

札幌市における草木類ペレット等の製造  
及び公共施設利用等に向けた実現可能性調査業務

報 告 書

平成 29 年 3 月



## 目次

### I 調査概要

1. 調査の背景と目的
2. 調査内容
3. 調査手順

### II 調査結果

1. 廃棄物資源発生量の整理
  - 1-1 刈り草
  - 1-2 剪定枝
2. 木質ペレットと草本類ペレットの比較
  - 2-1 燃料成分
  - 2-2 製造工程・コスト
  - 2-3 草本類ペレットの対応機器
    - 1) ペレットボイラー
    - 2) ペレットストーブ
    - 3) 草本類ペレットに対応する燃焼装置の選定についてのまとめ
  - 2-4 木質バイオマス燃料による熱電供給システムの技術的動向
  - 2-5 草本類ペレットの利用上の留意点など
3. 他事例調査
  - 3-1 NEXCO中日本（刈り草ペレット）
  - 3-2 南幌町稲わらペレット
  - 3-3 芽室町長いもネット（廃プラ）ペレット
  - 3-4 石狩市 廃菌床ペレット
    - 1) 廃菌床ペレットの利用の概要
    - 2) 廃ペレットの利用の概要
    - 3) 廃ペレットの特徴
    - 4) 廃ペレットの利用
4. 公共施設等における利用可能性調査
  - 4-1 基礎検討
    - 4-1-1 適用法令
      - (1) 大気汚染防止法及び条例
      - (2) 消防法
  - 4-2 札幌市の公共施設での利用可能性調査
    - 4-2-1 事例検討
      - (1) 工場熱エネルギーのペレット燃料による代替可能性
        - ア 刈り草及び剪定枝の発生量
        - イ 篠路破碎工場付帯施設の概要

ウ 燃料消費量と蒸気収支

4-2-2 刈り草ペレット製造量と乾燥エネルギーの検討

(1) 前提条件

ア 含水率

イ 刈草ペレット重量

(2) 乾燥熱量の推計

4-2-3 需要施設の熱負荷検討

4-2-4 ペレット製造と熱需要のバランス

(1) 現状の熱負荷

(2) マテリアル・エネルギーフロー

(3) 熱需要バランスの検討

ア 資源化工場への熱負荷の検討

イ 暖房・急騰の部分負荷等の検討

4-2-5 木質バイオマスボイラー規模の検討

4-3 札幌市内の地域熱供給事業者での利用可能性調査

4-3-1 北海道熱供給公社光星エネルギーセンターへの利用可能性検討

4-4 概略工程（事業化に向けて）

5. 公共施設での既存のペレットボイラー等の利用状況等調査

5-1 設置状況及び現地調査

5-2 現地調査における考察

5-2-1 課題の抽出と今後の対策

5-2-2 事例調査と考察

# I. 調査概要

## 1. 調査背景と目的

### ○調査の背景と目的

北海道の暖冷房エネルギー消費量は、国内平均よりも3倍多その熱源のほとんどを化石燃料で賄っている状況と報告されている。

こうした現状を踏まえ、地球温暖化対策として、室内温度設定の見直しや熱源機器の高効率化などの省エネルギーへの取り組みや燃料資源を再生可能エネルギーに転換する取り組みを進めている。

札幌市では、これまで再生可能エネルギー活用の一環として、小中学校や公共施設などにペレットボイラーを導入してきた。

一方、市内からは年間約60万トンの廃棄物が発生しており、その処理経費は年間200億円を超えており、廃棄物の減量と処理経費の削減は大きな課題であったが、平成21年度に実施した一般廃棄物処理基本計画の改正に伴う新ごみルールの開始と、家庭ごみの有料化などの施策によって大幅なごみの減量を達成すると同時に、ごみ減量の重点施策の一つとして、新たなごみ資源化手法の調査研究を開始している。

市内で発生する廃棄物のうち、バイオマス系廃棄物は、そのほとんどが未利用であることから、この廃棄物エネルギーとしての潜在価値に注目した。

特に、季節的に大量発生する「刈草」は清掃工場で焼却処理しているが、単体で発生することや不適物（草以外の異物など）が少ないという特徴があり、こうしたバイオマス系廃棄物の燃料化について調査研究を始めた。

ペレット燃料化することで、給湯、暖房、冷房、発電用のエネルギー源となる可能性が期待され、バイオマス系廃棄物のエネルギー化と利活用により、廃棄物のリサイクル、化石燃料の使用量削減による温室効果ガスの削減という相乗効果も期待される。

しかし、刈草のペレット燃料化技術は、木質ペレットに比べて灰分が多いことによる運用上の課題などから確立していない。

また、既存のペレットボイラーの多くは木質系ペレット燃料を想定して設計されており、こうしたボイラーへの適用の可能性と、市内の公共施設に刈草ペレットを利用するボイラー導入の可能性についての知見が無いのが現状である。

今回の調査において、市内の公共施設に導入されている木質ペレットボイラーの運用の現状と、原料性状の違いによる燃料成分、刈草などを原料としたペレットを使用できるボイラーなどを把握し、刈草ペレット燃料製造の実現性と利用の可能性を検討する。

### コラム

#### 【草木類】

草（草本類）と木（木本類）を併せたもの

## 2. 調査内容

- (1) 廃棄物資源発生量の整理
- (2) 木質ペレットと草本類ペレット\*との比較
- (3) 他事例調査
- (4) 公共施設等における利用可能性
- (5) 公共施設での既設ペレットボイラー等の利用状況等調査

### コラム

#### 【草本類ペレット】

草本類ペレットとは刈草や稲わら等の植物由来の原料を主原料としたペレットの総称であり、木を原料とした木質ペレットと区別する。

## 3. 調査手順

現在、焼却処分されている草木類廃棄物の発生量を把握し、刈草のペレット製造の可能性について検討するほか、札幌市小中学校に導入されたペレットボイラーの現況調査を行い、刈草ペレットの適応可能性について検討する。

また、(株)北海道熱供給公社や、篠路破碎工場地区の現況調査を行い、公共施設等における利用可能性について検討する。

さらに、刈草や農業残渣等を主原料とする草本類ペレット利活用の事例調査、ペレット燃焼機や製造プラントメーカーへのヒアリングを行い、課題の抽出等を行う。

これらによって、刈草等の草本類ペレット製造及び利活用の可能性について、概略計画を作成する。以下に、本事業の調査項目と構成を示す。

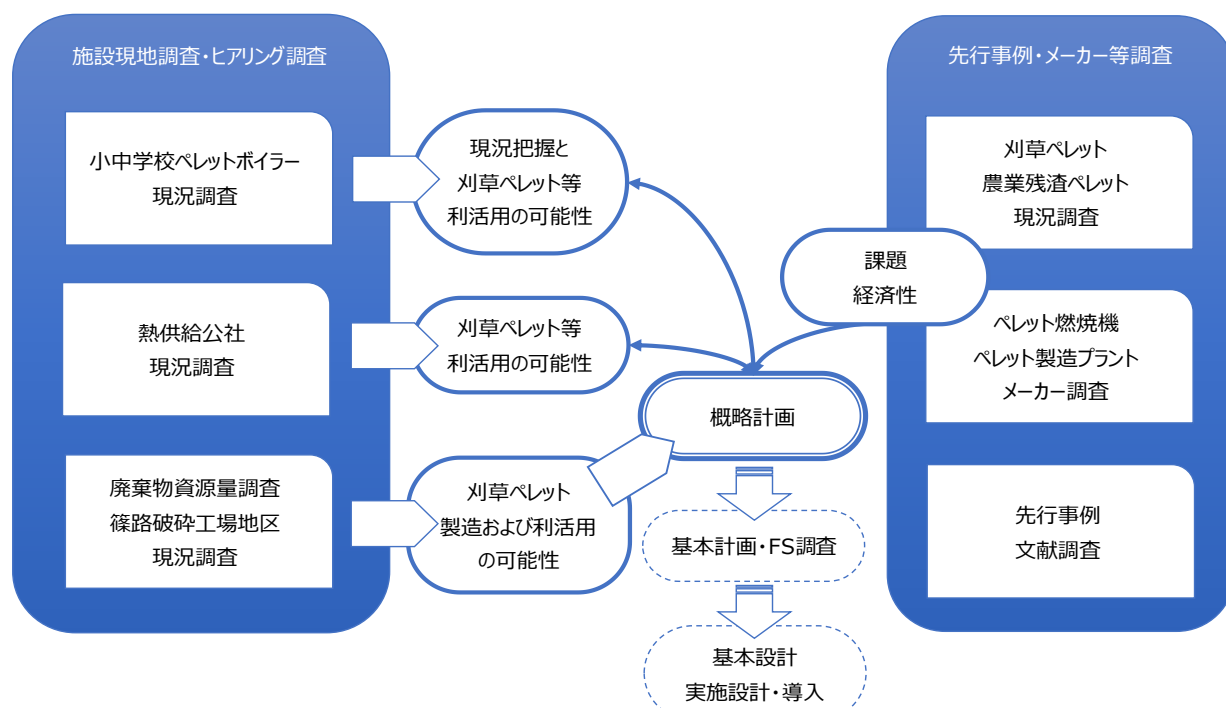


図1 調査項目と構成 (\*本調査範囲は実線で示す。)

## Ⅱ. 調査結果

### 1. 廃棄物資源発生量の整理

札幌市内の破碎・清掃工場に搬入された一般廃棄物のうち、ペレット原料となる可能性のあるものの種類及び発生量を以下に示す。

#### 1-1 刈草

刈草は冬期間を除き、市内5か所の破碎・清掃工場へ一般廃棄物としてトラック等で搬入されており、搬入されている刈草には、土砂などの異物が含まれていたり、含水率にはばらつきがある。

刈草の発生量は、平成28年度自己搬入量実績では約7,300トン/年であった。

表 1-1 刈草の自己搬入量（平成28年度）

（単位：kg）

刈草	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
篠路破碎工場			914,920	1,199,930	411,140	47,950	242,790	136,100	0	2,952,830
駒岡破碎・清掃工場			514,460	543,490	126,640	272,580	178,410	156,440	9,340	1,801,360
白石清掃工場			410,130	587,390	262,160	74,280	376,440	97,810	0	1,808,210
発寒破碎工場			0	0	48,860	521,990	171,520	11,180	900	754,450
発寒清掃工場			0	0	22,200	3,050	260	0	0	25,510
合計			1,839,510	2,330,810	871,000	919,850	969,420	401,530	10,240	7,342,360

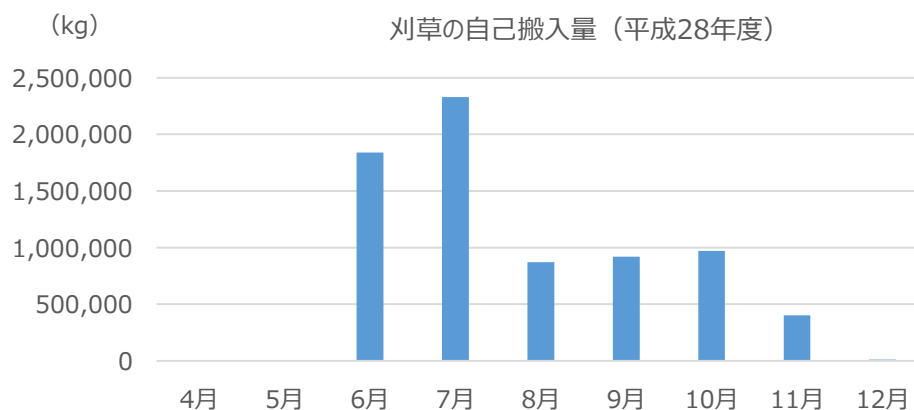


図 1-1 刈草の自己搬入量合計（平成28年度）

## 1-2 剪定枝

剪定枝は、刈草同様、市内 5 か所の破碎・清掃工場へトラック等で搬入されており、搬入されている剪定枝には、土砂などの異物が含まれていたり、含水率にはばらつきがある。

札幌市の剪定枝発生量（搬入量）は、平成 28 年度自己搬入量実績約 2,118t/年であった。

なお、一般財団法人札幌市環境事業公社（以下、環境事業公社という）が自主事業として行っている剪定枝処理\*（コラム参照）に関しては、処理が確立されていることから、今回の検討から外す。

表 1-2 剪定枝の自己搬入量（平成 28 年度）

（単位：kg）

剪定枝	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
篠路破碎工場	0	0	34,370	34,610	27,720	9,530	50,500	41,400	0	198,130
駒岡破碎・清掃工場	0	0	78,720	165,060	171,640	270,210	175,080	141,300	62,750	1,064,760
白石清掃工場	0	0	2,630	5,860	8,920	3,380	3,130	23,240	0	47,160
発寒破碎工場	0	0	0	0	67,020	180,940	181,360	338,900	39,690	807,910
発寒清掃工場	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	0	0	115,720	205,530	275,300	464,060	295,730	386,880	244,110	2,117,960

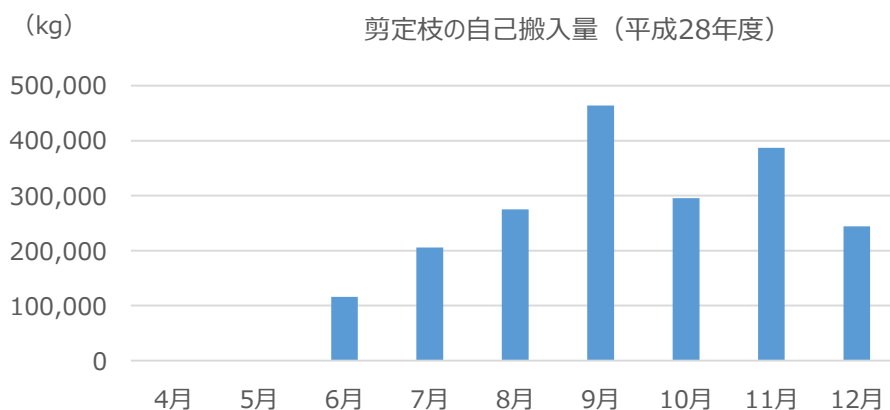


図 1-2 剪定枝の自己搬入量合計（平成 28 年度）

### コラム

#### 【剪定枝処理】

剪定枝処理は、札幌市の破碎・清掃工場において処分されているもののほか、環境事業公社に搬入されているものがあって、ここでは、市内の公園や街路樹等から発生した剪定枝、伐採木等をチップ工場破碎施設で約 45mm 大のチップに加工して、堆肥、敷料、燃料チップなどとしてリサイクル業者、酪農家、熱供給事業者等に販売している。平成 26・27 年度の環境事業公社による剪定枝等受入量平均は 8,381t である。



## 2. 木質ペレットと草本類ペレットとの比較

### 2-1 燃料成分

ここでは、木質ペレットと刈草ペレットやその他の草本類ペレット\*の成分等の比較を示す。

木質ペレットは一般社団法人日本木質ペレット協会の木質ペレット品質規格（区分 C）<sup>4</sup>を代表値とし、刈草ペレットは、国内において先行して開発製造を行ってきた中日本高速道路㈱（以下、NEXCO 中日本という）からヒアリングした数値とを比較した。この他、刈草と性状が似ている稲わらや農作物残渣を原料としたペレット<sup>5,6</sup>、灰分が高い廃菌床ペレット<sup>7</sup>などの草本類ペレットで公表されている発熱量や灰分含有量（%）を参考値として示す。

刈草ペレットの成分が、木質ペレットと異なる点は、発熱量が小さいことや灰分が高いことがあげられる。灰分の含有量が多い場合、燃焼を阻害する大きな要因になる<sup>8</sup>と考えられ、また、稲わら等の草本類にはケイ素やカリウムが多く含まれる<sup>9</sup>ため燃焼灰に含まれるガラス質成分が固結しクリンカー\*を形成する要因になると報告されている<sup>10,11</sup>。

稲わらペレットや非木質資材の（きのこ）廃菌床では灰分が高く、クリンカーが発生しやすい<sup>12</sup>が、同様に、刈草ペレットにも当てはまることが推察される。

今後は、札幌市の刈草原料から製造されたペレットで、成分等分析を行う必要がある。

表 2-1 ペレット成分等の比較

項目	単位	木質ペレット (C) <sup>9</sup>	刈草ペレット*	稲わらペレット <sup>10</sup>	農作物残渣ペレット <sup>11</sup>	廃菌床ペレット <sup>12</sup>	
規格値・実測値の区分		規格値	実測値	実測値	実測値	実測値	
嵩密度 BD	kg/m <sup>3</sup>	650 ≤ BD ≤ 750	650	-	640	-	
水分率	%	≤ 10	13.6	7.4	-	-	
微粉率	%	≤ 1.0	0.3	< 2.0	-	-	
機械的耐久性	%	≥ 96.5	97.6	-	98.2	97.5	
発熱量	高位発熱量	MJ/kg <sup>3</sup>	≥ 17.6	16.5	約 17	約 20	約 19.7
	低位発熱量	MJ/kg <sup>3</sup>	≥ 16.0	14.7	15.18	17.95-18.4	約 16-17
添加物（バインダー）	%	≤ 2 C-2)	0	-	5	-	
灰分 AC	%	1.0 < AC ≤ 2.0	11.1	12.7	6.6	約 5	

\*刈草ペレット：NEXCO 中日本ヒアリング、C-2：澱粉、コーンスターチ、リグニン、植物油など植物由来のものに限る。

<sup>4</sup> 木質ペレット品質規格（2017年2月29日改訂）は3つの区分（A、B、C）に分かれ、区分Cは灰分の高いペレットの分類とされてきたが、今改訂により灰分上限が5%から2%以下に変更となった。なお、当該規格は木材由来の原料により作られたペレットであって、農業残渣や刈草等の原料は対象としていない。（<https://w-pellet.org/>）

<sup>5</sup> 上出光志、稲わらペレットの燃焼条件の最適化に向けた検討、道総研工業試験場、2012

<sup>6</sup> 上出光志、農作物残渣ペレット（農業用ネット5%混入）、道総研工場試験場、2011

<sup>7</sup> 廃菌床ペレット（木質系）：新潟県森林研究所研究報告 No.56（2015）；非木質資材廃菌床では、発熱量約15MJ/kg、灰分13-23%

<sup>8</sup> NEXCO 中日本における植物発生材のリサイクルの取組み、中日本高速道路㈱レポート

<sup>9</sup> 草木系バイオマスの組成分析データ集、土木研究所資料、平成20年2月

<sup>10</sup> 山形定他、農作物残渣を生産現場で利用するためのペレット化技術の確立、2008年度ノーステック財団研究開発助成事業成果報告書、2009

<sup>11</sup> 桑尾房子他、木質ペレットボイラーにおける灰塊及びクリンカー生成の要因調査結果、高知環研所報27、2010

## コラム

### 【草本類ペレット】

草本類ペレットとは刈草や稲わら等の植物由来の原料を主原料としたペレットの総称であり、木を原料とした木質ペレットと区別する。

### 【クリンカー】

クリンカーとはペレットが燃焼される過程で生成されるガラス質成分によって灰が溶融固化した塊状のもの。クリンカーの発生要因であるガラス質成分は成長の早い植物や部位に多く含まれていて、樹木の場合は樹皮側の方が成長が早いいため、樹皮部を多く含むペレットほどクリンカーを多く発生させる。

### 【参考：農作物残渣ペレット<sup>12)</sup>】

農作物残渣ペレットは木質ペレットに比べ灰分が多く、燃焼後には多量の灰が発生する。これまでの報告<sup>12,13)</sup>によれば、灰分中に多く含まれる成分元素はケイ素、カリウム、カルシウムで、土壌由来と考えられる成分構成の作物残渣もあり、回収時に土壌混入が起こりにくい方法の検討が必要であると指摘している。また、ケイ素、カリウム、鉄といった成分の存在がクリンカー生成や強度に影響を与える可能性が考えられており、稲わらペレットでは、燃焼灰がペレットの形状を保ったまま溶融固着したクリンカーが形成されたことが報告されている。こうした高灰分のペレット燃料は発熱量が低いいため、木質ペレットよりも燃料投入量が増え、それに伴って多量の灰が発生する。

## 2-2 製造工程・コスト

草本類ペレット製造工程は、以下に示すとおりである。刈草の取り扱いに関する留意点としては、木質と異なり含水率が高く発酵しやすいこと<sup>13,14)</sup>や、含水率が高すぎると破碎が難しい<sup>13)</sup>ことがあげられている。刈草は発酵する、燃料として加工することがは困難となるため速やかに乾燥させることや、土砂などの異物を分別し品質を確保する必要がある。

一方、木質ペレット製造工程では、おが粉原料からペレット製造する場合には、下図で示す乾燥工程から行うことができ、分別や一次破碎工程は不要となる。

現在、札幌市の各施設で受け入れている草木類（自己搬入・廃棄ごみ）の処理について、平成 27 年度実績では、1 トン当たりの自己搬入（廃棄ごみ）の処理原価は 22,534 円である<sup>15)</sup>。

