

東広島市における木質ペレットを 利用した地域冷暖房について

広島大学総合科学部総合科学科

自然探求領域自然環境科学授業科目群

B133740

久保瑞穂

目次

I.	はじめに	2
1.	温室効果ガスの削減	2
2.	再生可能エネルギー	2
3.	研究目的.....	3
II.	方法.....	4
1.	木質ペレットの製造に関わる状況	4
2.	東広島市内の民間施設の熱需要.....	6
3.	木質ストーブ、ボイラを導入する際に考慮すべき費用、条件	7
4.	地域冷暖房に関する情報	8
5.	導入先の調査.....	8
6.	冷暖房・給湯の費用、二酸化炭素排出量の計算	9
III.	結果.....	13
1.	木質ペレットの製造に関わる状況の調査結果.....	13
2.	東広島市内の民間施設の熱需要の調査結果	18
3.	木質ストーブ、ボイラを導入する際に考慮すべき費用、条件の調査結果.....	20
4.	地域冷暖房に関する情報の調査結果.....	23
5.	導入先の調査結果.....	23
6.	冷暖房・給湯の費用、二酸化炭素排出量の計算結果	26
IV.	考察.....	56
1.	地域冷暖房利用時の住民負担費用	56
2.	同一費用で削減可能な二酸化炭素排出量.....	60
3.	東広島市での地域冷暖房実現可能性.....	62
V.	結論	63
VI.	添付資料.....	64
VIII.	参考資料	66

I. はじめに

1. 温室効果ガスの削減

世界的に、温室効果ガスの削減が求められている。2015年12月の気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）では、195か国が平均気温上昇を2度未満に抑えることに一致して取り組んでいく姿勢が示された。また、世界ではここ数年、すべての化石燃料の発電所を合計した新規容量よりも多くの自然エネルギー発電容量が追加されている。(1) 温室効果ガスの削減に向けた動きが世界中で広がっており、二酸化炭素を中心とした温室効果ガスの排出量を抑えた生活や産業を営んでいく必要があることが示されている。

2. 再生可能エネルギー

世界では、再生可能エネルギーの中でも、海洋エネルギー、太陽エネルギー、風力発電は好調である。海洋エネルギーは、2015年に多くの関連する会社が技術発展をさせ、新しく改良した装置をおもに欧州の海域で導入した。太陽エネルギーは2014年に太陽光発電市場を25%拡大させるなど新市場への普及が進んでいる。太陽熱発電も発展途上国で導入され2015年に全世界の設備容量が約10%増加した。風力発電は2015年に欧州や米国で新規発電容量が最も増加した発電部門である。このように、これらの再生可能エネルギーには発展がみられる。ただ、バイオマスエネルギーと地熱発電・熱利用は、低い化石燃料価格の影響を受けて困難に直面している。(1) また、米国では環境問題を受けて発電電力量に占める石炭火力発電の比率が2000年代前半をピークとして減少しており、世界的にも石炭火力発電からの撤退が見られる。(2) 再生可能エネルギーの持続可能性を高めるため、太陽エネルギー、水力発電、風力発電だけに頼るのではなく、バイオマスエネルギーと地熱エネルギーのより効果的な利用方法を模索する必要がある。

日本では、森林資源が利用期に入っている。終戦直後と高度経済成長期に植えられた人工林が本格的な利用期を迎え、森林蓄積量は約49億 m^3 に達している。それに対し、国産材供給量は約0.2億 m^3/y と少ない。(3) これらのことから、より積極的に木質資源を利用していくことが可能であると言える。さらに、国内産のエネルギーを使用することで燃料費が海外へ流出することを防ぎ、地域内の雇用を増加させることができる。

エネルギー全体から見ると、バイオマスの割合は小さい。最終エネルギー消費におけるバイオマスの割合は14%であるが、熱利用だけを考えた場合、バイオマスの割合は高まる。バイオマスエネルギーは伝統的な暖房に最も多く使用されており、バイオマスエネルギーだけでみると63.6%が伝統的な暖房に使用されている。また、建物における熱利用では、伝統的バイオマスが25.3%、近代的バイオマスが4.3%で、合計29.6%がバイオマスエネルギーによって賄われている。(1) 現状と

してある程度役に立っていると言え、他の再生可能エネルギーと比較してバイオマスエネルギーは熱を利用しやすい性質があると分かる。

現在ヒートポンプによる熱利用が盛んだが、現在多く行われている化石燃料による電力を利用した熱利用では二酸化炭素をはじめとした温室効果ガスの排出量が多いと考えられている。一方、木質バイオマスはカーボンニュートラルなエネルギーとされ、地球温暖化の促進を抑えながら熱を得ることが期待されているが、コスト面とともに木質バイオマス使用に伴う電気使用などについても、木質バイオマス使用の有効性を吟味する必要がある。このため、本研究では木質バイオマスの熱利用について考察する。特に地域冷暖房は、1つの燃焼機器を共同で利用することでイニシャルコストを下げ、効率的に利用されることが期待できる。しかし木質バイオマスボイラ等の燃焼機器はこれまでの販売台数の少なさ故価格が高くなりがちであり、導入時の費用をいかに抑えるかが課題となっている。この課題の影響で導入が妨げられることを避け、木質バイオマスエネルギーの利用を促進するため、実際に地域冷暖房を利用すると仮定した地域の世帯数や気温などを用いて、導入するのが合理的であるかを検討する必要がある。

3. 研究目的

木質バイオマスを使用することによって二酸化炭素の排出削減が期待できる。そして、地域で使用される木質燃料としては、薪、チップ、木質ペレットが考えられるが、この中で木質ペレットは燃料の品質が最も均質で、木質燃料に関する知識の少ない人でも比較的容易に管理・利用できるため、木質ペレットの住宅街における利用が期待されている。

広島県東広島市においては、環境先進都市ビジョンの一環で木質ペレットの製造機を2017年に導入することが決定している。また、東広島市西条町寺家において2017年春にJRの新駅が作られ、周辺の宅地開発も進んでいる。東広島市ではスマートタウンの形成も視野に入れられている(4)。太陽光発電で電気を作り冷暖房を賄う方法も考えられるが、今回は東広島市の木質ペレット製造機を活用することで二酸化炭素を削減することを考える。そして、寺家新駅周辺で家庭を中心とした地域内における木質ペレットの熱利用設備の導入方法を検討する。中でも木質ペレットを利用した地域冷暖房は、集団で利用することで一世帯当たりの二酸化炭素排出量を抑えることが期待されている。個別冷暖房と地域冷暖房に給湯も含めて検討し、最も効果的に木質ペレットの熱利用を進める方法を抽出する。特に、設備費や燃料費などを用いた経済性の比較、中国電力株式会社の二酸化炭素排出係数を用いた二酸化炭素排出量の比較を通じ、東広島市での木質ペレットを使用した地域冷暖房の実現可能性と課題を検討する。

II. 方法

研究を進める上での前提となる情報として、次の五つの調査項目についてそれぞれ調査する。

- ① 木質ペレットの製造に関わる状況
- ② 東広島市内の民間施設の熱需要
- ③ 木質ストーブ、ボイラを導入する際に考慮すべき費用、条件
- ④ 地域冷暖房に関する情報
- ⑤ 導入先

また、これらの調査結果をもとに、地域冷暖房の費用・給湯の費用・二酸化炭素排出量の計算をする。

1. 木質ペレットの製造に関わる状況

【賀茂地方森林組合での聞き取り調査】

日時 2016年9月23日(金) 10:00-12:00

場所 賀茂地方森林組合

広島県東広島市高屋町稲木 2010-5

調査項目

1. 原料

- ・ 不要木発生量
- ・ 不要木発生頻度
- ・ 不要木の販売時の制約
- ・ 原料運搬方法
- ・ 100t以上の不要木の供給の可能性
- ・ 現在不要木を出荷している先(パン屋・パルプ工場等)以外への出荷の可能性
- ・ 現在成長途中の森林について、成長が完了した場合に木材や燃料の原材料として出荷する可能性
- ・ 共有林・財産林からの不要木の発生の有無

2. ペレット生産

- ・ 生産規模
- ・ 生産頻度
- ・ ペレット製造機器
- ・ 製造作業員
- ・ 生産方法
- ・ 原料
- ・ 破碎方法

- ・乾燥方法
- ・造粒方法
- ・保管方法

3. ペレット販売

- ・販売場所
- ・販売者
- ・販売の対象者

4. ペレット利用

- ・利用頻度
- ・利用場所
- ・利用者
- ・利用方法・運搬方法

5. 価格

なお、調査項目の選定には(5)を参考にした。

また、賀茂地方森林組合での聞き取り調査から、東広島市で木質ペレットを生産するにあたってのペレットの原価を計算した。原価の最低値を示すためグラフ化した。

【東広島市役所での聞き取り調査】

日時 2016年11月14日(月) 9:30-10:30

場所 東広島市役所 環境対策課・農林水産課

広島県東広島市西条栄町8番29号

調査項目

1. 環境対策課

(1)環境先進都市ビジョン

- ・市が主導する森林整備関連事業の有無と事業内容

(2)スマートタウン

- ・構築計画
- ・構築にかかる補助金の有無と申請件数・申請金額

(3)木質燃焼機器

- ・補助金の有無と申請件数・申請金額
- ・公共施設への導入状況

(4)木質バイオマス

- ・活用方法の計画
- ・木質バイオマスの発生場所

- ・木質ペレットの価格
- ・東広島市の木質ペレットの現状
- ・カーボンオフセットの可否

2. 農林水産課

(1)木質ペレット

- ・製造機の価格と性能
- ・販売場所
- ・使用場所
- ・製造機の維持管理費用

(2)原木ストックヤードの利用方法

- ・木の駅プロジェクトの補助金

2. 東広島市内の民間施設の熱需要

木質ペレットの活用を考える上で、定常的に温水を使っている身近な施設の中から美容室を選定した。美容室は熱を給湯という形で使用していることから、木質ペレットから得られる熱を利用する施設として適している。今回対象地区とする寺家新駅周辺では大規模な商業施設を建設することが困難とみられるため、給湯設備を利用する産業の中でも比較的小規模に営業することができる美容室を対象とした。

日時 2016年3月17日(木)

場所 美容室 FRAME central

調査項目

- ・来客数
- ・水道使用量
- ・燃料使用量
- ・電気使用量

なお、今回は2015年1年分の財務諸表を頂くことで、財務諸表の中の水道光熱費と来客数、使用灯油代から使用水量・電力使用量を計算した。

【計算】

- ・仮定

シャワーが1分あたり12Lの出力であると仮定する。なお、この値は(6)を参照した。今回は1人あたり10分間シャンプーに時間がかかり、そのうち半分の時間をすすぎに費やしていると仮定した。東広島市の水道料金は2カ月に一度徴収されるため、計算の際は1月、2月を一つのくくりとし、一年を6つの期間に区分

して計算した。

・東広島市水道代の計算方法 業務用

表 2-2-1. 東広島市の水道料金 ((7) より)

20 立方メートルまで	3,414 円
20 立方メートルを超え 60 立方メートルまで	1 立方メートルにつき 289 円
60 立方メートルを超え 100 立方メートルまで	1 立方メートルにつき 334 円
100 立方メートルを超えるもの	1 立方メートルにつき 378 円

・中国電力管内電気料金の計算方法

表 2-2-2. 中国電力管内の電気料金 ((8)より)

区分	電気料金
最低料金(最初の 15kWh まで)	330 円 26 銭
15-120kWh まで	1kWh あたり 20 円 34 銭
120-300kWh まで	1kWh あたり 26 円 90 銭
300kwh 超過	1kWh あたり 28 円 98 銭

なお、今回は燃料費調整額、口座振替割引額、再生可能エネルギー発電促進賦課金については正確な数値が把握できないため、それぞれなしとして計算する。

3. 木質ストーブ、ボイラを導入する際に考慮すべき費用、条件

【株式会社巴商会】

日時 2016 年 8 月 22 日(月)～26 日(金)

場所 株式会社巴商会本社

株式会社巴商会松戸第二工場

群馬県上野村

調査項目

- (1) ペレットボイラの設備費
- (2) ペレットボイラのランニングコスト
- (3) 新築時の導入と後付けでの導入のコストの差
- (4) 導入の条件となる環境
- (5) ペレットボイラ導入時の行政の関わり
- (6) 燃料の管理方法

なお、調査項目は(9)を参考にした。

インターンシップ概要

- (1) 本社研修
- (2) 工場研修・ボイラ実機運転見学
- (3) 群馬県上野村見学(いきいきセンター、生活支援ハウス、やまびこ荘、木質ペレット生産工場)

方法

聞き取り調査。株式会社巴商会に事前に許可を取り、調査項目の内容を質問した。インターンシップ中に自分で質問した他、のちに質問の回答を送付していただくことにより調査した。

【ヤマノイ株式会社】

日時 2016年10月6日(木) 10:30-12:00
場所 広島大学総合科学研究科
調査項目 CO2排出削減量の計算の事業の有無と計算方法
方法

山野井重典氏・一般社団法人木質ペレット推進協議会の佐藤靖也氏から話を伺った。なお、調査項目は(10)を参考にした。

4. 地域冷暖房に関する情報

日時 2016年11月25日(金)
場所 株式会社荒谷建設コンサルタント
広島県広島市中区江波西1丁目25-5
調査項目 地域冷暖房の配管工事費用
方法 本社でお話を伺った上、メールで結果を受け取り。

5. 導入先の調査

導入先として想定するJR寺家新駅周辺開発計画を調査し、現地視察を行う。

日時 2016年11月15日(火) 13:30-14:30
場所 東広島市役所 区画整理課
広島県東広島市西条栄町8番29号

調査方法

- ・現地視察
- ・「東広島都市計画事業寺家地区土地区画整理事業 事業計画書(第2回変更)」の内容の縦覧

6. 冷暖房・給湯の費用、二酸化炭素排出量の計算

東広島市で木質ペレットを使用するにあたり、いずれの活用方法が最も経済的であるかを検討する。検討する冷暖房の方法は次の6つである。

- ① 各家にエアコンを設置し、通年で使用する
- ② 各家にエアコンと灯油ファンヒータを設置し、冷房期間はエアコン、暖房期間は灯油ファンヒーターを使用する
- ③ 各家にエアコンとペレットストーブを設置し、冷房期間はエアコン、暖房期間はペレットストーブを使用する
- ④ 各家にエアコンを設置し、冷房期間はエアコンを使用する。地域内に一カ所ペレットボイラを設置し、各世帯に配管を巡らせ、暖房期間はペレットボイラを使用する
- ⑤ 地域内に一カ所、排熱を利用する吸収式冷凍機とペレットボイラを設置し、各世帯に配管を巡らせる。冷房期間は吸収式冷凍機とペレットボイラで冷房をし、暖房期間はペレットボイラで暖房する。
- ⑥ 地域内に一カ所、木質ペレットを使用した冷暖房機「バイオアロエース」を設置し、各世帯に配管を巡らせ通年で使用する。

(11) を参照し、通年でエアコンを使用した場合の消費電力量を求める。表 2-6-3 は、算出に使用した条件を表している。表 2-6-4 は仮定したエアコンの規模である。なお、2.8kW のエアコンは居間、2.2kW のエアコンは6畳の部屋で使用するとし、1日9時間稼働させるとした。このとき、9時間稼働させた場合の電力係数については(12) を参照した。補正係数を表 2-6-1 に示す。

表 2-6-1. エアコンを7時間、9時間、18時間稼働した場合の電力係数稼働した場合の補正係数

	18時間稼働	7時間稼働(2回に分けて使用)	9時間稼働
冷房	1		0.65
暖房	1	0.8	

(12)によると、電力係数には立ち上がりにかかる電力も含まれている。それを踏まえエアコンの立ち上がりにかかる係数を算出する。冷房の立ち上がりにかかる係数の算出に使用した式は式 2-6-1、式 2-6-2 である。

$$x + 18y = 1 \quad \dots \text{式 2-6-1}$$

$$x + 9y = 0.65 \quad \dots \text{式 2-6-2}$$

x : 立ち上がりにかかる消費電力量 y : 冷暖房自体に使用される消費電力量

同様に暖房の立ち上がりにかかる係数の算出も行った。結果を表 2-6-2 に示す。

表 2-6-2. 冷暖房の立ち上がりにかかる係数

	係数
冷房	0.30
暖房	0.26

表 2-6-5 は地域係数を表しており、東京と比較した各都市の平均的家庭における冷暖房のための電気使用量を示す。各項目と参考資料は以下の通りである。

冷暖房期間 参考資料 13.

冷房地域係数・冷暖房地域係数 参考資料 14.

算出に使用した式は式 2-6-3 である。

$$\frac{A \times x \times p + B \times y \times q}{(A \times p + B \times q) \times z} = 1 \quad \dots \text{式 2-6-3}$$

A : 冷房期間

B : 暖房期間

x : 冷房地域係数

y : 暖房地域係数

z : 冷暖房地域係数

p : 東京の冷房期間月間消費電力量

q : 東京の暖房期間月間消費電力量

表 2-6-6 は、広島県の平均的家庭における冷暖房のための電気使用量を表している。表 2-6-3 から 2-6-5 をもとに計算した。各項目と参考資料は以下の通りである。

標準電力料金 参考資料 15.

灯油の熱量 参考資料 16.

灯油価格 参考資料 17.

ペレットの低位発熱量 参考資料 18.

補助金 東広島市での聞き取り、参考資料 19.

