

平成27年度
災害環境研究成果報告書

第4編

環境創生研究

平成28年10月

国立研究開発法人国立環境研究所

第4編 環境創生研究

1. 環境創生の地域情報システムの開発.....	1
1.1 地域 ICT システムの構築.....	1
1.1.1 家庭	1
1.1.2 産業	7
1.2 地理情報システムを活用した復興まちづくり支援システム.....	9
1.2.1 はじめに.....	9
1.2.2 モデル構築.....	9
1.2.3 調査地域の概要.....	11
1.2.4 結果と考察.....	13
2. 環境創生の地域シナリオ分析モデルの開発.....	15
2.1 地域エネルギーシステムを評価するモデルの開発と復興事業の分析.....	15
2.1.1 はじめに.....	15
2.1.2 データと基本特性.....	17
2.1.3 収支構造の解析と社会経済影響評価.....	17
2.1.4 エネルギーフロー解析と環境影響評価.....	19
2.1.5 分散型エネルギーシステムの設計と事業化の検討.....	23
2.1.6 実事例との比較によるシステムの信頼性検証.....	25
2.1.7 まとめ	28
2.2 復興シナリオを評価するマクロモデルの開発と将来シナリオの開発.....	30
2.2.1 復興シナリオを評価するマクロモデルの開発.....	30
2.2.2 福島県新地町における復興のマクロシナリオの構築.....	31
2.3 地域 ICT システムを活用した省エネルギーポテンシャルの評価.....	39
2.3.1 はじめに.....	39
2.3.2 地域 ICT システムを活用した電力需要特性の分析.....	40
2.3.3 経済インセンティブ・情報提供による省エネポテンシャルの評価.....	43
2.3.4 節電情報提供を目指した電力需要の用途分解手法の開発.....	46
2.3.5 まとめ	49
2.4 地域バイオマス資源を活用した森林復興シミュレーション.....	50
2.4.1 はじめに.....	50
2.4.2 対象地と手法.....	51
2.4.3 結果と考察.....	58
2.4.4 結語	63
3. 参加型の環境創生手法の開発と実装.....	65

3.1	家庭における森林バイオマスの利用状況とその評価.....	65
3.1.1	はじめに.....	65
3.1.2	森林バイオマスの家庭における利用状況.....	65
3.1.3	森林バイオマスの小規模エネルギー利用の評価.....	74
3.1.4	森林バイオマス利用に関係するステークホルダー.....	78
3.2	中学生を対象としたまちづくりワークショップの開催及び総合計画策定支援.....	82
3.2.1	はじめに.....	82
3.2.2	尚英中ワークショップの結果概要.....	83
3.2.3	2回の尚英中ワークショップで提示された意見や提案の整理・分析結果.....	84
3.2.4	第5次新地町総合計画（後期基本計画）の施策の大綱と尚英中ワークショップ意見の対応関係.....	86
3.2.5	尚英中ワークショップ参加中学生へのフィードバック.....	88
3.2.6	まとめと今後の課題.....	88

1. 環境創生の地域情報システムの開発

1.1 地域 ICT システムの構築

1.1.1 家庭

(1) はじめに

東日本大震災の被災自治体である新地町において総合的な復興まちづくりの支援を行なっている。その一環として、地域エネルギーアシストと生活アシスト、地域情報アシストの機能を実装した「新地くらしアシストタブレット」の研究開発と社会実証実験を進めている（図 1.1-1）。この研究開発業務において、地域におけるエネルギー消費の効率化や省エネルギー行動支援、社会コミュニティ活動支援、福祉・経済活動支援、地域交通情報やまちづくりに関する情報発信を目的とした地域 ICT システムを構築する。この地域 ICT システムは、自治体からユーザーへ種々のサービス情報を発信することのほか、ユーザー間のコミュニケーションやユーザーから自治体への情報送信など、双方向的な情報の発受信を可能とする。また、このシステムにより得られた地域情報データを解析し、復興まちづくりの支援や地域コミュニティの活性化に貢献する。

この地域 ICT システムの情報発信やデータ収集の機能を利用して地域の復興コミュニティ創生に貢献する研究を進めている。その一環として、例えば 2015 年度には省エネルギー行動実施に関する実証実験を行い、住民への経済的インセンティブの付与や省エネ情報提供の効果についての有益な成果を得た。省エネ実験の詳細は 2-3 節に譲り、本節ではこれまでに構築したシステムの概要について説明する。

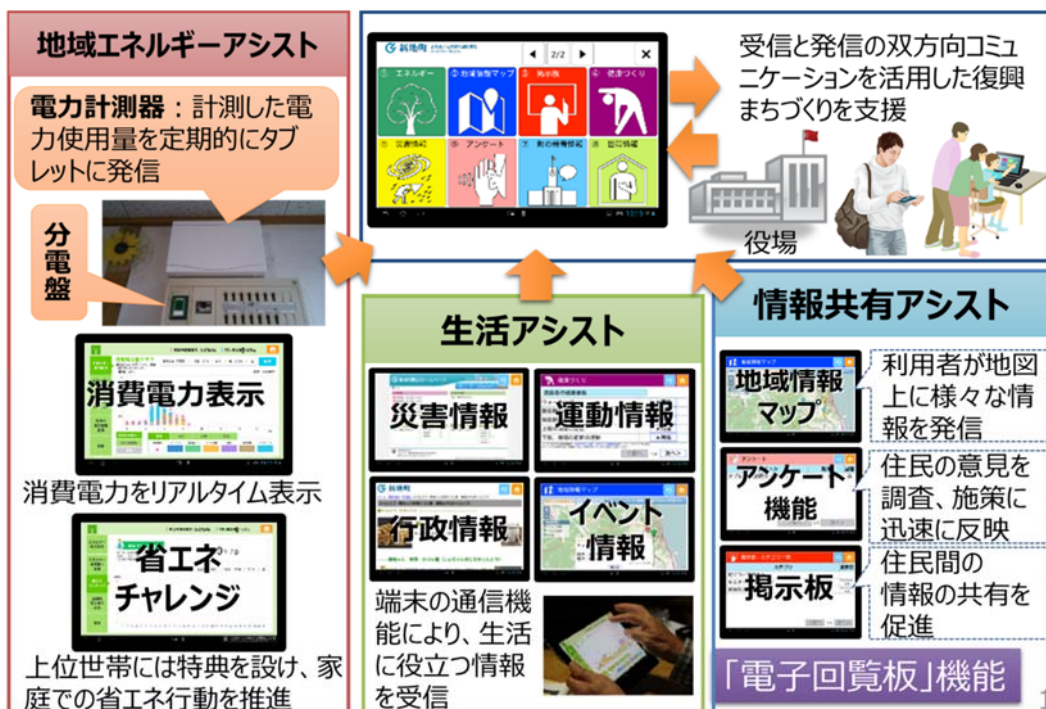


図 1.1-1 新地くらしアシストタブレットの機能の概要

(2) 地域 ICT システム開発の概要

前年度までに構築した地域 ICT システムは次の 8 つの基本機能を実装している。

1) エネルギー使用量の見える化

タブレット端末を導入した各家庭においてスマートメータを導入し、「くらしアシストタブレット」にスマートメータによる電力消費量の計測結果を表示する。これにより電力消費量をリアルタイムで見える化するとともに、多世帯と比較する省エネランキングの表示や地域内電力使用状況の表示を可能にする。また、地域の省エネキャンペーンによるインセンティブの付与や、各世帯の電力使用状況に応じた省エネ情報の提供を通じて、実際の省エネ行動への波及効果を計測し、地域のエネルギー需給効率化を考慮した復興まちづくりに貢献する。

2) 地域情報マップ

タブレット端末上に表示した地図上に利用者が地域のイベント情報やヒヤリハット情報などの種々の情報を登録し、他のユーザーに向けて情報発信する機能である。地図表示は「町からのお知らせ」と「くらしアシスト情報」の二通りがあり、「町からのお知らせ」では「イベント情報／くらしの情報／その他」、「くらしアシスト情報」では「ヒヤリハット情報／町の魅力」の表示項目がある。個別ユーザーの端末では「くらしアシスト情報」の内容のみが登録可能である。

3) 地域掲示板

地域コミュニティ活性化を目的とし、地域情報の発信・共有を円滑に行うための掲示板である。各カテゴリ別に分類された掲示板（スレッド）を閲覧すること、また投稿されたスレッドに返信することができるものである。

4) 健康づくり

少子高齢化が進行する多くの地域にとって生活者の健康増進は地域コミュニティ地域経済の活性化と結びつく重要課題である。そこで、健康・体力づくり事業財団が使用するホームページを紹介し、財団のサイトへのリンクを通じてユーザーの健康増進を促す。リンク先は必要に応じて更新する予定であるが、現バージョンの新地くらしアシストタブレットでは、健康・体力づくり事業財団ホームページおよび腹筋群の運動、背筋群の運動、上肢の筋群の運動、下肢・腰部の筋群の運動、腹筋の運動、背筋の運動などの種々の説明動画を対象としている。

5) 災害情報

新地くらしアシストタブレット上に新地町の災害ポータルサイトの画面を表示し、災害発生時や警戒が必要な状況において地域の生活者への情報共有を促進する。また、町の災害情報システムから届くメールを監視し、受信した場合はポップアップ画面によりユーザーへ通知し、迅速な災害対応や避難行動の推進に貢献する。

6) アンケート

復興まちづくりのための意向調査やエネルギー利用状況に関わる調査など、町が実施するアン

ケート調査を新地くらしアシストタブレットを利用して効率化する。このための機能として、新地くらしアシストタブレット上では回答要請のあるアンケートの一覧表示、アンケート画面への移動、アンケート設問表示、回答結果の送信、回答済みアンケートの結果閲覧などが可能である。

7) 町の新着情報

新地町のモバイル向けサイトのトップページに掲載された町の新着情報を表示する。この機能ではホーム画面の地域情報ボタンをタップするとこのページへ移動し、タブレットのユーザーへの迅速な情報共有を行う。

8) 世帯情報

システムにユーザー情報を登録する。登録される項目は、申込者の情報、住居の情報、住居で使用しているエネルギーの種類である。申込者の情報はユーザーID やパスワード、氏名、メールアドレスや家族構成などの利用に関わる基本的な事項である。住居の情報は、住居形式、構造、建築年などの建物の情報と、電気の契約アンペアや太陽光発電設備の有無などの住居の電力使用に関する情報である。住居で使用しているエネルギーの種類は、冷暖房や給湯、厨房などの用途別の電気、ガス、灯油、太陽熱などのエネルギーの種類、その機器台数の情報である。これらは住居の情報および住居で使用しているエネルギーの種類は、復興まちづくりの過程においてエネルギー需給効率化を検討するための有益な基礎情報として利用可能である。

各機能の詳細については前年度までの報告書を参照されたい。2015年度は、前年度までに構築した地域 ICT システムについて利用性を考慮して機能の更新を行った。

(3) 2015 年度における機能更新

1) トップ画面の操作性の向上

新地町のシンボルカラーである青を基調にトップ画面のデザインを更新し、操作性と視認性を向上した。新バージョンにおけるトップ画面の例を図 1.1-2 に示す。また、トップ画面は従前のバージョンでは各機能を呼び出すためにページを切り替える形式であったが、ページの切り替えを不要とすることにより操作性を向上した。この他、これまでのユーザーからの要望に基づき、視認性を向上するためトップ画面の文字サイズを拡大、タップしやすくするために各項目の高さを拡大、トップ画面上で現在の消費電力を表示、各タブの右上に新着件数を赤丸で表示してタップ可能とするなど、種々の工夫を取り入れて利便性を向上した。



図 1.1-2 新バージョンにおけるトップ画面の表示例

2) エネルギー情報画面の改善

エネルギー使用量のグラフ表示に関して、従前のバージョンではデータの大きさに応じて縦軸の幅を自動調整したが、異なる日を比較する場合には縦軸が異なるため、必ずしも分かりやすいとは言えない。そこで新バージョンでは、図 1.1-3 に示した通り、日付を変更した時などに感覚的に使用量の増減を把握しやすいように、縦軸の最大値を固定値として設定する機能を追加した。

また、これまでも住戸内の 6 系統に分けて電気使用量のデータを取得したが、グラフ上での色分けのみでの表示であったため、必ずしも分かりやすいとは言えない。そこで新バージョンではグラフ上をタップすることにより使用量の実数を表示する機能と、系統ごとに表示/非表示を切り替える機能を追加した。この機能により対象を絞った詳細な比較が可能となるため、電気の用途ごとの比較や待機電力の把握しやすくなり、節電ポイントの把握が容易になると考えられる。

さらに、電力消費量の比較表示の際に、他の日との比較のみではなく、地域全体の平均値との比較表示も可能とした。この機能により各ユーザーが自分の家庭の電力消費量が平均と比較してどの位置にあるかを把握することが可能となるため、とくに消費量の多い家庭において削減の動機付けに結びつけることが期待できる。

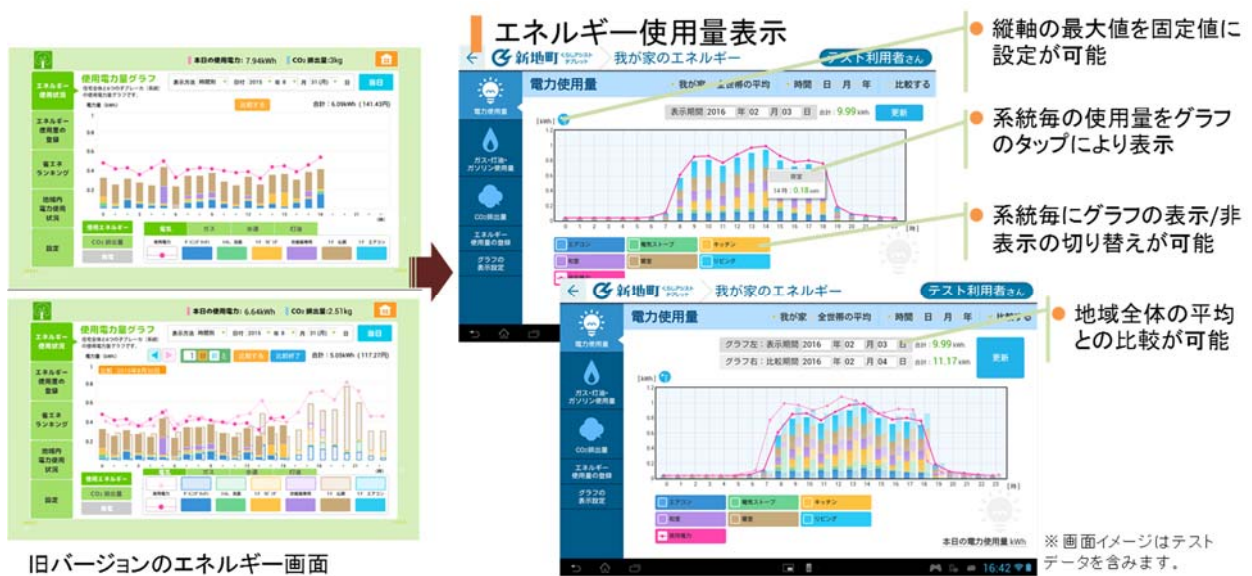
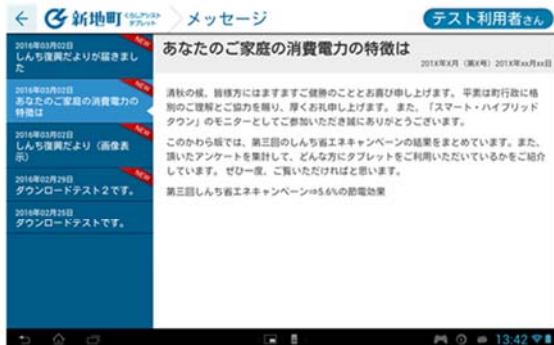