処理原価は、工場に廃棄ごみが搬入されてから処分までにかかる費用で、場内で分別・破碎し、清掃工場への運搬、焼却処分までの費用が含まれている。

欧州における調査で、おが粉（鋸屑）からペレット製造する際のコストは、年間 8,000 時間稼働、4 万 t 生産する場合において、136.6 ユーロ/t（約 16,000 円/トン）との報告がある<sup>16)</sup>。これによると、原料コストが 42.9%を占めることから、現在、処理コストがかかっている刈草を原料として使用した場合には、製造コストの削減が図られる可能性がある。また、刈草の破碎では、1 回の投入での粉砕が可能であったとの報告<sup>17)</sup>もあり、NEXCO 中日本のように二次破碎が必要であるか検討を要する。

刈草ペレット製造でコストが上がる要素としては、製造規模が小さいこと、原料含水率が高いこ

<sup>12)</sup> 南幌町稲わら・穀類・麦わらの有効利用の具体化検討調査、平成 20 年度地域新エネルギービジョン策定等事業重点テーマに係る詳細ビジョン、南幌町、2009

<sup>13)</sup> NEXCO 中日本ヒアリングによる

<sup>14)</sup> 都市由来植物廃材のエネルギー利用手法等に関する技術資料、国土技術政策総合研究所資料 NO.845、国土交通省国土技術政策総合研究所、2015

<sup>15)</sup> 札幌市 HP (<http://www.city.sapporo.jp/seiso/toukei/cost/26kessan-27yosan.html>)

<sup>16)</sup> G.Thek, etc, Wood pellet production costs under Austrian framework conditions. Proceeding of the 17<sup>th</sup> European Biomass Conference & Exhibition, 2009

<sup>17)</sup> 霊山明夫、刈草等のバイオマス資源のボイラー燃料利用に着目したペレット製造試験について、平成 21 年度公園緑地研究所調査研究報告 06

と、土砂などの選別・分別工程が必要となることなどが考えられる。



図 2-1 NEXCO 中日本工程（刈草ペレット）<sup>13</sup>

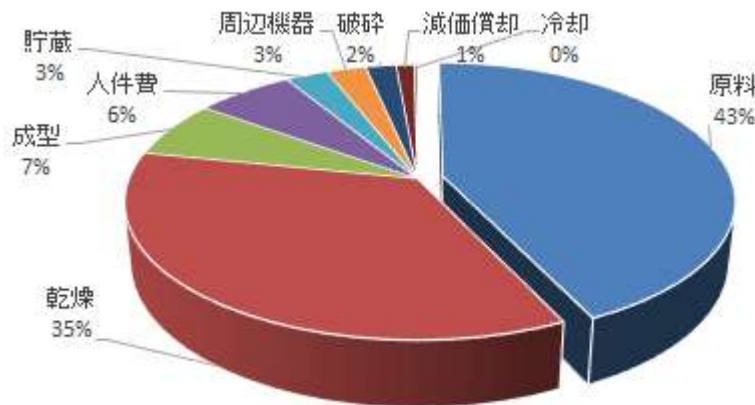


図 2-2 ペレット製造コストの構成（欧州事例）<sup>16</sup>

## ア 札幌市での刈草ペレット製造工程

NEXCO 中日本の事例と、過去に札幌市で試作した刈草ペレットの製造事例及び地方独立行政法人北海道立総合研究機構（以下、道総研という）・工業試験場等へのヒアリング\*から今後の刈草ペレットの製造工程として考慮すべき点をまとめる。

### 1) 土砂などをふるうための前処理工程

本工程により、灰分の含有量を少なくすることが可能になる\*。（ふるいにかけてくれば、灰分含有量が多くなる。）

### 2) 一次粉碎（二次粉碎）

含水率が高すぎると破碎しにくい\*ため、破碎前に乾燥工程が必要なケースもありうる。

### 3) 乾燥

速やかに乾燥しなければ、腐敗してしまうため、搬入受入量と乾燥可能な量とのバランスを検討し、一次乾燥工程が必要か検討する必要がある。

#### 4) ペレット化

刈草など特殊な原料から製造する場合の成型機の適切な材質は、試作等を通して決めることが望ましい。

### イ 札幌市での刈草ペレット製造コスト

NEXCO 中日本の刈草ペレット製造は、次のようなコスト構成であったが、乾燥工程にかかるコストは含まれていないため、全体像は明らかになってはいない。

欧州の調査報告から、仮に原料コストがかからないとすれば、乾燥コストのコスト全体に占める割合は6割に達するため、製造コスト低減には廃熱利用や太陽熱利用などの一次乾燥を検討する必要がある。また、土砂などの分別工程にかかるコストも不明であり、ペレット試作を通して検証が必要である。

表 2-2 刈草ペレット製造コストの構成

生産量	人件費	機械経費	機械維持修繕費	その他
550t/年	32.8%	32.8%	25.6%	8.3%

\*NEXCO 中日本ヒアリング：なお、乾燥工程には製造された刈草ペレットを使用しており、製造コスト内には乾燥コストは含まれていない。

刈草は市内に5か所ある廃棄物処理施設で事業系ごみ（自己搬入）として受け入れており、各施設にペレット製造施設を設置する場合には、原料輸送コストは発生しないが、処理施設を一つに集約する場合は、輸送コストが増嵩する。

この場合、篠路破砕工場以外は、清掃工場からの廃熱利用によって一次乾燥を行い水分率の調整を行うことが、輸送コストを上回るメリットがあるか、検討の余地がある。

製造されたペレット燃料による施設暖房等の石油エネルギーコストの削減、CO<sub>2</sub>削減等については、別途検討が必要である。

## 2-3 草本類ペレットの対応機器

草本類ペレットは、木質ペレットと比較すると灰分の含有量が高く、クリンカーが生じやすいことから、燃焼継続を円滑にするためには、木質ペレットを使用する場合よりも、丁寧かつ頻回な手入を要する。このような燃料の性状を考慮し、灰処理が簡便に行えるシステムや、クリンカーに対処できるような燃焼装置システムは、草本類ペレット燃料に適応可能性がある。

灰分が多い燃料に対応する燃焼装置（ボイラー・ストーブ）は、①燃焼室（炉内）の構造が移動床式<sup>18</sup>であるか、クリンカーを掻き出す機能のある炉床またはバーナータイプである、②燃焼室や熱交換器内に溜まる灰を自動排出できる、③クリンカー発生（灰の熔融固化）を避ける燃焼温度制御ができるなどの機能を実現する機器・システムなどが想定される。

ボイラーの種類には温水ボイラーと蒸気ボイラーがあり、蒸気ボイラーは、温水ボイラーに比べ広い設置スペースが必要であること、運転に有資格者の常駐が必要となることから、公共施設にお

<sup>18</sup> 「木質バイオマスボイラー導入・運用にかかわる実務テキスト」(株)森林環境リアライズ他、平成25年3月

いて、設置条件が比較的緩和される温水ボイラーを導入する例が多いことから、温水ボイラー（温水機）を対象を絞り検討することとする。

コラム

【移動床式】

移動床とはボイラーの燃焼室（燃焼炉）の構造の一種で、可動火格子（火格子：ロストルとも呼ばれ、燃料を燃焼する部分）とも呼ばれ、階段状にした火格子が稼働し、高い水分の燃料を火格子上で移動させ、徐々に乾かしながら効率的に燃やすことが可能な炉床の構造で、灰分の高い燃料にも適用する。ペレットボイラーの標準的な炉床は炉床が動かない固定床式が一般的。

## 1) ペレットボイラー

これまで札幌市の公共施設に導入されているペレットボイラーのメーカー4社と、灰分の高いペレットの使用実績があるメーカー2社に、草本類ペレットが利用できる可能性についてヒアリング調査を実施した。

この結果、4社からは利用可能もしくは利用できる可能性があるという回答があり、2社は利用困難であると回答した。

利用可能性ありと回答した4社のうち2社は、事前に燃料のサンプルで燃焼試験を行い、最終的な利用の可能性を判断するとの意向。

利用困難と回答した2社のうち1社、5%を超える高灰分の燃料の使用は難しく、2-5%の灰分含有量の燃料についても、木質ペレットを使用するときよりも清掃を頻繁に行うこと、定期点検の回数も増やすこと等を条件としている。もう1社については、固定床かつ灰の処理が手動であることから、高灰分含有燃料の使用は困難であると回答した。

以下に、灰分の高い草本類ペレットを利用できる可能性があるメーカー4社の特徴を示す。

表 2-3 灰分の高いペレットを利用できる可能性があるメーカー4社のボイラーの特徴

	A社	B社	C社	D社
草本類ペレットの利用可能性	可能	可能	可能性がある	可能性がある
出力範囲	58kW	50kW、300kW	116kW～580kW	70kW～1,300kW
着火方式	手動	自動（電気：熱風送風ブロワ）	手動（シーズン開始時に手動着火し、連続燃焼）	自動（電気：熱風送風ブロワ）
燃焼室構造	固定床	燃焼バーナー（自動灰掻き用の器具（レーキ）付き燃焼バーナー）	固定床＋回転ロストル（バーナータイプ）	移動床（ストーカ式）
熱交換器清掃	手動	手動	手動	自動（回転スクレーパーで攪拌する）
燃焼室の灰出	手動	自動	手動	自動

	A社	B社	C社	D社
これまでに燃焼したことがあるペレットの原料	木質、バーク（木の皮）、竹、籾がら、コーヒーがら、廃菌床、稲わら等	長いも、長いも＋ネット＋剪定枝、小豆がら＋ネット、茎葉＋ネット等	木質、稲わら等	木質、バーク（木の皮）、廃菌床等
草本類ペレット等高灰分ペレットへの対応方法など	燃料となる原料によって燃焼温度の設定を変え、クリンカーの発生を防止する。	燃焼バーナーの内部に取り付けられた灰掻き用の器具（レーキ）で燃焼室の灰を攪拌し、クリンカーが付着するのを防止する。	回転ロストルによってクリンカーの発生防止と除去を行う。事前に燃焼試験を行い、大きな固まりとなるクリンカーの発生が予見される場合は、クリンカーの除去装置をオプションで取り付ける。	燃焼室の形状は移動床で、クリンカーの付着を防ぐ。燃料の性状によってボイラーの制御を細かく調整しクリンカーの発生を防止する。

なお、現在、札幌市で導入しているペレットボイラーはすべて固定床であり、草本類ペレットに対応した灰出し機能やクリンカー対策がされていないため、草本類ペレットを燃やすことは困難であると思われる。

## 2) ペレットストーブ

草本類ペレットを燃料として活用可能かどうかについて、北海道ペレット推進協議会<sup>19</sup>の会員となっているペレットストーブメーカー8社を対象にヒアリング調査を実施し、このうちヒアリング調査に応じた7社からの回答では、草本類ペレット燃焼によって発生する灰の多さやクリンカーに対応できないため、草本類ペレット燃料の利用は難しいというものであった。

ヒアリング調査から、草本類ペレットを燃焼する上での課題は次のようなことであった。

- ア ペレットストーブの多くは固定床の燃焼室であり、燃焼時の灰やクリンカーは火格子の間から灰受けに自然落下させることで、燃焼室内から灰などを取り除いている。クリンカーのトラブルを回避するためには、ロストル（火格子・燃焼床）部分にクリンカーを砕くための攪拌や灰掻き等の機能を備えている必要があるが、そのような機能を備えたストーブは少ない。
- イ ペレットストーブの多くは温風を吹き出す方式であり、構造上燃焼室で発生した熱をストーブ内の熱交換器を介して温風を作っているが、灰分が多い場合、熱交換器部分に灰が大量に付着し、熱交換効率が極端に低下する可能性が考えられる。

<sup>19</sup> 北海道木質ペレット推進協議会：北海道型ペレット燃焼機器の開発指針に則り、寒冷地である北海道における木質ペレット・木質ペレット燃焼機器の開発・製造・流通・普及を推進し、木質ペレットに係る産業の安定的発展を図ることを目的として、平成19年に設立された。



なお、上記ペレットメーカー8社以外の協議会会員であり、国内外のペレットストーブの販売及びメンテナンスも手がけている道内販売店1社にヒアリング調査を行ったところ、利用できる可能性があるペレットストーブとして、特別な火格子（ロストル）で灰排出機能を備えた外国メーカー1社に関する情報を得た（以下に、特徴を示す）。

しかし、木質ペレットとの混焼を条件としていることから、灰分8%を超えるペレットの燃焼は容易ではないことが示唆された。

なお、今回ヒアリング調査に応じたメーカー7社のうち4社からは、燃焼試験を行いたいという意向があったため、今後の燃焼試験等を検討したい。

表 2-4 高灰分ペレットの利用可能性があるメーカー1社のストーブの仕様等

	E社
暖房出力	3～9kW（畳数換算12～37畳）
暖房方式	温風ファンおよび輻射式
着火方式	自動（内臓ヒータによる）
これまでに燃焼したことのあるペレットの原料（メーカー公称による）	木質、穀物残渣と剪定枝（混合ペレット）、バーク、とうもろこし、乾燥させたオリーブの種、さくらんぼの種・枝、ナッツ類の皮、廃菌床等
草本類ペレット等灰分の高いペレットへの対応方法など	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロストル（火格子・燃焼床）が垂直方向にリング状に回転し、ペレットを燃やしながら灰を灰受け皿に落とす仕組み。</li> <li>ペレットの含水率を13%以下に調整すること、木質ペレットと混焼することが条件。</li> </ul>

### 3) 草本類ペレットに対応する燃焼装置の選定についてのまとめ

本調査では、灰分が多くクリンカーの発生可能性がある草本類ペレット燃料を使用する場合の各メーカーの適応可能性について聞き取りを行ったものである。

各メーカーで対応状況が異なることから、ボイラーの容量や燃焼時間、設置場所の条件や運転管理の人員配置などの条件と、上記の特に草本類ペレットに固有の条件を加味した上で、機器選定を行う必要がある。

特に考慮すべき点を以下にまとめた。

#### ア 燃焼室内の構造および運転管理の方法（灰およびクリンカー対策）

草本類ペレットの場合、灰およびクリンカーが木質ペレットに比べ多く発生することから、それに対応した燃焼室の構造や運転管理の体制が必要で、具体的には燃焼室内に灰が溜まらない構造（自動的に排出する構造）や、構造を持たない場合は定期的な灰出しの手順やそれに使う道具など運転管理の手法の確認が必要である。

#### イ 灰の場外搬出までの手順と管理の手法

ボイラーから排出された灰を留置場所まで運ぶ工程など、人の手を介す必要があると思われる事柄については、予め最適な導線・必要な空間を考慮し、管理者の負担を軽減する設計を心掛ける。また、留置された灰の処理の方法等についての確認も必要である。

#### ウ 熱交換器や集塵機の灰出し

熱交換器に溜まる・付着する灰についても、①と同様に、自動的に灰受け箱まで排出される構造を持つことが望ましいが、そういった構造を持たない場合には、定期的な灰出し清掃の手順やそれに使用する道具などの確認が必要となる。

#### エ 燃焼制御

不完全燃焼を避けるためには、空気や燃料の量を調節し、燃焼室の温度を適切な温度に保つことが大切である。また、事前に燃料成分や灰分の溶融点等の分析、燃焼試験を行い、燃料の性状にあわせた細かな運転調整ができるような機種を選ぶことが望ましい。

## 2-4 木質バイオマス燃料による熱電供給システムの技術動向

近年、国内においても間伐材などの木材を原料としたチップや木質ペレット燃料から発電と熱を得るシステムの開発・利用する技術が注目されている。

その技術は、チップ等の木質燃料を熱分解し、発生したガスでエンジンを動かして発電するとともに、排熱を熱源として利用するものである。

国内においても、バイオマスガス化発電装置として開発された農林バイオマス 2号機、3号機が、2005年には、実用化段階に入ったと報告<sup>20</sup>されているが、現実には普及していない。

これまでの事例や現在の国内導入状況について、導入地のヒアリングや販売メーカーの公表資料等によると以下の課題が判明しており、実用レベルでの運用には、十分な検討が必要である。

なお、草木類ペレットを利用した事例は国内では報告されていない。

ア 導入例が少ないこと、また、導入例のいずれも導入から日が浅いことから運用面を含めた実績が乏しい。

イ 燃料の投入方法について、連続投入のできる方式のものと燃料をまとめて投入して燃焼後に入れ替える方式(バッチ式)のものがあり、特にバッチ式のものを導入した場合は燃料入れ替えの作業のことも考慮する必要がある。

ウ 燃焼時に木材からタール成分(油状の物質)が抽出されることが分かっており、長期の運転時には機械装置内(エンジン)にいずれ固着し、大きな維持管理コストをかけなければ装置を稼働することはできなくなる可能性があるが、運転実績が少ないため具体的な解決方法は確立されていない。

<sup>20</sup> 坂井正康、農林バイオマス 3号機によるガス化発電、2005)



参考として以下に、国内導入事例を示す（2016年3月時点）。

表 2-5 国内導入事例一覧（2016年3月時点）

都道府県	市町村	事業主体	メーカー	規模 kW	稼働時期	FIT 認定	備考
宮城県	気仙沼市	気仙沼地域 エネルギー開発	Shnell（独）	400×2	2014年 4月	未利用材	
福島県	郡山市	民間企業	Spanner（独）	45		未利用材	
茨城県	太子町	エジソンパワー	エジソンパワー（奥）	1,100	2016年	不明	
群馬県	上野村	上野村	Brulkhalt（独）	180	2015年	なし	ペレット。 排熱はきのこ栽培に
長野県	飯田市	かぶちゃん電力	ZE エナジー	360	2015年 6月	未利用材	排熱はチップ乾燥、いちごハウス栽培に
北海道	芽室町	芽室町	ヤンマー	発電 25kW 熱 39kW	2015年 6月		建設費 約1億4,500万円

（NPO 法人バイオマス産業社会ネットワーク HP 参照 <http://www.npobin.net/>）

（道内の事例は札幌市環境局調べ。）

## 2-5 草本類ペレットの利用上の留意点等

草本類ペレットは灰分が多く、灰出し作業が頻繁になるほか、クリンカーの発生が多くなることが想定される。基本的に木質ペレットを対象とする燃焼装置は、低灰分を想定した設計となっているため、機種選定の際は、クリンカーが発生しても問題がない構造あるいは、クリンカーを発生させにくい構造であって、多量の灰が発生しても処理が可能な機種を選択する必要がある。さらに、木質ペレットを使用する場合よりも草本類ペレット（刈草ペレット）では非常に灰が多くなるため、きめ細かな燃焼温度の制御・管理などが可能な機種が望ましい。

また、炉内・熱交換器・集塵機のほか、煙突・煙道内の灰を定期的に除去することや、クリンカーの発生がしやすい燃焼空気口などに灰が堆積していればすぐに取り除くといったような、日常的な点検を徹底して行うなど、木質ペレットを使用する場合よりも配慮が必要になると考える。

### 【参考：メーカーヒアリング】

高灰分燃料の燃焼経験を有するメーカーにヒアリングを実施し行ったところ、下記の見解が得られた。（なお、以下の見解は、必ずしもすべてのボイラーにあてはまるものではない。）

#### 1 燃焼システム

移動床システムまたはこれに類するシステム（クリンカー破砕装置付き回転床システム・クリンカー破砕装置付きペレットバーナーなども対象になると思われる）が灰分の高いものに対処することができる。標準的な固定床システムは適していない。灰分の高い燃料がスクルーによって炉内に送り込まれた際に、燃焼燃料を覆ってしまい、最終的に燃焼継続を阻害し、出力が低下する。低い溶融点を有する成分が含まれている燃料は、比較的低い温度によって灰が溶融し始めるが、この場合、移動床システムまたはこれに類するシステムだけがこれらの部分を砕くことができる。さもないと、大きなクリンカーができることになる。

## 2 ボイラーの規模

概して、より大きなボイラーのほうが小さなボイラーよりも、高い灰分を含有する特別な燃料に対処しやすい。灰の溶融温度が低い場合やボイラー稼働率が高い場合には、大きなボイラーが推奨される。また、排ガス再循環装置\*は推奨される。燃料のおよそ 25%（水分や灰分）を燃やすことができないことに留意する必要がある。

## 3 灰分

原木の代表的な灰の含有量は<1.5%、廃材は<2.5%であり、11.1%（刈草ペレット：NEXCO 中日本データ）の灰分は明らかに高い値だが燃焼可能である。バークは 5-7%（10）%の灰の含有量であるが適応する。燃焼を維持し、燃焼炉内の燃焼残渣（灰）を取り出すためには、灰スクルー、灰箱およびホッパーの的確な寸法取りも留意する必要がある。しかし、大量の残渣（灰）が出ることは間違いない。