表 2-6-3. 算出条件((11) を参照)

外気温度	東京をモデルとする
期間	冷房期間 3.6 カ月、暖房期間 5.5 カ月
設定温度	冷房時 27℃、暖房時 20℃
時間	9 時間((12)を参照)
住宅	平均的な木造住宅
部屋の広さ	6 畳を 1 室、10 畳を 1 室と仮定

表 2-6-4. 仮定したエアコンの規模(冷暖房期間消費電力量・APF は(11) を参照)

	2.2kW のエ アコン	2.8kW のエ アコン	合計
APF	6.2	6.2	
冷房期間消費電力量(kWh) (1日 18 時間稼働した場合)	185	230	415
冷房期間冷房能力総和(kWh) (1日 18 時間稼働した場合)	1,147	1,426	2,573
暖房期間消費電力量(kWh) (1日 18 時間稼働した場合)	532	675	1207
暖房期間暖房能力総和(kWh) (1日 9 時間稼働した場合)	3,298.4	4,185	7,483.4
冷房期間消費電力量(kWh) (1日 9 時間稼働した場合)	120.25	149.5	269.75
冷房期間冷房能力総和(kWh) (1日 9 時間稼働した場合)	573.5	713	1,286.5
暖房期間消費電力量(kWh) (1日 9 時間稼働した場合)	335.16	425.25	760.41
暖房期間暖房能力総和(kWh) (1日 9 時間稼働した場合)	1,649.2	2,092.5	3,741.7

表 2-6-5. 地域係数((13)(14) を参照し計算)

	冷房係数	暖房係数	地域係数
札幌	0.1	4.1	3.1
仙台	0.4	2	1.6
東京	1	1	1
名古屋	1.2	1.3	1.3
広島	1	1.3	1.2

表 2-6-6. 広島県の冷暖房期間消費電力量

広島の冷房期間消費電力量の総和(kWh)	269.75
広島の暖房期間消費電力量の総和(kWh)	988.53
年間消費電力量総和(kWh)	1,258.28

表 2-6-7. 計算に必要な項目

標準電力料金	27 円/kWh
灯油熱量	36.7MJ/L
灯油料金	1,336 円/18L
ペレット低位発熱量	15.5MJ/kg

計算結果を、「補助金を利用しない場合の冷暖房費」「補助金を利用する場合の冷暖房費」「燃料費」「1年あたりの設備費用」「1年あたりの設備費用・維持費用」に分けてグラフ化する。

また、冷暖房費に影響する条件を変化させ、冷暖房費の推移を明らかにする。変動させる項目は次の 4 項目である。このとき、木質ペレット価格は東広島市で製造するにあたって適切と考えられる価格で固定し計算する。

- ① 灯油価格
- ② 電気料金
- ③ 世帯数
- ④ 地域係数

それぞれの項目について、「補助金を利用しない場合の冷暖房費」「補助金を利用する場合の冷暖房費」に分けてグラフ化する。

給湯費用・二酸化炭素排出量についても同様にグラフ化する。

III. 結果

1. 木質ペレットの製造に関わる状況の調査結果

【賀茂地方森林組合】

(1) 原料

現在賀茂地方森林組合では、管轄している地域内で発生する危険木の処理や、公共事業・開発事業によって発生した不要木の処理などを外部の産業廃棄物処理業者に委託している。危険木については、森林組合の組合員から要請があった場合など、危険木の所在地に出向き伐採などの処理を行っており、発生量は年間約 3,000t である。公共事業・開発事業では開発の際に一定の面積の森林を伐採する場合があります、年間約 27,000t の不要木が発生している。危険木と公共事業・開発事業から発生する不要木を合計すると年間約 30,000t の不要木が発生している。樹種はマツが多いが、ドングリやサクラも含まれる。不要木は毎年ほぼ一定の量が発生している。

伐採した不要木を販売したり、利用したりするときは、不要木の発生した土地の地主や伐採を依頼した組合員などの依頼主との契約を確認する。依頼主が発生した不要木の処理を森林組合に一任する場合は不要木を森林組合の事業で利用することができるが、不要木の処理方法について依頼主から希望が出された場合は依頼主の意向に従った処理をする。共有林・財産区からの不要木も依頼主との契約により利用可能である。

運搬時は 10t トラック、トレーラーを用いる。現在パン屋に年間 20t 程度の不要木を薪として出荷しているが、それ以上に増やすことも可能。

(2) ペレット生産

一時間あたり 100-150kg のペレットが生産可能で、生産頻度は未定。製造機は土佐テック製で、河内町戸野に 2017 年 2 月頃に完成予定である賀茂バイオマスセンター内に設置される。賀茂地方森林組合の作業員約 2 名がペレット製造に携わる。

生産方法としては、原木ストックヤードに集約された広葉樹・マツをチップ化するもの・薪化するもの・優良材として出荷するものに分類する。その後、チップ化される方に分類された不要木を破砕機にかけ、10mm ほどのチップに裁断する。その後、ほとんどのチップはそのまま木質チップとしてたい肥センターや入野のきのこ工場、畜産の関連施設へと販売される。一部のチップはペレット製造機にかけられる。造粒前の乾燥の段階では、サタケ製の米の乾燥機を使用し、フレコンバックの下から温風を当てる方法で乾燥される。ペレットの保管の際は 10kg ずつにパッケージされる。

(3) ペレット販売

販売の頻度は未定。販売場所は道の駅や、森林組合が考えられている。ただし、東広島市の施設で利用する場合は森林組合から直接搬送される可能性が高い。ペレットを使用することを希望している人であれば誰でも購入可能である。

(4) 利用

利用場所は特に決まっていないが、東広島市内のペレットストーブなどでの利用が考えられている。ペレットストーブでの利用の場合、一台当たり年間500kg - 1t ほどのペレットが必要になり、東広島市内に存在するペレットストーブが 50 台未満と考えると年間 30 - 50t 程度のペレットがペレットストーブで使用されると考えられる。利用に際しては、利用者自身がペレットを購入し自分で利用場所まで運搬するという方法がとられる。

(5) 価格

50 円/kg 前後を想定しているが、東広島市外から入ってくるペレットに対して価格競争力を持たせるため、東広島市内での価格は他地域由来のペレットと比較して抑えたものにする予定である。

(6) その他

< 賀茂地方森林組合の今後の取り組み >

(ア) 木の駅プロジェクト

森林から発生する間伐材・林地残材などを木の駅に集積する。賀茂バイオマスセンターが必要な木を木の駅から買い取る。費用が掛かり採算が取れないという問題があり、木の駅プロジェクト以外での費用の回収をする仕組みを検討している。

(イ) 木の駅以外のプロジェクト

危険木や、公共事業・開発事業から発生した不要木を賀茂バイオマスセンターに集約する。木の駅から買い取った木と合わせて、燃料化するもの、優良材として出荷するものなどに分類し、販売していく。木の駅プロジェクトと比較して費用が抑えられ採算が見込めるため、木の駅プロジェクトの費用を回収することも見込んで事業が行われる。

【東広島市役所】

(1) 環境対策課

(ア) 東広島市環境先進都市ビジョンについて

・スマートタウンの形成に関して、補助金や形成場所、規模、事業可能性

などを合わせてすべて検討中。民間主導で形成を進めていく可能性があり、現在条件整備をしている段階である。

- ・ペレットストーブは東広島市内で清武西地域センターに1台、園芸センターに1台、憩いの森セミナーハウスに1台導入が完了している。
- ・行動計画で定められている木質バイオマス活用に関しては、賀茂地方森林組合主導の原木センターが軌道に乗り次第計画が進められることになる。
- ・森林整備に関連した市が主導する事業としては、バイオマスセンターの設置と、自伐林家養成講座の開講などを計画している。

(イ) 補助金制度について

- ・スマートシティの構築に関して、平成27年度は2,100万円、平成28年度は1,600万円ほどの補助金が予算に計上されている。そのうち平成27年度は約半分の補助金が支給され、平成28年度は11月14日時点でほぼ満額の支給が決定している。HEMS、太陽光発電に関連する申請が多く、平成27年度は約130件の申請のうち80件ほどがHEMS、太陽光発電に係る申請で、残りの50件は蓄電池に係る申請だった。
- ・木質燃焼機器に関しては、薪もしくは木質ペレットのストーブの補助金が設けられている。補助金の予算は90万円で、申請1件あたり3万円を上限とし最大30件分申請を受け入れることができる。平成27年度は15件申請があり、平成28年度は11月14日時点で10件ほどの申請があった。

(ウ) 賀茂バイオマスセンターについて

木質ペレットの販売価格は未定。

(2) 農林水産課

- ・破砕機の導入費用は1,500万円で6-8mmほどのチップに裁断することができる。株式会社大橋製で、処理能力が比較的高いものが導入されている。ペレット製造機の導入費用は1,400-1,500万円。乾燥機は運転できるか実験中。
- ・原木センターに運び込まれる原木の量は毎年段階的に増加させていく計画である。
- ・木の駅プロジェクトの補助金額は毎年段階的に減少させていく計画である。
- ・木質ペレットの販売場所は未定。
- ・木質ペレットの使用場所は、市としては公共施設を希望している。
- ・原木が不足して将来的に燃料不足に陥ることは想定していない。

【木質ペレット製造原価】

表 3-1-1. 東広島市での木質ペレット製造条件

ペレット製造機の能力 (kg/h)	100-150
製造機の稼働時間 (h/day)	8(仮定)
年間稼働日数(day/y)	250(仮定)
ペレット年間生産量(t/y)	200-300
プラント原価(円)	20,000,000(乾燥機とペレット製造機の合計を仮定)
電気代・諸経費(円/y)	1,300,000((20)より仮定)
作業員	森林組合職員
人件費(円/月)	300,000(仮定)
作業員の人数(人)	2(仮定)
耐用年数(年)	8((21)より仮定)
危険木処理費(円/t)	1,000(仮定)
乾燥費用(円/t)	3,580((22)より仮定)
破砕費用(円/t)	2,000((9)より仮定)

表 3-1-2. 東広島市の木質ペレット製造条件 各項目の詳細

ペレット製造機の能力 (kg/h)	土佐テック製。森林組合より聞き取り。
製造機の稼働時間 (h/day)	AM9:00-PM6:00、休憩1時間として仮定
年間稼働日数(day/y)	土日祝日を除いた日数として仮定
ペレット年間生産量(t/y)	生産能力×稼働時間×日数で計算
プラント原価(円)	東広島市より聞き取り。ペレット製造機 1,500 万円+乾燥機という話から仮定。
電気代・諸経費(円/y)	ペレット製造機に関する青森県のレポート参照。電気代・諸経費がペレット製造規模に比例すると仮定し、青森県のペレット製造規模と東広島市のそれとの比較から計算
作業員	森林組合での聞き取りから
人件費(円/月)	手取り 20 万円+社会保障費+税として仮定。なお、ペレット製造にかかる人件費のみを算入し、その他業務にかかる人件費は含まない。
作業員の人数(人)	森林組合での聞き取りから仮定
耐用年数(年)	(21) 木材又は木製品（家具を除く。）製造業用設備の耐用年数より仮定。
危険木処理費(円/t)	森林組合が処理費を受け取っている危険木の使用を仮定
乾燥費用(円/t)	(20)のスギチップ人工乾燥コストの内訳及び年間生産量を参照。初期含水率を DB50%とした場合の乾燥費用を参照すると、おおよそ 3,200,000 円/年となっていた。文献内で木質チップは 893.76t/年生産されていたころから、木質チップ 1t あたりの乾燥費用を 3,580 円とした。
破碎費用(円/t)	(9)を参照し仮定

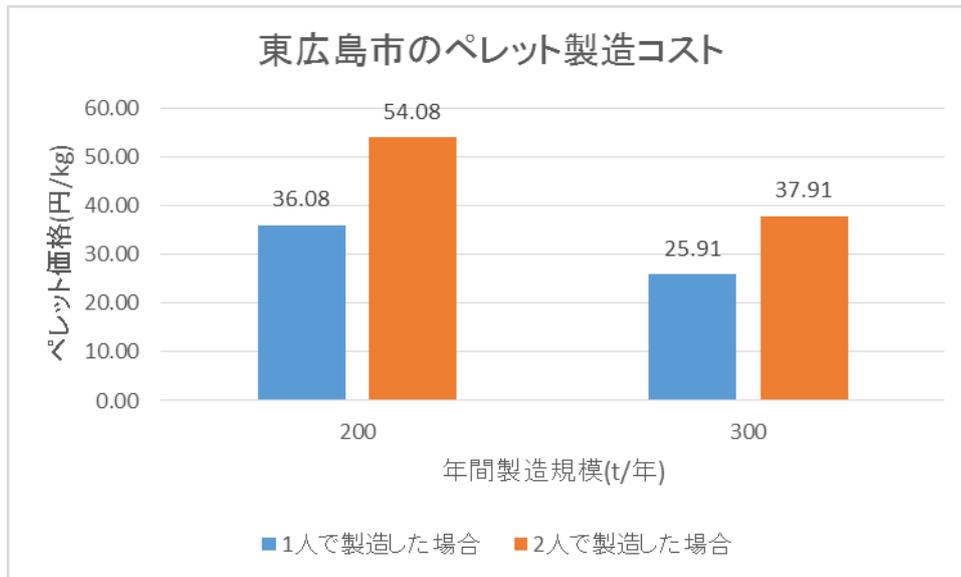


図 3-1-1. 東広島市の木質ペレット製造コスト

2. 東広島市内の民間施設の熱需要の調査結果

美容室 **FRAME central** について聞き取り調査で、灯油ボイラへの給油が一年間で7回行われたことが分かった。そのうち1回はスタッフルームの灯油タンク、6回は営業用の灯油タンクへの給油だったことから、年間灯油購入費である149,780円を給油回数で割り、給油1回当たりの灯油購入費を計算した。年に6回営業用の灯油タンクに給油しているため、2カ月に1回営業用の灯油タンクに給油したと仮定した。

表 3-2-1. 美容室 FRAME central 水道光熱費と来客数

	水道光熱費(円)	来客数(人)
1月	36,385	607
2月	150,144	708
3月	182,837	974
4月	122,863	637
5月	158,285	566
6月	107,010	628
7月	128,750	658
8月	90,678	592
9月	236,381	608
10月	91,738	594
11月	137,782	599
12月	115,349	787

表 3-2-2. 美容室の2カ月毎の水道光熱費と来客数

	水道光熱費(円)	来客数(人)
1,2月	186,529	1,315
3,4月	305,700	1,611
5,6月	265,295	1,194
7,8月	219,428	1,250
9,10月	328,119	1,202
11,12月	253,131	1,386

表 3-2-3. 美容室の水道使用量と水道代

	水道使用量(m ³)	水道代(円)
1,2月	78.90	21,287
3,4月	96.60	27,218
5,6月	71.64	18,862
7,8月	75.00	19,984
9,10月	72.12	19,022
11,12月	83.16	22,709

表 3-2-4. 美容室の光熱費・灯油代・電気料金・電力使用量

	光熱費(円)	灯油代(円)	電気料金(円)	電力使用量(kW)
1,2月	165,242	21,397	143,845	5,059
3,4月	278,482	21,397	257,084	8,967
5,6月	246,433	21,397	225,036	7,861
7,8月	199,444	21,397	178,047	6,239
9,10月	309,097	21,397	287,700	10,023
11,12月	230,422	21,397	209,024	7,308

3. 木質ストーブ、ボイラを導入する際に考慮すべき費用、条件の調査結果

【株式会社巴商会】

(1) ペレットボイラの設備費

表 3-3-1. ENE-R シリーズ

ボイラ型式	定格出力	価格(税抜き)
ENER-P85	85kW	¥8,780,000
ENER-P110	110kW	¥8,880,000
ENER-P180	180kW	¥9,970,000
ENER-P240	240kW	¥10,380,000
ENER-P300	300kW	¥13,380,000
ENER-P360	360kW	¥13,880,000

なお、価格には、以下の付帯設備の費用が含まれている。

- ・自動点火装置(電気式熱風ファン)
- ・燃焼空気送風装置
- ・排ガスファン
- ・自動煙管クリーニング装置(機械式)(灰箱付)
- ・自動灰落とし装置と灰受けボックス
- ・樹種・含水率に対応する O₂(ラムダ)センサ
- ・全自動制御盤
- ・逆火防止等の安全装置、防火用警報(燃料遮断ダンパ、消化バルブ、感震器等)
- ・無圧化オープンタンクユニットと補給水制御装置
- ・熱交換器ユニット(標準一回路)

(2) ペレットボイラのランニングコスト

表 3-3-2. ペレットボイラのランニングコスト

項目	コスト
燃料費	1kg あたり 35-50 円
メンテナンス費	1 回あたり 20 万円
灰処理費用	産業廃棄物にならない場合は 0 円
電気代	ボイラ 100kW あたり 5kW の電力を消費する。機種・出力・システムによって大きく変動するが、60 万-240 万円ほど。

(3) 新築時の導入と後付けでの導入のコスト差

ほぼなし

(4) 導入の条件となる環境

- ・大型トラックの通行が可能であること
- ・付近にすぐに手に入る木質燃料が存在すること
- ・煙突の煙が民家に届かないこと

(5) ペレットボイラ導入時の行政支援

ペレットボイラに関わらず木質燃焼装置を導入する際、一般家庭以外の場合は行政との関わりを持つ場合がある。東京都の場合は職員の知識が豊富であるが、地方の自治体では必ずしも環境についての知識を持つ職員がいるとは限らないため、地域によって支援の有無で格差が生じる。

(6) 燃料の管理方法

表 3-3-3. 燃料の管理方法の注意点

	結露	長期保存	燃焼の様子
ペレット	水分を含むと固まり、スクリーンの故障に繋がるため注意	可能	燃料の密度が高く空気が入りにくい 燃焼に乾燥チップの6倍の時間がかかる
乾燥チップ	地下サイロを建設する場合は地下水の有無に注目。結露が起こる可能性があれば結露防止シートなどで対応	サイロ内で放置しすぎると動物が住み着く可能性がある	燃料の密度が低く空気が入りやすい ペレットと比較すると燃えやすい
生チップ	元々含水率が高いため注意が必要	放置しすぎると腐敗する	乾燥チップと同じ条件では含水率の高い生チップの方が燃焼に時間がかかる