図 1.1-3 新バージョンにおけるエネルギー画面の表示例

3) 個別メッセージの配信機能

メッセージ機能では町役場から発信した情報をタブレットのトップ画面上に表示する。送信情報は、テキストだけでなく画像や PDF も配信可能である。メッセージ表示画面の例を図 1.1-4 に示す。これにより、従前から紙で配布していた種々の情報を地域 ICT システムを通じて配信することが可能となった。さらに新バージョンでは個々のユーザごとに異なる情報を配信できるようにシステムを更新した。季節に応じた節電メニューや各家庭の傾向に応じたアドバイスもタイムリーに配信することが可能となり、きめ細かな省エネ支援が可能となる。2015 年度に実施した省エネ実験では、世帯ごとの電力使用状況に応じた節電メッセージを省エネアドバイスレポートとして配布し、その省エネ行動への波及効果を検証しているが (2-3 節参照)、こうした取り組みも今後は地域 ICT システムを通じて効率化できると考えられる。

テキストの表示例



画像の表示例



PDFの表示例(PDFビューワで表示)



※画面イメージはテストデータを含みます。

図 1.1-4 新バージョンにおけるメッセージ画面の表示例

4) オープン化対応による普及拡大

2015年度の機能更新において新地くらしアシストタブレットの機能をオープン化し、住民に配布したタブレット端末以外にも、Web へのアクセスが可能な一般の PC やスマートフォンなどからの利用を可能にした。これにより外出中のユーザーでもリアルタイムでの情報提供・閲覧が可能となる。とくに将来的に電力のデマンドレスポンス制御を導入する場合には、必要に応じて電力使用状況の常時監視や機器の遠隔操作を可能にすることがエネルギー利用効率化に結びつく可能性が高いため、モバイル対応の携帯端末や外出先のインターネットからシステムへのアクセスを可能にするには重要な意義がある。また、今回のオープン化対応により、例えば町からの情報発信や地域情報マップなどのような一般向けの機能については、当初のタブレット配布世帯以外でも多くの住民が利用可能となるため、大幅な利用対象者の拡大が期待できる。これは住民間のコミュニケーションの活性化につながるため、地域コミュニティ支援や地域経済・産業の活性化支援に貢献できる。また、オープン化により地域 ICT システムを通じて地域環境評価の研究成果を発信することが可能となるため、研究成果を社会実装に結びつけるための情報プラットフォームとして利用することを検討している。

(4) 今後のシステム開発の方針

次年度以降も地域 ICT システムの利便性の向上と導入・普及の促進を進めるとともに、対象地域の拡大についても検討する。また、新たなシステム開発の方向性として、例えば新地駅周辺再開発計画などの復興まちづくり拠点における地域エネルギー事業と連携して、自動デマンドレス

ポンスを実現するためのインターフェースとして利用することを検討している（図 1.1-5）。

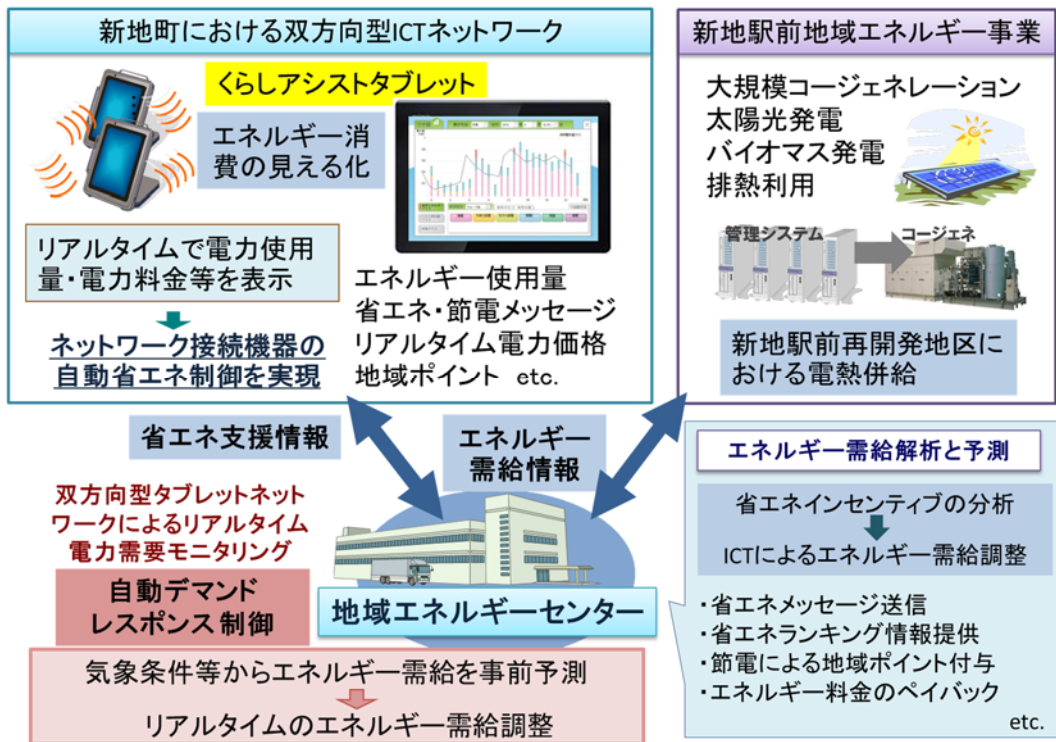


図 1.1-5 地域 ICT システムを利用した自動デマンドレスポンス制御の概念図

新地駅周辺再開発計画では、開発に向けた一案として、大規模なコージェネレーションシステムを導入し、周辺施設へ電力、熱、CO₂ を供給することを検討している。その際、時々刻々と変化する電力と熱需要を効率的に需給調整するための仕組みとして、自動デマンドレスポンス制御の導入を検討している。そこで地域エネルギー事業を周辺住宅地まで展開する場合を想定し、地域 ICT システムの中央制御サーバに需給状況に応じてデマンドレスポンス信号を送信する機能、タブレット側にユーザー側の情報端末として各機器を制御する機能を組み込んでリアルタイム制御することが今後の一つの方向性として考えられる。そのための基礎研究として、これまでに地域 ICT システムを通じて得られたエネルギー消費データを解析してエネルギー消費予測モデルの構築と制御アルゴリズムの定式化を今後進める予定である。

1.1.2 産業

環境省・JCM 推進のための MRV 等関連するインドネシアにおける技術高度化事業において、産業のモニタリングのシステム構築を国内において実証するため、福島県新地町の民間工場 2 ヶ所及び下水処理工場に、電力消費量を計測するセンサーを、対象工場に加え、新地町役場、富士通株式会社、富士電機株式会社の協力の下。2014、2015 年度に累計約 20 機設置した。また、1 つの工場においては燃料消費の計測装置も導入した。電力、燃料消費量計測と分析の流れを図 1.1-6 に示す。また、電流・電圧の計測装置及び、データの集約装置（停電や通信異常時に備えて、一時的なデータ保管機能を有する）を図 1.1-7 に示す。

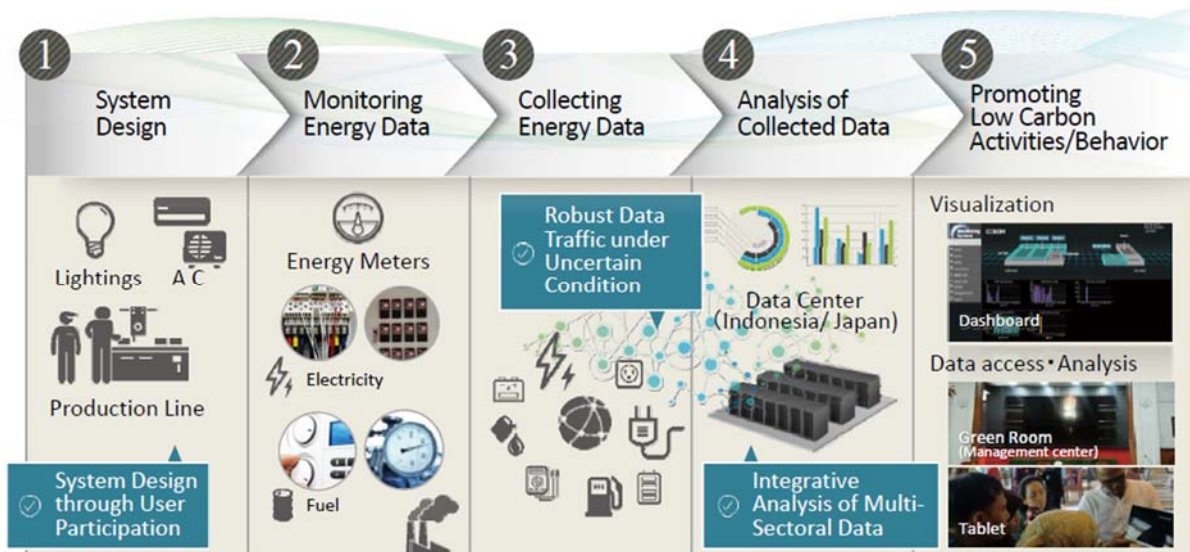


図 1.1-6 電力・燃料消費量計測と結果の解析の流れ



図 1.1-7 電流・電圧計（左）と計測データ集約・一次的保管装置（右）

通常、電力消費量の計測装置の設置には停電を伴うために、工場の操業に影響を与える場合もあるが、計測装置の設置工事を容易するために、一部については設置時に停電の必要のない、非接触式の電力計測装置を採用することで、今後のモニタリングの普及・拡大に資するシステムとなるよう、配慮も行った。設置場所は工場関係者と協議の上、省エネルギーの可能性のあるポイントや、エネルギー消費の寄与の大きなポイントを選定した。

電力消費量は1分間隔で計測され、集約装置からインターネットを經由してクラウドサーバに蓄積される。クラウドサーバには、当該事業で開発・改良を行った、データの集計や可視化を行うソフトウェアが備えられ、パスワードを持つ限られた関係者が、パソコンやタブレットを介してデータにアクセスすることが可能である。関係者は、各計測ポイントのリアルタイムに近いデータを確認することができるとともに、累積値を確認することも可能である。その際、測定結果を理解しやすいように任意の期間でグラフ表示したり、エネルギー消費に関連するパラメータ（例えば生産量などで、別途入力が必要）との関係性を比較可能なグラフを表示する機能などを有している。

モニタリング装置を導入した工場では、モニタリングデータを解析した結果、空調の運転を適正化することにより、空調のための電力消費の削減に繋げるなど、実際の省エネルギーに資する成果も得られている。

電力消費量と燃料消費の詳細なデータは、例えば省エネルギー対策として、コジェネレーションを導入した際の効果を推計することにも役立つ。ガスエンジンなどを利用するコジェネレーションシステムでは、季節変動はあるものの、概ね一定の割合で電気と熱が生産されるため、システムの低炭素性能や経済性には、電気と熱を余すことなく利用できることが重要である。従って、工場における熱と電気の需要量の比率が重要であり、時間分解能の高いモニタリングデータにより、稼働率を精密に評価することが可能となる。余剰あるいは不足する電力は売電、買電することも可能であるが、それぞれコストが掛かるため、工場内（あるいは近隣の連携可能な工場群内）でコジェネレーションにより需給が完結する割合が高いほど、経済的なシステムとなる。また、温水は半日、1日といった単位で蓄熱槽に蓄えることもできるため、一時的な電気と100度未満程度の熱のアンバランスは、時間帯をシフトして調整することも可能である。モニタリングによるエネルギー需要パターンを把握し、低炭素性能や経済性で相応しいエネルギー供給システムを計画することで、産業の低炭素化に資する提案を行うことが可能となる。

1.2 地理情報システムを活用した復興まちづくり支援システム

1.2.1 はじめに

2011年3月の東日本大震災以降、石炭など化石燃料を使用する火力発電所の稼働率が上昇している。このため、エネルギーコストやCO₂排出量が増加する傾向にあり、その対策が喫緊の課題となっている。一方、被災地では、インフラ整備、産業誘致、居住地環境の再生など、大規模な復興事業が始まっている。そこでは、震災前の状態へ回復するのみでなく、少子高齢化といった今後日本が直面する中心的な課題に対応して、経済、環境、社会を共生的に発展させる、いわゆる「環境創生」のようなコンセプトを持った新たなまちづくりが求められている。特に、どのように地域資源を活用し、町の活性化を実現するのかが一つの重要な課題である。そのため、地理情報システムを活用した地域インベントリ調査、空間情報分析、及び復興まちづくりへの具体的な支援が求められている。

本研究では、福島県における被災地を対象に、復興まちづくりに関わる地理情報の収集及び事業調査を通じて地域特性を解析し、産業・都市共生（Industrial and Urban Symbiosis）の観点から、高効率かつ低炭素な地域エネルギーシステムの設計、及び土地利用計画の評価システムを開発し適用した。具体的には、福島県新地町における相馬中核工業団地及び周辺居住地の調査に基づき、産業排熱を民生部門へ供給する地域熱供給システムの設計、および統合的な土地利用計画のデザインが熱利用の効率に与える影響を評価した。その結果、産業排熱の活用による経済利益とCO₂削減効果を定量的に示すとともに、適正な土地利用パターンを明らかにした。

1.2.2 モデル構築

本研究では、地理情報システムを活用して復興まちづくりを支援することを目的に、地域インベントリ調査、地域エネルギーシステム設計とシミュレーション分析、土地利用シナリオ、事業

性に関する環境経済評価などのモジュールを構築して、それらを統合したモデルを開発した。モデル構造とデータベースに関する情報は、以下に示す通りである。

(1) モデルフレームワーク

Chertow(2000)[1]は、「産業共生は、もともと別々であった複数の産業を、物質、エネルギー、水、副産物の交換に参加させることで、競争力を高めるような集団的なアプローチである」と定義している。そして、産業共生の鍵は、「地理的近接性によってもたらされる協働とシナジー効果の可能性である」と指摘している。その拡張版として、産業・都市共生では、都市の一般廃棄物を回収して産業プロセスまたは焼却施設の原燃料にし、そこから出る工場排熱、焼却熱を都市域で活用するという循環システムが提唱されている([2],[3])。今回検討のターゲットとする産業排熱の民生活用のためには、熱需要と産業排熱ポテンシャルの空間分布の特性を解析し、供給地域の土地利用変化を考慮した地域熱供給システムの設計及び評価システムが必要である。そのため、図 1.2-1 に示しているフレームワークのように、対象地域の地理情報に基づく地域エネルギー資源と需要分布特性を把握し、産業・都市共生理論の下で工業団地、都市居住地及び施設農業等の複合立地による熱需要の集約化、また熱需要と供給先との近接性改善などを土地利用シナリオに反映し、地域熱供給システムの効率及び経済利益、CO₂削減効果に与える影響を定量的に評価する。

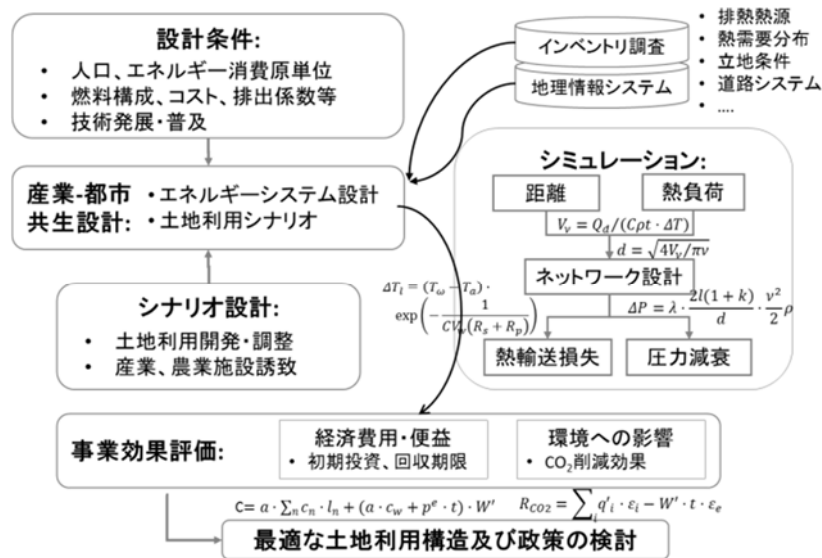


図 1.2-1 産業排熱を活用した地域熱供給システムの設計及び評価

(2) 地理情報データベース

本研究で構築した地理情報データベースでは多数のデータベースを利用している。表 1.2-1 に挙げるように、このデータベースは熱供給に関する建物や工場分布、導管設計に関する道路分布、それに土地利用細分等情報を有している。また地理情報以外、エネルギー需給推計に関する排熱発生率、エネルギー消費原単位、及び事業性評価に関わる資源価格、排出係数等必要情報もデータベースに取りまとめた。