## 4 灰の溶融温度

最も重要なことの一つ。継続的な燃焼が可能かどうかの最終的な同意／承諾のためにはこの値を知る必要がある。もし、溶融温度が低値(<900°C)であるならば、溶融灰は、自動的に灰出しすることが難しいか、取り出し不可能なクリンカーとなる可能性がある。排ガス再循環装置\*を有する場合、溶融温度が 900-1100°C であるならば、燃焼可能で、1100°C 以上は非常によい。

## 5 その他

概して、水（蒸気）と塩素の組み合わせ／結合体は、ボイラーや煙管などに使用する軟鋼〔炭素の量が約 0.16~0.29%の軟らかい炭素鋼〕に高い侵襲性の酸性塩を生成する。凝結（結露）を防ぐ必要がある。最大限用心しなければならないことは、排ガス／燃焼ガスの高い露点温度〔大気中の水蒸気が凝結して露になる時の温度〕。原木または廃材による通常の排ガス／燃焼ガスはおよそ 55-57°Cの露点温度であり、この値より高ければ決して凝結（結露）しないということを意味する。60-65°C に調整されたリターンフローインクリース（戻り温水温度増加）装置\*\*（の取り付け）によって対応することが必要。

塩素を含む露点温度は 100°C 以上の高さになる可能性がある。

## 6 排ガス再循環装置

排ガスを燃焼空気に再循環させ、燃焼温度の上昇を抑制するための装置（クリンカー生成を防止する目的）

## 7 リターンフローインクリース（戻り温水温度増加）装置

冷えた戻り温水に高い温度の温水を流入させて、ボイラー缶体へは十分に高い温度の温水を還す装置（缶体内での凝結（結露）を防ぐ）。

## 8 利用にあたっての対応策

- ・ 塩素含有量が多い場合、標準のペレットと刈草ペレットの混焼によって塩素の量を最小限に留めることを試みる。
- ・ 周期解析／分析によって真の露点温度を確認する。
- ・ 90/80°C またはそれ以上に、往きまたは戻り温度を高く保つ。
- ・ 長期間の運転時間（長い耐用年数）を可能にするために、大容量の蓄熱タンクを使用する。
- ・ 起動停止運転を避ける。
- ・ ステンレス鋼の煙管、煙突を使用する。
- ・ 刈草ペレットの適合性に関する最終的な結論を出すために、灰の溶融性状に関する分析を行う。

### 3. 他事例調査

国内ですでに先行して刈草ペレットを製造し、また、ペレットボイラーで刈草ペレットの燃焼経験のある NEXCO 中日本をはじめ、刈草ペレットに類似した植物由来原料によるペレット製造または利用を行っている道内事例について、関係者へのヒアリング及びアンケート調査を行った。道内事例は、南幌町の稲わらペレット、芽室町の農業残渣（長いも廃プラ混合）ペレット、石狩市の廃菌床ペレットの3か所とし、それぞれ利用状況について調査した。

#### 3-1 NEXCO 中日本 刈草ペレット

刈草ペレットを製造している NEXCO 中日本へヒアリングとアンケート調査を行った。

NEXCO 中日本は、高速道路会社で初めて、高速道路の維持管理で発生する植物発生材をペレット化する燃料製造施設を整備し、自社利用による資源の有効活用（循環利用）を念頭に平成 26 年から試行運用しており、高速道路の料金所において、ペレットボイラーを使用した空調設備等に利用している。

昨年度（平成 27 年度）の製造実績は 55t/年で、今年度（H28 年度）はプラントの一部改修工事のため稼動していないが、工事が終了次第、再稼動する予定という。

刈草を破砕する前に、天日乾燥を行い含水率 60%から平均 30%まで低減している。プラント乾燥工程では、製造した刈草ペレットを燃料としたペレットバーナーによって、含水率約 10%まで乾燥を行い、基本的な製造工程、装置システムは木質ペレットとほぼ同じである。

アンケートによれば、刈草ペレット製造時における課題は、次の3点が挙げられており、導入に際しては、これらの課題に留意して詳細な検討を行う必要がある。

#### ア 課題・留意点

- ・ 木質の材料に比べると、材料（刈草）が分解・発酵しやすいため、搬入から乾燥の工程を早く行う必要がある。
- ・ 木質ペレットの製造に比べると、各工程でつまりが発生しやすい。
- ・ ごみの混入が見られる。

表 3-1 NEXCO 中日本刈草ペレット情報

製造装置の生産能力	500kg/h
生産量（t/年）	550
製造人員（人）	3
搬入時含水率	約 60%
予備乾燥方法	天日乾燥
予備乾燥後含水率%	平均 30%
乾燥工程熱源	刈草ペレット（ペレットバーナー）
乾燥後含水率%	約 10%
歩留まり%	約 88%
プラント導入コスト	315 百万円



ペレットボイラー(新東名 藤枝岡部 IC 料金所)



ペレット製造設備(東名 旧鮎沢 PA)

### 写真 3-1

ペレットボイラー試行運転での燃焼状況は、クリンカーの発生はあるものの、燃焼継続を阻害するには至っていない。今後、連続的なボイラー稼働を行った際の状況等について、情報収集していくものとする。

## 3-2 南幌町 稲わらペレット

稲わらペレットを製造している南幌町の民間会社及びとペレット製造開発に関わった道総研・工業試験場へヒアリング調査を行った。

南幌町では、稲の刈り取り後、水田にすき込んでいた稲わらを資源化し、地域循環システムの構築する取組みとして、稲わらペレットを製造し化石燃料に代わるエネルギーとして燃料利用することを推進しており、平成 23 年に町有温泉施設（なんぼろ温泉ハート&ハート）にペレットボイラーを導入した。

稲わらペレットの開発を行ってきた民間会社と道総研・工業試験場によれば、稲わらペレット製造・利用上の課題・留意点は以下のようなことが挙げられており、前述の NEXCO 中日本での刈草ペレット製造時の課題と共通している部分もあり参考にしたい。

### ア 課題・留意点

- ・ 稲わらは牧草巻き取り機でロール上に加工されたうえで搬入されるが、ロールを解体するのに作業時間は半日必要で、非常に手間がかかる。
- ・ 濡れてると発酵しやすいため、速やかに天日乾燥しなければならない。
- ・ 手作業で土を取り除くが必要になる。
- ・ 燃焼試験・試行運転でクリンカーが発生しやすいことがわかり、木質ペレットとの混合利用とした。

稲わらペレットの当初生産量は 40 トン／年であったが、現在、温泉施設での使用が減少しており、平成 27 年度では 5 トン／年程度にとどまる。

稲わらペレットを製造している民間会社によれば、温泉施設での利用が減少した理由は、ペレットボイラーからの熱供給が上手く行われないこと、また、施設の運営管理を委託されている指定管理者が重油価格の下落状況において、稲わらペレットを積極的に選定していない可能性があるという。

また、開発に携わった道総研・工業試験場担当者の見解では、ボイラーからの灰出し清掃等の日常的な手入れが煩雑であることも一因であり、これにより、システム上の不具合が発生することもあり、状況の改善に向け取り組んでいるとのことである。

稲わらペレットの製造は、現在、受注生産であり、町役場、畜産農家、機械・農機具メーカーなどへ供給している。

木質ペレットと稲わらペレットは、それぞれで袋詰めし製品化している。



表 3-2 南幌町稲わらペレット

製造装置の生産能力	200kg/h
生産量 (t/年)	5
製造人員 (人)	1
予備乾燥方法	ハウス内での天日乾燥
破碎前含水率%	平均 8%
乾燥熱源 (一次破碎後)	なし (自然乾燥のみ)
ペレタイザー導入コスト	1500 万円
ペレット (木と稲わら)	木ペレット : 稲わらペレット = 1 : 1
ペレット製造の特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・稲わらは冬に刈り取り、ロールで搬入される。</li> <li>・材料種類ごとにペレットを成型する。(初めから原材料を混合すると上手く製造できない。)</li> </ul>
販売価格 (平成 29 年 3 月現在)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フレコン<sup>21</sup> 35 円/kg+運賃</li> <li>・15kg 袋 42 円/kg+運賃</li> </ul>



燃料供給装置



ボイラー



排気筒

写真 3-2 ペレットボイラー施設 (温泉施設) <sup>22</sup>



粉碎機 (5.5kW)



成型機 (37kW)



自動計量袋詰機

写真 3-3 ペレット製造施設 <sup>22</sup>

<sup>21</sup> フレコンは登録商標だが、フレキシブルコンテナバッグの略称として一般に使用されている。

<sup>22</sup> 道総研・工業試験場報告書より引用

### 3-3 芽室町 長いも廃プラペレット

長いも廃プラペレット（以下、「長いもペレット」と記載）の原料調達及びペレット製造開発に関わった道総研・工業試験場へヒアリング調査を行った。

#### ア ペレット製造

芽室町では、町内で発生する「剪定枝」や「小豆殻」に「茎葉が付着している長いもネット（主にポリエチレン製）」をまぜた原料を使用したペレットの試験的製造及び製造した長いもペレットの利用に関する検討が行われている。

長いも用ネットは茎葉の巻き付きや土壌の付着があるため、分別洗浄などの処理が難しく、農業用廃プラスチックの中でも特にリサイクルが困難な品目である。

長いもネットは春と秋の年2回、に回収され、回収時の含水率が低い（含水率25%）春回収のネットがペレットの原料となり、ペレットのベースである剪定枝や小豆殻に混ぜられる。本研究では長いもネットの割合が高い場合、機械的耐久性が悪くなるという報告がなされており、その結果、長いもペレットの割合は5%が適当とされている。

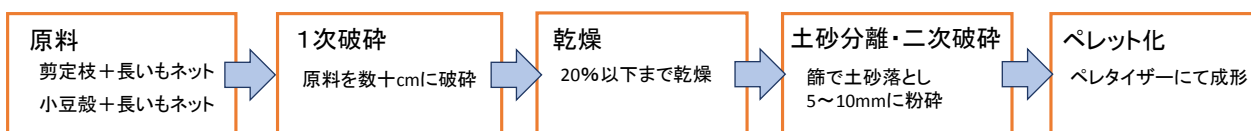


図 3-3 長いもペレットの製造フロー

#### イ 長いもネットペレットの特徴

表に長いもペレットの性状をまとめる。トドマツベースのペレットは発熱量、灰分ともに木質ペレットと比べても特に違いはないが、機械耐久性がわずかに低い。長いもネットの割合を増やすと耐久性の値は小さくなっていく。

小豆殻ベースのペレットは灰分が多いのが特徴となる。高灰分に対応できる燃焼機で使用する必要がある。

表 3-3 長いもペレット

	トドマツ +ネット	小豆殻 +ネット
生産能力[kg/h]	19.3	16.5
かさ密度[kg/L]	0.63	0.64
機械的耐久性[%]	95.7	98.2
発熱量[MJ/kg]	19.44	18.4
灰分[%]	0.4	6.6

#### ウ ペレット利用

製造した長いもペレットは町内にある研修施設で使用しているが、長いもペレットは試験的製造の段階であるため、一定期間でしか製造されていない。長いもペレットが製造されていない期間は、シニアワークセンターで製造している剪定枝ペレットを使用している。

研修施設に設置されているペレットボイラーは高灰分燃料を燃焼させるために開発した燃焼機で、ボイラーで製造した熱は施設の暖房や風呂の熱に使用される。

### 3-4 石狩市 廃菌床ペレット

#### ア 廃菌床ペレットの利用の概要

石狩市内の福祉施設では、清掃工場の廃熱を利用してシイタケ栽培を行っており、当施設ではシイタケ栽培後に廃棄される菌床を原料として、廃菌床ペレットを製造している。

当初、同施設内のペレットボイラーで利用していたが、市の政策により、平成 26 年度に市内の小学校内の図書館、保育園にペレットストーブを導入し、続いて、平成 27 年度に花川南コミュニティセンターにもペレットボイラーが導入され、現在はそれぞれの施設へペレット供給を行っている。

#### イ 廃菌床ペレット製造

シイタケ菌床の主原料は、おが粉であるため、廃菌床を乾燥させ、砕くだけでペレット原料にすることができる。破碎したペレット原料をベルトコンベアで搬送し、ペレット製造装置（ペレタイザー）で成型する。廃菌床ペレットの製造工程を下図に示す。



図 3-4：石狩市の福祉施設におけるペレット製造工程

廃菌床ペレットの製造は 3～10 月の期間に 1 日 6 時間、月 22 日行っている。

表 3-4 廃菌床ペレットの製造量

	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度
製造量	2. 8 トン	3 0 トン	2 4 トン

廃菌床ペレット製造をしている福祉施設によると、現在は灯油の方が廃菌床ペレットに比べ安価であるため、ペレットストーブは、唯一市内小学校の図書館において、灯油と併用して使用しているという。また、花川南コミュニティセンターの年間需要量に対して廃菌床ペレットの生産量が追いつかないため、期間を限定して廃菌床ペレットの供給を行っている。

#### ウ 廃菌床ペレットの特徴

廃菌床ペレットは木質ペレットに比べ、発熱量が低く、灰分が多いため燃焼後に灰が多く発生し、



燃焼を阻害する恐れがある。

## Ⅰ 廃菌床ペレットの利用

花川南コミュニティセンターの概要について、以下にまとめる。

廃菌床ペレットは館内暖房と風呂の給湯熱源に使用されている。

厳冬期には、風呂の湯を張る際にバックアップの重油ボイラーがわずかに稼働するが、基本的にはペレットボイラーのみで運用されている。

表 3-5 廃菌床ペレット利活用

導入場所	花川南コミュニティセンター (既設ボイラー室に設置)
ボイラーメーカー	ノルディング社
型式	LCS-RV 215/270
出力	260kW
使用燃料	廃菌床ペレット
既設重油ボイラー	290kW
用途	館内暖房及び風呂給湯
施設利用時間	9時30分～21時 (ボイラーは自動運転で1日中稼働)

現在は廃菌床ペレットの生産量が少ないため、廃菌床ペレットと木質ペレットを時期に応じて交互に使用している。それぞれのペレット毎にボイラーの調整が必要となるが、制御盤に燃焼制御パラメータの設定を保存しておくことにより、ペレットの種類がが変わった場合でも容易に設定を切り替えて運転が可能である。

コミュニティセンターの管理者によると、運用開始直後に発生する灰の量と自動排出する灰の量のバランスが悪く、エラーが発生したが、自動灰出し排出量の調整後は大きな不具合はない。

また、廃菌床ペレットと木質ペレットでは発生する灰の量が大きく異なり、廃菌床ペレット使用の場合、120Lの灰箱が1日～2日で満杯になるのに対し、木質ペレットの使用では1週間でも満杯にはならない。燃料の質(灰分量)によって作業者の労働量が大きく異なってくる。



図 3-5 : 左 ペレットサイロ、右 ペレットボイラー

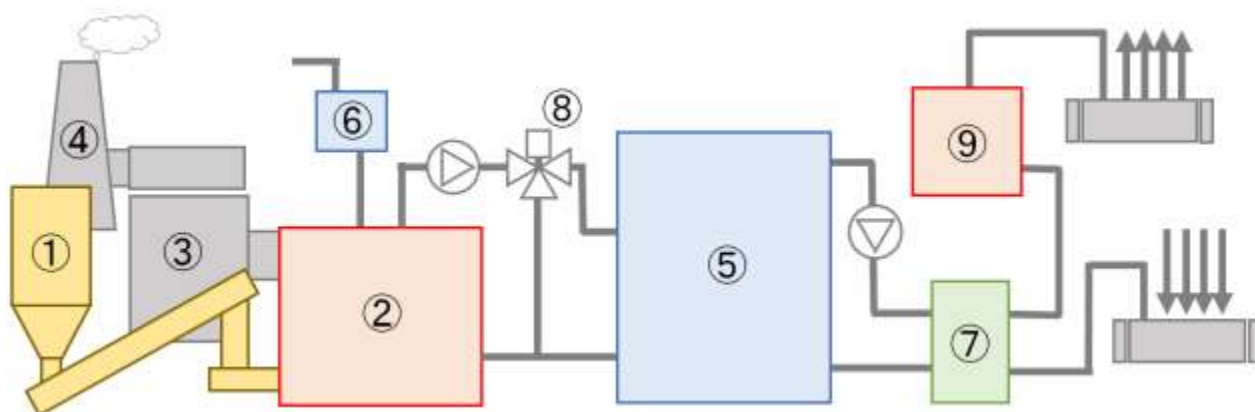
## 4. 公共施設等における利用可能性

### 4-1 基礎検討

市内で製造した刈草ペレットの利用場所の一つとして、現在、市内で利用している木質ペレットのように公共施設における暖房や給湯の熱源が考えられる。本項では、刈草ペレットを公共施設で利用する場合に検討が必要であることを木質ペレット使用の事例と比較して検討を行う。

#### ア 設備

下の図表に一般的な木質ペレット導入時のシステムの例を示す<sup>23</sup>。刈草ペレットは木質ペレットに比べ、発熱量が低く灰分が高いことが特徴である。特に燃焼後に発生する灰がうまく処理されない場合、灰によって燃料供給や燃焼空気の供給を阻害され継続燃焼ができなくなる場合がある。一般に市販されているペレットストーブやペレットボイラーは灰分の少ない木質ペレットを燃料として設計されている場合が多く、灰分の多い燃料に対応できない場合があるので、導入する際は事前に燃焼試験を行い、刈草ペレットが使用可能かどうかを確認する必要がある。



図表 4-1 ペレットボイラーのシステム

#### イ 設置条件

刈草ペレットを燃料としたペレットボイラーの設置条件は木質ペレット燃料の場合と特に変わらない。木質ペレットボイラーの設置条件は概ね次のとおり。

① ペレットボイラーシステムを置くための広さが十分にあること。

ペレットボイラーを導入するにあたり、システムを設置できるスペースに加え、設備をメンテナンスするためのスペースが必要となる。一般的に同出力のペレットボイラーと重油ボイラーの大きさを比べた場合、ペレットボイラーの方が大きく、その他燃料供給装置の取り回しのスペースやペレットサイロのためのスペースも必要となる。

<sup>23</sup> 木質バイオマスボイラ導入マニュアル（山形県最上地域 木質チップボイラ導入 編）、山形県最上総合支庁

場所	名称	役割	刈草ペレット使用時の注意点
①	サイロ	ペレットの貯蔵	発熱量が低いため、燃料の減少が早くなる。
②	バイオマスボイラー	ペレット燃焼及び熱の生成	灰分が多く、クリンカー形成による燃焼阻害が予想されるため、高灰分の燃料を使用できる機種やクリンカーの発生に対応可能な機種を選定する必要がある。
③	集塵機	煤塵の除去 機種によっては不要またはボイラー付帯のものあり	ペレット燃料は比較的飛灰が少ないとの報告*があるが、灰分が多い燃料の場合、煤塵処理能力が大きいものを選択することが望ましい。
④	煙突	排気ガスのスムーズな排出	特になし
⑤	蓄熱タンク	変動出力への対応 種火の熱の吸収	特になし
⑥	給水タンク	ボイラー・蓄熱タンクへの補給	特になし
⑦	熱交換器	二次側への熱供給	特になし
⑧	三方弁	ボイラー缶体への戻り温度低下防止	特になし
⑨	化石燃料ボイラー	バックアップ用	特になし

## ② 燃料運搬のための経路確保

木質ペレットの運搬はフレキシブルコンテナバッグに入れて、車載クレーン付きトラックでペレットサイロに投入するのが一般的である。サイロがトラックの入れない場所やクレーンが届かない場所には設置できない。

## ③ 暖房システムとボイラーの熱源が合致している

施設の暖房システムが、導入するペレットボイラーの供給熱源と合致しないと導入することはできない。例えば、蒸気暖房を行っている施設に温水が供給熱源であるペレットボイラーを導入することはできない。

現在、温浴施設や宿泊施設などの公共施設に導入されているペレットボイラーの多くは温水を熱源としているため、床暖房、パネルヒーターなどの暖房機や吸収式冷凍機などの空調機への利用が考えられる。

## ウ 導入費用

バイオマスボイラーのインシヤルコストの一般的な傾向について、国内に信頼できる定量的なデータがない。「木質バイオマスボイラー導入・運用にかかわる実務テキスト、森林環境リアライズ著」によれば、出力が300kWのボイラーの場合の一般的な設備費は、7,000万～1億2,000万円であり、kW当たり単価で23万円～40万円となる。ペレットボイラーの場合、サイロからの搬出システムを簡易にすることができるため、チップに比べてサイロを安価に仕上げることができる。

表 4-2 バイオマスボイラーの標準的な設備費（300kWの例）<sup>24</sup>

費用項目	価格

<sup>24</sup> 「木質バイオマスボイラー導入・運用にかかわる実務テキスト」より抜粋

ボイラー本体価格	3,000 万円～4,000 万円
工事費	2,000 万円～4,000 万円
サイロ・建屋	2,000 万円～4,000 万円
合計	7000 万～1 億 2,000 万円
kW 単価	23～40 万円/kW

