

東京大学公共政策大学院
2014 年度 「公共政策の経済評価」

岩手県紫波町木質バイオマス地域熱供給事業の費用便益分析

今泉誠也¹ 沈亦楽² 松縄暢³ 渡邊哲⁴

-
- | | |
|------------------------------|--------|
| 1 東京大学公共政策大学院 経済政策コース | 修士 1 年 |
| 2 東京大学公共政策大学院 経済政策コース | 修士 1 年 |
| 3 東京大学公共政策大学院 経済政策コース | 修士 1 年 |
| 4 東京大学大学院 農学生命科学研究科 生物材料科学専攻 | 修士 1 年 |

目次

Executive Summary.....	5
1. 本事業について.....	7
1.1. 本事業の背景.....	7
1.1.1. 地域熱供給とは.....	7
1.1.2. 地域熱供給事業をめぐる論点.....	8
1.1.3. 木質バイオマスをめぐる論点.....	9
1.2. 本事業説明.....	10
1.2.1. 紫波中央駅前都市整備事業.....	10
1.2.2. 熱供給事業詳細.....	12
2. 分析の目的と意義.....	16
2.1. 現状の問題と解決すべき課題.....	16
2.2. 本研究の目標と政策的意義.....	16
3. 分析の概要.....	17
3.1. 本分析における考え方.....	17
3.2. プロジェクト設定.....	18
3.3. 費用及び便益の計上時期.....	20
3.4. 評価時点と割引率.....	20
3.5. 当事者適格.....	21
3.6. プライマリーマーケットとセカンダリーマーケット.....	21
4. 中間評価の分析方法と結果.....	23
4.1. 分析の枠組み.....	23
4.2. 便益項目.....	24
4.2.1. 余剰の増加.....	24
4.2.1.1. 供給曲線.....	25
4.2.1.2. 需要曲線.....	26
4.2.1.3. 生産者余剰の増加.....	30
4.2.1.4. 消費者余剰の増加.....	32
4.2.2. CO2 排出量の削減.....	32
4.2.3. 個別熱源設置・更新費用の削減.....	33
4.2.4. 最終価値.....	33
4.3. 費用項目.....	38
4.3.1. 初期費用.....	38
4.3.2. 運用費用.....	39

4.4. 結果	41
4.4.1. 余剰増加便益	42
4.4.2. CO2 排出量削減便益	42
4.4.3. 個別熱源費用削減便益	43
4.4.4. 最終価値	43
4.4.5. 設備費用	44
4.4.6. 運用費用	44
5. 事前評価の方法と結果	45
5.1. 分析の枠組み	45
5.2. 便益項目	48
5.2.1. 生産者・消費者余剰の増加	48
5.2.2. CO2 排出量の削減	48
5.2.3. 個別熱源設置費用の削減	48
5.2.4. 最終価値	49
5.3. 費用項目	51
5.3.1. 初期費用	51
5.3.2. 運用費用	52
5.3.3. 限界超課税負担	52
5.4. 結果	52
5.4.1. 余剰増加便益	53
5.4.2. CO2 排出量削減便益	54
5.4.3. 個別熱源費用削減便益	54
5.4.4. 最終価値	55
5.4.5. 設備費用	55
5.4.6. 運用費用	55
5.4.7. 超過税負担	56
6. 感度分析	57
6.1. 最善・最悪ケースに基づく感度分析	57
6.1.1. 変数の仮定	57
6.1.2. 電力価格	58
6.1.3. 灯油・LPG 価格	59
6.1.4. エネルギー価格弾力性	61
6.1.5. 熱需要(Without)	62
6.1.6. CO2 排出原単位	63
6.1.7. CO2 貨幣価値原単位	63
6.1.8. 個別熱源設備費用（事業棟）	64

6.1.9. 全体最終価値.....	64
6.1.10. 限界超過税負担.....	64
6.1.11.人件費計算係数.....	64
6.1.12. 新規契約住宅数.....	65
6.2. モンテカルロ感度分析.....	65
6.3. 純便益が正になる条件について.....	67
7. 結論.....	69
8. 今後の研究課題.....	70
8.1. 林業への補助金の影響について.....	70
8.2. 外部性の推計について.....	70
謝辞.....	71
参考文献・算出方法.....	72

Executive Summary

研究の背景と目的

木質バイオマスのエネルギー利用について、木質バイオマスの広く薄く存在するという特徴を活かす小規模熱利用事業について政策評価した事例は見られない。加えて、地方都市の再開発に合わせ普及しつつある小規模地域熱供給事業について、経済性の観点から分析を行った研究は少ない。そこで本研究では、紫波中央駅前における木質バイオマスによる地域熱供給事業について、事業継続および事業実施の意義を評価し、その課題を明らかにした。

分析概要と費用便益項目

現行の地域熱供給事業について、2014 年末現在を基準年とした中間評価、および事業開始前の 2012 年初時点を経験年とした事前評価を行った。当事者適格は国、評価期間終了時点は 2044 年として分析した。

中間評価では、現行通り事業を 2044 年まで継続する (With ケース)、事業を 2015 年で終了する (Without ケース) という 2 つの政策オプション、事前評価では、現行通り事業を実施する (With ケース 1)、ボイラーを変更して事業を実施する (With ケース 2)、事業を実施しない (Without ケース) という 3 つの政策オプションについて、それぞれ分析を行った。便益項目として余剰増加による便益、CO₂ 排出量の削減、個別熱源費用の削減、最終価値、費用項目として設備費用、運用費用、超過税負担を推計した。

結果

中間評価の純便益は正となったが、事前評価については With1、2 ともに負となった。中間評価では設備費用が小さく個別熱源費用が大きい事などによって、純便益が正となり、感度分析で頑健性が確認された。事前評価では設備費用が大きいことなどにより純便益が負となった。高性能なボイラーを導入した With ケース 2 では余剰の増加を中心に便益が増加したが、その場合でも純便益は正になるとはいえないことがわかった。感度分析では純便益が正となる可能性も否定出来ないことが分かったが、同時にその可能性が With1 では非常に小さく、With2 も大きな可能性があるとはいえないことがわかった。

項目		中間評価	事前評価 With1	事前評価 With2
便益	余剰増加便益	270.2	249.8	274.2
	CO2 排出量の削減	32.5	30.0	30.3
	個別熱源費用削減	438.7	459.6	459.6
	最終価値	33.9	-12.5	-12.5
費用	初期費用	-81.9	588.1	586.1
	運用費用	-184.6	171.6	166.1
	超過税負担	0	15.0	14.9
純便益		508.7	-47.8	-5.6
便益費用比		2.908	0.938	0.992

(単位：百万円)

結論と今後の課題

2014 年末時点では、本事業を続けるべきである。しかし、2012 年時点での事業開始の判断に対しては社会的純便益の側面で適切だったとはいえない。今後検討されうる同様の事業について言えば、エネルギー価格高騰、熱需要増加・CO2 削減の重要性増加、初期費用の削減の四点があるか否かが実施の重要な条件となる。補助金については、今回のように純便益が負のプロジェクトを推進させてしまう可能性があるため、社会的純便益をふまえながら慎重に検討する必要がある。ボイラーについてもガスの使用を減らすものが望まれる。今後のより正確な推計のための課題としては、林業への補助金による影響や、より包括的な外部性への考慮が挙げられる。

1. 本事業について

1.1. 本事業の背景

1.1.1. 地域熱供給とは⁵

住宅や商業施設、庁舎や工場などで暖房熱・冷房熱・給湯熱を利用する方法は、個別熱源方式と地域熱供給方式の大きく 2 種類ある。個別熱源方式は最も普及している熱供給方法である。具体的には、エアコンディショナーや給湯器、ボイラーを各熱需要者が所有し、自ら熱を生産、供給するものである。一方、地域熱供給 (District Heating and Cooling) 方式とは、熱生産者が一括して冷房用の冷水に加え、温水もしくは蒸気を生産し、パイプラインを用いて各熱需要者に供給する方法である。

個別熱源方式では各熱需要者の建物ごとに個別熱源およびその供給設備や付帯設備を設置する必要があり、建物が大型化するにつれ上述の設備設置に必要なスペースは広くなる。また、各熱需要者がピーク時の負荷に対応可能な個別熱源をそれぞれ設置する必要があるため、オフピーク時も合わせると設備の平均稼働率は低くなり、総エネルギー需要量に対し熱供給機器がオーバースペックとなりがちである。一方、地域熱供給方式は一括して熱生産を行う土地および施設が必要となるものの、一方で各熱需要者の省スペース化に貢献する。また、大容量の蓄熱槽を活用しボイラー等熱生産機器を高稼働率で使用するため、エネルギー需要量平均値に対しより適切な容量の熱供給機器を設置することが可能となる。さらに、地域熱供給方式の方が一般に高効率であるため、環境負荷が低減する。

表 1-1 個別熱源方式に対する地域熱供給方式のメリット⁶

分類	効果
省エネルギー効果	蓄熱システム活用による熱源機器の高効率運転
	スケールメリットによるエネルギー効率向上
	一括管理による人力の削減、安定供給
経済的効果	需要者の設備新設維持管理費の縮小
	個別熱源設置スペース縮小および建築デザイン性の向上
	熱生産価格、熱購入価格の低減

⁵ 参考：熱供給事業便覧 平成 25 年版（平成 24 年度実績等収録），一般社団法人日本熱供給事業協会

⁶ 社団法人都市環境エネルギー協会資料を基に作成

1.1.2. 地域熱供給事業をめぐる論点

本稿において、大規模地域熱供給とは熱供給事業法⁷に基づき事業許可を受けた業者による、主に商業地域や工業地域を対象とした熱供給を指し、小規模熱供給とは熱供給能力の比較的小さい業者による、主に住宅地域を対象とした熱供給を指す。

大規模熱供給における熱源は、天然ガス、河川水や海水、ごみ焼却施設、下水熱といった未利用エネルギー、およびそれらの複合形態と多様である。一方小規模の地域熱供給の熱源は木質バイオマスや風力など再生可能エネルギー単体もしくは複合形態が主である。

海外、特に欧州においては、大規模、小規模ともに地域熱供給システムは発達している。大規模熱供給システムは 19 世紀後半、ドイツにおける火力発電所の廃熱を周辺工場や受託の暖房に利用するシステムが完成、以降 20 世紀初頭にスウェーデンやフランスで地域暖房のプラントが稼働している。一方、小規模熱供給システムは 1970 年代後半からドイツ、デンマーク、オーストリアを中心に本格的な導入が始まっている。主な熱源は木質バイオマス、天然ガスや化石燃料であるが、近年の環境意識の高まりを受け、税制上優位な木質バイオマス利用が最も普及している。

日本における地域熱供給事業は大規模なものが大半であり、平成 26 年 11 月時点で大規模地域熱供給地区は 139 である⁸。許可事業者数および許可地区数の推移を図 1-1 に示す。

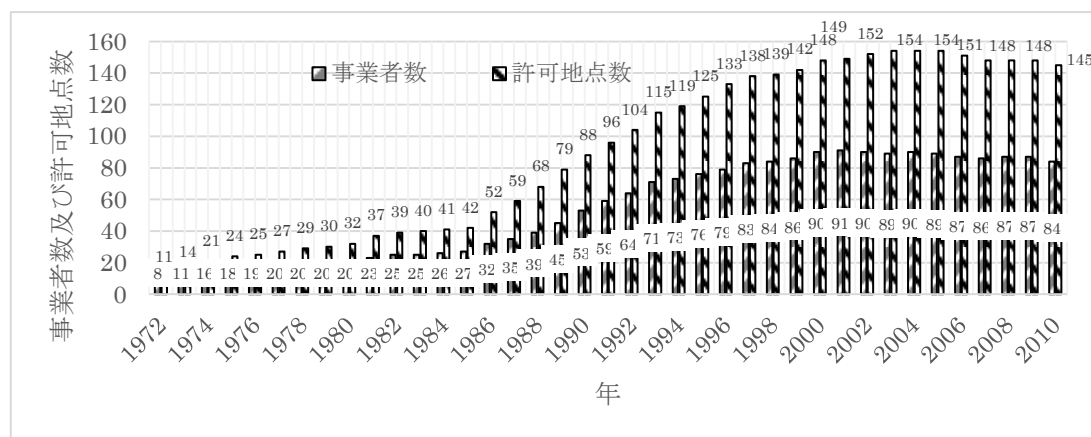


図 1-1 大規模地域熱供給を行う事業者数および許可地点数推移⁹

図 1-1 に示す通り、都市再開発プロジェクトが台頭し始めた 1985 年以降、省エネルギー効果および環境への貢献を目的とし、大規模熱供給が急激に普及した。日本における大規模熱供給の大半は都市部に集中しているが、これは大規模熱供給事業を開始するためには、大量の熱源および需要者の確保、大規模なパイプラインの埋設、需要者のメリットである

⁷ 熱供給事業法の適用にあたっては、ボイラー等の加熱能力の合計が 21GJ/h（一般的な家庭用エアコン 2,500 台分以上であり、複数の建物の需要者へ熱供給する必要がある。

⁸ <http://www.jdhc.or.jp/profile/business/> 2015 年 1 月 31 日閲覧

⁹ まちづくりと一体となった熱エネルギーの有効利用に関する研究会第 1 回資料より作成

個別熱供給設備の撤廃などを同時に検討する必要がある、需要が集中する都市部において再開発を行う時期に合わせて導入してきたためである。そのため、大規模な都市部再開発がほとんど行われなくなった近年において、大規模地域熱供給システムの導入は横ばいである。

一方、日本において小規模地域熱供給システムはほとんど導入されていない。その理由として、住宅地域全体の再開発が一貫性をもって行われる例が少なかったこと、導入コストは個別熱源の方が安いこと、林業コストが高く熱源であるバイオマスの安価かつ安定な供給が困難であること、などの理由によるものである。しかし今後、地方の人口減少緩和のための地域資源の再配置が必要となるため¹⁰、住宅地域再開発が増加すると考えられ、その際に小規模地域熱供給システムの導入を検討することは、地域活性化や環境負荷の低減、他地域との差別化のために重要である。

1.1.3.木質バイオマスをめぐる論点

バイオマス (biomass) とは生物資源 (bio) の量 (mass) を組み合わせた言葉であり、「再生可能な生物由来の有機資源 (化石燃料は除く)」と同義である。バイオマスのうち木材由来のものを特に木質バイオマスと表現する。木質バイオマスの原料には、樹木の伐採の際に発生した幹や枝葉など利用されずに山中に放置された林地残材、加工工場などから発生する樹皮やおが粉、住宅の解体材や街路樹の剪定枝などの種類がある。

木質バイオマスのエネルギー利用はバイオマス・ニッポン総合戦略 (2002 年) で方向づけられ、エネルギー基本計画 (2003 年) で具体的な数値目標を与えられた。木質バイオマスのエネルギー利用形態として、電力、熱の大きく 2 種類ある。

表 1-2 木質バイオマスエネルギー利用形態別の特徴¹¹

	電力 (発電)	熱
小規模生産	エネルギー変換効率が悪く不向き	需要者に合わせた対応が可能
小規模供給	送電網の発達により問題なし	熱運搬ロスが少なく理想的
大規模生産	大量の木質バイオマス収集に課題	大量の木質バイオマス収集に課題
大規模供給	送電網の発達により問題なし	需要者が広範に及び運搬ロスが大きい
エネルギー効率	5,000kW 以上で一般に 20%以上 大量の廃熱が無駄となりうる	小規模なものであっても 80%以上 発電も併用すると効率はさらに向上
エネルギー生産 への補助金	固定価格買取制度	特になし
事例	60 件以上 (FIT 申請ベース)	小規模地域熱供給は 1 件のみ

¹⁰ 「ストップ少子化・地方元気戦略」提言より

¹¹ バイオマス白書 2013, バイオマス産業社会ネットワーク、バイオマスをめぐる現状と課題 (平成 24 年 2 月 2 日), バイオマス活用推進会議より作成

表 1.2 に示す通り、木質バイオマスのエネルギー利用を考える場合、大規模な発電もしくは小規模な熱利用が好ましい。エネルギー生産の補助金を利用する大規模発電事業者は、広範な土地から木質バイオマスを一定価格で大量に購入する。安定需要が安定価格で見込めることにより、燃料としての木質バイオマスを収集する林業が成立するため、地域の森林組合や素材生産業者の活動が活性化する。一方、エネルギー生産の補助金が利用できない小規模地域熱供給事業者は、町内から木質バイオマスを一定価格で少量購入する。安定ではあるものの小規模、安定価格での木質バイオマス需要は、燃料としての木質バイオマスを収集する林業の成立には一般につながらない。しかし、安定価格であるため通常の林業では採算が取れないために山林へ放置してきた林地残材の搬出を促進し、その結果、資源の適正利用、再生林の費用削減につながるため、通常の林業へ正の効果をもたらす。

木質バイオマスは全国に遍在するが、その偏在性に地域差がある、広く薄く存在する資源である。現在、木質バイオマスのエネルギー利用は大規模発電が中心である。今後、大規模発電事業用の木質バイオマス需要者が増加していくことで、集材範囲が重複する事態が予想される。一方で、再生可能資源としての木質バイオマスは小規模なエネルギー利用と相性がよい¹²。海外においては小規模地域熱供給事業が豊富である一方、国内における木質バイオマスを利用した小規模地域熱供給事業は紫波町における 1 件のみであり、森林資源の適正利用の観点からも、先駆的事例を対象とした分析が必要である。

1.2. 本事業説明

1.2.1. 紫波中央駅前都市整備事業

木質バイオマスを用いた地域熱供給事業は、紫波中央駅前都市整備事業（オパールプロジェクト）の一部として、民間事業者により行われている。全体を俯瞰するため、紫波中央駅前再開発事業についてその概略¹³を記す。

紫波中央駅前には、JR 紫波中央駅に近接する大規模の未利用町有地である。紫波町は、この土地に役場庁舎や図書館などの必要な公共施設を整備するとともに、町の中心市街地の一角として、官民連携による地域課題の解決や地域経済の活性化に資するため、平成 21 年より紫波中央駅前都市整備事業に着手してきた。

¹² 木質バイオマスエネルギー利用の現状と課題,FRI

¹³ 紫波中央駅前町有地活用事業（その 2）実施方針より



図 1-2 岩手県紫波町 (Google マップより作成)

紫波中央駅前の土地利用状況を図 1-3 に示す。紫波町は、紫波中央駅前都市整備事業の実施によって、新たな交流と雇用の創出、産業の振興、地域の活性化、町財政の健全化に寄与を図っている。そのため、本事業に関わる建物の建築には町内業者によるものが大半であり、資源循環に貢献するため構造は木造とし、構造材および造作材として町産材が用いられている。

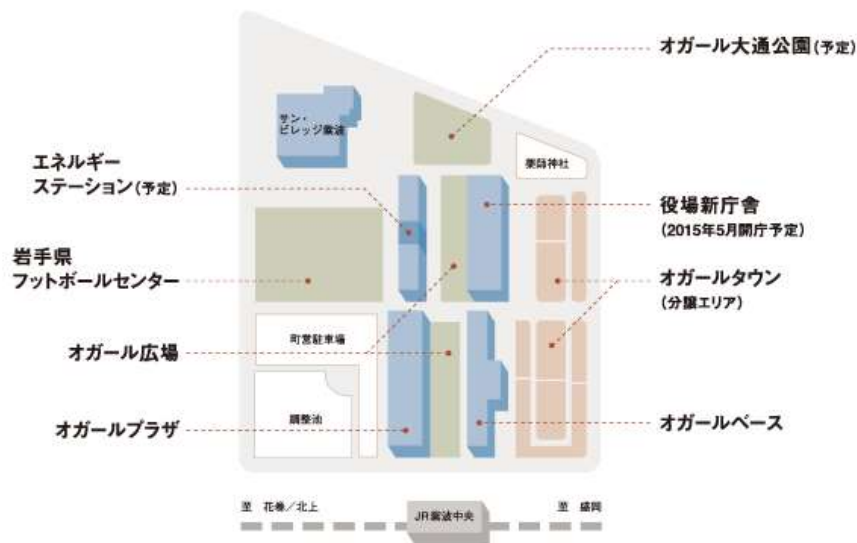


図 1-3 紫波中央駅前都市整備事業対象街区の土地利用状況 (<http://ogal.jp/about> より)

2015 年 1 月時点で、オガールベース、オガールプラザ、岩手県フットボールセンター、地域熱供給事業を行うため熱生産を行うエネルギーステーション（以下、ES）が完成している。オガールタウンは現在分譲中（第三期）であり、現在住宅は 4 棟である。町役場の新庁舎は 2015 年 5 月に開庁予定となっている。



図 1-4 建築中の C 街区新庁舎（出所：筆者撮影）

1.2.2.熱供給事業詳細

地域熱供給事業は、紫波グリーンエネルギー（以下、紫波 GE）により行われている。地域熱供給を行うための熱生産は ES にて行われる。町内業者および個人山主が伐出した紫波町産材を紫波農林公社のチップ加工場でチップとし、紫波 GE 所有の ES へ輸送、ES でチップを燃焼し熱を生産している。木質バイオマスの流通フローを図 1-5 に示す。