表 1.2-1 地理情報データベースの構成

用途	データ名	概要	データソース
熱需要推計	建物ポイントデータ	建物の座標、用途、床面積、空き家率等属性がある	ゼンリン建物調査
導管設計	道路ネットワークデータ	鉄道を含む道路ネットワーク及び導管設計に関わる地形、施設立地情報	国土数値情報、ArcGIS Data Collection
排熱ポテンシャル推計	工場分布データ	産業調査による工場の座標、雇用/生産規模に関する情報	国土数値情報、本研究で行う調査
土地利用シナリオ	土地利用細分データ	居住地、農用地、工業用地等土地利用の用途が分かるメッシュデータ	国土数値情報

1.2.3 調査地域の概要

本研究の調査地域である新地町は、福島県浜通りの北部にあり、宮城県と隣接している。人口が約 8000 人、面積が約 46 km²の相対的に小規模な町である。東日本大震災では沿岸地方が壊滅的被害を受けたが、現在は常磐線復旧工事に伴い新地駅周辺の土地利用整備が進んでおり、町の南にある相馬中核工業団地への大規模な LNG 産業の誘致により、産業の発展を図っている。そこで、LNG 産業の立地に伴って安価な天然ガスや冷熱の提供、そして大規模火力発電所の排熱利用が議題に上り、エネルギー計画と統合した低炭素まちづくりについて議論されている。

(1) 熱需要と排熱ポテンシャル分布特性

新地町の人口の大部分は新地駅周辺、駒ヶ嶺、福田という三つの地区に集中しており、建築形式は基本的に一戸建てで、全域で熱需要密度が極めて低い。地域熱供給が導入できる範囲が 6km とする場合 (Togawa et al., 2014[4])、工業団地からの交通距離をみると、駒ヶ嶺地区、新地駅周辺がそれぞれ 3km 圏域、6km 圏域に所在している。しかし、両地区へは熱供給パイプラインがないため、インフラ整備の初期投資を考慮に入れ、駒ヶ嶺地区を地域熱供給事業導入検討地域に選定した (図 1.2-2)。「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル」[5]にある建物床面積の用途別エネルギー消費原単位から推計した年間熱需要は、新地町全体が 135TJ、そのうち駒ヶ嶺地区が 23TJ ほどを占めている。

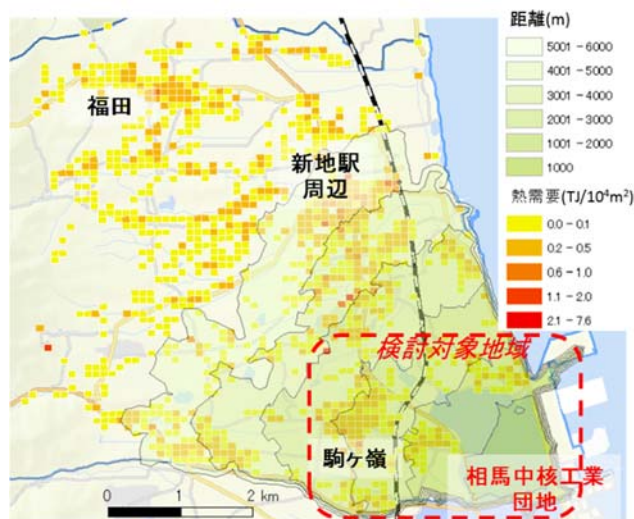


図 1.2-2 新地町の熱需要分布

一方、相馬中核工業団地内の工場等は大量の排熱ポテンシャルを有している。本研究では経済産業省「平成 22 年度省エネルギー設備導入促進指導事業報告書」にある排熱推計方法を参考にし、また企業調査を通して排熱提供に関する意向に基づいて、合理的に推計した結果が図 1.2-3 である。二つの火力発電所及び近隣にある窯業、化学工場を供給先を選定し、それらの提供できる排熱は年間合計 100TJ に達しており、駒ヶ嶺地区の熱需要より大幅に上回っている。



図 1.2-3 相馬中核工業団地における排熱ポテンシャル分布

(2) 将来土地利用シナリオ

地域熱供給システムの事業性は需要地点の熱負荷密度に依存するのみではなく、需給間の距離にも関わっている(Persson and Werner, 2011[6])。事業性を向上させるためには、熱負荷を増やすか、導管の長さを抑えるかのいずれかの条件を満たす必要がある。それを土地利用政策アプローチに

応じて、熱需要の高い産業の立地誘致または土地利用の集約化が考えられる。それに基づき、本研究では4つの土地利用シナリオを検討した(図1.2-4)。それは、現状のままで地域熱供給事業を導入する「BAU」、近隣住民を工業団地付近のエコヴィレッジに集住する「土地利用集約化」、現状のままの居住地への熱供給に加えて、立地誘導した野菜工場に余剰熱を供給する「産業・都市・農業連携」、及び居住地集約化、農業連携を共に推進する「グリーン開発」とする。「BAU」ケースに対して、「土地利用集約化」ケースでは導管長さが18kmから7kmに抑えられる一方、「農業連携」ケースでは全体排熱利用量を年間50TJまで増やすことが可能となる。

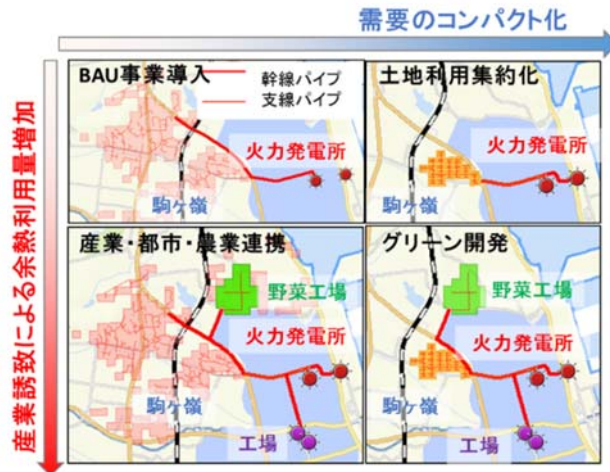


図1.2-4 土地利用シナリオに基づく地域熱供給事業パターン

1.2.4 結果と考察

(1) 土地利用が地域熱供給の事業性に与える影響

上記4つの土地利用シナリオに基づいた地域熱供給事業をシミュレーションした結果、土地利用計画が事業性に著しい影響を与えることが明らかになった(図1.2-5)。BAUで事業を導入すれば導管が長すぎて建設コストが高額になる他、圧力補足のためのポンプの電力消費で低炭素効果が低い。それに対し、「土地利用集約化」ケースでは導管コストが抑えられ、「農業連携」ケースで近隣に誘致した野菜工場が余剰の排熱を利用することで低炭素効果が顕著になった。特に、両対策を同時に実施する「グリーン開発」ケースでは、年間2800トンCO₂を削減ができ、さらに、4千万円の事業利益も見込まれる。また、グリーン開発を目標にする場合、土地利用集約化を優先で進める政策経路αと施設農業連携を優先で進める政策経路βが事業性に与える影響を試算した結果、事業が完成するまで積み上げたCO₂削減量を1トン増加するには5万円程度の追加投資が必要になる。

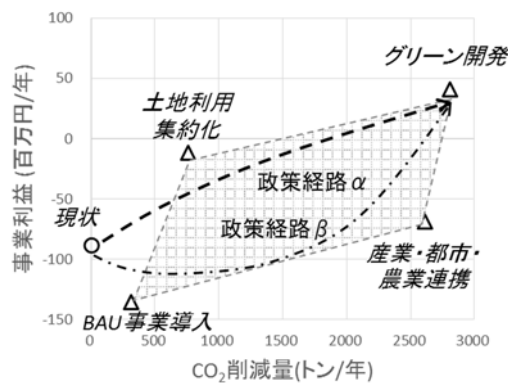


図 1.2-5 土地利用シナリオによる事業性の変化

(2) 本研究の意義

本研究では産業・都市共生に基づき、土地利用を考慮した産業排熱を民生へ活用するための地域熱供給システムの設計と評価システムを開発した。土地利用パターンが産業排熱を活用した地域熱供給事業の燃料費削減と低炭素効果への影響を明らかにすることで、産業廃熱の余熱が豊富に存在するが、需要が低密度である地域に対しては、土地利用の集約化及び産業・都市・農業施設の複合立地を通じて事業性改善の定量評価が可能になった。それにより地域資源利活用の促進及び効率的な地域エネルギーシステムの普及に必要な土地利用調整、補助金制度等を備える復興まちづくりを支援することが可能となった。

参考文献

1. Chertow, M.R. (2000) Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. *Annu Rev Energ Env* 25, 313-337.
2. Van Berkel, R., Fujita, T., Hashimoto, S., Geng, Y., 2009. Industrial and urban symbiosis in Japan: Analysis of the Eco-Town program 1997-2006. *J Environ Manage* 90, 1544-1556.
3. Dong, H.J., Ohnishi, S., Fujita, T., Geng, Y., Fujii, M., Dong, L., 2014. Achieving carbon emission reduction through industrial & urban symbiosis: A case of Kawasaki. *Energy* 64, 277-286.
4. Togawa, T., Fujita, T., Dong, L., Fujii, M., Ooba, M., 2014. Feasibility assessment of the use of power plant-sourced waste heat for plant factory heating considering spatial configuration. *Journal of Cleaner Production* 81, 60-69.
5. 日本エネルギー学会 (2008) 天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル. 柏木孝夫 監修, 日本工業出版.
6. Persson, U., Werner, S., 2011. Heat distribution and the future competitiveness of district heating. *Appl Energ* 88, 568-576.

2. 環境創生の地域シナリオ分析モデルの開発

2.1 地域エネルギーシステムを評価するモデルの開発と復興事業の分析

2.1.1 はじめに

(1) 研究の背景

東日本大震災を契機として、大規模集中型のエネルギーシステムへ大きく依存してきた状況を見直し、電熱の併給や地域の未利用資源活用が可能となる分散型システムを導入する取り組みがより活発になっている。分散型のエネルギーシステムは低炭素・省エネルギー、災害耐性、エネルギー地産地消を通じた地域活性化等の観点からその有効性が指摘されている[1]。また、日本の2030年のCO₂排出量削減目標を定めた「約束草案」[2]においてエネルギーの面的利用が対策として位置づけられるとともに、その前提となっている「長期エネルギー需給見通し」[3]においては、2030年のコージェネレーション導入量の数値目標（1190億kWh程度）が設定され、それを支える燃料供給体制を整備していく旨が明記されている。

しかしながら、自律・分散型システムのデザインには、エネルギー需要密度や地域特有の再生可能エネルギー・未利用エネルギーのポテンシャル等の地域条件を考慮して多様なエネルギー変換機器の中から適切なものを選択し組み上げることが必要不可欠であるため、その導入ポテンシャルは不透明であり、定性的な議論に留まっている。そのため、導入適地の特定や今後の普及状況の予測等のポテンシャルの把握および、その社会・環境・経済への影響の評価は急務である。

また、これまで国のマニュアル等において、自律・分散型のエネルギーシステムの基盤であるエネルギーの面的利用が可能となる条件として、ヘクタールあたりの熱負荷が4.2TJ以上という基準が紹介されてきた。しかしながら、このような導入基準は、例えば未利用熱の賦存量のような地域のエネルギー供給条件や電熱需要バランスなど様々な要因により影響を受けると考えられる。さらに、今後の分散型エネルギー関連機器の性能向上やエネルギー市場の自由化等を通じた制度環境の変化も考慮した条件に応じた基準選定が必要である。特に、大型火力発電所においても高効率化が進み、住宅レベルの実装可能な超小型技術が普及していく中、その中間レベルにあたる地区単位を供給対象とする、熱電併給システムの意義を子細に検討する必要がある。

(2) 既往研究と研究の目的

これまで、実データに基づき地域エネルギーシステムの実態研究が実施されている。名古屋[4]では、全国123プラントを対象として、省エネルギー性に与える影響を分析している。また、曹・尾島[5]では東京都心部におけるプラントの稼働実態を明らかにしている。これらの研究はエネルギー効率の観点から、地域エネルギーシステムの実態を明らかにしているが、コスト面での検討や今後の普及可能性に関する議論は十分ではない。一方、佐土原ら[6]では、今後のポテンシャルに関する議論が展開されているが、未利用エネルギーを中心とした既存技術に基づく検討が実施されており、コージェネレーション等の技術に関しては検討されていない。

また、地域エネルギーシステムの個別事例に関する調査研究[7-9]は実施されており、その設計手法に関する一定の知見が蓄積されつつある。しかしながら、これらの検討は、実データとの関係が十分に議論されてこなかった。

そこで本研究では、実データに基づき既存の地域エネルギーシステムの事業構造やエネルギー需給バランスの実態を検討し、社会経済および環境への影響を評価する。その上で、数理最適化

計算との比較を通じて、境界条件とシステムとの関係を精査することで、既設のシステムの有効活用の方法や新たな地域への普及展開の可能性について議論する。

以降の本論文の構成は以下の通りである。まず、第2.1.2章では、既存の統計資料に基づき、地域エネルギーシステムの基本特性を明らかにする。第2.1.3章では事業収支を検討し社会・経済への影響を評価し、第2.1.4章ではエネルギーフローを検討し環境への影響を評価する。第2.1.5章では前章までの実態的な調査にもとづき、さらに、モデルを用いて分析することで、分散型エネルギーシステムのポテンシャルについて議論する。

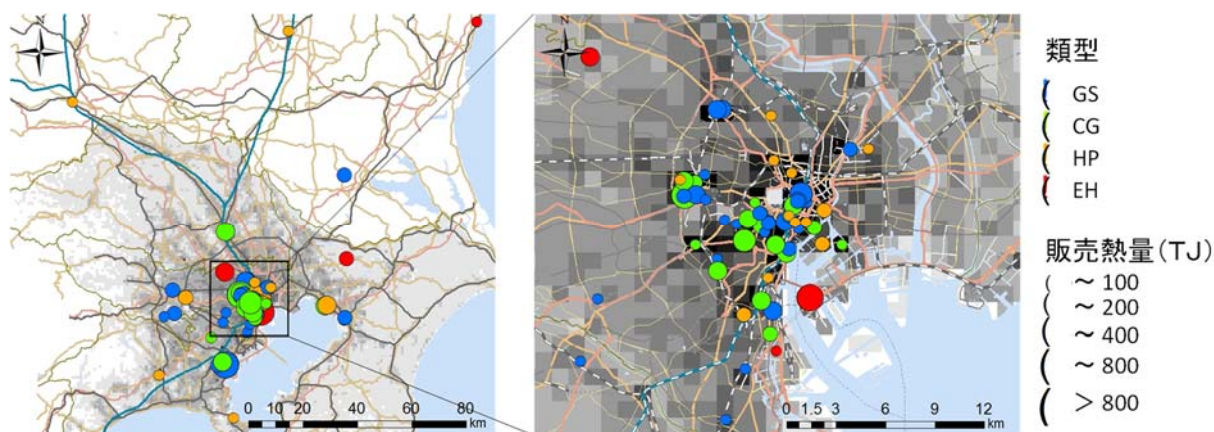


図 2.1-1 首都圏における熱供給事業の分布状況

表 2.1-1 地域エネルギーシステムの分類

	区域	分類			
		G S	C G	H P	E H
大規模	3	1	1	0	1
中規模	21	7	12	1	1
小規模	57	29	8	17	3
全体	81	37	21	18	5