## Ⅰ 適用法令

バイオマスボイラーの導入に関連する法規を下表にまとめる。刈草ペレットも木質バイオマスと同様の固形燃料のボイラーに当てはまる。また、バイオマスボイラーに大きく関係する大気汚染防止法及び消防法に関して詳細を記載する。

表 4-3 バイオマスボイラーの関連法規

No	法規の名称	施設の種類	許可・届出	許可届の必要な規模
1	大気汚染防止法	ばい煙発生施設 (ボイラー)	届出	伝熱面積 10 m <sup>2</sup> 以上、またはバーナー燃焼能力が重油換算 50L/h 以上
	札幌市生活環境の確保に関する条例	ボイラー (熱風ボイラーを含む。)	届出	バーナーの燃焼能力が 15L/h 以上、火格子面積 (火格子の水平投影面積) が 0.25m <sup>2</sup> 以上
2	消防法	火気使用設備	届出	ボイラーの設置届
		サイロ・可燃物貯蔵庫	届出	指定可燃物 1,000kg 以上の貯留 (指定可燃物は市町村条例で定められる)
3	騒音規制法	送風機	届出	原動機の定格出力 7.5kW 以上
4	労働安全衛生法	小型ボイラー	届出	貫流ボイラー伝熱面積 5 m <sup>2</sup> を超え 10 m <sup>2</sup> 以下
5	土壌汚染対策法	—	—	焼却灰を年 2 回計測し、基準値を満たすことが必要
6	建築基準法	建築物に設ける煙突	—	許可・届出の必要はないが構造基準あり

### 4-1-1 大気汚染防止法及び札幌市生活環境の確保に関する条例

工場や事業場に設置されるボイラーなど「ばい煙」を発生・排出する施設は、法や条例に定める「ばい煙発生施設」に該当する場合、届出が必要となる。また、構造基準や排出基準の適用や、自主測定が義務付けられる場合がある。また、ボイラーなど一部のばい煙発生施設については、大気汚染防止法の規模に該当しない場合でも、「札幌市生活環境の確保に関する条例」の規模に該当し、届出が必要な場合がある。

#### a 規制対象 (市条例)

火格子面積が 0.25m<sup>2</sup> 以上又は燃料の燃焼能力が 24kg/h 以上の固体燃料 (木・紙等が燃料) のボイラーはばい煙発生装置であり、以下の基準、規制が適用される。

#### b 構造基準

右図のような構造及び設備が必要である。

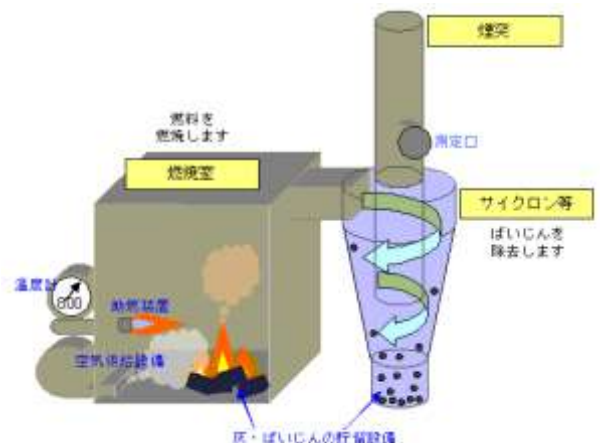


図 4-1 条例によるボイラーの構造基準 (札幌市 HP)

c 管理基準

- ① 燃料投入：燃料を過剰に投入しないこと。廃木材等に混在する塗料及びプラスチック材を選別し、燃料として使用しないこと。
- ② 燃焼室の管理：運転を開始する場合には、助燃装置を作動させる等により、燃焼室内の温度を速やかに上昇させること。供給空気量を調節し、燃焼室内に空気を十分に供給すること。
- ③ 適正な維持管理と集じん装置の作動
- ④ ばいじん及び灰の飛散防止
- ⑤ 管理体制：ボイラーの運転責任者を選任し、適正な維持管理を行わせること。

d 排出規制

ばい煙発生施設を設置している事業者は、排出基準を遵守し、大気を汚染してはいけない。

① 硫黄酸化物

次式により算出した硫黄酸化物の量  $q$ [m<sup>3</sup>/h] (0°C、1atm の状態) が排出基準である。

$$q = K \times 10^{-3} He^2$$

$q$ ：硫黄酸化物量 (単位：温度 0 度、圧力 1 気圧の状態に換算した立方メートル毎時)

$K$ ：定数、札幌市では 4.0 (山間部等一部の地域では 17.5)

$He$ ：有効煙突高さ (単位：メートル)

② ばいじん

下表に札幌市条例におけるばいじんの排出基準を示す。

表 4-4 ばいじんの排出基準 (市条例)

施設の種類の		排出基準(g/m <sup>3</sup> N)
ボイラー	固体燃料	0.3

③ 窒素酸化物

下表に大気汚染防止法における窒素酸化物の排出基準を示す。

ばいじん量は、JISZ8088 によって測定した実測値に次の補正式を用いて算出する。

$$C = (21 - O_n) / (21 - O_s) \times C_s$$

$C$ ：ばいじんの量[g/m<sup>3</sup>N]

$O_n$ ：表中の  $O_n$  値に掲げる値[%]

$O_s$ ：排出ガス中の酸素の濃度[%] (20%を超える場合は 20%とする)

$C_s$ ：ばいじんの実測値[g/m<sup>3</sup>N]

表 4-5 窒素酸化物の排出基準

ばい煙発生施設	規模最大排出ガス量 [万 m <sup>3</sup> N/h]	$O_n$ [%]	規制基準値 [ppm]
固体燃焼ボイラー	4~20	6	250
	0.5~4		350
	0.5 未満		350

## 4-1-2 消防法

ボイラーを設置する場合、能力に関わらず消防署への設置届けが必要である。燃料が刈草ペレットの場合、指定可燃物（再生資源燃料）とされ、1,000kg以上のペレットを保管する場合には、指定可燃物取扱届出が必要となる。さらに、この燃料には保管と取扱基準が定められる。

## 4-1-3 一般的なペレットボイラーの運転及び維持管理に必要な作業

木質ペレットボイラーの日常運転における点検作業項目を以下にまとめる。これらの項目および点検頻度は機種ごとに異なるため、その都度メーカーに確認が必要である。

灰分が多い刈草ペレットを使用する場合は、特に燃焼室内の点検や燃焼灰の処理に関する点検頻度を増やす必要がある。

表 4-6 ペレットボイラーの点検作業項目

点検頻度	点検作業内容	判断基準
毎日	外観点検	汚れ、漏水はないか
	燃焼室内の点検	燃焼状態は正常か 灰は溜まっていないか 空気穴は塞がっていないか 燃焼室内に破損はないか
	モーター・ポンプ	異音はないかを確認
	排気ガス温度	異常に高くないか
	蓄熱タンク	水位の確認
2～3日に1回	サイロの状況確認	燃料の残量確認 燃料の減り具合、詰まりはないか
	燃料搬送装置点検蓋内部の確認	詰まり・ブリッジなどないか
	燃焼室内用の灰箱の点検	溜まっていれば交換
1週間に1回	サイクロン部の灰の点検	溜まっていれば交換
1～2ヶ月に1回	油圧装置の点検	オイルレベルが正常か
	スクリー搬送装置	ベアリングのグリスアップ
	レベルセンサー	汚れがないか
半年に1回	排ガス成分測定※	規定値以内
1年に1回	水質の点検	腐食が進行していないこと

※大気汚染防止法の対象となるバイオマスボイラーのみ

以下にペレットボイラーの一般的な清掃項目をまとめる。清掃頻度は木質ペレット使用時の目安であるため、灰分の多いペレットを使用する場合は清掃の頻度を高める必要がある。

なお、これらの作業はボイラーの燃焼室の温度を下げて、防塵対策を行って作業する必要がある。6～12ヶ月に1回の作業内容に関して、運営管理している施設で作業が行えない場合は、定期点検

時に業者依頼することもある。また、清掃項目に関して、ボイラーの機種ごとに異なるため、その都度メーカーに確認する必要がある。

表 4-7 ペレットボイラーの清掃作業項目

作業頻度	掃除箇所	作業内容
毎日	燃焼室内の清掃 (自動灰出し機能が付いていない場合)	燃焼室の灰の取出し
1～2 ヶ月に 1 回	熱交換用煙管の清掃 (自動清掃機能が付いていない場合)	ブラシなどで煙管内の煤を掃除する
6～12 ヶ月に 1 回	集塵機内部の清掃	工業用掃除機などで清掃
	二次燃焼室の清掃	工業用掃除機などで清掃
	燃焼室内の清掃	工業用掃除機などで清掃
	火格子の分解清掃	火格子を取り外し清掃
	給気口の清掃	工業用掃除機などで清掃
	燃焼室下部の清掃 (移動床の場合)	工業用掃除機などで清掃
	排気ファンの内部清掃	羽に付着した灰の清掃
	煙道、煙突の清掃	工業用掃除機、ブラシなどで点検口より清掃

## ア 維持管理費用

ペレットボイラーの維持管理費用は主に定期点検費（メンテナンス費）、部品修繕費、ばい煙検査費、水質検査費に分けられる。定期点検、部品修繕はどちらもメーカーまたは取扱い業者で行われ、費用にはばらつきがある。定期点検費用には点検整備費（清掃など含む）、交通費、宿泊費等が含まれ、費用はボイラー規模にもよるが年間 10～100 万程度とばらつきがある<sup>25</sup>。特に、導入したボイラーを取扱える業者が遠方にしかない場合は、費用が高くなる傾向にある。

下表に一般的なペレットボイラー（200kW 程度）の修繕部品項目と交換期間の目安をまとめる。部品の消耗は運転時間、使用燃料、運転管理状況等の諸条件によるため、これらの部品の交換・修繕のタイミングは一概に決まっていない。

表 4-8 ペレットボイラーの消耗部品（メーカーヒアリングによる）

部品及び機器	交換目安	費用
動力（モーター類）	5～10 年	10～20 万/台
燃焼室耐火物	5～10 年	30～100 万/式
スクリーン	7～10 年	10～20 万/本
火格子（ロストル）	3～7 年	20～70 万/式
電子部品（制御盤内）	3～10 年	～20 万/部品
制御機器（センサー類）	5～10 年	～5 万/部品

<sup>25</sup> 「木質バイオマスボイラー導入・運用にかかわる実務テキスト」より

ばい煙検査費は、「大気汚染防止法」及び「札幌市生活環境の確保に関する条例」で該当するばいじん発生装置に当てはまる装置が対象となり、年2回、排気ガス中の成分測定を行い、報告をする義務がある。これらの測定はガス測定の専門業者に依頼する必要がある、測定費用で年間15万円程度要する。

水質検査はボイラー、蓄熱タンク、配管等の状態を維持管理するために必要な項目である。水質管理業者に依頼をし、腐食が起こりづらい状態を維持する必要がある。検査費および調整費で年間5万～15万程度必要となる。

## イ 木質ペレット等との併用可否

刈草ペレットに比べて、木質ペレットの発熱量の方が高く均一で、灰分が低いため、基本的に刈草ペレットを使用できるペレットボイラーは木質ペレットも使用できる。しかしながら、木質ペレットの発熱量（約18～20MJ/kg）に比べ刈草ペレットの発熱量（約16～17MJ/kg）は低く、灰分や灰の成分構成も異なるため、同じ燃焼条件の設定や灰出しの設定で使用することは難しい。

一部には、酸素濃度などの燃焼状態をフィードバックして、燃料の供給量や燃焼空気量を自動調整して最適な燃焼状態を保つことができるペレットボイラーもあるが、そのような機種であっても、燃料の性状が大きく変わるような場合は、それぞれの燃料で燃料固有の設定が必要となる。

もし異なるペレットの併用を行う場合は、単一のペレットを期間で分けて使用するか、同じ割合で混合して使用することが望ましい。



## 4-2 札幌市の公共施設での利用可能性調査

市内公共施設のうち、ペレット温水ボイラー導入の可能性があると推察される施設を検討する。施設の熱利用において、ペレット温水ボイラーの適応可能な配管が敷設されている温水を利用している施設（蒸気配管を除く）について、以下のとおり一覧に示す。

表 4-9 温水利用の公共施設

局	施設名	延床面積 (㎡)	灯油 (L):計	A 重油 (L):計	都市ガス (㎡):計	温水 (MJ):計	昼電 (kWh):計	夜電 (kWh):計	使用エネルギー (MJ):計	合計(本年):エネルギー使用量 原油換算 (L)
総務局	本庁舎	42,216	0	0	4,351,630	40,420,394	64,547,020	0	894,328,875	23,073,685
スポーツ局	厚別温水プール	2,926	0	0	0	28,203,607	12,493,915	0	162,982,999	4,204,961
教育委員会 (学校以外)	青少年科学館	10,017	0	0	0	17,121,133	28,552,187	0	309,671,314	7,989,520
東区	東区役所	6,575	0	0	0	14,514,851	9,866,796	1,702,903	133,915,093	3,455,009
市民文化局	札幌エルプラザ 公共施設	9,930	0	0	0	13,890,801	17,551,456	0	235,805,594	6,083,784
教育委員会 (中学校)	もみじ台中学校	5,828	37,205	1,183,514	0	12,909,790	4,144,916	0	106,522,948	2,748,292
スポーツ局	厚別区体育館	4,751	0	0	0	12,128,704	5,330,313	0	69,638,258	1,796,667
教育委員会 (小学校)	もみじの森小学校	8,094	721,773	1,520,970	137,663	7,931,817	4,257,441	0	145,387,789	3,751,005
東区	東区保健センター	2,951	0	0	41,545	7,387,696	3,338,252	0	45,199,164	1,166,138
東区	東区民センター	2,764	0	0	46,209	7,257,423	4,933,400	851,452	69,036,973	1,781,154
まちづくり政策局	もみじ台管理センター	2,108	0	0	85,347	5,946,400	5,585,366	0	67,613,818	1,744,437
教育委員会 (学校以外)	厚別図書館	1,160	0	0	0	3,180,429	1,691,825	299,379	23,971,116	618,455
教育委員会 (学校以外)	札幌市民ホール	6,000	0	0	0	2,719,360	19,812,433	0	201,228,287	5,191,690
市民文化局	時計台	808	0	0	71,502	2,696,158	1,544,105	0	22,279,092	574,801
子ども未来局	東区保育・子育て支援センター	1,119	0	0	667,335	1,156,618	2,128,077	0	52,820,003	1,362,756
東区	東区民センター分室(未)	388	0	0	75,683	685,436	517,450	0	9,496,904	245,020
経済観光局	経済観光局産業振興部商業・金融支援課	270	0	0	0	181,075	682,269	0	7,048,484	181,851
合計		107,905	758,978	2,704,484	5,476,914	178,331,692	186,977,221	2,853,734	2,556,946,711	65,969,225

これらのうち、灯油またはA重油を使用している施設は以下の2施設が選定され、油焚温水ボイラーの代替として、ペレット温水ボイラーの適応可能性があると思われ、施設の詳細調査が必要である。また、電気による温水供給を行っている施設についても、詳細検討が必要だが、ペレット温水ボイラーの適応可能性がある。

表 4-10 温水利用で灯油・A 重油使用の公共施設

局	施設名	延床面積 (㎡)	灯油 (L):計	A 重油 (L):計	都市ガス (㎡):計	温水(MJ):計	昼電 (kWh):計	夜電 (kWh):計	使用エネルギー (MJ):計	合計(本年):エネルギー使用量 原油換算(L)
教育委員会(中学校)	もみじ台中学校	5,828	37,205	1,183,514	0	12,909,790	4,144,916	0	106,522,948	2,748,292
教育委員会(小学校)	もみじの森小学校	8,094	721,773	1,520,970	137,663	7,931,817	4,257,441	0	145,387,789	3,751,005
合計		13,922	758,978	2,704,484	137,663	20,841,607	8,402,357	0	251,910,737	6,499,297

温水プールはバイオマス温水ボイラー導入に適した施設<sup>26</sup>であることが多く、以下の施設は灯油・A 重油を使用していないが、年間を通して熱需要があると思われる。

表 4-11 温水プール

局	施設名	延床面積 (㎡)	灯油 (L):計	A 重油 (L):計	都市ガス (㎡):計	温水(MJ):計	昼電 (kWh):計	夜電 (kWh):計	使用エネルギー (MJ):計	合計(本年):エネルギー使用量 原油換算(L)
スポーツ局	厚別温水プール	2,926	0	0	0	28,203,607	12,493,915	0	162,982,999	4,204,961

これらの3施設は、非常に熱需要の多い施設であって、ペレットボイラー導入の可能性がある施設であり、詳細な調査・検討が必要である。使用されている温水熱量をペレット換算すると、3施設合計で約 3,500t となり、また、ペレット燃料に切り替えた場合の CO<sub>2</sub> 排出削減量は、合計約 4,800t-CO<sub>2</sub> と推計する。

表 4-12 諸元

ペレット低位発熱量	16.5MJ/kg	一般社団法人日本木質ペレット協会 品質規格 (A)
A 重油低位発熱量	36.6MJ/L	一般社団法人都市ガス振興センター
A 重油 CO <sub>2</sub> 排出係数	2.71t-CO <sub>2</sub> /kL	環境省 二酸化炭素排出量算定に用いる排出係数

表 4-13 ペレット換算量及び CO<sub>2</sub> 排出削減量

局	施設名	温水(MJ):計	ペレット換算(t)*	A 重油換算(kL)*	CO <sub>2</sub> 削減量(t-CO <sub>2</sub> )
教育委員会(中学校)	もみじ台中学校	12,909,790	920	470	1,275
教育委員会(小学校)	もみじの森小学校	7,931,817	566	289	783
スポーツ局	厚別温水プール	28,203,607	2,011	1,027	2,784
合計		49,045,214	3,497	1,787	4,842

\* ペレットボイラー効率 85%、更新前油焚ボイラー効率 75%として計算 (炉筒煙管式真空温水器ボイラー効率 85-88% : (社)空気調和・衛生工学会「第 13 版空気調和・衛生工学便覧 2 汎用機器・空調機器篇」、2001)

<sup>26</sup> 「一村一エネ」取組事例集：札幌市木質ペレット普及拡大推進モデル事業「コープさっぽろルーシー店（温水プール）へのペレットボイラーの導入」北海道経済部産業振興局環境・エネルギー室省エネ・新エネグループ (<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kz/kke/sene2/1son1ene-ex3.pdf>)

## 4-2-1 事例検討

札幌市では、刈草、剪定枝およびこれらの混合物について、市内5か所の破砕処理工場及び清掃工場において受入処理を行っている。篠路破砕工場地区では、清掃工場が廃止されたため、当施設へ自己搬入された刈草等は破砕処理後、別の清掃工場へ輸送され焼却処理されている。ここでは、篠路破砕工場地区に自己搬入されている刈草の利用可能性について検討する。

### (1) 工場熱エネルギーのペレット燃料による代替可能性

#### ア 刈草および剪定枝の発生量

平成28年度の刈草および剪定枝の自己搬入量の集計を示す。市内全工場に対し、篠路破砕工場における搬入量の割合は、草40%、剪定枝9%となっている。

今回は、篠路破砕工場において利用可能と想定される当工場搬入量に限定して検討を行い、全工場搬入量の取り扱いについては、将来的な可能性にとどめる。

刈草は夏期間に多く持ち込まれ、冬期間は少ないという傾向にあり、搬入量のピーク月の7月だけで約1,200tにも達するが、これは年間合計の約4割を占める量に相当する。

刈草は工場に搬入された時点において、含水率が高い傾向にあり、木質と異なり腐敗しやすいと言われていることから、速やかな破砕・乾燥を行い、ペレット成型化まで行うことを想定する。

なお、刈草の搬入量は年間を通して一定ではなく、特に6~7月頃の搬入量が多い時期に、速やかに乾燥処理を行う体制・システム等について、十分な検討が必要である。

表 a-1 草本類の自己搬入量集計（平成28年度）

	全工場		篠路破砕工場付帯施設	
	草	剪定枝	草	剪定枝
平成28年	重量 (kg)	重量 (kg)	重量 (kg)	重量 (kg)
4月	-	-	-	-
5月	-	-	-	-
6月	1,839,510	93,890	914,920	12540
7月	2,330,810	180,640	1,199,930	9720
8月	871,000	290,410	411,140	42830
9月	919,850	473,950	47,950	19420
10月	969,420	393,360	242,790	33790
11月	401,530	557,020	136,100	53580
12月	10,240	102,440	-	-
1月	-	-	-	-
2月	-	-	-	-
3月	-	-	-	-
計	7,342,360	2,091,710	2,952,830	171,880
割合			40%	8%

