

井内ゼミ高山市研修林業班

長瀬土建株式会社

2022年8月30日

● 調査依頼理由

自分たちのグループは、100年産業である林業をテーマに活動を行ってきた。林業を調べる上で、「川上から川下へ」を意識して、全体の構造を把握することを大事にしてきた。

安価で安定している輸入材の影響により、日本では、伐採された木は切り残され、使われていないのが、現状の課題だと思う。なので、切り置きされている木材の利用方法や解決策を調べたい。そこで今回、森林を利用する過程で大事なことは路網整備だと考え、高山だけでなく、日本の路網整備の中核を担っている長瀬土建株式会社の長瀬さんに聞き取り調査のご協力をお願いした。

● 会社概要

株式会社 長瀬土建

設立 昭和34年9月

代表者 代表取締役 長瀬雅彦

所在地 岐阜県高山市

事業内容土木工事コンクリート工事、造園工事、林業経営（エネルギー事業）

● 長瀬さんが考える日本の林業の現状

- ・労働者力の減少と高齢化（55歳以上が7割）
- ・森林管理の担い手の森林技術者減少（1985年当時の4分の1）
- ・作業道の不足と無理な作業システムによる低生産性
- ・間伐材の7割が有効活用されていない。
- ・間伐材の搬出・利用はだしやすいところから進んでいるが、地番が細かく境界が不明確となるところでは進んでいない。

また、採算の合わない場所での間伐は放置されている。

● 長瀬土建の取り組み

森林地域で多機能な道づくりをする。

1. 木材の集積のための道
2. 狩猟（しゅりょう）の区画分けのための道
3. 風倒被害、災害復興のための道
4. レクリエーションの場としての道



従来の道



平らなため、道の上に水たまりができ、地盤が緩くなる。

長瀬土建の道作り



左の写真のように、屋根型にすることによって、両側に排水され、路面上に水がたまらなくなる。

日本の森林土壌は雨や台風の影響で崩壊や浸食しやすく、作業の難易度が高く、コストが高くなりやすい特徴がある。しかし、以前より路網整備をコスト削減項目にして、低コストで、従来の平らな道の整備を行ってきた。写真のように、水がたまり、壊れやすい道を作っていた。壊れやすいので、約10年に1回、整備の工事をするため結局その工事の費用が拡大する一方であった。長瀬さんは、100年使える道づくりをしている欧州の道づくりを参考にして、両側に排水される屋根型構造の道づくりを日本で開始した。現在は、欧州型の道づくりを日本各地の路網整備業者を対象に指導している。

● ドイツと日本の路網思想

路網に対する基本思想が異なることを指摘

ドイツの路網

木材搬出作業をする場合の効率性、安全性、環境、植生（しょくせい）の回復、将来の斜面崩壊のリスク回避が優先された設計。難しい場所は、コストをかけてでも価値の高いものを生産する。

日本の路網

路網をつくる側の都合が優先。

低コストで生産しようとするため、壊れやすい道しかない。

長瀬土建 聞き取り調査

1. 高山市の山の特徴を教えてください。(斜面の傾斜角度がきついのか、緩やかなのか。雨などの森林の災害被害)について

高山の斜面はいろいろありますが、特に30%程度の斜面が多いと思います。荘川地区は比較的緩やかな斜面が多いですが、黒ぼく土が厚い傾向にある。

2. 高山市の路網整備率や林道と森林作業道の距離、道の幅などについて

欧州型作業道はトータル20キロほどです。基本は3メートルで路肩いれて3.5メートルの林道専用道となっている。

3. 日本はドイツやオーストリアに比べ、路網の整備は進んでいない。路網整備が進んでいない理由や課題について

路網事態の必要性を理解していない。路網の道を作れるノウハウがない。国の制度の中で道作りをしっかり確立していなかったことが50年遅れている原因である。

また山の斜面もひだも多く、道作りは難しい側面もあります。林業機械も以前は少なかった。現在でも、1番は教育できる人がいない。

4. 日本全体と高山市の路網整備関係の後継者問題で、従業員数の推移や取り組みについて

現在、路網作設（さくせつ）できる人材は少ない。林業従事者が増えてきたような報道もあるが、実際は厳しい作業で長く務めることができず、辞めている。基本減っている。

5. 高山市の木材の利用状況について(CLT、住宅での活用。A材B材C材それぞれの使い道。間伐した後の切置きの状況)