表 2.1-2 地域エネルギーシステムの平均特性

	従業員数	区域面積 (m ²)	延床面積 (m ²)	販売熱量 (GJ)
大規模	70	1,447,667	2,596,508	1,287,918
中規模	28	265,298	743,199	323,372
小規模	12	124,879	225,434	89,776
全体	18	210,276	447,487	207,831

表 2.1-3 固定資産と事業収支*

	固定資産				営業費用				営業収益	経常利益
	製造設備	供給設備	業務設備	計	製造	供給販売	一般管理	計		
大規模	8,570	2,279	16	10,864	5,619	376	205	6,200	7,249	835
中規模	1,844	771	8	2,622	1,799	99	102	1,999	2,124	120
小規模	568	170	5	743	521	30	44	596	594	92
全体	1,195	404	6	1,605	1,041	61	65	1,167	1,237	127

*単位は百万円

2.1.2 データと基本特性

既存のデータを活用して、まず既存の事例が豊富な首都圏における地域エネルギーシステムの導入状況を検討する。なお、首都圏とは東京都およびその周辺の埼玉県、千葉県、神奈川県、茨城県、栃木県、群馬県及び山梨県を一体とした広域とし、本研究ではこの圏域を分析対象とする。また、地域熱供給事業の情報が網羅的にまとめられている「地域熱供給事業便覧」を活用し、ここでは、平成26年度版のデータを用いて分析を実施する。なお、複数の地点において共通の事業者がエネルギー供給を実施している場合も見られるので、以降ではエネルギー事業が実施されている各地点を事業体と区別して「区域」と呼ぶこととする。

まず、以降の分析の見通しをよくするため、エネルギー製造方法の差異に基づいて以下のように分類する。コージェネレーションシステムを持つ区域もしくはコージェネ施設より排熱を購入する地区を「コージェネレーション（CG）型」、清掃工場等より排熱を購入する区域を「工場排熱利用（EH）型」とし、残った区域のうちヒートポンプによる熱供給能力が全体の50%以上の区域を「ヒートポンプ（HP）型」、それ以外を「一般システム（GS）型」とした。また、規模に関しても、熱エネルギー需要量が1,000TJ/年より大きい区域、200TJ/年のより大きい区域、それ以下の区域の3つ区分し、それぞれを対象として分析を実施する表2.1-1にそのクロス集計結果を、表2.1-2に規模分類別の概要を示す。ヒートポンプ型のシステムが採用されている区域は小規模地区が多く、CGS型はやや中規模区域に偏る傾向がある。また、図2.1-1に地図上にプロットした結果を示す。首都圏において、域熱供給事業は81区域で実施されている。地理的な分布をみると、東京の都心部にその大部分が集中している。全体の供給区域の面積は17km²で、これは山手線の内側の面積（63km²）の約1/3程度の面積に相当する。また、供給対象の建物延床面積は36km²である。熱導管の総延長は325kmで、区域あたりの平均は約4kmとなっている。販売熱量の地域全体での合計は15PJであり、業務での利用が大半を占める。また、冷熱需要が温熱需要に比べて多く、これも冷房需要が多い業務利用が主体であるためであると考えられる。また、事業認可および事業開始の時期は1990年代前半に集中している。

2.1.3 収支構造の解析と社会経済影響評価

地域エネルギー事業の収支構造について検討し、それらを規定する要因や需要家への影響を明らかにする。

(1) 事業収支の概要

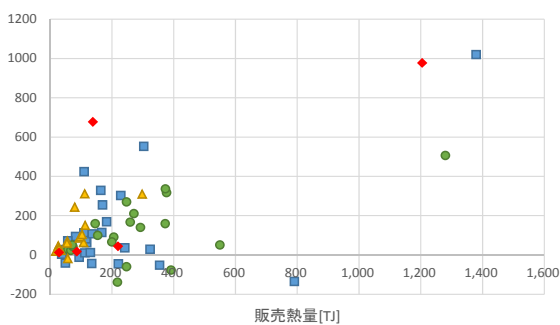


図 2.1-2 事業者収益

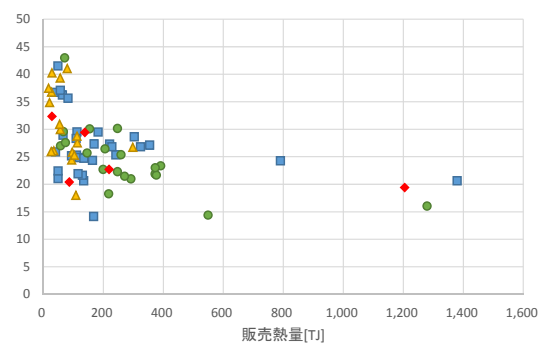


図 2.1-3 熱エネルギー販売価格

「便覧」には、熱供給事業法に準拠した『熱供給事業会計規則』に基づいた事業収支に関する情報が事業者ごとに記載されている。そのため、区域ごとの事業収支に関する情報、延床面積で按分することにより作成した。表 2.1-3 に前章で設定した類型ごとに収益と固定資産および営業費用を集計した結果を示す。ここでは、経常利益には兼業事業分が含まれているため、営業収益と営業費用の差とは一致していない。また、固定資産はそれぞれの設備に対する投資額を表し、営業費用の定義は以下の通りであり対応する固定資産の償却費を含む値である。

- ・製造費：「製造設備」の維持及び運転に関する費用
- ・供給販売費：温水、冷水又は蒸気の供給販売に直接又は間接に要した費用
- ・一般管理費：業務管理のために直接又は間接に要した営業費用であって、製造費及び供給販売費以外の費用

営業費用の構成は、製造費が 89%とその大半を占め、供給販売費が 5%、一般管理費が 6%程度である。なお、固定資産の構成比は、製造設備が 74%、供給設備が 5%程度であり、業務設備はほぼ 0%となる。規模が小さくなるにつれて経常利益は小さくなるが、小規模区域においてもプラスとなっている。

次に個別の区域ごとの状況を検討する。図 2.1-2 は縦軸に区域ごとの経常収支、横軸に事業規模を代表する値として年間の販売熱量を取ったものである。事業規模が拡大するに従って収益は大きくなる傾向がある。ただし、中規模の区域を含めて 12 の事業体では収支がマイナスとなっている。なお、これまでも地域エネルギーシステムの導入基準に利用されてきたことを考慮し、同様の関係をエネルギー需要密度（延床面積もしくは区域面積あたりの年間熱販売量）についても検証したが、明確な相関は見られなかった。

(2) 費用構造の解析

本節では、地域エネルギー供給事業の費用を構成する製造費、供給販売費、一般管理費について、区域の特徴を表す諸変数を用いて回帰分析することで、費用構造の決定要因を解析する。ここでは、区域要因を表す諸変数として以下を考慮する。まず、区域の大きさを表す変数である、区域面積と延床面積である。次に、システムの規模を表す変数としてエネルギー供給能力と原料消費量を考慮する。なお、エネルギー供給能力として冷却能力を採用する。さらに、償却費と直接関連する要因として、設置されている機器の投資額についても説明変数に加えて検討する。さらに、エネルギー製造方法の差異を評価するため、ダミー変数として CG ダミー、HP ダミー、EH ダミーを含めることにする。

また、事業収支に関するデータを面積按分で区域に配分したことの影響を受けることを避けるため、複数区域を経営する事業体のデータを除いた 42 サンプルを用いて分析する。推計結果を表 2.1-4 に示す。

製造費は熱エネルギーの製造に必要となる原燃料使用量や設備容量より有意な正の影響を受ける。また、区域面積パラメータの推計値が負の値になっていることから、規模の大きさに応じて、効率的なエネルギーの生成が可能となることが示唆される。また、CG ダミー、HP ダミー、EH ダミーはすべて有意とならず、システム種類の差異による製造費への影響は見られなかった。

供給販売費は延床面積および供給設備から有意に正の影響を受けるが、設備の規模に関連する変数からは影響を受けていない。

一般管理費は、従業員数から正の影響を受ける一方、販売熱量から負の有意な影響を受ける。また、決定係数は 0.78 であり、製造費、供給販売費の推計モデルと比較して低い値となっており、モデルでは説明できない要因が含まれる結果となっている。

以上より、製造費はエネルギー需要と設備容量、供給販売費は延床面積、一般管理費は従業員数等の影響を受ける傾向があり、それぞれ独立した決定構造を持っている。また、表 2.1-3 に示した通り、総コストに相当する営業費用の 90%は製造費であるため、それに影響を与えている、原燃料費と設備投資費を抑制することが費用構造上、重要であることが分かる。

(3) 需要家への影響

供給対象地区における需要家のエネルギーコストへの影響について検証する。そのため、区域ごとに設定されているエネルギー価格と事業規模の関係を図 2.1-3 に示す。ここでは、エネルギー価格は売上高を販売量で除した値であり、従量料金と契約料金の両方の要素を含んだ値となっている。規模の大きさに応じて販売価格が低下していく傾向を示し、最大で 45 円/kWh 程度であり、最小で 15 円/kWh 程度である。供給システムの類型ごとの差は見られない。従来型の建物ごとの個別熱源装置により熱供給を実施した場合、設備投資費用も含めて 16 円/kWh 程度での供給が可能となる。したがって、規模の小さい区域においては、地域エネルギー供給システムの導入により、需要家側にコストメリットが発生していない。このことより、事業者の利潤は発生しているが、エネルギー製造の非効率性に起因するコスト上昇分が需要家へと転化されている可能性があることが分かった。地域エネルギーシステムには、災害時においても継続的な利用が可能なる等のメリットがある一方で、コストの観点からは消費者の便益が損なわれている可能性がある。

2.1.4 エネルギーフロー解析と環境影響評価

表 2.1-4 推計結果

	製造費	供給販売費	一般管理費
切片	8.61E+01 (1.41)	-3.95E+01 (-2.14)*	1.39E+01 (0.81)
区域面積 (m ²)	-5.27E-04 (-3.63)**	-2.02E-06 (-0.05)	-4.30E-05 (-1.06)
延床面積 (m ²)	-2.66E-05 (-0.14)	1.94E-04 (3.27)**	1.67E-06 (0.03)
冷却能力 (MJ/h)	4.40E-03 (5.97)***	-1.43E-04 (-0.64)	2.83E-04 (1.37)
原・燃料使用量 (GJ)	1.87E-03 (4.17)***	-1.14E-04 (-0.84)	-2.64E-04 (-2.10)*
従業員数	3.59E+00 (0.68)	1.92E+00 (1.21)	3.31E+00 (2.25)*
製造設備 (百万円)	9.82E-02 (2.01).	-1.32E-02 (-0.89)	2.39E-02 (1.74)
供給設備 (百万円)	6.44E-03 (0.11)	6.60E-02 (3.68)***	-1.33E-02 (-0.80)
CGS ダミー	-1.52E+01 (-0.26)	-2.11E+01 (-1.18)	1.21E+01 (0.73)
HP ダミー	-7.70E+01 (-1.05)	3.00E+00 (0.14)	1.90E+00 (0.09)
排熱利用ダミー	-8.79E+01 (-0.87)	2.77E+01 (0.90)	2.36E+01 (0.83)
Adjusted R-squared	0.99	0.89	0.78

弧内の値は t 値、Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

地域エネルギーシステムにおける、原燃料の利用から需要家への電気と熱の供給へと至るエネルギーの転換プロセスを解析し、従来型の個別熱源システムと比較することで地域エネルギーシステムの導入効果を検討する。

(1) エネルギーフローの設定

システムへの入力に相当する区域ごとの原燃料使用量は「便覧」に掲載されているため、そのデータを活用する。一方、出力に相当する需要家への供給量に関しては、「便覧」には熱エネルギーに関する情報は記載されているものの、発電電力量は記載されていない。しかしながら、コージェネレーションに関する情報についても間接的ながら二通りの方法で記載されている。内部の設備の一部としてコージェネレーションの発電電力容量 (kW) が記載されている場合と外部のコージェネレーションからの購入排熱として記載されている場合である。したがって、発電電力量に関しては、これらの情報を用いて、以下のように補完した。コージェネレーションシステムの設備の発電電力容量 (kW) が記載されているものに関しては、稼働率 70%と想定してガス消費量および電気と熱の生成量を推定した。ここでは、総合効率 75%、発電効率 35%、熱利用率 40%としている。その上で、コージェネレーションで利用しきれないガスがボイラーで利用されると想定した。また、外部よりのコージェネ排熱の購入として取り扱われる場合は、購入排熱に伴って生成される電力量とガス消費量を算定した。その上で、原燃料使用量にコージェネによるガス消費量を加算した。総合効率、発電効率、熱利用率は上記と同等である。

(2) システム効率の評価

総合エネルギー効率を区域ごとに評価した結果を図 2.1-4 に示す。ヒートポンプ型の区域が最も効率が高く、その他の区域では 0.5 から 1.0 程度の値となっている。いずれも規模が大きくなるに従い効率が改善していく傾向を示すが、HP 以外の区域においては効率が 1 を超えたあたりで飽和することが読み取れる。既往研究[4]と比較して整合した結果となっている。

しかしながら、総合エネルギー効率では、エネルギー投入量については一次エネルギー消費量として統一的に評価できるが、出力に相当するエネルギー生成量に関しては、電力と熱の質の差を考慮できないという課題が残る。このため、既往研究[10]に従い、エクセルギー効率の観点から地域エネルギーシステムを評価する。なお、熱エネルギーのエクセルギー率の算定方法は式(1)の通りである。

$$\varepsilon = 1 - \frac{T_s \times \ln\left(\frac{T}{T_s}\right)}{T - T_s} \quad (1)$$

ここで、 T は環境温度を、 T_s は対象とする熱エネルギーの温度を表す。以上より、区域ごとにエクセルギー効率を評価した結果を図 2.1-5 に示す。図では縦軸に対数目盛を採用しており、区域間や類型間において大きな差があることが分かる。類型ごとに見ると、コージェネレーション型、ヒートポンプ型、排熱利用型、一般システム型の順で効率が良いことが分かる。規模が大きくなるに従って効率が改善していくが、販売熱量 600TJ 以上の中規模以上の区域においては効率が低下する傾向を示している。

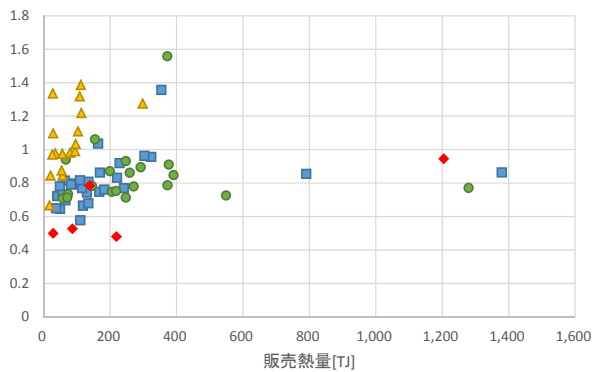


図 2.1-4 総合エネルギー効率

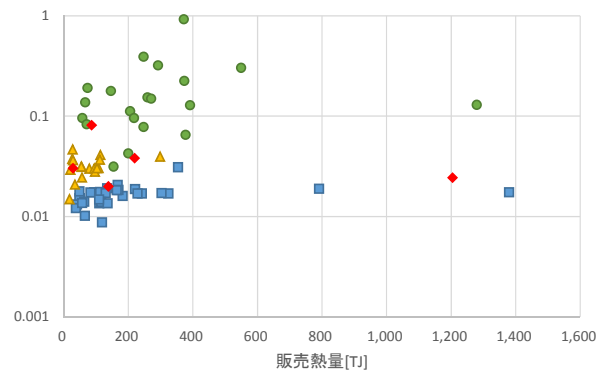


図 2.1-5 エクセルギー効率

(3) CO₂削減効果

建物単位で個別熱源を持った場合を比較対象として、CO₂ 排出量の削減効果を評価する。ここでは、個別熱源として、系統電力を用いヒートポンプを利用するシステムを想定した。区域ごとに評価した結果を図 2.1-6 に示す。GS 型と HP 型の多くの区域において CO₂ が増加するという結果となった。ただし、事業規模が大きくなるに従って、CO₂ の増加量は緩和されていく。また、CGS タイプの区域では CO₂ 削減率が大きく、HP タイプの区域がそれに続く。全ての排熱利用タイプの区域において CO₂ の削減が達成されている。