## イ 篠路破碎工場付帯施設の概要

篠路破碎工場付帯施設には、資源化工場（RDF 製造）、破碎工場、RDF 貯蔵施設、廃止した清掃工場、管理棟等の施設が含まれる。

これらの施設へは、廃止した清掃工場内に設置されている重油焚き蒸気ボイラーから、暖房・給湯の熱供給が行われている。

資源化工場と破碎工場では、工場内天井の広範に蒸気ヒーターが設置されており、冬期間の暖房として利用されているほか、資源化工場への傾斜スロープのロードヒーティングの熱源やその他給湯に利用されている。蒸気収支において、全抽気に対して、約 6～7 割もの蒸気が資源化工場へ供給されており、また、約 2～4 割の蒸気が破碎工場へ供給されており、両施設は、当工場の熱需要の大部分を占めていることがわかる。

廃止した清掃工場は本来の施設としての機能は完了しているため、今後、除却される可能性もあり、また、その他の施設においても、建替え等の更新が今後検討されていくことを鑑みて、全体利用計画を検討する必要がある。



(左) RDF 貯蔵庫 (右) 清掃工場



管理棟



蒸気配管



資源化工場への搬入スロープ



破砕工場（左側）



破砕工場内部



資源化工場 搬入スロープ



資源化工場（2階）

写真 a-1 篠路破砕工場付帯施設

現在の篠路破砕工場付帯施設の熱需要概要は以下のとおりで、稼働日数は、週 6 日稼働で、日・祝日休みとなっている。

表 a-2 篠路破砕工場付帯施設の熱需要概要

施設名	稼働時間	現在の熱需要	備考
資源化工場	16h	上りスロープロードヒーティング（温水）・天井ヒーター（蒸気）・給湯	RDF 製造含まず・下りスロープロードヒーティング停止（除雪にて対応）
破砕工場	8h	天井ヒーター（蒸気）・給湯	
清掃工場・管理棟	8h	暖房（蒸気）・給湯	



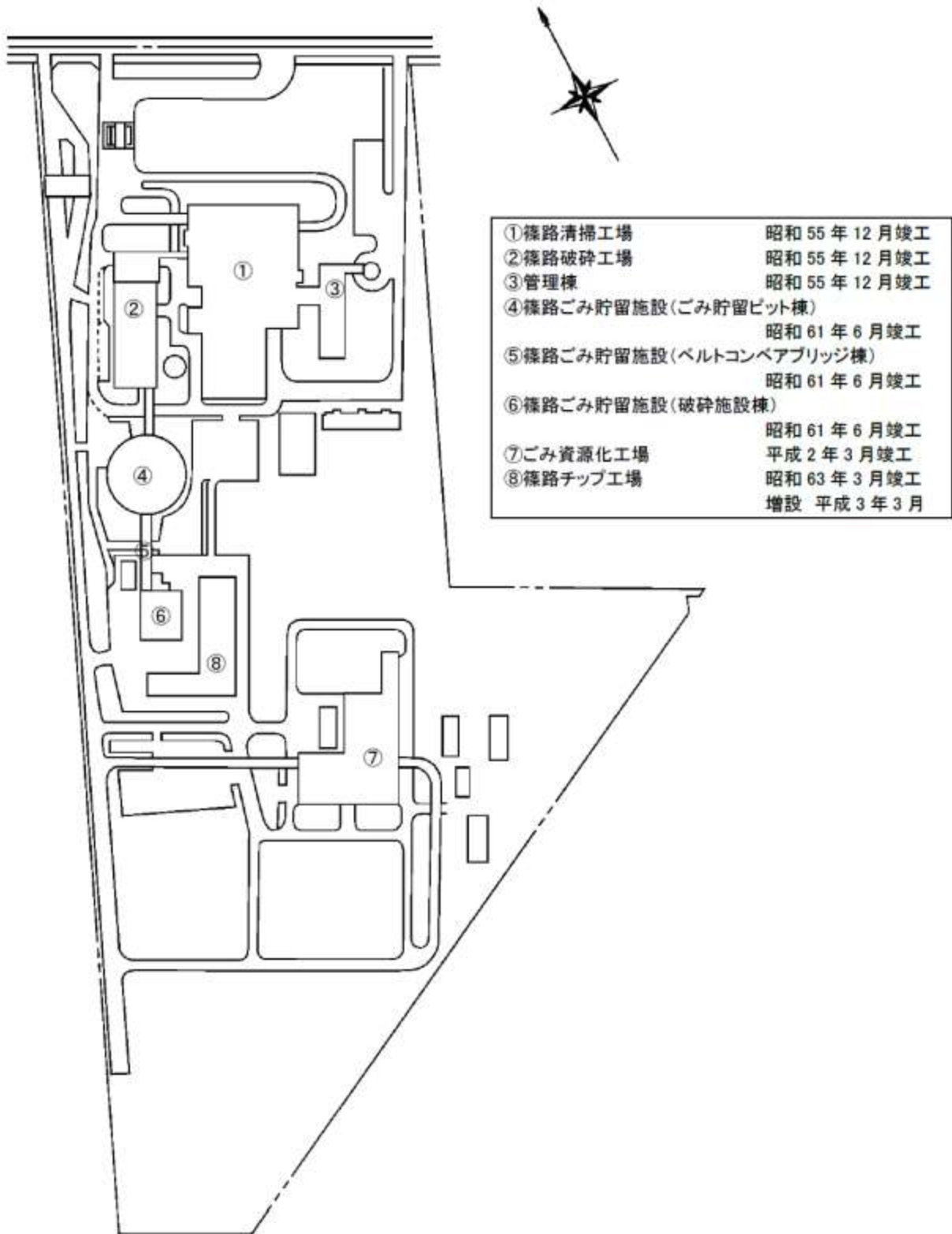


図 a-2 篠路破砕工場地区の廃棄物処理施設等

## ウ 燃料消費量と蒸気収支

過去3か年のA重油使用量から、蒸気収支のうち資源化工場とその他（破碎工場等）における蒸気使用量について、A重油換算量とペレット換算量を計算すると、A重油使用量は611kL（約97%相当）、ペレット換算量は1,332tと算出した。資源化工場と破碎工場の天井に敷設されているヒーターからの上部への放熱ロスが相当量あると推察され、例えば、作業者が待機している場所に限定して温風ヒーターを設置するなど省エネ化を検討することが望ましい。

資源化工場とその他（破碎工場等）におけるA重油使用量は、それぞれ407kL/年（全体の64.5%）、204kL/年（全体の32.3%）と推計され、月毎変動を図に示す。

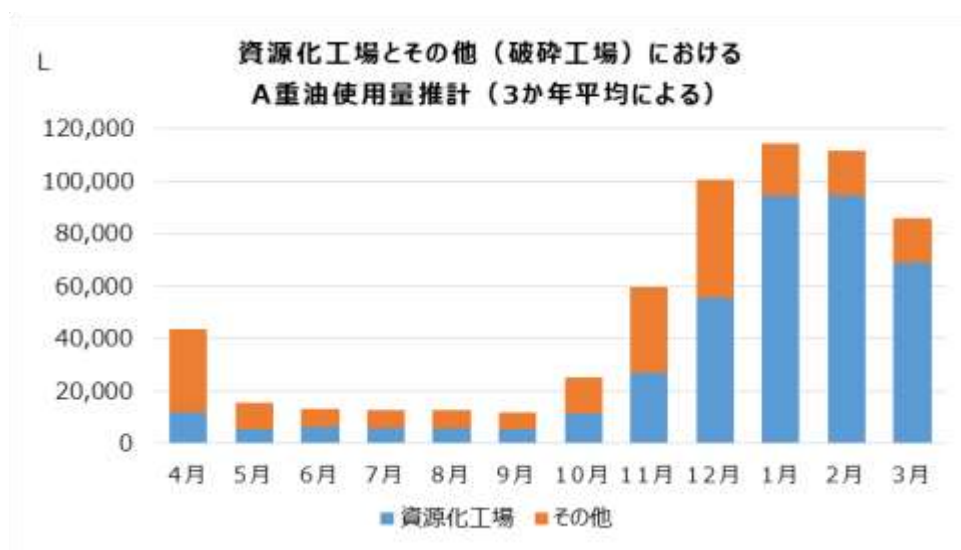


図 a-3 資源化工場とその他（破碎工場等）におけるA重油使用量推計（推定）

資源化工場へのロードヒーティング\*の道路面積等から、ロードヒーティングの熱需要概算は次のとおり推算する。（\* 現在、下りのロードヒーティングは使用せず、除雪にて対応）

ロードヒーティングの熱需要概算：231kW

A重油換算量：約66kL/年

ペレット換算量：約144t/年

したがって、資源化工場と破碎工場の暖房・給湯の熱需要は、ロードヒーティング熱需要を差し引くと、次のとおりになる。

A重油換算量：約545kL/年（611kL/年－66kL/年）

ペレット換算量：約1,188t/年



図 a-4 資源化工場への傾斜スロープのロードヒーティング（黄色）

## 4-2-2 刈草ペレット製造量と乾燥エネルギーの検討

刈草ペレット製造量と必要な乾燥熱量を、以下の前提条件に基づき推計する。

### (1) 前提条件

#### ア 含水率

刈草ペレット製造に係る刈草原料含水率の条件は、NEXCO 中日本の事例を参考に、以下のとおりに設定する。

表 b-1 刈草含水率の前提条件

経過	含水率
刈草搬入時	60%
天日乾燥	50%
一次破碎・二次破碎	40%
乾燥装置・調整（材料）	15%
刈草ペレット	10%

原料となる刈草の搬入時含水率を 60%（湿量基準）と想定し、破碎、乾燥によって、含水率 10～15%まで低減するものとする。

### (2) 刈草ペレット重量

①の場合、製造工程における原料歩留まりを 80%とすると、ペレット製品重量（含水率 10%として）は、1,050t と計算される。

表 b-2 刈草ペレット重量の前提条件（篠路破碎工場地区搬入刈草実績値より）

刈草	単位	6月	7月	8月	9月	10月	11月	合計
搬入重量	kg	914,920	1,199,930	411,140	47,950	242,790	136,100	2,952,830
歩引き重量	t	732	960	329	38	194	109	2,362
乾燥重量	15%-t	344	452	155	18	91	51	1,112
ペレット重量	10%-t	325	427	146	17	86	48	1,050

#### ③稼働時間と稼働日数

稼働時間は、刈草搬入量が多い6-7月頃は16時間、刈草搬入量が減少する8-11月頃は8時間程度として、週6日稼働を基本とする。（現在の稼働時間：資源化工場16時間、破碎工場8時間）

#### ④ペレット製造能力

前項のとおり、現在の刈草搬入量に基づくと、ペレット製造能力は7月（稼働日数25日）の搬入ピーク量に対して、7月の日稼働時間を16時間とした場合、約1.1t/hの製造能力（乾燥能力及び成型能力）が必要となる。

したがって、ペレットプラントは1t/hの製造能力を有するプラントとして検討を行う。



### (3) 乾燥熱量の推計

ペレット製造工程において、乾燥エネルギーが非常に大きいことがよく言われているものの、実際にどの程度のエネルギー（乾燥熱量）を要するかは明確になっていない。

ここでは、平成 26 年からペレット生産事業を展開しているカタログハウス社ソロー事業部からのヒアリングをもとに、以下のとおり乾燥熱量を推計した。乾燥熱量は、プラントの乾燥装置システムや生産量によって異なるものとするが、一例として示す。

生産量：1t/h

乾燥熱量（推計値）：1,873MJ = 520kW

必要乾燥熱量合計（推計値）：約 1,219GJ/年

投入熱量（推計値）：約 1,966GJ/年

ペレット量換算（推計値）：約 117t/年

#### 【事例：カタログハウス社プラント】

カタログハウス社ソロー事業部（茨城県石岡市）は、森林整備・伐採から木質ペレット生産まで自社で手掛ける。同社は、平成 26 年茨城県石岡市に木質ペレット製造工場を建設し、平成 28 から同工場で針葉樹間伐材をペレット燃料化し、販売開始。

このペレット製造プラントで使用されている乾燥装置の熱源は木質燃料燃焼炉で、インバータ制御による誘引ファンによって送風を行い、スリーパスロータリーキルン乾燥装置を使用して木質原料（おが粉）を乾燥する。本乾燥装置は、流入空気が装置を抜けるまでに 3 回装置内を通過するため、一般的なキルン乾燥装置よりも効率がよいとされている。製造能力 400kg/h のプラントで、投入燃料は約 50kg/h の廃木材である。



写真 b-1 カタログハウス社プラント・ペレット製造工程

### 4-2-3 需要施設の熱負荷検討

暖房・給湯の熱負荷について、資源化工場と破碎工場の月毎単位熱負荷を概略推計する。ここでは、気温の変化等による時間熱負荷変動は考慮していないため、詳細検討を別途要する。

表 c-1 資源化工場と破碎工場における単位熱負荷概略推計

3 か年 平均	日数 日	A重油	蒸気	蒸気	日当 り時間 h/日	時間当 たりA重油 使用量 L/h	単位熱 負荷① kW	蒸気	日当 り時間 h/日	時間当 たりA重油 使用量 L/h	単位熱 負荷② kW	合計 (①+②) kW
		蒸気 ボイラー L	全抽気 t	資源化 工場 t				破碎 工場 t				
4月	24	48,567	461	111	16	30	309	304	8	167	1,694	2,002
5月	24	16,810	123	38	16	14	138	75	8	53	543	681
6月	26	14,340	74	32	16	15	153	36	8	33	338	491
7月	25	14,247	58	23	16	14	143	30	8	36	369	511
8月	26	14,673	59	23	16	14	139	29	8	34	349	488
9月	24	12,793	69	28	16	13	137	36	8	35	353	490
10月	25	26,933	199	83	16	28	284	103	8	70	710	994
11月	24	62,480	1,044	449	16	70	711	546	8	170	1,729	2,441
12月	25	103,850	2,030	1,084	16	139	1,409	883	8	226	2,296	3,705
1月	24	117,500	1,737	1,395	16	246	2,498	294	8	104	1,054	3,552
2月	23	112,450	1,690	1,422	16	257	2,613	255	8	92	936	3,549
3月	26	86,380	1,185	944	16	165	1,682	232	8	81	825	2,507
計	296	631,023	8,732	5,632				2,822				

次に、月毎の平均負荷変動の概略推計について、乾燥、暖房・給湯、ロードヒーティングの各熱負荷の月毎平均値について一覧にまとめる。乾燥工程は夏期間が中心であり、乾燥負荷を加えても、現在の冬期間の年間最大負荷を上回ることにはないことを推察する。

省エネ化の検討と原料となる刈草との需給バランスを勘案して、必要なボイラー規模を検討する必要がある。

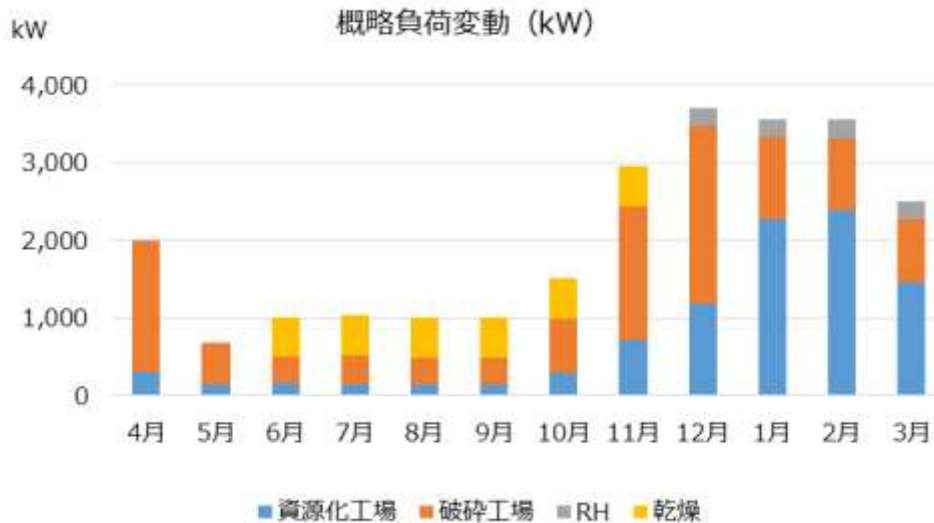


図 c-1 月毎平均負荷変動の概略推計

表 c-2 月毎平均負荷変動の概略推計

負荷 kW	暖房・給湯		ロード ヒーティング	乾燥	合計
	資源化工場	破砕工場			
4月	309	1,694			2,002
5月	138	543			681
6月	153	338		520	1,011
7月	143	369		520	1,031
8月	139	349		520	1,008
9月	137	353		520	1,010
10月	284	710		520	1,514
11月	711	1,729		520	2,961
12月	1,178	2,296	231		3,705
1月	2,267	1,054	231		3,552
2月	2,382	936	231		3,549
3月	1,451	825	231		2,507

なお、ペレット製造の乾燥工程は、350℃程度の熱風を乾燥装置に送風する必要があり、別途専用の熱源装置を要する。カタログハウス社における乾燥装置には連結して燃焼炉が設置され、廃木材を燃料として活用している。

篠路資源化・破砕工場等施設においては、剪定枝を乾燥装置の燃料として活用できる可能性があることから、剪定枝の熱量計算を行い、後で試算するペレット乾燥熱負荷を賄えるか検討する。

搬入される剪定枝の含水率は生木相当の含水率 50%程度の可能性があるが、4～8 か月程度自然乾燥で含水率 25%まで低減させて利用すると仮定し<sup>27</sup>、その際の木材発熱量及び重油換算量を示す。剪定枝発熱量の重油換算量は、篠路破砕工場地域の剪定枝では約 40kL/年、市内全工場の剪定枝では約 482kL/年に相当する。

表 c-3 剪定枝の重油換算量

施設	剪定枝							
	全工場				篠路破砕工場付帯施設			
単位	重量 (kg)	重量 (25%WB・kg)	発熱量 (MJ)	重油換算 (L)	重量 (kg)	重量 (25%WB・kg)	発熱量 (MJ)	重油換算 (L)
4月	-	-			-			
5月	-	-			-			
6月	93,890	62,593	791,180	21,617	12,540	8,360	105,670	2,887
7月	180,640	120,427	1,522,193	41,590	9,720	6,480	81,907	2,238
8月	290,410	193,607	2,447,188	66,863	42,830	28,553	360,914	9,861
9月	473,950	315,967	3,993,819	109,121	19,420	12,947	163,646	4,471
10月	393,360	262,240	3,314,714	90,566	33,790	22,527	284,737	7,780
11月	557,020	371,347	4,693,822	128,246	53,580	35,720	451,501	12,336
12月	102,440	68,293	863,228	23,585	-	-	-	-
1月	-	-	-	-	-	-	-	-
2月	-	-	-	-	-	-	-	-
3月	-	-	-	-	-	-	-	-
計	2,091,710	1,394,473	17,626,143	481,589	171,880	114,587	1,448,375	39,573

\*含水率 25%WB の木材低位発熱量：12.64MJ/kg として算定

#### 4-2-4 ペレット製造と熱需要のバランス

##### (1) 現状の熱負荷

資源化工場、その他破砕工場等の暖房・給湯、ロードヒーティング、乾燥の熱負荷について、現状のシステムを踏襲した場合の月毎 A 重油換算量を推計すると、年間 664kL/年に相当する。



図 d-1 A 重油使用量推計

これらの A 重油推計合計から、ペレット換算量を推計すると以下のとおり、刈草ペレット製造量を上回る量となる。

表 d-1 全熱負荷へのペレット供給量推計

	資源化工場	破砕工場等	ロードヒーティング	乾燥	合計	ペレット換算	ペレット製造
	A 重油 (L)					t	
4月	11,665	31,984	-	-	43,648	95	-
5月	5,201	10,260	-	-	15,461	34	-
6月	6,280	6,914	-	16,557	29,751	65	325
7月	5,612	7,254	-	21,715	34,581	75	427
8月	5,692	7,131	-	7,440	20,263	44	146
9月	5,182	6,669	-	868	12,719	28	17
10月	11,193	13,962	-	4,394	29,549	64	86
11月	26,869	32,662	-	2,463	61,993	135	48
12月	38,636	45,163	16,813	-	100,612	219	-
1月	77,544	19,903	16,813	-	114,260	249	-
2月	79,395	16,942	15,186	-	111,523	243	-
3月	51,991	16,879	16,813	-	85,683	187	-
計	341,385	203,931	65,624	53,436	664,376	1,447	1,050

また、乾燥熱源に剪定枝を用いるとした場合のペレット換算量を推計しても、刈草ペレット製造量を上回る量となるため、ペレット製造と熱需要のバランスを考慮した熱供給やシステム検討を行う必要がある。

