

木質バイオマスエネルギーを主体とした エコタウン構築に関する研究

1090437 川井 博貴

指導教員：草柳俊二教授

高知工科大学 工学部 社会システム工学科4年 建設マネジメント研究室

現在、石油やガスといったものはエネルギーの中でも代表的なものであるが、限りある資源であり、また環境に与える悪影響も問題である。本研究では、そういった石油などのエネルギーの代わりに自然から出来るエネルギーで町のエネルギーを補うといったエコタウンの構想を考えた。そこで、町の面積の約91%が森林で占められ、木質バイオマスを生産するために必要な資源が豊富な本山町を例とし、町の消費エネルギーを木質バイオマスエネルギーを主体とし、その他の有効なエネルギーを組み合わせで代替し、町内でエネルギーの循環利用が出来る町づくり、エコタウン(環境循環型の町)構想の構築を図る。

Key Words : *Wood biomass energy, Wood pellet, Eco town, Pellet stove, Pellet boiler, Photovoltaic generation, MOTOYAMA town*

1. 序論

(1) はじめに

今回、本研究は必要エネルギーを地域内で賄う環境循環型の町、エコタウン構想の実現性を追求したものである。本研究の対象とした地域は、筆者である私が生まれ育った高知県本山町である。本山町は四国山地の中央、吉野川上流域に位置している。面積134.21 k m²、総人口4,064人(2008年12月31日時点)、人口密度30.3人/k m²の山間にある町であり、その面積の約91%が森林というとても自然豊かな町である。本研究のエコタウン構築の基軸となる木質バイオマスエネルギーを生産するために必要な資源も豊富であり、また自分が生まれ育った故郷の町であるという点からこの本山町をエコタウン構築の対象の町として選んだ。

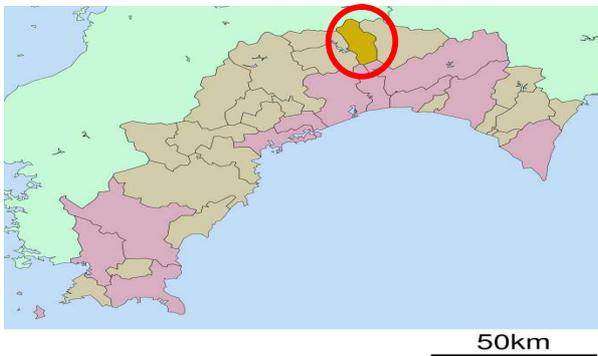


図1-1 本山町位置

(2) 背景と目的

現在、森林から切り出された木材は、柱、板などの製材として利用されている場合がほとんどである。しかし、製材に適さない材(細い木、曲がった木、枝や葉等)はそのほとんどが利用されず、そのまま森林に廃材として放置されている場合が多いのが現状である。

また、木材価格の下落により、林業を行う者が減少しているため、間伐が行われていない森林が増えている。本山町の森林もそのほとんどが、間伐されずそのままにされている山々が多く見られる。

間伐をせずそのままにしていると、木々が成長するに従って、密集していくため、他の木々の成長を阻害する。そのため、曲がって成長する木々が出てきたり、太陽光を十分に浴びる事が出来きないため、ほとんどが細い木々ばかりになってしまう。しかし、間伐を行うためには、人件費などの費用が発生する上に、間伐で切り倒した木々は、製材として使用するには適さないものが多く、切り倒した後の利用にも困るため森林を管理する者にとって、間伐を行うのは厳しいのが現状である。

そこで、これらの枝や葉、間伐材などの廃材を木質バイオマスエネルギーの主な材料として利用すれば資源の循環利用にも繋がり、そして、木質バイオマスの利用が増える事で、林業を活性化する事が出来れば山間部地域の活性化にも繋がるのではないだろうかと考えた。

これらの事をもとに、本研究では本山町の資源から生産出来る木質バイオマスを主とし、風力、太陽光など、他のエネルギーを組み合わせ、町の消費エネルギーを補い循環させるシステム、エコタウン(環境循環型の町)の構築の実現性を追求することを目的とする。



写真1-1 林業現場において集材後の廃材



写真2-1 木質ペレット



写真1-2 間伐が行われていない森林(写真左)



写真1-3 間伐が行われている森林(写真右)

2. エコタウン構築の軸となるエネルギー

(1)木質バイオマスエネルギー

今回、本研究において重要なものになってくる木質バイオマスエネルギーとは、木々からなる再生可能な、有機性資源である木質バイオマス(木屑、樹皮、端材、間伐材等)から作られるエネルギーの事であり、例として木質ペレット、木材チップ等がある。