既往研究[4]で想定されているように、比較対象となるエネルギー供給方法が従来型のシステムである場合は、ボイラーを主体とした GS 型においても、一定の CO₂ 削減効果が見込まれたと考えられるが、ヒートポンプ等の技術が進歩したため、CO₂ 削減効果が相対的に見込めなくなった結果であると考えられる。

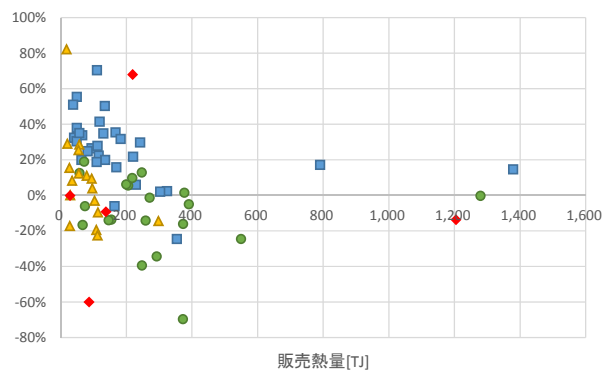


図 2.1-6 CO₂増減率

(4) エネルギーフローの評価

以上の検討に基づいて、システム類型ごとにエネルギーフローの解析結果を視覚化したものを図 2.1-7 に示す。ここでは、区域あたりの平均値で示している。

1) 一般システム型

ガスを原燃料とし温水・蒸気を生成し、温熱需要を充当するとともに、夏季は温水・蒸気を冷凍機に投入することで冷熱需要を充当するシステムである。ヒートポンプも設置されているがボイラーの容量に対して微小である。そのため、購入された系統電力の大半は、熱媒体の輸送動力等に利用されていると考えられる。

2) コージェネレーション型

ガスを原燃料とし、電気と熱を生成するシステムである。ただし、ガスエンジン等の電熱併給機器により賄われている熱需要は 1/3 程度であり、残りは併置されているボイラーにより生成されることになる。その結果、原燃料であるガスの 1/3 程度はボイラーに投入されている。また、一般システム型と同様に電力のヒートポンプでの利用は限定的で、熱媒体の搬送等に利用されていると考えられる。

3) ヒートポンプ型

電力を原燃料とし、温熱および冷熱を生成するシステムである。他の類型と比較して、需要家の規模が小さいこと、温熱需要に対して冷熱需要が 3 倍程度大きくアンバランスである。

4) 工場排熱利用型

基本的には工場もしくは清掃工場の排熱を利用して温熱と冷熱を供給するシステムであるが、排熱のみに依存するのではなく、ガスボイラーやヒートポンプが併置されている。これは、季節時間別の需給バランスの補正が必要であるためであると考えられる。したがって、年間に使用する原燃料全体における購入排熱の利用割合は半分以下となる。

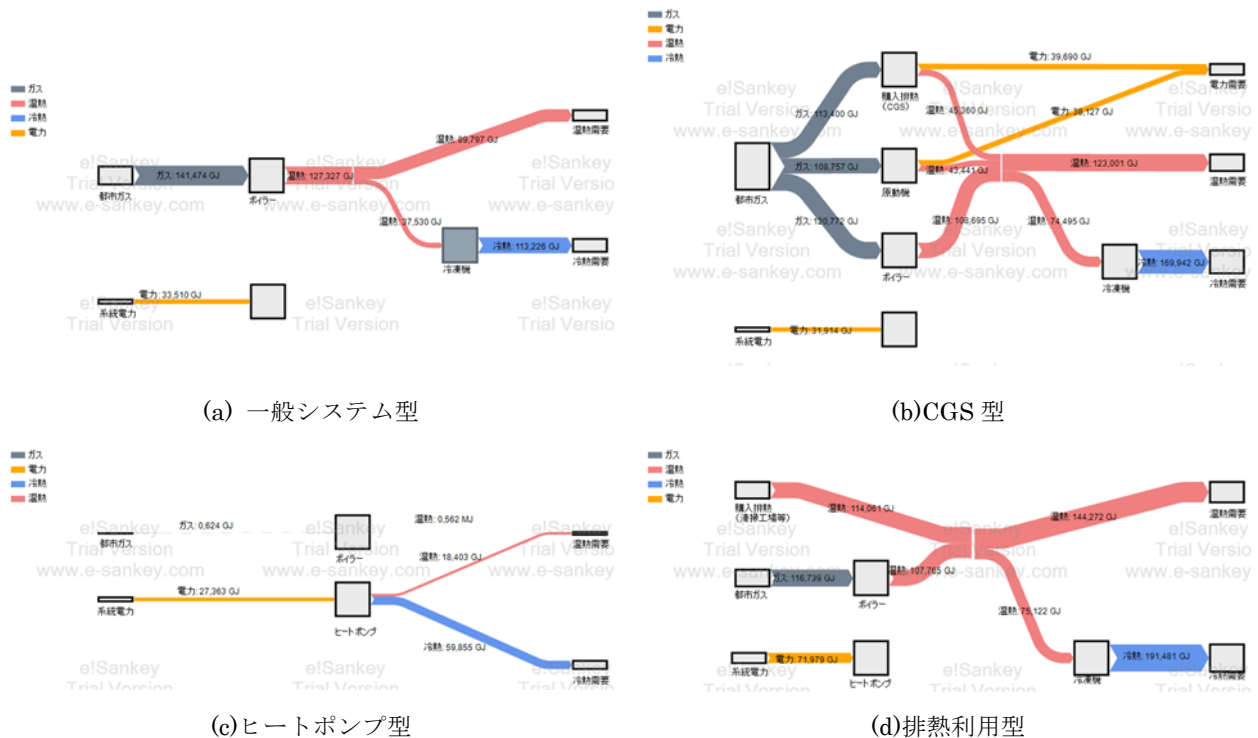


図 2.1-7 エネルギーフロー解析結果

2.1.5 分散型エネルギーシステムの設計と事業化の検討

前章までの解析より、ガスボイラーを用いた熱供給事業では、必ずしもエネルギーコストやCO₂排出量の削減につながっていないことが分かった。一方で、未利用排熱利用やコージェネレーション化による有効性も示された。本章では、筆者らが開発してきた設計支援モデル[11]を活用して、分散型エネルギーシステムのポテンシャルについて議論する。

(1) モデルの構造

設計と運用の階層的関係を考慮しており、運用計画においては、季節・時間別の解像度で検討する。一度でも運用する必要のある機器は、設計段階で選定されている必要があり、機器の容量は年間最大値以上である必要がある。既往研究[12, 13]のフレームを踏襲して、エネルギーシステムを構成するスーパーストラクチャを考え、季節・時間別のエネルギー需要を充足するために必要となる機器構成とその運転計画の組み合わせコスト最小化等の規範に基づいて特定する構造となっている。なお、ここでは、第2.1.3章での費用構造の分析に基づき、供給販売費と一般管理費は固定値として扱い、製造費を分析対象とする。

1) 目的関数の設定

分散型エネルギーシステムの導入において、環境性等の多様な視点からの検討が重要であるが、経済性が最も重要な要件であると考えられるため、基準となる目的関数は式(2)に示すように、年間の総費用を最小化するものとする。

$$\min \sum_{s,t} \mathbf{c}_f(s,t) \mathbf{S}(s,t) + \sum_{ij} c_j^c \lambda_{ij} + \sum_{ij} c_j^b \eta_{ij} \quad (2)$$

ここで、季節を s 、時刻を t とし、 \mathbf{S} は電力やガス等のシステムに投入されるエネルギーを表すベクトル、 \mathbf{c}_f は季節時間ごとの単位エネルギーあたりの価格を表すベクトル、 η_{ij} は設置可能地点 i に機器 j を設置した場合は 1、設置しない場合は 0 となる整数変数、 c_j^b は機器 j の設置コストを表す。 λ_{ij} は設置可能地点 i に設置された設備容量を任意に選択できる機器 j の設備容量を表す変数、 c_j^c は機器 j の設備容量あたりの設置コストを表す。なお、設置コストはライフタイムを考慮した年価に換算して評価に用いる。また、第1項は燃料等のエネルギー購入費用、第2項は原動機等のエネルギー転換機器への投資費用、第3項はガスボイラー等の補助機器への投資費用を表す。

2) エネルギーフロー制約

対象地区における、季節・時間ごとの電力需要と冷熱需要、およびの温熱需要を充足する必要がある。さらに、対象地区に投入されるエネルギーは外部より供給される必要がある。

$$\mathbf{Y}(s,t) \geq \mathbf{D}(s,t) \quad (3)$$

$$\mathbf{X}(s,t) = \mathbf{S}(s,t) \quad (4)$$

また、スーパーストラクチャ上のエネルギーフローの分岐点においてもその入出力は整合する

必要がある。

$$\mathbf{x}_i(s,t) + \dots \leq \mathbf{y}_{i-1,0}(s,t) + \dots \quad (5)$$

3) エネルギー変換機器の設定

ガスエンジン、熱交換器、吸収冷凍機等はそれぞれの機能に応じたエネルギー形態の変換を行う。例えば、ガスエンジンはガスが入力され、電力と排熱（温水）を出力する。入力エネルギーに対して、機器特性に基づいた形態と量の変換を行うエネルギー変換機器をモデル上では以下のように表現する。入力エネルギーを \mathbf{x}_i 、出力エネルギーを \mathbf{y}_i として、機器効率を表す行列 \mathbf{B}_i として、式(6)(7)のように入出力エネルギーの関係を表現する。

$$\mathbf{y}_i(s,t) \geq \mathbf{B}_i \mathbf{x}_i(s,t) \quad (6)$$

$$\mathbf{y}_i(s,t) \leq \boldsymbol{\lambda}_i \quad (7)$$

ここで、 $\boldsymbol{\lambda}_i$ は機器ごとに規定される出力エネルギー形態の年間最大出力を要素とするベクトルを表し、季節時間ごとの出力 $\mathbf{y}_i(s,t)$ がこの値以下に収まるものとする。

4) エネルギー貯蔵設備を考慮した制約緩和

エネルギー貯蔵装置が利用できる場合は、時間ごとの需要と供給がバランスする必要はなくなる。特に蓄熱タンクの利用は、分散型システムにおいては一般的に利用されていることから、以下のような方法で、この状況を表現する。季節ごとの日間での供給量は、需要を上回る必要がある。しかしながら、時刻別には、必ずしも需要が供給を上回る必要はないものとする。式(3)の条件を緩和して、以下の式(8)~(11)に示すように、蓄熱槽や蓄電池の容量以内であれば、供給と需要のアンバランスを認めるものとする。

$$\sum_{t=0}^{23} Y(s,t) - \sum_{t=0}^{23} D(s,t) \geq 0 \quad (8)$$

$$\sum_{t=0}^{\tau} Y(s,t) - \sum_{t=0}^{\tau} D(s,t) \leq \bar{\mu} \quad (9)$$

$$\sum_{t=0}^{\tau} D(s,t) - \sum_{t=0}^{\tau} Y(s,t) \leq \underline{\mu} \quad (10)$$

$$\bar{\mu} - \underline{\mu} \leq \mu \quad (11)$$

ここで、 $\bar{\mu}$ は任意の基準時間から考えて累積需要が累積供給を上回る量の上限、 $\underline{\mu}$ は反対に累積需要が累積供給下回る下限を、 μ は蓄熱槽等の容量を表すものとする。式(8)は0時から23時までのエネルギー供給の合計がエネルギー需要の合計を上回る制約を表現しており、式(9) (10)は0時から任意の時刻 τ までの間のエネルギー需給バランスの超過を表現している。

(2) スーパーストラクチャの設定

各種の分散型システムを一般化した、スーパーストラクチャを設定する必要がある。ここでは、対象地域において実際に採用されている一般システム型、コージェネレーション型、ヒートポン

プ型、排熱利用型の4類型をサブクラスとしても一般的な構造を考える。ガスエンジン、ボイラーからの排熱は熱交換機を経由して温熱需要に充当されるものとする。また、排熱利用設備は清掃工場等の熱源より熱を輸送するために必要となる熱導管等のコストであるため、位置関係に依存し、一律に設定することはできない。

2.1.6 実事例との比較によるシステムの信頼性検証

(1) 対象地区の概要

具体のプロジェクトを対象とした、実際の実現可能性調査（FS調査）結果と計画支援モデルによる出力結果の比較にもとづき、モデルの妥当性を検証する。対象地区の概要を図2.1-8に示す。対象地区の周辺にLNG基地の立地が計画されていることから、地域エネルギーとしての天然ガスの活用が検討されている。また、東日本大震災の被災地域の一つであり、その復興の課程にある。そのため、土地利用・インフラデザイン等を柔軟に考慮することが検討されており、エネルギーシステムと都市計画の連動した設計が可能となっている。以上の背景により、施設農業、宿泊施設、温浴施設等の熱需要密度の高い主体の立地が計画されている。しかしながら、基準計画における熱需要密度は1.0 (TJ/ha)程度であり、前述した地域エネルギーシステム導入の従来基準である4.2 (TJ/ha)を大きく下回っている状況である。

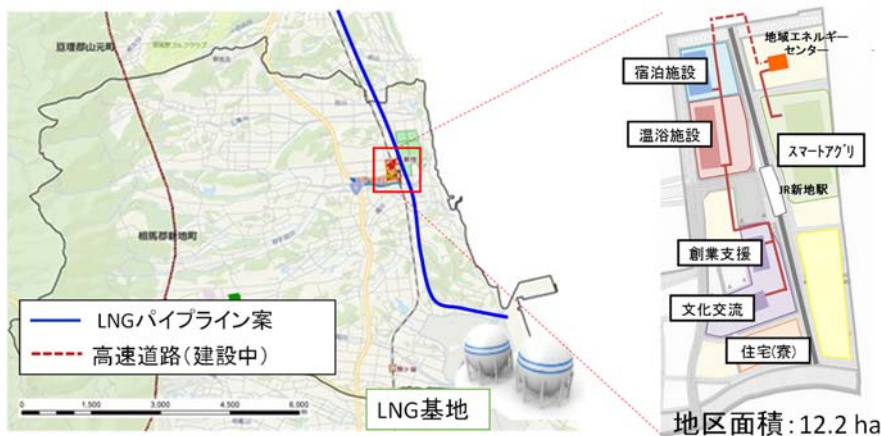


図 2.1-8 ケーススタディ地区（新地駅周辺地区）

(2) ケースの設計

新地駅周辺事業を対象として実際に実施されてFS調査において採用されたケース設計を踏襲し、電力供給方法として、特定供給、自己託送と電力供給施設を組み合わせた3ケースについて検討する。なお、熱供給対象はいずれのケースにおいても同一の施設とする。

特定供給とは、密接な関係のある近隣の需要施設へ自営線を敷設しコージェネ等により発電した電力を供給することである。需要の50%までは系統よりバックアップを受けることができる。需要施設へ直接販売により高い販売価格が期待でき、非常時送電も可能であるためBCP (Business continuity planning、災害時においても事業継続を可能とするための方法、手段などを取り決めておく計画)にも寄与するが、自営線の建設や維持管理にコストと責任が発生する。

自己託送とは、密接な関係にある需要施設へ系統を介してコージェネ等により発電した電力を供給することである。関連施設全体で発電電力利用ができ、自営線等の設備は不要であるが、同時同量制御が必要となり、系統と一体となるため防災対応電源としての機能は持てない。また、託送費が必要となり実質的な販売価格が安価となることや電力会社の接続制限に係る可能性の考慮も必要となる。

Case1 は再開発地区へ特定供給での電力供給を実施するケースである。Case2 は、再開発地区の中でも、特にコアとなる施設に特定供給を実施し、地区外の町役場等に託送で電力供給を実施するケースである。Case3 は再開発地区へ特定供給を実施するとともに、町役場等に託送で電力供給を実施するケース。以上を表 2.1-4 にまとめる。