なお、乾燥熱源に必要な剪定枝は、以下のとおり推計した。

必要剪定枝（含水率 25%WB）：約 156t/年

搬入時剪定枝換算（含水率 50%WB）：約 233t/年

表 d-2 乾燥熱源を除くペレット供給量推計

	資源化工場	その他	ロードヒーティング*	計	ペレット換算	ペレット製造
	A 重油 (L)				t	
4月	11,665	31,984	-	43,648	95	-
5月	5,201	10,260	-	15,461	34	-
6月	6,280	6,914	-	13,194	29	325
7月	5,612	7,254	-	12,866	28	427
8月	5,692	7,131	-	12,823	28	146
9月	5,182	6,669	-	11,851	26	17
10月	11,193	13,962	-	25,155	55	86
11月	26,869	32,662	-	59,530	130	48
12月	38,636	45,163	16,813	100,612	219	-
1月	77,544	19,903	16,813	114,260	249	-
2月	79,395	16,942	15,186	111,523	243	-
3月	51,991	16,879	16,813	85,683	187	-
計	341,385	203,931	65,624	610,940	1,331	1,050

## (2) マテリアル・エネルギーフロー

マテリアル・エネルギーフローについて整理する。

### ア 乾燥工程に刈草ペレットを用いる場合

乾燥工程の燃料に製造した刈草ペレットを用いることにすると、残りの刈草ペレットで、篠路破砕工場地区のロードヒーティングのほか、資源化工場・破砕工場の暖房・給湯に必要な熱量の67%を賅うことができると推算した。

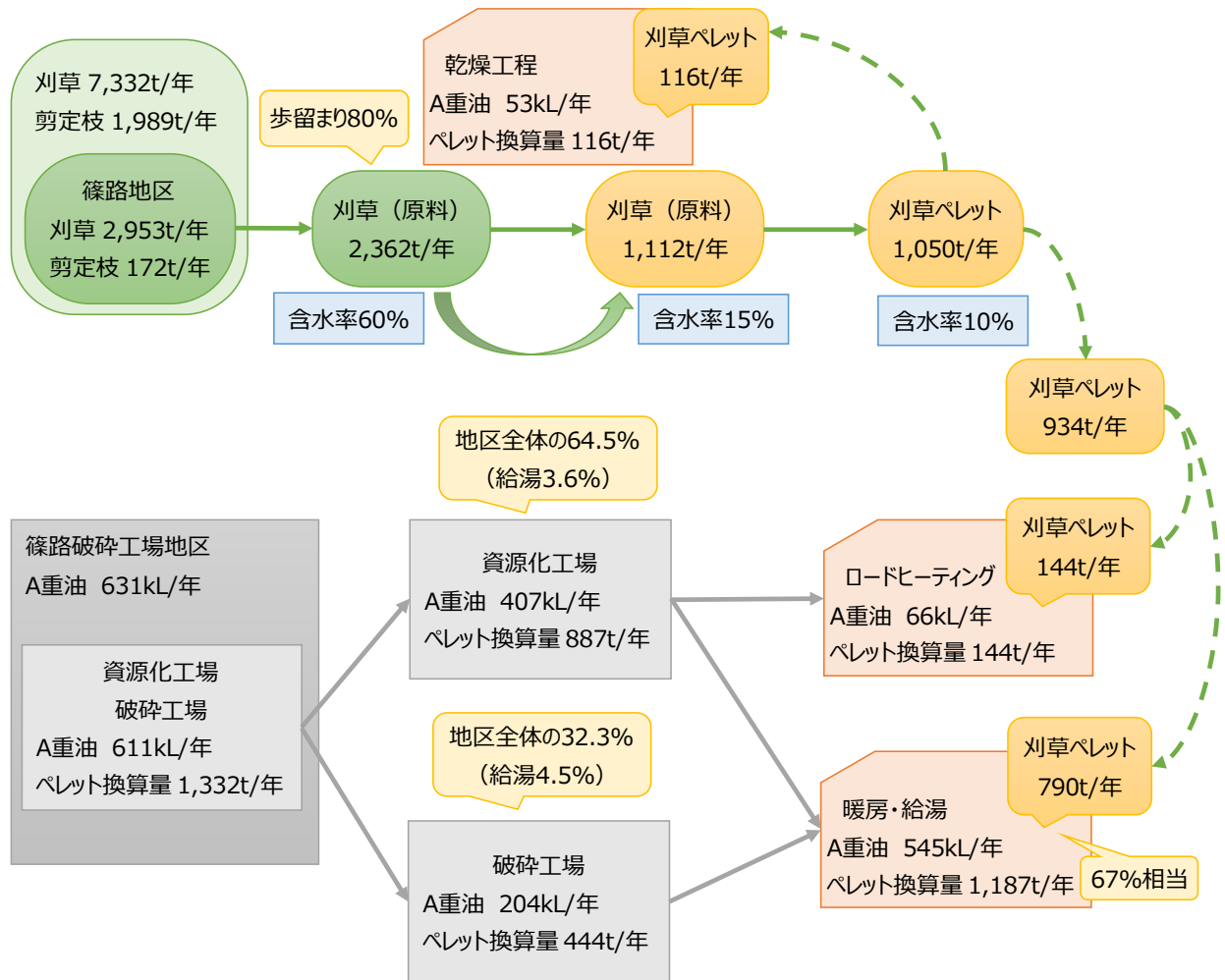


図 d-2 マテリアル・エネルギーフロー図（乾燥工程に刈草ペレットを用いる場合）

（篠路破砕工場地区全体の A 重油は 3 か年（平成 25-27 年度）平均値、刈草・剪定枝は平成 28 年度データに基づく。その他の数値はすべて推計値である。）

イ 乾燥工程に剪定枝を用いる場合

乾燥工程の燃料に剪定枝を用いることになると、製造した刈草ペレットで、篠路破碎工場地区のロードヒーティングのほか、資源化工場・破碎工場の暖房・給湯に必要な熱量の76%を賄うことができる」と推算した。

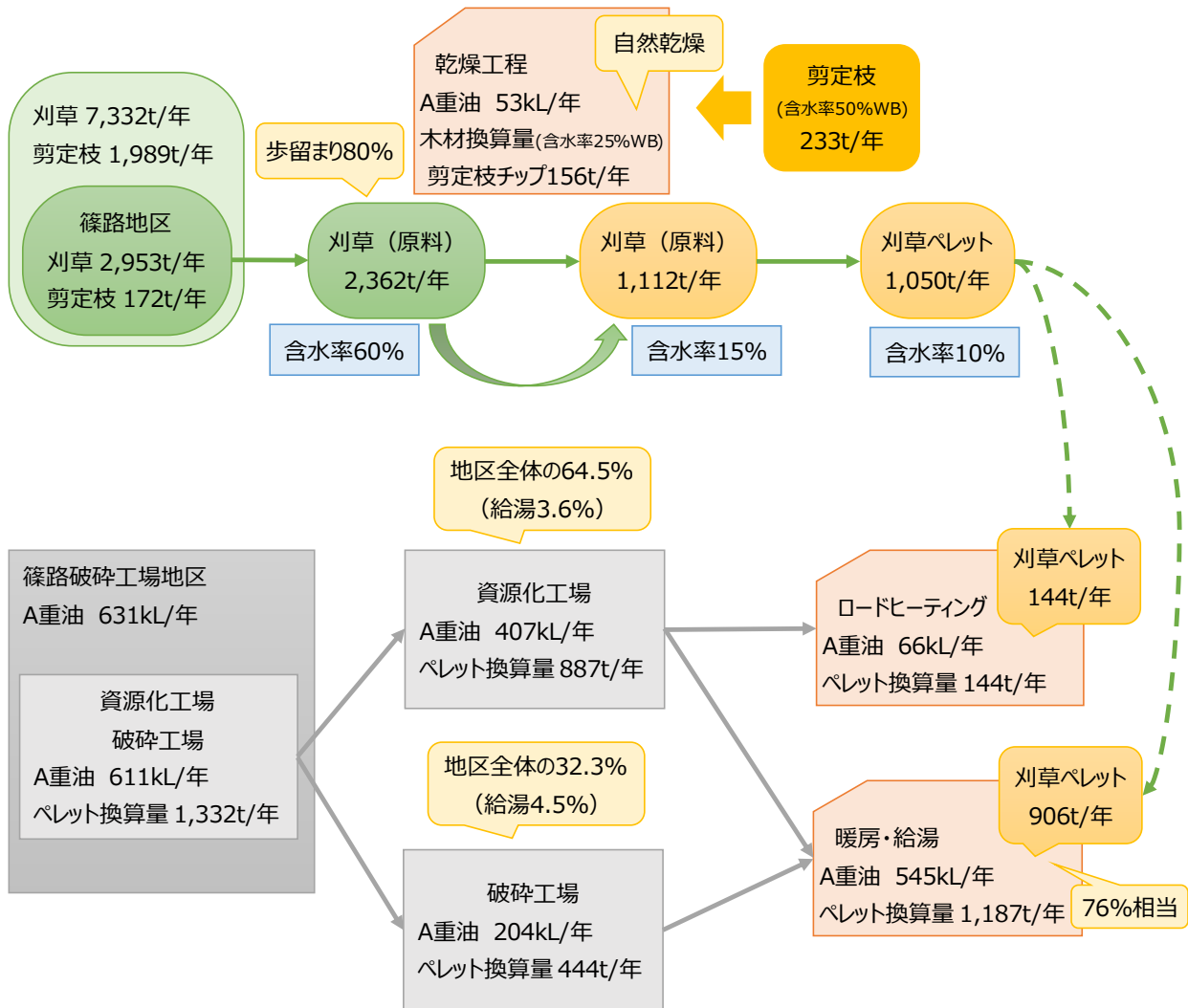


図 d-3 マテリアル・エネルギーフロー図（乾燥工程に剪定枝を用いる場合）

（篠路破碎工場地区全体の A 重油は 3 か年（平成 25-27 年度）平均値、刈草・剪定枝は平成 28 年度データに基づく。その他の数値はすべて推計値である。）



### (3) 熱需要バランスの検討

#### ア 資源化工場への熱負荷の検討\* (\*破砕工場暖房・給湯を除く)

破砕工場暖房・給湯を除く資源化工場等の暖房・給湯、資源化工場の傾斜スロープへのロードヒーティングへの熱負荷ペレット換算量を推計すると、以下のとおり、刈草ペレット製造量を下回り、熱需要とのバランスがとれるものと推察する。

表 d-3 資源化工場（破砕工場暖房・給湯を除く）への熱負荷ペレット換算量推計

	資源化工場	破砕工場	ロードヒーティング*	計	ペレット換算	ペレット製造
	A 重油 (L)				t	
4月	11,665	31,984	-	11,665	25	-
5月	5,201	10,260	-	5,201	11	-
6月	6,280	6,914	-	6,280	14	325
7月	5,612	7,254	-	5,612	12	427
8月	5,692	7,131	-	5,692	12	146
9月	5,182	6,669	-	5,182	11	17
10月	11,193	13,962	-	11,193	24	86
11月	26,869	32,662	-	26,869	59	48
12月	38,636	45,163	16,813	55,449	121	-
1月	77,544	19,903	16,813	94,356	206	-
2月	79,395	16,942	15,186	94,581	206	-
3月	51,991	16,879	16,813	68,804	150	-
計	341,385	203,931	65,624	407,009	887	1,050

※合計には破砕工場 A 重油使用量を含んでいない。

※乾燥工程には剪定枝を用いるとして計算

#### イ 暖房・給湯の部分熱負荷等の検討

資源化工場およびその他施設（破砕工場等）の現在の暖房・給湯負荷の 75%相当量ならびに資源化工場の傾斜スロープへのロードヒーティングへの熱負荷ペレット換算量を推計すると、以下のとおり、刈草ペレット製造量を下回り、熱需要とのバランスがとれるものと推察する。

資源化工場と破砕工場の天井に敷設されているヒーター暖房システムから、限定した場所への温風ヒーター等を設置することで、暖房負荷の低減が可能であると推察され、当該施設へ適応可能な設備・システムの詳細検討を行う必要がある。



表 d-4 暖房・給湯の部分熱負荷（75%相当）ペレット換算量推計

	資源化工場	破碎工場	ロートヒータインク*	計	ペレット換算	ペレット製造
	A 重油 (L)				t	
4 月	8,748	23,988	-	32,736	71	-
5 月	3,900	7,695	-	11,596	25	-
6 月	4,710	5,186	-	9,896	22	325
7 月	4,209	5,441	-	9,650	21	427
8 月	4,269	5,348	-	9,617	21	146
9 月	3,886	5,002	-	8,888	19	17
10 月	8,395	10,471	-	18,866	41	86
11 月	20,151	24,496	-	44,648	97	48
12 月	28,977	33,872	16,813	79,662	174	-
1 月	58,158	14,927	16,813	89,898	196	-
2 月	59,546	12,707	15,186	87,439	190	-
3 月	38,994	12,659	16,813	68,465	149	-
計	256,039	152,948	65,624	474,611	1,034	1,050

※乾燥工程には剪定枝を用いるとして計算

#### 4-2-5 木質バイオマスボイラー規模の検討

篠路破碎工場地区の熱供給を木質バイオマス温水ボイラーによって行うと仮定し、概略熱負荷計算ならびに必要なボイラー規模を算定する。

2月20日13時頃から現地調査によって、建物熱損失量ならびに熱貫流率を推定し、熱負荷計算シミュレーションを実施した。

方法：輻射温度計と水銀温度計によって、外気温、建物室温、建物表面温度等を測定し、次のとおり、熱損失量ならびに熱貫流率を推定した。

- ①外気温度と外側熱伝達率、外側表面温度から熱損失量を算出（推定）する。
- ②熱損失量と室内温度、外気温度から熱貫流率を逆算する。

以下に、調査記録を示す。

	外気温度								
	-4 °C		13:15	2月20日	2017年				
事務室	窓	アルミ	ペアガラス	1.5 m	×	3 m		2 箇所	天井高さ
								9 m <sup>2</sup>	2.5 m
	室温			21 °C					
	壁表面温度			22.4 °C					
ごみ資源化工場			H 2年竣工						
	3F								
	室温			13 °C					
	輻射暖房器表面温度		停止部	21 °C					
			作動部	80 ~		90 °C			8 m
			天井部	17 °C					9.8 m
	腰壁コンクリート			12 °C					1.6 m
	壁 木毛板			12 °C					
	窓			3 m	×	1.8 m		3 箇所	両面
	隣の室								
			天井部	10 °C					9.8 m
			室温	16 °C					
	1F 水処理室								
			床	0.7 °C					
			室内	8 °C					
			シャッター	-1.5 °C					
	2F							天井高さ	5.5 m
			輻射暖房器表面温度	100 °C					5 m
			天井部	22 °C					
	外気温度								
	-3 °C		14:35						
ロードヒーティング			熱交換器	217,000	Kcal/h	20 °C	→	30 °C	
				252	k W				
			蒸気	2	kg/cm <sup>2</sup>				
			温水	350	ℓ/min	21,000	ℓ/h		
			表面	0.6	°C				
			裏面	0.2	°C				
破碎工場			S 55年竣工						
			壁	-1	°C				
			輻射暖房器						9 m

気温条件（外気温）は江別市気象データを使用し、室内気温条件を10℃と設定し、資源化工場ならびに破碎工場において、それぞれ概略熱負荷シミュレーションを実施した。

(i) 資源化工場

表 e-1 資源化工場・概略熱負荷シミュレーション（抜粋）

年月日時	外壁		窓		作業室		換気		計	ON-OFF	外壁		窓		作業室		換気		ロードレディング	給湯	計	合計
	江別 気温(℃)	面積 1.84 換気効率 10	2.676 面積 1.84 換気効率 10	297.6 面積 10 換気効率	1.980 風量 3.5 換気効率	200 風量 55% 換気効率	31.680 風量 0%	200 風量 55% 換気効率			22.320 風量 0%	面積 1.267 換気効率 22	259.2 面積 1.08 換気効率 22	38.88 面積 3.7 換気効率 22	233 風量 1.08 換気効率	500 風量 55% 換気効率	200 風量 55% 換気効率	22.320 風量 0%				
2015/1/1 1:00	-10.5	101.029	36.605	142.065	0	220.810	500.509	0	220.810	500.509	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	731.509
2015/1/1 2:00	-13.1	113.843	41.247	160.083	0	248.815	563.888	0	248.815	563.888	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	794.888
2015/1/1 3:00	-14.2	119.264	43.212	167.706	0	260.663	590.844	0	260.663	590.844	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	821.844
2015/1/1 4:00	-12.9	112.857	40.880	158.697	0	246.660	559.105	0	246.660	559.105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	790.105
2015/1/1 5:00	-10.5	101.029	36.605	142.065	0	220.810	500.509	0	220.810	500.509	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	731.509
2015/1/1 6:00	-9.5	96.101	34.619	135.135	0	210.038	476.094	0	210.038	476.094	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	703.094
2015/1/1 7:00	-8.1	89.201	32.319	125.433	0	194.958	441.813	0	194.958	441.813	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	672.813
2015/1/1 8:00	-6.6	81.809	29.641	115.038	0	178.802	405.290	0	178.802	405.290	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	636.290
2015/1/1 9:00	-5.9	78.359	28.391	110.187	0	171.262	388.199	0	171.262	388.199	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	618.199
2015/1/1 10:00	-5.9	78.359	28.391	110.187	0	171.262	388.199	0	171.262	388.199	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	618.199
2015/1/1 11:00	-5.1	74.417	26.963	104.643	0	162.645	368.667	0	162.645	368.667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	599.667
2015/1/1 12:00	-4.6	71.953	26.070	101.178	0	157.260	356.460	0	157.260	356.460	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	577.460
2015/1/1 13:00	-4.1	69.488	25.177	97.713	0	151.674	344.252	0	151.674	344.252	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	575.252
2015/1/1 14:00	-3.9	68.503	24.820	96.327	0	149.720	339.369	0	149.720	339.369	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	570.369
2015/1/1 15:00	-4.2	69.981	25.356	98.406	0	152.951	346.694	0	152.951	346.694	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	573.694
2015/1/1 16:00	-6.2	79.838	28.927	112.266	0	174.493	395.524	0	174.493	395.524	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	626.524
2015/1/1 17:00	-7.3	85.259	30.891	119.889	0	186.342	422.380	0	186.342	422.380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	653.380
2015/1/1 18:00	-8.3	90.187	32.676	126.819	0	197.113	446.796	0	197.113	446.796	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	677.796
2015/1/1 19:00	-9.5	96.101	34.619	135.135	0	210.038	476.094	0	210.038	476.094	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	703.094
2015/1/1 20:00	-9.2	94.623	34.284	133.056	0	206.807	468.769	0	206.807	468.769	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	695.769
2015/1/1 21:00	-10.9	103.001	37.319	144.637	0	225.118	510.275	0	225.118	510.275	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	741.275
2015/1/1 22:00	-11.3	104.972	38.033	147.609	0	229.427	520.041	0	229.427	520.041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	751.041
2015/1/1 23:00	-11.6	106.450	38.569	149.688	0	232.658	527.365	0	232.658	527.365	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	758.365
計																						
MAX																						

