBDFの混焼運転 12,349時間  
② BDFのみでの運転 27,523時間

#### 【稼働時間】

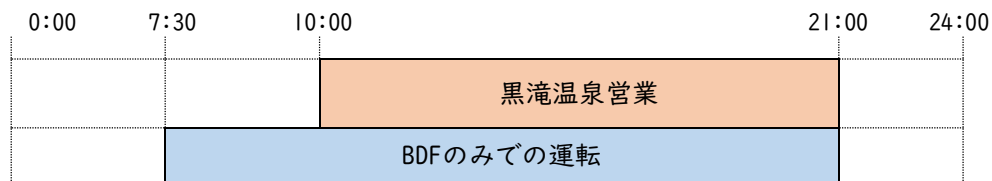
黒滝温泉営業日 13～14時間稼働（7:30～21:00頃）

〔平日〕 BDFのみでの運転 5～6時間（7:30～9:00及び17:00～21:00 頃）

可燃性ガス（ガス化炉運転）とBDFの混焼運転 8時間（9:00～17:00）



〔土日祝日〕 BDFのみでの運転 13～14時間（7:30～21:00頃）



※ガス化炉を稼働する際に木質チップを燃やすことにより、炭が灰受箱に溜まりま  
す（24時間稼働すると灰受箱がほぼ満杯になります）。また、ガスを冷却・洗浄し  
た際に発生するドレン（木液）がガス精製ユニットの水槽内に溜まります。それら  
を定期的に取り出す必要があり、取り出すためにはガス化炉を冷まさないと危険な  
ことから、温泉の営業時間（準備時間含む）以外は停止し、翌朝のガス化炉運転準  
備作業時に炭及びドレンを取り出していました。

#### 【燃料使用】

上記稼働時間において

##### 〔木質チップ〕

平日（ガス化炉8時間/日稼働） - 約1 m<sup>3</sup>（フレコン1袋）使用  
（含水率15%で約150kg）

##### 〔BDF〕

平日（BDFのみ5～6時間/日＋混焼8時間/日） - 約70リットル/日 使用  
土日祝日（BDFのみ） - 約100リットル/日 使用

## 【作業員等】

上記稼働時間において

### ① 施設作業

#### 〔エンジン稼働〕

エンジン稼働（7:30）は、黒滝温泉の従業員が行っていました。

（スイッチをONにするのみ） → 『BDFのみでの運転』

#### 〔ガス化炉運転作業〕 3名雇用（土日祝日は除く）

・稼働時（8:30～10:00） 常時2名対応（安全対策のため）

・作業内容：炭・木液の排出、設備点検、木質チップの補充、ガス化炉稼働（1h状況確認）、建屋内の清掃等 → 『可燃性ガスとBDFとの混焼運転』

・運転停止時（16:30～17:00） 1名対応

・作業内容：ガス化炉停止（完全停止まで0.5h）及び確認 → 『BDFのみでの運転』

※平成28年3月31日までは、衣川総合支所総務企画課付け嘱託職員が常時現場作業を行っていました。（当該予算からの支出なし）

#### 〔エンジン停止〕

エンジン停止（21:00頃）は、黒滝温泉の従業員が行っていました。

（スイッチをOFFにするのみ） → 『運転停止』

### ② 木質チップ運搬等作業 2名雇用

常時2名対応（在庫状況を見ながら週1回程度）

・作業内容：仕入業者からの購入運搬、乾燥袋詰め、保管場所から後継施設への搬入（ただし、仕入業者からの購入運搬は4月～11月までで、冬場は作業していない。）

## (2) 使用燃料について

### ア 木質チップ

後継施設の燃料として使用する木質チップの調達について、当初は地元地方森林組合の協力を得て、間伐材をチップ化し、安定供給を図ろうと計画していましたが、生産・流通・採算の見込みが難しく、木質チップの安定供給には時間を要する状況でした。このことから、地元森林組合からの木質チップの調達は、平成22年度のみで僅か50m<sup>3</sup>だけとなりました。

平成23年3月には東日本大震災が発生し、その後の震災復興における緊急雇用対策事業を活用して、地元企業Aから木質チップを調達して使用していましたが、設備の不具合等が発生することもあり、それ以降の安定供給には繋がらず、木質チップの在庫がない期間は、BDFのみでの運転を余儀なくされていました。

その後も木質チップの調達先を探し、購入して使用していましたが、後継施設の木質チップの仕様規格（10～25mm角形切削チップ、含水率15%以下）に適合するものは、なかなか見つからない状況でした。

そのような中で、平成24年7月にはFITが始まり、既存の当該発電施設も対象となることから、同年10月31日に認定申請書を経済産業省に提出し、平成25年3月25日には再生可能エネルギー発電設備としての認定を受け、余剰電力を売電することができるようになりました。

これに伴い、木質チップの調達に当たっては、当該発電施設の仕様規格に適合し、かつ木質バイオマス証明の発行ができる業者を探する必要がありました。これらを踏まえて、平成26年度からはより調達が容易な製材端材等由来の木質チップに変更し、改めて市内の業者を中心に調達先を探したところ、電力用の木質バイオマス供給事業者の認定を取得し、木質バイオマス証明を発行できる唯一の業者が地元企業Bでした。

その頃、地元企業Bでは自社の木材を乾燥させるためのボイラーを設置し、製材で発生した切削チップをそのまま燃料として利用しており、その切削チップの形状は当該発電施設の仕様より細かく、含水率も50%程度とかなり高い状態のものであり、現状では効率よく木材の乾燥ができないということで、国の補助事業（岩手県森林整備加速化事業）を活用し、木材乾燥用にチップ乾燥機の導入を検討していたところでした。

そこで、そのチップ乾燥機の設置が完了した後、試験的に切削チップの乾燥度合いを測定してみたところ、含水率は15%以下となったことから、形状を当該発電施設の仕様規格（10～25mm角形）に合わせていただき、平成26年7月から燃料として購入し、使用することになりました。

木質チップの単価は、地元企業Bが主に取り扱っている杉（長級3.65m、径級18～28cm）の岩手県内の丸太標準価格の動向によって算出されたものです。購入当初の木質チップの乾燥度合はとても良いものでしたが、チップ乾燥機の不具合等により含水率15%以下の切削チップを調達できないこともありました。また、地元企業Bではチップ乾燥機を使用していく中で、自社の木材を乾燥させるための燃料としては、含水率25%程度が理想であることが分かってきました。

当該後継施設用として含水率15%以下にするためには、地元企業Bのチップ乾燥機において、切削チップを送るコンベアのスピードを遅くし、時間をかけて乾燥させる必要があり、その場合には自社の木材の乾燥のためにボイラーに投入する切削チップの量が減り、自社の木材の乾燥に支障をきたすことになり、なかなか当方の要望する含水率に対応できない状況となりました。

このことから、地元企業Bからの含水率15%以下の切削チップ購入を断念し、含水率が25%程度の切削チップを購入せざるを得なくなりました。購入した切削チップは天日干し乾燥で対応しなければならず、そのため作業員の雇用を増やさなければならなくなりました。また、天日干しによる乾燥は天候に大きく左右されることから、乾燥済みの切削チップの在庫不足が生じ、含水率15%以下にならないまま、使用せざるを得ない状況が続くこともありました。しかし、乾燥不足の切削チップを使用すれば、施設に不具合が生じて運転が停止してしまうため、その復旧作業（配管清掃等）の間は、BDFのみでの運転となってしまうこともありました。