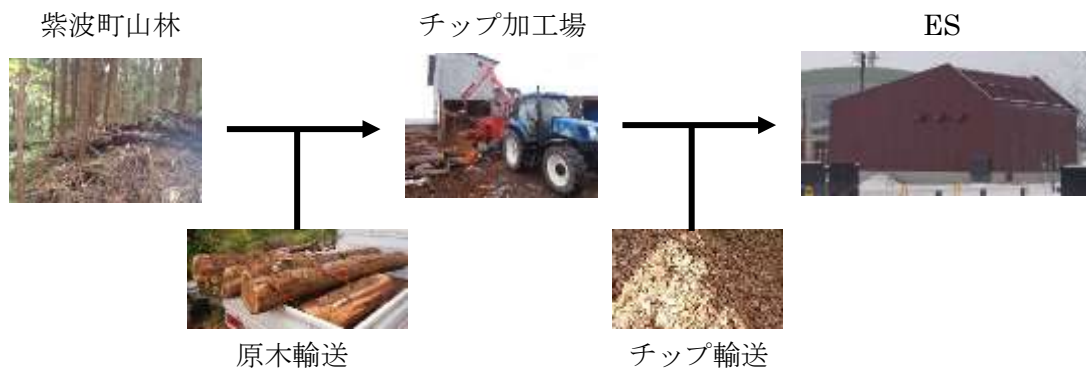


図 1-5 木質バイオマス流通フロー（出所：筆者撮影）

エネルギーフローを図 1-6、1-8 に示す。木質バイオマス（チップ）、およびバックアップ燃料である LP ガスをボイラーにより燃焼、燃焼時に発生した熱を温水（80℃以上）として蓄熱タンクへ溜める。冬期は暖房用および給湯用としてその温水（70-78℃）を配管により各需要者の熱交換機へ届ける。各熱需要者は熱交換機を経由し、各需要者の冷水に ES の温水から熱のみを受け取り、暖房用、給湯用として利用する。夏期は ES 内部の吸収式冷凍機を用い、蓄熱タンクの温水を冷水（7℃以下）へと熱交換し、配管により各需要者の熱交換機へ届ける。各熱需要者は熱交換機を経由し、各需要者の冷水（水道水）から ES の冷水（7℃）へ熱を受け渡し、冷房用として利用する。給湯用温水の流れは冬期と同様である。

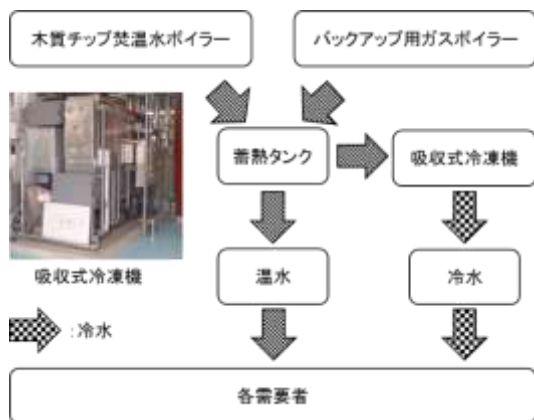


図 1-6 夏期エネルギーフロー¹⁴

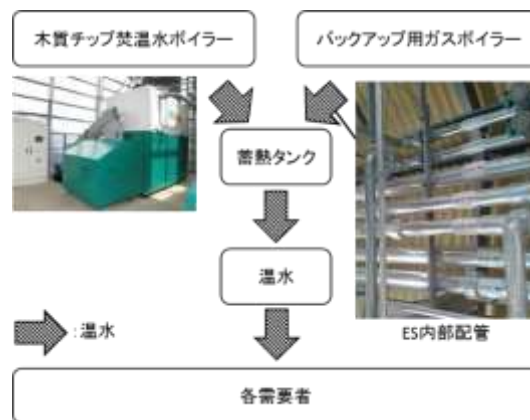


図 1-7 冬期エネルギーフロー¹⁵

地域熱供給は、住宅（分譲地 57 区域）、A 街区事業棟（ホテル、体育館、物品販売所の複合施設）、C 街区事業棟（新庁舎）、D 街区事業棟（テナント入居予定）、D 街区保育所を対象に行われる。A 街区民間事業棟、C 街区事業棟、D 街区事業棟、D 街区保育所は地域熱供給を受けなければならない契約だが、住宅は任意に地域熱供給を受けるかどうか選択できる。地域熱供給エリアを図 1-8 に示す。

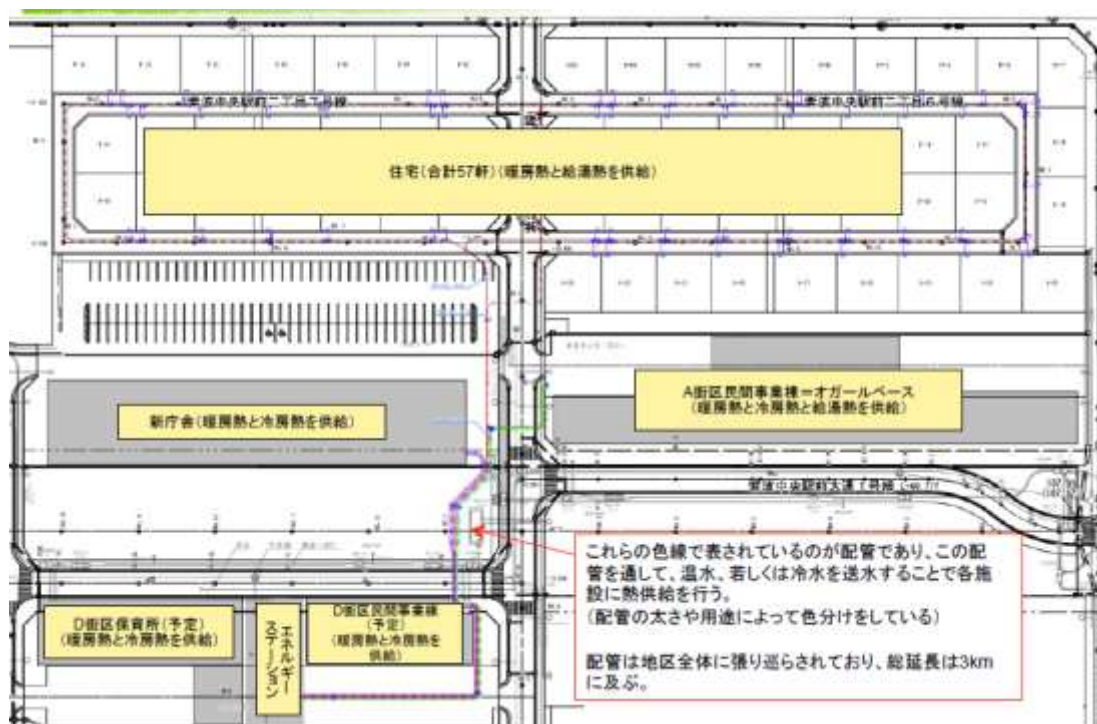


図 1-8 地域熱供給エリア（紫波 GE 提供資料より）

¹⁴ 写真・図出所: 筆者撮影・作成

¹⁵ 同上

紫波 GE による地域熱供給事業は、2013 年 1 月より工事が始まっている。2013 年に配管埋設工事が開始、完了し、2014 年 1 月より 8 月までの期間中に ES 建築、ならびに木質チップ炊温水ボイラーや蓄熱タンクなどの設備を購入している。2014 年 9 月から順次、地域熱供給を開始している。



図 1-9 地域熱供給利用住宅 （出所：筆者撮影）

地域熱供給事業について、熱需要者の立場から状況を整理する。地域熱供給を利用することで、各熱需要者は個別熱源を設置する必要がない。加えて、個別熱源運用のための電気、ガスおよび灯油代および個別熱源の更新費用が不要となる。一方、地域熱供給を利用するために、熱交換機をそれぞれ購入する必要がある。加えて、実際に熱を利用する際は、熱交換機の更新費用および紫波 GE が定めた料金を使用熱量に応じ支払う必要がある。

地域熱供給事業について、熱生産者の立場から状況を整理する。地域熱供給を行うにあたり、ES の整備（建屋の建設、各種機械の購入）、配管敷設ならびに地域熱供給事業の運用（遠隔操作システムの監視、機械メンテナンス）が必要となる。紫波 GE は地域熱供給を行うことで、販売価格から生産価格を差し引いた分を収益として計上する。なお、ES の整備や配管敷設といった初期費用は、本事業では約 5 億円にのぼる。本事業は循環型社会の形成に資するものであると判断されたため、環境省「地域の再生可能エネルギー等を活用した自立分散型地域づくりモデル事業」、および一般社団法人低炭素社会創出促進協会「再生可能エネルギーなどを活用した自立分散型地域づくりモデル事業」より、計 1.5 億円の補助金が初期費用に対し投入されている。

表 1-3 地域熱供給事業概要¹⁶

事業内容	新たに設置する市役所新庁舎、民間事業棟、住宅で使用する冷暖房、給湯熱を供給する ES の設置および運用 ES の熱源に木質バイオマス（紫波町産材）を利用
熱供給事業者（事業主体）	紫波 GE（紫波グリーンエネルギー）
熱生産施設	ES（エネルギーステーション）
熱需要者	A 街区事業棟（ホテル、体育館等）：暖房熱、冷房熱、給湯熱 C 街区事業棟（新庁舎）：暖房熱、冷房熱 D 街区事業棟（商業施設、保育所）：暖房熱、冷房熱 住宅：暖房熱、給湯熱
補助金	ES 建設および機械購入補助として計 1.5 億円

¹⁶ 紫波 GE 提供資料より作成

2. 分析の目的と意義

2.1. 現状の問題と解決すべき課題

木質バイオマスのエネルギー利用政策は、「バイオマス・ニッポン総合戦略」（平成 14 年 12 月 27 日閣議決定、18 年 3 月 31 日改正）に基づく、バイオマスの利活用に関する政策で加速的に普及した。木質バイオマスを利活用した発電施設数は、平成 14 年度には 26 施設、平成 20 年度には 144 施設と大幅に増加した。これは農林水産省、経済産業省などが総合戦略に基づく取組として、民間事業者等の施設導入を支援する補助事業を実施しており、これらの補助事業が一定の役割を果たしてきたためである。

しかし一方で、上記戦略および政策が総体としてどのような効果を上げているかなどを検証した総務省による政策評価では、発電効率が 13%と低調であること、燃料確保が困難である事例が存在すること、発電用機械稼働率が低いこと、余熱回収率が低いこと、そもそも計画段階で補助金なしでは収支が取れていないことなどから、温室効果ガス排出量削減などの効果を十分に得られていないと結論付けている。

以上のように、木質バイオマスを用いたエネルギー利用について、大規模発電については政策評価がなされてきた。しかし、もう一方の適切なエネルギーとしての利用形態である小規模熱利用については、事例が存在しなかったため評価されてこなかった。そこで、紫波 GE による事例に費用便益分析を行うことで、環境省などによる補助金の妥当性、地域熱供給事業の他地域への普及可能性を検討する。

2.2. 本研究の目標と政策的意義

本研究の意義として、対象の新規性が挙げられる。日本国内における木質バイオマスを用いた地域熱供給事業の費用便益分析はまだ行われていない。そのため、本研究は、大きく 2 つの費用便益分析を行う。

まず、中間評価である。2012 年に開始した紫波 GE による地域熱供給事業について、2014 年を基準年とし、今後事業を継続すべきか否かについて判断の指標を提供する。本研究は新規なものであるため、現状を分析し整理することは重要である。

次に、事前分析である。2012 年に開始した紫波 GE による地域熱供給事業について、2012 年を基準年とし、本事業を実施すべきであったのか否かについて判断の指標を提供する。事前分析を行うことで、今後も同様の木質バイオマスを用いた地域熱供給事業が推奨できるか否かを、政府による推奨の必要性、民間事業者による供給可能性等の観点から要素ごとに検証する。加えて、ES 建設等の初期費用に対し大量投入された補助金の意義について、社会的に便益の低いものが供給されていないか、行動を歪めていないか等を検証する。

3. 分析の概要

3.1. 本分析における考え方

本分析では、主に熱エネルギー市場を分析の対象とする。個別熱源方式と地域熱供給方式の違いは、地域事業によって熱エネルギーの需給の仕組みが変化することによって生じるものである。

我々は日常生活において様々な形で熱エネルギーを使用しているが、通常、それらの熱エネルギーは、ある特定の供給者から供給されているわけではない。例えば、我々が水からお湯をつくる際には、電気・ガス・灯油といったエネルギー源を購入し、それらを電気給湯器やガス給湯器、灯油給湯器を用いて熱に変えることで自宅で熱を生産している。すなわち、特定の熱供給者が存在しない通常のケースでは、各住宅や事業棟は熱の需要者であると同時に生産者でもある。

一方で地域熱供給方式では、ES が木質チップをエネルギー源として大規模に熱エネルギーを生産し、それを地域全体に直接供給することになる。この場合、各住宅や事業棟はこれまで自家生産のためのエネルギー源として必要としていた電気・ガス・灯油を購入しなくて済む。すなわち、地域熱供給事業が行われることによって大規模な熱生産・供給者である ES が出現することで、熱の需要者である住宅や事業棟は、熱を自分で生産する必要はなくなり、ES から購入するというかたちとなる。住宅や事業棟にとって、ES から購入する場合の熱の購入価格が、エネルギー源を購入して自分で生産する費用よりも安ければ、それだけ得をすることになる。また、自分で熱を生産するために使用していた給湯器などの個別熱源機器も必要なくなる。

以上のことを整理すると、個別熱源方式の熱需給の仕組みでは各住宅や事業棟が生産者かつ需要者であったのに対し、当該事業実施時の熱供給の仕組みでは、ES が生産・供給者、各住宅や事業棟が需要者となる。別の見方をすれば、地域熱供給事業によって、これまで存在していなかった熱エネルギー市場が新たに生まれるという解釈もできる。個別熱源方式は「自家生産・自家消費」であった熱エネルギーの分野において、木質チップをエネルギー源とした「一括生産・販売」を行う ES が出現したことによって、需要者と供給者の間で熱エネルギーを売買する関係が生まれる。

表 3-1 個別熱源方式と地域熱供給方式事業実施時における熱生産・消費の変化

	個別熱源方式	地域熱供給方式
住宅・事業棟	エネルギー源（電気・ガス・灯油）と個別熱源機器（給湯器など）を購入し、自分で熱を生産し、消費する。	ES から熱を購入する。
ES	—	エネルギー源（木質チップ）と熱源機器（ボイラーなど）を購入し、販売する。

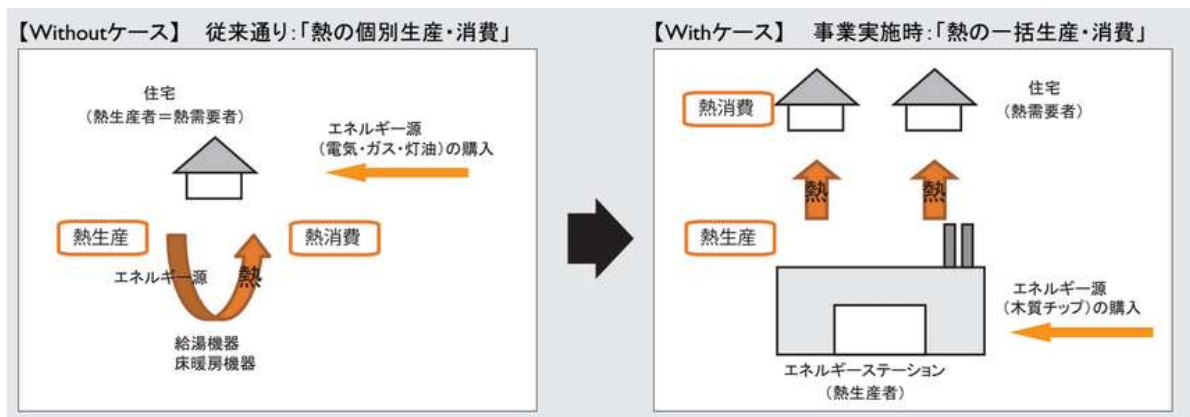


図 3-1 個別熱源方式と地域熱供給方式事業実施時における熱需給の仕組み

3.2. プロジェクト設定

分析の便宜上、実際に個々の費用及び便益が発生した時期と分析上での計上時期が一部異なるものがある。このような実際の時期と分析における計上時期に関して、以下の表にまとめた。

表 3-2 熱供給事業を実施する場合（With ケース）における費用及び便益項目の計上時期の扱い

費用及び便益の発生元		実際の時期	分析上の計上時期
費用	埋設配管の設置	2012 年末に開始	2012 年末
	土地の賃料	2014 年 3 月に開始	2013 年末から毎年
	・ ES 建屋の設計、建設 ・ ボイラーなど機会室内機器の設置 ・ 熱交換器の設置（A・C 街区、住宅）	2014 年年初に開始	2013 年末
	熱交換器の設置（D 街区）	2014 年末	2014 年末
便益	A 街区（オガールベース）	2014 年 7 月に施設オープン	2015 年末から毎年
	C 街区（庁舎）	2015 年 5 月開庁予定	2015 年末から毎年
	D 街区（保育所・商業施設）	未定 ¹⁷	2016 年末から毎年
	住宅	※ ¹⁸	各入居年の年末から毎年

¹⁷ 2015 年 1 月現在、D 街区事業棟に入るテナントも決定しておらず、実際の熱供給による便益の発生時期は未定であるが、本分析では 2016 年には便益が発生すると想定する。

¹⁸ 2015 年 1 月現在、4 軒の住宅が入居済みであるが、うち熱供給契約を結んでいる住宅は 1 軒のみである。本分析では、基本ケースとして 2021 年に全戸数入居が完了し熱供給契約を結ぶと仮定している。しかし、この入居率の仮定は分析結果に大きく影響を及ぼす部分であるため、感度分析の対象項目としている。

表 3-3 熱供給事業を実施しない時 (Without ケース) における費用及び便益項目の計上時期の扱い

費用及び便益の発生元		実際の時期	分析上の計上時期
費用	個別熱源機器の設置 (A・C 街区)	2013 年 8 月	2013 年末
	個別熱源機器の設置 (D 街区)	2014 年末	2014 年末
	個別熱源機器の設置 (住宅)	※ ¹⁹	各入居年の前年の年末

3.3. 費用及び便益の計上時期

便益は各年における年末に計算するものとし、その年の年末に計上する。費用は各年における年初に発生するものとし、その前年の年初に計上する。最終価値は事業終了時の年末に発生するものとし、その年の年末に計上する。よって、その翌年以降は一切の費用及び便益は生じない。

3.4. 評価時点と割引率

本分析において、評価時点を 2014 年末とし、30 年後の評価終了時点 を 2044 年末と設定する。これは以下の 2 つの理由による。第一に、紫波 GE と各住宅との熱供給契約期間が 30 年間であることが挙げられる。第二に、ボイラーをはじめとする主要な熱供給関連設備が 30 年後の更新を予定していることである。

また、将来発生する費用及び便益を現在のものと同等に扱うことは適当でないため、社会的割引率を設定し、金額を割り引く必要がある。本分析においては、社会的割引率を国土交通省の指針²⁰に従い、4.0%と設定する。すなわち、X 年に発生する便益及び費用が A 円である場合、その割引現在価値は以下の式で表される。

$$\frac{A}{1.04^{X-2014}}$$

この値を現在の価値として算定する。この操作は各費用・便益項目の全てに共通する。

¹⁹ 脚注 16 と同様。

²⁰ 国土交通省「公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針」

3.5. 当事者適格

本分析において、当事者適格は国とし、中央政府にとっての純便益を検討する。当事者適格とは、費用便益分析を行う際の分析者の立場を意味する。国を当事者適格とした場合、例えば、国から紫波町への補助金は純便益に影響を及ぼさない²¹。

3.6. プライマリーマーケットとセカンダリーマーケット

政策や事業が直接的（一次的）に影響を与える市場をプライマリーマーケット、間接的（二次的）に影響を与える市場をセカンダリーマーケットと呼ぶ。

本分析では、紫波の熱エネルギー市場を主な分析対象としており、この市場をプライマリーマーケットとして扱う。これまで消費者は電気・ガス・灯油というエネルギー源を購入し、熱を個別に生産・消費していた。そこに、低価格の木質チップを原料として熱を生産・供給する紫波 GE が登場することで、消費者はより安く熱を調達できるようになると考えられる。すなわち、これまでの熱エネルギー価格は、熱を生産するための電気・ガス・灯油の従量価格であったのに対し、地域熱供給方式における熱エネルギー価格は、紫波 GE が供給する熱エネルギー価格となる。また、熱の生産者である紫波 GE にとっても、熱の販売による収入が新たに事業を行う費用を上回れば、その分だけ便益を得ることになる。