これらのことから、ペレットの管理においては水分から遠ざけること、燃料同士が結合しないように注意することが必要である。

【ヤマノイ株式会社】

二酸化炭素排出削減量の計算の事業の有無と計算方法

ヤマノイ株式会社においては、二酸化炭素排出削減量の計算は行っていない。

一般的に木質ストーブでのCO₂の排出削減量は、燃料の使用量から求められる。木質ストーブを使用している家庭において使用したペレットの総量を、領収書を参照することによって把握する。その後、化石燃料で同じ熱量を得た場合と比較して削減されたと考えられるCO₂の量を割り出す。最後に、プラントで排出されたCO₂量を引くことによって、削減された正確なCO₂量を計算する。計算式は以下の通りである。

$$\text{使用時削減 CO}_2 \text{ 量} - \text{プラント排出量} = \text{削減 CO}_2$$

現在はカーボンオフセット市場の停滞が続いており、またカーボンオフセットの申請に毎年22万円かかることから、木質ボイラや木質ストーブを使用したカーボンオフセットでは経済的メリットを得ることが困難であることが分かった。

4. 地域冷暖房に関する情報の調査結果

表 3-4-1. では、配管工事にかかる費用を表している。株式会社荒谷建設コンサルタント高木氏に送って頂いた表を引用した。

表 3-4-1. 配管工事費用

配管	波付断熱架橋ポリエチレンパイプ 地中埋設。85m 巻。今回は 300m の 配管を埋設すると仮定。内径 100mm。 メーカー標準価格より。
波付断熱架橋ポリエチレン管 100A 材料単価(円/m)	24,400
波付断熱架橋ポリエチレン管 100A 複合単価(材料単価+消耗品材料費+工 事費)(円/m)	27,150
中間継手	配管の継ぎ目に使用。 メーカー標準価格より。
中間継手 材料単価(円/箇所)	40,000
中間継手 複合単価(円/箇所)	69,500
端末継手	配管の最終点に使用。 メーカー標準価格より。
端末継手 材料単価(円/箇所)	79,000
端末継手 複合単価(円/箇所)	103,600
根切り (0.80m×0.80m) 単価(円/m ³)	2,400 機械設備工事 積算実務マニユア ル 2016 より。
埋戻し 単価(円/m ³)	3,320 機械設備工事 積算実務マニユア ル 2016 より。
直接工事費	複合単価×数量
間接工事費	直接工事費×0.6
工事費	直接工事費+間接工事費

5. 導入先の調査結果

「東広島都市計画事業寺家地区土地区画整理事業 事業計画書(第 2 回変更)」東広島市、平成 27 年 4 月 13 日を参照した。なお、引用にあたっては、東広島市役所において本計画書を閲覧し、必要と考えられる部分を以下のように書き留めた。

書き留めたものを以下に記す。

事業名称 東広島都市計画事業寺家地区土地区画整理事業
施行者 東広島市

【施行地区】

- ・西条駅近接の地区。東広島市のほぼ中央に位置している。
- ・地区の北側～西側：住宅団地開発により宅地化の進んだ区域に隣接している
- ・地区の南側：黒瀬川が流れる。
- ・地区の東側：ミニ開発された住宅と農地が混在している地域と隣接している。
- ・面積：10.8ha
- ・吉行飯田線と JR の新駅が計画されている。
- ・区域：寺家字宮脇、字大池谷、字友松、字福原、字樋本及び字狐川

・地区の性格と発展状況

旧来は集落と農地が混在していたが、隣接地域の住宅団地開発に伴い急激に市街化が進んだ。新駅の拠点としてふさわしい場所になることが求められる。

・人口

現状は、住宅が 8 戸点在し、住民は 18 人と推定される。人口密度は 1.7 人/ha

・土地

現在はほぼ農地となっている。

・道路

幅員 5.0m 以上の道路は市道寺家北線他 1 路線のみで、そのほかの道路は幅員 1.0～4.0m である。

・宅地

大半が農地で、点在する住宅は木造である。

・地勢

地区の北部標高が 236m、南部標高が 223m で、南に向かって約 2%の勾配となっている。また、地区の西部から東部にかけても約 1%勾配がある。

・用排水

地区の北側のため池から 1m 以下の水路が黒瀬川に向かって流れている。

【方針】

1. 土地計画

新駅周辺と都市計画道路吉行飯田線沿道が商業用地、そのほかは一般住宅用地に分類される。

2. 人口

将来的には70人/haを目指しており、全体で760人になることを目標としている。

3. 道路

北側に都市計画道路 3.3.8 吉行飯田線(幅員 25.0m)、3.3.34 号寺家 2 号線を整備。寺家 2 号線については駅前一体を整備する。7.5.3 寺家 3 号線を基幹道路とし、区画道路(幅員 6.0m)を地区内に配置する。特殊道路(幅員 1.0~4.0m)で歩行者の利便性を向上させる。

4. 公園

住民 1 人あたり 3 m²以上で、かつ地区面積の 3%以上の面積を公園として整備する。4カ所が予定されている。

【その他】

住宅地 1 区画当たりの面積は 165~180 m²で、1 区画当たり 50~60 坪が予定されている。駅の付近は 1 区画 300 m²ほどで、アパートなどになる予定。

「寺家地区土地区画整理事業 保留地位置図」(平成 24 年 2 月時点)によると、対象地区の北東側については市が所有しており、住宅地として区画を区切って売り出すことが決定されている。

・周辺視察

寺家新駅周辺を視察した結果、寺家駅北側で商業施設や宅地の開発が行われていることが分かった。また、寺家駅南側にはすでにマンションなどの集合住宅が建設されていた。吉行飯田線とみられる道路が建設途中であると見受けられた。新規住宅地開発地区以外の場所については、住宅街が広がっているなど生活が営まれている地区が多数確認できた。線路付近の商業施設は大規模で、自家用車を使用して来店するケースが多いと推定される。

以上の調査結果を踏まえ、寺家地区北東側の新規分譲住宅地と同規模の土地で冷暖房を行うことを仮定し計算をする。仮定条件は表 3-5-1 に示す。なお、この仮定条件は実際の寺家地区の分譲状況とは異なり、本論文上でのみ使用するものとする。

今回はこの地区を市が一括して管理する住宅地にすると仮定しスマートタウン化を構想する。対象地区のうち、連続した 26 区画が木質燃焼機器の導入に最も適していると考えられるため、今回は 20 区画を住宅、6 区画分を木質燃焼機器の導入用や、民間施設のための土地と仮定し、この区画に木質ペレットを利用した地域冷暖房を導入することを想定し計算する。なお、今回の計算に土地代は含めない。また、補助金などの獲得も視野に入れる。

表 3-5-1. 導入先の条件

対象地	寺家地区北東側
対象区域	対象地区北東側のうち、平成 24 年 2 月時点で市が所有しており、開発に伴って分譲することが決定されている区域のうち、連続した 26 区画 (VI添付資料参照)
世帯数	20 世帯。1 区画に 1 世帯として仮定。
事業所数	1 件。対象とした 26 区画のうち、住宅を除く 6 区画の土地のうち 1 区画を利用。
地域冷暖房 機器の設置場所	対象地区の北東側の 1 区画を利用。
気候	広島県の平均的な気候と仮定。

6. 冷暖房・給湯の費用、二酸化炭素排出量の計算結果

① 各家にエアコンを設置し、通年で使用する

エアコンの導入費用は 1 台につき 100,000 円とし、2 台導入すると仮定した。
(21)によると、冷暖房機の耐用年数は 6 年と定められているが、現在発売されているエアコン内蔵フィルタで 10 年継続して使用できるものもある(25)ため、エアコン継続使用期間を 10 年とし、10 年で買い替えるとした。

表 3-6-1. エアコンのみの冷暖房の年間費用

冷暖房の年間の消費電力量の総和	1258.28kWh/年
目安電気料金	33,974 円/年
エアコンの導入費用	200,000 円
使用期間	10 年
1 年あたりの設備費用	20,000 円/年
冷暖房年間費用	53,974 円/年

② 各家にエアコンと灯油ファンヒータを設置し、冷房期間はエアコン、暖房期間は灯油ファンヒーターを使用する

1. 冷房

エアコンの導入費用は 1 台につき 100,000 円とし、2 台導入すると仮定した。エアコンの継続使用期間を 10 年とした。

表 3-6-2. エアコンの冷房期冷房費用

冷房期間消費電力量	269.75kWh/年
目安電気料金	7,283 円/年
エアコンの導入費用	200,000 円
継続使用期間	10 年
1 年あたりの設備費用	20,000 円/年
冷房年間費用	27,283 円/年

2. 暖房

灯油ファンヒーターの導入台数は 1 台につき 30,000 円とし、2 台導入すると仮定した。エアコンと同様、(21)による耐用年数は 6 年とされているが、使用開始後 10 年未満のメーカーによる修理が可能なものが確認された(26)ため、灯油ファンヒーターの継続使用期間を 10 年とした。

表 3-6-3. 灯油ファンヒーターの暖房期暖房費用

暖房期間暖房能力総和	13,470.13MJ/年
灯油必要量	367.03L
灯油購入費	27,242 円/年
灯油ファンヒーター導入費用	60,000 円
継続使用期間	10 年
原価償却費	6,000 円/年
暖房年間費用	33,242 円/年

3. 冷暖房年間費用

60525 円

- ③ 各家にエアコンとペレットストーブを設置し、冷房期間はエアコン、暖房期間はペレットストーブを使用する

1. 冷房

②を参照し、27,283 円/年とする。

2. 暖房

ペレットストーブは 1 台とし、導入費用は(27)を参照し仮定した。この時、煙突などの工事費用については新築時の工事費用に含まれているとし、設備費用として毎年計上するのはペレットストーブ本体のみとした。(28)より 20 年経っても同じペレットストーブを使用することを勧めてい

る企業もあることから、継続使用期間を20年とした。補助金については、東広島市での聞き取りにより金額を把握した。

表 3-6-4. ペレットストーブの1年あたりの設備費用

暖房期間暖房能力総和	13,470.13MJ/年
暖房期間ペレット使用量	869.04kg/年
ペレットストーブ導入費	200,000 円
補助金額	30,000 円
継続使用期間	20年(28)より
補助金なし1年あたりの設備費用	10,000 円/年
補助金あり1年あたりの設備費用	8,500 円/年

表 3-6-5. ペレットストーブ 補助金なし暖房年間費用

ペレット価格(円/kg)	補助金なし年間暖房費(円/年/世帯)
50	53,452
45	49,107
40	44,762
35	40,416
30	36,071
25	31,726
20	27,381
15	23,036
10	18,690
5	14,345
0	10,000

表 3-6-6. ペレットストーブ 補助金あり年間暖房費

ペレット価格(円/kg)	補助金あり年間暖房費(円/年/世帯)
50	51,952
45	47,607
40	43,262
35	38,916
30	34,571
25	30,226
20	25,881
15	21,536
10	17,190
5	12,845
0	8,500

3. 冷暖房年間費用

表 3-6-7. 補助金なし年間冷暖房費

ペレット価格(円/kg)	補助金なし年間冷暖房費(円/年/世帯)
50	80,735
45	76,390
40	72,045
35	67,700
30	63,354
25	59,009
20	54,664
15	50,319
10	45,974
5	41,628
0	37,283

表 3-6-8. 補助金あり年間冷暖房費

ペレット価格(円/kg)	補助金あり年間冷暖房費(円/年/世帯)
50	79,235
45	74,890
40	70,545
35	66,200
30	61,854
25	57,509
20	53,164
15	48,819
10	44,474
5	40,128
0	35,783

- ④ 各家にエアコンを設置し、冷房期間はエアコンを使用する。地域内に一カ所ペレットボイラを設置し、各世帯に配管を巡らせ、暖房期間はペレットボイラを使用する

1. 冷房

②を参照し、27,283 円とする。

2. 暖房

ペレットボイラは、表 3-3-1 を元に、適切と考えられる規模のものを選んだ。今回の計算で使用しているのは定格出力 110kW のものである。なお、二光エンジニアリング株式会社小久保氏によると、1,000 万円前後のボイラの価格は本体価格のみを表しており、ボイラ室の形状や導入先の状況によりさらに費用が上乗せされるという。配管工事費用は表 3-4-1 の値を元に計算した。補助金は最大支給額である費用の 2/3 を想定した。暖房期間ペレット使用量は③「各家にエアコンとペレットストーブを設置し、冷房期間はエアコン、暖房期間はペレットストーブを使用する」を参考にした。電気代については、(9) を参照した。なお、株式会社巴商会山上氏によると、電気代は純粋にペレットボイラ本体のみの稼働にかかる電気代であり、付帯設備の使用状況や導入先によって電気料金が上昇するという。株式会社巴商会で伺った電気代は付帯設備を使用した場合の電気代であったため、今回はペレットボイラ本体にかかる電気代のみで計算した。本論文で計上する冷暖房費や二酸化炭素排出量は最低値を示しており、使用状況により値が上昇する可能性がある。

今回計算条件として挙げたのは、地域冷暖房導入地域に居住する市民が支払う費用のみである。ボイラ室の建設費用等は自治体が負担すると仮定し、市民への負担を軽減するとして計算した。このため建屋やサイロ、また付帯設備等の費用は反映されていないとする。

補助金は(19)を参照した。ボイラの償却年数は(29)を参照し 20 年と仮定した。

表 3-6-9. ペレットボイラ 計算条件

ペレットボイラ価格	8,880,000 円
配管工事費用	14,686,912 円
ボイラ導入費	23,566,912 円
導入費補助率	2/3
使用世帯数	20 世帯
継続使用期間	20 年
補助金なし 1 年あたりの設備費用	58,917 円/年/世帯
補助金あり 1 年あたりの設備費用	19,639 円/年/世帯
ペレット暖房期間使用量	869.04kg/年/世帯
電気代	357,750 円/年
一世帯当たりの電気代	17,888 円/年/世帯

表 3-6-10. ペレットボイラ 補助金なし年間暖房費

ペレット価格(円/kg)	補助金なし暖房年間費用(円/年)
50	120,257
45	115,912
40	111,566
35	107,221
30	102,876
25	98,531
20	94,186
15	89,840
10	85,495
5	81,150
0	76,805

表 3-6-11. ペレットボイラ 補助金あり年間暖房費

ペレット価格(円/kg)	補助金あり暖房年間費用(円/年)
50	80,979
45	76,633
40	72,288
35	67,943
30	63,598
25	59,253
20	54,907
15	50,562
10	46,217
5	41,872
0	37,527

3. 冷暖房年間費用

表 3-6-12. 補助金なし年間冷暖房費

ペレット価格(円/kg)	補助金なし冷暖房年間費用(円/年)
50	147,540
45	143,195
40	138,850
35	134,504
30	130,159
25	125,814
20	121,469
15	117,124
10	112,778
5	108,433
0	104,088

表 3-6-13. 補助金あり年間冷暖房費

ペレット価格(円/kg)	補助金あり冷暖房年間費用(円/年)
50	108,262
45	103,917
40	99,571
35	95,226
30	90,881
25	86,536
20	82,191
15	77,845
10	73,500
5	69,155
0	64,810

- ⑤ 地域内に一カ所、排熱を利用する吸収式冷凍機とペレットボイラを設置し、各世帯に配管を巡らせる。冷房期間は吸収式冷凍機とペレットボイラで冷房をし、暖房期間はペレットボイラで暖房する。

1. 冷房

(30)を参照し、適切と考えられる 35.2kW の排熱利用吸収式冷凍機を選定した。価格は矢崎エナジーシステム株式会社への電話での聞き取り調査から、10,000,000 円とした。電気代は、冷房期の木質ペレット使用量を暖房期の木質ペレット使用量で除した値に、暖房期の木質ペレットボイラの電気代を乗じて求めた。

表 3-6-14. 排熱利用吸収式冷凍機 計算条件

冷房期間必要冷凍能力	1,286.5 kWh/年
時間当たりの必要冷凍能力	13.24kWh/h
1日当たりののべ循環水量	41.00 m ³ /日
循環水最大可能循環量	54.52 m ³ /日
冷凍機実質稼働時間	6.77 時間
吸収式冷凍機・冷却塔導入費用	10,000,000 円
配管工事費用	14,686,912 円
吸収式冷凍機総導入費用	24,686,912 円
補助率	2/3
世帯数	20 世帯
継続使用期間	20 年
補助なし導入費用 1年あたりの設備費用	61,717 円/年/世帯
補助あり導入費用 1年あたりの設備費用	20,572 円/年/世帯
吸収式冷凍機の加熱能力	48.7kW
必要加熱能力	283,604.64 kcal/日
冷房期間使用ペレット総量	8,265.85kg/年
1世帯あたりの冷房期間使用ペレット総量	413.29kg/年/世帯
年間電気代	170,136 円/年
1世帯当たりの年間電気代	8506 円/年

表 3-6-15. 排熱利用吸収式冷凍機 補助金なし年間冷房費

ペレット価格(円/kg)	補助金なし年間冷房費用(円/年)
50	90,889
45	88,822
40	86,756
35	84,689
30	82,623
25	80,556
20	78,490
15	76,423
10	74,357
5	72,291
0	70,224

表 3-6-16. 排熱利用吸収式冷凍機 補助金あり年間冷房費

ペレット価格(円/kg)	補助金あり年間冷房費用(円/年)
50	49,744
45	47,677
40	45,611
35	43,544
30	41,478
25	39,412
20	37,345
15	35,279
10	33,212
5	31,146
0	29,079