【別紙2】木質チップの購入状況を参照

## イ BDF（バイオディーゼル燃料）

発電施設の補助燃料として使用しているBDFは、平成20年度から廃食用油の回収（5円/㍓）及びBDFの精製・販売を行っている地元まちづくり会社から購入していました。

地元まちづくり会社では、主に市内の飲食店、学校給食センター、各総合支所に設置した回収ボックスから収集した廃食用油からBDFを精製していました。

実際の廃食用油の回収から精製及び供給に至るまで、精製者（衣川在住）が個人で委託を受けており、ほぼ毎日発電施設タンクの残量を確認し、補充していました。

【別紙3】BDFの購入状況を参照

### (3) 24時間稼働実験について

平成25年度には後継施設の24時間稼働に向けた実証実験を実施しました。その目的は燃料である木質チップを24時間燃焼させることにより炉内を高温に維持し続け、故障の要因の一つであるタール副生を減らすとともに、平成25年3月に受けたFITの認定に併せ、同年11月から夜間電力を売電するための実証をすることになりました。

実証実験を開始するにあたり、当初は、木質チップの調達について、林野庁における「平成25年度木質バイオマスエネルギーを活用したモデル地域づくり推進事業」を活用し、チップパー等の設備を導入して地元生産を予定していたところでしたが、事業不採択となりました。

結果として、タール副生については日中のみの稼働と24時間稼働で大きな差はみられず、24時間稼働するためのチップの安定供給が難しいことから、当初予定していた9カ月の実証実験は1カ月のみで終了となりました。

なお、タール副生は設備の温度が低い起動時だけでなく、水分量が多い木質チップや、仕様外の粒径の木質チップを投入すると増加します。

### (4) メンテナンスについて

ガス化炉設備、コージェネレーション設備に係る定期メンテナンスは次のとおりです。

#### 【ガス化炉設備】

点検種別	点検間隔	主たる点検・作業項目	備考
A点検	4,000時間毎	駆動・従動部点検清掃、テイクアップ調整、ベルト調整、内部点検清掃、パッキン交換、軸受点検、潤滑油交換、バーナーノズル分解点検	
B点検	8,000時間毎	冷却塔部品点検・交換、UV管取替え	A点検含む
C点検	12,000時間毎	耐火物ランニング補修、メカシール交換・整備	A点検含む
D点検	16,000時間毎	Vベルト・軸受交換、バーナーノズル交換、工業計器・制御盤点検	A、B点検含む

点検種別	点検間隔	主たる点検・作業項目	備考
E点検	20,000時間毎	駆動・コンベアチェーン交換、駆動・従動軸受交換、ノズル部品交換、ダクト補修・交換	A点検含む
F点検	24,000時間毎	ポンプ交換、攪拌羽根、ロストル、軸受点検取替	A、B、C点検含む

### 【コージェネレーション設備（エンジン部分）】

点検種別	点検間隔	主たる点検・作業項目	備考
A点検	2,000時間毎	潤滑油交換、潤滑油フィルター、燃料プレフィルター、ガスフィルター、燃料弁交換、パイプクリアランス調整	
B点検	4,000時間毎	燃料ホース、燃料フィードポンプ、油水分離器の交換	A点検含む
C点検	10,000時間毎	エアクリーナー、冷却水交換	A、B点検含む
D点検	20,000時間毎	エンジン、酸化触媒、電磁弁、防振ゴム、換気ファン、ホース類交換	A、B、C点検含む

\*上記は、標準的な整備基準であり、設備の稼動状況等により、必要に応じて仕様を見直すことがあります。

## (5) 余剰電力の売電について

### 【経過】

年月日	内 容
平成24年7月	再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT）開始
平成25年3月25日	再生可能エネルギー発電設備認定許可（経済産業大臣） 平成24年10月31日申請 ☑使用燃料として木質チップ <sup>o</sup> （間伐材由来）、BDFを申請
平成25年3月29日	東北電力㈱との電力受給契約締結 [kWh当たり単価] ■木質チップ（間伐材等由来） 32.00円＋消費税相当額 ■BDF 17.00円＋消費税相当額 ■非バイオマス（メタノール） 7.55円＋消費税相当額 ・メタノールはBDF精製時に混入しているもの。
平成25年10月21日	売電用メーター器設置 有効期間：令和2年10月末の7年間（計量法による）
平成25年11月	売電開始
平成27年2月25日	再生可能エネルギー発電設備変更認定（経済産業大臣） 平成26年11月25日変更申請 ☑使用燃料として木質チップ <sup>o</sup> （製材端材等由来）を追加申請 *間伐材等由来のものよりも安定して入手が可能。



年月日	内 容
平成27年4月1日	東北電力(株)との売電契約締結(変更) [kWh当たり単価] ■木質チップ(間伐材等由来) 40.00円+消費税相当額 ■木質チップ(製材端材等由来) 24.00円+消費税相当額 ・地元企業B(木質チップ調達先)からのものは製材端材等由来のもの。 ■BDF 17.00円+消費税相当額 ■非バイオマス(メタノール) 7.55円+消費税相当額
令和2年10月31日	受給契約廃止(売電用メーター器有効期限) 令和2年9月3日 売電用メーター器の有効期限の満了に伴い、電力受給契約廃止申込書を提出。

### 【売電料金の算定】

毎月1日に売電用メーター器を検針し、前月分の売電力量及び算定した売電料金等を東北電力(株)に報告すると、報告月の中旬までに料金が振り込まれる仕組み

#### 【算定方法】

「前月分の売電力量×各燃料使用比率×各燃料の売電単価」の合計

例：平成27年4月1日以降の単価で、前月分の売電力量が500kWh、燃料の使用比率が木質チップ(製材端材等由来)32%、BDF62%、非バイオマス6%であった場合

- ① 木質チップ(製材端材等由来)：500kWh×0.32×@26.40円(10%税込)  
=4,224円
  - ② BDF：500kWh×0.62×@18.70円(10%税込) =5,797円
  - ③ 非バイオマス：500kWh×0.06×@8.30(10%税込) =249円
- 前月分の売電料金(①+②+③) = 10,270円

\*「前月分の売電力量」は、当該月1日時点の売電用メーター器の売電力量累計から前月1日時点の売電用メーター器の売電力量累計を差し引いた数値

### (6) 設備の故障状況について(ヤンマーエネルギーシステム(株)より資料提供)

ガス化炉設備、コージェネレーション設備(エンジン部分)の両設備は、故障(不具合等含む)することがあり、稼働期間中は両設備で845件の故障等が発生しました。主な故障等の内容については、次のとおりです。

※ただし、この件数は、1度の稼働操作で設備が稼働せず、何度も再稼働操作を行った回数~~の累計も含まれています~~。例えば、3回繰り返しても稼働しなかった場合、故障3件としてカウントされています。