間伐材をチップやペレットなどにして、木質ボイラーなどで活用することが理想だと思うが、何割くらい木材を活用できているか知りたい。

高山市は全市的に木材の活用は進んでいる。飛騨高山森林組合の製材工場でも製品出荷額は多い。またB材としてのベニア材もセイホクや林ベニアに搬送している。またチップ材についても笠原木材さんがチップを安定的に供給しています。木材は7割近く活用できている。

6. 住民の減少により市町村道の維持管理さえ困難な状況であり、公道との連携により拡幅が実現したとして、その後の維持管理についてどのように考えているか。

林道や林道専用道については高山市として維持管理が必要となっている。間伐や作業が必要となる道について年当初から計画して予算を組んでいる。

その他は長期の委託等、森林の管理10年した場合は施業者が管理をするという仕組みになっている。欧州のように所有山林の面積で年間お金を徴収し、維持管理に回すように仕組みが必要になる。

7. 林道の維持管理費が増大している現状ですが、そのコストを抑えるための工夫などはしていますか。(農業にある多面的機能支払交付金のような制度の導入を検討しているか)

必要な道については森林環境税の活用が良い。それとまずは維持管理がそれほど必要のない道づくり、そのものを造り直す事も大切である。

8. 林道に必要とされる機能には木材の輸送に係る機能と森林の施業に係るアクセス機能の両方があり、これら機能はトレードオフの関係にあると思いますが、両方のバランスを図った道づくりをするための工夫などはありますか。

森林は多機能な側面を有している。なので、道の必要性、林業の道なのか、搬出の道、保安、国土保全の道なのか、レクリエーションの道なのか、連携して考える事が必要です。様々な教育、研修の中で必要とされる道づくりのノウハウが必要である。

9. 林業での地域活性について、考えていることはありますか？

林業だけで地域活性化を考えることは無理です。必要とされる、必要な資源を有効に活用

する本質を考えるべきである。地域活性とは様々なマッチングや官民連携した取り組みから生まれる。そういった取り組みは何をすればよいか、若い方に考えて欲しい。

● まとめ

自分たちはグループ活動を通して、林業での地域活性の方法を考えてきた。しかし、長瀬さんの聞き取り調査で、林業だけの地域活性は、木を売ることしかなく、ほぼ不可能だということがわかった。

今後は、林業と他の産業がつながることで、活性化していくことが大切だということである。他の産業は、建築業者やキャンプ場などのレクリエーション施設などと連携することによって、活性化していくことが望ましいとの回答があった。

林業は川上から川下まで繋がることで初めて商売になる。(川上では、作業者が伐採や搬出。川下では、製材屋、流通業者が流通や販売。)川上の人は熱い気持ちでこの森林を守りたい 大きく育てたい 子どものために残したい。

川下の人は冷静に、いかに流通し、量をさばき、高く売るか、価格を安定させたいと冷静に判断している

だからこそ 川上と川下を繋げる路網整備の人材が必要である。その人材がないのが林業の課題である。

木質バイオマスの熱電利用について

飛騨高山グリーンヒート合同会社しぶきの湯小型木質バイオマス熱電事業を調査した。高山市は面積 2,177 平方キロメートルの内、約 92%を森林が占めている自然豊かな都市である。この豊かな自然を活かし、自然エネルギーを利用した発電や熱利用を進め、暮らしの豊かさ、ひいては地域振興や産業振興に活かしたまちづくりを進めることが大切である。