(ii) 破碎工場

表 e-2 破碎工場・概略熱負荷シミュレーション（抜粋）

年月日時	外壁		窓		作業室		換気		計	ON-OFF	外壁		窓		作業室		換気		湯張り	給湯	計	合計
	江別 気温(℃)	面積 1.789 換気効率 10	1.998 面積 1.84 換気効率 10	2.480 面積 1.84 換気効率 10	2.480 風量 3.5 換気効率	22.320 風量 55% 換気効率	22.320 風量 0%	200 風量 55% 換気効率			22.320 風量 0%	面積 259.2 換気効率 22	38.88 面積 3.7 換気効率 22	233 風量 1.08 換気効率	500 風量 55% 換気効率	200 風量 55% 換気効率	22.320 風量 0%	200 風量 55% 換気効率				
2015/1/1 1:00	-10.5	67.828	24.575	177.840	0	155.570	425.914	0	155.570	425.914	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	425.914
2015/1/1 2:00	-13.1	76.431	27.892	200.508	0	175.301	479.832	0	175.301	479.832	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	479.832
2015/1/1 3:00	-14.2	80.070	29.911	210.056	0	183.649	502.786	0	183.649	502.786	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	502.786
2015/1/1 4:00	-12.9	75.769	27.453	198.772	0	173.784	475.777	0	173.784	475.777	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	475.777
2015/1/1 5:00	-10.5	67.828	24.575	177.840	0	155.570	425.914	0	155.570	425.914	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	425.914
2015/1/1 6:00	-9.5	64.519	23.377	169.260	0	147.892	405.138	0	147.892	405.138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	405.138
2015/1/1 7:00	-8.1	59.887	21.898	157.108	0	137.357	376.051	0	137.357	376.051	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	376.051
2015/1/1 8:00	-6.6	54.924	19.900	144.088	0	125.974	344.898	0	125.974	344.898	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	344.898
2015/1/1 9:00	-5.9	52.608	19.081	138.012	0	120.662	330.343	0	120.662	330.343	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	330.343
2015/1/1 10:00	-5.9	52.608	19.081	138.012	0	120.662	330.343	0	120.662	330.343	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	330.343
2015/1/1 11:00	-5.1	49.961	18.102	131.968	0	114.591	313.722	0	114.591	313.722	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	313.722
2015/1/1 12:00	-4.6	48.307	17.502	126.728	0	110.796	300.334	0	110.796	300.334	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	300.334
2015/1/1 13:00	-4.1	46.653	16.903	122.388	0	107.002	292.946	0	107.002	292.946	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	292.946
2015/1/1 14:00	-3.9	45.991	16.663	120.652	0	105.484	288.790	0	105.484	288.790	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	288.790
2015/1/1 15:00	-4.6	46.983	17.023	123.256	0	107.791	293.023	0	107.791	293.023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	293.023
2015/1/1 16:00	-6.2	53.601	19.421	140.616	0	122.839	336.576	0	122.839	336.576	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	336.576
2015/1/1 17:00	-7.3	57.240	20.739	150.164	0	131.286	359.430	0	131.286	359.430	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	359.430
2015/1/1 18:00	-8.3	60.549	21.938	158.844	0	138.675	380.296	0	138.675	380.296	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	380.296
2015/1/1 19:00	-9.5	64.519	23.377	169.260	0	147.882	405.138	0	147.882	405.138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	405.138
2015/1/1 20:00	-9.2	63.527	23.017	166.656	0	145.705	398.805	0	145.705	398.805	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231.000	231.000	398.805
2015/1/1 21:00	-10.9	69.152	25.065	181.412	0	158.766	434.224	0	158.766	434.224	0	0</										

この場合、(2)マテリアル・エネルギーフロー（乾燥工程の燃料に刈草ペレットを使用する場合）で推計した工場（ロードヒーティングを除く）へのペレット供給可能量 740t/年を下回ることから、当該施設に搬入された刈草から作られたペレットで、当工場のすべての熱負荷を賄えるものと考え

表 e-3 負荷合計

	単位	資源化工場	破砕工場	合計
最大熱負荷	W	959,103	629,951	1,589,054
	kW	959	630	1,589
年間熱負荷	W	1,788,795,856	999,051,541	2,787,847,396
年間熱負荷	kWh	1,788,796	999,052	2,787,847
ペレット低位発熱量	MJ/kg	16.8	16.8	
ボイラー熱効率	—	85%	85%	
ペレット使用量	kg	450,957	251,862	702,819

今後は、工場の詳細な断熱性能（熱損失量・熱貫流率等）を調査し、また、適応可能な暖房システムの構築を検討し、事業経済性を検討する必要がある。

## 4-3 札幌市内の地域熱供給事業者での利用可能性調査

### 4-3-1 北海道熱供給公社光星エネルギーセンターへの利用可能性検討

#### (1) 施設概要

株式会社北海道熱供給公社では札幌市都心部を中心に熱及び電気の地域熱供給を行っている。札幌市内光星エネルギーセンター（札幌市東区北十一条東9丁目1番28号）も北海道熱供給公社の熱供給拠点の一つであり、札幌市光星地区の14棟の住宅棟及び、東区役所、保健センターなど8件の業務棟へ熱供給をおこなっている。光星エネルギーセンターではガスボイラー（33.8GJ/h）が1台、灯油ボイラー（33.8GJ/h）が1台設置されており、それぞれ天然ガスと灯油が燃料である。主にガスボイラーのみが稼働し、灯油ボイラーはガスボイラーの定期点検時及び月に1回の灯油ボイラーの試運転時以外は稼働していない。熱供給には高温水が用いられ、夏期は140℃、冬期は160℃で供給している。

表 4-14 光星エネルギーセンターに設置されているボイラーの仕様

型式	タカオ FT-W120P
出力	33.8GJ/h×2基
燃料	1号ボイラー：天然ガス、2号ボイラー：灯油
最高使用圧力	1.18MPa

下図に光星エネルギーセンターの供給熱量の季節別負荷パターンを示す。冬期間の負荷変動は13GJ/hから20GJ/hと変動が大きく、ピークについて朝8時に約20GJ/h、17時から19時に約18GJ/hの負荷がある。一方、夏期及び端境期の負荷は1日通して5GJ/h以下（1～5GJ/h、5GJ/h=5000MJ/h÷3600s/h=1.389MW≒1400kW）の負荷で推移している。

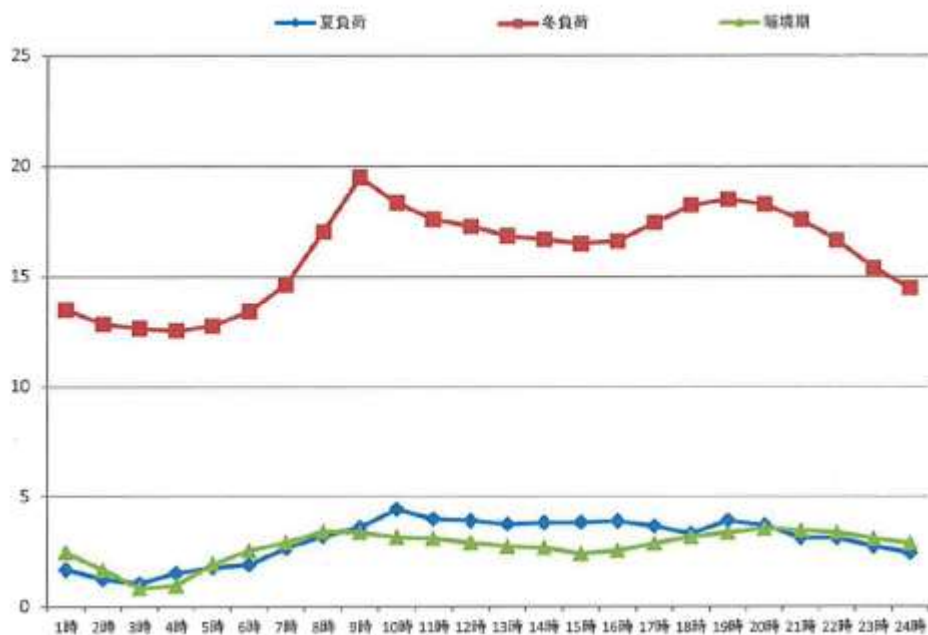


図 4-2 光星エネルギーセンターの供給熱量の季節別負荷パターン

(北海道熱供給公社提供資料)

## (2) バイオマスボイラー導入の課題

夏期及び端境期の 1400kW 程度の負荷をベース負荷と考え、木質バイオマスボイラーで賄うことは考えられる。しかしながら、バイオマスボイラーの導入を検討する場合、いくつか課題が挙げられる。

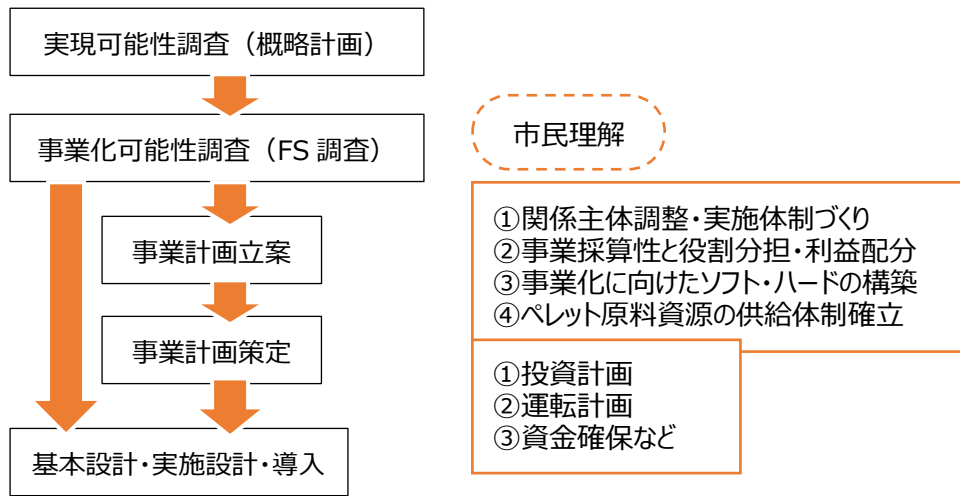
- ・ 既存の熱供給システムを使用する場合、高温・高圧下（180 度、1.2MPa 程度）で使用できるバイオマスボイラーが不可欠であるが、このような高温・高圧下で使用する温水ボイラーを取扱っている業者が少なく、特別発注となる。
- ・ 光星エネルギーセンター内には、現在設置されている機種ボイラーがもう一台設置できるだけのスペースはある（煙道や配管が途中まで延びている）が、一般的にバイオマスボイラーは化石燃料ボイラーと比べるとサイズが大きく、付帯設備のスペース等も必要となるためバイオマスボイラーを設置できるかどうかは検討が必要である。
- ・ サイロの設置場所の検討が必要  
→夏期間平均 3GJ/h=840kW で 24 時間稼働させた場合、刈草ペレットの発熱量を 16.75MJ/kg とし、熱効率を 80% とすると  $840\text{kW} \times 24\text{h} \div 0.8 \times 3.6\text{MJ/kWh} \div 16.75\text{MJ/kg} = 5,416\text{kg/日}$  となり、1 日あたり約 5.4 t の燃料を使用することになる。ペレットのかさ密度を 650kg/m<sup>3</sup> とした場合、1 日約 8.3m<sup>3</sup> のペレットが必要となり、4 日分のストックを考えた場合約 33m<sup>3</sup> のサイロが必要である。現在、使用していない 150kL=150 m<sup>3</sup> の油タンクがあり、改造・改修をして使用できる可能性がある。
- ・ 施設周辺には比較的高い公営住宅が建てられており、臭気、排ガス対策の検討も行い、周辺住民の同意を得ることが必要である。

#### 4-4 概略工程

刈草ペレット製造事業化に向けて、概略工程を検討する。本実現可能性調査（概略計画）を踏まえて、刈草ペレットの試作と灰の溶融点等の分析、熱負荷等の詳細調査、事業経済性等の検討を行う事業化可能性調査（FS 調査）を実施し、以下のような事業計画立案・策定のプロセスに沿って検討する。

FS 調査を実施する中で、事業主体を構成し、事業計画を立案する流れが基本となる。

ペレット製造プラントや、ボイラー及び暖房機器整備等の事業化に際しては、老朽化している施設の更新計画等によって影響されることから、基本設計を行ったうえで、当該状況を勘案する必要性があれば、実施設計に反映させるようにするのがよい。



以下に概略工程表（案）を示す。

表 4-15 概略工程表

実施項目	平成 29 年度	平成 30 年度	平成 31 年度	平成 32 年度	平成 33 年度
事業化可能性調査(FS 調査)	→				
事業計画立案		→			
事業計画策定		→			
基本設計・実施設計		→			
導入(施設整備)			→		

木質バイオマスや廃棄物の資源化・エネルギー利用において、FS 調査、事業化計画策定や基本設計等のソフト事業は、国や道の補助事業等を活用して実施することができるほか、実施設計及び導入事業のハード事業においても、国や道の補助事業等が用意されている。

表 4-16 木質バイオマスに関する国の補助制度等一覧

0	事業名	省庁・団体	事業内容	備考	URL
1	公共施設への再生可能エネルギー・先進的設備等導入推進事業	環境省	防災拠点、避難施設及び災害時に機能を保持すべき公共施設への、再生可能エネルギー、未利用エネルギー、蓄電池等の導入を支援	グリーンニューディール基金事業から本事業に変更 防災拠点であることが条件	<a href="http://www.env.go.jp/guide/budget/h27/h27-gaiyo-2/020.pdf">http://www.env.go.jp/guide/budget/h27/h27-gaiyo-2/020.pdf</a>
2	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	環境省 (農林水産省連携)	原木の加工、燃料の運搬、木質バイオマスのエネルギー利用等を行うための施設をリース方式により一体的に導入し、先導的な技術やシステムを実証する事業を行うと共に、施設の導入・運用を通じ、課題の整理やその克服方法の検討等を行う。	線表では、平成 27 年度の公募がない模様	<a href="https://www.env.go.jp/guide/budget/h27/h27-gaiyo-2/065.pdf">https://www.env.go.jp/guide/budget/h27/h27-gaiyo-2/065.pdf</a>
4	地域バイオマス産業化推進事業	内閣府、総務省、文科省、農水省、経産省、国交省、環境省	地域のバイオマスを活用した産業化を推進し、環境にやさしく災害に強いまち・むらづくりを目指すバイオマス産業都市の構築を支援	バイオマス産業都市関連の事業	<a href="http://www.maff.go.jp/j/budget/2015/pdf/63_27_youkyu.pdf">http://www.maff.go.jp/j/budget/2015/pdf/63_27_youkyu.pdf</a>
8	森林・林業再生基盤づくり交付金	農水省 林野庁	木造公共建築物や木質バイオマスの供給・利用を促進する施設など木材利用の拡大に資する施設の整備を支援	CLT と木質バイオ利用(ベレット工場建設、ボイラ・ストーブの貸付)	<a href="http://www.maff.go.jp/j/budget/2015/pdf/19_27_kettei.pdf">http://www.maff.go.jp/j/budget/2015/pdf/19_27_kettei.pdf</a>
				道を経由した補助事業となっている	道庁提供の資料を参照
9	バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業	経済産業省 NEDO	地域自立システム化実証(平成 28～32 年度)バイオマス種(木質系、湿潤系、都市型系、混合系等)ごとに、FSにおいて事業性があると評価できた事業の実証事業を実施	実証実験(新規開発)	<a href="http://www.nedo.go.jp/koubo/FF2_10_0115.html">http://www.nedo.go.jp/koubo/FF2_10_0115.html</a>
11	新エネルギー導入加速化基金事業	北海道	エネルギー地産地消事業化モデル支援:地域エネルギーの効率的な生産・消費の管理から供給までの仕組みづくりを支援する。計画期間は最長 5 か年、1 年毎に 1 億円を上限。	4 件程度 事業計画の策定化から実施までの一体的な支援	

表 4-17 設備更新等の補助制度一覧

省庁・団体	外郭団体	事業名	URL
経済産業省 資源エネルギー庁	一般社団法人 環境共創イニシアチブ	エネルギー使用合理化特定設備等導入促進事業費補助金	<a href="https://sii.or.jp/rishihokyu28/executive.html">https://sii.or.jp/rishihokyu28/executive.html</a>
経済産業省 資源エネルギー庁	一般社団法人 環境共創イニシアチブ	再生可能エネルギー事業者支援事業費補助金	<a href="https://sii.or.jp/re_energy28/">https://sii.or.jp/re_energy28/</a>
日本政策金融公庫		環境・エネルギー対策資金	<a href="https://www.jfc.go.jp/n/finance/search/15_kankyoutaisaku.html">https://www.jfc.go.jp/n/finance/search/15_kankyoutaisaku.html</a>
経済産業省 資源エネルギー庁	一般社団法人 都市ガス振興センター	電気・熱エネルギー高度利用支援事業費補助金	<a href="http://www.gasproc.or.jp/corgene/gaiyos.html">http://www.gasproc.or.jp/corgene/gaiyos.html</a>
経済産業省 資源エネルギー庁	一般社団法人 都市ガス振興センター	エネルギー使用合理化事業者支援補助金(民間団体等分)(天然ガス分)	<a href="http://www.gasproc.or.jp/ngas/main.html">http://www.gasproc.or.jp/ngas/main.html</a>
経済産業省 資源エネルギー庁	一般社団法人 新エネルギー導入促進協議会	地産地消型再生可能エネルギー面的利用等推進事業費補助金	<a href="http://www.nepc.or.jp/topics/2016/0418_1.html">http://www.nepc.or.jp/topics/2016/0418_1.html</a>



## 5. 公共施設での既設ペレットボイラー等の利用状況等調査

### 5-1 設置状況及び現地調査

札幌市の公共施設に設置されているペレットボイラーの運用状況を調査し、既設のペレットボイラーで草本類ペレットを利用できる可能性と木質ペレットに替わり草本類ペレットを使用する場合の留意事項について検討する。

下表にペレットボイラーが設置されている札幌市内の公共施設の一覧を示す。

表 5-1 公共施設導入箇所概要

	施設名称	所在地	設置年月	メーカー名	型番・型式	出力 (1基)	台数
1	円山動物園動物科学館	中央区	H22年9月	御池鐵工所	MBW-P-25	291kW	1基
2	山本処理場	厚別区	H23年2月	二光エンジニアリング	RE-10B	116kW	1基
3	円山動物園 は虫類館・両生類館	中央区	H23年3月	シュミット	UTSL-80T	80kW	1基
4	北白石小学校・北白石中学校	白石区	H24年7月	二光エンジニアリング	RE-50N	580kW	2基
5	円山動物園 熱帯雨林館	中央区	H24年9月	シュミット	UTSL-80T	80kW	1基
6	北九条小学校	北区	H25年3月	御池鐵工所	MBW-P-40	465kW	1基
7	手稲中学校	手稲区	H25年3月	ノルディング	LCS-RU450	450kW	1基
8	南郷小学校	白石区	H26年3月	二光エンジニアリング	RE-35N	407kW	1基
9	東札幌小学校	白石区	H26年3月	御池鐵工所	MBW-P-40	465kW	1基
10	開成中等学校	東区	H26年7月	二光エンジニアリング	RE-35N	407kW	2基
11	屯田小学校	北区	H27年5月	御池鐵工所	MBW-P-40	465kW	1基
12	中島中学校	中央区	H27年3月	巴商会	ENER-D240A	240kW	1基
13	啓明中学校	中央区	H27年3月	御池鐵工所	MBW-P-30	349kW	1基
14	円山動物園 アフリカゾーン	中央区	H27年3月	巴商会	ENER-D200A	200kW	1基
15	白石複合庁舎	—	—	—	—	392kW	1基

これらのうち、出力 350kW 以上の比較的容量が大きめのボイラーで、異なる形式のボイラーが導入されている 3 施設を調査対象地として選定し現地調査を行った。


対象施設では、ペレットボイラーの設備等を確認するとともに、ペレットボイラーの管理・運用に直接携わる施設担当者に、ペレットボイラーの稼働状況等について聞き取りによる調査を行った。聞き取りによる調査では、特に、日常の作業が発生する灰出しや清掃、ペレットの管理および搬入の方法等について詳しく話を聞き、日頃ペレットボイラーの管理・運用の際に課題に感じていることなどについても話を聞いた。

それぞれ、下の調査項目について対象施設ごとにとりまとめる。

表 5-2 調査項目

① 主な機器構成・機器情報
② ペレットボイラーの稼働状況
③ 灰出し・清掃方法
④ ペレットの管理・搬入方法
⑤ 運用上のトラブルや維持管理・課題等

【調査施設 1】

札幌市立手稲中学校		 <p>施設概観</p>
施設所在地	札幌市手稲区富丘 3 条 5 丁目 2 番 1 号	
延床面積/階数	10,798m <sup>2</sup> /3 階建	
機器設置年月	平成 25 年 3 月	
機器設置場所	1 階ボイラー室	
<ul style="list-style-type: none"> <li>平成 23 年から旧校舎の解体・改築工事が行われ、平成 25 年 3 月に現校舎完成。</li> <li>校舎は傾斜地に立地。ボイラー室は校舎 1F（地下）に設置され、ペレットサイロ（ホッパー）のペレット投入口は、校舎裏側 GL 高さと同じ。</li> </ul>		

① 主な機器構成・機器情報

機器構成：ペレットボイラー×1 基、ガスボイラー×1 基、ペレットサイロ、集塵機  
 （※蓄熱タンクはない）

主な機器の仕様：

ペレットボイラー	
メーカー名	ルティング社
型式等	LCS-RU400/450
出力	490kW
着火方式	自動（電気式）
燃烧室構造	固定床
炉内灰出し	自動
熱交換部清掃	自動
ガスボイラー	
メーカー名	(株)日本サーモエナー
燃料	ガス（13A）
型式等	パコティンヒータ HGSAN-400AN 型
出力	465kW（最大 586kW）
ペレットサイロ	
サイロ形状	屋内サイロ（ホッパー型）
材質・型式等	鉄板
内容量	5 m <sup>3</sup>



ボイラー室の様子



ペレットボイラー



ガスボイラー



ペレットサイロ

② ペレットボイラー稼働状況

手稲中学校では、毎朝手でペレットボイラーとガスボイラーを立ち上げ、昼頃にどちらかのボイラーを停止する。

1 日の稼働時間	6 時 10 分～17 時頃まで（19 時～20 時頃まで稼働することもある）
稼働期間	11 月中旬～翌 3 月頃まで
停止期間	4 月～11 月頃まで