#### ア ガス化炉設備の故障等について

ガス化炉重故障発報は、外的要因(停電、原料不足)を除くと315件発生しました。

ガス化炉重故障は、約50%が「圧損関係」であり、「フレア異常(重)」、「COガス漏れ(重)」も含めると故障全体の85.7%を占めていました。

故障総数	ガス化炉故障の内訳					
	圧損関係(重)	フレア異常(重)	COガス漏れ(重)	起動緊急停止(重)	着火制御異常(重)	投入ホッパ異常(重)
315	149	72	49	19	16	10

「圧損関係」について、圧損の原因はガス化炉の底部や配管にススや微粒子となった炭が堆積し、ガスの流路が閉塞した状態となっていたことが原因と推察されます。

「フレア異常」については、点火プラグの劣化が原因であり、余剰ガスの燃焼装置の点火バーナーの着火不良により発生したものです。

「COガス漏れ」について、ガス化システムが重故障で緊急停止した際に、炉内の原料から発生したガスが流出発生したものと考えられます。また、起動前に炭の回収ボックスを交換する際にも内部に残存していたガスが拡散することで発生することがあります。

#### イ コージェネレーションシステムの故障について

コージェネレーションシステムの故障は、530件発生しており、そのうち「エンスト（軽）」、「Rタンク関係（軽）」、「CP応答異常（軽）」が故障全体の90.2%を占めています。

故障総数	C P故障内訳						
	エンスト 関係（軽）	Rタンク 異常（軽）	CP応答 異常（軽）	スタータ ー不良 （軽）	加 速 度 （軽）	油圧系故 障（軽）	そ の 他
530	342	70	66	20	14	10	8

この3つのうち、「エンスト（軽）」、「CP応答異常（軽）」については、始動時に発生する故障であり、燃料供給ラインの問題からポンプエア噛みが発生し、燃料供給不良を起こしたことが、エンスト及び応答異常の要因と推察されます。

#### 4 後継施設の運転停止

後継施設では発電量の大部分を黒滝温泉に無償提供しており、電力会社への売電収入も少なかったことから、施設の運転に関する予算上の黒字化が不可能となっていました。加えて、平成22年度から令和2年度までの10年間のメンテナンス費が10,992,500円、修繕費が3,192,624円かかっており、燃料費とは別にランニングコストが嵩んでいました。(別紙1のとおり)

このことから、「行財政経営改革プラン(平成29年度策定)」に基づき、令和4年度からの施設の民間移譲を検討していましたが、採算性が確保できないことから平成30年度に移譲から運転停止へ方針転換になりました。減価償却による固定資産の価値が無くなり、補助金返還義務が免除される令和2年9月以降の停止に向け、運用を行っていました。

しかし、令和元年7月上旬に実施した定期メンテナンスにて、ガス化炉の異常が発見され、元々、後継施設を停止するという方針がある中で、設備メーカーと協議をしましたが、大掛かりな修繕が必要となること、修繕を行ったとしても抜本的な対策にならないことなどを勘案して修繕は行わないこととし、その後は令和2年11月まで木質チップを使用せずにBDF単独での発電を行っていました。さらに、令和2年12月にはメイン制御盤、BDF燃焼装置の故障と次々と不具合が発生したため、BDF単独での稼働も不可能となり、令和3年3月をもって運転停止となりました。

図10 運転停止となった後継施設等



## 第4章 成果と問題点

### 1 得られた成果と課題

後継施設導入の目的は、(1)二酸化炭素の排出抑制、(2)林地残材や廃食油の利活用、(3)山村再生の足掛かり及び(4)先進的取組の4つでした。目的ごとの得られた成果と課題については、次のとおりです。

#### (1) 二酸化炭素の排出抑制について

##### ア 成果

平成22年度からの運用により、二酸化炭素削減量は概算で約774トンの削減を行いました。この量は、平均的な大きさの50年杉が1年間で14kgの二酸化炭素を吸収する<sup>11</sup>ことから、50年杉で約55,200本分に相当します。

(内訳は発電による削減量=531トン、廃熱による削減量=242トン)

発電・廃熱による二酸化炭素削減量一覧表

年度	発電分 (kWh)	係数	+ (トン) (A)	廃熱分 (灯油・L)	係数	+ (トン) (B)	計+ (トン) (A+B)
H22	44,568	0.000468	20.85782	6,104	0.00249	15.1990	36.0568
H23	94,956	0.000429	40.73612	14,097	0.00249	35.1015	75.8377
H24	86,156	0.000547	47.12733	12,293	0.00249	30.6096	77.7369
H25	121,639	0.000600	72.98340	18,100	0.00249	45.0690	118.0524
H26	69,372	0.000591	40.99885	10,510	0.00249	26.1699	67.1688
H27	112,074	0.000571	63.99425	16,180	0.00249	40.2882	104.2825
H28	89,608	0.000556	49.82205	6,725	0.00249	16.7453	66.5673
H29	105,010	0.000545	57.23045	2,775	0.00249	6.9098	64.1402
H30	103,789	0.000521	54.07407	4,514	0.00249	11.2399	65.3139
R 1	101,840	0.000522	53.16048	3,886	0.00249	9.6761	62.8366
R 2	58,880	0.000519	30.55872	2,104	0.00249	5.2390	35.7977
計	987,892		531.54355	97,288		242.2473	773.7909

※係数については、環境省が公表している温室効果ガス排出係数<sup>12</sup>による。

<sup>11</sup> 環境省調べ

<sup>12</sup> 環境省 算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧より

## イ 課題

後継施設導入当初の年間二酸化炭素削減効果見込みは次のとおり。

項目	計算式	効果量(トン)
電気	25kWh*14h/日*341日*0.473kg/1000 ※東北電力（平成19年度排出源単位より）	56.4
灯油	133.2MJ/h*14h/日*341日*0.0678t/1000 ※環境省モニタリングマニュアル係数より	43.1

後継施設導入当初では年間99.5トンの二酸化炭素削減を見込んでいましたが、実際の削減量は年平均70.3トンにとどまりました。

また、奥州市地域新エネルギービジョン（平成19年度策定）によると、太陽光発電、木質バイオマス利用、生ごみメタン発酵等、全ての再生可能エネルギー利用による平成28年度までの二酸化炭素削減目標量は、基準年度の平成16年度に対して1%の削減を目標とし、全体で9,580トンの削減を掲げていました。

後継施設では目標である平成28年度までで約546トン貢献しましたが、全体削減目標の5%程度の貢献に留まっています。なお、同ビジョンにおける木質バイオマス利用による二酸化炭素削減量は2,667トンを目指していましたが、当該削減目標との比較でも20%程度の貢献にとどまりました。

## (2) 未利用間伐材や廃食油の利活用について

### ア 成果

未利用間伐材については、後継施設導入当初より衣川地域で発生するものを利活用する方策を模索していましたが、わずかな活用に留まりました

BDF精製の廃食油については、循環型社会の形成に資するため、廃食用油の回収を10年間継続して行いました。住民意識の向上を図るとともに、温泉施設等へのバイオディーゼル燃料の利用を推進したことから、ある程度の活用が図れたといえます。

また、地域住民の協力も大きく、後継施設では次ページの表のとおり年間平均26,312リットルの廃食油を利用し、運転停止までに累計263,483リットルを利用しました。なお、奥州市バイオマスタウン構想の目標利用量は年間22トンであり、単一の施設のみで当初の年間目標利用量を達成していることから、廃食油の利活用について十分に成果を出したといえます。