また、本事業がセカンダリーマーケットに与える影響についても考える。本分析におけるセカンダリーマーケットは熱の代替材である電気・ガス・灯油の市場であるとする。これらはこれまで熱を生産するためのエネルギー源として購入されていたが、消費者が紫波 GE から直接熱を購入するようになるため、その分だけ消費量が減少する。セカンダリーマーケットが効率的である場合²²はセカンダリーマーケットにおける変化を考慮する必要はなく、事業の純便益はプライマリーマーケットにおける純便益として求められるが、今回の場合は電気・ガス・灯油市場は効率的とは言えないため、セカンダリーマーケットにおける変化も考慮する必要がある。具体的には、電気・ガス・灯油の使用による負の外部性の削減便益を、プライマリーマーケットにおける純便益に加えて計上する。電気・ガス・灯油は、その使用に際して CO₂ 排出による社会的費用が発生するが、木質バイオマス熱供給では、その熱生産過程における電気・ガス・灯油の使用が少量に抑えられるためである。また、今回想定するセカンダリーマーケットは、寡占などによる市場の歪みが生じていると考えられる。本来は、この点に考慮した上でセカンダリーマーケットにおける死荷重損

²¹ 補助金の支給自体は、国から紫波町への所得移転と見なせるため純便益に影響を及ぼさない一方で税の調達・分配に伴う社会的費用が発生する。この限界超課税負担の考え方については、第 5 節の費用項目の中で詳述する。

²² 財の価格が社会的限界費用と一致している場合を指す。

失の変化を計上することが望ましいが、本分析においては考慮しないこととする。これは、寡占などによる影響が本事業の規模に対して十分に小さいと考えられるためである。

4. 中間評価の分析方法と結果

第3節では、中間評価の枠組みを概説するとともに、各費用・便益項目の個別の推計方法、推計結果について述べる。

4.1. 分析の枠組み

まず、中間評価の枠組みを概説する。

中間評価では、現状すでに開始されている事業に関して2014年を基準年とし、2044年までの30年間の費用及び便益項目を対象に評価を行う。すなわち、2013年末までに発生した費用及び便益項目についてはサックコストとみなし、本評価の対象としない。例えば、すでに完成しているESの建設費や埋設配管の設置費は本評価の費用としては計上しない²³。

この中間評価の目的は、すでに開始されている事業に関して、今後事業を継続すべきか否かについての判断の指標を提供することである。中間評価では以下の2つの政策オプションを分析の対象とした。1つは事業開始後2年目である2015年に当該事業を終了し、個別熱源方式に移行するというオプション（以下「Without ケース」と呼ぶ）、もう1つは現行計画どおり地域熱供給事業を2044年まで継続するというオプション（以下「With ケース」と呼ぶ）である。

With ケースでは以下のような状況を想定する。2044年末まで事業を継続することによる費用及び便益が発生し、2045年以降は一切の費用及び便益は発生しない。しかし、当該事業は2045年以降も継続される可能性が高いと考えられるため、評価期間終了時の配管や建屋の撤去費用は考慮しない。

Without ケースでは以下のような状況を想定する。熱供給事業開始から1年が経過した2015年に事業を終了することとし、2015年末にボイラーを売却し、かつ建屋と配管を撤去して更地に戻すものとする。この場合、建屋と配管の撤去費用が発生する。一方で、ボイラーと配管に関しては転売が可能であり、事業終了時点以降に生じる純便益はその割引現在価値を計上する²⁴。また、事業終了後は再び個別熱源方式に移行するため、それに伴う個別熱源機器の設置費用などを考慮することとなる。

評価期間：30年（2014年末～2044年末）

基準年次：2014年（評価時点）

With ケース：2044年まで現行の事業を継続する

Without ケース：2015年（熱供給開始1年後）に事業を終了する

²³ D 街区の事業棟の熱交換器は2014年に設置されるものであるため、サックコストとしない。

²⁴ Without ケースにおける最終価値は、計算上、With ケースの便益項目である最終価値から差し引くことによって計上する。

4.2. 便益項目

本項では、便益について4つの項目を考察する。1つ目は余剰の増加である。これは、With ケースにおいて熱供給事業の導入によって増加する熱エネルギー市場の生産者・消費者余剰を意味する。2つ目は個別熱源設置・更新費用の削減である。地域熱供給の実現によって、住宅や事業棟でそれぞれ個別に熱源設備を設置する必要がなくなるため、個別熱源設置費用の削減も便益として計上する。3つ目の便益項目は、最終価値である。すなわち、評価期間終了時点におけるESの建屋及び機械室内の機器、埋設配管などが持つ価値である。4つ目はCO₂排出量の削減である。木質バイオマスでガスや灯油、電力などのエネルギー源を代替することで二酸化炭素の排出量を抑制することが可能である。ただし、木質バイオマスの熱利用において二酸化炭素排出量がゼロなわけではなく、ボイラーの稼働に伴う化石燃料及び電力の使用によって、二酸化炭素が排出される。

表 4-1 中間評価における各便益項目と内容

便益項目	受益者	内容
余剰の増加	住宅・事業棟 紫波 GE	消費者余剰 生産者余剰
CO ₂ 排出量の削減		CO ₂ 排出の減少の貨幣価値
個別熱源設置・更新費用の削減	住宅・事業棟	個別熱源機器の設置・更新費用の削減
最終価値	住宅・事業棟	熱交換器の最終価値
		個別熱源機器の最終価値 (Without ケース)
	紫波 GE	ES 建屋最終価値
		機械室内機器の最終価値
	埋設配管の最終価値	

4.2.1. 余剰の増加

生産者・消費者余剰の増加の推計については、熱エネルギー市場の供給曲線・需要曲線を推定したうえで、余剰分析を行う。まずは熱エネルギー市場における供給曲線・需要曲線について考察をする。

4.2.1.1. 供給曲線

ここでは、エネルギー源別に熱エネルギー生産の限界費用を算定し、熱エネルギー市場の供給曲線を作成する。

限界費用には、燃料費や修繕費、減価償却費などが含まれるが、燃料費（木質バイオマスボイラーの場合は燃料費と灰処理費）以外は、固定費的なものであると考えられる。そのため、燃料費と灰処理費のみを変動費として捉える。また、単純化のために熱エネルギー生産の限界費用が一定であると仮定する。

With ケースにおいて、熱エネルギー生産には、木質チップを燃料とする木質バイオマスボイラーとプロパンガス燃料とするガスボイラーを稼働させる。ボイラーの稼働割合が一定と仮定すると、限界費用はボイラーの稼働割合をウェイトとした加重平均として求められる。

With ケースにおける木質バイオマス熱生産の限界費用は以下の式によって算定される。

$$\begin{aligned} \text{木質バイオマス熱生産の限界費用 (円/MJ)} = & \\ & \{ \text{木質バイオマスボイラーによる熱生産の限界費用(円/MJ)} \\ & \quad \times \text{木質バイオマスボイラー稼働時間(h)/運転時間(h)} \} \\ & + \{ \text{ガスボイラーによる熱生産の限界費用(円/MJ)} \\ & \quad \times \text{ガスボイラー稼働時間(h)/運転時間(h)} \} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{木質バイオマスボイラーによる熱生産の限界費用 (円/MJ)} = & \\ & \{ \text{限界チップ費用(円/MJ)+限界灰処理費(円/MJ)} \} \\ & \div \text{地域熱供給システムの効率(\%)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{限界チップ費用 (円/MJ)} = & \text{燃料費(円/kg)} \div \text{単位発熱量(MJ/kg)} \\ & \div \text{木質バイオマスボイラーの効率(\%)} \end{aligned}$$

$$\text{限界灰処理費 (円/MJ)} = \text{重量比率} \times \text{灰分量} \times \text{灰処理費 (円/MJ)} \div \text{単位発熱量 (\%)}$$

$$\begin{aligned} \text{ガスボイラーによる熱生産の限界費用 (円/MJ)} = & \\ & \text{限界ガス料金 (円/MJ)} \div \text{地域熱供給システムの効率 (\%)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{限界ガス料金 (円/MJ)} = & \\ & \text{ガス単価 (円/m}^3\text{)} \div \text{単位発熱量 (MJ/m}^3\text{)} \div \text{ガスボイラーの効率 (\%)} \end{aligned}$$

ただし、木質バイオマスボイラーの出力に上限があるため、熱エネルギーの需要量が 1060 万 MJ を超える場合、紫波 GE は、普段バイオマスボイラーメンテナンス中にしか運転しないガスボイラーを稼働させることで超過分を提供する。それで、熱生産の限界費用はガス

ボイラーの限界費用までジャンプする。一方で、エネルギー源がガスや灯油、電力である場合、熱生産の限界費用はそれぞれ 1 MJ の熱エネルギーを生産するのにかかる従量料金を用いる。以上より、熱エネルギー市場の供給曲線を導出する。

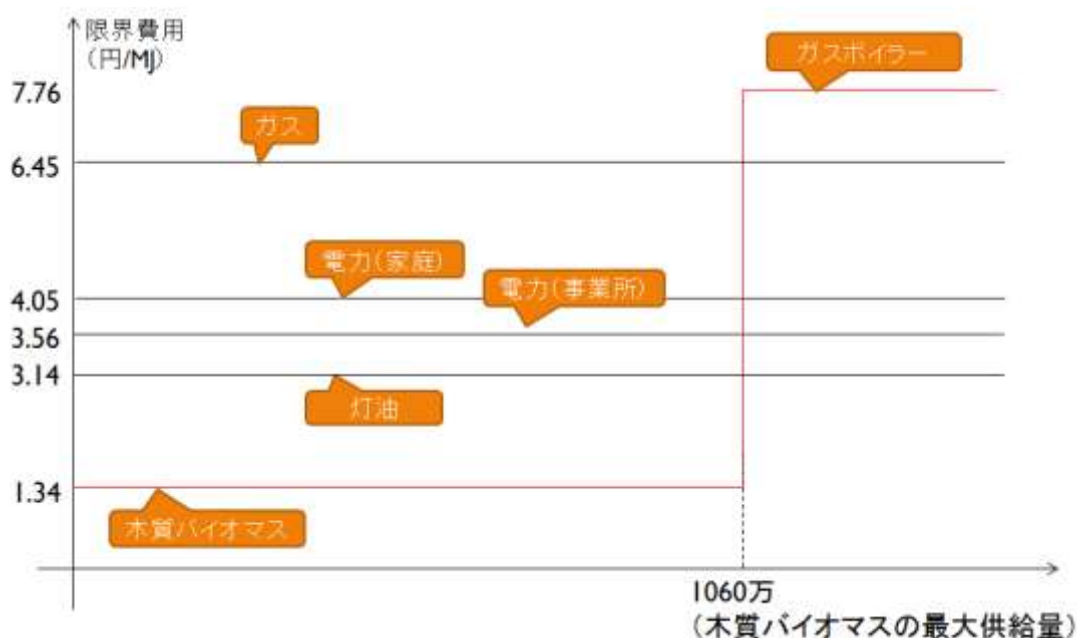


図 4-1 熱エネルギー市場の供給曲線

4.2.1.2. 需要曲線

ここでは、各エネルギー源の弾力性・需要量に基づいて需要曲線を作成する。

各エネルギー源の需要量は紫波 GE による予測値を使用する。これは、以下の2つの理由による。第一に、紫波 GE が事業主体として事前に求めた需要予測量に合わせて供給量の調整を行うため、予測値はある程度の信頼性は確保されていると推察される。第二に、本分析の期間中に我々自身で住宅部門の需要量について推計した結果、紫波 GE による推計値と一致していることがわかったが、データの制約及び技術的な限界ですべての需要量の推定を行うことは困難であった。以上の2点から、ここでは、紫波 GE による予測値を用いることとする。

各エネルギー源の弾力性は先行研究を参照する。ここで、価格は 2014 年 12 月現在各エネルギー源の熱交換効率を考慮したものである。具体的に、価格は以下のように算出される。

$$\text{価格 (円/MJ)} = \frac{\text{1 MJ の熱エネルギー生産にかかる従量料金 (円/MJ)}}{\text{熱交換効率 (\%)}}$$

以上より、各部門における各熱エネルギーの需要曲線を導出する。

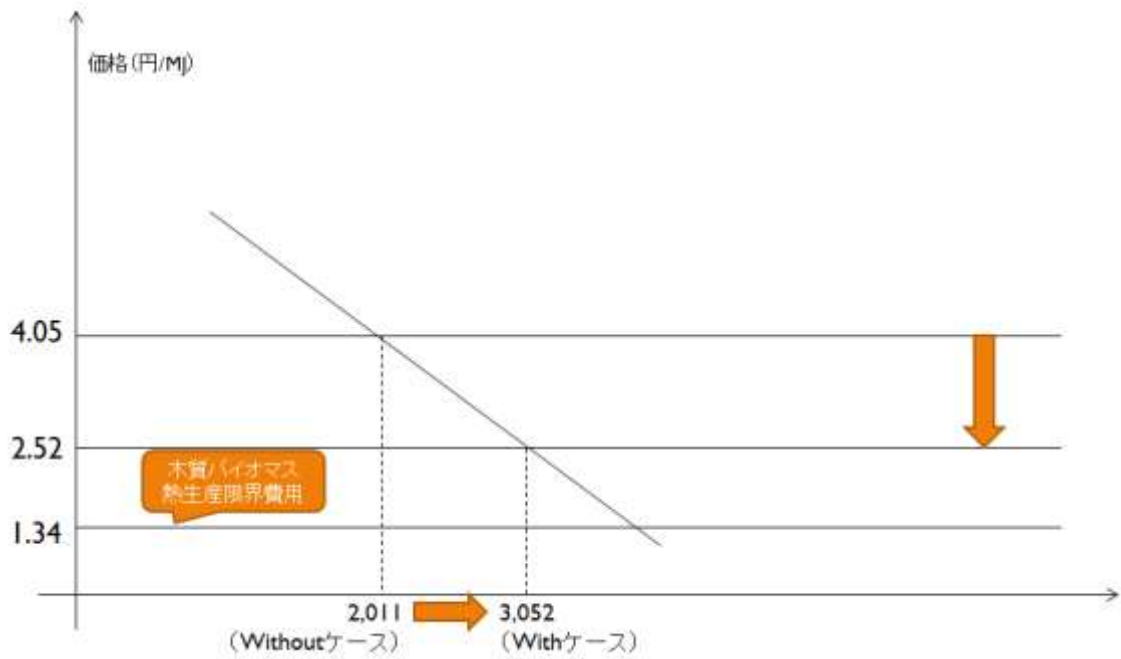


図 4-2 熱エネルギー需要曲線（電気・住宅 1 軒）

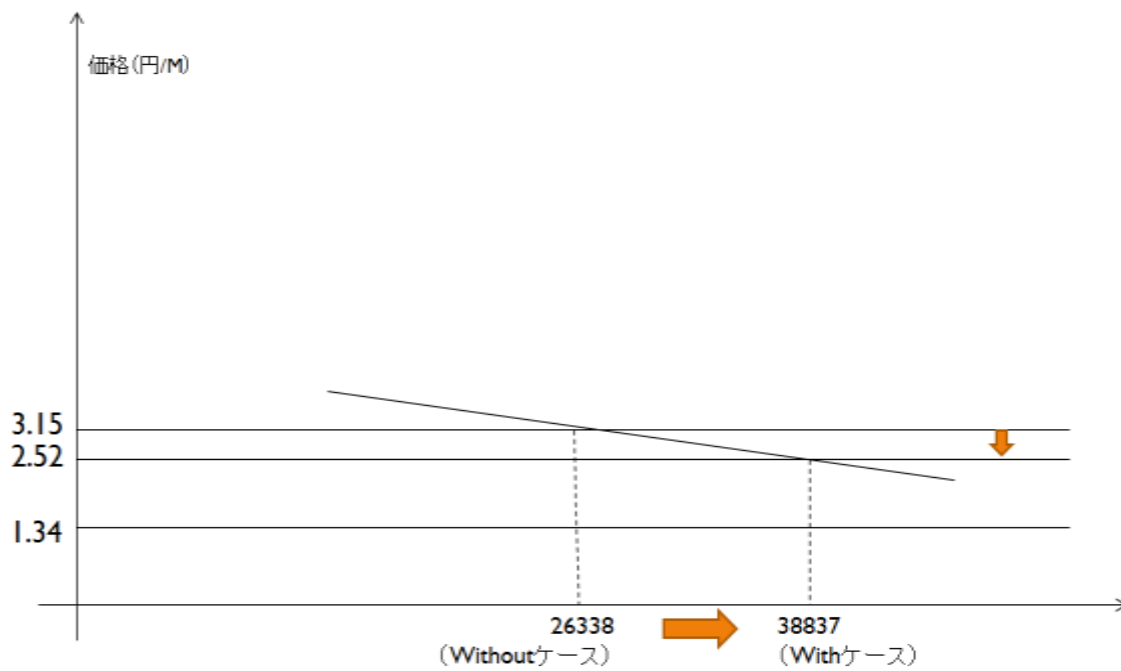


図 4-3 熱エネルギー需要曲線（灯油・住宅 1 軒）

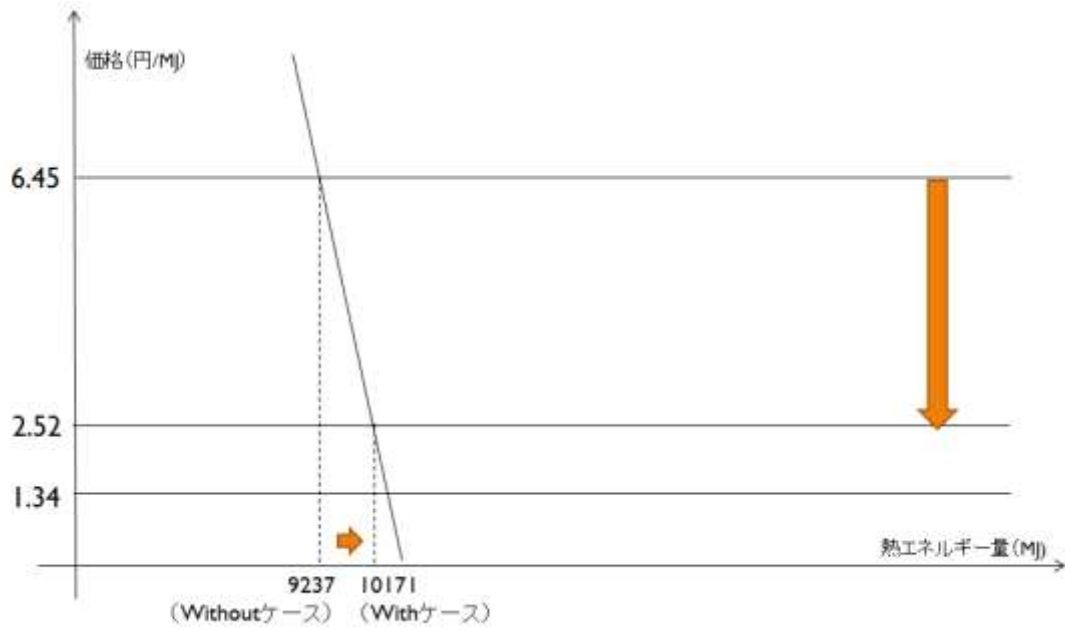


図 4-4 熱エネルギー需要曲線 (ガス・住宅1軒)

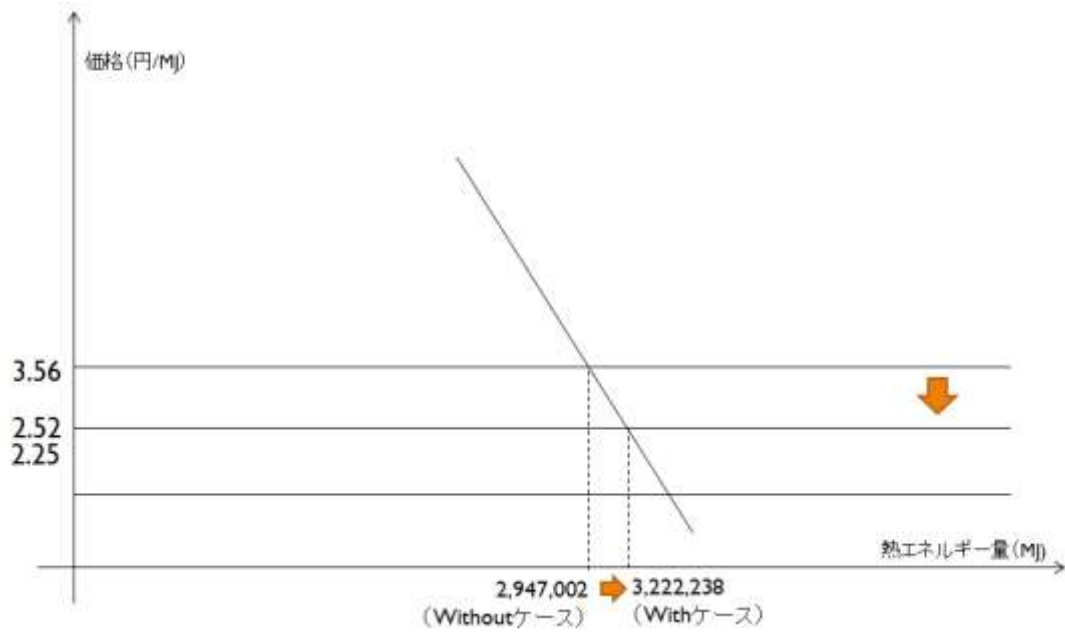


図 4-5 熱エネルギー需要曲線 (電気・事業棟)

