

## 真庭市庁舎でのバイオマス熱源システム

The Introduction of All Biomass Heat source system in Maniwa City Hall

株式会社 東畑建築事務所 設備設計室

Tohata Architects&Engineers,inc facility design department

永田 久子

Hisako Nagata

キーワード: バイオマスエネルギー (Biomass Energy)、カーボンニュートラル (Carbon-Neutral)、  
地産地消 (Local Energy Consumption)、ペレット (Pellet)、チップ (Chip)



写真1. 正面外観 (真庭回廊と本庁舎)

### 1. はじめに

真庭市は9町村が合併して誕生した岡山県の地方都市である。蒜山高原などに代表される豊かな森林・広大な高原・有数の観光資源を有し、人の手によって守り育てられた美しい自然に抱かれた山間部の町である。

立地条件が良く、古くから林業・木材加工業が盛んなため、「バイオマスタウン真庭」と呼ばれている。市役所には専門部署としてバイオマス政策課があり、それら地域産業の更なる活性化に積極的に取り組まれている。

本施設についても庁舎内の壁仕上げや家具類、照明器具にいたるまで、真庭産木材を活用している。特に庁舎正面には、真庭産ヒノキの組柱9本で支えられた「真庭回廊 (円弧状の大庇)」を設け、来庁者の方々の車寄せやコミュニティバス・タクシーの停留など多目的に利用されている。緩やかに弧を描く回廊の屋根を支える9本のヒノキ柱は、合併した9ヶ町村がひとつとなって、輝く未来を築いていくことを表現したものである。



写真2. 議場内観

## 2. 「オールバイオマス熱源システム」導入の経緯

平成20年のプロジェクトスタート時には、先に竣工していた真庭市蒜山の分庁舎を参考事例とした。ここではバイオマスボイラー（燃料：木質チップ）とバックアップの油焚きボイラーを直列につなげた熱源システムを採用されていたのだが、実測データより冷房時に課題があることがわかっていた。それは、安定した能力を存する油焚きボイラーの高温水供給能力が優勢なため、バイオマスの消費量が当初予想より小さくなるというものである。

上記の課題の解決案として、バックアップ熱源を油焚きボイラーからバイオマスボイラー（燃料：木質ペレット）に変更し、さらに、メイン熱源のバイオマスボイラー（燃料：木質チップ）と並列に運転させるシステムを導入することとなった。本件ではこれを「オールバイオマス熱源システム」と称す。

## 3. 木質バイオマスの有効性について

そもそも、なぜ木質バイオマスがエネルギー燃料として有効なのであろうか。

『環境』と『経済・産業』の2つの側面から以下に整理する。

『環境』への寄与

1. 二酸化炭素排出量を増やさない「カーボンニュートラル」なエネルギー源であること。
2. 石油などの化石燃料とは異なり、産み育てることのできる「再生可能エネルギー」であること。
3. 自然由来であるため比較的「クリーンな燃焼空気」であること。  
(産地によって異なるが、木質チップに含まれる硫黄成分は石炭の6%程度である。)

『経済・産業』への貢献

1. 森林の多い日本ではどこでも産出可能な、輸入に依存しない「純国産品」であること。
2. 古くから薪、木炭などで代表されるように「簡単に貯蔵できる」燃料であること。
3. 間伐材などに商品価値が生まれ「地域林業の活性化」につながる。