今回は、木質バイオマスエネルギーの中でもエネルギー効率がもっとも安定していると思われる木質ペレットをエコタウン構築のエネルギー軸としてエコタウンの構想を図る。

(1-1)木質ペレット

木質ペレットとは、木質バイオマス(おがくず、樹皮、端材等)を粉碎し、乾燥したものを専用の成型する機械に入れ、作り出される直径約7mm、長さ約15mm程度の固形燃料である。固める際には、木材の中に含まれ、接着剤の役目を果たす、リグニンという成分を利用して固めるため、素材は100%木質であり、燃焼させても有害物質は発生せず、環境にも無害である。

特徴としては含水率が低いため、利用可能な熱量が多く、形状がほぼ一定のため自動供給に適しているといった点がある。以下の表2-1は木質ペレットの種類、原料、燃焼後の灰量、熱量などの概要である。

| | ホワイトペレット | グレーペレット | パークペレット |
|----|------------------------|------------------------|------------------------|
| 原料 | ・樹幹 | ・樹幹 + 少量の樹皮 | ・樹皮 + 樹幹 ・樹皮 |
| 灰量 | 0.1~1% | 0.5~3% | 2~7% |
| 熱量 | 4,300~4,700 kcal/kg | 4,000~4,500 kcal/kg | 4,000~4,300 kcal/kg |

表2-1

3. 木質バイオマスエネルギーの利用方法

木質バイオマスエネルギー(木質ペレット)の利用方法としては、以下のような機器を使い利用していく方針である。

(1)ペレットストーブ

木質ペレットを燃料とするストーブであり、着火・消化・火力調整もボタンひとつで出来、タイマーによる点火も可能である。機種により多少異なるが、着火は3~5分程度、消化は15分程度の時間で可能であり、種類によっては感震自動消化装置・過熱防止装置等の安全装置が装備されている。

ペレットストーブの種類としては、ストーブ本体を熱して、放射される熱を利用してを暖める、自然対流式のタイプと熱した空気をファンによって送風して暖める、強制対流式のタイプがある。どちらのタイプも燃焼空気は煙突によって排気され、強制対流式に至っては、室内の空気を吸い込み内部で温め、温風化する仕組みであり、温風と燃焼空気は分離されており、部屋の空気を汚さないといった利点がある。

このペレットストーブを石油ストーブの代わりに暖房機器として利用し、本山町の灯油の消費エネルギーを木質ペレットで代替する計画である。



写真3-1 ペレットストーブ

(2)ペレットボイラー

木質ペレットを燃料とし、燃焼させて得た熱を水に伝え、水蒸気や温水に換える熱源器具である。

全自動運転で、空焚き防止装置、感震装置、沸騰防止装置など、さまざまな安全装置が組み込まれており、安全性が高く、油を一切使わないため、燃焼缶体の腐食がほとんどなく、超寿命で耐久性もとても優れている。

このペレットボイラーを石油ボイラーの代わりに発電システムに使用し、町の消費電力を補う計画である。



写真3-2 ペレットボイラー

4. エコタウン構築の構想

(1)町の灯油の消費エネルギーの代替

本山町の平均的家族世帯18世帯に夏場と冬場の1ヵ月あたりの灯油の購入量の聞き込み調査を行った結果、1世帯あたり夏場で約41 /月、冬場で約79 /月の灯油を購入していることが判明した。これらの夏場と冬場で購入している灯油量を熱量にすると、灯油の1あたりの熱量は約8,200kcalであるので、表4-1より夏場で約336,200kcal/月・世帯、冬場で約647,800kcal/月・世帯のエネルギーを購入していることが判明した。そして、この灯油のエネルギーを木質ペレットで代替するためには、ペレット(ホワイトペレット)の1kgあたり熱量は約4,300kcalであるので、表4-2より本山町の1世帯あたりが購入している灯油のエネルギーを補うためには、夏場で約78kg/月・世帯、冬場で約151kg/月・世帯のペレットが必要であり、町全にすると1,835の世帯がある事から、夏場で約143t/月、冬場で277t/月のペレットが必要であるという結果になった。

| | 灯油購入量 (1ヵ月) | 購入灯油熱量 |
|---------------|----------------|--|
| 夏場 (6~8月) | 約41 / 月・世帯 | 約8200kcal/ × 41 = 約336,200kcal/月・世帯 |
| 冬場 (12~2月) | 約79 / 月・世帯 | 約8200kcal/ × 79 = 約647,800kcal/月・世帯 |