高山市は自然エネルギー日本一の都市を目指し、以下の柱を立てている

- 新エネルギー導入、省エネルギーの推進
すべての市民が新エネルギーや省エネルギーに関する高い意識を持ち、市全域での新エネルギーや新技術の積極的な導入を図り、エネルギーの地産地消を目指したまちづくりをすすめる
- 新エネルギーを活かした地域産業の発展
エネルギー関連企業の立地や地元エネルギー関連産業への進出など、地域産業における新エネルギーの導入や新エネルギーを活用した事業展開を図り、新エネルギーを活かした地域経済の活性化を図る
- 特色ある地域作りの推進
地域コミュニティによる太陽光発電の設置や小水力発電の導入など、地域が協力して

エネルギーを創出し、里山保全や新エネルギー設備を活用した誘客の取り組みを行うなど、新エネルギーを活かした自立型の魅力あるまちづくりをすすめる

- 安産安心なまちづくりの構築

エネルギー供給源の多様化、分散化をすすめるとともに、指定避難所に太陽光発電や蓄電池等を設置するなど、新エネルギーによる防災力の強化を図り、新エネルギーを活かした安全安心なまちづくりをすすめる

事業の特徴

- CHP（熱電供給設備）で電気と熱の販売を行う。
- システム基本設定は自社設計で実施。
- 未利用材由来の原木を利用したペレットを燃料とする
- 電力はFIT（固定買い取り制度）により売電する。
- 熱は固定価格で公共温浴施設「しぶきの湯」へ販売する（一部接続制限あり※）。
- このシステムにおける民間熱電供給施設導入、熱共有事業は日本初。
- 機器自体は西日本導入1号機、全国2号機（1号機は群馬県上野村きのこセンター）。
- 60Hz 圏内での利用開始は世界初。

※電力会社による接続制限について

4月～6月 土日祝日 午前 8時～午後6時

9月～10月 土日祝日 午前 8時～午後6時

既存の接続契約によって接続枠が上限に達しており、上記の期間では新たな送電することができない。既存の接続契約の中には接続の契約をおこなってはいるが、そもそも発電事業を開始していない者や、FITの認定が解除されている者がおり、それによって制限がかかっているという現状がある。特に高山市地域では電力需要より発電量が多く、送電に負担がかかっている。

木質ペレットとは

「木質バイオマスペレットとは、木の屑などを固めて作った直系6～10mm くらいのペレットである。

主に、ペレットストーブなどの燃料として使われており、消費され続けている化石燃料の代替として大きく環境面で期待されているエコ燃料です。木質ペレットは、ペレットストーブ用の燃料製品として市場で購入することもできる。

現在、環境問題を背景にヨーロッパを中心にその需要は急速に拡大している。木質ペレットの材料は製材工場からのチップや木屑、木材加工工場で発生する切粉、鋸くず、ドリルくず等の粉、また、カッティングの際に発生するチップなど（松、トウヒ、杉、ヒノキ、ユーカリなどの木）である。

それらを、ペレット製造機で造粒（成形）したものが木質ペレットである。」



(引用：三洋貿易株式会社「木質バイオマスペレットとは？」 <http://www.sanyo-pellet.com/biomass-pellet.html#europe-photo>)

なぜペレットなのか

熱電併給を考慮したとき熱供給規模は 300kw 以下が最適である。この規模では蒸気や ORC（オーガニックランキンサイクル…水蒸気の代わりに、沸点の低いシリコンオイルのような有機媒体を蒸発させてタービンを駆動させ発電する）は対象とならず、ガス化が最適であるため、木質ペレットが選ばれた。

他の燃料ではダメな理由

薪：水分調整及び生産量に限界がある

チップ：大規模発電へ供給しており、水分調整及び品質の安定が期待できない

事業概要

第一に、飛騨高山の森林の未利用材年間約 2000 立方メートル（杉であれば、0.4t/m³、ヒノキであれば 0.6t/m³ のため、未利用材を 0.5t/m³ として算出すると年間約 1000t）を 3500～8000 円/ t で地元のペレット工場でペレットを生産する。

第二に、生産したペレットのうち年間約 850 t を飛騨高山グリーンヒート合同会社様が 35000 円/ t で購入し、電力会社へ FIT を利用して単価 40 円/kWh で年間 1192MWh 売電、しぶきの湯様へ単価 2.7 円/MJ で年間 1146MWh 熱供給を行っている。