表 2.1-4 検討ケースの想定内容

	Case1	Case2	Case3
電力供給 (特定供給)	ホテル、健康増進、複合交流、インキュベーション、スマートアグリ	複合交流、インキュベーション	ホテル、健康増進、複合交流、インキュベーション、スマートアグリ
電力供給 (託送)	-	町役場、学校	町役場、学校
熱供給	ホテル、健康増進、複合交流、インキュベーション、スマートアグリ	ホテル、健康増進、複合交流、インキュベーション、スマートアグリ	ホテル、健康増進、複合交流、インキュベーション、スマートアグリ

(3) FS 調査とモデル推計値の比較

ケースごとに、FS 調査結果とモデルによる最適化計算の結果の比較を行う。モデルでは、コージェネレーションシステムの中核となる、ガスエンジンの容量を FS 調査結果と同等の容量に固定した場合 (MOs) とエンジンの容量も選択可能とした場合 (MOb) の 2 ケースについての計算を実施した。

図 2.1-9 と図 2.1-10 に初期投資コストと年間収支の比較結果を示す。ほぼ同等の結果が得られている。概ね良好な再現性が得られるモデルのパラメータの特定が出来た。システムの運転状況について表 2.1-5 と図 2.1-11 に示す。

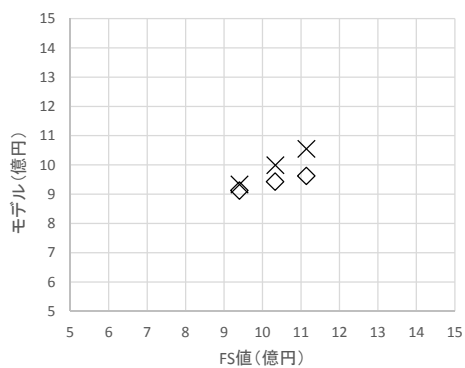


図 2.1-9 投資費用の比較

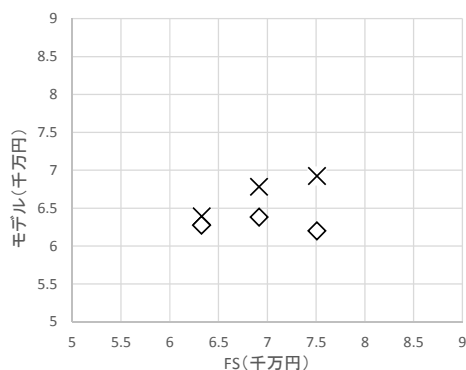


図 2.1-10 年間収支の比較

表 2.1-5 コージェネレーションシステム運転状況の比較

		Case1			Case2			Case3		
		FS	MOa	MOb	FS	MOa	MOb	FS	MOa	MOb
発電機容量	kW	175	175	385	735	750	420	1,050	1,050	490
発電電力	MWh/年	1,051	915	1,608	1,709	1,714	1,697	2,727	2,632	2,559
設備稼働率	%	69%	65%	52%	27%	47%	49%	30%	59%	61%
都市ガス使用量	千 Nm ³ /年	274	237	353	412	380	380	653	562	587
排熱回収量	GJ/年	5,676	4,942	5,363	5,521	5,910	6,052	7,937	7,883	9,841
排熱有効利用量	GJ/年	5,450	4,922	5,363	5,057	5,789	5,930	6,957	6,712	8,129
排熱利用率	%	96%	100%	100%	92%	98%	98%	88%	85%	83%
発電効率	%	34%	34%	40%	37%	40%	39%	37%	41%	38%
排熱有効回収率	%	49%	51%	37%	30%	37%	38%	26%	29%	34%
総合効率	%	83%	85%	77%	67%	77%	77%	63%	70%	72%
年間電力負荷	MWh/年	1,823	1,719	1,824	1,709	1,677	1,661	2,721	2,580	2,546
年間熱負荷	GJ/年	14,178	11,533	11,533	14,291	11,534	11,534	15,463	11,534	11,534
排熱依存率	%	38%	43%	46%	35%	50%	51%	45%	58%	70%
発電電力寄与率	%	58%	53%	88%	100%	102%	102%	100%	102%	101%

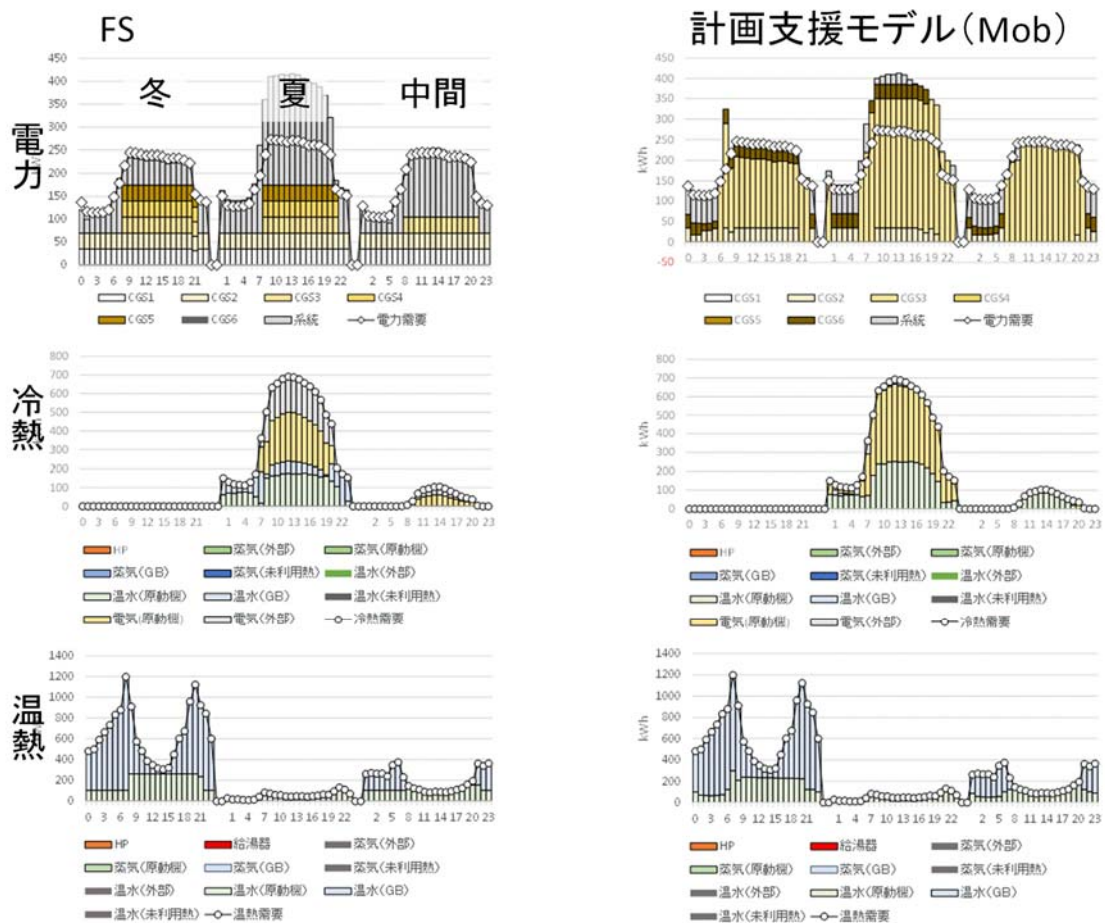


図 2.1-11 システム運転状況の比較 (Case1、FS と MOb)

2.1.7 まとめ

本研究では、地区レベルのエネルギー供給事業について、その実態を解明することを目的として、データ解析を行うとともに、数理最適化モデルを活用して、そのポテンシャル評価を実施した。まず、データ解析より以下の点が明らかになった。

- ・首都圏において、81 区域で稼働中の熱供給事業は大半が利益を上げる構造となっており、事業規模が大きくなるにしたがって収益も大きくなる。
- ・地域熱供給事業のエネルギー価格の設定は代替的なシステムと比較して、必ずしも安価な価格設定とはなっていない。したがって、需要家に対してコストメリットを提供できていない可能性がある。
- ・エネルギーフローに基づいて地域エネルギーシステムの効率性を評価した結果、熱エネルギーの製造方法により大きな差異があることが分かった。特にコージェネレーションを用いたシステムは効率が高く、ボイラーにより熱供給のみを行うシステムの効率が低く評価された。
- ・CO₂ 排出量を算定し、代替的なエネルギー供給方法と比較することで CO₂ 排出量の削減効果を評価した。その結果、小規模地区の多くにおいて CO₂ 排出量の削減効果が得られないという結果

になった。

次に設計支援モデルを援用して、新地駅周辺整備事業の評価を実施した。その結果、実設計との整合性の高い支援モデルを構築することができた。

1. 中田俊彦, 被災地域における自律・分散型エネルギーシステムの構築: 地域社会をデザインするには (特集 東日本大震災と原発事故(シリーズ 15)被災地域コミュニティの復興と再生). 環境と公害, 2015. **44**(3).
2. 地球温暖化対策推進本部, 日本の約束草案. 2015.
3. 経済産業省, 長期エネルギー需給見通し. 2015.
4. 名古屋知志, 下田吉之, and 水野稔, 地域熱供給システムの省エネルギー性評価に関する研究 全国 123 プラントのデータを基にした要因分析と CGS 評価手法の検討. 日本建築学会環境系論文集, 2007. **613**: p. 87-93.
5. 曹, 鳴. and 俊. 尾島, 東京都心部における地域冷暖房の稼働実態調査研究. 日本建築学会環境系論文集, 2007(620): p. 75-81.
6. 佐土原, 聡., et al., 日本全国の地域冷暖房導入可能性と地球環境保全効果に関する調査研究. 日本建築学会計画系論文集, 1998(510): p. 61-67.
7. Xu, J.Z., et al., *Research, development and the prospect of combined cooling, heating, and power systems*. Energy, 2010. **35**(11): p. 4361-4367.
8. Piacentino, A. and C. Barbaro, *A comprehensive tool for efficient design and operation of polygeneration-based energy mu grids serving a cluster of buildings. Part II: Analysis of the applicative potential*. Applied Energy, 2013. **111**: p. 1222-1238.
9. Mago, P.J. and L.M. Chamra, *Analysis and optimization of CCHP systems based on energy, economical, and environmental considerations*. Energy and Buildings, 2009. **41**(10): p. 1099-1106.
10. 福田, 桂., et al., エクセルギー概念に基づくコージェネレーションシステムの総合効率評価. 日本エネルギー学会誌, 2008. **87**(4): p. 285-290.
11. 戸川卓哉, et al., 地域特性に応じた分散型エネルギーシステムの設計支援フレームワーク. 土木学会論文集 G(環境), 2015. **71**(6): p. II_139-II_149.
12. 横山良平, 分散型エネルギーシステムの最適設計 —設計と運用の階層的關係を考慮したアプローチを中心として—. Proceedings of the Twenty-Sixth RAMP Symposium, 2014: p. 85-98.
13. 田中洋一 and 福島雅夫, 数理計画法によるコージェネレーションシステムの最適設計. システム制御情報学会論文誌, 2008. **21**(7): p. 201-210.

2.2 復興シナリオを評価するマクロモデルの開発と将来シナリオの開発

本項では地方自治体の人口・産業・環境の将来像を検討するためのマクロモデルの開発とこれを福島県新地町に適用して同町の課題に対応した 2060 年までのシナリオを構築し、開発したモデルの例を示すとともに、東日本大震災からの復興を目指す自治体において人口と産業の関係を考慮することが地域の総合計画策定にとって有用であることを示す。

2.2.1 復興シナリオを評価するマクロモデルの開発

(1) モデルの設計思想

復興シナリオを評価するためのマクロモデルとして「地域スナップショットモデル」を開発した。本モデルは操作的に様々な将来シナリオを作成し、地域の目標達成に必要な条件を検討するためのものである。ある地域が「人口維持」「産業の活力向上」のような目標を掲げたとき、本モデルを利用することでそれらを統合的に定量化し、それらの目標が達成される条件を求め、そのような条件を達成するための施策の検討を支援する。そのために内的な整合性を重視し、目標が達成される条件を調べるため操作可能な変数を多く持ち、一方で、より実現する蓋然性が高い将来の予測を行うことは目指さない。これはまず目標ありきとするバックキャストिंगの考え方にもとづく。そのため計量経済学的なアプローチはとらず、モデルの各パラメータは基準年においては統計等を元に推計するが、将来についてはシナリオの想定として操作する。また、比較的小規模（例えば人口1万人程度）の基礎自治体での活用を念頭におく。そのため、まず多くの市町村で入手可能な統計データ（例えば国勢調査、市町村民経済計算、工業統計等）によって構築可能なモデルとする。また、より小規模な自治体では経済の開放性も高まるため、地域内で産業連関構造を検討する意義が小さく、産業連関データ入手が困難であることも考慮して産業連関分析や応用一般均衡モデルのような構造には依拠しない。一方で、一般に経済がより開放的であれば域外（例えば隣接する市町村）へ、あるいは域外から、通勤通学する者の割合が高くなることから、域外との通勤関係は明示的に考慮する。

次に、本モデルでは総合計画等の参考となるよう地域の活動全体を統合的に表現することを重視し、また結果の解釈を容易にするため、モデル内の分野の分類については比較的シンプルな構造とする。そのため各分野における具体的な施策、例えば補助金の支給による効果、については本モデル内では具体的には定式化せず、パラメータ化する。すなわち、ある施策はモデル内のあるパラメータをある方向に動かすものとして整理するが、そのパラメータ及び変化量は外生的に与えられるものとする。このような設計思想のもとでモデルを定式化した。図2.2-1にモデル構造の概要を示す。モデルの詳細については五味ら（2015）に示した。

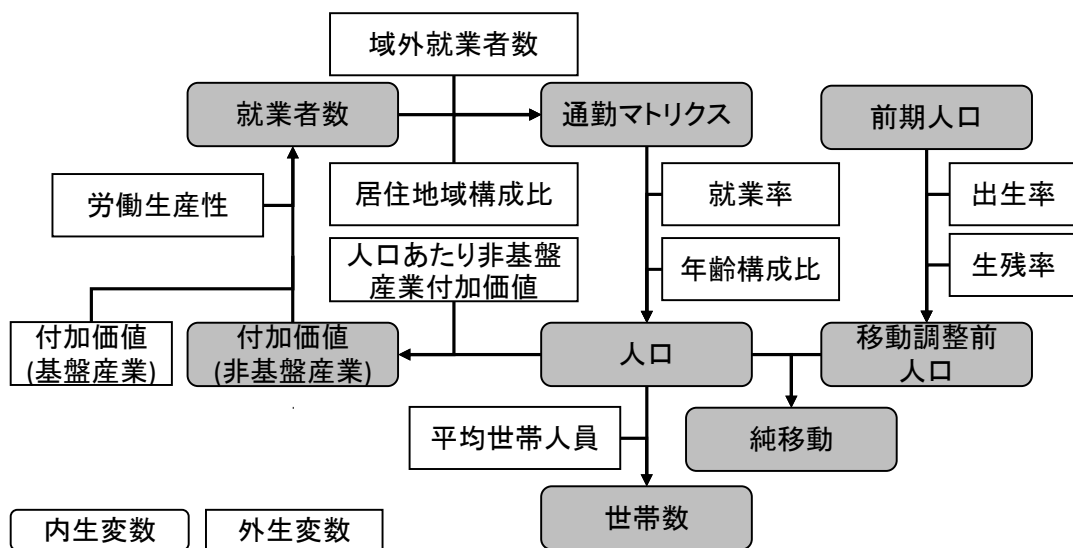


図 2.2-1 地域スナップショットモデルの構造

2.2.2 福島県新地町における復興のマクロシナリオの構築

(1) 対象地域の現状

1) 社会経済状況

対象地域である福島県新地町について、低炭素市地域計画に関連する人口、経済等のこれまでの推移及び現状を調査した。図 2.2-2 に国勢調査による 1980 年から 2015 年までの人口の推移を、図 2.2-3 に同じく 2000 年と 2010 年の人口の構成を示す。総人口は 1995 年に 9093 人で最高を記録した後、2010 年までの 15 年間で約 10%減少している。しかしながら、震災前の 2010 年と震災後の 2015 年とではほぼ同じ人口となっている。なお、2000 年には 8%だった 75 歳以上人口の割合は 2010 年には 11%に増えており、高齢化が進んでいる。図 2.2-4 に 1980 年から 2010 年までの新地町の町内総生産の推移を示す。1995 年に 809 億円で最高を記録した後、2010 年までに約半減している。図 2.2-5 に新地町と周辺地域との通勤関係を示す。新地町に常住する就業者の 52%は町外へ通勤し、新地町で従業する就業者の 42%は町外から通勤している。開放的な経済であることが分かる。また、新地町は東日本大震災の被災地であり、死者 116 名、住宅全半壊 577 戸、常磐線新地駅や史蹟・観海堂が流失するなどの被害を受けた。580 個の仮設住宅を設置、その後 2014 年末より防災集団移転促進事業により整備した住宅団地（防集団地）、及び災害公営住宅への入居が始まった。大きな被害を受けた沿岸部は未だ整備中であり、常磐線新地駅の再開は 2016 年末を目標に進められている。新地町には（株）相馬共同火力発電の新地発電所（石炭火力、1 号機出力 100 万 kW、2 号機出力 100 万 kW）が立地している。一帯は相馬中核工業団地として整備されており、製造業が立地しているが、ここ（株）石油資源開発が LNG の輸入基地を建設する計画を 2014 年に発表した。建設投資 600 億円、建設中の雇用 1000 人程度の規模であり、2010 年の新地町の就業者数約 3900 人と比較すると町の経済に対して大きな影響があることが予想される。