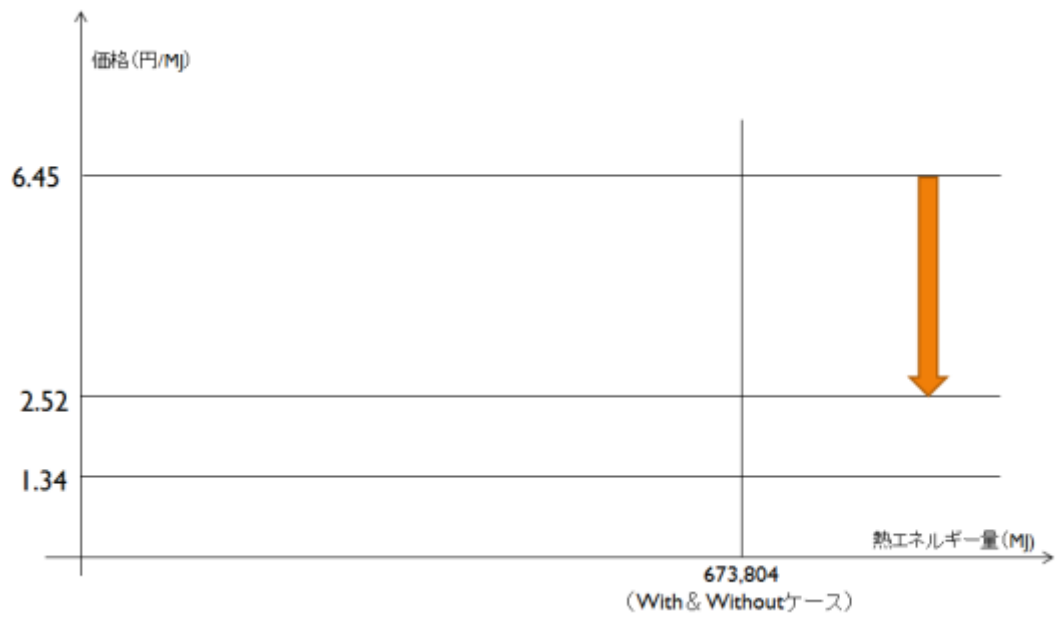


図 4-6 熱エネルギー需要曲線 (ガス・事業棟)

4.2.1.3. 生産者余剰の増加

ここでは、余剰分析を行い、生産者余剰の増加を推計する。本分析の余剰分析は以下の図で表される。生産者余剰の増加と消費者余剰の増加はそれぞれ、BFDC と AEFB の面積に当たる。

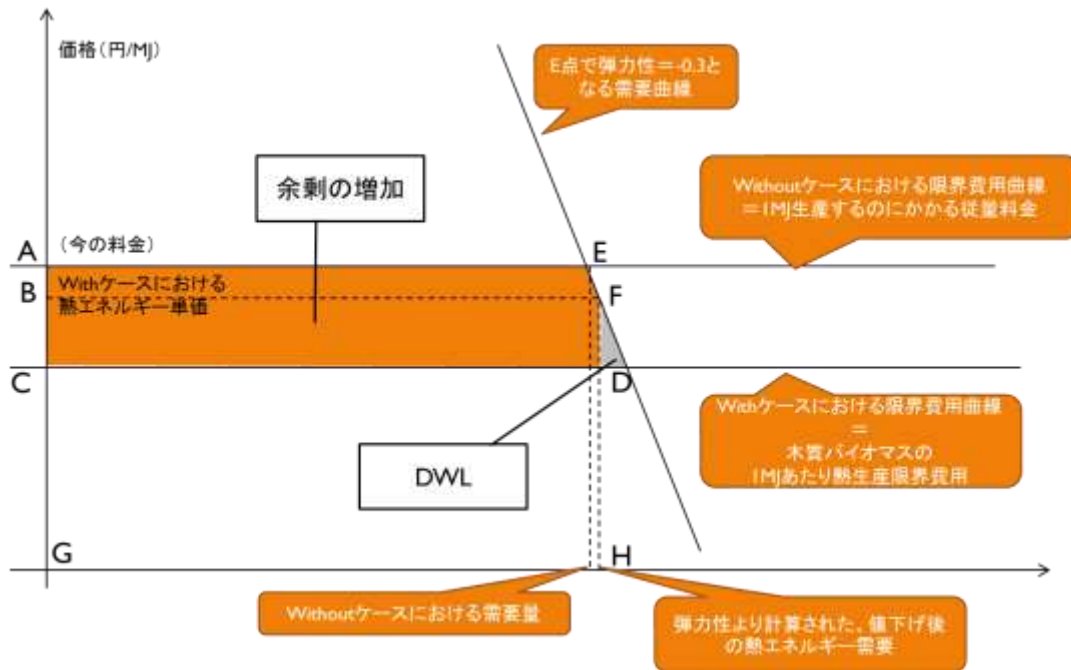


図 4-7 余剰の変化

生産者余剰の増分は以下の式によって算出される。

$$\begin{aligned} \text{生産者余剰の増分} &= \text{住宅部門における生産者余剰増分} \\ &+ \text{事業棟部門における生産者余剰増分} \end{aligned}$$

ここで、住宅部門における生産者余剰増分と事業棟部門における生産者余剰増分は、以下の式によって算出される。

$$\begin{aligned} \text{住宅部門における生産者余剰増分} &= \\ &\{ \text{住宅向け契約料金 (円/MJ)} - \text{熱供給限界費用 (円/MJ)} \} \\ &\times \text{With ケースにおける住宅向け熱供給量 (MJ)} \end{aligned}$$

事業棟部門における生産者余剰増分＝

$$\{ \text{事業棟向け契約料金 (円/MJ)} - \text{熱供給限界費用 (円/MJ)} \} \\ \times \text{With ケースにおける事業棟向け熱供給量 (MJ)}$$

上記の算出式において、本分析では以下の3つの仮定を置く。第一に、事業棟向け料金は住宅向け料金と同じであるという仮定である。紫波 GE が設定している住宅向け料金は2.52 円/MJ であるが、事業棟向け料金は公表されていない。しかし、熱需要の価格弾力性は小さく、この価格設定における差異は総余剰の計算に大きく影響を与えないと考えられるため、事業等向け料金も家庭向けと同一の価格 2.52 円/MJ であると仮定する。したがって、前述した式は以下のように簡略化できる。

$$\text{生産者余剰増分} = \{ \text{契約料金 (円/MJ)} - \text{限界費用 (円/MJ)} \} \\ \times \text{With ケースにおける熱供給量 (MJ)}$$

第二に、住宅1戸あたりの熱エネルギー需要量と事業棟部門の熱エネルギー需要量は一定であると仮定する。これは、住宅1戸あたりの熱エネルギー需要量と事業棟部門の熱エネルギー需要量は非常に安定的であると判断し、単純化のために毎年同じだけの需要があると仮定する。第三に、住宅の入居率は2021年で100%に達すると仮定する。住宅部門の需要量は住宅の入居率に依存するため、各年の新規入居戸数を推測する必要がある。紫波 GE 担当者へのヒアリングなどを元に、以下のような基本ケースを想定する。

表 4-2 基本ケースにおける入居率

年次	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022～
入居戸数	0	1	7	16	25	34	43	45	45
新規入居戸数	0	1	6	9	9	9	9	2	0

住宅の入居率に伴う不確実性については感度分析で対応することとした。

続いて住宅部門と事業棟部門の需要量の推計について説明する。

With ケースでは、木質バイオマス熱供給事業の導入によって熱エネルギーの価格が下がり、需要量の増加が見込まれる。With ケースにおける需要量は各エネルギー源の弾力性、予測需要量と価格に基づいて推計される。この算出には以下の式を用いた。

$$\text{With ケース需要量 (MJ)} = \text{予測需要量 (MJ)} \\ + \text{需要の価格弾力性} \times \{ \text{熱供給契約料金 (円/MJ)} - \text{価格 (円/MJ)} \}$$

上記の式より、With ケースにおける総需要量（住宅部門の需要量+事業棟部門の需要量）が算出される。なお、D 街区事業棟への熱供給開始は 2016 年を想定しているため、2015 年では熱需要量に計上していない。

4.2.1.4. 消費者余剰の増加

余剰分析図に示したように、消費者余剰の増加は AEFB の面積に当たる。これは、以下の式によって算出される。

$$\begin{aligned} \text{消費者余剰の増加} = & \{ \text{Without ケース需要量 (MJ)} + \text{With ケース需要量 (MJ)} \} \\ & \times \{ \text{従来熱エネルギー源の従量料金 (円/MJ)} - \text{熱供給契約料金 (円/MJ)} \} \end{aligned}$$

4.2.2. CO₂ 排出量の削減

木質バイオマスでガスや灯油、電力などのエネルギー源を代替することにより CO₂ 排出量が削減される²⁵。ここでは、節約される化石燃料起源の CO₂ 排出削減効果及びその金額換算値を算定する。算出には以下の式を用いる。

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ 排出の社会的費用の減少} = \\ \text{CO}_2 \text{ 排出削減量 (MJ)} \times \text{CO}_2 \text{ 排出原単位 (kg/MJ)} \times \text{貨幣価値原単位 (円/kg)} \end{aligned}$$

ここで、貨幣価値原単位は、CO₂ 排出の社会的限界費用を意味し、CO₂ がどのエネルギー源に由来するものなのかによらず同一の値である。一方で、1 MJ の熱を生産する際の CO₂ 排出量を示す意味する CO₂ 排出原単位は、熱生産に使用したエネルギー源によって異なる。これは、CO₂ 排出原単位がエネルギー源ごとに異なる排出係数に依存するためである。CO₂ 排出原単位は、以下の式で算出される。

$$\text{CO}_2 \text{ 排出原単位 (kg/MJ)} = \text{排出係数 (kg/kWh)} \times 3.6 \text{ (kWh/MJ)}$$

また、With ケースでは熱生産時における CO₂ 排出量がゼロとみなされる木質バイオマスエネルギーを主に使用するため、Without ケースと比較して CO₂ 排出量が削減される。その CO₂ 排出削減量は、Without ケースと With ケースにおける CO₂ 排出量の差分であり、以下の式で与えられる。

$$\text{CO}_2 \text{ 排出原単位 (kg/MJ)} = \text{排出係数 (kg/kWh)} \times 3.6 \text{ (kWh/MJ)}$$

²⁵本研究における外部性について、温室効果ガスのうち二酸化炭素にのみ着目している。さらに、ライフサイクルを燃焼段階に限定したため、木質チップ、化石燃料ともに、その製造、輸送工程における二酸化炭素排出量について考えないものとした。

$$\text{CO2 排出削減量 (MJ)} = \text{Without ケース CO2 排出量 (MJ)} \\ - \text{With ケース CO2 排出量 (MJ)}$$

なお、エネルギー源ごとの排出係数と貨幣価値原単位は、複数の先行研究などを参考に設定しているが、その値にばらつきがある。よって、その中でも特にばらつきが大きく、かつ分析結果への影響力を持つ電気の排出係数と貨幣価値原単位については、6節における感度分析の対象とする。

4.2.3. 個別熱源設置・更新費用の削減

With ケースにおいては、①住宅部門の個別熱源設置・更新費用の削減、②A・C・D街区事業棟の空調設置費用の削減、③A街区事業棟の給湯設備設置費用の削減が見込まれる。これらは、それぞれ以下の式によって算定される。

$$\begin{aligned} \text{住宅の個別熱源設置・更新費用の削減(円)} &= \\ & \text{住宅の個別熱源設置・更新費用 (円)} \times \text{入居戸数 (戸)} \\ \text{A・C・D街区事業棟の空調設置費用の削減 (円)} &= \\ & \text{空調設備費用単価 (円/m}^2\text{)} \times \text{総延床面積 (m}^2\text{)} \\ \text{A街区事業棟の給湯設備設置費用の削減 (円)} &= \\ & \text{給湯機器設置費用単価 (円/m}^2\text{)} \times \text{A街区延床面積 (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

4.2.4. 最終価値

評価期間終了時点（2044年末）における施設や設備が持つ価値を考慮する必要がある。本分析で事業の純便益を算出する際に用いる最終価値は、With ケースにおける最終価値から Without ケースにおける最終価値を差し引いたネットの価値を計上する。なお、Without ケースでは、事業中断に伴う撤去費用が発生するが、本分析ではそれを負の値として Without ケースにおける最終価値に含むこととする。

$$\text{最終価値 (円)} = \text{With ケース最終価値 (円)} - \text{Without ケース最終価値 (円)}$$

まず、With ケースにおける最終価値について、以下の表に整理した。With ケースにおける最終価値は、熱交換器の最終価値、ES建屋の最終価値、機械室内機器の最終価値、埋設配管の最終価値を合計したものである。

$$\begin{aligned} \text{With ケース最終価値 (円)} &= \text{熱交換器最終価値 (円)} + \text{ES建屋最終価値 (円)} \\ &+ \text{機械室内機器最終価値 (円)} + \text{埋設配管最終価値 (円)} \end{aligned}$$

表 4-3 中間評価 With ケースにおける最終価値

受益/負担者	施設・機器	耐用年数	建設・設置年もしくは使用開始年	更新年	最終価値
住宅	熱交換器	17 年	2014 年から順次	2031 年から順次	○
事業棟 (A・C 街区)	熱交換器	30 年	2014 年	-	×
事業棟 (D 街区)	熱交換器	30 年	2015 年	-	○
紫波 GE	ES 建屋	38 年	2014 年	-	○
	機械室内機器	30 年	2014 年	-	×
	埋設配管	50 年超	2014 年	-	○

以下で個々の項目ごとに説明する。

(1) 熱交換器の最終価値

熱交換器は、With ケースで必要になる設備である。耐用年数は、住宅で 17 年、事業棟で 30 年を想定する。熱交換器の最終価値は、定額法による減価償却費を算出し、それを取得価格から引いた値として算出する。2044 年時点で最終価値を有している住宅と事業棟 (D 街区) の熱交換機について、社会的割引率を考慮した上で With ケースにおける最終価値として計上する。

$$\text{熱交換器の最終価値 (円)} = \text{熱交換器の取得価格 (円)} \\ \times \text{使用年数 (年)} / \text{耐用年数 (年)}$$

(2) ES 建屋の最終価値

ES 建屋の構造は鉄骨造一部鉄筋コンクリート造であるが、便宜上鉄筋コンクリート造であると仮定し、その耐用年数を用いる。ES 建屋の最終価値は、定額法による減価償却費を算出し、それを建設費用から引いた値として算出する。

$$\text{ES 建屋の最終価値 (円)} = \\ \text{ES 建屋の建設費用 (円)} \times \text{使用年数 (年)} / \text{耐用年数 (年)}$$

(3) 機械室内機器の最終価値

紫波 GE によると、本事業において、ボイラーをはじめとする ES 機械室内機器は事業開

始 30 年での更新が予定されている。したがって、2044 年末時点で機械室内機器の経済価値はゼロとなるため、最終価値をゼロとみなす。

(4) 埋設配管の最終価値

本事業では、埋設配管について、「耐用年数は 50 年であるが現状では更新する予定はない」²⁶とされている。これは、30 年後の埋設配管の劣化具合を予測することは困難であり、更新を行うか否かを現時点で判断することができないためであると考えられる。これを踏まえ、本分析では、埋設配管の最終価値に関して以下の 2 つの方法をで算出し、感度分析の対象とする。

一つは、定額法による減価償却費を算出し、それを設置費用から引いた値として算出する方法である。これは、埋設配管が毎年一定のペースで劣化し、耐用年数を迎えた時点で最終価値がゼロになると想定した場合である。この算出方法は以下の式で表される。

$$\text{埋設配管の最終価値 (円)} = \text{埋設配管の初期費用 (円)} \times \text{使用年数 (年)} / \text{耐用年数 (年)}$$

二つ目は、埋設配管が劣化せず、30 年後も事業開始時と同じだけの価値を有していると想定した場合である。

$$\text{埋設配管の最終価値 (円)} = \text{埋設配管の初期費用 (円)}$$

いずれの算出方法であっても、事業終了時点での最終価値は社会的割引率を考慮して計上する。

また、埋設配管の初期費用は、材料・工事費を含む埋設配管の単価に配管の総延長距離を乗じて算出する。

$$\text{埋設配管の初期費用 (円)} = \text{埋設配管の単価 (円/m)} \times \text{総延長距離 (m)}$$

続いて、Without ケースにおける最終価値について、以下の表に整理した。Without ケースにおける最終価値は、熱交換器の最終価値、個別熱源の最終価値、ES 建屋の撤去費用、機械室内機器の最終価値、埋設配管の撤去費用を合計したものである。

$$\begin{aligned} \text{Without ケース最終価値(円)} = & \text{熱交換器最終価値 (円)} + \text{個別熱源機器最終価値 (円)} \\ & + \text{機械室内機器最終価値 (円)} - \text{ES 建屋撤去費用 (円)} \\ & - \text{埋設配管撤去費用 (円)} \end{aligned}$$

²⁶ 紫波 GE 担当者へのヒアリングより。

表 4-4 中間評価 Without ケースにおける最終価値と撤去費用

受益/負担者	施設・機器	耐用年数	建設・設置年もしくは使用開始年	撤去年	更新年	撤去費用	最終価値
住宅	熱交換器	17年	2014年	2015年	-	-	○
	個別熱源機器	15年	2015年から順次	-	2030年から順次	-	○
事業棟 (A・C街区)	熱交換器	17年	2014年	2015年	-	-	○
	個別熱源機器	15年	2015年	-	2030年	-	○
事業棟 (D街区)	個別熱源機器	15年	2015年	-	2030年	-	○
紫波 GE	ES 建屋	38年	2014年	2015年	-	○	×
	機械室内機器	30年	2014年	2015年	-	-	○
	埋設配管	50年超	2014年	2015年	-	○	×

以下で個々の項目ごとに説明する。

(1) 熱交換器の最終価値

算出方法は、With ケースのものと同様である。しかし、Without ケースでは、熱交換器の最終価値は 2014 年末までに設置されていたもののみ考慮し、まだ設置されていない D 街区の事業棟に関しては考慮しない。また、Without ケースでは、2015 年に事業を終了して個別熱源方式に移行することになるため、そこで不要になる熱交換器は 2044 年ではなく 2015 年時点における最終価値を算出する。

(2) 個別熱源機器の最終価値

Without ケースでは、事業終了後の 2015 年以降は従来の個別熱源方式への移行を想定するため、住宅や事業棟は再び個別熱源機器を購入・設置することとなる。この個別熱源機器の 2044 年時点での最終価値を考慮する。2044 年時点での個別熱源機器の最終価値を、定額法による減価償却費を算出し、それを設置価格から引いた値として算出する。

個別熱源機器の最終価値（円）＝

$$\text{個別熱源機器の設置費用（円）} \times \text{使用年数（年）} / \text{耐用年数（年）}$$

(3) 機械室内機器の最終価値

Without ケースでは、2015 年時点でボイラー等の機械室内機器を転売することを想定しており、その時点での機械室内機器の最終価値を考慮する。2015 年時点での機械室内機器の最終価値を、定額法による減価償却費を算出し、それを取得価格から引いた値として算出する。

機械室内機器の最終価値（円）＝

$$\text{機械室内機器の取得費用（円）} \times \text{使用年数（年）} / \text{耐用年数（年）}$$

(4) ES 建屋の撤去費用

Without ケースでは、2015 年時点で事業用地を更地に戻すことを想定しているため、その際に発生する ES 建屋の撤去費用を負の値として Without ケースの最終価値に計上する。撤去費用は、建屋の延床面積に撤去費用単価を乗じることによって算出する。撤去費用単価については、想定する建屋の構造と同じ鉄筋コンクリート造の値を用いることとする。

$$\text{ES 建屋の撤去費用（円）} = \text{建屋の延床面積（m}^2\text{）} \times \text{撤去費用単価（円/m}^2\text{）}$$

(5) 埋設配管の撤去費用

Without ケースでは、2015 年時点で事業用地を更地に戻すことを想定しているため、その際に発生する埋設配管の撤去費用を負の値として Without ケースの最終価値に計上する。撤去費用は、埋設配管が設置された面積に撤去費用単価を乗じることによって算出する。埋設配管が設置された面積は、本事業における熱供給の対象区域の総面積を用いる。また、撤去費用単価については、本来は埋設配管の撤去費用単価を用いるべきであるが、今回同様の推計を行っている先行研究や積算に用いられる単価を入手することができなかったため、工事の形態が類似する上下水道の撤去費用単価を用いることとする。

$$\text{埋設配管の撤去費用（円）} = \text{熱供給区域の総面積（m}^2\text{）} \times \text{撤去費用単価（円/m}^2\text{）}$$

4.3. 費用項目

本項では、各費用項目の内容とその推計方法について述べる。まず、中間評価における費用項目を以下の表にまとめた。続いて、項目ごとの説明に移る。

表 4-5 中間評価における各費用項目と内容

費用項目	負担者	内容
初期費用	住宅、事業棟	熱交換器設置・更新費用
運用費用	紫波 GE	賃料（土地の機会費用）
		電気料金
		点火灯油代
		運用人件費（機会費用）
外部性		
撤去費用	紫波 GE	ES 建屋の撤去費用