#### BDFの利用目標と実績

項目	リットル (L)	キログラム(kg)
食用油※1	1	0.91
BDF年間仕向量（当初）	3,296	3,000

項目	リットル (L)	キログラム(kg)
BDF年間利用量 (目標)	24,175	22,000
黒滝温泉BDF年間利用量平均 (実績) ※2	26,312	23,943
黒滝温泉BDF合計利用量 (実績)	263,483	239,769

※1 食用油の比重は水に対し0.91~0.92であり、1リットル約0.91キログラムで計算

※2 年間を通した利用をしていない初年度、最終年度を除いた数値。

## イ 課題

未利用間伐材については、一般的に収集困難な場所にあるため、生産・流通・採算の見込みが難しく、数年にわたり関係業者と協議を行いましたが、実現には至りませんでした。結果として県内外より木質チップを購入することとなり、活用には至りませんでした。(その結果については16ページを参照してください。)

廃食油については、BDFに精製して公用車やスクールバスの燃料として試験的に利用していましたが、BDFは冬期間に凍結することや、現代の内燃機関にはうまく適合しなかったことから普及には至らず、平成28年度時点で後継施設の利用のみとなり、令和2年度をもって運転停止としたことから、令和3年度時点での公共施設での利用はなくなりました。

### (3) 山村再生の足掛かりについて

#### ア 成果

小規模であっても安定的な稼働を実現することにより、現代版「炭焼き」を目指したものです。後継施設の稼働実績は、ガス化システム、コージェネレーションシステムの両システムを合わせると、39,872時間の稼働となりました。これは、旧施設の稼働実績である514時間と比較すれば、度重なる故障、メンテナンスを経てはいるものの、平成22年度より令和2年度まで11年間運用した実績を考えれば、一定の効果を発揮できたといえます。

## イ 課題

林産資源をエネルギーとして活用するには、林地残材や間伐材由来の木質チップの運用システムを構築しなければなりません。しかしながら、令和2年度に至るまで効果的な運用方法を示せないまま後継施設は運転停止となり、地域循環型社会を構築して山村を再生させるには、なお大きな課題が残っています。

### (4) 先進的取組について

#### ア 成果

後継施設導入当初である平成22年度時点では、日本の全エネルギーの発電量のうち、再生可能エネルギーは10.4%であり、バイオマスエネルギーは全体の1.5%程



でした。令和2年度時点では、日本の全エネルギーの発電量のうち20.8%、バイオマスエネルギーは3.2%とどちらも倍増しています。<sup>13</sup>

また、平成29年7月に農林水産・経済産業両大臣連盟の報告書「地域内エコシステムの構築に向けて」において公表した木質バイオマス利用の推進方策の概略は次のとおりです。

「集落や市町村レベルで、熱利用又は熱電供給による小規模な木質バイオマスエネルギーの利用により、森林資源を地域内で持続的に循環させ、エネルギーの地産地消により地域の活性化を目指す。」としています。

これは、後継施設が目指した姿そのものであり、当事業が先進的取組を行っていたことを示しています。

さらに、エコ化事業（廃棄物の有効活用）の取組みによる温泉のイメージ向上と利用者の環境行動に対する意識啓発等の波及効果も期待したものであり、また、国や自治体からの視察を数多く受け入れた実績などを勘案すれば、意識啓発や情報発信を目的の一つとした当該施設の役割は果たしたといえます。

#### 自治体等視察団体一覧

年月日	視察団体名	人数	目的、内容
平成24年 2月20日	環境省地球環境局長 環境省総合環境政策局環境計画課	2名	エネルギー政策
平成24年 5月13日	細野環境大臣	1名 他3名	バイオマスガス化施設視察（余剰電力売電議論）
平成24年 6月5日	岩手県議会再生可能エネルギー調査特別委員会	12名	木質バイオマス熱、電気エネルギー利用の取組
平成24年 7月5日	山梨県南巨摩郡南部町議会	15名	環境改善エネルギーエコ発電
平成25年 8月8日	愛知県一宮市議会	10名	バイオマスタウン構想
平成26年 8月1日	長野県中野市議会	7名	バイオマスタウン構想
平成27年 8月4日	滋賀県甲賀市議会	11名	木質バイオマスエネルギー利活用事業による持続可能な資源循環の構築
平成30年 7月25日	神奈川県相模原市議会	5名	バイオマスの利活用

<sup>13</sup> 経済産業省自然エネルギー庁調べ

## イ 課題

国や自治体から多くの視察を受け入れ、先進的取組として県内外へ発信することはできましたが、持続可能な地域資源循環の構築には至っておらず、全国の類似自治体等に対するモデルケースとはなりませんでした。

## 2 明らかとなった問題

### (1) ハード（施設故障）の問題点

第3章で述べたとおり、後継施設ではガス化炉設備、コージェネレーション設備合わせて845件の故障が発生しました。

ダウンドラフト式ガス化炉は少ない施設面積で稼働できるため、小規模な木質バイオマス発電施設で採用されており、また、高温で燃料をガス化するため、故障の原因となるタールや残さが少ないといった特徴があります。後継施設も同様の理由でダウンドラフト式ガス化炉を採用したものです。

しかしながら、前述したとおり両設備で故障が頻発しました。開発元であるヤンマーエネルギーシステム㈱へ原因の聞き取りをしたところ、ガス化炉故障の50%以上を占める「圧損関係」故障の要因については、配管（サイクロン）内部の汚れやサイクロン以降の流路での濡れたススによる閉塞等によるものでした。改善策としては、配管の閉塞を防ぐため、配管径を予め大きく設計しておくことや原料中の微粒子を除去する機器を原料受入部に設置するなどの対応が考えられます。<sup>14</sup>

また、ガス化に適した原料の条件が厳しく、含水率15%以下の木質チップを安定的に入手することが困難であること、そうした原料が非常に高価で採算性の問題となることが明らかとなりました。

原料管理が非常に重要な施設であることから、水分管理のためのコージェネレーションシステムの温水やガスの廃熱を利用した乾燥装置や、規格外原料の分離装置などを前段に配置することで、安定運転に繋がった可能性があります。

BDFについても、燃料性状が通常の化石燃料と異なり、一定でないことから、目詰まり等によるフィルター交換頻度等は実際の燃料性状に合わせて設定していく必要があります。（故障の内容については20ページを参照）

---

<sup>14</sup> 開発元のヤンマーエネルギーシステム㈱より聴取

## (2) ソフトの問題点

### ア 貢献額と支出額について

運用開始された平成22年度当初から、貢献額を支出額が上回っており、令和2年度の運転停止までに計21,398,977円の赤字となりました。

平成22年度から令和2年度までの経費支出額及び貢献額の差し引きは次のとおりです。※貢献額とは、黒滝温泉で本来消費するはずであった電力や灯油を熱電供給により補った分を金額に表したものです。