表4-1

| 灯油購入量 (1ヵ月) | 購入灯油熱量 | 1世帯あたりの代替 必要ペレット量 (1ヵ月あたり) |
|-------------------|---|---|
| 夏場(約41 / 月・世帯) | 8200kcal × 41 = 336,200kcal/ 月・世帯 | 336,200kcal ÷ 4,300kcal = 78.19kg/月・世帯 |
| 冬場(約79 / 月・世帯) | 8200kcal × 79 = 647,800kcal/ 月・世帯 | 647,800kcal ÷ 4,300kcal = 150.65 k g /月・世帯 |

表4-2

(2)町の消費電力の代替

(2-1)木質バイオマスによる発電システム構想概要

四国電力田井お客様センターに行き、得た平成19年データによると、本山町民1人あたりの1ヵ月あたりの平均電力使用量は約232kw/月・人、町全体では、1ヵ月あたり約922,928kw/月の電力を消費していることが判明した。この消費電力を火力発電システムに石油ボイラーの代わりにペレットボイラーを使用し、木質バイオマスにより、本山町の消費電力を賄えるか構想した。以下は今回の発電システムに使用

するペレットボイラーの概要である。

使用ボイラー名：二光エンジニアリング(株)製
ロックスペレットボイラー

型式：水管式 RE-50N

全高：2,180mm

全幅：1,500mm

全長：5,090mm

定格熱出力：500,000kcal/h

伝熱面積：34.0m²

木質ペレット燃焼量：136kg/h

(2-2)木質バイオマスによる発電システム構想結果

今回選んだペレットボイラー1台の熱量によって、発電出来る電力量は、表4-3より発電効率を100%と考えた場合の値では、417,600kw/月という結果になったが、一般的な発電効率は38%程度である。しかし、廃熱などの再利用により80%まで発電効率を高める事が可能である事が調査により判明している。そのため、今回は、廃熱を利用し80%まで発電効率を高めた場合として考えた。その場合の今回使用するペレットボイラー1台による1ヵ月に発電出来る電力量は334,080kw/月という値になり、本山町全体の1ヵ月の平均使用電力量は約922,928kw/月なので、約588,848kw/月不足という結果になった。

本山町全体の月平均電力使用量：約922,928kw/月

不足電力量：約588,848kw/月

| 熱量 | 発電量 (1時間) | 発電量 (1日) | 発電量 (1ヶ月) |
|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| 500,000kcal/h (発電効率100%) | 580kw/h | 580kw × 24h = 13,920kw/日 | 13,920kw × 30 日 = 417,600kw/月 |
| 500,000kcal/h (発電効率80%) | 580kw/h × 0.8 = 464kw/h | 464kw × 24h = 11,136kw/日 | 11,136kw × 30 日 = 334,080kw/月 |

表4-3

(3-3)不足電力量の代替方法

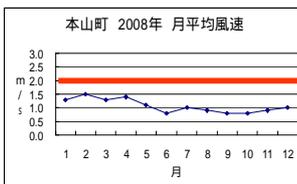
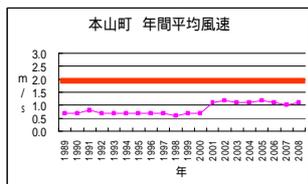
不足電力分を代替する案としては、風力発電システム、太陽光発電システムの二つを思考した。

(3-3-1)風力発電による代替

始めに風力による発電が期待出来るか考えた。

県内で風力発電を行っている梶原町が設置しているデンマーク製の風車は、風速3m/sより発電を始めるという事がであった。また、小型風力発電システムの調査も行った。その結果、プロペラの回転起動に1.0~1.5m/sの風速が必要であり、更に発電を行うためには、2m/s以上の風速が必要であるということが調べていく上で判明した。

次に本山町に発電条件を満たす風速が期待出来るか調査した。気象庁のデータを基に、本山町の年間平均風速と2008年の月平均風速をグラフ化し、本山町の風状を調査した結果、どちらのグラフを見ても発電に必要な風速(2m/s)のライン(赤のライン)に達していなかった。この結果から、本山町の風状で、風力によるエネルギー供給はリスクがあると考えた。



(3-3) 太陽光発電による代替

次に太陽光発電システムによる不足電力量の代替を考えた。太陽光発電システムにより得られる発電量は気象状況、設置条件により異なるが、1年の通算発電量は容量1kwのシステムで900～1,100kw/年の発電が可能である事が調査により判明した。これを1ヵ月あたりにすると75～92kw/月の発電が期待出来ると考えられる。