2. 暖房

ペレットボイラについては④と同じ費用がかかると想定した。

表 3-6-17. ペレットボイラ 計算条件

ペレットボイラ導入費	23,566,912 円
補助率	2/3
継続使用期間	20 年
世帯数	20 世帯
補助なし 1 年あたりの設備費用	58,917 円/年/世帯
補助あり 1 年あたりの設備費用	19,639 円/年/世帯
電気代	357,750 円/年
1 世帯あたりの電気代	17,888 円/年/世帯
ペレット使用量	869.04kg/年

表 3-6-18. ペレットボイラ 補助金なし年間暖房費

ペレット価格(円/kg)	補助金なし暖房年間費用(円/年)
50	120,257
45	115,912
40	111,566
35	107,221
30	102,876
25	98,531
20	94,186
15	89,840
10	85,495
5	81,150
0	76,805

表 3-6-19. ペレットボイラ 補助金あり年間暖房費

ペレット価格(円/kg)	補助金あり暖房年間費用(円/年)
50	80,979
45	76,633
40	72,288
35	67,943
30	63,598
25	59,253
20	54,907
15	50,562
10	46,217
5	41,872
0	37,527

3. 冷暖房年間費用

表 3-6-20. 補助金なし年間冷暖房費

ペレット価格(円/kg)	補助金なし冷暖房年間費用(円/年)
50	211,146
45	204,734
40	198,322
35	191,911
30	185,499
25	179,087
20	172,676
15	166,264
10	159,852
5	153,441
0	147,029

表 3-6-21. 補助金あり年間冷暖房費

ペレット価格(円/kg)	補助金あり冷暖房年間費用(円/年)
50	130,722
45	124,311
40	117,899
35	111,487
30	105,076
25	98,664
20	92,252
15	85,841
10	79,429
5	73,018
0	66,606

- ⑥ 地域内に一カ所、木質ペレットを使用した冷暖房機「バイオアロエース」を設置し、各世帯に配管を巡らせ通年で使用する。

1. 冷房

(30) を参照し、105kW のペレット焚冷暖房機を選定した。価格は矢崎エナジーシステム株式会社への電話での聞き取り調査から、15,000,000 円とした。

表 3-6-22. バイオアロエース 計算条件

冷房期間必要冷凍能力	1286.50 kWh/年
時間当たりの必要冷凍能力	13.24 kWh/h
実質稼働時間	1.13 時間
ペレット消費量	22.2kg/h
冷房期間ペレット使用量	2720.03 kg/年
1 世帯あたりの冷房期間ペレット使用量	136.00 kg/年
ペレット焚冷暖房機・冷却塔導入費用	15,000,000 円
配管工事費用	29,373,824 円
総導入費用	44,373,824 円
補助率	2/3
継続使用期間	20 年
世帯数	20 世帯
補助なし 1 年あたりの設備費用	110,935 円/年/世帯
補助あり 1 年あたりの設備費用	36,978 円/年/世帯
電気代	357,750 円/年
1 世帯あたりの電気代	17,888 円/年/世帯

表 3-6-23. バイオアロエース 補助金なし年間冷房費

ペレット価格(円/kg)	補助金なし冷房年間費用(円/年)
50	135,622
45	134,942
40	134,262
35	133,582
30	132,902
25	132,222
20	131,542
15	130,862
10	130,182
5	129,502
0	128,822

表 3-6-24. バイオアロエース 補助金あり年間冷房費

ペレット価格(円/kg)	補助金あり冷房年間費用(円/年)
50	61,666
45	60,986
40	60,306
35	59,626
30	58,946
25	58,266
20	57,586
15	56,906
10	56,226
5	55,546
0	54,866

2. 暖房

暖房期間ペレット使用量 869.04kg/年/世帯

表 3-6-25. 暖房年間費用

ペレット価格(円/kg)	暖房年間費用(円/年)
50	43,452
45	39,107
40	34,762
35	30,416
30	26,071
25	21,726
20	17,381
15	13,036
10	8,690
5	4,345
0	0

3. 冷暖房年間費用

表 3-6-26. 補助金なし年間冷暖房費

ペレット価格(円/kg)	補助金なし冷暖房年間費用(円/年)
50	179,074
45	174,049
40	169,024
35	163,999
30	158,973
25	153,948
20	148,923
15	143,898
10	138,872
5	133,847
0	128,822

表 3-6-27. 補助金あり年間冷暖房費

ペレット価格(円/kg)	補助金あり冷暖房年間費用(円/年)
50	105,118
45	100,093
40	95,067
35	90,042
30	85,017
25	79,992
20	74,967
15	69,941
10	64,916
5	59,891
0	54,866

・各条件ごとの冷暖房費

図 3-6-1、3-6-2 では、木質ペレットの販売価格を変化させて各冷暖房の費用の推移を見た。補助金を利用する場合は、木質ペレット価格が約 5 円を下回るとバイオアロエースの冷暖房費用が個別冷暖房の費用を下回ることが確認された。しかしその他の部分については補助金を利用する・しないに関わらず、ペレット価格を変動させても地域冷暖房が個別冷暖房に対して費用面で有利になる点はないこ

とが分かった。

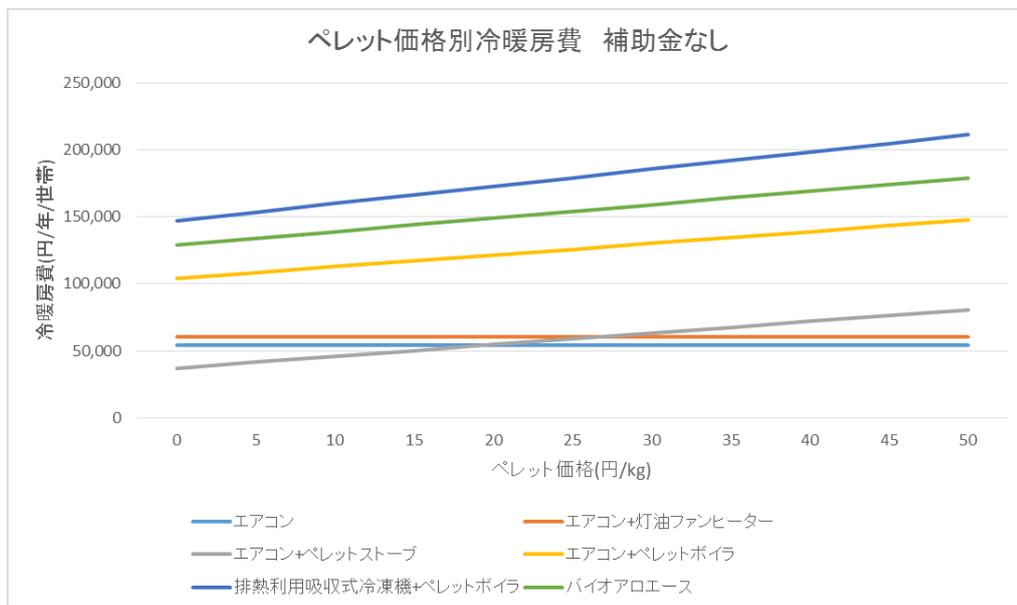


図 3-6-1. 冷暖房費 補助金なし

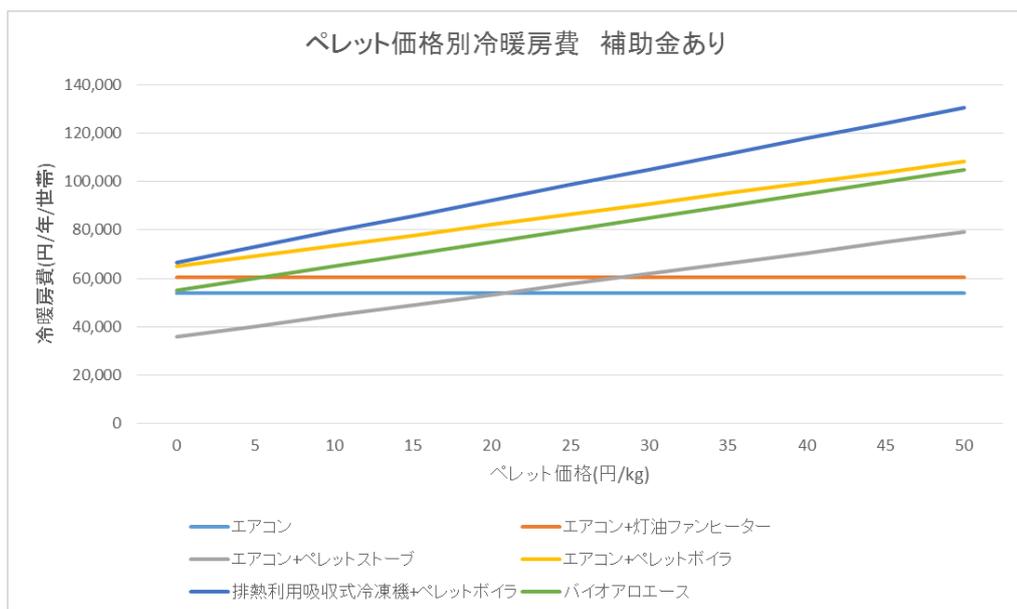


図 3-6-2. 冷暖房費 補助金あり

・条件別燃料費

図 3-6-3 では、木質ペレットの販売価格を変化させて各冷暖房の燃料費の推移を見た。なお、グラフでは「エアコン+ペレットボイラ」「エアコン+ペレットストーブ」の 2 項目が同じ直線を描いている。木質ペレット価格が約 35 円を下回ると、地域冷暖房が個別冷暖房の 1 世帯当たりの年間費用を下回ることが分かった。木

質ペレット価格が約 26 円を下回ると、木質ペレットを利用した冷暖房のすべてが、ペレット価格の低下に伴って、木質ペレットを利用しない冷暖房の 1 世帯当たりの燃料費を下回った。

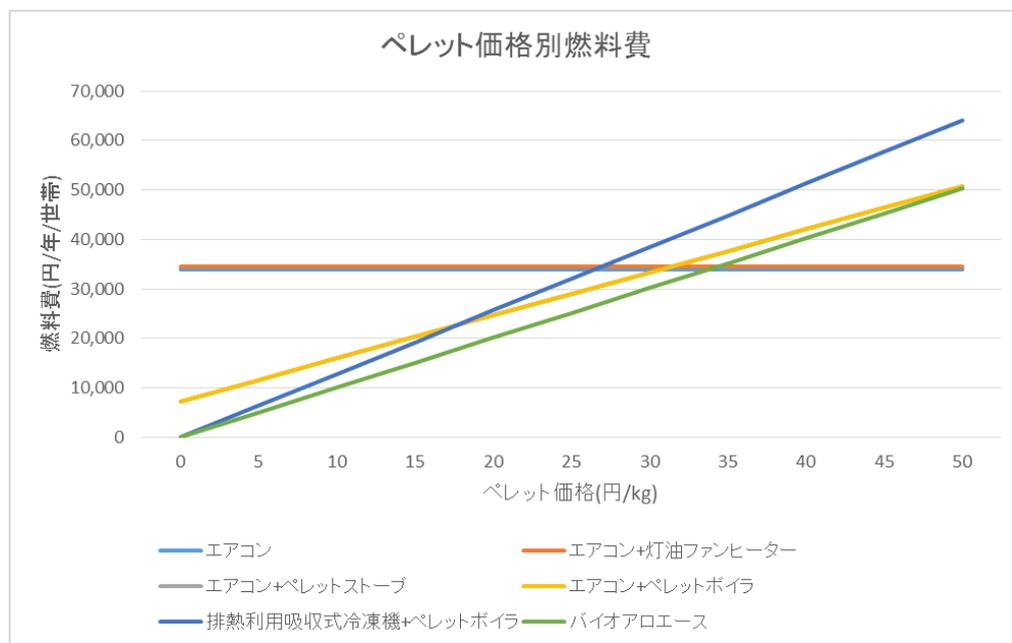


図 3-6-3. ペレット価格別燃料費

・条件別年間設備費用

図 3-6-4 では、補助金を利用しない場合と利用する場合の年間設備費を項目ごとに示した。補助金を利用しない場合は、地域冷暖房の年間設備費がエアコンのみの冷暖房の原価費の 3.95～6.03 倍を示している。一方、補助金を利用する場合は、地域冷暖房の年間設備費がエアコンのみの冷暖房の年間設備費の 1.85～2.01 倍に収まることが分かった。ペレットストーブを利用する冷暖房はエアコンのみの冷暖房の 1.43～1.50 倍の年間設備費を示し、木質ペレットを利用する冷暖房の中で最も年間設備費を抑えることができると分かった。

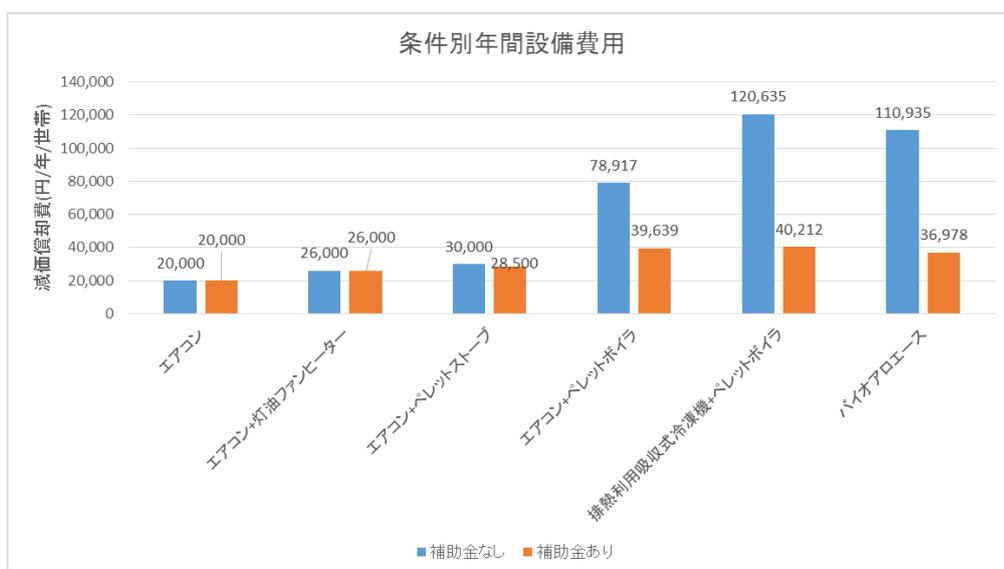


図 3-6-4. 条件別年間設備費

・条件別年間設備費・維持費用

図 3-6-5 では、補助金を利用しない場合と利用する場合の年間設備費と、地域冷暖房の燃焼機器等の運転にかかる電気料金を合計したものを項目ごとに示した。補助金を利用しない場合は、地域冷暖房の年間設備費・維持費用がエアコンのみの冷暖房の年間設備費の 4.84～7.35 倍を示している。一方、補助金を利用する場合は、地域冷暖房の年間設備費・維持費用がエアコンのみの冷暖房の年間設備費の 2.74～3.33 倍に収まることが分かった。

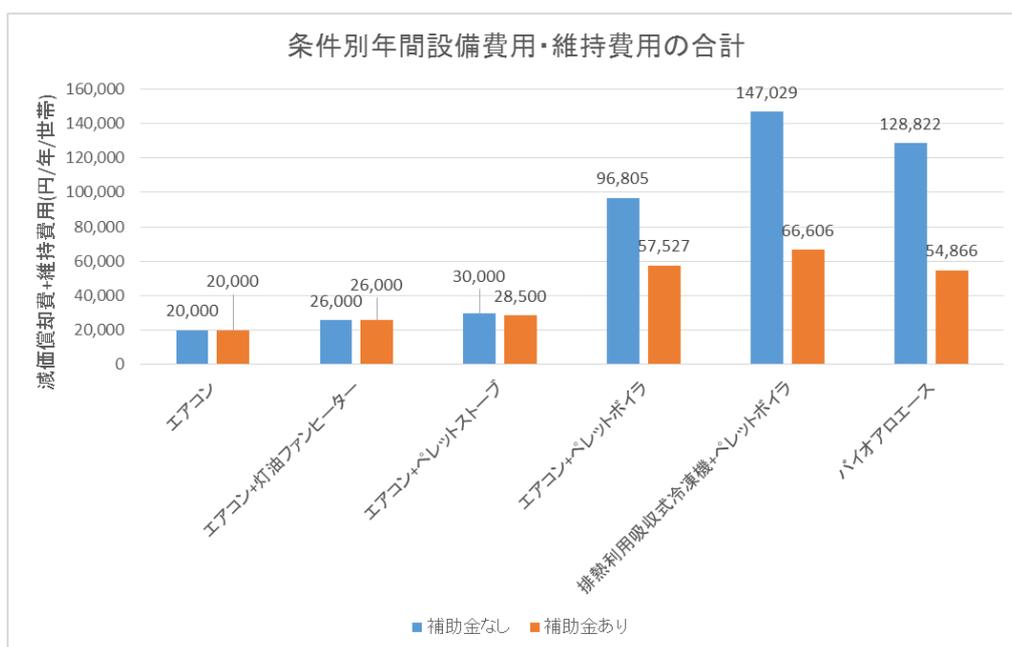


図 3-6-5. 条件別年間設備費・維持費用の合計

- ・冷暖房に影響する条件を変動させた冷暖房費の推移

図 3-1-1 より、木質ペレット価格は東広島市で製造するにあたって設定できる最安値と考えられる 35 円を仮定する。

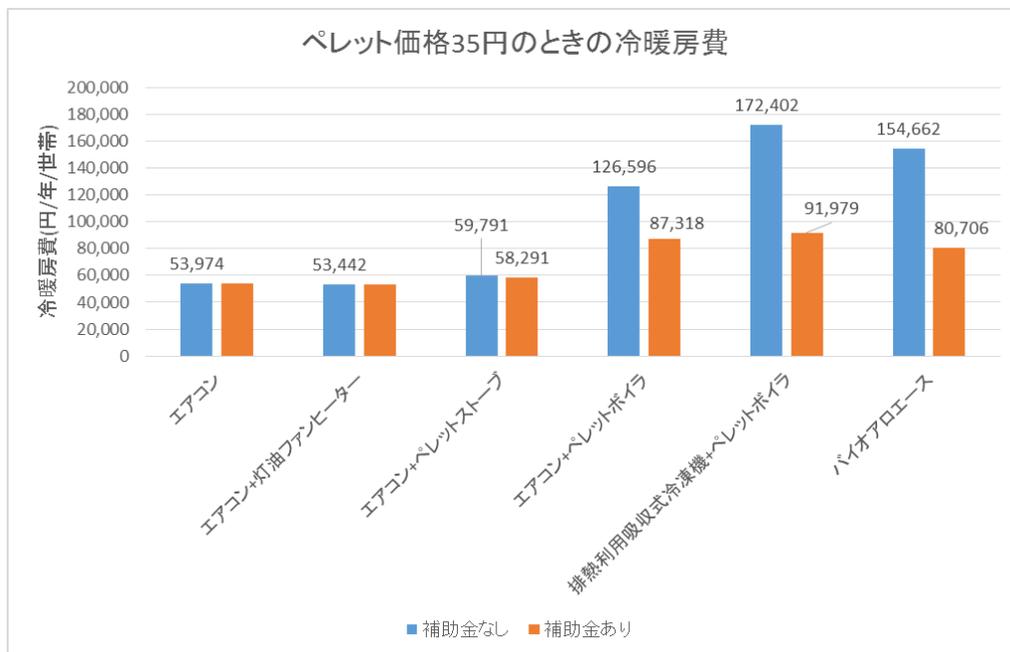


図 3-6-6. ペレット価格 35 円の時の標準冷暖房費

① 灯油価格ごとの冷暖房費

図 3-6-7、3-6-8 では、灯油の 18L あたりの店頭販売価格を変化させて各冷暖房の冷暖房費の推移を見た。補助金を利用しない場合、灯油価格が約 1,700 円/18L を上回ると、木質ペレットを利用した冷暖房が木質ペレットを利用しない冷暖房の 1 世帯当たりの年間費用を下回ることが分かった。また、補助金を利用した場合、灯油価格が約 2,800 円/18L を上回ると、地域冷暖房が個別冷暖房の 1 世帯当たりの年間費用を下回った。