平成22年度から令和2年度までの経費支出額及び貢献額の差し引き

年度	温泉等電力供給 貢献額 ①	売電 収入 ②	発電による 電力貢献額 ①+②=A	灯油削減による 熱量貢献額 B	熱電貢献額 計 A+B=C	経費支出額 (木質チップ等) D	収支 C-D
H22	739,823	—	739,823	503,580	1,243,404	1,442,977	▲199,573
H23	1,880,128	—	1,880,128	1,289,219	3,169,348	3,943,157	▲773,809
H24	1,714,504	—	1,714,504	1,246,216	2,960,720	4,612,415	▲1,651,695
H25	2,968,680	191,613	3,160,293	1,927,154	5,087,447	5,967,964	▲880,517
H26	1,725,671	145,257	1,870,928	1,112,008	2,982,937	4,917,740	▲1,934,803
H27	2,954,899	69,577	3,024,476	1,324,490	4,348,967	6,999,373	▲2,650,406
H28	2,434,280	62,926	2,497,206	496,619	2,993,826	5,032,674	▲2,038,848
H29	2,832,901	84,425	2,917,326	240,927	3,158,254	6,846,736	▲3,688,482
H30	3,032,019	70,139	3,102,158	465,280	3,567,439	7,062,075	▲3,494,636
R 1	2,959,040	65,727	3,024,767	389,918	3,414,686	6,325,480	▲2,910,794
R 2	1,371,535	81,096	1,452,631	174,861	1,627,493	2,802,907	▲1,175,414
合計	24,613,484	770,760	25,384,244	9,170,275	34,554,521	55,953,498	▲21,398,977

(別紙1 黒滝温泉バイオマスガス化後継施設の設置経過及び温泉への貢献度)より

### イ 後継施設当初の貢献試算額と実際の貢献額の比較

後継施設導入時に示していた貢献試算額と実際の貢献額を次の表のとおり比較しました。実際の貢献額については、11年間の平均値を算出して記載しています。

後継施設導入前に想定していた貢献試算額と実際の貢献額では、実際の貢献額の方が上回りました。理由としては、温泉の電気料金購入単価が平成22年度は16.6円/kWhであったのに対し、FITの買取価格の変更により平成30年度に30.2円/kWhまで高騰したことが考えられます。

#### 電気・廃熱貢献額 (年額)

項目	内 訳	貢献試算額 (当初)	実際の貢献額 (平均)
電気料金 代替分	14.4円/kWh×20kWh×11h×341日 =1,080,288円	1,080,288円	2,307,658円
灯油料金 代替分	7.4円/L×17,595L/年 =1,256,283円	1,256,283円	833,661円
計	-	2,336,571円 ①	3,141,319円 ②

貢献試算額と実際の貢献額 (平均) との差額 ①-②=804,748円

## ウ 後継施設当初支出予定額と実際の支出額の比較

当初支出予定額と実際の支出額を比較すると、特に燃料費でのかい離が目立ちます。これは、当初予定額では年間1,689,314円で見込んでいた燃料費が、地元の未利用間伐材をうまく活用できず、BDFを年平均2,596,606円で購入し、運用することとなりました。これはBDF料金の改定や、ダウンドラフト炉の故障が頻発したことにより、BDF使用量が当初見込みの5～6倍になったことが影響しています。

また、前述したとおり、施設の故障が頻発したため、メンテナンス、修繕、通信費等その他の費用がいずれも当初支出予定額よりも実際の支出額（平均）が上回りました。

このことから、電気料購入単価の高騰により、貢献額としては当初の試算額を上回ったものの、経費支出面では燃料費の高騰、施設のメンテナンス及び修繕の費用が嵩み、収支バランスのマイナス面に大きく影響を与えました。

### 経費支出額（年額）

項目	内 訳	支出予定額 （当初）	実際の支出額 （平均）
燃料チップ	12.5円/kg×20kg/h×12h×341日 =1,023,000円	1,023,000円 ①	466,123円
補助燃料BDF	100円/L×1.6L/h×12h×341日 =654,720円	654,720円 ②	2,596,605円
補助燃料LPG	200円/kg×0.17kg/h×341日 =11,594円	11,594円 ③	45,412円
小計 （燃料費）	①+②+③	1,689,314円	3,108,140円
メンテナンス費用 （修繕実費全額 込）	8円/kW×25kW/h×12h×341日 =818,400円	818,400円	1,289,556円
消耗品費 通信運搬費、消防 点検等その他	—	—	280,740円
人件費	7,050円×116日=817,800円	817,800円	408,243円
社会・雇用保険料	118,917円	118,917円	
合計	—	3,444,431円 ③	5,086,682円 ④

当初支出予定額と実際の支出額の差額 ③-④=▲1,642,251円

実際の貢献額（平均）と実際の支出額（平均）の差額 ②-④=▲1,945,363円

## 3 問題解決に必要な取組とは

令和2年度までの支出額計55,953,498円のうち、燃料費が34,189,550円と全体の約6割を占めており、発電コストの大部分が燃料費由来であることが分かります。これは、燃料費の低コスト化が支出の軽減に大きく寄与することを意味します。その一方で、熱電供給による貢献額は平成22年度当初より、FITの買取価格の変更によって期待値が上がっていることが分かります。よって、持続可能な木質バイオマス発電を行うためには、燃料供給の低コスト化、安定稼働ができる設備、故障のないシステムの構築導入などを通じて、熱電供給による貢献額の増加が必要であると考えられます。

## (1) 燃料供給の低コスト化について

燃料供給の低コスト化を図るために、資源エネルギー庁では、燃料の安定供給体制構築（原料収集の低コスト化）が課題であると述べています。<sup>15</sup> 其中では、効率的な未利用間伐材集材システム及びチップの安定供給体制の検討を通じて、地域における燃料供給・熱利用システム構築の可能性を検証する必要があるとしています。

奥州市の森林のほとんどが豪雪地帯にあることを考えると、山に貯木した場合は、冬期間は降雪による林道等の閉鎖で運搬できない可能性があるため、一年中利用できる除雪管理された土場が必要となります。

山で伐採して運搬された原木を移動式チップングロータリープレス車などですぐにチップ化して輸送し、乾燥後に燃焼させることが可能であれば、広大な貯木場は必要ありません。しかし、木材の含水率は多様であり、チップ生産者ごとに形状、含水率等が様々であることから、燃焼管理のためには一様に含水率が整うよう保管乾燥する必要があります。衣川地域の森林資源においても、樹木管理のために切られた間伐木材を後継施設用の燃料チップとして活用するには、原料を収集、輸送、保管及び乾燥するシステムの構築、すなわち、燃料チップからトータルで責任管理することが必要となります。