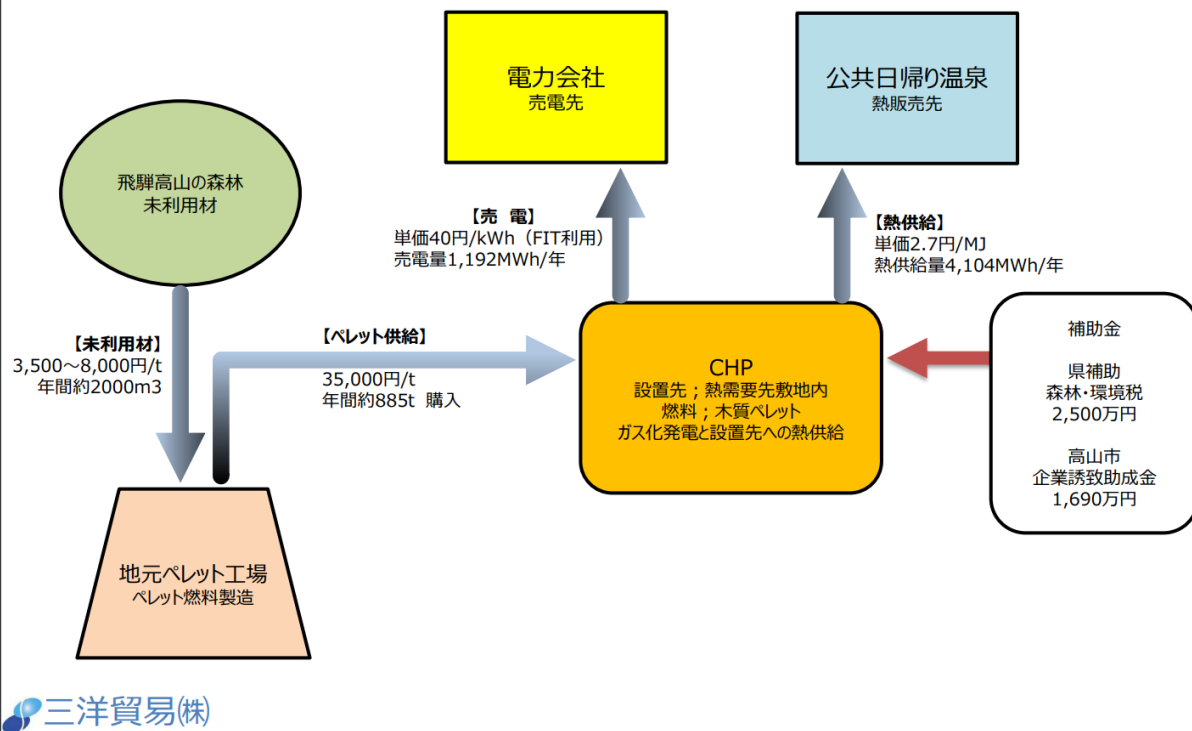
さらに補助金では県の森林環境税から 2500 万円、高山市企業誘致助成金から 1690 万円（見込み）入ってくる。

下記は事業概要イメージ

※参考までに（ペレット供給量の数値と熱供給量の数値が異なる）



飛騨高山グリーンヒート合同会社 事業概要



(上記の引用画像：2017/11/21 国際フォーラム 2017 木質ペレットガス化熱電供給プラントの導入と運転 三洋貿易株式会社

https://pelletclub.jp/library/International%20Forum%202017_Nakagawa.pdf

しぶきの湯の熱供給事業について



(しぶきの湯 木質バイオマス発電所)

令和2年度の稼働状況

発電量	熱供給量	ペレット使用量
982,179kWh	568,570kWh	840t
灯油削減量	灯油分CO2削減量(灯油2.49kg-Co2/L)	
125,800L	灯油削減量125,800L × 2.49kg = 313t-Co2	

※熱供給量：568,570kWh=2,046,854MJ (1kWh=3.6MJ)

令和2年度 発電・送電・熱供給実績 (飛騨高山グリーンヒート合同会社提供)