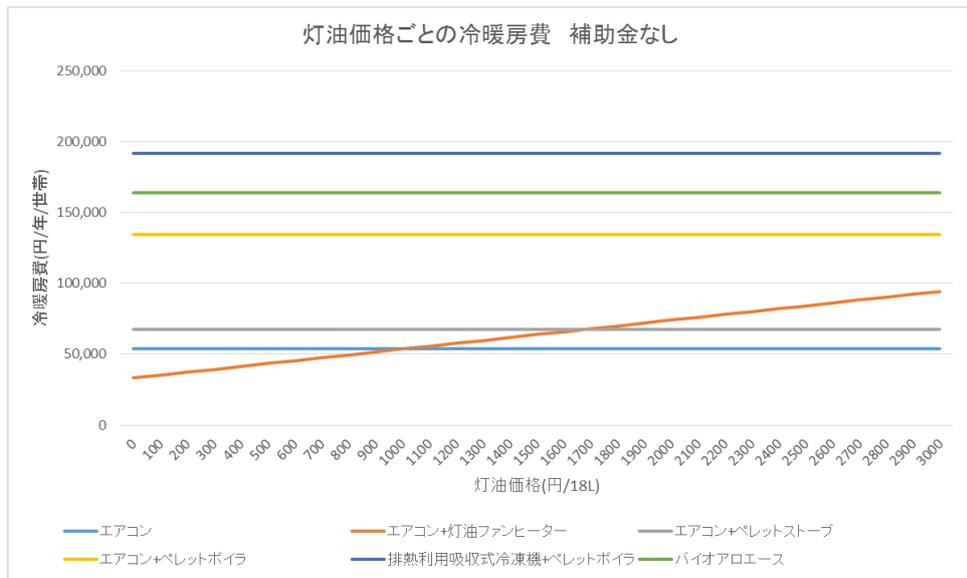


図 3-6-7. 灯油価格ごとの冷暖房費 補助金なし

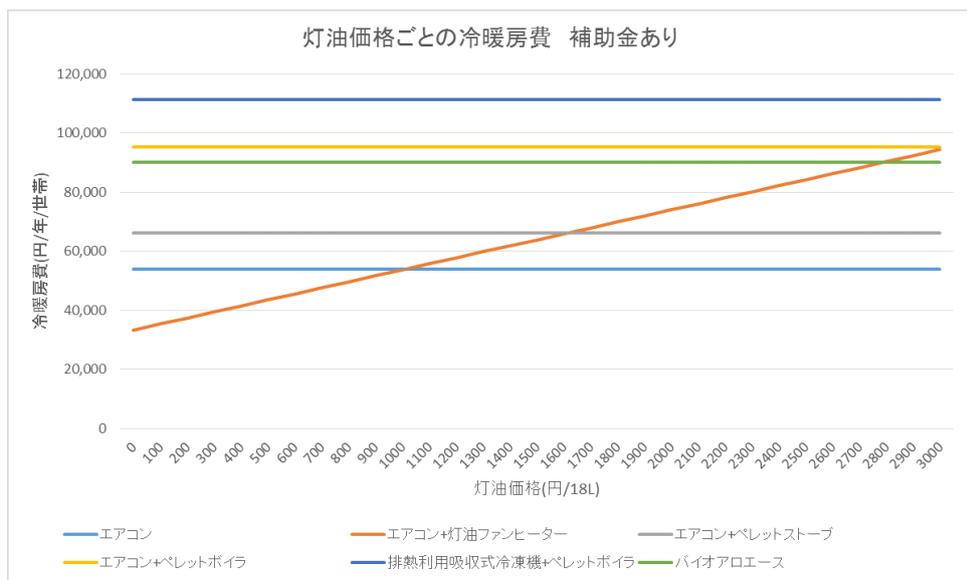


図 3-6-8. 灯油価格ごとの冷暖房費 補助金あり

② 電気料金ごとの冷暖房費

図 3-6-9、3-6-10 では、電力 1kWh あたりの価格を変化させて各冷暖房の冷暖房費の推移を見た。電気料金が 50 円未満のとき、補助金の有無にかかわらず、電気料金が増加しても地域冷暖房が個別冷暖房の 1 世帯当たりの年間費用を下回らないことが分かった。

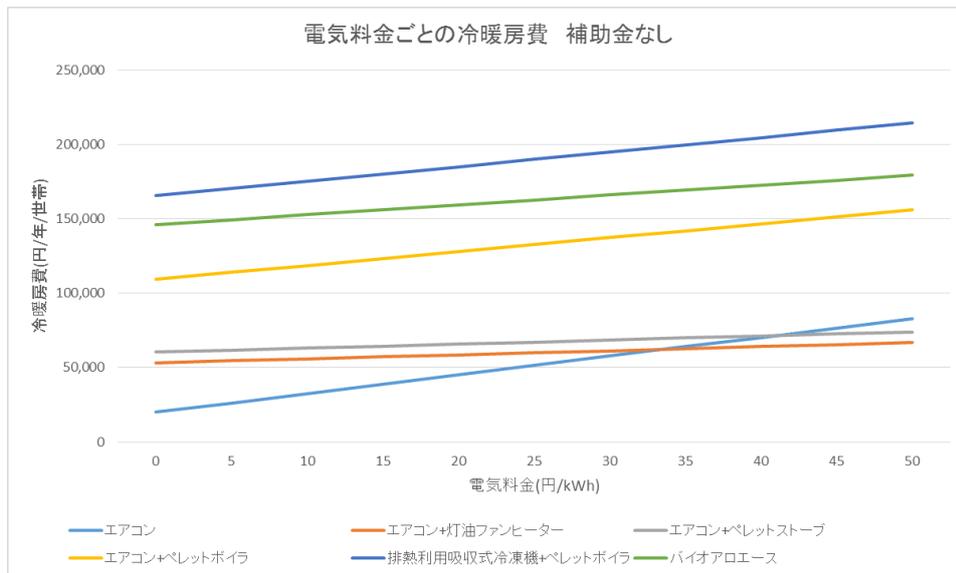


図 3-6-9. 電気料金ごとの冷暖房費 補助金なし

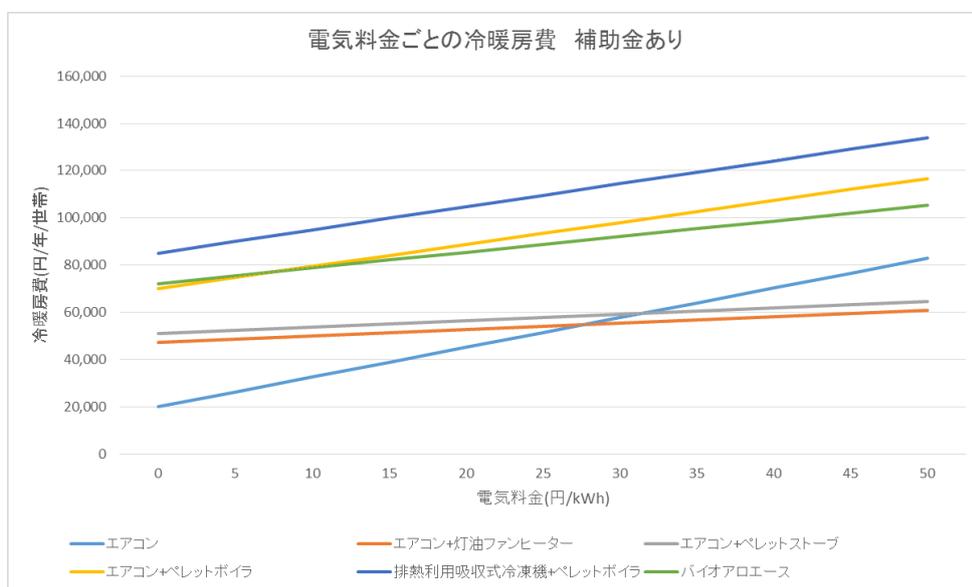


図 3-6-10. 電気料金ごとの冷暖房費 補助金あり

③ 世帯数ごとの冷暖房費

図 3-6-11、3-6-12 では、地域冷暖房の設備を共有する世帯数を変化させて各冷暖房の冷暖房費の推移を見た。なお、世帯数の増加に伴い必要な設備の規模を上げている。エアコンとペレットボイラを利用する冷暖房の場合、40 世帯以下では 110kW(8,880,000 円)、70 世帯以下では 180kW(9,970,000 円)、71 世帯以上では 240kW(1,038,000 円)のボイラを想定した。排熱利用吸収式冷凍機とペレットボイラを利用する冷暖房の場合、排熱利用吸収式冷凍機は 50 世帯以下では 35.2kW(10,000,000 円と仮定)、51 世帯以上では 70.3kW(11,000,000 円と仮定)を想定した。また 40 世帯以下では 110kW(8,880,000 円)、70 世帯以下では 180kW(9,970,000 円)、71 世帯以上では 240kW(1,038,000 円)のボイラを想定した。バイオアロエースを利用する冷暖房では、30 世帯以下の時に 1 台、65 世帯以下の時に 2 台、66 世帯以上になると 3 台導入することとした。この結果、補助金の有無にかかわらず、世帯数が増えれば地域冷暖房が個別冷暖房の 1 世帯当たりの年間費用を下回らないことが分かった。ただし補助金を利用する場合は、世帯数の増加に従い、地域冷暖房の年間費用が個別冷暖房の年間費用に限りなく近くなった。

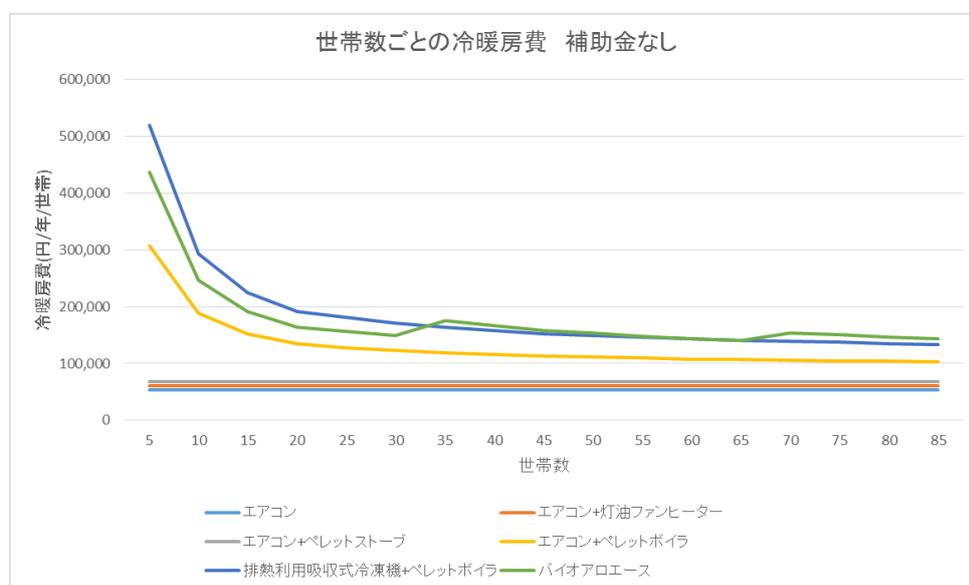


図 3-6-11. 世帯数ごとの冷暖房費 補助金なし

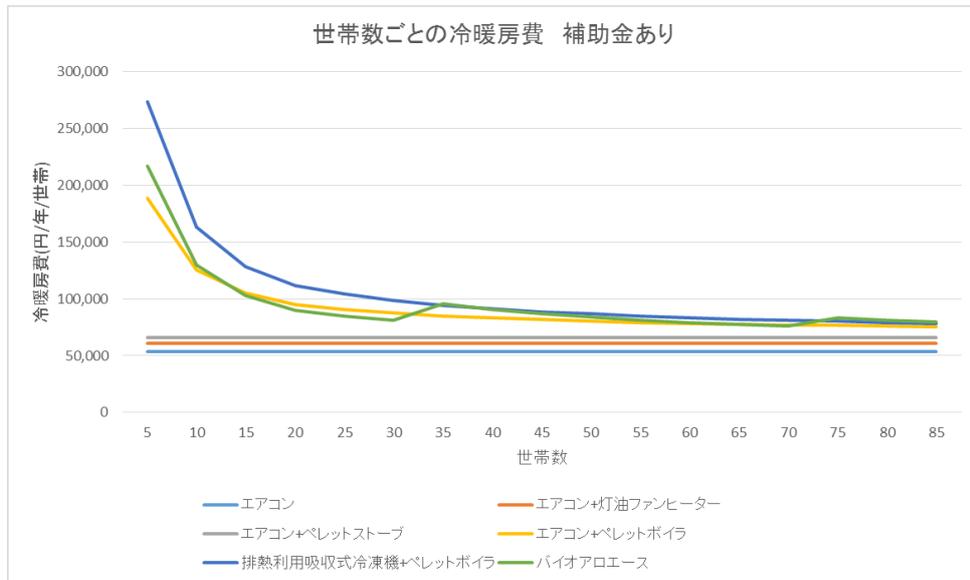


図 3-6-12. 世帯数ごとの冷暖房費 補助金あり

④ 地域ごとの冷暖房費

図 3-6-13、3-6-14 では、表 2-6-5 の地域係数をもとに地域ごとの冷暖房費を各冷暖房の方法ごとに算出した。補助金を利用しない場合、広島と札幌の地域冷暖房の費用は、エアコンとペレットボイラを使用する冷暖房で約 1.7 倍、排熱利用吸収式冷凍機とペレットボイラを使用する冷暖房で約 1.4 倍、バイオアロエースを使用する冷暖房で約 1.4 倍である。補助金を利用する場合の広島と札幌の地域冷暖房の費用は、エアコンとペレットボイラを使用する冷暖房で約 2.0 倍、排熱利用吸収式冷凍機とペレットボイラを使用する冷暖房で約 1.7 倍、バイオアロエースを使用する冷暖房で約 1.7 倍である。木質ペレットの価格割合が大きいことから、20 世帯・ペレット価格 35 円/kg の条件で各地域に地域冷暖房を導入した場合、獲得する補助金額を増額すれば比較的温暖な地域における地域冷暖房は寒冷地と比較して安く利用できることが分かる。