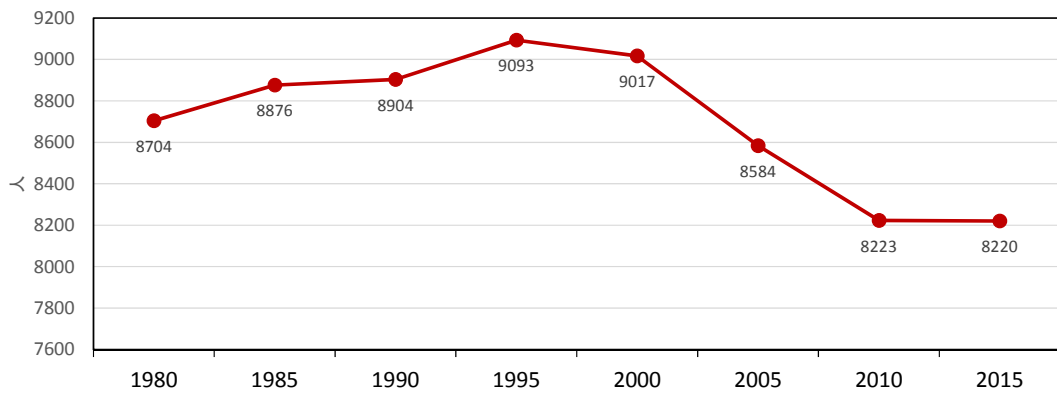


図 2.2-2 新地町の人口推移 出典：国勢調査

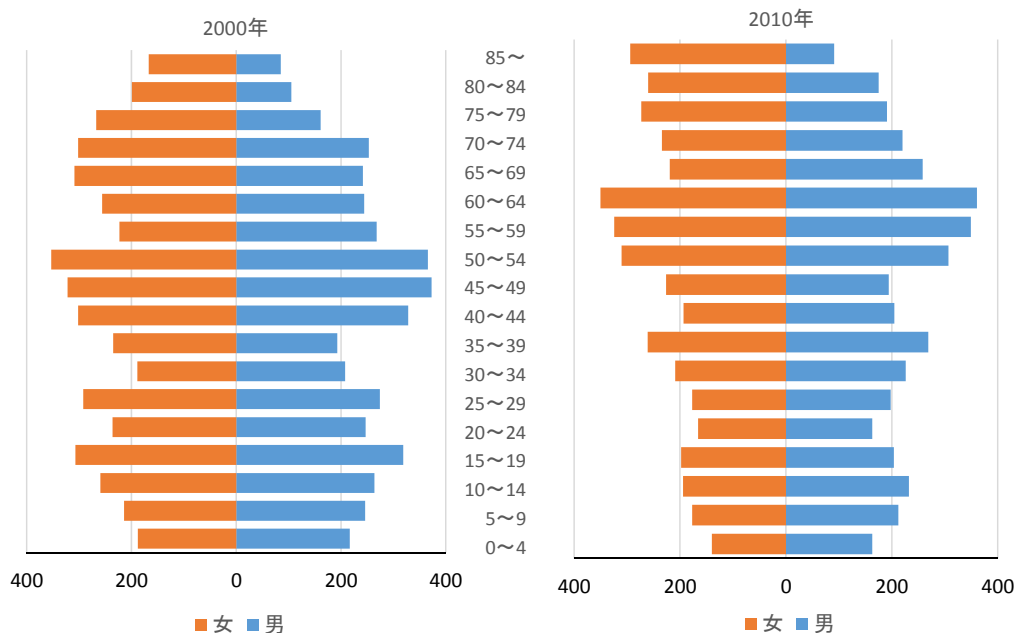


図 2.2-3 新地町の人口構成

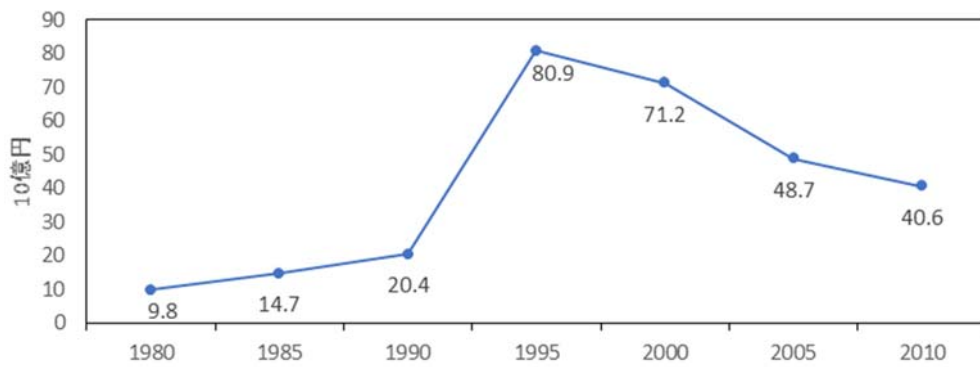
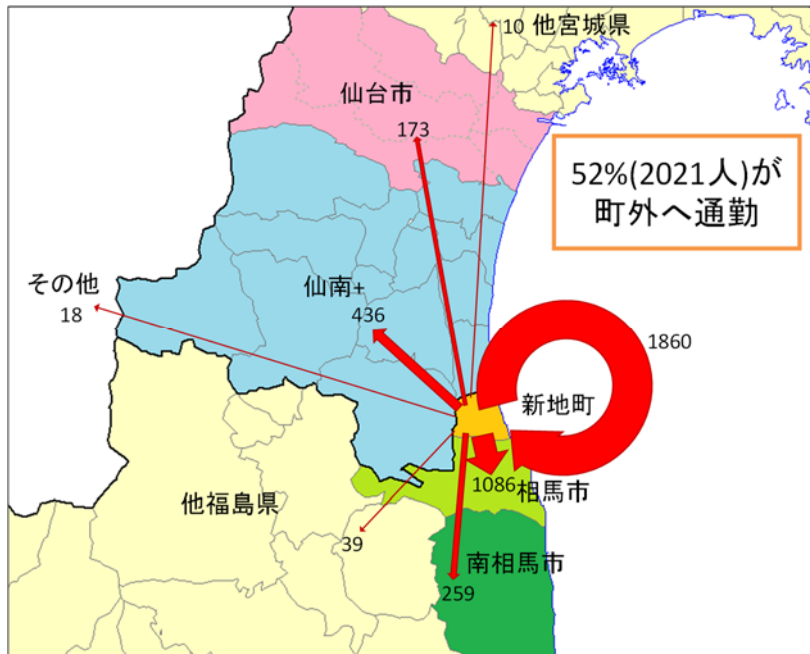
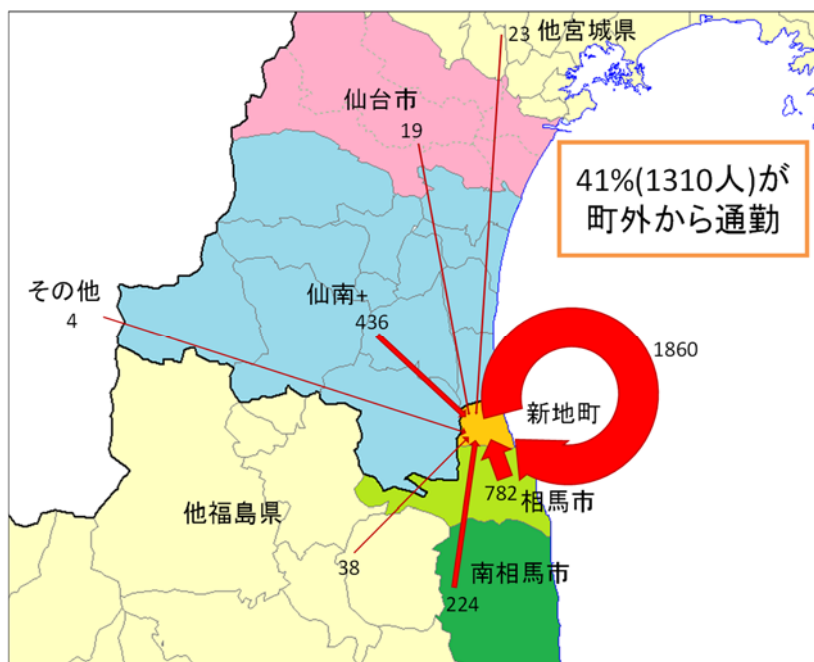


図 2.2-4 新地町の町内総生産の推移 出典：福島県市町村民経済計算



(1) 新地町からの通勤



(2) 新地町への通勤

図 2.2-5 新地町と周辺地域との通勤関係(2010年) 出典：平成22年国勢調査

2) 対象地域における将来シナリオの検討課題

新地町でマクロ的な将来の社会経済シナリオを検討するにあたって、町の担当者にヒアリングを行い、課題を整理した。まず、東日本大震災の津波被災地である新地町としては震災からの復興が目下最大の課題であるが、復興事業としての社会基盤や住宅の建設は数年で完了する。その後は震災以前からの問題である人口流出、特に比較的若い世代の転出に歯止めをかけて町の人口を維持(ないし減少を緩和)すること、そのための雇用の創出と定住の促進がマクロ的な政策上の課題となる。また、高齢化に対応して住民の健康や生活利便性を維持向上すること、さらに、福島第一原子力発電所事故を受けて、さらに環境未来都市として、省エネルギー・低炭素な地域づくりをしていくことも町の課題として意識されている。その中で LNG 基地の建設は大きなインパクトがあると考えられており、これを契機として関連産業の誘致や低炭素型のまちづくりに繋げることが出来るのではないかと期待されていることが分かった。そこでマクロ的な将来シナリオ構築にあたっては以下の各点を考慮することとした。すなわち、町の人口を維持するための産業や定住の条件を求めること、復興需要が一段落したあとの産業の姿を描くこと、LNG 基地と関連産業による経済・雇用・人口への影響を検討すること、低炭素型のまちづくりによる人口維持と産業振興を検討すること。特にこのうち人口維持について町の関心が高かったため、関連する施策分野の整理を行った。

(2) 地域のニーズを踏まえた将来シナリオの構築

1) 人口維持に関連する施策分野の整理と人口維持目標

人口動態は出生・死亡・及び移動によって決定される。これを人口維持のための施策検討の視点から見ると、すでに居住する住民の出生率の増加、同じく死亡率の減少、同じく転出の減少、そして域外からの転入の増加に分類することが出来る。なお、施策としては転出の抑制を「定住」の促進、転入の増加を「移住」の促進と、それぞれ呼ぶことがある。理論的には政府や地方公共団体の行う様々な施策のうち、最終的にこれらに繋がると考えることが出来るものは多数ある。例えば治安の維持や都市公園の整備等は住環境の改善に繋がることから、間接的に定住・移住を促進するかもしれない。しかしそのような施策の効果を定量化するには統計的分析が必要となるうえ、ある特定の地域でこれから行われるこうした施策の効果を事前に推計することは妥当性の面で課題があり、そのような手法の開発を待たねばならない。そこで本年度は比較的関連の明瞭な施策分野を対象として、次の五分野に整理した。①製造業の雇用維持・拡大、②農林水産業の振興・回復、③就業者の定住促進による世帯数増加、④子育て支援による出生率向上と世帯数増加、⑤町内の商業・サービス業での消費拡大。

また、町より目標としたい 2060 年までの人口の推移が示されたため、シナリオ構築にあたってはこれを人口維持目標の与件とした。シナリオは追加的な施策を行わない「なりゆきシナリオ」と、人口維持目標を達成する「人口維持シナリオ」を構築する。なりゆきに対する人口増加に対して、上記五つの施策分野のそれぞれの貢献度、すなわち、各施策分野による人口増加数を計算する。

2) 将来シナリオの定量化の方針

計算にあたっては平成 26 年度に構築したシナリオをベースとする。「なりゆきシナリオ」につ

いては、現状の人口をベースに、国立社会保障・人口問題研究所（2008）による同町のパラメーター（出生率（子ども女性比）、新生児の性比、死亡率、純移動率）を利用して2060年までの人口を推計し、これにほぼ相当する産業生産額等の推移を計算する。また、各施策分野の貢献度を分析するために、なりゆきシナリオに対して上記①～⑤に対応する変数の想定を番号順に積み重ねていく。例えば①では製造業・エネルギー産業の生産額をなりゆきよりも増加させて計算して結果を得たのち、②では①の想定に加えて、農林水産業の生産額をなりゆきよりも増加させて計算を行う。このようにすることで毎回の計算結果の前の計算結果との差が、新たに変更を施した変数に対応する施策の貢献度とみなすことが出来る。なお、この方法では交絡因子がある場合に変数への貢献度の帰属が不正確になり、計算順序を変えることで結果が異なることが知られているが、ここではその影響は十分に小さいものであったので無視できるものとみなしてこの方法を採用した。

3) 想定 of 定量化

各施策分野に対応する想定の一覧を表 2.2-1 に示す。これらの水準の決定にあたって、産業立地については土地利用の制約を考慮したほか、他地域の水準等を参考にして設定した。また、現状として2010年を基準年とした。これは国勢調査のデータが入手可能なためである。なお、シナリオの対象は新地町であるが、他地域との通勤関係も考慮して就業者数・人口を決定するモデルであるため、特に関係の深い相馬市及び南相馬市は同様に計算を行った。そのため、相馬市や南相馬市への通勤についても考慮されている。また、表中の「基盤産業」「非基盤産業」とは地域経済学による産業分類の考え方である。基盤産業は主に域外からの需要に対して供給する産業であり、通常、農林水産業、鉱業、製造業、観光業などが含まれる。一方、非基盤産業とは主に域内の需要に対して供給する産業であり、通常、商業、サービス業等が含まれる。ただしこれらは固定的なものではなく、例えば電力供給業をみると、大規模な発電所が立地している地域では域外からの需要が中心となるが、そうでない地域での電力供給業は契約やメンテナンス等、域内の需要が中心となる。またそれらがおよそ5割ずつということもありえる。このような需要の構造は産業連関分析を用いることでよく表現することが出来るが、本モデルでは基礎自治体での活用を念頭において開発したため、構造を単純化するために基盤産業と非基盤産業に産業を分類している。