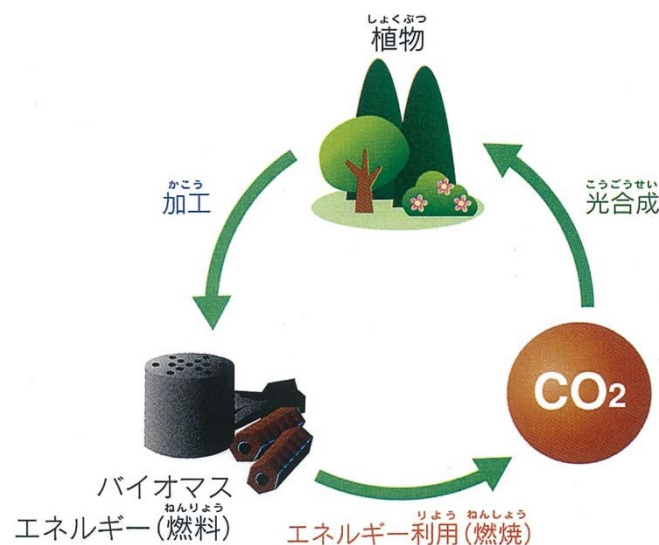


図1. カーボンニュートラルな地産地消システムイメージ

上記はどちらも「地産地消」を原則とすることが大切である。

地域で産出された木質バイオマスを地域でエネルギー消費することが、環境負荷の小さいエネルギーシステムとなり、また、地域経済を潤すエネルギー循環をつくりだしていくと期待される（図1）。

#### 4. 事例紹介

##### 4. 1 建物概要

下記1)～9)に示す

- 1) 建物名称 : 岡山県真庭市新庁舎
- 2) 所在地 : 岡山県真庭市久世 2927-2 他
- 3) 建築主 : 真庭市
- 4) 設計・監理 : (株)東畑建築事務所
- 5) 敷地面積 : 18,750.30 m<sup>2</sup>
- 6) 工期 : 2009.03.30～2011.03.31 7
- 7) 延床面積 : 庁舎・エネルギー棟他 8,120.18 m<sup>2</sup> (地上4階)
- 8) 構造 : 鉄筋コンクリート造

「オールバイオマス熱源システム」の他、太陽光発電・雨水利用・採光ブラインド・エコ水路など環境共生に配慮するとともに、木製受水槽や木製照明の採用など地域産木材の活用にも努めた(図2)。

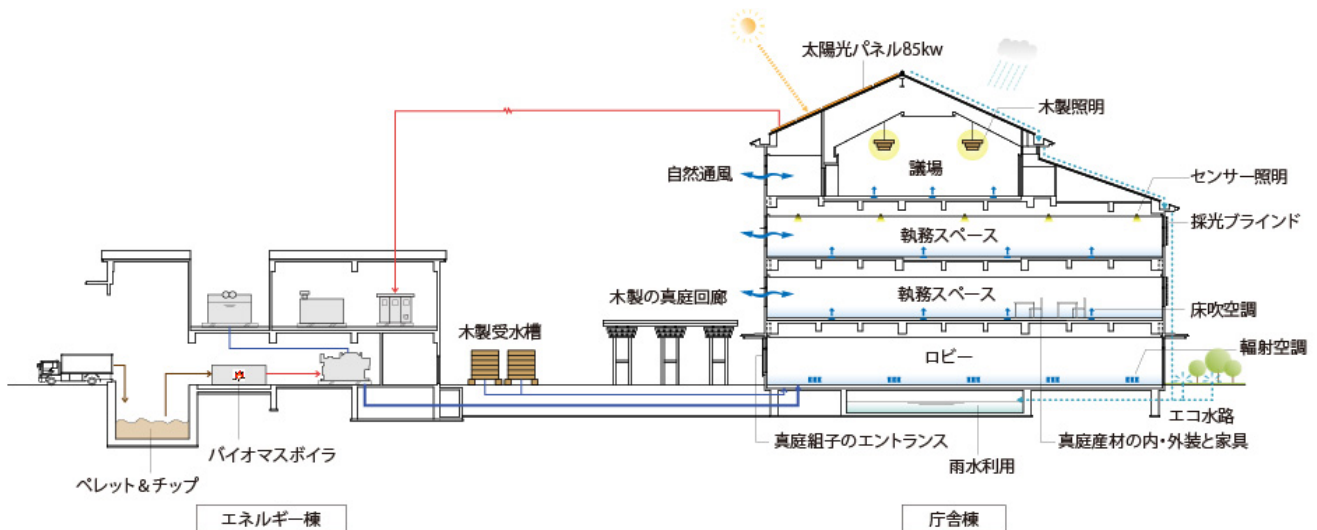


図2. 環境共生イメージ

##### 4. 2 熱源システム概要

「オールバイオマス熱源システム」は化石燃料エネルギー熱源を有しないシステムである。

バイオマスボイラー(チップ・ペレット)・温水吸収式冷凍機・サイロ・熱交換器・ポンプ・冷却塔・膨張タンクで構成される。

安価で供給量が豊富なチップをメインボイラーの燃料に、安定した熱供給が可能なペレットをバックアップボイラーの燃料に利用する形で木質バイオマスそれぞれの特性を活かしている。これらは自動制御システムにより最適な熱源並列運転をおこなっている。