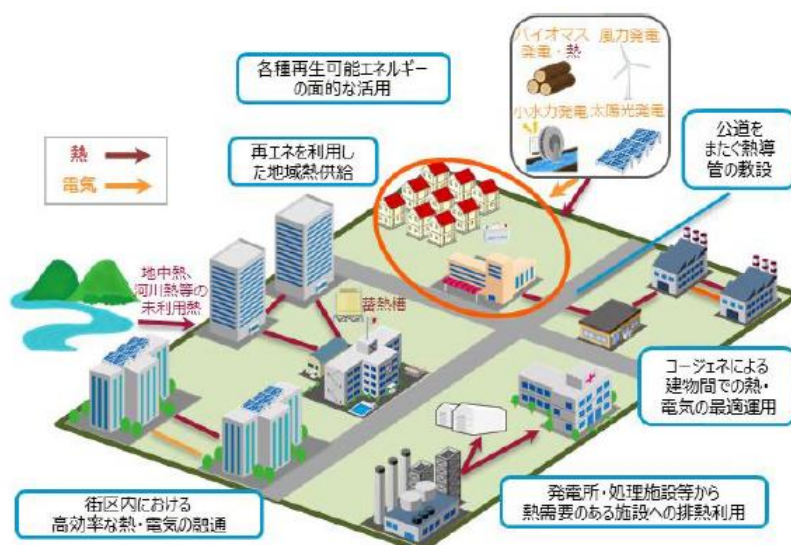
## (2) 安定的な熱電需要について

木質バイオマス発電については、地域において産出される木材を活用して発電を行うつつ、併せて発電時に生み出される熱を木質チップの乾燥やキノコ栽培など地域で有効活用（熱電併給）している事例が見られます。木質バイオマス発電は、発電だけではエネルギー利用効率が低いため、熱電併給の活用により効率的なエネルギー利用を図ることは、エネルギーの有効利用の観点からも重要となります。

当市においても、発電により発生した廃熱を黒滝温泉へ供給していましたが、より広く多様な施設で面としての利活用を図り、地域の再生可能エネルギーを他の分散型エネルギーリソースと組み合わせた経済的な地域エネルギーシステムとして需給一体的に活用する取組について、検討を深めていくことが重要です。<sup>16</sup>

### 熱電供給のためのインフラ整備、まちづくり計画、面としての利用

図11 地域における需給一体型の再エネ活用モデル



<sup>15</sup> 平成 29 年 経済産業省自然エネルギー庁（バイオマス発電導入拡大の課題と取組み）

<sup>16</sup> 令和元年 経済産業省自然エネルギー庁 地域の系統線を活用したエネルギー面的利用システムについて



## 第5章 他自治体の事例研究

この章では、すでに先進的に課題に取り組んでいる他自治体を参考事例として紹介します。これらの取組を今後の奥州市の再生エネルギー事業を検討していくうえでの足掛かりとしていきます。<sup>17</sup>

### 1 岡山県真庭市「バイオマス真庭」

岡山県真庭市は、<sup>ひるぜんこうげん</sup>蒜山高原が広がる北部と湯原温泉のある中部がリゾート地として知られており、南部は市街地を形成しています。市の約80%は林野で「美作材」<sup>みまさかざい</sup>の産地としても有名であり、木質バイオマス発電の先進地としてSDGs未来都市に指定されています。

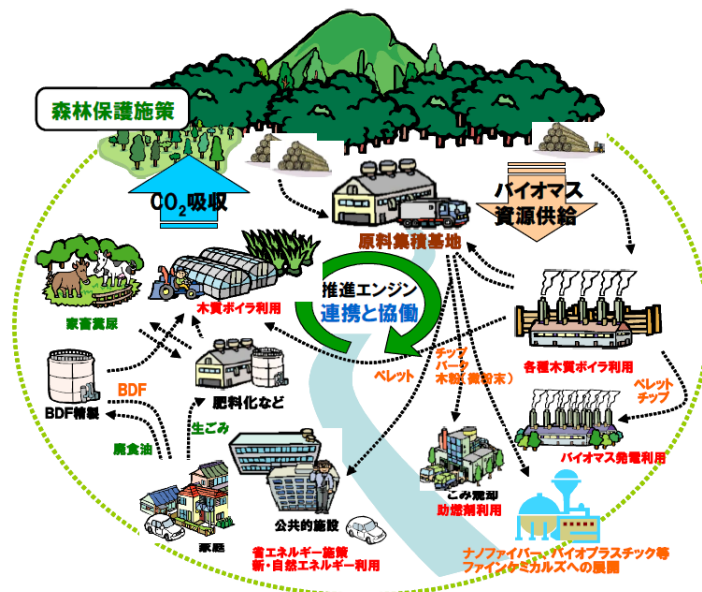
真庭市では、発電出力10,000kWhの真庭バイオマス発電所を建設し、一般家庭2万2千戸分に発電電力供給しています。発電所建設以前は、間伐材は山に捨てられ、製材所から出る端材や樹皮は産業廃棄物として有償処分されていました。

しかし、発電所建設以後は、原木市場へ出荷されない細い木や枝葉等の未利用材を林業家から買い上げ、燃料にして発電しています。電気の一部は市内の公共施設でも利用しており、エネルギーと地域経済の循環を実践しています。

真庭市では、年間1万トン以上の未利用資源（丸太）を安定収集するために、真庭バイオマス集積基地での木材買取制度を構築しています。利用されていない木材に有償価値を付与することで、木質バイオマスの活用推進につなげています。また、地域住民が軽トラックで庭の剪定後の不用な枝木を運び込み、換金することも可能となっています。

このように、真庭市では、未利用資源の安定収集を市民単位で取り組んでいる事により、発電電力の安定供給につながっています。木材買取制度を構築し、倒木や伐採により発生した未利用間伐材をチップ化して原料集積基地に山積する仕組みを作るなど、官民一体となったまちづくりは、全国の模範とされています。

図12 真庭市のバイオマス活用推進の将来イメージ



<sup>17</sup> 自治体オンライン バイオマス発電事業の実施事例【自治体事例の教科書】より

## 2 福島県会津若松市「スマートシティ会津若松」

会津若松市は「バイオマス活用推進計画」を策定し、令和5年を目標に生ごみ、廃食用油、間伐材などの利用率を高める取組みを始めています。それまで会津若松市では、森林資源に恵まれながら「伐採しても採算が合わない」「間伐材の搬出路に問題がある」といった理由で、林野に間伐材が残置されてしまう問題がありましたが、平成24年から間伐材の搬出支援制度を開始し、合板や燃料に加工されるようになりました。

また、市内にあるバイオマス発電会社「(株)グリーン発電会津」が木質バイオマス発電を開始したことも資源の地産地消に貢献しています。

(株)グリーン発電会津は、木質バイオマスで発電した電気を電力会社へ売電し、電力会社を通じて一般家庭等に電気を供給するサービスを実施しています。平成26年からは木質バイオマス発電による電気を市有施設5箇所で活用しています。

併せて、会津若松市では、間伐材の搬出支援、木質ペレットを燃料にした暖房器具の導入や市民への普及啓発を続け、木質バイオマスの利用拡大を図っています。

会津若松市は、未利用間伐材を用いたバイオマス発電の利用率を、平成22年から令和5年までに20%引き上げる目標を策定し、令和元年までに目標の20%を達成しました。

森林資源に着目した会津若松市のバイオマス発電事業は、地域活性化と森林の持続的な再生に貢献した典型的な「資源循環型社会」実現のモデルケースといえます。

発電規模は蒸気タービン駆動で5,700kWh(約10,000世帯分)、燃料使用量は年間約60,000トン(木質チップ・水分40%ベース)となっています。

会津若松市では、間伐材の搬出支援制度を開始したことで、間伐材の利活用が促進されました。当市では、間伐材は林地残材として現地に放棄されており、利活用する民間企業もないことから、搬出支援のみならず、林地残材を活用する企業誘致も含めた多面的な取組を行う必要性があります。