4.3.1. 初期費用

(1) 紫波 GE の施設・設備費用（なし）

前述のとおり、2013 年末までに発生した費用は、中間評価ではサunkコストと見なすため計上しない²⁷。具体的には、ES 建屋の建設費用、ボイラーなどの機会室内機器、埋設配管設置費用などがある。一方で、事業用地は事業終了後に更地に戻すことを想定するため、撤去の対象となる建屋について、その撤去費用は計上される。なお、機会室内機器と配管については転売が可能であるため、事業終了時の最終価値を便益に計上する。

(2) 住宅・事業棟の熱交換器設置・更新費用

With ケース 1、2 ともに住宅・事業棟で熱交換器を設置する必要がある。しかし、2013 年末までに発生した費用はサunkコストと見なすため、A・C 街区とすでに熱供給契約を済

²⁷ 初期費用に対しては国から補助金が給付されており、限界超過税負担による死荷重損失が生じている。しかし、中間評価において初期費用はサunkコストとしているため、限界超過税負担による死荷重損失も費用には計上しない。限界超過税負担に関しては、第 4 節の費用項目の中で詳述する。

ませた住宅（1軒のみ）における熱交換器設置費用は、中間評価では費用に計上しない。一方で、D街区と2014年以降に熱供給契約を結ぶ住宅における熱交換器設置費用は計上する。熱交換器の価格を設定する際には、木質バイオマス熱供給事業に関する資料²⁸をもとに、本事業の熱供給量と同規模の施設における熱交換器の価格を参考にした。

また住宅の熱交換器に関しては、入居から17年で設置費用と同額の更新費用が発生すると仮定する。事業棟の熱交換器に関しては耐用年数を30年と想定しているため、評価期間内の更新は想定しない。なお、事業終了時には、住宅・事業棟の熱交換器ともにその時点での最終価値を便益項目として計上する。

4.3.2. 運用費用

(1) 賃料（土地の機会費用）

ESの用地として使用する土地の機会費用を、当該事業の費用として計上する。機会費用とは、国土交通省の指針²⁹における「土地の占有に係る機会費用」を意味し、「土地が建物によって占有されることによって失われる、仮にその土地を運用（賃貸等）していたら得られたであろう運用益（地代等）のこと」である。

本評価では、紫波町の所有する土地を借り入れている紫波GEが町に対して支払っている貸付金（年間93万2400円³⁰）を機会費用として用いた³¹。この年間の賃料を当該事業における各年の費用として計上する。

(2) 電気料金

ES事業に際し、紫波GEが電力会社に支払っている電気料金である。電気料金は、電気使用量によらず固定でかかる基本料金と、電気使用量の増大に伴って増加する従量料金の2つからなる。年間の基本料金は、毎月かかる基本料金の12ヶ月分として計算される。算出に用いた式は以下のとおりである。

$$\text{電気基本料金（円/年）} = \text{契約電力（kW）} \times \text{単価（円/(kW・月)）} \times 12（ヶ月）$$

年間の従量料金は、電力量料金単価に、年間の消費電力量を乗じて算出した。電力量と

²⁸ 信州しおじり木質バイオマス事業推進協議会「第4回熱利用部会 熱利用の検討について」

²⁹ 国土交通省「事後評価における跡地の評価について」

³⁰ 紫波町「平成25年度 紫波町一般会計における主要事務事業の成果に関する調書」

³¹ 本来、事業実施に伴う土地の占有により土地の市場価格が変化する場合には、土地の占有に要した費用を機会費用とすることは望ましくないが、今回は占有する土地面積が市場に出回っている全ての土地面積の合計と比較して十分に小さいため、そのような土地の市場価格の変化は生じていないと見なす。

は、電力に使用時間を乗じたものである。ES では、ガスボイラー設備、バイオマスボイラー設備、システム全体の運用の 3 つの設備に電力を使用しており、各設備ごとに消費電力と年間稼働時間を算出し、その合計を年間の消費電力量とした。算出に用いた式は以下のとおりである。

$$\text{電気従量料金(円/年)} = \text{電力量料金単価(円/kWh)} \\ \times \sum \{ \text{各設備消費電力(kW)} \times \text{各設備年間稼働時間(h)} \}$$

本分析では、これら 2 つを合計することで年間の電気料金を算出している。また、後者の電気従量料金に関しては年による価格変動が見られるため、将来の価格については過去の価格推移をもとに予測しベースケースを設定した上で、感度分析の対象としている。

(3) 点火灯油代

定期的な清掃やメンテナンスのためにボイラーを一時的に停止させることがあるが、再び稼働するには点火のために灯油を使用している。その年間の灯油代を各年の費用に計上する。算出に用いた式は以下のとおりである。

$$\text{点火灯油代 (円/年)} = \text{点火時間(h/回)} \times \text{点火回数(回/年)} \\ \times \text{時間あたり灯油使用量(L/h)} \times \text{灯油価格(円/L)}$$

(4) 運用人件費（機会費用）

当該事業では無人運転が導入されているため、ES 内に常駐する人はいない。一方で、事務所から遠隔操作を行うための人件費³²と、四半期ごとのメンテナンス代が運用人件費としてかかる。これらに実際にかかっている年間の人件費を機会費用と見なし、当該事業の各年の費用に計上する。

$$\text{運用人件費 (円/年)} = \text{遠隔操作人件費 (円/年)} + \text{四半期メンテナンス代 (円/年)}$$

また、遠隔操作の人件費の算出に用いた式は以下のとおりである。

$$\text{遠隔操作人件費 (円/年)} = \text{人員数 (人)} \times \text{岩手県内同業種の平均時給 (円/時間)} \\ \div 2 \times 24 \text{ (時間)} \times 365 \text{ (日)}$$

四半期メンテナンス代に関しては、紫波 GE へのヒアリングで得られた金額を用いる。

(5) 外部性

ES における電力使用に伴う CO₂ 排出の社会的費用を、当該事業の費用に計上する。算出

³² 厚生労働省「平成 25 年賃金構造基本統計調査」より、岩手県の「電気・ガス・熱供給・水道業」の就業者の所定時間内労働の平均時給を算出し用いた。

に用いた式は以下のとおりである。

$$\text{CO2 排出の社会的費用} = \text{使用熱量(MJ)} \times \text{熱量あたり CO2 原単位(kg/MJ)} \\ \times \text{CO2 排出の社会的限界費用(円/kg)}$$

4.4. 結果³³

第 3 項、第 4 項で各評価項目の推計方法の詳細を説明した。本項では、それらの推計方法に基づいて行った算定の結果を述べる。概要は表 4-6 のとおりである。純便益は大きく正となっており、それに最も大きな影響を与えているのは個別熱源費用の削減である。そのスケールがよく分かるように、棒グラフに示したのが、図 4-8 である。

表 4-6 推計結果の概要

項目		(百万円)
便益	余剰増加	270.2
	CO2 排出量削減	32.5
	個別熱源費用削減	438.7
	最終価値	33.9
費用	設備費用	81.9
	運用費用	184.6
純便益		508.7
便益費用比		2.908

³³ 以下の表では、少数点第 2 位を四捨五入しているため、単純な合計と合計欄の数字が一致していない場合がある。

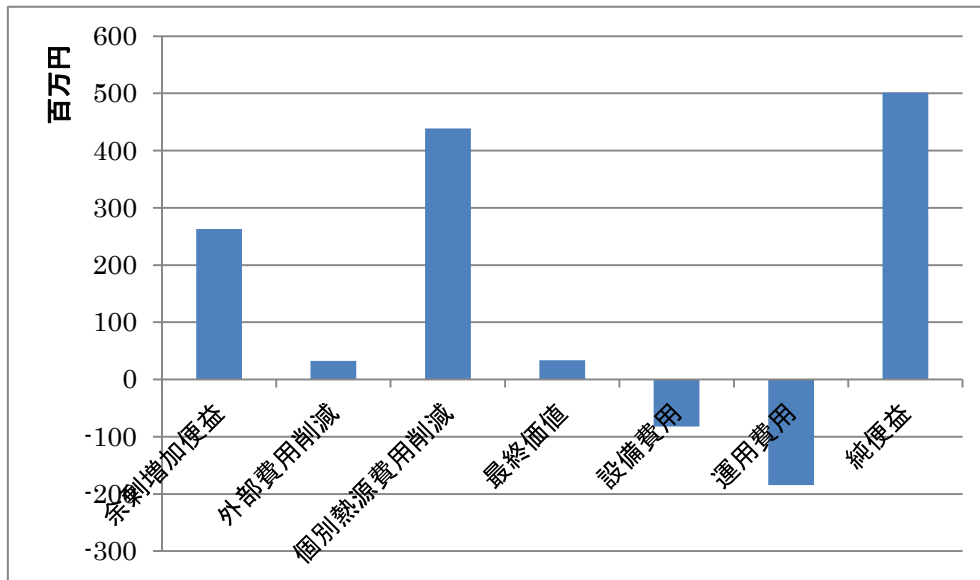


図 4-8 便益・費用・純便益のスケール (縦軸単位：百万円)

4.4.1. 余剰増加便益

ここからは、各便益・費用項目の結果の内容について順に記述していく。余剰増加便益の内訳は、以下の表 4-7 のようになっている。地域独占企業ではあるものの自治体の規制により供給価格が抑えられているために、消費者余剰のほうが比較的大きな値になっている。

表 4-7 余剰増加便益の内訳

項目		(百万円)
消費者余剰	住宅	47.4
	事業所	106.0
生産者余剰	住宅	40.3
	事業所	76.5
合計		270.2

4.4.2. CO2 排出量削減便益

CO2 排出量削減便益の内訳は、以下の表 4-8 のようになっている。大きな需要者である事業所において削減便益が大きいのが、ES も電気やガスを消費するために差し引かれたこともあり、結果を左右するほどの値にはなっていない。

表 4-8 CO2 排出量削減便益の内訳

項目		(百万円)
Without 費用	住宅	2.6
	事業所	39.6
With 費用	ES	9.7
合計 (Without-With)		32.5

4.4.3. 個別熱源費用削減便益

個別熱源費用削減便益の内訳は、以下の表 4-9 のようになっている。事業所は Without ケースにおいて 2014 年にすでに地域熱供給設備に投資したにもかかわらず 2015 年に個別熱源を新たに整備しなければならないので、非常に大きな費用がかかる。With ではこれをする必要がないので、その差分は大きなものになる。

表 4-9 個別熱源費用削減便益の内訳

項目	(百万円)
住宅	73.2
事業所	365.5
合計	438.7

4.4.4. 最終価値

最終価値の内訳は、以下の表 4-10 のようになっている。

表 4-10 最終価値の内訳

項目			(百万円)	
With 便益	地域熱供給設備	全体設備	38.2	
		熱交換器	住宅	3.1
			事業所	0.3
Without 便益	地域熱供給設備	全体設備	83.7	
		熱交換器	住宅	0.6
			事業所	34.1
	個別熱源設備	住宅	4.8	
最終価値	事業所	0		
Without 費用	全体設備処分費用		115.3	
合計 (With 便益 - Without 便益 + Without 費用)			33.9	

4.4.5. 設備費用

地域熱供給の設備費用の内訳は、以下の表 4-11 のようになっている。熱交換器は更新で費用がかかるので計上しているが、全体の設備は評価時点で既に整備されていてサunkコストであるため計上されない。それにより、結果を大きく左右するほどの値にはなっていない。

表 4-11 設備費用の内訳

項目		(百万円)
初期整備費用	全体設備	0
熱交換器	住宅	36.3
	事業所	45.6
合計 (Without-With)		81.9

4.4.6. 運用費用

運用費用の推計額の内訳は、以下の表 4-12 のようになっている。大きな割合を占めるのは運用人件費と電気代である。

表 4-12 運用費用の内訳

項目	(百万円)
土地の機会費用	16.8
電気代	75.8
点火灯油	1.0
運用人件費	91.1
合計	184.6

以上のように、中間評価では地域熱供給システムへの設備費用がかからないために、余剰の増加や個別熱生産設備への費用削減効果が費用にあまり弱められない形で純便益に反映されている。簡単に言えば、評価時点の 2014 年末で既に整備してしまった以上、それを処分して新たな設備を入れると非常に費用がかかるため、Without ケースは採用できないということである。中間評価の結果として、本事業は 2014 年末時点では継続すべきである。

ではその一方で、もし開始段階の 2012 年末時点で事前評価をしていた場合、この事業はそもそも始めるべきであったのであろうか。中間評価において具体的にこの事業についての現実に則した分析を行うことも重要であるが、事前時点での費用便益について検証しない限り、同様の事業を始めるかどうかの判断基準は作られない。よって、次節において 2012 年末時点での事前評価を行い、今後の参考となる分析につなげる。

5. 事前評価の方法と結果

第5節では、事前評価の枠組みを概説するとともに、各費用・便益項目の個別の推計方法、推計結果について述べる。

5.1. 分析の枠組み

まず、事前評価の枠組みを概説する。

本分析における事前評価は、一般的な政策評価における事前評価とは基準年次の設定の仕方が異なる。一般的な事前評価では、当該事業を実施する前に評価が行われ、基準年次はその評価時点の年次に設定するが、本分析における評価対象の事業はすでに開始されている。そこで、本分析では当該事業が実施される前にさかのぼり、2012年を基準年次として設定する。そして、2012年の事業開始から2044年の事業終了までの全ての費用及び便益項目を考慮に入れ、仮想的に事前評価を行うこととする。すなわち、本分析における事前評価では、評価期間を2012年から2044年までの33年間と設定し、第3節で行った中間評価ではサンクコストとして計上しなかった2012年から2014年までの費用及び便益項目も計上する。また、基準年次である2012年に発生した費用及び便益項目に関しては割引率を1とし、翌年2013年以降に発生した費用及び便益項目に関しては社会的割引率を用いて金額を割り引いている点にも留意されたい。また分析に際しては、2015年現在利用可能な情報を用いることとする³⁴。

この事前評価の目的は、2012年時点での事業実施の判断が正しかったか否かを検証することで、本事業を同様の条件の事業を検討する際の有用な指標とすることである。

事前評価では以下の3つの政策オプションを分析の対象とした。1つは事業を実施しないというオプション（以下「Without ケース」と呼ぶ）、2つ目は現行計画どおり当該事業を実施するというオプション（以下「With ケース 1」と呼ぶ）、3つ目として、使用するボイラーを現状の日本製からスイス製に変更して事業を実施するというオプション（以下「With ケース 2」と呼ぶ）である。

With ケース 1 では以下のような状況を想定する。2012年末から2044年末まで事業実施による費用及び便益が発生し、2045年以降は一切の費用及び便益は発生しない。しかし、当該事業は2045年以降も継続される可能性が高いと考えられるため、評価期間終了時の施設等の撤去費用は考慮しない。このオプションは中間評価における With ケースと同様のものである。また、ボイラーは日本製のものをを用いている。

With ケース 2 は、With ケース 1 とほぼ同様の想定であるが、使用するボイラーのみが異なる。With ケース 1（現行の計画）では日本製のボイラーが採用されているが、With ケ

³⁴ 例えば、将来のエネルギー価格の推移を予測する際に、2014年末までの価格に関しては実際に観察された値を用いている。

ケース 2 ではスイス製のものを採用する。これら 2 つの違いは、主に限界費用にある³⁵。With ケース 2 のスイス製ボイラーの場合、定期的なメンテナンスの回数が少なく済むと同時に、バックアップ用のガスボイラーの稼働時間が短縮化されることで、With ケース 1 よりも限界費用が安く抑えられる。また、2 種のボイラーの価格には 200 万円ほどの差があるが、With ケース 1 における事業全体の初期費用が 4.9 億円であること³⁶を考慮すると、その差は無視しうるほど小さいと言える。したがって、With ケース 1 と With ケース 2 はいずれも初期費用が 4.9 億円であると仮定する。

Without ケースでは以下のような状況を想定する。当該事業を実施しないため、評価期間開始の 2012 年以降、地域熱供給事業に関連する費用及び便益は一切発生しない。その一方で、当初から個別熱源方式で熱供給を行うことになるため、それに関連する費用及び便益を考慮する必要がある。

評価期間：32 年（2012 年末～2044 年末）

基準年次：2012 年（仮想的な評価時点）

With ケース 1：現行計画どおり（日本製のボイラーを使用して）事業を実施する

With ケース 2：スイス製のボイラーを使用して事業を実施する

Without ケース：事業を実施しない

³⁵ なお、With ケース 2 では点火灯油代がかからない点でも運用費用は安く抑えられる。しかし、点火灯油代削減分は年間 5 万円程度と非常に小さい。

³⁶ 紫波 GE 担当者へのヒアリングより。

表 5-1 With ケース 1 と With ケース 2 における違い

	With ケース 1	With ケース 2	差の要因
初期費用 (万円)	2,900	2,700	
バイオマスボイラー 稼働時間 (時間)	8,150	8,640	With ケース 2 では、 ・ 2 週に 1 度のメンテナンスが不要であるため。 ・ 年間定期メンテナンス回数と 1 回あたりのメンテナンス時間が半減するため。
ガスボイラー 稼働時間 (時間)	610	120	With ケース 2 では、バイオマスボイラーメンテナンス中、必要に応じ稼働するだけとなるため。
運用人件費削減 (人/時間にて換算)	0.62	0.60	With ケース 2 では、2 週に 1 度のメンテナンスが不要であるため。
ボイラー効率 (%)	0.85	0.80	
限界費用 (円/MJ)	1.340	1.006	
設備電力 (kW)	9.0	7.9	
限界費用曲線が跳ね上がる熱量 (万 MJ)	1,060	1,163	定格出力、稼働時間、ボイラー効率の差による。

出典) 株式会社トモエテクノ製品カタログ、紫波 GE 担当者へのヒアリング調査内容より作成

5.2. 便益項目

事前評価においても、中間評価と同様の便益項目を対象とする。それらは以下の表のように整理される。

表 5-2 事前評価における各便益項目と内容

便益項目	受益者	内容
消費者余剰 生産者余剰	住宅・事業棟 紫波 GE	消費者余剰 生産者余剰
CO ₂ 排出量の削減		CO ₂ 排出の減少の貨幣価値
個別熱源設置・更新費用の削減	住宅・事業棟	個別熱源機器の設置・更新費用の削減
最終価値	住宅・事業棟	個別熱源機器の最終価値
	紫波 GE	ES 建屋最終価値
		機械室内機器の最終価値
		埋設配管の最終価値

5.2.1. 生産者・消費者余剰の増加

算出に際しての仮定と算出方法は、中間評価のものと同様である。ただし、With ケース 2 ではスイス製のボイラーを使用することで限界費用が安く抑えられるため、生産者余剰は With ケース 2 が With ケース 1 を上回ることになっている。

5.2.2. CO₂ 排出量の削減

中間評価と同様の仮定と算出方法で算出される。

5.2.3. 個別熱源設置費用の削減

仮定と算出方法は、中間評価と同様である。ただし、Without では 2013 年から個別熱源の整備を行うと仮定したため、30 年で更新する場合、2043 年に生じる更新費用も考慮する必要がある。

5.2.4. 最終価値

中間評価と同様に、評価期間終了時点での施設や設備の最終価値を考慮する必要がある。本分析で事業の純便益を算出する際に用いる最終価値は、With ケースにおける最終価値から Without ケースにおける最終価値を差し引いたネットの価値を計上する。

$$\text{最終価値 (円)} = \text{With ケース最終価値 (円)} - \text{Without ケース最終価値 (円)}$$

まず、With ケース 1 と With ケース 2 における最終価値について、以下の表に整理した。With ケース 1 と With ケース 2 における最終価値は、中間評価における With ケースと全く同様の内容であり、熱交換器の最終価値、ES 建屋の最終価値、機械室内機器の最終価値、埋設配管の最終価値を合計したものである。

$$\begin{aligned} \text{With ケース最終価値 (円)} = & \text{熱交換器最終価値 (円)} + \text{ES 建屋最終価値 (円)} \\ & + \text{機械室内機器最終価値 (円)} + \text{埋設配管最終価値 (円)} \end{aligned}$$

表 5-3 事前評価 With ケース 1 と With ケース 2 における最終価値
(中間評価 With ケースと同様)

受益/負担者	施設・機器	耐用年数	建設・設置年もしくは使用開始年	更新年	最終価値
住宅	熱交換器	17 年	2014 年から順次	2031 年から順次	○
事業棟 (A・C 街区)	熱交換器	30 年	2014 年	—	×
事業棟 (D 街区)	熱交換器	30 年	2015 年	—	○
紫波 GE	ES 建屋	38 年	2014 年	—	○
	機械室内機器	30 年	2014 年	—	×
	埋設配管	50 年超	2014 年	—	○

個別の項目に関しても、中間評価における With ケースと同様であるため、ここでの説明は割愛する。ただし、中間評価と事前評価では基準年次が異なり、各年での社会的割引率が変化することに留意されたい。