各種エネルギーデータは専用モニター盤にて計測管理しており、定量的に性能検証できるようにした。なお、この熱源システムは平成21年度地域新エネルギー等導入促進対策費補助金を受けており、4か年の実測結果報告が義務づけられている。その報告書作成にも、これらデータを活用している。

###### 4. 2. 1) 主要熱源機器

- |                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| ①温水吸収式冷凍機              | : 550kw×1台      |
| ②チップボイラー               | : 550kw×1台      |
| ③ペレットボイラー              | : 450kw×1台      |
| ④プレート型熱交換器(チップボイラー系統)  | : 1,630L/min×1台 |
| ⑤プレート型熱交換器(ペレットボイラー系統) | : 1,330L/min×1台 |

#### 4. 2. 2) 熱源システムフロー

図3に示すように、チップ・ペレットは各々の系統のサイロよりボイラーに運ばれる。ボイラーからは夏季 88℃の高温水、冬季 80℃の高温水が熱交換器に供給される。ここで夏季は 83℃の高温水となり、温水吸収式冷凍機にて冷水をつくって空調機に供給する。冬季は 60℃の温水に熱交換して空調機に供給している。

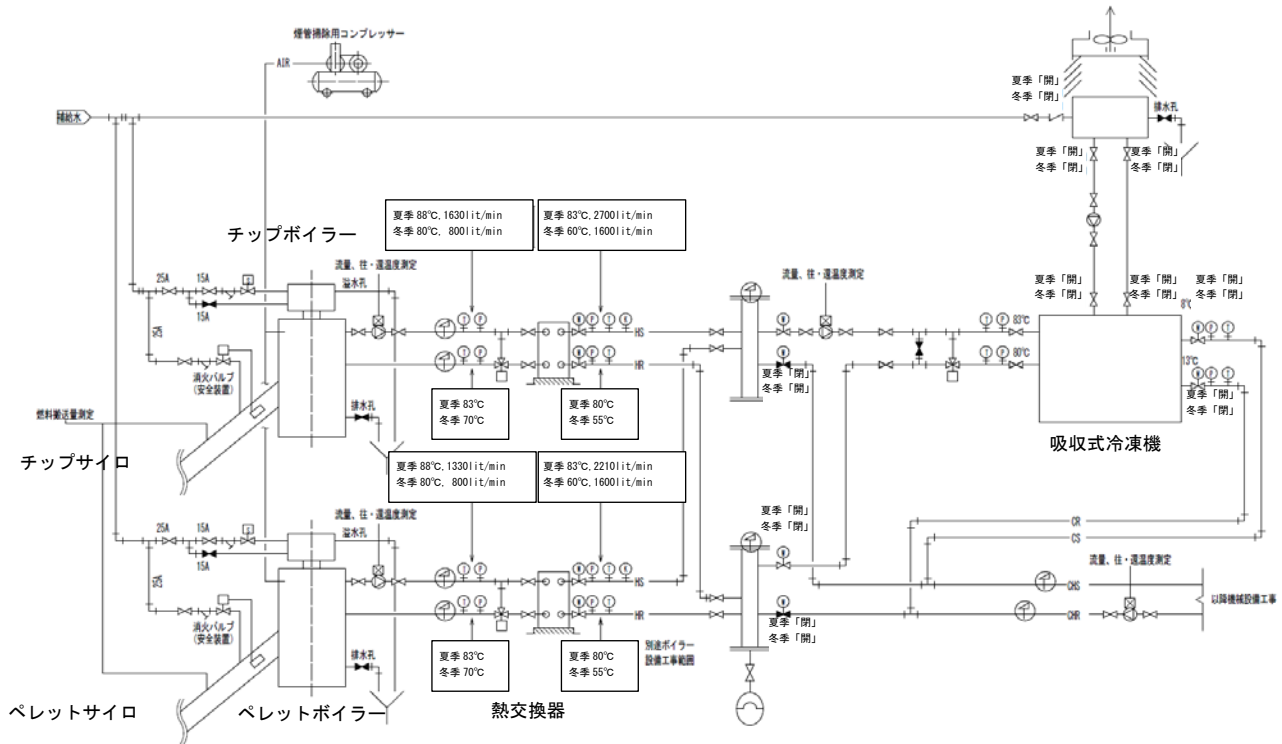


図3. 熱源システムフロー



写真3. エネルギー棟内観

(手前左側が温水吸収式冷凍機、奥のオレンジ色の機器左がペレットボイラー、右がチップボイラー)



## 5. 検証

### 5. 1 バイオマスエネルギーを活かす床吹出空調

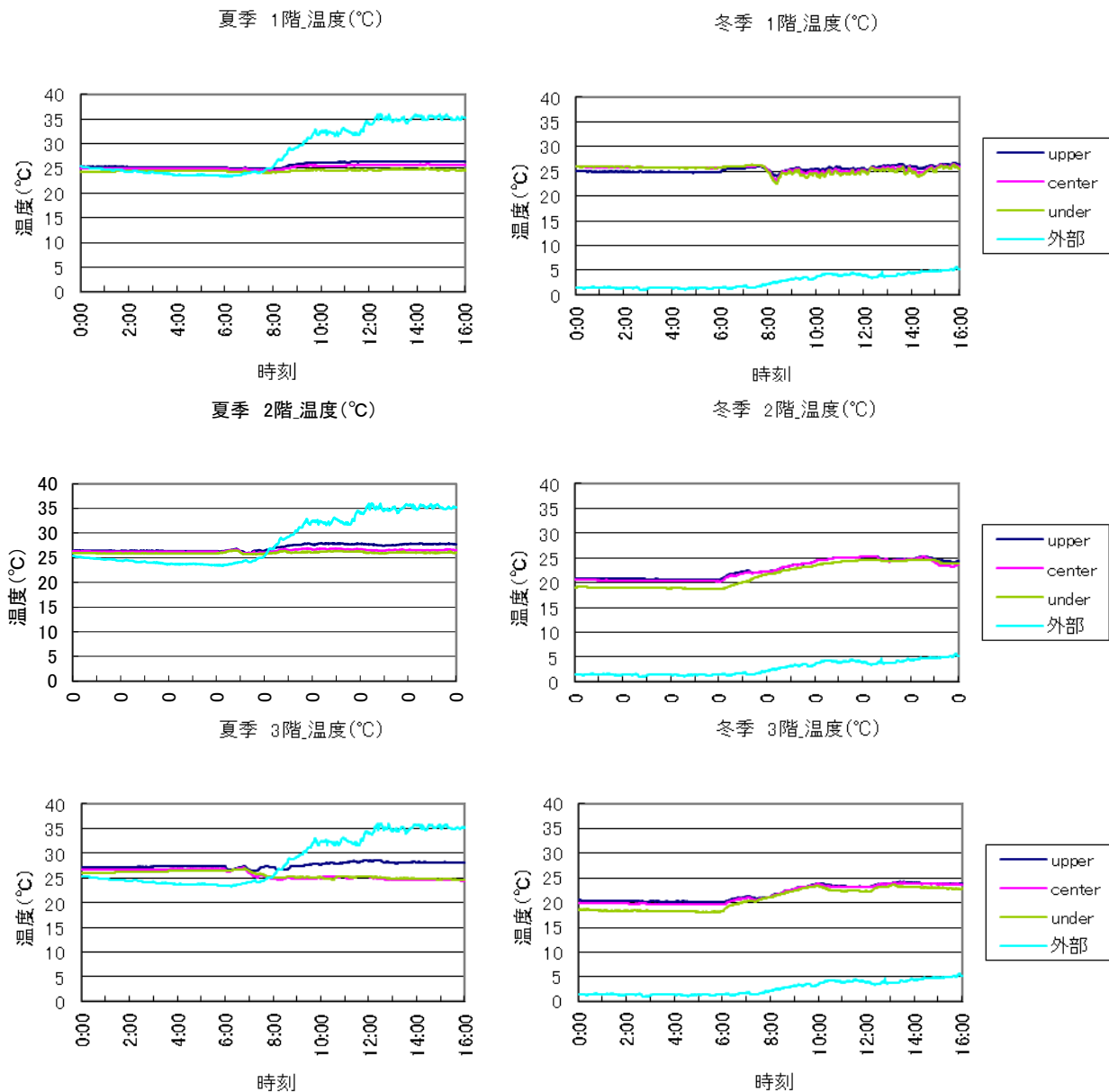
本庁舎は全面的に床吹出空調方式（一部床輻射方式）を採用した。「オールバイオマス熱源システム」の弱点を補う効果を期待したためである。