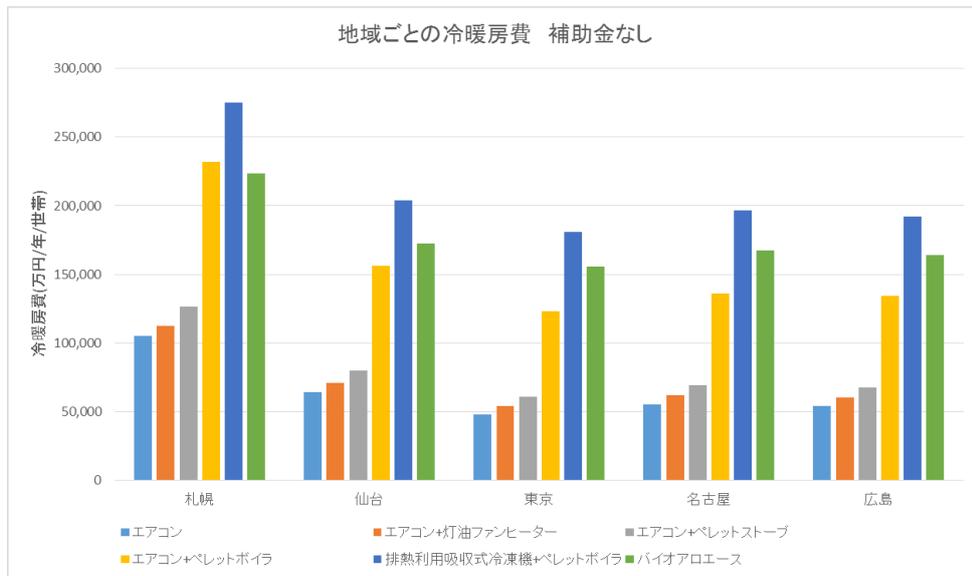


図 3-6-13. 地域ごとの冷暖房費 補助金なし

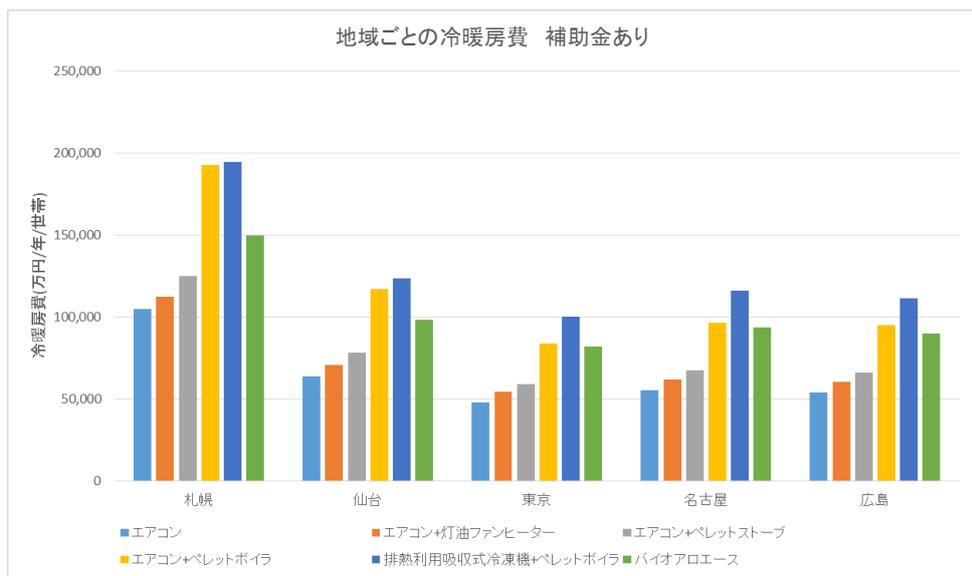


図 3-6-14. 地域ごとの冷暖房費 補助金あり

・給湯を含めた冷暖房費

冷暖房に給湯を含めた場合についても想定する。なお、この時家庭への給湯だけでなく、湯を使用する商業施設が地域内に存在する場合についても計算する。今回は美容室を想定した。

表 3-6-28. 給湯計算条件

給湯量	0.3 m ³ /日/世帯
世帯数	20 世帯
必要熱量	35,000kcal/m ³
ペレット低位発熱量	15.5MJ/kg
ガス給湯器費用	210,000 円/台
ガス標準発熱量	10,755.27kcal/m ³ N
ガス料金	0～10 m ³ : 基本料金 881.28 円/月、単位料金 194.25 円/m ³ (2017 年 1 月検針分) 10～25 m ³ : 基本料金 937.44 円/月、単位料金 188.76 円/m ³ (2017 年 1 月検針分) 25～102 m ³ : 基本料金 1,317.60 円/月、単位料金 173.90 円/m ³ (2017 年 1 月検針分) 102 m ³ ～: 基本料金 1,576.80 円/月、単位料金 171.37 円/m ³ (2017 年 1 月検針分)
ペレット価格	35 円

表 3-6-29. 給湯計算条件の詳細

給湯量	湯船に 0.2 m ³ 、シャワーや追い炊き、追加の湯などを含めて 0.3 m ³ と仮定
世帯数	寺家新駅周辺の状況から仮定
必要熱量	10℃の水を 45℃まで上昇させるとして仮定
ペレット低位発熱量	
ガス給湯器費用	(31)を参照し仮定
ガス標準発熱量	(32)を参照
ガス料金	(33)を参照
ペレット価格	東広島市のペレット製造コストから仮定

表 3-6-30. 美容室の給湯の条件

給湯量	1.33 m ³ /日
ガス給湯器費用	670,000 円((34)を参照)

配管設備がある「冷房期にエアコン・暖房期にペレットボイラ」「冷房期に排熱利用吸収式冷凍機、暖房機にペレットボイラ」についてはペレットを使用した給湯を、その他の項目については家庭ごとにガス給湯器を設置した給湯を仮定した。

表 3-6-31. エアコン+ペレットボイラ使用時のペレット使用量

	美容室	家庭(20世帯)	合計
給湯ペレット使用量(kg/年)	4,472.29	20,231.53	24,703.82
冷暖房ペレット使用量 (kg/年)		17,200.80	17,200.80
合計(kg/年)	4,472.29	37,432.33	41,904.62

エアコンとペレットボイラを使用するシステムで給湯を行った場合、美容室の木質ペレット使用量は家庭の 2.39 軒分であるため、ペレットボイラの導入費用を 22.39 軒分で負担すると仮定する。

表 3-6-32. 排熱利用吸収式冷凍機+ペレットボイラ使用時のペレット使用量

	美容室	家庭(20世帯)	合計
給湯ペレット使用量(kg/年)	4,472.29	20,231.53	24,703.82
冷暖房ペレット使用量 (kg/年)		25,646.60	25,646.60
合計(kg/年)	4,472.29	45,878.13	50,350.43

排熱利用吸収式冷凍機とペレットボイラを使用するシステムで給湯を行った場合、美容室の木質ペレット使用量は家庭の 1.95 軒分であるため、ペレットボイラの導入費用を 21.95 軒分で負担すると仮定する。

なお、今回の計算過程では水道代を含んでおらず、加熱に必要とされる費用のみを計上した。

図 3-6-15 では、家庭におけるガスと木質ペレットの 2 種類の給湯方法の費用を示している。ガス給湯の場合はガス給湯機器の年間設備費とガス代、ペレット給湯の場合は地域冷暖房の配管を使用することからペレット代のみを計上している。ペレット給湯費用に対してガス給湯費用は 1.46 倍となった。

図 3-6-16 では、美容室におけるガスと木質ペレットの 2 種類の給湯方法の費用を示している。ガス給湯の場合はガス給湯機器の年間設備費とガス代、ペレット給湯の場合はペレット代のみを計上している。ペレット給湯費用に対してガス給湯費用は 1.03 倍で、家庭の給湯と比較すると費用の差が小さい。なお、美容室のペレット給湯については別途機械代・電気代がかかるが、今回は家庭の給湯費用と比較しやすくするため計上していない。

図 3-6-17 では、美容室も含めた地域冷暖房・給湯システムの中で、各家庭が冷暖房と給湯を利用した場合の費用を示している。ペレットボイラを使用する冷暖房についてはペレットを利用した給湯を、それ以外の冷暖房についてはガス給湯機器による給湯を仮定した。補助金を利用しない場合は、エアコンを利用する冷暖房・給湯に対して、排熱利用吸収式冷凍機とペレットボイラを利用する冷暖房・給湯の費用が 2.07 倍になるが、補助金を利用する場合は 1.31 倍となった。また、補

助金を利用しない場合はペレットストーブを利用する冷暖房・給湯と、地域冷暖房・給湯に最大で 1.83 倍の費用差が発生するが、補助金を利用すれば最大の費用差は 1.17 倍となる。

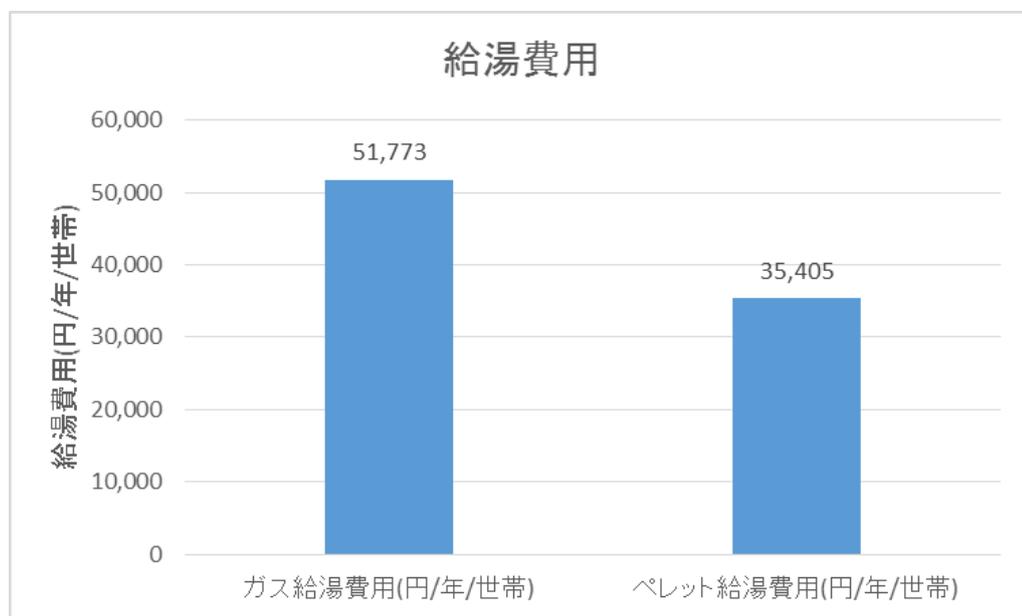


図 3-6-15. 家庭の給湯費用

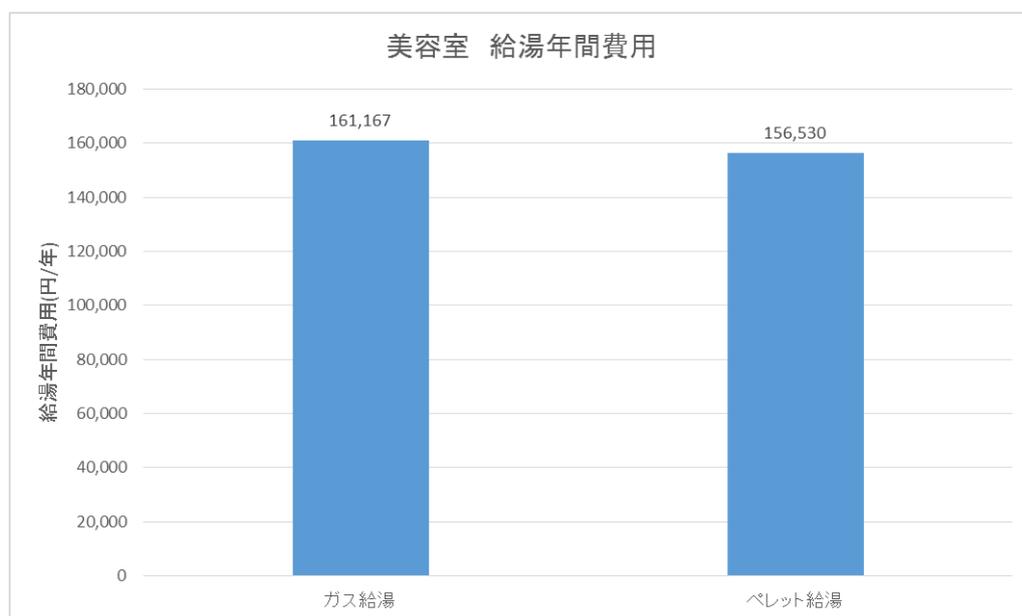


図 3-6-16. 美容室の給湯費用

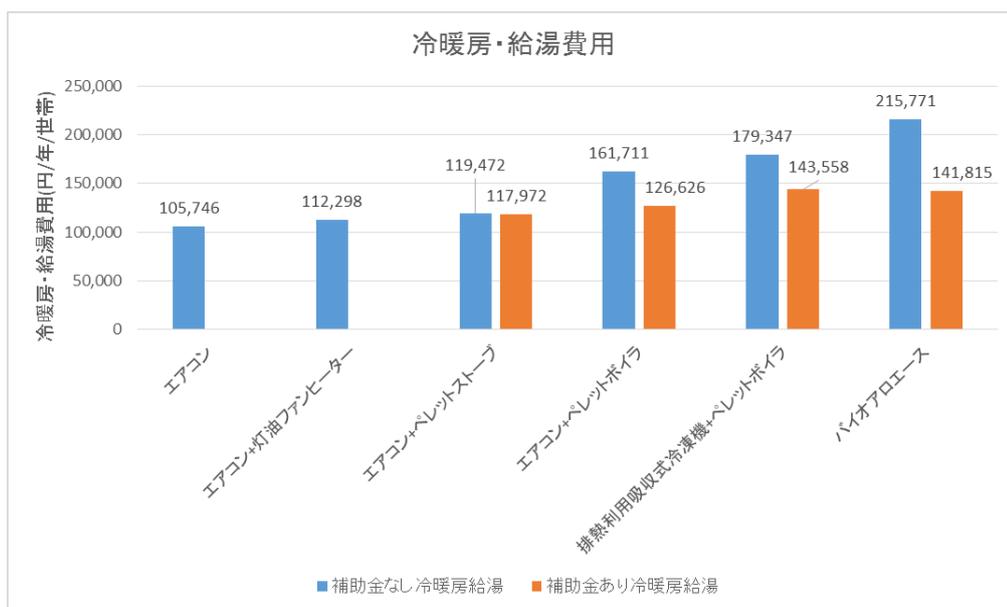


図 3-6-17. 地域内に美容室を有している場合の、世帯あたりの冷暖房・給湯年間費用

・二酸化炭素排出量

各条件の冷暖房において、二酸化炭素の排出量を計算した。電力 CO2 排出係数は(35)、灯油・都市ガス CO2 排出係数は(36) を参照した。

表 3-6-33. 二酸化炭素排出係数

		kg-CO2/MJ
電力 CO2 排出係数(kg-CO2/kWh)	0.7	0.19
灯油 CO2 排出係数(kg-CO2/L)	2.49	0.07
都市ガス CO2 排出係数(kg-CO2/m ³)	2.16	0.05

表 3-6-34. 各項目ごとの二酸化炭素排出量

	消費電力量(kWh/ 年/世帯)	灯油使用量(L/ 年/世帯)	CO2 排出量(kg- CO2/年/世帯)
エアコン	1258.28		1143.42
エアコン+灯油ファンヒータ	269.75	786.04	2195.15
エアコン+ペレットストーブ	269.75		238.70
エアコン+ペレットボイラ	932.25		702.45
排熱利用吸収式冷凍機+ペレットボイラ	977.57		684.30
バイオアロエース	662.5		463.75

また、給湯の二酸化炭素排出量は以下のように計算した。

表 3-6-35. 給湯の二酸化炭素排出量

ガス使用量(m ³ /年/世帯)	CO2 排出量(kg-CO2/年/世帯)
351.46	759.14

図 3-6-18 では、冷暖房のみの二酸化炭素排出量を示している。ペレットストーブを利用する冷暖房は、エアコンのみを使用する冷暖房の 0.21 倍の二酸化炭素排出量を示した。木質ペレットを使用する冷暖房の中で、ペレットストーブを利用する冷暖房が最も二酸化炭素排出量を抑えることができると分かった。

図 3-6-19 では、冷暖房に給湯も含めた二酸化炭素排出量を示している。図 3-6-18 では木質ペレットを使用する冷暖房の中でペレットストーブを利用する冷暖房が最も二酸化炭素排出量が少なかったが、図 3-6-19 ではエアコンとペレットボイラを使用する冷暖房・給湯が最も二酸化炭素排出量が少なくなると明らかになった。