単位	発電量 kWh	熱供給		ペレット	灯油
		熱量 MJ	熱売上 円(税込)	使用量 t	使用量 L
4月	48,041	0	0	39.60	10,000
5月	23,903	0	0	41.35	0
6月	73,336	0	0	73.00	10,000
7月	93,274	0	0	59.80	10,000
8月	95,300	249,151	739,978	87.95	10,000
9月	81,054	211,018	626,723	74.75	0
10月	87,917	261,633	777,050	44.85	10,000
11月	100,038	228,852	679,690	74.75	10,000
12月	99,974	337,323	846,450	89.70	0
1月	95,826	309,281	846,450	74.75	10,000
2月	87,949	133,374	396,121	89.70	10,000
3月	95,567	316,222	846,450	89.70	20,000
合計	982,179	2,046,854	5,758,913	839.90	100,000

※ 市内のペレット製造事業者の倒産により、4月～7月の熱供給を停止。

(引用：令和4年2月28日高山市環境政策推進課高山市自然エネルギーによるまちづくり検討委員会資料熱供給事業の状況について
https://www.city.takayama.lg.jp/_res/projects/default_project/_page/_001/006/919/haihusiryuu.pdf)

資金

飛騨高山グリーンヒート合同会社様資本金 6400 万

地元金融機関融資ノンリコースローンとして 1 億 7800 万円

導入機器

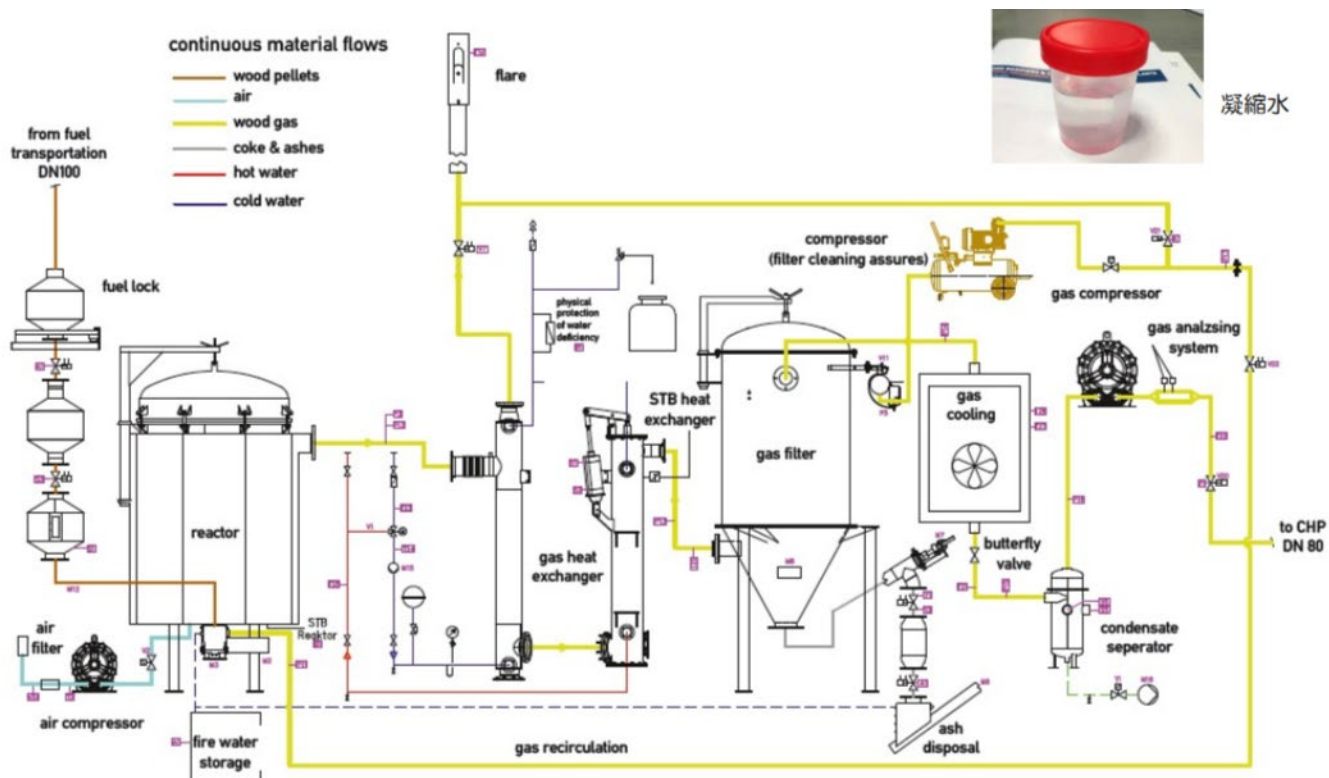
ブルクハルト社 木質ガス化発電システム



「ガス化ユニットでは、熱電併給ユニットに送るガスの生成と、冷却熱を利用した熱供給(70kW)がある。木質ペレットは欧州規格 EN Plus A1 を使用する。ガス化炉でのペレット消費量は約 110kg/h。ガス化炉生成ガス組成はCO 約 28vol% ,H2 約 19vol% , CH4 約 2vol% であり、残り約 51vol%は CO2 , N2 , H2O などである。ガス化の副産物として、灰が 2-4 kg/h 、凝縮水が 0.12 L/h 生成される。定常運転時におけるタールの発生はない。ガス化ユニットの寸法は 5,280mm(L) x2,470mm(W) x 4,500mm(H)、重さは 5,900 kgである。」