続いて、Without ケースにおける最終価値について、以下の表に整理した。Without ケースにおける最終価値は、個別熱源の最終価値のみを考慮すれば良い。

Without ケース最終価値（円）＝個別熱源機器最終価値（円）

表 5-4 事前評価 Without ケースにおける最終価値

受益/負担者	施設・機器	耐用年数	建設・設置年もしくは使用開始年	更新年	最終価値
住宅	個別熱源機器	15 年	2014 年から順次	2014 年から順次	○
事業棟 (A・C 街区)	個別熱源機器	15 年	2013 年	2028 年、2043 年	○
事業棟 (D 街区)	個別熱源機器	15 年	2014 年	2029 年	×

個別別減機器の最終価値について説明する。

(1) 個別熱源機器の最終価値

Without ケースでは、地域熱供給事業を実施しないため、住宅と事業棟は個別熱源機器を購入・設置する必要がある。評価期間終了時点で価値を有する住宅と A・C 街区の事業棟の個別熱源機器の最終価値を考慮する。2044 年時点での個別熱源機器の最終価値は、定額法による減価償却費を算出し、それを設置価格から引いた値として算出する。

個別熱源機器の最終価値（円）＝個別熱源機器の設置費用（円）
×使用年数（年）/耐用年数（年）

5.3. 費用項目

本項では、事前評価における費用項目の内容とその推計方法について述べる。事前評価における費用項目を以下の表にまとめた。

表 5-5 事前評価における各費用項目と内容

費用項目	負担者	内容
初期費用	紫波 GE	施設・設備費用
	住宅、事業棟	熱交換器設置・更新費用
運用費	紫波 GE	賃料
		電気料金
		点火灯油代
		運用人件費（機会費用）
		外部性
限界超課税負担		限界超課税負担

5.3.1. 初期費用

(1) 紫波 GE の施設・設備費用

事業実施に際して、紫波 GE が負担した初期費用を計上する。具体的には、ES 建屋の設計・工事費、埋設配管・熱交換器・積算熱量計の材料・工事費、ボイラーをはじめとする機会室内機器の設計・材料・工事費である³⁷。個別の項目についての費用は公表されていないが、紫波 GE 担当者へのヒアリング調査から大まかな費用内訳が明らかになったため、その数値を当該事業の費用として計上することとする。

また、With ケース 1 と With ケース 2 では、事業開始時に導入するボイラーの価格が異なるが、その差 200 万円は分析全体の純便益の額に比べると十分に小さいと言える。

(2) 住宅・事業棟の熱交換器設置・更新費用

With ケース 1、2 ともに住宅・事業棟で熱交換器を設置する必要がある。また住宅の熱交換器に関しては入居から 17 年で、設置費用と同額の更新費用が発生すると仮定する。事

³⁷ 紫波 GE 担当者へのヒアリングより。

業棟の熱交換器に関しては耐用年数を 30 年と想定しているため、評価期間での更新は想定しない。なお、評価期間終了時には、住宅・事業棟の熱交換器ともに、その時点での最終価値を便益項目として計上する。

5.3.2. 運用費用

算出に際しての仮定と算出方法は、中間評価のものと同様である。しかし、中間評価ではサックコストとして計上していなかった 2013 年末までに発生した項目に関しても、今回は費用として計上する。

5.3.3. 限界超過税負担

政府の公共事業には租税収入が資金として充てられる。しかし、一般に、政府が公共政策の財源のために行う徴税は、効率性を損なう。損なわれた効率性を金額で表し、徴収額に対するその割合が、限界超過税負担である。この概念を用いて、当該事業に対する補助金支出により損なわれた効率性を、今回の費用として計上する。算出に用いた式は以下のとおりである。

$$\text{補助金支出による死荷重損失 (円)} = \text{補助金支出額 (円)} \times \text{限界超過税負担 (\%)}$$

当該事業には、初期費用 4.9 億円の半額が国からの補助金として給付されている。また、限界超過税負担の推計に関する先行研究は国内国外に関わらず多くある³⁸が、今回我々は、日本国内において最も妥当であると思われる 10%を用いる。

5.4. 結果

第 3 項、第 4 項で各評価項目の推計方法の詳細を説明した。本項では、それらの推計方法に基づいて行った算定の結果を述べる。概要は表 5-6 のとおりである。純便益は With1,2 どちらも負となっており、それに最も大きな影響を与えているのは設備費用である。With2 は生産者余剰増加などにより 4000 万円ほどの向上は見られるが、純便益を正にするにはわずかに足りないことがわかった。純便益項目のスケールがよく分かるように、棒グラフに示したのが、図 5-1 である。

³⁸限界超過税負担の推計に関する研究として、E. Browning (1976). “The Marginal Cost of Public Fund”

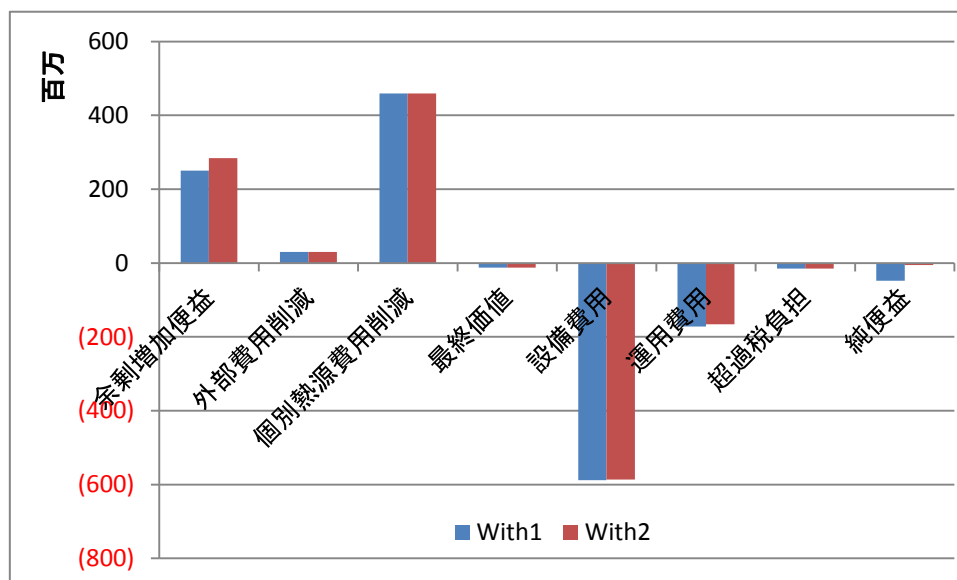
の「9%-16%」、C. Ballard, J. Shoven & J. Whalley (1985). “General Equilibrium Computations of the Marginal Welfare Costs of Taxes in the United State”の「17%-56%, (33%)」、別所・赤井・林(2003)の「-0.044%-22.9%」などがある。

表 5-6 推計結果の概要

項目		With1	With2
便益	余剰増加便益	249.8	274.2
	CO2 排出量削減	30.0	30.3
	個別熱源費用削減	459.6	459.6
	最終価値	-12.5	-12.5
費用	設備費用	588.1	586.1
	運用費用	171.6	166.1
	超過税負担	15.0	14.9
純便益	純便益	-47.8	-5.6
便益費用比		0.938	0.992

単位：百万円

図 5-1 便益・費用・純便益のスケール



5.4.1. 余剰増加便益

この事前評価での余剰増加便益の内訳は、以下の表 5-7 のようになっている。中間評価とは違い、便益が出るまでの期間が 2 年さらに遅くなるため割引の結果少し便益の額が中間評価に比べ小さくなっている。それ以外については中間評価と同様である。With2 では限界費用が減少し、合計で 3000 万円ほどの生産者余剰の向上が見られる。

表 5-7 余剰増加便益の内訳

項目		With1	With2
消費者余剰	住宅	37.2	49.1
	事業所	70.7	93.2
生産者余剰	住宅	43.8	43.8
	事業所	98.0	98.0
合計		249.8	284.2

単位：百万円

5.4.2. CO2 排出量削減便益

CO2 排出量削減便益の内訳は、以下の表 5-8 のようになっている。中間評価とこれも割引以外はほぼ同様³⁹である。With2 では ES の使用電力量が少し減少したために ES の排出 CO2 が微減している。

表 5-8 CO2 排出量削減便益の内訳

項目		With1	With2
Without 費用	住宅	2.4	2.4
	事業所	36.6	36.6
With 費用	ES	9.0	8.7
合計		30.0	30.3

単位：百万円

5.4.3. 個別熱源費用削減便益

個別熱源費用削減便益の内訳は、以下の表 5-9 のようになっている。中間評価での Without とは異なり、事前評価での Without では 2013 年の事業所建設時当初から個別熱源の整備を行うため、事業所の A・C 街区の個別熱源設備が 2043 年に二回目の更新を迎える。それにより中間評価よりも個別熱源の設置削減便益が増加している。

表 5-9 個別熱源費用削減便益の内訳

項目	With1,2 共通
住宅	68.6
事業所	390.9
合計	459.6

単位：百万円

³⁹ 中間評価ではサックコストとして計上しなかった 2014 年末時点の外部費用が事前評価では入っている。

5.4.4. 最終価値

最終価値の内訳は、以下の表 5-10 のようになっている。ここで個別熱源設備の最終価値が事業所で大きいのは、5.4.3 で述べた理由で評価期間の終了する 2044 年にまだ 1 年しか使っていない個別熱源設備が残ることになるためである。結果的に With と Without を比較した上での純最終価値が負の値になっているのは、このように Without での最終価値が大きくなるためである⁴⁰。

表 5-10 最終価値の内訳

項目			With1,2 共通	
With 便益	地域熱供給設備	全体設備	35.3	
		熱交換器	住宅	2.9
			事業所	0.3
Without 便益	個別熱源設備	住宅	4.4	
		事業所	46.6	
合計 (With 便益 - Without 便益)			-12.5	

単位：百万円

5.4.5. 設備費用

地域熱供給の設備費用の内訳は、以下の表 5-11 のようになっている。中間分析と異なり、初期整備費用が大きくかかっているために設備費用は最も大きく結果に影響を与えるものになっている。また、With2 はボイラーが少し安価なため初期費用が 200 万円ほど減少する。

表 5-11 設備費用の内訳

項目		With1	With2
初期整備費用	全体設備	475.2	473.3
熱交換器	住宅	34.1	34.1
	事業所	78.7	78.7
合計		588.1	586.1

単位：百万円

5.4.6. 運用費用

運用費用の推計額の内訳は、以下の表 5-12 のようになっている。大きな割合を占めるの

⁴⁰ 評価期間後に実際に生む便益はその費用には比例しないという点で、大きな個別熱源費用から推計したこの最終価値は過大推計の可能性が高いが、この最終価値さらに小さい値（例えば 0 など）であっても全体の純便益の正負には影響を与えないため、この値を用いることにした。

は運用人件費と電気代である。With2 は電気代が 200 万円ほど抑えられ、また点火灯油代が不要となり 0 となっているほか、運用人件費が 300 万円ほど減少している。しかし合計しても 550 万円ほどにしかならず、純便益を正にするほどの影響はない。

表 5-12 運用費用の内訳

項目	With1	With2
土地機会費用	16.4	16.4
電気代	70.1	68.5
点火灯油	0.9	0
運用人件費	84.2	81.2
合計	171.6	166.1

単位：百万円

5.4.7. 超過税負担

超過税負担は、以下の表 5-13 のようになった。With2 では設備費用が抑えられることで減少した補助金の量を反映してわずかに減っている。

表 5-13 超過税負担

項目	With1	With2
超過税負担	15.0	14.9

単位：百万円

6. 感度分析

6.1. 最善・最悪ケースに基づく感度分析

以上の計算の過程で、いくつか幅を持って見るべきデータがあるため、感度分析を行って純便益の上限と下限を計算し、結果の頑健性を確認する。

6.1.1. 変数の仮定

最悪・最善ケースの変数の仮定の概要について表 6-1 に示し、その結果概要を表 5-2 に示す。最善・最悪ケースの差は 5 億ほどとなり、外的要因や推計の仮定によって純便益推計結果は大きく変動することがわかる。とはいえ中間評価では、最悪ケースでも純便益は正となっている。事前評価では、最善ケースにおいて純便益は正となるが、その値は中間評価の基本ケースを下回るものになっている。6.1.2 以降で、各項目の仮定と感度分析の理由について詳述する。

表 6-1 感度分析の仮定概要

項No.	項目	最悪ケース	最善ケース
2.	電力価格	過去 5-10 年の最小値で一定	現在のトレンドで上昇
3.	灯油・LPG 価格	現在の価格で一定	現在のトレンドで上昇
4.	エネルギー価格弾力性	先行研究の最小値	先行研究の最大値
5.	需要量(Without)	10%減少 (基本ケースの推計が過大推計だったことを想定)	10%増加 (基本ケースの推計が過小推計だったことを想定)
6.	CO2 排出原単位	過去 9 年間の最小値で将来一定	過去 9 年間の最大値で将来一定
7.	CO2 貨幣価値原単位	先行研究の最頻値	先行研究の平均値
8.	個別熱源設置費用	10%減少	10%増加
9.	全体最終価値	配管の価値が等差的に減少	(基本ケースと同様)
10.	限界超過税負担	(基本ケースと同様)	0 と仮定
11.	人件費計算係数	人件費をそのまま同額で機会費用として計上	(基本ケースと同様)
12.	新規契約住宅数	2020 年までに 22 軒、それ以降契約住宅なし	2020 年までに全入居し、全ての住宅で契約

表 6-2 感度分析の結果概要 (純便益単位: 百万円)

項目		最悪ケース	最善ケース	基本ケース
中間評価		189.4	704.0	508.7
事前評価	With1	-342.5	198.8	-47.8
	With2	-340.5	282.0	-5.6

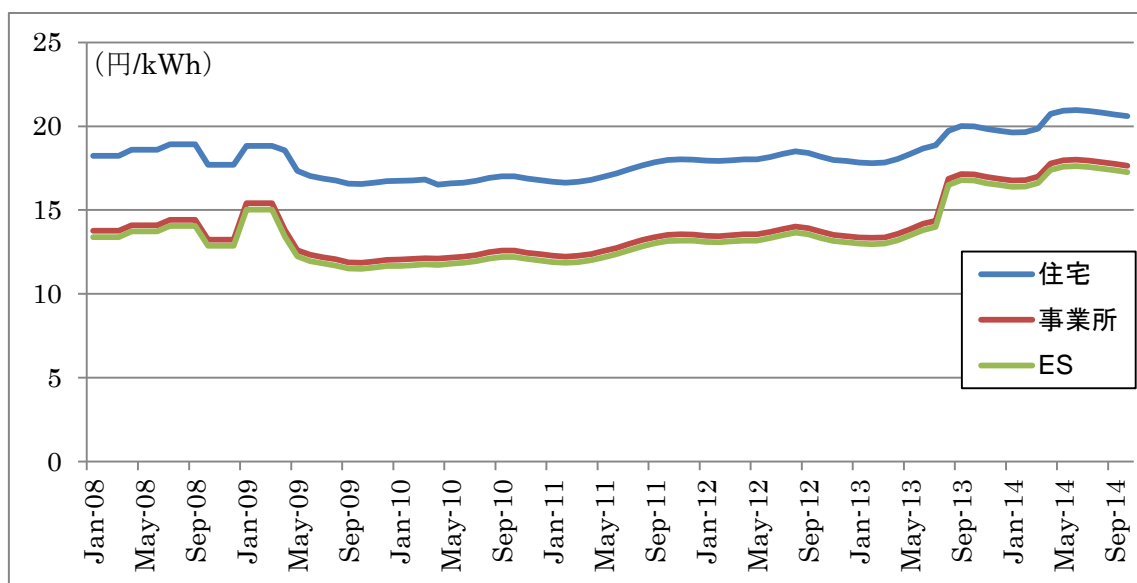
6.1.2. 電力価格

まず電力価格について、最悪ケースでは、燃料費調整単価のデータを取得できた 2008 年 1 月以降の最小値で一定であったと仮定し推計した。ここでまず東北電力の電力料金のシステムについて簡単に説明しておく。電力料金は以下の計算式による。

$$\begin{aligned} \text{実質従量料金}^{41}(\text{円/kWh}) &= \text{料金単価}(\text{円/kWh}) + \text{燃料費調整単価}(\text{円/kWh}) \\ &+ \text{再生可能エネルギー発電促進賦課金}(\text{円/kWh}) \end{aligned}$$

住宅・事業所・ES の実質従量料金は 2008 年以後以下の図 6-3 のように推移しており、住宅は 2010 年 4 月、事業所と ES⁴²は 2009 年 10 月に最低値を取っている。これは原子力発電所の停止による電気料金の引き上げが 2013 年 8 月になされる前であったことと、燃料費調整単価が低い値をとったことが理由である。

図 6-3 電気従量料金の推移



最大ケースにおいては、過去の燃料費調整単価の変動トレンドがこのまま続いたものとして計算した各年の従量料金を費用便益計算に用いた。燃料費調整単価を含まない料金単価の変動⁴³を考えないのは、その変動理由が原子力発電所の停止や消費税増税といった急なショックによるものであり、トレンドとして入れるには不適切であるためである。

計算の方法は、過去データを元に最小二乗法によって単純にトレンドを推計し、求めた

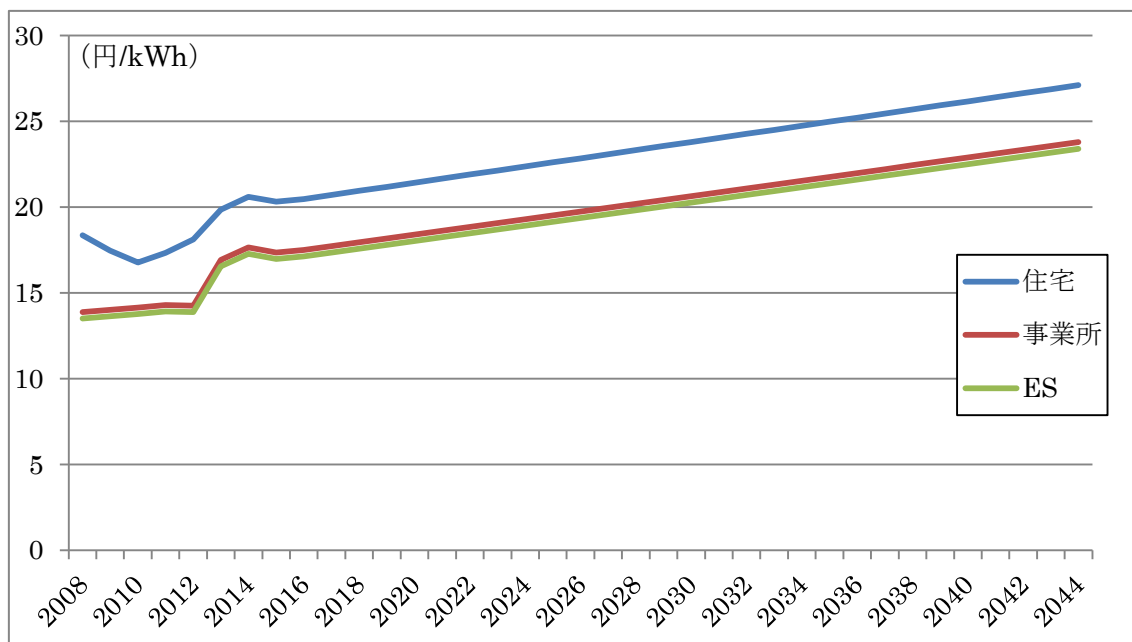
⁴¹ このような名称の料金は存在しないが、本報告書では二つの料金単価を区別するためにこのように呼ぶことにする。

⁴² ES の電気料金について安くなることは便益を正に動かすものであるが、住宅や事業所と電気料金は連動し、全体で見れば電気料金の下落ケースのほうが便益を下げるため、最悪ケースでは電気料金が下がる場合を考えている。

⁴³ 2013 年 8 月と 2014 年 4 月に 2 回だけ上昇している。

傾きを元に今後 2044 年までの各月の燃料費調整単価を推計する。それに 2014 年 12 月時点料金単価と再生可能エネルギー発電促進賦課金を加えて各月の実質従量料金を求める。費用便益計算では月データではなく年データを用いるため各月の年間平均値を該当する年の電力料金としている。計算結果として以下の図 6-4 で各年の実質従量料金の予測を示す。