木質バイオマスは燃料自体の含水率にも左右されるが、一般的に燃焼しにくい。そのため、バイオマスボイラーは油焚きボイラーなどに比べ立ち上がりに時間がかかる。一方、ボイラーの温水供給能力はサイロによる木質バイオマス供給速度の調整によってのみにしか制御できない。

このように、室内の空調負荷の変化に即応する熱源制御は困難であることから、補完としてコンクリート床スラブの蓄熱効果を「空調負荷変動の緩衝体」として活用することを期待し、二重床内に空調空気を供給する床吹出空調方式を採用した。

竣工後の性能検証実測によれば「オールバイオマス熱源システム&床吹出空調」は夏・冬とも1日中安定した温度環境を保持できている（グラフ1）。

空調停止後の極端な室温変化がないこともわかり、本方式の有効性が確認された。



グラフ1. 各階 室内温度実測値 (夏季・冬季)

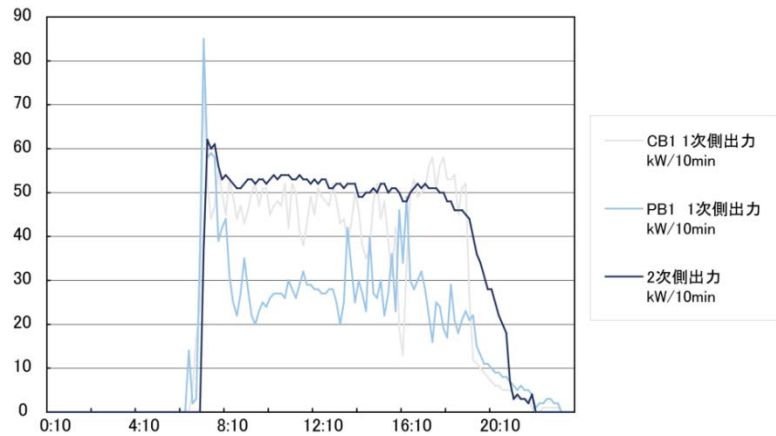
(グラフに示すupperは床面より2.1m、centerは1.1m、underは0.1mの高さでの室温を示す。)

## 5. 2 熱源システムの検証

グラフ3にボイラー出力の月曜日の夏季実測データを示す。

「オールバイオマス熱源システム」は起動から1~2時間はバックアップ熱源であるペレットボイラーが優勢、その後はメイン熱源のチップボイラーが優勢となって運転されて、安定した2次側出力を保持されている。

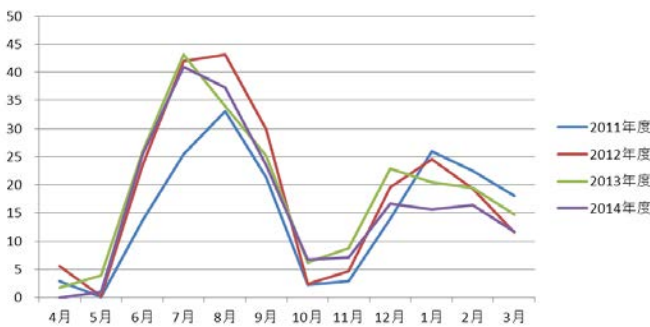
上記により、木質バイオマスそれぞれの特徴を活かすという当初の目的を概ね達成できていることが確認された。