の寸法は 5,280mm(L) x2,470mm(W) x 4,500mm(H)、重さは 5,900 kgである。」

下記画像はガス化システムフロー



(引用：三洋貿易株式会社製品カタログ「木質ペレット ガス化熱電併給装置 概要」

<http://www.sanyo-pellet.com/sanyo-burkhardt2018.pdf>)

ペレット条件

1. 含水率：10%w.b.未満（ENplus-A1 規格）
2. 微粉率：1%以下（ENplus-A1 規格）
3. 灰分：0.7%以下（ENplus-A1 規格）
4. 比重：0.65t/m³以上（ENplus-A1 規格）
5. 膨潤度：60～90 点（自社規格）
6. 直径：6mm±1mm（ブルクハルト基準）

特に含水率と膨潤度の条件は重要。また現地ではカナダ産のホワイトペレットを使用しているが、日本では様々な樹種を混合して使用する 경우가多く、樹種や混合比率によっては故障する場合がある。

参考資料

木質ペレットガス化熱電併給装置国内1号機の稼働状況

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jietaikaiyoushi/25/0/25_102/_pdf

以下は上記の資料の引用

[4]ブルクハルト社熱電併給装置 国内一号機 群馬県上野村での稼働状況

上野村での試運転は2015年4月に約2週間実施した。試運転はK森林組合CPM社ペレットミルで製造されたカラマツ（80%）とアカマツ（20%）を原料とする、ENplusA1相当品だと（灰分0.38%、かさ密度646kg/m³、含水率6.1%、機械的耐久性98.8%）のペレットを用いて正常稼働を確認した。

その後1年間、上野村ペレット工場で製造されたペレットでの運転を行ったので、その稼働状況を紹介する。上野村では剥皮機を所有していないため、全木ペレットを製造しており、基本的に灰分が多く、また機械的耐久性が悪く粉が多いことが納入前の予備試験にて確認されていた。

4月下旬より、カラマツ100%で稼働開始したが、飛灰がガス化炉から木質ガスと一緒に微粉として排出されずにペレットの状態がガス化炉から溢れるというトラブルが発生した。

ENplusA1の規定では、かさ密度は600-750kg/m³である。上野村のペレットは機械的耐久性が悪く粉の量が多いため、機械的耐久性を上げようとしたところ、ペレットのかさ密度が高く、含水率が低くなり、ペレットが硬くなり過ぎたために起きた現象と推察された。