図 6-4 電力料金の将来推計（最善ケース）

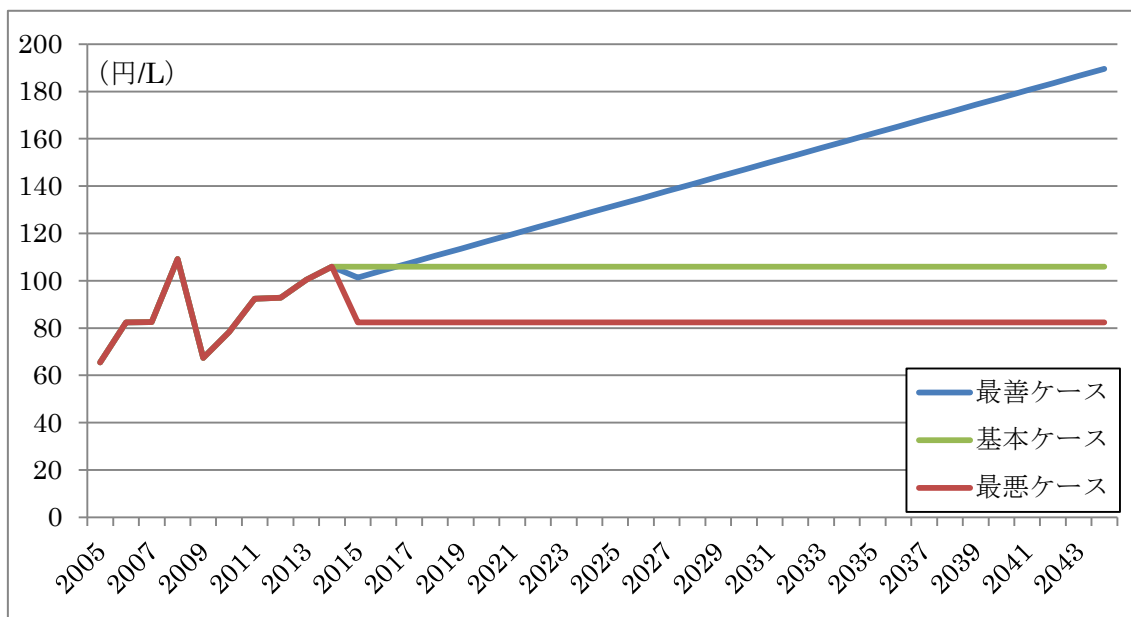


6.1.3. 灯油・LPG 価格

次に、灯油料金について説明する。灯油価格を感度分析対象とするのは、過去 10 年（2005 年～2014 年）の灯油価格年平均値は上昇トレンドにある一方で、2015 年 1 月に急激な価格の下落があり、2 月 1 日時点で岩手県の配達灯油料金が 82 円/L となったために 2014 年の平均値（105 円/L）がそのまま続くとした基本ケースは過小推計のおそれもある過大推計のおそれも両方存在するからである。

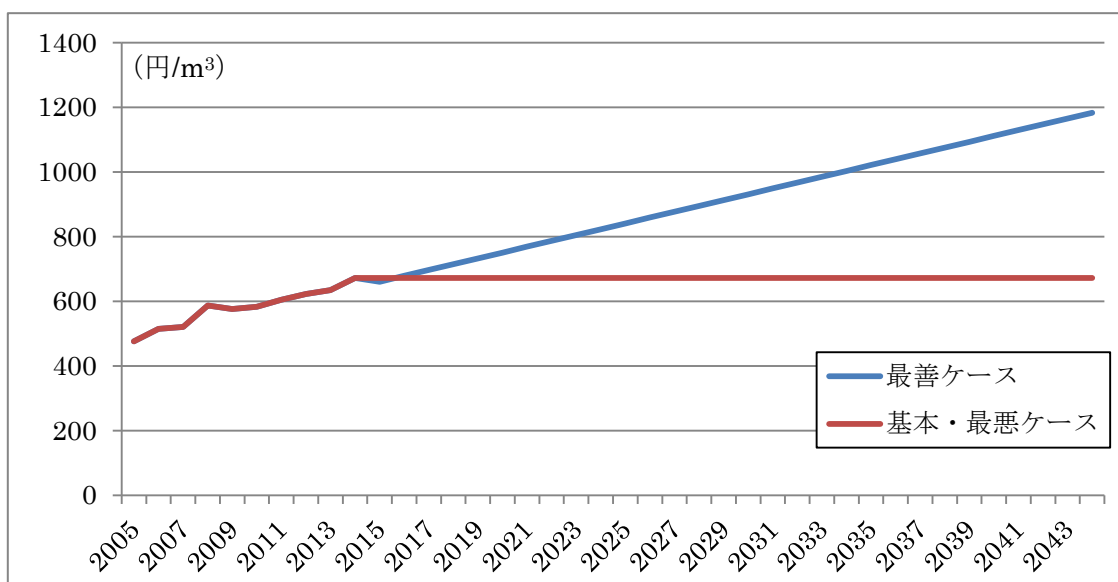
最悪ケースでは 2015 年 2 月 1 日時点の岩手県の配達灯油料金を用い、それが今後 30 年間年平均値として続いたと仮定して費用便益を推計した。これを下限とするのは、今回の原油価格の下落による価格を 30 年続く恒常的なものとするのは少々強い仮定となるからである。最大ケースにおいては、2005 年から 2014 年の 10 年間のトレンドを電力料金と同様に最小 2 乗法によって推計し、それによって価格が将来上昇すると仮定して計算した。次の図 6-5 にその価格の推計を示す。

図 6-5 灯油価格の将来推計（各ケース）



LPG 価格は、過去 10 年間で非常に一貫して上昇しており、そのままのトレンドで上昇した場合を最善ケースとし、現在の価格で一定とした基本ケースと同じものを最悪ケースの計算に用いた。その推移は以下の図 6-6 のようになっている。

図 6-6 LPG 価格の将来推計（各ケース）



6.1.4. エネルギー価格弾力性

弾力性について感度分析の対象とするのは、住宅の暖房用エネルギー使用量に関する弾力性（電気・灯油・LPG）と、事業棟の暖房・給湯エネルギーに関する弾力性（電気・LPG）である。

住宅についての感度分析の理由は、基本ケースで使用した弾力性（暖房に限定した推計値）がその他の先行研究の弾力性（暖房に限定しない推計値）から大きく外れた値であった事による。住宅の給湯に関する弾力性は、基本ケースで使用した弾力性のデータ（給湯に限定した推計値）がその他の先行研究の弾力性（暖房に限定しない推計値）と大きく変わらなかったため、感度分析の対象としない。

事業棟については、本事業での需要者の営業内容（役所や保育園・宿泊所）と用途（冷暖房・給湯）に合致する弾力性の先行研究が存在しなかったため、電力は基本ケースで用途に絞らない民生業務弾力性について先行研究の平均値を取った。しかしその先行研究の弾力性の推計値はかなり幅があったので感度分析が必要である。LPG は給湯用の民生業務弾力性が必要だが先行研究が存在せず、基本ケースで業務内容とヒアリングを元に給湯用弾力性を0と仮定したために感度分析が必要である。

以下の表 6-7 に感度分析で考慮した全ての弾力性について、先行研究の推計値を示す。

表 6-7 感度分析に係る各弾力性の先行研究の集計

項目		弾力性	出典
電力	家庭	-1.368~-0.219	園田、佐和、永田(1999)
		-0.121	戒能(2002)
		-0.257~-0.073	沈(2003)
	家庭暖房用	-1.368	園田、佐和、永田(1999)
	業務	-0.17	奥島、後藤(2001)
		-0.148	戒能(2002)
		-0.943~-0.268	園田、佐和、永田(1999)
全体東北地方	-0.32551~-0.24545	秋山・細江 (2008)	
灯油	家庭	-0.097	戒能(2002)
		-0.105~-0.08	沈(2003)
	家庭暖房用	-2.951	園田、佐和、永田(1999)
都市ガス	家庭	-0.141	戒能(2002)
		-0.501~-0.007	沈(2003)
	家庭暖房用	-1.728	園田、佐和、永田(1999)
	業務	-0.301	戒能(2002)
LPG	LPG	-0.715~-0.372	沈(2003)
	暖房用 LPG	-0.166	園田、佐和、永田(1999)

住宅の暖房については、基本ケースで表の太字のデータを使用しているが、最悪ケースでは該当するエネルギー源の用途に絞らない他の弾力性の最小値⁴⁴、最善ケースで先行研究の最大値を取る。事業棟に関しては、役所・保育園・ホテルといった事業内容を踏まえると全く価格弾力的にならないケース（必要な需要量を価格にかかわらず既に需要しており、価格が下がっても需要を増やさない場合）も十分想定できる⁴⁵ので、最悪ケースで暖房・給湯共に 0 として計算に用いた。

表 6-8 使用する弾性値とその出典

項目		最悪ケース	最善ケース
住宅暖房	暖房用電力	-0.073 沈(2003)	-1.368 園田(1999)
	暖房用灯油	-0.08 沈(2003)	-2.951 園田(1999)
	暖房用 LPG	-0.007 沈(2003)	-0.715 沈(2003)
事業棟	冷暖房用電力	0	-0.943 園田(1999)
	給湯用 LPG	0	-0.301 戒能(2002)

6.1.5. 熱需要(Without)

Without の熱需要量は、つまり With で価格が下落し、先ほど議論した弾力性を通じて With の需要量へ変化する前の需要である。この需要量は基本ケースで紫波 GE 推計の値を使用した⁴⁴が、当然のことながら価格以外の理由によっても熱需要量は変化する。具体的には天候や所得、景気などが挙げられる。基本ケースではこれらの変動を平均化して考慮した値が紫波 GE の推計値となるとの仮定をおいているが、この仮定を緩め、紫波 GE の推計値が真の平均値に対し過大推計だった場合と過小推計であった場合をここで考える。最悪ケースでは、過大推計となっていると仮定し、基本ケースから 10%減少させた値を用いる。反対に最善ケースでは過小推計を仮定し、基本ケースから 10%増加させた値を用いる。10%の根拠としては、熱需要量の過去の変動⁴⁶がおおよそ平均値から 10%ほどであったこと

⁴⁴ 価格弾力性は常に負であり、ここでは絶対値において大小を表現することにする。絶対値が大きいほど、需要量が今回の熱エネルギー価格下落によって弾力的に反応し増加するために消費者余剰が大きくなる。

⁴⁵ 実際事業者へのヒアリングでも、暖房の温度を変えることはないとのコメントも得た。

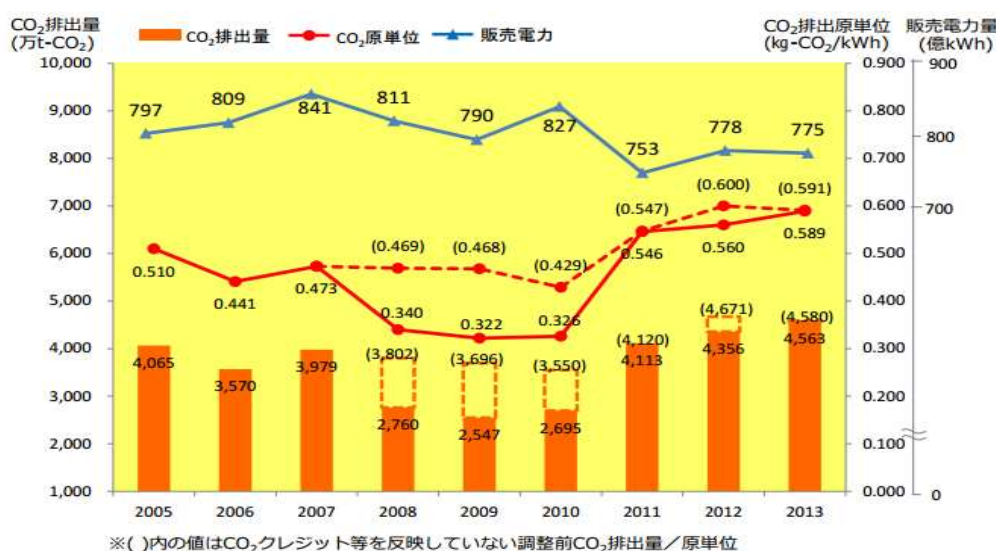
⁴⁶ 住環境計画研究所(2009)『家庭用エネルギーハンドブック』による

による。この感度分析では、住宅と事業棟両者について暖房・給湯両方を変化させた。

6.1.6. CO₂ 排出原単位

CO₂ 排出原単位について感度分析の対象とするのは、電力のみである。それは、灯油やLPGの排出原単位はほとんど変わることはないからである。電力については東北電力の発電方法の比率によって変動するため、感度分析の対象とする。最悪ケースでは2005年から2013年の最小値を用い、最善ケースでは最大値を用いる。過去の東北電力のCO₂原単位は図5-9のようになっている。この中で最小値は0.322kg-CO₂/kWh（クレジット反映後）であり、最大値は0.600 kg-CO₂/kWh（クレジット反映前）である。

図 6-9 東北電力の CO₂ 排出原単位



(東北電力ホームページより)

6.1.7. CO₂ 貨幣価値原単位

CO₂ 排出社会的費用については、多数の先行研究がある。本研究では、それらをまとめた国土交通省資料「CO₂の貨幣価値原単位について」を用いる。資料では先行研究として Tol,R.S.J.(2005): The Marginal Damage Costs of Carbon Dioxide Emissions: An Assessment of the Uncertainties, Energy Policy, Vol.33, pp.2064-2074.が紹介され、そこで過去研究の中の最頻値・中央値・平均値に加えて、研究者のレビューのある文献内の平均値が集計されている。基本ケースでは、「研究者のレビュー有り」の平均値(5,031 円/t-C)を用いたが、感度分析での最悪ケースでは最頻値(234 円/t-C)を用い、最善ケースでは全体の平均値(10,881 円/t-C)を用いる⁴⁷。

⁴⁷ ここで用いた国土交通省資料では諸外国の交通関連事業評価で用いる貨幣価値原単位推計の中央値として 36,000 円/t-C を用いることも選択肢として提示しているが、これを用い

6.1.8. 個別熱源設備費用（事業棟）

事業棟の個別熱源設備費用に関しては、日本建築積算協会資料「設備工事概算手法（事務所ビル編）」を用いたが、これは日本全体をふまえた推計値であり、岩手県紫波町という地域特性や今回の事業棟の設計⁴⁸によって変動することが推察されるため幅を持って見る必要がある。今回の事業棟は始めから地域熱供給ありきで建設が進められたため、特に中間評価の Without において事後的に個別熱源設備を整備する場合はこの推計と同様に考えられるとは限らないので感度分析が必要である。幅については、Without の熱需要量と同様の考え方で 10%の幅を持たせる。最悪ケースが基本ケースから 10%減少させた値、最善ケースが 10%増加させた値である。

6.1.9. 全体最終価値

全体最終価値で感度分析対象とするのは、配管の評価である。基本ケースでは配管の最終価値を整備費用からそのままの値を引用したが、減耗をなしと仮定しているのでこの値は過大推計のおそれがある。よって、感度分析により、最悪ケースにおいては配管についても建屋などその他の設備と同様に会計的な資本減耗の考え方を適用し、耐用年数(50 年)のうち 30 年使用したことから配管整備費用の 30/50 を配管整備費用から引いた値を最終価値として計上する。なお、最善ケースでは基本ケースと同様な場合を考える。

6.1.10. 限界超過税負担

限界超過税負担は、最悪ケースでは 20%とし、最善ケースではこれを 0%と考える。それは、先行研究（別所、赤井、林(2003)）においても 0%～20%というように幅を持って推計されているからである。

6.1.11. 人件費計算係数

人件費については、失業が存在する場合に名目の賃金をそのまま費用として計上することは経済学の考え方としての機会費用の計算には過大推計になる可能性が知られており、基本ケースでは名目の賃金に 0.5 を乗じた。しかし、一方で名目の賃金は機会費用の上限値としても扱うことができる。よって、最悪ケースでは人件費の上限値として 0.5 を乗じない賃金の名目値を用いた。最善ケースでは、基本ケースと同じ値を用いる。

た場合推計の幅が非常に大きくなるため今回はこれをこの最善ケースの推計では用いず、後に言及することにする。

⁴⁸ A 街区事業棟は非常に特徴的な構造になっており、平成 25 年度木造建築技術先導事業(国土交通省募集)に採択されている（採択事例 27）。<http://www.sendo-shien.jp/26> 参照。

6.1.12. 新規契約住宅数

新規契約の住宅数は、将来推計となっており、基本ケースでは便宜上 2020 年までに 57 軒中 45 軒と仮定したもののこれはヒアリングに基づく見込み値であり、それを保証する明確な客観的データが存在しない。よって感度分析の対象とする。最悪ケースでは 45 戸のほぼ半分の 22 軒が 2020 年までに新規契約すると仮定し、最善ケースでは残り 54 軒分の住宅用地のうち全てが 2020 年までに入居し熱供給の新規契約を行うと仮定した。

6.2. モンテカルロ感度分析

これまでの仮定のもとで、様々な変数の上限値と下限値を設けて純便益の下限と上限を求めたが、数多くの変数において全て純便益を下げる変数を選んで最悪ケースと最善ケースを計算したため、最悪ケースと最善ケースの差が非常に大きく出てしまっている。この最悪ケースと最善ケースは実際にはほとんど起こりにくい状況であると考えられ、推計値の信頼性が高くないため、モンテカルロ感度分析を行う。手法は、これまで言及した変数についてそれぞれで分布を仮定し、そのもとで算出した変数を使って一定回数計算を試行した後にその純便益の分布を求める。以下の表 6-10 に各変数に仮定した分布を示す。

表 6-10 モンテカルロ感度分析での分布の仮定

項目	分布
灯油価格・熱需要量(Without)	正規分布
それ以外	一様分布

灯油価格は過去のデータから正規分布に近いと考えたため正規分布と仮定した。熱需要量についても、主に変動させる暖房度日など気候的要因が正規分布に近いと考えられるため正規分布とした。ここでは気候要因は住宅・事業所の暖房・給湯全てに比較的同時に影響を与えると考えられるため、モンテカルロ感度分析の各試行においてそれらが同時に動くように設計している。また、上限値と下限値が 99%の信頼区間となるように正規分布はコントロールしている。

それ以外の変数については、全て上限値と下限値の間で一様分布を仮定した。これは過去のデータが一様分布に近かったことや、他に特定の分布を仮定する理由が存在しなかったためである。

また、エネルギー価格の変化については単純化のため上限値を今後 30 年間のトレンド推計平均値が毎年一定であった場合を上限値とする⁴⁹。

試行は各評価について 200 回行い、純便益の分布を推計した。これを下の図 6-11 のヒストグラムに示す。各評価の詳細のヒストグラムは付録に載せる。それに加えて、各評価

⁴⁹ なお、この上限値の元での純便益は本研究の最善ケースの純便益と大きく変わらない。

とケースについて純便益が正になった試行の割合を表 6-12 に示す。

図 6-11 モンテカルロ感度分析ヒストグラム

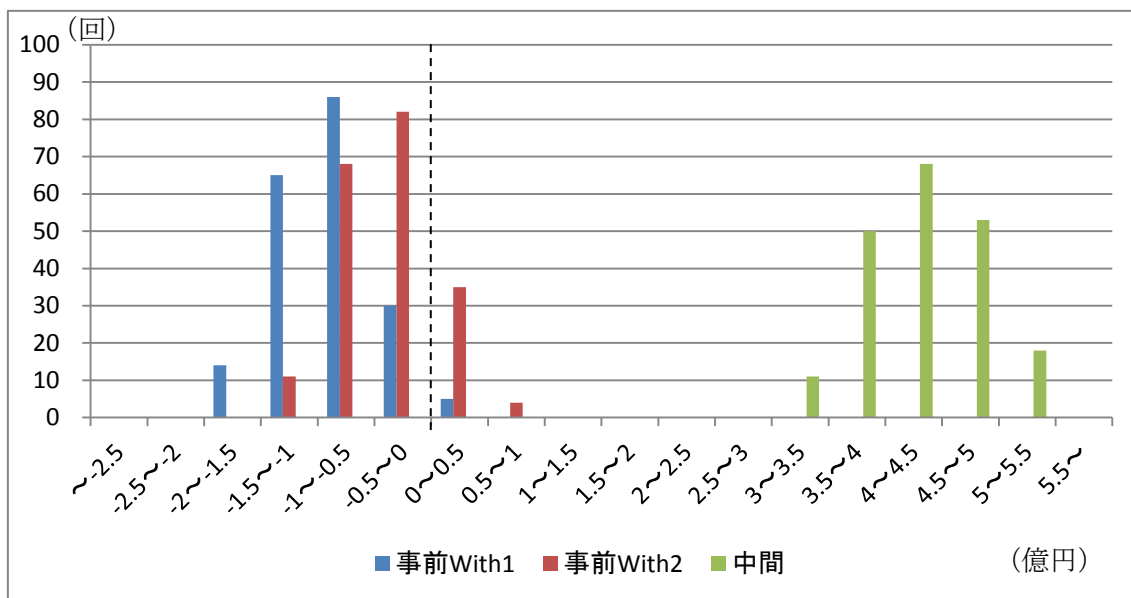


表 6-12 モンテカルロ感度分析で純便益が正になる割合

項目		割合
中間評価		100%
事前評価	With1	2.5%
	With2	19.5%

以上の結果により、中間評価はほぼ確実に純便益が正であると判断できることがわかった。事前評価 With1 については最大ケースで正の純便益をもたらすものの、正となる可能性は非常に低い事がわかる。モンテカルロ感度分析で 95%を信頼区間とすると、With1 の正の純便益は信頼区間に入らない。事前評価 With2 では 200 回の試行のうち便益が正となったものが 39 回あり、同様の考え方で 95%信頼区間の中に正の純便益が入るため、一定程度正の純便益となる可能性も否定できないことが分かった。とはいえ、基本ケースで負の純便益となっているため事前時点で With2 を採用すべきとの結論を出すことはできない。同様の事業の開始では慎重な判断が求められる。