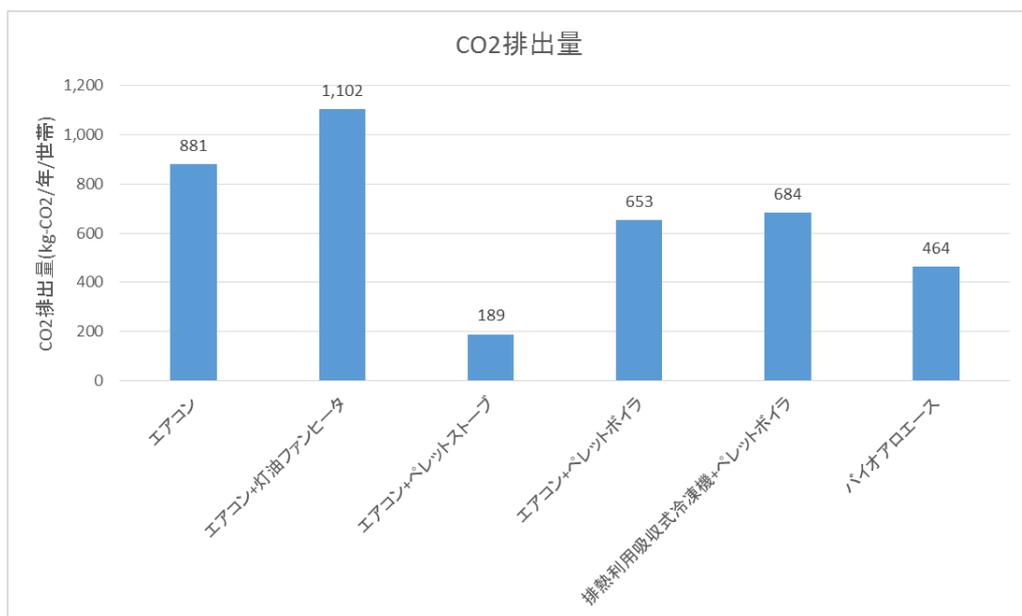


図 3-6-18. 冷暖房の二酸化炭素排出量

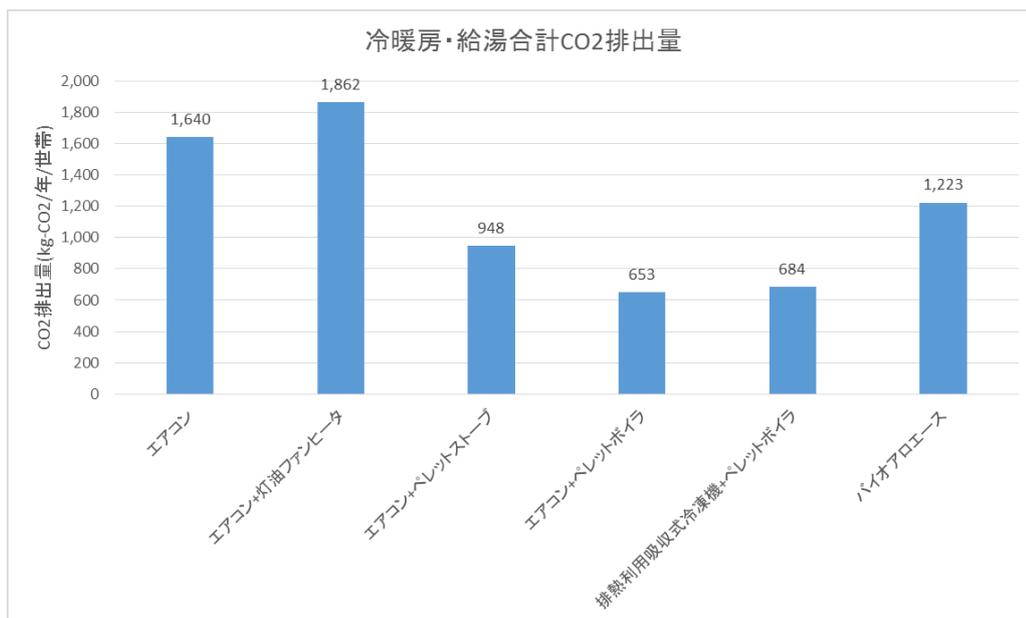


図 3-6-19. 美容室を地域内に有している場合に、冷暖房と給湯を合計した場合の二酸化炭素排出量

IV. 考察

1. 地域冷暖房利用時の住民負担費用

地域内で木質ペレットを使用していくにあたり、冷暖房と給湯の二つの利用方法を考えた。

ある一定の地域で集中して木質ペレットの使用を考える場合、各世帯ごとに一台ずつ木質燃焼機器を設置するよりも、一カ所に木質燃焼機器を設置し多くの世帯で共有して使用することで、年間設備費を抑えまた操作の利便性を向上させることができる可能性があると考えた。そこで、冷暖房と給湯の利用にあたっては地域冷暖房・地域給湯の形を想定し、個別冷暖房・給湯と比較検討した。

東広島市での聞き取り調査により、JR 寺家駅周辺の北東側の地区において住宅地の開発が進んでいることが分かった。住宅地として区画を区切って売り出す計画となっているが、この区画がもともと市の管轄であったことから、今回はこの地区を市が一括して管理する住宅地としてスマートタウン化することを仮定した。

結果を踏まえ、今回モデルとした地区で地域冷暖房を行っていくため、住民がどの程度費用を負担すれば住民にとって利用しやすい地域冷暖房となるかについて検討する。

図 3-6-1 で示すように、エアコンを中心とした冷暖房・給湯に対して、木質ペレットを利用する冷暖房・給湯の年間費用が高額になることが明らかになった。灯油価格・電気料金・世帯数・地域係数などを変動させたが、いずれの場合も木質ペレットを利用する冷暖房がエアコンを中心とした冷暖房の費用を下回らないか、現状からはかけ離れた灯油価格・電気料金・世帯数・地域係数のときのみ下回るという状態を示した。

しかし図 3-6-19 で示すように、木質ペレットを利用する冷暖房、特に地域冷暖房については、給湯と合わせて使用することにより二酸化炭素排出量が抑えられ、自治体としてもインフラ整備をするメリットがあることが分かっている。

表 4-1-1、図 4-1-1、4-1-2 では、住民の負担する費用を抑えるため、地域冷暖房の配管工事費用をインフラ整備費用としてすべて自治体が担うと仮定した。住民が負担する最低費用と自治体が負担する費用を分けて示している。このとき、自治体が負担する費用は地域冷暖房・給湯に関わる配管工事費用のみとした。住民が負担する最低費用でもエアコンを中心とした冷暖房・給湯に対して、木質ペレットを利用する冷暖房・給湯の年間費用が高額になる。また、自治体負担費用については高額になり、配管工事費用に対しての補助金の受給が必須となる。

表 4-1-1. 住民・自治体の負担する費用内訳

	住民の負担する費用	自治体の負担する費用
エアコン	全額	なし
エアコン+灯油ファンヒーター	全額	なし
エアコン+ペレットストーブ	全額	なし
エアコン+ペレットボイラ	冷房：全額 暖房：配管工事費用 以外	冷房：なし 暖房：配管工事費用
排熱利用吸収式冷凍機+ペレ ットボイラ	配管工事費用以外	配管工事費用
バイオアロエース	配管工事費用以外	配管工事費用

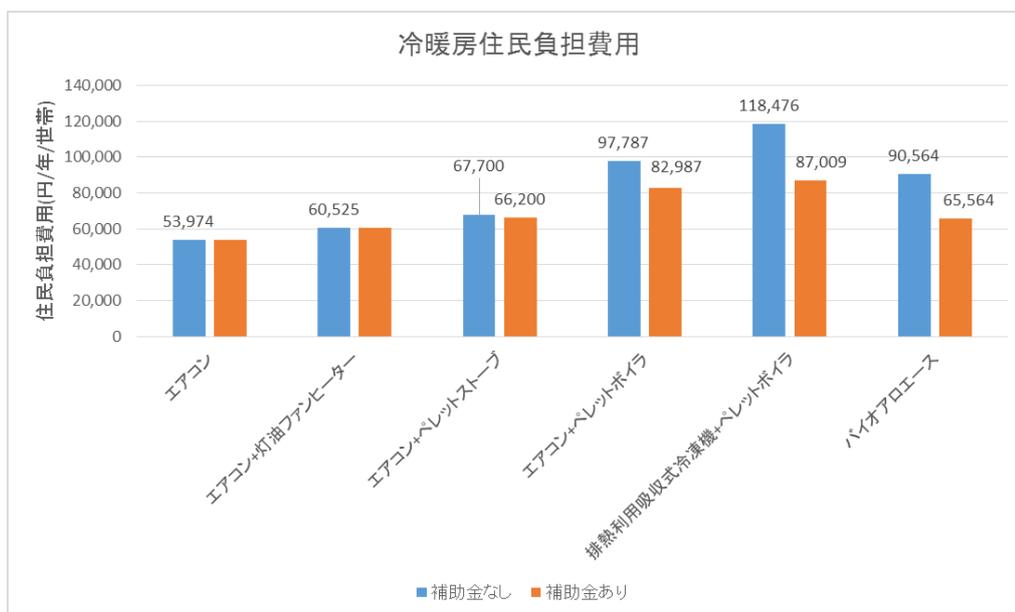


図 4-1-1. 冷暖房住民年間負担費用

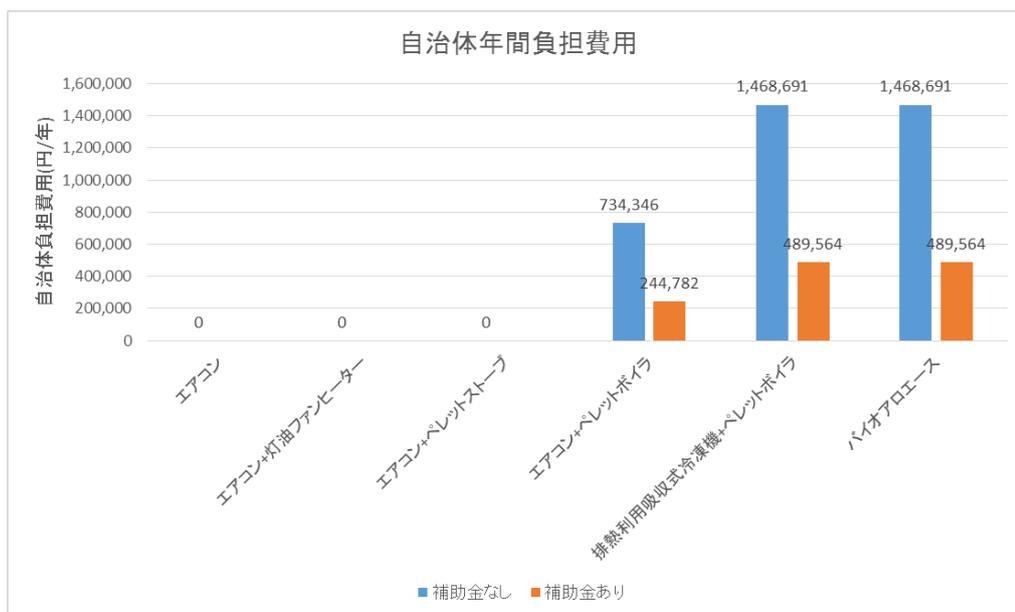


図 4-1-2. 自治体年間負担費用 費用を 20 年で回収するとして仮定。

現状としては、木質ペレットの価格の高さが住民の負担する費用に影響している。

東広島市の特徴としては、これまで廃棄されてきた木質バイオマスをペレット化することで木質ペレットの原材料費を抑えることが出来ることである。しかし木質ペレット製造規模の小ささにより、そのメリットが最大限に活かされていない。木質ペレット製造規模を上げ、製造コストのうち人件費や製造機器の年間設備費の割合を下げることで製造コストを下げる事ができ、他地域と比較して有利な価格で木質ペレットを消費者に販売することができるようになる。木質ペレットの価格を低下させることができれば、木質ペレットを使用する地域冷暖房対象地区に居住を希望する人が増加する可能性が高まり、自治体としても木質ペレットを使用する地域冷暖房を導入する意義が高まると考えられる。

そこで、対象地区に居住する住民が長く木質ペレットを利用した冷暖房を使用することができるよう、①短期的方策、②長期的方策の二つの方法を提示する。

① 木質ペレット購入にあたっての補助金

短期的方策として、市民が木質ペレットを購入することに対する補助金を設けるといことが考えられる。木質ペレットの購入にたいして購入額の30%の補助金を設けた場合、住民負担費用は図 4-1-3 のようになり、地域冷暖房が個別冷暖房、特にエアコンを中心とした冷暖房と費用面で対等になり、住民も持続的に利用していくことができると考えられる。特に地域冷暖房の中で最も二酸化炭素排出量削減効果の大きかった排熱利用吸収式冷凍機を利用

した地域冷暖房が、エアコンを中心とした冷暖房と費用が同程度になり導入しやすくなる。ただし、設備の導入時に補助金を受給している場合に限る。

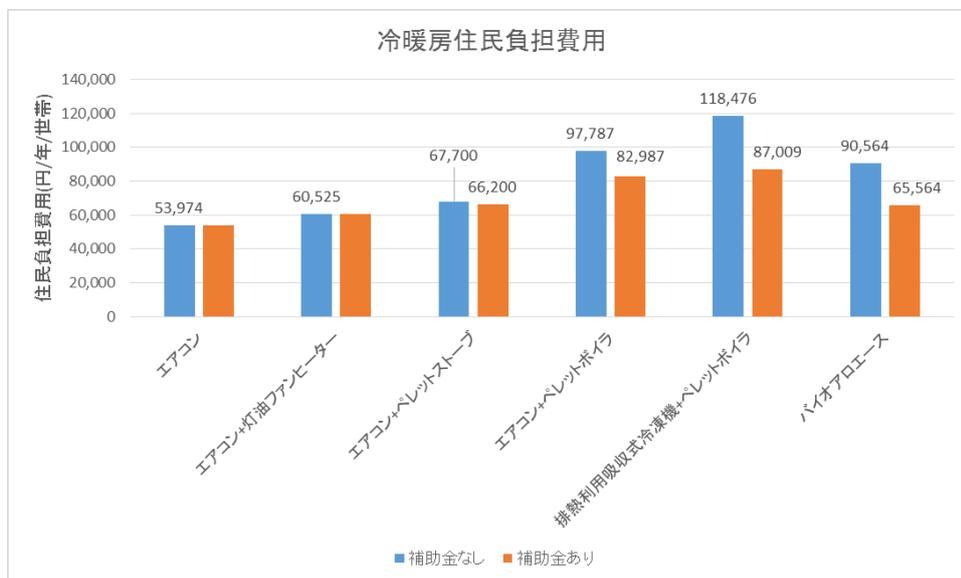


図 4-1-3. 住民負担費用 30%のペレット購入補助金を利用

② 木質ペレット製造規模を拡大し、木質ペレットの価格を抑える

木質ペレット製造規模を表 4-1-2 のように拡大できると仮定すると、木質ペレットの製造原価は 10.51-12.31 円/kg となる。利益の回収のため、木質ペレット価格を 20 円とすると、住民負担費用は図 4-1-4 のようになる。地域冷暖房を住民が持続的に利用していくことができると考えられる。

表 4-1-2. 木質ペレット製造規模の拡大

ペレット年間生産量(t/y)	2000
プラント原価(円)	50,000,000
電気代・諸経費(円/y)	13,000,000((10)より仮定)
人件費(円/月)	300,000(仮定)
作業員の人数(人)	2(仮定)
継続使用期間(年)	8(仮定)
危険木処理費(円/t)	1,000(仮定)
乾燥費用(円/t)	3,580((22)より仮定)
破碎費用(円/t)	2,000((9)より仮定)

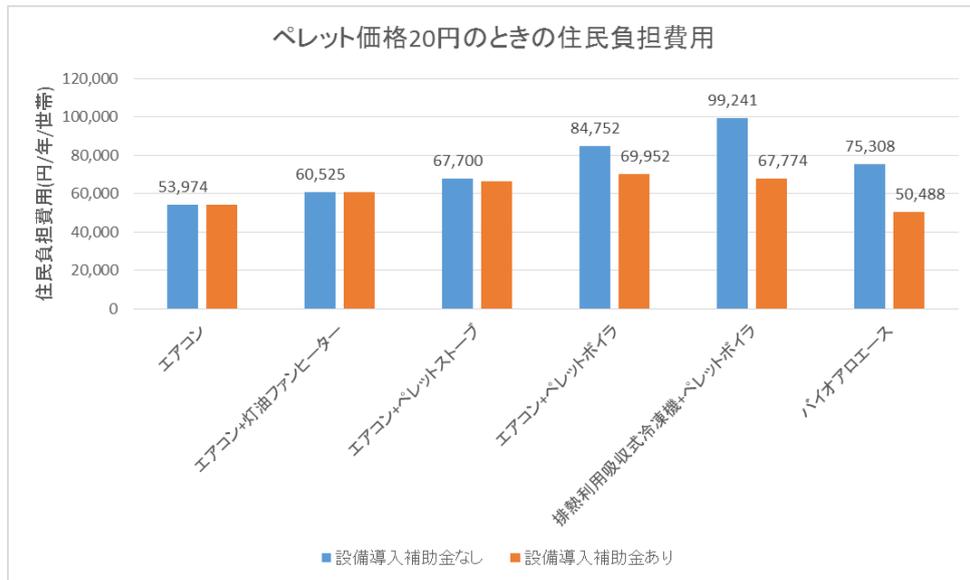


図 4-1-4. ペレット価格 20 円ときの住民負担費用

以上より、住民が今回の対象地で木質ペレットを利用した冷暖房を使用する場合は、燃料費のみを負担し、また木質ペレットの価格を下げる必要があることが分かった。

2. 同一費用で削減可能な二酸化炭素排出量

東広島市で地域冷暖房を利用した場合、二酸化炭素排出量の削減効果は大きいものの、費用負担が大きくなることが明らかとなった。ここでは、排熱利用吸収式冷凍機とペレットボイラを利用した地域冷暖房・給湯と、木質ペレットを利用した個別冷暖房であるエアコンとペレットストーブを利用する地域冷暖房・給湯を比較する。

(37)によると、リビングにおいてメインで使用する暖房器具は、エアコンに対して石油ストーブ・ファンヒーターが 0.60 倍の世帯で使用されている。これを踏まえて、エアコンのみの冷暖房・給湯と、エアコンと灯油ファンヒーターを利用する冷暖房・給湯を加重平均すると、1 世帯あたり 1,633.97kg-CO₂/年の二酸化炭素を排出している。この二酸化炭素排出量を標準二酸化炭素排出量とし、木質ペレットを利用する冷暖房・給湯と比較したものが表 4-2-1 である。

表 4-2-1. 二酸化炭素排出削減量

	削減量(kg-CO2/年/世帯)
エアコン+ペレットストーブ給湯あり	686
エアコン+ペレットボイラ給湯あり	981.39
排熱利用吸収式冷凍機+ペレットボイラ給湯あり	949.67
バイオアロエース給湯あり	411.08

ここで、ペレットを利用するエアコンとペレットストーブでの冷暖房・ガス給湯の組み合わせと、地域冷暖房のうち二酸化炭素排出削減量の多い排熱利用吸収式冷凍機とペレットボイラでの冷暖房・給湯の組み合わせを比較する。

木質ペレットストーブの導入費用を 500,000 円(工事費込み)と仮定し、また排熱利用吸収式冷凍機とペレットボイラの導入費用を、3. 結果より 48,253,824 円と仮定する。排熱利用吸収式冷凍機とペレットボイラを工事費用も含めて導入するときにかかる費用と同金額で、ペレットストーブを東広島市内の住宅に全額行政負担で導入した場合、ペレットストーブは 96 台導入することができる。

排熱利用吸収式冷凍機とペレットボイラで 20 軒の地域冷暖房および給湯をした場合に削減できる二酸化炭素は 18.99t-CO₂ である。一方、エアコンとペレットストーブで 96 軒分の個別冷暖房およびガス給湯をした場合は 65.86t-CO₂ が削減できる。ペレットストーブを利用する冷暖房の方が約 3.47 倍の二酸化炭素削減量が見込まれる。