グラフ3. 夏季ボイラー出力の日推移

## 5. 3 バイオマス消費量実績とその効果

グラフ4に各年度の月別バイオマス燃料消費実績、グラフ5に各年度のトータル消費量を示す。



グラフ4. 月別バイオマス燃料消費実績 (t)



グラフ5. 消費量積算値 (t)

各年度とも、夏季・冬季それぞれ空調負荷に応じた燃料消費となっていることがわかる。

竣工からこれまでの4年半の消費量トータルとしては、チップが約534トン、ペレットが約387トン、トータル約921トンであった。チップとペレットの消費割合は概ね6:4であり、チップを優先的に利用できていることが検証された。

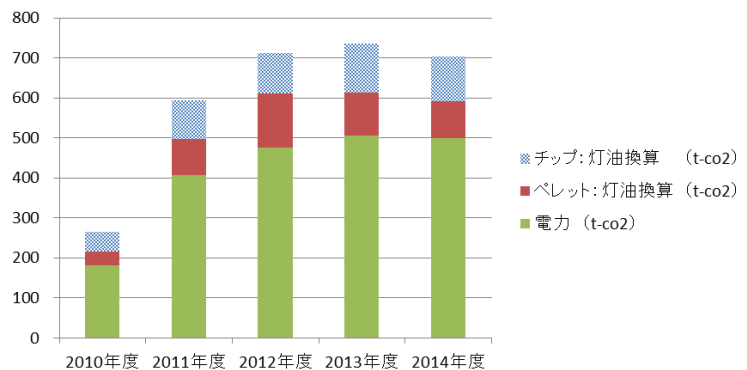
チップの発熱量を3.49kw/kg、ペレットの発熱量を4.56kw/kgとして換算すると4年半でトータル約3,627Mwhの熱エネルギーが得られたことになる。このため、庁舎の化石燃料分の消費エネルギー量は平均377(MJ/m<sup>2</sup>・年)と一般庁舎に比べて大幅に削減することができた。

なお、上記は、木質バイオマスを灯油にした場合に比べて約1,400万円の燃料コストを節約したと換算できる。(灯油の発熱量46.5MJ/kg・90円/L、チップ12.5円/kg、ペレット28円/kgの場合。)

さらに、真庭市ではCO<sub>2</sub>排出権を民間企業に売却して利益を得ているので、コスト削減効果はさらに大きいと思われる。

グラフ6にCO<sub>2</sub>排出削減効果を示す。

木質バイオマス消費量を灯油とした場合に比べ4年半トータルで約940t-co<sub>2</sub>と算定され、庁舎全体のエネルギー消費の約30%の削減効果を得た。(灯油CO<sub>2</sub>排出量原単位0.072kg-co<sub>2</sub>/MJ、電力CO<sub>2</sub>排出量原単位を0.555kg-co<sub>2</sub>/kwhの場合。)



グラフ6. CO<sub>2</sub>削減効果 (t-co<sub>2</sub>)

## 6. おわりに

真庭市ではバイオマスツアーなどが多くの企画が催され、市のバイオマス利用施設を積極的に外部に紹介している。

本システムもエネルギー棟をガラス張りにして内部の「オールバイオマス熱源システム」が見学できるように配慮した。また、システムフローをサイン化して一般の方にもビジュアルにわかるようにした。



写真4. ガラス張りエネルギー棟外観のサイン

東日本大震災を経験した現在でもあきらかなように、エネルギーをめぐる数々の課題はどれも簡単には解決できない。しかしながら、本事例でもあきらかなように、地産地消によるチップ等の木質バイオマス活用は比較的簡単に実現化できる有効なエネルギーシステムのひとつであろう。

今回のバイオマスシステムの成功は真庭市の皆さまをはじめとした多くの方の多大なるご協力によるものである。紙面を借りてお礼を申し上げます。