6.3. 純便益が正になる条件について

ここまでの分析において、事前評価での最大ケースでは正の純便益をもたらすことがわかった。ここでは、以上の感度分析の結果全体をふまえて、事前評価においてどのような条件でこの事業の純便益が基本ケースで正となるのかについて検討する。下の図 6-13 において、各項目の基本ケースと最善ケースの比較(With1のみ)を行い、表 6-14 においてその数値の差を示した。最大ケースが純便益で正となる最も大きな要因は、余剰の増加であることがここから明確にわかる。次に影響を与えているのは、CO2 排出量削減便益である。

図 6-13 最善ケースと基本ケースの各項目比較

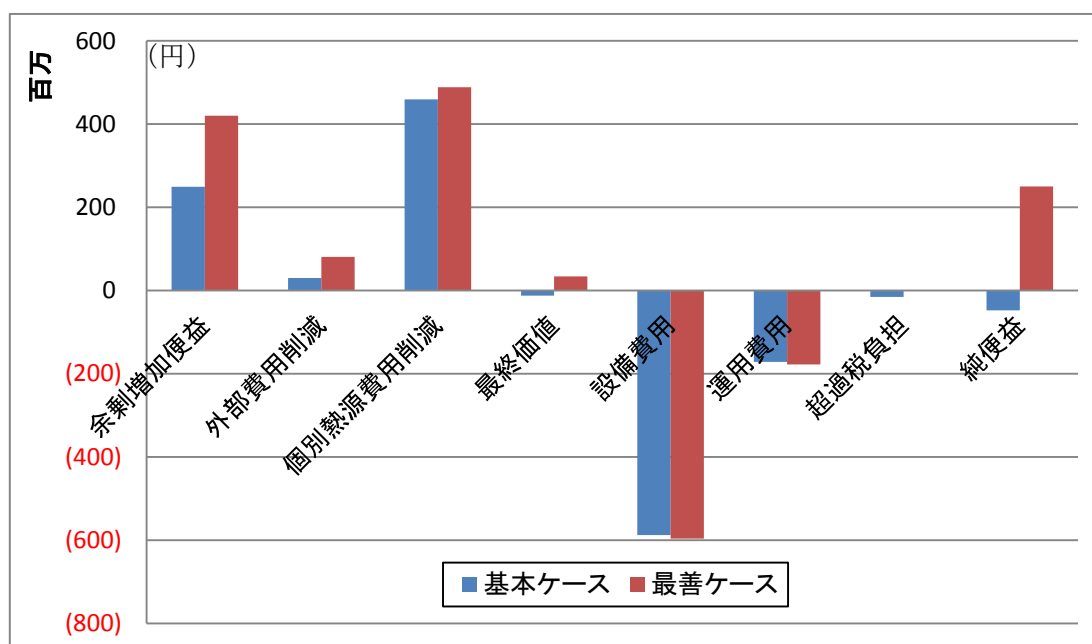


表 6-14 最善ケースと基本ケースの差分

項目		差分 (最善-基本)	基本ケース	最善ケース
便益	余剰増加便益	176.8	249.8	420.1
	CO2 排出量削減	50.6	30.0	80.6
	個別熱源費用削減	29.1	459.6	488.7
	最終価値	46.6	-12.5	34.1
費用 ⁵⁰	設備費用	8.1	588.1	596.2
	運用費用	5.7	171.6	177.3
	限界超過税負担	-24.5	15.0	0
純便益	純便益	313.8	-47.8	250.0

(単位：百万円)

⁵⁰ 最善ケースでは住宅契約数などが増えているため、費用もわずかに上昇する。

感度分析で幅を持たせた変数の中で余剰の増加について影響を与えたものは、エネルギー価格と Without の熱需要量である。弾力性については、計算の結果その他 2 つに比べて単独での影響は小さかった。この二つの数値がまず結果に大きく影響を与えていることがここからいうことができる。

次に基本ケースと最善ケースでの幅が大きいのが、CO₂ 排出量削減便益である。これは主に CO₂ 貨幣価値原単位の変動によるものである。さらに、先に脚注で述べたように、CO₂ 貨幣価値原単位についてはさらに大きな値 (36,000 円/t-C) も選択肢として存在する。これをもし代入した場合、他の数値が全て基本ケースと同様でも外部性削減便益は約 1.8 億円も上昇し、それだけで純便益は正(1.4 億円)となる⁵¹。このように、CO₂ 貨幣価値原単位の幅は大きく結果に影響する事がわかる。

他に基本ケースと最善ケースでの幅が大きいのは最終価値や個別熱源費用もあるが、その差分は基本ケースの純便益の負の大きさ以上のものではない。

以上をまとめれば、エネルギー価格や熱需要、そして CO₂ 貨幣価値原単位が外的な要因として純便益を変動させる。これらの外的変化がないのであれば、その他に改善されうる項目は技術の成長による初期費用の下落であるだろう。このような要因の改善なしに、同様の事業の事前評価における純便益は正とはならない。

⁵¹ 一つの変数だけ変化させて基本ケースの純便益が正になるのはこの場合のみである。

7. 結論

まず、2014 年末時点でこの事業について言えることは、事業を続けるべきであるということである。これは、中間評価であったように事業をやめた場合に発生する費用が非常に大きく推計されるためである。

次に、この事業全体を 2012 年時点で開始すべきであったかどうかについては、かなり疑問が残る。今後同様の事業を始める際には、慎重な判断が必要である。同様の事業の実施が正当化される条件は、以下の四点である。

- ・ エネルギー価格の高騰
- ・ 熱需要の増加（価格以外の要因）
- ・ CO2 排出費用の高騰
- ・ 初期費用の削減

今後同様の事業を検討する際は、今回の紫波町の事例と比較して以上の四点を満たしているかどうかの確認を検討の際に実施すべきである。

また、補助金については超過税負担が発生するだけでなく、純便益が負のプロジェクトを推進させてしまうので、出すべきではない。純便益が正のプロジェクトであり、この補助金がもたらす再分配の価値が超過税負担の 150 万円を上回る場合にのみ、補助金は正当化される。

最後に、With1 と With2 の比較から With2 が純便益を高めることがわかった。今後同様の事業を検討する際は、今回の紫波町の事例と比較して以上の四点を満たしているかどうかの確認を実施すべきである。

8. 今後の研究課題

8.1. 林業への補助金の影響について

本分析ではチップの経済的費用について紫波 GE が紫波農林公社から購入する価格を用いたが、実際にはこれが適切ではない可能性が残されている。それは、チップの原料となる丸太の生産段階において補助金や自治体の介入が存在し、完全に競争的市場とはいえないからである。具体的には、育苗支援や再造林補助、間伐補助や林道整備などが存在し、生産コストが抑えられている。また、個人の山主が紫波 GE へ丸太を販売する際は、販売価格 5,000 円 /t のうち 1,000 円を紫波農林公社が、残りの 4,000 円を町がそれぞれ負担している。こういった補助金がなければ丸太生産コストは上昇し、チップ価格も現状より高くなるために生産者余剰の減少を通して純便益の減少につながると考えられる。今回の分析では林業段階での補助金の歪みの影響や、チップの経済的費用を正確に推計することがデータ収集等の観点から困難であった。またチップの調達に関わる問題は今回行った評価項目の中で個別熱源の削減便益や設備費用など結果に大きく影響を与えた数値との関係が薄いため純便益計算への影響は比較的小さいと判断し、推計を行わなかった。しかし、より精確な分析を行うのであれば、素材生産段階での補助金による影響を考慮した純便益の推計を行うことが望まれる。

8.2. 外部性の推計について

本分析による外部性は、輸送工程の詳細な調査およびモデル化できなかったための便宜的な措置として燃焼段階の CO₂ 排出量削減による影響によるもののみとしている。しかし、ライフサイクルの本来の意味に即せば熱源の製造段階から輸送、使用段階までを総合的に捉えて環境負荷を定量評価すべきである。加えて、木質バイオマスはカーボンニュートラルではあるが、燃焼時にメタンを発生するため温室効果ガスを排出してしまう。本分析ではボイラーの性能を詳細に調査できなかったため計上できなかったが、より精確な分析のために、CO₂ 以外の温室効果ガスについても検討すべきである。

謝辞

本稿の執筆にあたって、多くの方にご指導いただいた。

本講義の指導教員である岩本康志教授、鎌江伊三夫教授、学外非常勤教員の北野泰樹氏、岸本充生氏の皆様には、テーマ選択から中間・最終発表、論文作成に至るまでご指導頂いた。ここに感謝の意を表したい。

紫波グリーンエネルギー株式会社、岩手県紫波町産業部環境科循環政策室ならびに社団法人紫波町農林公社の方々には、ご多忙のなか分析に必要な資料を提供していただいた。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

なお、本研究における分析結果および主張は全て筆者たち個人の見解であり、所属する機関としての見解を示すものではない。また、本稿にあり得る誤りは全て筆者たちに帰するものである。

参考文献・算出方法⁵²

		数値	単位	出典・算出方法
単位発熱量	灯油	36.49	MJ/L	資源エネルギー庁「エネルギー源別標準発熱量一覧表」
	LPG	50.8	MJ/kg	資源エネルギー庁「エネルギー源別標準発熱量一覧表」
	チップ	1310 0	MJ/t	紫波 GE ヒアリング、森のエネルギー研究所「木質バイオマスボイラー 導入指針」より
単位変換	MJ/kW 変換	3.6	MJ/kW h	参考：W=J/s、h=3,600s (1 時間は 3,600 秒)、1 メガ=1,000 キロ
	LPG 比 重	0.469	m ³ /kg	岩手県における基準産気率 http://www.shinto.co.jp/inst.pdf

⁵² ここでは基本ケースに用いた変数のみ掲載している。感度分析に使用した変数の値は該当箇所を参照。

				数値	単位	出典・算出方法
機 器 性 能	バ イ オ マ ス ボ イ ラ ー	必 要 人 数	With1	0.62	人 / 時 間	紫波 GE ヒアリングより
			With2	0.6	人 / 時 間	With1 ケースより 2 週に 1 度のメンテナンス時間削減
		労 働 時 間	With1	8,760	時 間 / 年	1 年間
			With2	8,760	時 間 / 年	1 年間
		稼 働 時 間	With1	8150	時 間 / 年	4 半期メンテナンス、2 週に 1 度のメンテナンス時以外稼働
			With2	8640	時 間 / 年	半期メンテナンス時以外稼働
		定 期 メ ン テ ナ ン ス 費 用	With1	150,000	円/年	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
			With2	75,000	円/年	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、紫波 GE ヒアリングより
		ボ イ ラ ー 効 率	With1	0.85	-	メーカーサイト http://www.oyamada-eng.co.jp/ecomos/index02.html
			With2	0.8	-	メーカーサイト http://www.tomoe-techno.co.jp/under2/catalogue1.html
		電 力 出 力	With1	9	kW	メーカーサイト http://www.oyamada-eng.co.jp/ecomos/index02.html
			With2	7.9	kW	メーカーサイト http://www.tomoe-techno.co.jp/under2/catalogue1.html
		灯 油 点 火 時 間	With1	1	時 間 / 回	メーカーサイト http://www.oyamada-eng.co.jp/ecomos/index02.html
			With2	0	時 間 / 年	メーカーサイト http://www.tomoe-techno.co.jp/under2/catalogue1.html より灯油不使用
	灯油使用量			20	L	メーカーサイト http://www.oyamada-eng.co.jp/ecomos/index02.html
	点火回数			26	回	2 週に 1 度のメンテナンスおよび定期メンテナンス時
灰分量			0.022	t	樹種は紫波 GE ヒアリングよりアカマツ、灰分率は「元素組成と化学成分から見た針葉樹樹皮チップ発熱量の特徴およびボイラー燃料としての発熱量変動範	

					囲,2011,Mokuzai Gakkaishi 57(2), 101-109, 2011」
	重量比率	0.7	—		紫波 GE ヒアリングより、チップ水分率は 30%
ガス ボイ ラー	稼働時間	With1	610	時間 / 年	紫波 GE ヒアリングより (定期メンテナンス 120 時間×年 4 回+灰処理時運転 5 時間×年 26 回)
		With2	120	時間 / 年	紫波 GE ヒアリングより (定期メンテナンス 120 時間×年 4 回)
	ボイラー効率		0.88	-	メーカーサイト http://ene.osakagas.co.jp/product/hotwater/1178607_2581.html
	電力出力		0.8	kW	メーカーサイト http://ene.osakagas.co.jp/product/hotwater/1178607_2581.html
吸 収 式 冷 凍 機	電力出力		7.5	kW	メーカーサイト http://www.ers.ebara.com/after/support/support-post-2.html
	稼働時間		2928	時間	ヒアリングより (夏期 6 月～9 月)
そ の 他	電力出力		10	kW	紫波 GE ヒアリングより
	稼働時間		8760	時間	1 年間

			数値	単位	出典・算出方法
設備	熱生産設備・ES 熱交換器・熱量 計等	耐用年 数	30	年	紫波 GE ヒアリングより
		費用	2.95	億円	紫波 GE ヒアリングより
	配管	耐用年 数	50	年	紫波グリーンエネルギー株式会社「紫波 中央駅前エネルギーステーション事業概 要紹介資料」
		費用	3.5	万円 /m	紫波 GE ヒアリングより
		総延長	3000	m	紫波グリーンエネルギー株式会社「紫波 中央駅前エネルギーステーション事業概 要紹介資料」
	建屋	耐用年 数	38	年	国税庁「耐用年数表「主な減価償却資産 の耐用年数（建物・建物附属設備）」
		費用	0.9	億円	紫波 GE ヒアリングより
	熱輸送効率			0.85	-

			数値	単位	出典・算出方法	
エネルギー 一 価 格	住宅	電気従量料金	20.57	円/kWh	2015年1月東北電力電気料金	
	事業所		18.0867	円/kWh	2015年1月東北電力電気料金：高圧受電、業務用電力を想定(夏季とその他での料金の違いを月の需要量変化で加重平均)	
	ES		17.551	円/kWh	2015年1月東北電力電気料金：工場用、高圧電力S(夏季とその他での料金の違いを月の需要量変化で加重平均)	
	ES	電気基本料金	出力	64	kW	紫波GEヒアリングより
			価格	1,296	円/kW	2015年1月東北電力電気料金：工場用、高圧電力S
		灯油		105.95	円/L	経済産業省資源エネルギー庁「石油製品価格調査 民生用灯油(給油所以外)」における岩手県・配達価格の2014年平均を用いた。
		LPG		672	円/m ³	一般財団法人日本エネルギー経済研究所 石油情報センター「液化石油(LP)ガス 速報：毎月調査」における東北地方の値を用いた。
		チップ価格		8,000	円/t	紫波GE、紫波農林公社ヒアリングより
灰処理価格			10,000	円/t	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	
人件費時給			1837.82	円/時間	厚生労働省「平成25年賃金構造基本統計調査」岩手県 電気・ガス・熱供給・水道業より、所定内給与額/所定内実労働時間数を計算	

熱 価 格 (CIF)	住宅		2.52	円	「紫波町エネルギーステーション料金プラン」	
	事業所		2.52	円	ヒアリング等により仮定	
エ ネ ル ギ ー 価 格 弾 力 性	住宅	暖房	電気	-1.368	-	園田勝臣、佐和隆光、永田豊（1999） 「エネルギー価格低迷を考慮した価格 弾性値の計測」『第 18 回エネルギーシ ステム・経済・環境コンファレンス講 演論文集』
			灯油	-2.951	-	
			LPG	-0.166	-	
		給湯	電気	-0.306	-	
			灯油	-0.453	-	
			LPG	-0.166	-	
	全 事 業 所	暖房	電気	-0.33828	-	奥島、後藤(2001)、戒能(2002)、園田、 佐和、永田(1999)の民生業務用電力の平 均値
給湯		LPG	0	-	ヒアリングと業務内容をふまえた上で 仮定	
需 要 量 (Without)	住宅	暖房		24,155	MJ/ 年	紫波 GE 試算
		給湯		14,400	MJ/ 年	紫波 GE 試算
	事 業 街 区 A	冷暖房		947,641	MJ/ 年	紫波 GE 試算
		給湯		673,804	MJ/ 年	紫波 GE 試算
	事 業 街 区 C	冷暖房		1,306,246	MJ/ 年	紫波 GE 試算
	事 業 街 区 D	冷暖房		693,115	MJ/ 年	紫波 GE 試算
	暖 房 熱 効 率	住宅	暖房	電気	1.41	-
灯油				0.9	-	第 3 回茨木市地球温暖化対策推進委員 会参考資料①

			LPG	0.9	-	第3回茨木市地球温暖化対策推進委員会参考資料①
		給湯	電気	1	-	NEDO平成20年度高効率エネルギーシステム(定型)より推計
			灯油	0.9	-	NEDO平成20年度高効率エネルギーシステム(定型)
			LPG	0.9	-	NEDO平成20年度高効率エネルギーシステム(定型)
	事業所	暖房	電気	1.41	-	第3回茨木市地球温暖化対策推進委員会参考資料①、独立行政法人建築研究所「2014年2月集合住宅の住まい方・設備保有状況に関する基礎調査」より機器使用割合とCOPで加重平均
		給湯	LPG	0.9	-	第3回茨木市地球温暖化対策推進委員会参考資料①
Without 熱エネルギー 源分担率	住宅	暖房	電気	0.0833	-	住環境計画研究所(2003)『家庭用エネルギー統計年報』より、東北地方の暖房/給湯の各エネルギー分担率を計算
			灯油	0.8403	-	
			LPG	0.0765	-	
		給湯	電気	0.0672	-	
			灯油	0.4196	-	
			LPG	0.5132	-	
	事業所	暖房	電気	1	-	ヒアリングにより便宜的に仮定
			灯油	0	-	
			LPG	0	-	
		給湯	電気	0	-	
			灯油	0	-	
			LPG	1	-	

		数値	単位	出典・算出方法	
CO2 排出原単位	電気	0.15278	kg/kW	東北電力ウェブサイトより、2005 年以降の平均値	
	灯油	0.0185	t/GJ	環境省「サプライチェーンにおける温室効果ガス排出量算定方法検討会参考資料 2」	
	LPG	0.0161	kg/m3	環境省「サプライチェーンにおける温室効果ガス排出量算定方法検討会参考資料 2」	
	チップ	0	kg/t	燃焼時の排出のみを計上	
CO2 排出社会的費用		-5.031	円/MJ	Tol,R.S.J.(2005): The Marginal Damage Costs of Carbon Dioxide Emissions:An Assessment of the Uncertainties, Energy Policy, Vol.33, pp.2064-2074	
熱交換器	住宅	設置費用	613,440	円	紫波グリーンエネルギー株式会社「紫波町エネルギーステーション料金プラン」
		耐用年数	17	年	紫波グリーンエネルギー株式会社「紫波町エネルギーステーション料金プラン」
	事業所	設置費用	5,400	万円	信州しおじり木質バイオマス推進協議会第 4 回熱利用部会
		耐用年数	15	年	信州しおじり木質バイオマス推進協議会第 4 回熱利用部会
補助金額		2.45	億円	環境省「地域の再生可能エネルギー等を活用した自立分散型地域づくりモデル事業」、一般社団法人低炭素社会創出促進協会「再生可能エネルギーなどを活用した自立分散型地域づくりモデル事業」	
限界超過税負担		0.1	-	別所俊一郎, 赤井伸郎, 林 正義. 2003. 「公的資金の限界費用」 『日本経済研究』 47, 1-19, 2003	
ES 土地賃料		932,400	円/年	平成 25 年度紫波町一般会計における主要事務事業の成果に関わる調書	

			数値		単位	出典・算出方法
工 事 年	住宅		随時			ヒアリングを元に筆者が推定
	事業街区 A		2014		年	紫波町ウェブサイトより
	事業街区 C		2014		年	
	事業街区 D		2014		年	
	ES	建屋・設備	2014		年	平成 25 年度特定地域再生事業費補助金事業の概要書（官邸 HP より）
配管		2013		年		
完 成 年	住宅		随時			ヒアリングを元に筆者が推定
	事業街区 A		2014		年	紫波町ウェブサイトより
	事業街区 C		2015		年	
	事業街区 D		2015		年	
	ES		2014		年	平成 25 年度特定地域再生事業費補助金事業の概要書（官邸 HP より）
個 別 熱 源	住宅	設置費用	967,659		円	紫波グリーンエネルギー株式会社「紫波町エネルギーステーション料金プラン」
		耐用年数	15		年	紫波グリーンエネルギー株式会社「紫波町エネルギーステーション料金プラン」
	事業所	空調設備費	16,100		円/m2	公益社団法人日本建築積算協会「設備工事概算手法」
		給湯設備費	1,500		円/m2	公益社団法人日本建築積算協会「設備工事概算手法」
		事業街区 A	延床面積	4,267.28	m2	平成 25 年度紫波町一般会計における主要事務事業の成果に関わる調書
		事業街区 C	延床面積	6650.43	m2	平成 25 年 11 月紫波町新庁舎整備事業実施設計書
		事業街区 D	延床面積	3,121.13	m2	紫波中央駅前町有地活用事業（その 2）実施方針より紫波 GE の熱需要予測を考慮して推計
		耐用年数	15		年	紫波グリーンエネルギー株式会社「紫波町エネルギーステーション料金プラン」
最 終 価 値	ES	建屋解体費用	50,000		円/坪	処分業者のウェブサイト (http://kaitaisougou.com/tanka.html) 150 坪の値