③ 灰出し・清掃作業

- ボイラー燃焼室（炉内）に溜まる灰は灰箱へ自動で排出され、2 週間～半月に 1 回程度、用務職員が灰箱からペール缶に移し替え、地上の灰置き場まで運んで留置する。
- ボイラー熱交換部に溜まる灰は灰箱へ自動で排出されるが、年に 1 度定期点検時に業者が清掃する。

- ・ 集塵機の下にある灰箱に溜まる灰も、年に1度定期点検時に業者が回収する。
- ・ 燃焼室にできたクリンカー（灰が融けて固まったもの）の掻き出し作業は、用務職員がボイラー備品の長い灰掻き棒（スラッジャー）を使って2ヶ月に一度程度行う。

炉内の灰出し方法	自動
灰出し・清掃を行う頻度	2～3週間に1回程度
灰出し・清掃を行う人員数	1～2人
灰出し・清掃に要する時間	30分程度
1回の灰出し・清掃時の灰の量	ペール缶5缶分程度



集塵機と集塵機下の灰箱    ボイラー側面の灰箱

#### ④ ペレットの管理・搬入方法

- ・ ペレットの搬入は業者の車載クレーン付きトラックのクレーンとサイロに設けられたホイストクレーンを使用し、次のように行う。
  - ア. ペレットサイロの扉（シャッター）と床面のサイロ蓋を開き、クレーンでペレットの入った袋を吊す。
  - イ. 吊るした袋を床面のサイロ投入口まで運搬し、袋の紐を解き、投入する。
- ・ サイロの容量  $5\text{m}^3$  に対し、8袋程度 ( $4\text{m}^3$ ) は業者が納品時に投入する。作業時間 30分程度。
- ・ 2袋は在庫し、学校担当者が残量を確認しながらホイストクレーンを使って補充する。作業時間は1袋につき15分程度。

1回の搬入量/搬入頻度	$5\text{m}^3$ /7日～10日に1度程度
搬入時の対応人員数	1～2人
1回の搬入に要する時間	30分程度
袋入ペレット保管スペース	有り：2袋程度まで



サイロのペレット投入口    ホイストクレーン


#### ⑤ その他

- ・ 現地調査時、温水戻り温度  $72^\circ\text{C}$  でガスボイラーが稼働し、1分間程度で  $80^\circ\text{C}$  まで上昇し停止する。その後、1分間程度で温度低下し、再稼働・停止を繰り返すという挙動が見られた。

#### ⑥ コメント抜粋（用務職員・教職員の話）

- ・ ホイストクレーン上部にスペースがなく、ペレットの袋を吊るして運ぶのに余裕がない。あと2mくらい高ければよかった。
- ・ 灰出し作業では、灰箱のまま回収されれば、ペール缶に移す作業がなくなり楽である。
- ・ ペレットボイラーとガスボイラーの両方をつけると燃えが悪くなる。ペレットボイラーだけで燃やすと  $500^\circ\text{C}$  程度まで炉内温度が上がるが、併用すると  $350^\circ\text{C}$  程度にとどまる。

【調査施設 2】

札幌市立北白石小学校・中学校		 <p>施設概観</p>
施設所在地	札幌市白石区北郷 6 条 3 丁目 5 番 2 号	
延床面積/階数	小学校：7,971m <sup>2</sup> 中学校：7,833m <sup>2</sup> /4 階建	
機器設置年月	平成 24 年 7 月	
機器設置場所	1 階ボイラー室	
<ul style="list-style-type: none"> <li>北白石小学校と北白石中学校は平成 22 年に合築工事が行われ、同じ建物内に併設している。</li> <li>ボイラー設備は建物の一箇所に設けられ、小・中学校の暖房を併せて管理・運用している。</li> </ul>		

① 主な機器構成・機器情報

機器構成：ペレットボイラー×2 基、ガスボイラー×1 基、ペレットサイロ×2 基、（※蓄熱タンクはない）

- ペレットサイロはボイラー室に隣接した部屋（ボイラー室から入室する）に設置されており、各ペレットボイラーに 1 基ずつペレットサイロが連結され、それぞれスクリーコンベアでペレット供給している。
- ペレットサイロのペレット投入口はサイロ最上部にある。

主な機器の仕様：

ペレットボイラー	
メーカー名	二光エンジニアリング(株)
型式等	Lox 木質ペレット焚温水ボイラー RE-50N
出力	580kW×2 基
着火方式	シーズン開始時のみ手動着火
燃焼室構造	バーナー（固定床+回転ロストル）
炉内灰出し	手動
熱交換部清掃	手動
ガスボイラー	
メーカー名	(株)日本サーモエナー
燃料	ガス（13A）
型式等	パコティンヒータ HGFL-800AN 型
出力	930kW（最大 1159kW）×1 基
ペレットサイロ	
サイロ形状	屋内サイロ（ホッパー型）
材質・型式等	FRP
内容量	12.4m <sup>3</sup> ×2 基



ペレットボイラー（2 基）



ガスボイラー



ペレットサイロ（2 基）



② ペレットボイラー稼働状況

- 11月の定期点検・試運転調整後から業者が手動着火を行い、翌5月頃シーズンが終了するまで一度も火は消さず運転（種火運転と称する）。日常の運転はタイマー方式で管理されている。北白石小・中学校では朝6時から温水が回る設定になっている。メインボイラーはガスボイラーで、ペレットボイラー補助的に稼働している。

1日の稼働時間	24時間（タイマー設定で朝6時から温水が回る）
稼働期間	11月中旬～翌5月中旬頃まで
停止期間	6月中旬～11月頃まで

③ 灰出し・清掃作業

- ボイラー本体（燃焼室、熱交換部）からの灰出し作業は用務職員がスコップ、灰掻き棒（スラッジャー）、ブラシ、掃除機などを使用して灰受けに出し、冷ましてからペール缶に移し替え、ボイラー室に留置する。
- ボイラー本体の清掃後に、掃除機を使用して床の清掃を行う。
- クリンカーは殆どなく、細かい灰しかない。

炉内の灰出し方法	手動
灰出し・清掃を行う頻度	2～3週間に1回程度
灰出し・清掃を行う人員数	2人
灰出し・清掃に要する時間	1時間～1時間30分程度
1回の灰出し・清掃時の灰の量	ペール缶15缶分程度



ボイラー燃焼室の側面扉 灰専用掃除機

④ ペレットの管理・搬入方法

- ペレットの搬入は次のように行う
  - ア. 業者が車載クレーン付きトラックのクレーンでペレットサイロ直上にあるペレット置き場（保管スペース）に搬入する。
  - イ. 搬入されたペレットは用務職員が3人1組で手動式クレーンを使用しサイロ最上部の投入口まで運搬し、袋の紐を解き、投入する。
- 各ペレットサイロには1回につき2.5t（約3.9m<sup>3</sup>）を投入し、残りはペレット置き場に保管。サイロの残量をみて適宜用務職員が投入する。

1回の搬入量/搬入頻度	10t（約15m <sup>3</sup> ）/1週間に1度程度
搬入時の対応人員数	1人
1回の搬入に要する時間	30分程度
袋入ペレット保管スペース	有り：21袋程度まで



ペレット投入口 ペレット置き場クレーン

⑤ コメント抜粋（用務職員・教職員の話）

- ペレットサイロの投入口（2階ペレット置き場）は、外階段からでなければ入れず大変である。
- ペレットサイロへの投入作業は、手動クレーンの操作等で、最低でも2人は必要となる。これは用務職員の数が他校よりも多い（5名）本校であるからできることだろうと思う。
- ペレットボイラーをメインで使うためには、温度等の設定の調整や制御が行えるプログラムを変更できればと思う。



【調査施設3】

札幌市立北九条小学校																																	
施設所在地	札幌市北区北9条西1丁目1番地																																
延床面積/階数	7,525m <sup>2</sup> /3階建																																
機器設置年月	平成25年3月																																
機器設置場所	2階ボイラー室																																
<ul style="list-style-type: none"> <li>平成25年3月に現校舎完成。</li> <li>校舎立地が街の中心部であるため、駐車場等の校舎周囲の敷地は限られたスペースしかない。</li> </ul>																																	
 <p>施設概観</p>																																	
<p>① 主な機器構成・機器情報</p> <p>機器構成：ペレットボイラー×1基、ガスボイラー×1基、ペレットサイロ×2基（屋内・屋外各1基）            （※蓄熱タンクはない）</p> <p>主な機器の仕様：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">ペレットボイラー</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>メーカー名</td> <td>(株)御池鐵工所</td> </tr> <tr> <td>型式等</td> <td>NBW-P-40</td> </tr> <tr> <td>出力</td> <td>465kW</td> </tr> <tr> <td>着火方式</td> <td>自動（電気式）</td> </tr> <tr> <td>燃焼室構造</td> <td>バーナー（固定床）</td> </tr> <tr> <td>炉内灰出し</td> <td>手動</td> </tr> <tr> <td>熱交換部清掃</td> <td>手動</td> </tr> <tr> <th colspan="2">ガスボイラー</th> </tr> <tr> <td>メーカー名</td> <td>(株)日本サーモエナー</td> </tr> <tr> <td>燃料</td> <td>ガス（13A）</td> </tr> <tr> <td>型式等</td> <td>パコティンヒータ GSAN-400AN型</td> </tr> <tr> <td>出力</td> <td>465kW（最大586kW）</td> </tr> <tr> <th colspan="2">ペレットサイロ</th> </tr> <tr> <td>サイロ形状</td> <td>ホッパー型（屋内・屋外）</td> </tr> <tr> <td>内容量</td> <td>屋外4m<sup>3</sup>、屋内6,200kg</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>(左)ペレットボイラー ボイラー本体、集塵機等は緑色の外装の中にある</p>  </div> <div style="text-align: center;">  <p>ガスボイラー</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>屋外サイロ</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>屋内サイロ</p> </div> </div>		ペレットボイラー		メーカー名	(株)御池鐵工所	型式等	NBW-P-40	出力	465kW	着火方式	自動（電気式）	燃焼室構造	バーナー（固定床）	炉内灰出し	手動	熱交換部清掃	手動	ガスボイラー		メーカー名	(株)日本サーモエナー	燃料	ガス（13A）	型式等	パコティンヒータ GSAN-400AN型	出力	465kW（最大586kW）	ペレットサイロ		サイロ形状	ホッパー型（屋内・屋外）	内容量	屋外4m <sup>3</sup> 、屋内6,200kg
ペレットボイラー																																	
メーカー名	(株)御池鐵工所																																
型式等	NBW-P-40																																
出力	465kW																																
着火方式	自動（電気式）																																
燃焼室構造	バーナー（固定床）																																
炉内灰出し	手動																																
熱交換部清掃	手動																																
ガスボイラー																																	
メーカー名	(株)日本サーモエナー																																
燃料	ガス（13A）																																
型式等	パコティンヒータ GSAN-400AN型																																
出力	465kW（最大586kW）																																
ペレットサイロ																																	
サイロ形状	ホッパー型（屋内・屋外）																																
内容量	屋外4m <sup>3</sup> 、屋内6,200kg																																
<p>② ペレットボイラー稼働状況</p> <p>ペレットボイラーは10月末～11月頃の時期はまだ暖かい日が多いため使用せず、毎年12月～翌3月末まで稼働する。</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tbody> <tr> <td>1日の稼働時間</td> <td>5時30分～19時まで（タイマー設定）</td> </tr> <tr> <td>稼働期間</td> <td>12月～翌3月末まで</td> </tr> <tr> <td>停止期間</td> <td>4月～11月まで</td> </tr> </tbody> </table>		1日の稼働時間	5時30分～19時まで（タイマー設定）	稼働期間	12月～翌3月末まで	停止期間	4月～11月まで																										
1日の稼働時間	5時30分～19時まで（タイマー設定）																																
稼働期間	12月～翌3月末まで																																
停止期間	4月～11月まで																																

③ 灰出し・清掃作業

- ・ 灰出し・清掃作業は1週間に1度ペレットを搬入する時にあわせて用務職員が行う。
- ・ 作業を行うときにはボイラーを停止して缶体を冷ましてから行うため、1日～1日半、場合によっては2日間程ボイラーが止まることもある。
- ・ 灰はペール缶に入れてボイラー室に留置し、ペレット搬入時に業者が回収する。

炉内の灰出し方法	手動
灰出し・清掃を行う頻度	1週間に1回
灰出し・清掃を行う人員数	1人
灰出し・清掃に要する時間	1時間程度
1回の灰出し・清掃時の灰の量	ペール缶2～2.5缶分程度



ボイラー本体 掃除用灰箱とスコップ

④ ペレットの管理・搬入方法

- ・ ペレットの搬入は業者が次のように行う。
  - ア. 車載付クレーン付きトラックを使用し、ボイラー室の外に設置された一次受けの屋外サイロに投入する。
  - イ. 外の操作盤で屋外サイロから屋内のサイロへ風送する。
- ・ 北九条小学校にはペレットを在庫できるスペースがない。

1回の搬入量/搬入頻度	8t (約 12m <sup>3</sup> ) / 1週間に1度
搬入時の対応人員数	1人
1回の搬入に要する時間	2時間程度
袋入ペレット保管スペース	なし



屋内サイロの  
残量確認窓

⑤ その他

- ・ ボイラーは温度の上昇・下降を頻繁に繰り返している。

⑥ コメント抜粋（用務職員・教職員の話）

- ・ ペレットの残量を目視で確認するのが難しく正確な残量が把握できないので、燃料販売業者が定期的に確認し補充するようなシステムや残量が簡単にわかるような機器装置などがあるとよい。



## 5-2 現地調査における考察

今回調査を行った3施設では、どの施設のペレットボイラーも施設の熱源として稼働はしているが、より使いやすくするための改善すべき点なども見つかった。

下記に改善すべき点とその解決方策案について述べる。

### 5-2-1 課題の抽出と今後の対策

#### ① ペレットサイロのペレットの残量確認が難しい。

サイロの外観はそれぞれ異なるけれども、3施設とも形状はホッパー型で、サイロ内のペレットの残量はサイロ側面に設けられた覗き窓（点検窓）から目視で確認する。ホッパーは「じょうご型（すり鉢状）」の容器で、サイロ内のペレットは底部に向かって徐々に落ちて行き、底部に取り付けたスクリーンによってボイラーに運ばれる仕組みになっている。そのため、通常、サイロ内のペレットの表面（水平面〔レベル〕）は平らではなく、中心部が凹み、サイロ壁側が盛り上がった状態になっている。また、覗き窓の内側にはペレットの粉などが付着するため、内部の様子がわかり難い。そのようなことから、目視で正確な残量を把握することが難しい。

#### 【改善案】

現状の設備で改善を図るには、サイロ内のペレットの表面（水平面〔レベル〕）を装置によって機械的に計測する方法や窓の大きさを変更する（見やすくする）方法、あるいは窓の数を増やす（1ヵ所だけでなく、数ヶ所から確認できるようにする）などが考えられる。いずれの方法も、効果や費用、技術的なこと等を専門業者らを交えて十分に検討する必要がある。

#### ② ペレットの投入に手間がかかる

サイロ最上部に投入口がある施設では、現状では車載付クレーン付きトラックによってペレット袋を吊るして投入する方法しか選択肢はないと考える。

搬入されたペレットは学校側で備え付けの手動式クレーンを使用し1袋ずつ所定の位置まで運び、サイロに投入するが、ペレットの入った袋の重量は約500kgで、2校分を搬入する白石小学校と白石中学校では、1回につき約20袋が搬入される。作業にあたる人数は少なくとも2人以上は必要となり、人の数も手間もかかっている。

#### ③ 灰出し作業・清掃の手間

- ・ 3施設のうち2施設のボイラーシステムの灰出しは、炉内および熱交換部とも手動であり、このうち1施設では燃焼稼働した状態のまま、灰出し作業を行う。もう1施設については、ボイラーを停止し、完全にボイラー本体が冷めるまで灰出し作業が行えないシステムであるため、ボイラーを停止させる時間が長い。
- ・ 自動灰出しシステムによってボイラー本体から備え付けの灰箱まで排出された灰を回収するときには、地上まで階段を上るため、灰箱を持ち上げてそのまま回収することができず、いったん別な容器（ペール缶）に移し替える作業が発生する。手動で灰出しを行う時にも、本体の灰受けからペール缶に灰を移し替えて留置場へと運ぶ。

#### 【改善案】

今後新たにペレットボイラーを導入するときには、ペレットボイラーの運用にかかる日常の作業工程を改めて検証・確認して、最適な導線を設ける工夫と配慮がなされるとよい。できるだけバリアフリーの設計にする、管理がしやすいように設備の配置を行うなどで、日頃管理する側の手間と負担を減らし、現状よりも、扱いやすい設備に改善することが可能と思われる。また、実際の運用の中で、使い勝手の良いシステムを構築して行く工夫も求められる。

#### ④ ボイラーが頻繁に起動停止運転（停止と作動を繰り返す運転）をくり返す

温水ボイラーは、温水温度が設定値に達すると運転が止まり、温水温度が下降すると再び作動するように設定されている。蓄熱タンクのないボイラー設備では、この温まったお湯を貯めておくことができないため、ボイラーが頻繁に停止と作動をくり返すこととなり、効率的な運用が難しくなる。また、ペレットボイラー等バイオマスボイラーは、油やガス焚ボイラーと異なり、負荷追従性が緩慢である（急激な熱負荷にすぐに対応できない）ことや、ボイラーの余剰熱を蓄える場としても、蓄熱タンクを設けることはシステム構築の上で、非常に重要になっている。

#### 【改善案】

ボイラーの起動・停止運転については、ボイラーで作られた熱を蓄えておくための設備（蓄熱タンク）がないために起こることで、これは他の学校でも見られた。現システムで改善することは難しいと考えるが、今後新たにペレットボイラーの導入を検討する際の改善事項として活かされるとよい。

#### ⑤ ペレットボイラーの認知度が低い

学校施設にペレットボイラーが設置され、暖房エネルギーとして利用されていることは、格好の環境教材となりうるが、認知度が低い。

#### 【改善案】

今後は認知されやすい工夫も必要である。例えば、ペレット燃料を使用することで、二酸化炭素がどれだけ削減されたのか等が簡単にわかるようなディスプレイモニターを設置するなど、「見える化」を行うことも、認知度を向上させる有効な方策だと思われる。

## 5-2-2 事例調査と考察

ガスや重油などの燃料と比べると、固体燃料は利用するのに手間がかかることが良く知られている。今回の調査において、こうしたハンドリング（運用）の課題を改めて認識することができた。一方で、課題は技術的に解決できる可能性や、導入前・導入後に配慮・工夫することで改善できる可能性があることも判明した。

草本類を原料とするペレットは、木質を原料とするペレットに比べると灰分が多く、灰出し作業が頻繁になる。

それに伴い、クリンカーの発生率が高くなること、ボイラー内からの灰の搬出機能の強化やきめ細かな燃焼温度の管理等が求められ、担当する職員の作業量が増加することも考えられるため、草本類ペレットの利用にあたっては、こうした燃料を想定したうえで、設備を選択し整備することが望まれる。

また、実際にそのような設備を導入する際、高灰分の燃料に対応している機器の情報収集は、もちろんのこと、事前に燃焼試験を行い燃焼状態を確認するなど、綿密な精査と検討を行うことも重要である。

加えて、ペレットボイラー運用時に発生する日常の作業内容を詳細に把握・確認し、管理者の負担の少ないスムーズな運用に繋がる設計に配慮したい。

ボイラー設備の運転調整は、工事しゅん工時に実施するものは、あくまで設計上の機能発揮を目的としているが、必ずしも建物の利用実態に合った調整とならない場合もある。

建物の利用実態に合わせた運転調整を行うには、実際に稼働状態にある中で行うことが最も効果的であり、特にペレットボイラーを利用する全館暖房の場合、調整によっては理想に近い形で効率的な運転の実現が可能となる。

また、実際の管理にあたる施設管理者らには、予めペレット燃料を使用する場合の留意点や情報提供、運用面でのサポートなどを行い、極力担当者の負担を減らし、管理が容易な体制を整えることが必要である。

今回は、ペレットボイラー導入の先行事例として3カ所の施設を調査し、興味深い知見を得ることができた。特に、ペレットを暖房用として利用することは共通であっても、その運用においては施設特有の課題が顕在化していることが判明しており、草本類ペレットの利用実現化に向けて貴重な情報といえる。

札幌市における草木類ペレット等の製造及び  
公共施設利用等に向けた実現可能性調査業務

平成29年3月

発行 札幌市環境局環境事業部施設管理課施設建設担当係  
〒060-8611 札幌市中央区北1条西2丁目  
電話 011-211-2922

委託先 株式会社NERC（自然エネルギー研究センター）