しかし、上に挙げた二酸化炭素削減効果はあくまで木質ペレットなどの木質バイオマス燃料の普及が進んでいない段階での効果である。極端な例ではあるものの、東広島市全体として地域冷暖房を普及した場合、地域冷暖房の方が世帯当たりの二酸化炭素排出削減量の値が大きいため、市全体で見ても地域冷暖房による二酸化炭素排出削減量は多くなる。

また、地域冷暖房の持つメリットを生かすことで、木質バイオマス燃料の持つ扱いの煩雑さを減らすことができる。東広島市での聞き取り調査でも明らかになったが、東広島市では木質ストーブなどの導入費用への補助金が満額支給されていないという現状がある。そして、個別冷暖房の場合は、木質ペレットを自分で購入すること、置き場所を確保すること、灰の掻き出しや廃棄などの手間がかかることなどが障壁となる。一方地域冷暖房では、燃焼機器が一カ所にまとめられていることで住民の負担が軽減できる。仮に燃焼機器のメンテナンスや燃料の運搬などを自治体が担う場合、インフラ関連事業として新たな雇用を生むこともできる。住民の手で維持管理を行っていく場合も、ひとくくりの世帯で当番制で管理をしていくことで常に冷暖房機器に気を配る必要がなくなる。

住民の自主性に任せる個別暖房のペレットストーブではなく、地域冷暖房とし

て入居時から木質ペレットを生活の中に組み込んでおくことによって、より木質燃料へのアクセスがしやすくなり普及につながるといえる。

3. 東広島市での地域冷暖房実現可能性

Ⅲ. 結果とⅣ-1, Ⅳ-2 を踏まえ、東広島市で木質ペレットを利用した地域冷暖房の実現可能性を考察する。

東広島市では、現状としては木質ペレットを利用した地域冷暖房の実現にはいくつか問題点が挙げられる。①補助金や自治体による配管工事費用負担などをしなければエアコンと比較して地域冷暖房の費用が高い②木質ペレット製造規模が小さく、ペレット価格が高い これらの問題が実現可能性を低下させている。

①については、日本の木質バイオマスボイラの価格が欧州と比較して高いことが原因である。(9)によると、日本のバイオマスボイラの総工費は欧州の約 10 倍となっている。総工費が 10 分の 1 になれば、最も総工費の高い排熱利用吸収式冷凍機と木質ペレットボイラを使用する地域冷暖房の工事費用が約 5,000 万円から約 500 万円となり、住民が 20 世帯で 20 年間使用した場合でも工事費用の年間負担額は約 12,500 円で、エアコンの年間負担額の約 0.6 倍となる。欧州のように木質バイオマスボイラの利用が盛んになり、ボイラの普及が進めば価格競争が起こるため、日本においても補助金に頼らない木質バイオマスの利用が可能となるだろう。

②については、木質ペレット価格を下げるため製造規模を上げることが重要である。しかしそれに加えて、地域冷暖房が個別冷暖房に対して価格面で不利になるのは日本の安価な電気料金が影響している。欧州は電気代が高く、デンマークやドイツなどでは燃料価格上昇や再エネ導入に関わる公租公課の増加の影響を受け、2014 年現在で 40 円/kWh 以上となっている(38)。欧州は日本と比較して、電力を使用する熱利用よりも木質燃料を使用する熱利用を採用しやすい風土が整っている。そのため欧州では木質燃料を使用した地域冷暖房が普及している。日本は木質バイオマス熱利用の費用が高いだけでなく、電力を使用する冷暖房や給湯の費用が手ごろであることから、木質バイオマスへの移行が進みにくい。しかし、中国地方の発電電力量の約 6 割が石炭火力発電によるものである(39)など、日本における発電では二酸化炭素排出量を抑えられていないのが現状である。このことから、日本でも木質バイオマスなどのカーボンニュートラルなエネルギーを使用することが必要である。

東広島市の現状としては、欧州など地域冷暖房の普及が進んでいる地域と比較するとこのような問題点が見受けられ、地域冷暖房の普及のためにはこれらの問題の解決をすることが求められる。

V. 結論

東広島市と同程度の規模の都市において、新しく住宅団地を建設する際に再生可能エネルギーを導入する方策について検討した。その結果、今回対象とした寺家新駅周辺で最も適切と考えられる20世帯分の冷暖房の導入では、地域冷暖房だけでなく給湯も同時に行うことによって二酸化炭素排出量を抑えることができると明らかになった。一方で、地域冷暖房の補助金受給のためには、利用地域全体を自治体が管理し、再生可能エネルギーの利用促進に向けた実験的な意味合いで燃焼機器を導入する必要があること、エアコンの性能の向上と木質ペレット価格の高値により世帯数にかかわらず地域冷暖房を導入するとエアコンと比較して費用面での負担が大きくなることなどの問題も明らかとなった。また、ボイラの運転にかかる電気代を最低値に設定していることから、実際に地域冷暖房を稼働させた場合に費用・二酸化炭素排出量に変化が生じる可能性もある。今回検討した給湯は風呂への給湯のみであったため、家庭全体への給湯に切り替えたり、給湯設備を利用する商業施設を利用地域内により多く組み込んだりすることにより、さらに価格を抑えることができる可能性がある。そして、買取価格が変動する可能性があり不安定なカーボンオフセットによる資金調達の難しさから今回は補助金を中心とした資金調達を選択したが、二酸化炭素の排出量を抑えるメリットを生かした資金調達方法を他にも模索することでさらに費用を抑えられる可能性がある。今回の条件下で最も現実的に木質ペレットを利用した冷暖房を取り入れるためには、木質ペレット価格の低下が最重要条件である。東広島市の特徴である原材料費の安さを活かし、木質ペレット価格を安くすることに努める必要がある。今回検討した地域冷暖房・給湯では、20世帯で最大約46tの木質ペレットを1年間に利用することになると分かった。より大きな規模の地域冷暖房の導入や、地域冷暖房以外での木質ペレットの活用をすすめ、木質ペレットの需要を上げることが出来れば木質ペレットの価格を下げることが可能である。

今回は家庭を対象として検討したが、自治体の費用負担が高額になった。団地の中に家庭と同程度の小規模公共施設を多く組み込むことで、住民以外の市民全体にも利益をもたらす住民の費用負担も抑えることができる。保育所や公民館、自治体の運営する商店などを利用すれば、木質バイオマスを中心とした雇用の創出や市民の憩いの場としての市民への利益還元が可能である。またクール・ウォームシェアリングによって間接的に一世帯あたりの二酸化炭素排出量を削減することにもつながる。ペレットを利用した地域冷暖房によって、住民の生活の中での二酸化炭素排出削減だけでなく住民同士の繋がりを産む利用をし、高価な木質バイオマスエネルギーを利用するメリットを住民が十分に感じられるような導入方法が求められる。

VI. 添付資料

寺家地区土地区画整理事業 保留地位置図(平成 24 年 2 月時点). 東広島市区画整理課
配布資料 を元に作成。



VII. 謝辞

主指導教官の佐藤高晴先生、副指導教官である並木敦子先生、浅野敏久先生には、熱心で丁寧なご指導を賜りました。特に佐藤先生には卒業論文作成の指導だけでなく、学校外の多くの方と交流する機会を設けて頂きました。美容室 **FRAME central** の池田氏、株式会社巴商会の皆さま、賀茂地方森林組合の児玉氏、ヤマノイ株式会社の山野井氏、一般社団法人木質ペレット推進協議会の佐藤氏、東広島市役所の環境対策課・区画整理課・農林水産課の皆さま、株式会社荒谷建設コンサルタントの高木氏には、貴重なお時間を割いていただき聞き取り調査にご協力いただきました。テクノ矢崎株式会社の皆さま、二光エンジニアリング株式会社の皆さま、有限会社新生産業堂谷氏には突然の問い合わせにもかかわらず快く情報を教えて頂きました。学校生活でお会いした学外の皆さまからは、会話の中で様々なアドバイスをいただきました。多くの方のお力添えを頂き、貴重な情報を提供していただいたことで本論文を完成させることができました。ここに厚く御礼申し上げます。

VIII. 参考資料

1. REN21(21 世紀のための自然エネルギー政策ネットワーク)(2016). 自然エネルギー世界白書 2016 サマリー日本語版. 日本語版翻訳: 認定 NPO 法人環境エネルギー政策研究所(ISEP). P6, 7, 10, 11
<http://www.isep.or.jp/wpdm-package/%E8%87%AA%E7%84%B6%E3%82%A8%E3%83%8D%E3%83%AB%E3%82%AE%E3%83%BC%E4%B8%96%E7%95%8C%E7%99%BD%E6%9B%B82016%E3%82%B5%E3%83%9E%E3%83%AA%E3%83%BC%E6%97%A5%E6%9C%AC%E8%AA%9E%E7%89%88>
2. 資源エネルギー庁(2016). エネルギー白書 2016. P212
<http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2016pdf/>
3. 林野庁(2014). 平成 26 年度 森林・林業白書. P9
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/26hakusyo/>
4. 東広島市(2016). 東広島市環境先進都市ビジョン. p16
<http://www.city.higashihiroshima.lg.jp/material/files/group/19/18672825.pdf>
5. 西野雄太(2014). 東広島市の社会福祉施設における木質バイオマス利用について. p10
6. 株式会社水生活製作所ホームページより(2017). 節水のご質問. 更新日: 2017 年 1 月 13 日. 参照日: 2017 年 1 月 13 日. 参照先: <http://www.mizsei.co.jp/faq/water-saving/>
7. 東広島市ホームページより(2016). 水道料金の計算方法. 更新日: 2016 年 5 月 12 日 . 参 照 日 : 2016 年 5 月 12 日 . 参 照 先 : <http://www.city.higashihiroshima.hiroshima.jp/site/suidoukyoku/new-suidou-ryoukin.html>
8. 中国電力株式会社ホームページより(2016). 電気料金の計算までのしくみ. 更新日: 2016 年 4 月 4 日 . 参 照 日 : 2016 年 5 月 15 日 . 参 照 先 : http://www.energia.co.jp/elec/h_menu/calc/#ryoukin
9. 林野庁(2013). 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. p49、p9、p21
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/pdf/250610biomass2.pdf>
10. ヤマノイ株式会社ホームページより(2016). 木質ペレット事業. 更新日: 2015 年 7 月 21 日 . 参 照 日 : 2016 年 10 月 5 日 . 参 照 先 : <http://yamanoi-kk.jp/business/pellet.html>
11. 資源エネルギー庁ホームページより(2016). 省エネカタログ 2016 年夏版. 更新日: 2016 年 7 月 8 日 . 参 照 日 : 2016 年 12 月 25 日 . 参 照 先 : http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/general/more/p

[df/summer2016.pdf](#)

12. 日本工業標準調査会(2013): C9612:2013. 制定年月日: 1964年3月1日. 最新改定年月日: 2013年4月22日. p59. 参照先: 日本工業標準調査会ホームページデータベースより検索: <http://www.jisc.go.jp/app/JPS/JPSO0020.html>
13. 坊垣和明、澤地孝男、吉野博、鈴木憲三、赤林伸一、井上隆、大野秀夫、松原斎樹、林徹夫、森田大(1998). 全国的調査に基づく住宅の暖冷房時間および暖冷房期間に関する研究. 日本建築学会計画系論文集 第509号, 41-47, 1998年7月. p45
14. 資源エネルギー庁(2016). エネルギー消費機器の小売の事業を行う者が取り組むべき措置. 制定日: 2006年8月18日. 改訂日: 2016年3月1日. 参照日: 2016年12月25日. 参照先: http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/summary/pdf/29toprunner_kouri.pdf
15. 公益社団法人全国家庭電気製品公正取引協議会(2014). 「電力料金の目安単価」の改定に関する件. 制定日: 2014年4月28日. 参照日: 2016年12月25日. 参照先: https://www.eftc.or.jp/qa/qa_pdf.pdf
16. 資源エネルギー庁ホームページより(2014). エネルギーの使用の合理化等に関する法律 省エネ法の概要. p7. 更新日: 2014年6月30日. 参照日: 2016年12月25日. 参照先: http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/summary/pdf/2014_gaiyo.pdf
17. 資源エネルギー庁ホームページより(2016). 石油製品価格調査. 更新日: 2016年12月19日. 参照先: http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum_and_lpgas/pl007/results.html
18. 一般社団法人日本木質ペレット協会ホームページより(2016). 木質ペレットの燃料としての特性. 更新日: 2016年12月25日. 参照日: 2016年12月25日. 参照先: <https://w-pellet.org/pellet-2/1-6/>
19. 環境省ホームページより(2016). 再生可能エネルギー電気・熱自立的普及促進事業(平成28年度). 更新日: 2016年12月23日. 参照日: 2016年12月25日. 参照先: http://www.env.go.jp/policy/local_re/renewable_energy/h28/index.html
20. 青森県ホームページより(2009). 木質バイオマス燃料ビジネスモデル形成事業 木質ペレット委託調査 報告書. P3. 作成日: 2009年3月. 参照日: 2016年12月31日. 参照先: <http://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/shoko/chiikisangyo/files/mokushitsubioreport2008.pdf>
21. 国税庁ホームページより(2017). 耐用年数表. 更新日: 2017年1月26日. 参照日:

2017 年 1 月 26 日 . 参 照 先 :

https://www.keisan.nta.go.jp/survey/publish/34255/faq/34311/faq_34353.php

22. 濱地, 吉次, 占部, 桑野(2010). 燃料利用に向けた木材乾燥法の検討-スギ丸太の天然乾燥及びスギチップの人工乾燥- 九州森林研究 No.63 2010.3. p193
23. 東広島市(2015). 東広島都市計画事業寺家地区土地区画整理事業 事業計画書(第2回変更). 作成日: 2015年4月13日.
24. 東広島市(2012). 東広島市都市部区画整理課配布資料. 寺家地区土地区画整理事業 保留地位置図: 平成24年2月時点
25. パナソニック株式会社ホームページより(2017). [用語説明]スーパーアレルバスター/アレルバスター. 更新日: 2017年1月26日. 参照日: 2017年1月26日. 参照先:
http://jpn.faq.panasonic.com/app/answers/detail/a_id/9769/kw/10%E5%B9%B4/p/1746,1747,1748
26. ダイニチ工業株式会社ホームページより(2016). よくあるご質問 -石油暖房機器- 製品の修理は何年先までできますか?. 更新日: 2016年1月29日. 参照日: 2017年1月26日. 参照先: <https://www.dainichi-net.co.jp/support/qa/fh/after.html>
27. さいかい産業ホームページより(2017). 更新日: 2017年1月5日. 参照日: 2017年1月5日. 参照先: <http://www.saikai-sangyo.com/>
28. ストーブ工房 Vesta ホームページより(2017). 取扱商品.更新日: 2017年1月26日. 参照日: 2017年1月26日. 参照先: <http://stove-vesta.jp/items/>
29. 一般財団法人日本木質ペレット協会ホームページより(2017). 木質バイオマス発電. 更新日: 2017年1月26日. 参照日: 2017年1月26日. 参照先: <https://www.jwba.or.jp/faq/%E6%9C%A8%E8%B3%AA%E3%83%90%E3%82%A4%E3%82%AA%E3%83%9E%E3%82%B9%E7%99%BA%E9%9B%BB/>
30. 矢崎エナジーシステム株式会社ホームページより(2016). . 吸収冷温水器. 更新日: 2016年10月5日. 参照日: 2017年1月5日. 参照先: <http://airconditioner.yazaki-group.com/product/>
31. 広島ガス株式会社ホームページより(2016). ガス給湯器. 更新日: 2016年10月11日. 参照日: 2017年1月8日. 参照先: <https://www.hiroshima-gas.co.jp/home/living/onsui/index.htm>
32. 広島ガス株式会社ホームページより(2014). ガスの種類と地区. 更新日: 2014年3月31日. 参照日: 2017年1月8日. 参照先: <https://www.hiroshima-gas.co.jp/gas/hoan/area.htm>
33. 広島ガス株式会社ホームページより(2016). ガス料金の算出方法. 更新日: 2016年12月28日. 参照日: 2017年1月8日. 参照先: <https://www.hiroshima-gas.co.jp/gas/ryokin/santeil.htm>

34. リンナイ株式会社ホームページより(2016). ガス給湯器総合カタログ 2016 EV. P129.
<http://rkids.rinnai.jp/iportal/CatalogViewInterfaceStartUpAction.do?method=startUp&mode=PAGE&volumeID=RIN00001&catalogId=1786270000&pageGroupId=1&designID=RIND001>
35. 中国電力株式会社ホームページより(2016). 当社の電源構成・CO2 排出係数. 更新日: 2016 年 9 月 20 日. 参照日: 2017 年 1 月 8 日. 参照先:
<http://www.energia.co.jp/elec/free/co2/index.html>
36. 環境省地球環境局地球温暖化対策課(2015). 温室効果ガス総排出算定方法ガイドライン. P11. 2015 年 4 月
https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/jimu/data/santeiguideline.pdf
37. 東京電力ホールディングス株式会社ホームページより(2012). リビングの暖房器具の使用実態. 更新日: 2012 年 3 月 1 日. 参照日: 2017 年 1 月 23 日. 参照先:
http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu10_j/images/100209c.pdf
38. 筒井美樹(2015). 電気料金の国際比較-2014 年までのアップデート-. 発表日: 2015 年 6 月 1 日. 一般財団法人電力中央研究所社会経済研究所ディスカッションペーパー(SERC Discussion Paper): SERC15003. P2
39. 中国電力株式会社ホームページより(2017). 発電設備・電源構成. 更新日: 2017 年 1 月 24 日. 参照日: 2017 年 1 月 26 日. 参照先:
<http://www.energia.co.jp/ir/irdata/data04.html>