図13 令和2年 会津若松市エネルギーの地産地消への取組－木質バイオマス発電の活用について－



木質バイオマス発電所(グリーン発電会津)が発電した電気を新電力会社に売電し、市が新電力会社との契約により電気を購入する仕組み。

### 3 国内における木質バイオマスガス化発電施設の設置・稼働状況

#### (1) 類似施設の稼働状況について

当該後継施設の開発元であるヤンマーエネルギーシステム(株)の木質バイオマスガス化発電施設(実証試験分含む)の国内における設置状況については、これまで8箇所(当該後継施設含む)に設置してきました。そのうち、当該後継施設と同規模(電力供給25kW)のものは、他に2箇所(山形県庄内市、北海道芽室町)に設置されています。

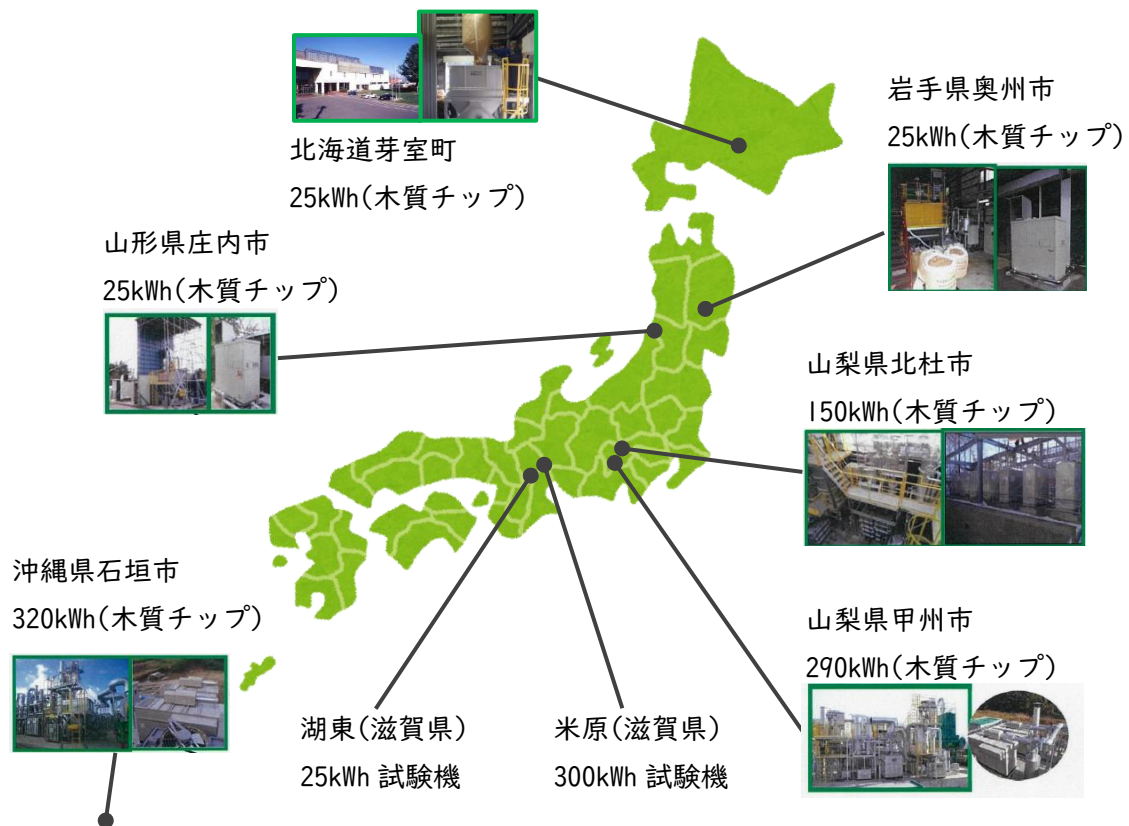
しかし、小規模の発電施設では採算が合わずに休止や廃止に追い込まれており、平成28年11月時点では、3箇所(当該後継施設含む)しか稼働していません。そのうち当該後継施設と同規模のものは、平成27年度に設置した北海道芽室町の発電施設のみとなっています。

芽室町の木質バイオマスガス化発電施設は、当該施設と同様、木質チップの燃焼による可燃性ガスとBDFをエンジン内で混焼させ電気と熱を産出するもので、町内の総合体育館(温水プール)に供給しています。

燃料である木質チップは、シルバー人材センターが調達し天日乾燥したものを、BDFは家庭等から回収した廃食油を精製したものをそれぞれ購入して使用しています。

通常時における木質チップとBDFの混焼運転は4月から11月中旬までで、冬期間はBDFの代わりに軽油のみで運転しています。1日の稼働時間は、日中の約7時間程度であり、誤作動や不具合がしばしば発生しているそうです。

図14 ヤンマーエネルギーシステム(株)の国内ガス化設置機場(実証試験後の停止機含む)



## 第6章 まとめ

### 1 検証結果

後継施設は、来る脱炭素社会の先駆けとなる画期的な施設として建設しました。しかしながら、他の再生可能エネルギーである太陽光発電や風力発電と違い、木質バイオマス燃料の原材料となる木材は価格変動の影響を受けやすく、安定的に採算を確保することが難しいものでした。脱炭素社会化に向け、各地で木質バイオマス発電の事例が増える中で、一般的に5,000kWh以上の規模でないと採算が合わないことも分かってきました。このことから、発電量25kWh、廃熱回収量39kWhの後継施設では採算が合わないことは致し方がないといえます。

他市町村の成功事例をみると、木質チップの乾燥やキノコ栽培などの多様な用途で利活用するといった拡張性を持たせるなど、熱電供給を単一の施設で利用するのではなく、多面的に活用している点が共通しています。後継施設は建屋と出力の都合上、小スペースでコンパクトに設置する必要があり、拡張性を持たせられませんでした。後継施設は隣接する温泉への熱電供給を目的としていたため、他の近隣施設への熱電供給が現実的ではなかったことも、多面的な活用に至れなかった要因の一つとして挙げられます。

また、コンパクトに設置するため、配管に曲線が多くなったことから、ススなどの残さが詰まる要因となり、結果的に故障が頻発することにつながりました。

さらに、地域内資源の循環という設置当初の目的から離れたまま運用に至ったことも、施設停止に影響を与えたといえます。未利用間伐材をチップ化し、安定供給を図ろうと計画していましたが、一般的に未利用間伐材は収集困難な場所にあるため、チップの生産・流通に課題があり、そのため採算をとるのが難しく、数年にわたり関係業者と協議を行いましたが、実現には至りませんでした。結果、設置当初から主たる燃料である木質チップを県内外の企業から購入することとなり、衣川地域の豊富な森林資源の有効活用を実現することができませんでした。これは、施設の頻発する故障への対応や日々の運用にリソースを割かれたことも要因の一つと考えられます。

本来であれば、豊富な森林資源を活用できる下地、すなわち、間伐材を利活用できるような事業体系を官民協力して構築する必要がありました。しかしながら、前述したとおり未利用間伐材の収集が困難な状況であり、また、事業を森林資源と結びつける担い手、事業者が不足していることも相まって、未だ豊富な森林資源を活用できていません。

### 2 今後の木質バイオマスエネルギーの利活用について

奥州市の豊富な森林資源を利活用するためには、間伐や未利用間伐材を活用できる人材の育成、担い手の確保、木材利用の促進や普及啓発が必要です。そのうえで、森林資源を運搬できる道路等の整備をするなど、活用に向けた土台を整える必要があります。