6月よりカラマツ(50%)スギ(50%)に原料を変更し、またペレットの含水率を増やすことでペレットがガス化炉から溢れる現象は消滅したが、同時期よりタールが発生するようになった。ガス化炉から排出される木質ガスの温度がやや低めであることが観測され、タルの分解が不十分であることが示唆された。高温多湿の環境下、ペレットが保管中に吸湿したことによるものか、ガス化炉に供給される空気中の水分が多かったためなのか、あるいはこれらの相乗効果によるものかは結論が出ていない。9月になると自然にタルの発生はなくなり、9月は月最高稼働率96%とを達成した。

12月より、広葉樹 100%に変更したところ多量のクリンカーが発生し、ガス化炉の温度が上昇したためガス化炉インサートが変形する現象が見られた。

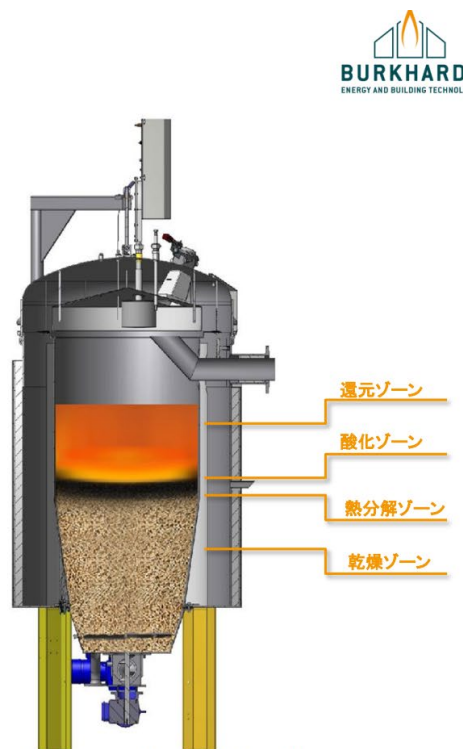
ガス化炉インサートを新品に交換し、広葉樹(50%)スギ(50%)に樹種を変更したところ、順調に稼動し始めた。2016年になってからも、ほぼ同じ組成で稼動しているが、広葉樹(70%)スギ(30%)ではガス化炉が不安定となり、広葉樹の比率は50%が上限であることが示唆された。広葉樹(50%)スギ(50%)でのペレット品質は、灰分0.96%、かさ密度610kg/m³、含水率7.8%、機械的耐久性98.1%であり、灰分以外はENplusA1の規格内となっている。2015年4月から2016年3月までの発電量は、1,072,640kWhで平均稼働率は68%であった。」

ガス化炉

Burkhardt V 3.90

ガス化プロセス

- 還元ゾーン 850-1100°C
燃焼したガス成分の還元反応が行われる
 $C+CO_2 \Rightarrow 2CO$ $C+H_2O \Rightarrow H_2+CO$
 $CO \Rightarrow$ 燃焼性ガス(CH₄...etc.)
- 酸化ゾーン 700-1200°C
ガス生成のための化学反応を維持するための熱源としての部分燃焼が行われる
- 熱分解ゾーン 350-650°C
熱分解: 燃料は気体・液体・固体に分解される (CO, H₂, H₂O, CO₂)
- 乾燥ゾーン 25-275°C
燃料に含まれる水分が蒸発する



“Updraught direct current gasification with stationary fluidised bed”
上向併行流定常的流動床



(上記の引用画像：2017/11/21 国際フォーラム 2017 木質ペレットガス化熱電供給プラントの導入と運転 三洋貿易株式会社

https://pelletclub.jp/library/International%20Forum%202017_Nakagawa.pdf

従来のダウンドラフト型のガス化炉は上部から燃料を投入し、原料層、乾燥層、乾留層(原料からタールなどの揮発成分が発生)、燃焼層(燃焼による高温でタールを分解)、還元層を通り、下からガスを発生させる仕組みであったが、発想を逆転させ、下から燃料を入れ、各

層も逆転させることにより、従来よりも発生ガスの温度が 600 度から 800 度前後で取り出せるようになり、ブリッジやタールの発生が抑制される仕組みとなっている。

しかし問題点もあり、上部の還元層で分解された液体が下に落ちてくることで、乾燥層で乾燥させたペレットが湿ってしまうことがある。