現在、設置されている住宅用太陽光発電システムの平均容量は3.59kwという事であるので、この容量を基準に考えると1ヵ月あたりで約270～330kw/月(容量3.59kw)の発電が1つのシステムの設置で期待出来ると考えられる。

(3-4) 不足電力量代替方法の組み合わせ

これまでの調査結果から、町の消費電力の代替方法としては、木質バイオマス火力発電と太陽光発電を組み合わせる事に決定した。そして、次にその組み合わせる割合を考えた。

表4-4より、ボイラー1台で発電を行った場合の発電量(発電効率80%)は約334,080kw/月、不足電力量は588,848kw/月となり、その不足電力を補うためには、約2,181世帯(全容量約7,830kw)に太陽光発電システム(容量3.59kw)を設置する必要があるという結果になった。しかし、本山町の世帯数は2005年の時点で1,835世帯であるため、約2,181世帯にシステムを設置するのは、厳しいと考えられる。そのため、次にボイラーの台数を2台に増やして発電した場合ではどうか考えた。

表4-4より、ボイラー2台による発電量(発電効率80%)は約668,160kw/月、不足電力量は254,768kw/月となった。そして、その不足電力を補うためには、約944世帯(全容量約3,389kw)に発電システム(容量3.59kw)の設置が必要という結果になった。この数であれば設置は可能であると考えた。

| | 使用ボイラー1台 | 使用ボイラー2台 |
|---|---|---|
| 1ヵ月の発電量(発電効率80%) | 約334,080kw/月 | 約668,160kw/月 |
| 不足電力量(1ヶ月) | 922,928kw 344,080kw = 588,848kw/月 | 922,928kw 668,160kw = 254,768kw/月 |
| 不足電力量代替のための太陽光発電システムの設置個数(システム容量3.59kw) 1 | 588,848kw ÷ 270kw = 約2,181世帯 (全容量約7,830kw) | 254,768kw ÷ 270kw = 約944世帯 (全容量約3,389kw) |
| 燃烧に必要な木質ペレット量(1ヶ月) | 約98t/月 | 約196t/月 |

表4-4

1 設定システム容量の最低発電電力量値を基に求めた結果である。

(3-5) 最終的な消費電力代替方法

最終的な木質バイオマスと太陽光発電システムの組み合わせとしては、今までの計算結果等から判断した結果、以下のような内容に決定した。以下は最終的な本山町の消費電力量代替システムの概要である。

使用ボイラー台数：2台

設置太陽光発電システム(容量3.59kw)：約944世帯

設置太陽光発電システム容量：約3,389kw

ペレットボイラー火力発電システム総発電量：

約668,160kw/月

太陽光発電システムの総発電量：

約254,768kw/月

二つのシステムの合計発電量：約922,928kw/月

< 発電システム費用 >

ペレットボイラー2台：約4千万(1台あたり約2千万)

太陽光発電システム：約24億4千万(1kwあたり約72万)

太陽光発電システム補助金・融資合計：

約21億2千5百万

5. 結論

以上のような内容にエコタウン構築のための代替構想はまとめたが、これを実現するためには以下の費用が必要となる。発電システム構築のための費用と発電、生活燃料として本山町全体で月に使用が予測される約339～473tの木質ペレットを製造する施設の建設とその施設を建設するための費用。その木質ペレット生産のために必要な廃材などの材料を本山町全体より、収集する費用等が必要であると考えられる。そして、こういった課題をクリアする事により、自分達の町から生まれる資源により作り出したエネルギーを自分達の町で消費し、循環させるというエコタウン(環境循環型の町)が構築出来ると考えられる。また、このエコタウンを構築する事より本山町の森林の間伐の促進、町の林業の活性化に繋げる事が出来るれば、本山町を活性化させる事も期待出来るのではないかと考えられる。

< 参考文献 >

(1) O M市場HP

<http://www.omsolar.net/ichiba/main/pellet.html>

(2) バイオマスの意味

<http://www.aomoriu.ac.jp/intro/engineer/bio/matuzawa/bioma.htm>

(3) 二光エンジニアリングHP

<http://www.niko-eng.co.jp/>

(4) 新エネルギー財団HP

<http://www.nef.or.jp/>

(5) セキスイハイムHP

http://www.sekisuiheim.com/concept/zero.html?banner_id=org&link_id=link110#con0

(6) 太陽光発電の省エネドットコム

<http://www.shouene.com/>