木質バイオマスエネルギーを利活用するに当たって、やはり燃料である木質チップの安定確保が課題となります。一般的な5,000kWh以上の規模の発電施設では、年間約6万トン(10万 $\text{m}^3$ )という大量の木材が必要となることから、その供給体制の確立は必須となります。岩手県全域の間伐材の生産・流通量は平成29年度で約69,000 $\text{m}^3$ <sup>18</sup>、平成

<sup>18</sup> 岩手県 平成30年度 岩手県林業の指標より

30年度で約97,000m<sup>3</sup><sup>19</sup>と急速に流通量を伸ばしており、さらには岩手県内で運転している木質バイオエネルギー発電施設によっては、独自に販路を確保している実態はあるものの、大規模な木質バイオマス発電施設を増やすためには、流通している間伐材のみでは賄えないことから、これまで以上に未利用間伐材の活用を模索する必要があります。また、再生可能エネルギーの普及促進はSDGsのターゲットにも掲げられており、脱炭素化が進められていることから、全国的に木質バイオマス発電施設は増加傾向にあります。これにより、木材の需要が高まっていることから、燃料費の高騰が危惧されており、木質バイオマス関連施設の燃料調達はこれからも課題に直面することが予想されます。

その一方で、燃料材の需要増大による木材の価格高騰は、森林所有者にとって林業経営への意欲を高めることにつながります。市の森林施策としても、森林環境譲与税の活用等により森林資源の活用や間伐材利用について推進検討しているところです。

以上のことから、森林資源はこれまで以上に市内外で需要が高まることが想定されます。この検証結果を踏まえ、未利用間伐材の市内外への供給、木材生産等の林業経営の活性化に向けた取組みや、木質バイオマスエネルギーのみならず、他の再生可能エネルギーの有効な利活用策など、導入可能な技術を見極め、過剰な市民負担がないよう配慮しながら進める必要があります。

---

<sup>19</sup> 岩手県 令和元年度 岩手県林業の指標より



### 3 監修について

岩手・木質バイオマス研究会代表であり、岩手大学農学部伊藤幸男准教授に監修いただき、次のとおり所見を頂戴しました。

木質バイオマスガス化発電は、熱量の利用に特化したボイラー式と比較すると、構造が複雑であり、維持管理やメンテナンスに費用がかかります。また、使用できる燃料は燃料用に乾燥させた木質チップでなければならず、調達が難しいことから全国的に見ても順調に運営できていません。そのような中、奥州市で「後継施設」を10年以上継続して運営したことは、BDFの利活用などの貢献も踏まえ、採算がとれなかったとはいえ意義のある取組であったといえます。

経営の面で見ると、25kWh程の小規模発電施設は、ボイラー式であったとしても施設運営に人件費や維持管理費がかかるため、経営が成り立ち難いと思われます。また、現在は、国が木質バイオマス燃料を普及させるための炭素税等の政策を打ち出しておらず、化石燃料が優位な状況では施設整備の費用は比較になりません。ただし、施設稼働の目的を地域振興や木質バイオマスを活用した林業活性化などに据え、周辺の森林整備が進んでいくといった成果があるのであれば、採算がとれなくとも貢献しているといえます。

多くの自治体では燃料に含水率が高い針葉樹を使わざるを得ず、チップ工場もないため自前でチップを用意しなければなりません。需要量もわずかなため、過剰な設備投資を要求されます。もし市で木質バイオマス燃料活用施設を導入するのであれば、10年かけて段階的に3か所、4か所とボイラーを増やし、チップ生産の経営を安定させながら導入しなければなりません。

「後継施設」は事業化するにあたり、目的を総花的に置いたことで、先進的な施設と森林資源の活用・地域振興がうまく噛み合わなかったのではないかと思います。未利用間伐材の活用が出发点なのであれば、未利用間伐材を収集するための仕組みづくりと、それを燃料として活用できる施設の導入推進が必要であったと推察されます。市の取組みで考えると、資源収集に市民参加を募り、木材は建屋等に活用し、残材はバイオマスエネルギーに利用するといった取組や、地域おこし協力隊制度や、森林環境譲与税を活用し、燃料供給を行う事業体を数年かけて育成していくといった、市独自の手法が考えられます。

木質バイオマスの利点は、化石燃料の使用を減らすことで脱炭素への貢献に直結することです。奥州市では、含水率25%程のチップを生産している業者もいらっしゃるため、今回の検証を活かして今後につなげるものにして欲しいと思います。



## 監修

岩手大学 農学部准教授 伊藤幸男

## 参考文献・資料

岩手大学 農学部准教授 伊藤幸男「木質バイオマスエネルギーによる地域再生の可能性と戦略」

鳥取環境大学 環境学部特任教授 横山伸也「木質バイオマス発電：バイオマスの基礎知識」

関東森林研究所 木質バイオマスによる熱供給の可能性について

- 平成11年 衣川村 新エネルギー導入による「健康いきいき、自給自足の村」を目指して
- 平成17年 岩手県 平成17年度岩手県統計年鑑
- 平成23年 中外炉工業株式会社 我が国におけるバイオマスの熱分解ガス化発電の現状と導入の実際
- 平成24年 農林水産省林野庁 発電利用に供するバイオマスの証明のためのガイドライン
- 平成26年 中外炉工業株式会社 木質バイオマス小規模ガス化発電その現状と課題
- 平成27年 国立研究開発法人 森林総合研究所木質バイオマス後継施設に対する燃料供給量予測と事業採算性評価手法の開発
- 平成28年 森林総合研究所「木質バイオマスによる熱供給の可能性について」
- 平成28年 サステナジー株式会社 木質バイオマス熱供給事業の実践と考え方～紫波町オガールを事例に～
- 平成29年 経済産業省自然エネルギー庁（バイオマス発電導入拡大の課題と取組み）
- 平成30年 NPO法人バイオマス産業社会ネットワーク バイオマス発電の現状と課題
- 令和元年 林野庁 森林環境税及び森林環境譲与税
- 令和元年 経済産業省自然エネルギー庁 地域の系統線を活用したエネルギー面的利用システムについて
- 令和元年 経済産業省自然エネルギー庁 地域の系統線を活用したエネルギー面的利用システム（地域マイクログリッド）について
- 令和元年 岩手県 平成29年度 岩手県林業の指標
- 令和元年 自治体オンライン バイオマス発電事業の実施事例【自治体事例の教科書】より-
- 令和2年 経済産業省自然エネルギー庁 持続可能な木質バイオマス発電について
- 令和2年 経済産業省自然エネルギー庁 持続可能な木質バイオマス発電（バイオマス発電の現状と課題（総論）
- 令和2年 農林水産省林野庁 木質バイオマスのエネルギー利用の現状と今後の展開について」
- 令和2年 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 木質バイオマスエネルギーに係る基礎知識
- 令和2年 岩手県 平成30年度 岩手県林業の指標
- 令和3年 経済産業省資源エネルギー庁 2030年に向けたエネルギー政策の在り方
- 令和3年 岩手県 環境基本計画
- 令和3年 奥州市 森林環境譲与税の活用に向けた基本方針