表 2.2-1 想定の一覧

		なりゆき	①製造業の雇用維持・拡大	②農林水産業の振興・回復	③就業者の定住促進による世帯数増加	④子育て支援による出生率向上と世帯数増加	⑤町内の商業・サービス業での消費拡大
付加価値	農林水産業	2020年以降2.5%/年で減少	なりゆきと同じ	農業：2020年以降0.5%/年で成長、2050年以降一定 林業、水産業：2020年以降、基準年水準で一定	②と同じ	②と同じ	②と同じ
	製造業	2020年以降2.5%/年で減少	2020年から2030年まで3%/年、それ以降0.5%/年で成長	①と同じ	①と同じ	①と同じ	①と同じ
	エネルギー産業	2020年以降、LNG基地により基準年の2倍に	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ
	建設業	2015年は復興及びLNG基地建設のため基準年から100億円増加 2020年に基準年値に戻り、以降0.5%/年で減少	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ
出生	子ども女性比	2030年以降、基準年から10%低下	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ	2020年以降8%増加	④と同じ
	転入者の子ども構成比	基準年の値で一定	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ	2020年から2050年まで、転入者中の0～14歳人口を8%ポイント増加	④と同じ
雇用	域内雇用率	2020年以降、基準年から3%減少	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ	非基盤産業：2020年以降、基準年から3%増加 基盤産業：2020年以降、基準年から2%増加	③と同じ	③と同じ
	他地域での就業者構成比	基準年の値で一定	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ	相馬市：2020年以降、基準年から0.8%増加 相馬市：2020年以降、基準年から0.3%増加	③と同じ	③と同じ
	相馬地域(新地町、相馬市、南相馬市)以外への通勤者	基準年の値で一定	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ	2020年に基準年から5%増加、2025年以降同14%増加	③と同じ	③と同じ
	女性就業率	基準年の値で一定	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ	2020年以降、20代・30代女性の就業率を5%ポイント向上	④と同じ
	就業者構成比	基準年の値で一定	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ	2020年以降、男性5%ポイント減少、女性5%ポイント増加	④と同じ
消費	一人当たり域内消費額	基準年の値で一定	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ	なりゆきと同じ	2020年以降、平均22%増加

4) シナリオの推計結果

図 2.2-6、表 2.2-2 に人口の推計結果を示す。①～⑤の各推計ケースにおける人口の計算結果の、直前のケースとの差分がそのケースで対象とした施策分野における人口増加への貢献度となる。図 2.2-7 及び表 2.2-3 に貢献度を示す。

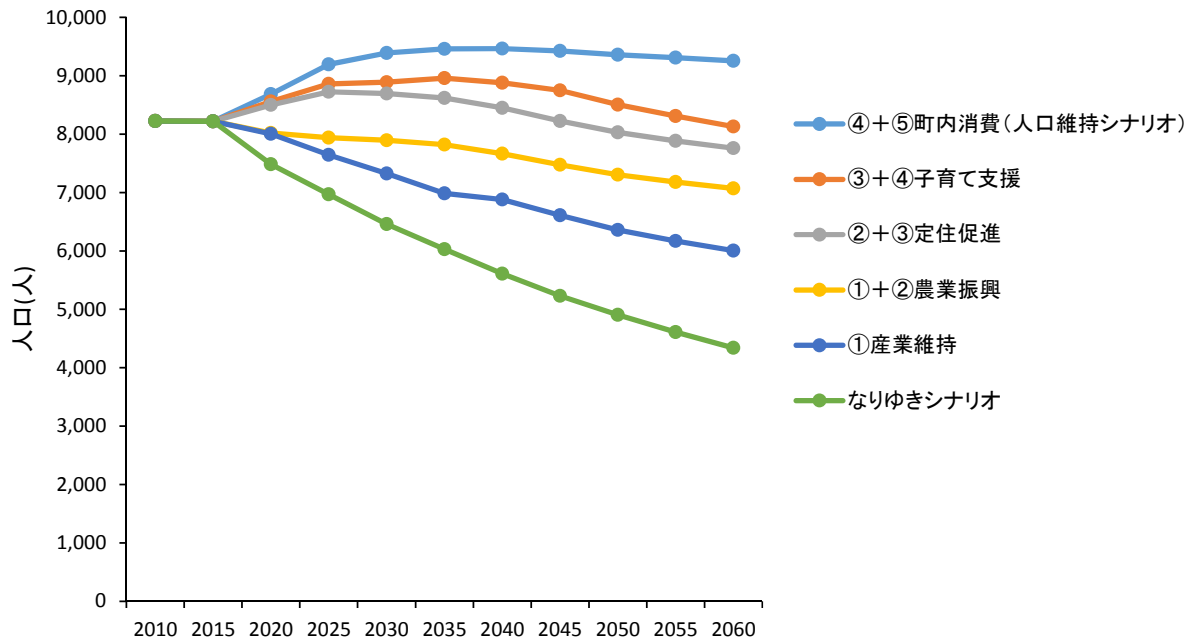


図 2.2-6 人口の推計結果

表 2.2-2 人口の推計結果(単位：1000 人)

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
なりゆきシナリオ	8,22	8,22	7,48	6,96	6,46	6,03	5,60	5,22	4,90	4,61	4,34
	3	0	4	8	2	0	8	7	5	0	1
①産業維持	8,22	8,22	8,00	7,64	7,32	6,98	6,87	6,60	6,36	6,16	6,00
	3	0	6	6	5	4	8	8	2	9	5
①+②農業振興	8,22	8,22	8,02	7,94	7,89	7,81	7,66	7,47	7,30	7,17	7,07
	3	0	2	2	8	9	5	4	5	9	1
②+③定住促進	8,22	8,22	8,49	8,72	8,69	8,62	8,44	8,22	8,03	7,88	7,76
	3	0	9	4	6	0	8	4	1	6	2
③+④子育て支援	8,22	8,22	8,56	8,86	8,89	8,96	8,88	8,74	8,50	8,31	8,13
	3	0	1	0	2	2	1	9	6	1	1
④+⑤町内消費 (人口維持シナリオ)	8,22	8,22	8,68	9,19	9,39	9,46	9,46	9,42	9,36	9,31	9,25
	3	0	7	7	2	0	8	7	0	0	4

f

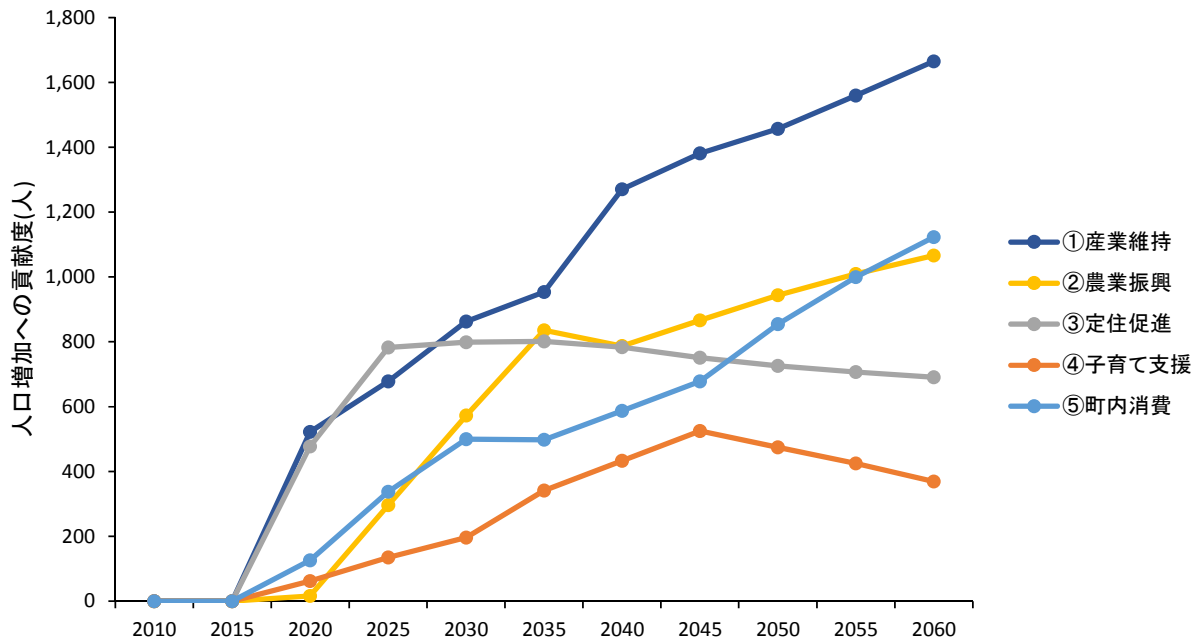


図 2.2-7 人口維持への各施策分野の貢献度

表 2.2-3 人口維持への各施策分野の貢献度（人）

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
①産業維持	522	678	863	954	1,270	1,381	1,457	1,559	1,664
②農業振興	16	296	573	836	786	866	943	1,010	1,066
③定住促進	478	782	798	801	783	751	726	707	691
④子育て支援	62	135	196	342	433	525	475	425	369
⑤町内消費	126	338	499	498	587	678	854	999	1,123

(3) まとめ

本研究の手法、モデルは地域の産業・人口の関係を記述しながら、日本の基礎自治体であれば比較的小規模な市町村であっても入手可能なデータによって構築することができるように定式化されている。またパラメータと地域の課題の関係を整理したことで、地方自治体の目標とする社会像を定量的に明示できるようにした。これを新地町に適用してシナリオ構築とその解釈の例を示した。新地町では現在復興に向けた事業により、また LNG 基地の立地によって、建設業を中心として域内総生産及び雇用が震災以前よりも増加している。また、特に町の関心の高い人口維持に焦点をあて、人口維持目標を達成するための各施策分野の貢献度を推計した。このとき、各施策分野のケース毎の想定（表 2.2-1）はこれらの貢献度（なりゆきに対する人口増加の効果）を得るために必要な条件の一例と解釈することが出来る。これにより、人口維持を目指すときに、どれだけの産業の誘致や、就業者の新地町内での定住、子育て支援策による出生率の増加や 20 代・30 代女性の就業促進が必要になるかを示すことが出来た。

本モデルは地域の様々な分野の発展の可能性をパラメータとして与えることで、ある産業立地計画の地域全体に与える影響や、通勤関係の変化を考慮しながら、地域の目標とする将来像を整合的・定量的に描き出し、目標を達成するために必要な条件を示すことが出来る。復興を目指す福島県、県内の自治体やその他の地域において総合計画策定においてこの手法を双方向的に活用することで、より整合的な目標を検討し、そのために必要な条件の定量的な理解を促し、各分野の施策に対して具体的な達成目標を与えることが出来ると考えられる。

参考文献

- 五味馨, 芦名秀一, 藤田壮, 増井利彦 (2015) 人口・産業の相互関係を考慮した地域将来シナリオ策定手法の開発と福島県相馬地域における適用. 土木学会論文集 G (環境), 71 (6), II_151-II_162.
- 国立社会保障・人口問題研究所 (2008) 日本の市区町村別将来人口推計 (平成 20 年 12 月推計).

2.3 地域 ICT システムを活用した省エネルギーポテンシャルの評価

2.3.1 はじめに

気候変動対策を目的として温室効果ガス排出削減の必要が高まりつつある一方、家電機器の普及、世帯数の増加などにより家庭部門のエネルギー消費量とそれに付随する温室効果ガス排出量は増加傾向にある。このような背景から、家庭部門での省エネルギーを促進し、将来的なスマートグリッド構築を検討するため、時間単位や機器単位での詳細なエネルギー消費量の計測やその分析が進められている。本節では、第一章で構築した地域 ICT システムを活用して、家庭の電力需要の省エネルギーポテンシャルを評価した結果について報告する。具体的には、以下の 3 つの分析・調査を実施した。まず、地域 ICT システムを導入した世帯の世帯情報、電力消費量から、当該世帯の電力消費の特徴を分析した。次に、システム導入世帯を対象にした省エネ促進キャンペーンを実施し、経済的インセンティブおよび省エネ情報を提供した際の省エネポテンシャルを

調査した。さらに、電力の需要用途ごとの省エネ情報提供を目指して、得られた世帯総電力消費量から用途別の電力消費量を推計する電力需要の用途分解手法を開発した。

2.3.2 地域 ICT システムを活用した電力需要特性の分析

(1) 地域 ICT システムの導入と世帯情報の収集

家庭部門の省エネルギーポテンシャルの評価に先立ち、はじめに、地域 ICT システムを導入した世帯の電力需要の特性を分析した。地域 ICT システムは、福島県相馬郡新地町内の一般家庭を対象に導入した。導入世帯は自治体の協力を得て募集し、希望する世帯に電力計測機器およびタブレット端末を設置・配布した。なお、電力測定機器の設置の都合上、戸建持家世帯のみを導入対象としている。電力測定機器は各世帯の分電盤横に設置し、15分毎の総電力と個別6系統の電力消費量を計測できる。配布したタブレット端末には専用のアプリケーションがインストールされており、これを通じて家庭の電力消費量などの情報が導入世帯に提供される。電力消費量の測定は2014年6月より順次開始し、2016年4月現在も継続している。地域 ICT システムの概要、および、システムの構築方法については、1.1.1 節を参照されたい。

導入世帯を対象に、上記の地域 ICT システムの導入と並行してアンケート調査を実施し、世帯人数や家族構成などの世帯情報および家電保有台数や在宅時間などの情報を収集した。以下では、2015年2月までに電力の計測を開始した世帯のうち、アンケートを回収できた26世帯を対象に、世帯特性および電力需要特性を分析した。

(2) 地域 ICT システムの導入世帯の世帯特性・電力需要特性

世帯人員数別世帯数が総世帯に占める割合を図 2.3-1 に示す。地域 ICT システムを導入した世帯は戸建世帯に限定しているため、世帯人員数が多い世帯の割合が高い一方で、単身世帯などの小規模な世帯の割合が低いことがわかる。電力計測機器を設置した実家庭の電力需要調査の多くは都市部を対象としているため、マンションなどの世帯規模の小さな家庭の電力データが中心であった(岩船ら(2013)、向井ら(2014)、向井ら(2015))。そのため、本調査で得られたデータは、復興地域の実測データであることに加えて、世帯規模の大きな世帯が多い地方部の家庭部門の電力消費特性を検討する際にも有用と言えよう。

オール電化世帯が総世帯に占める割合を図 2.3-2 に示す。地域 ICT システムを導入した世帯のオール電化比率は、東北地域のストックベースと新築ベースの間だった。地域 ICT システムの導入対象とした世帯で比較的築年数の浅い住宅が多かったことが影響しているといえる。

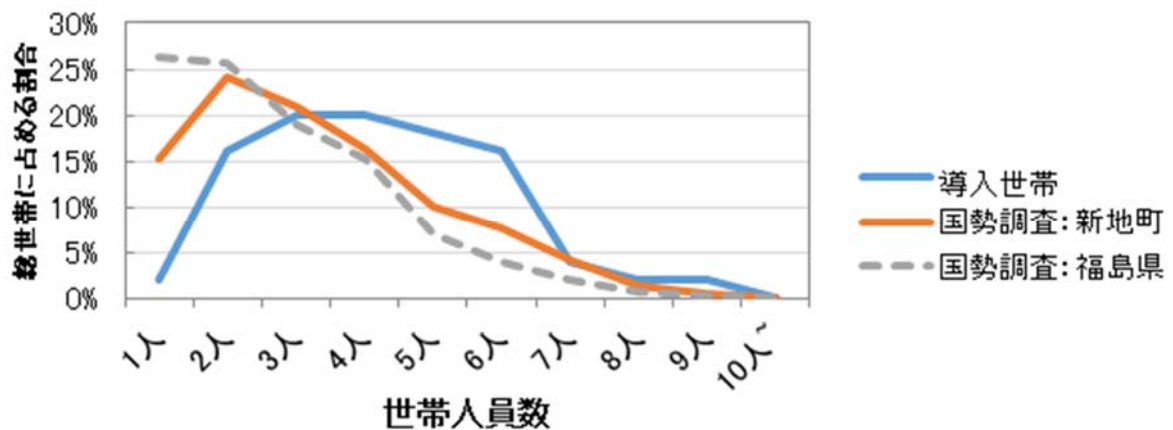


図 2.3-1 世帯人員数別の世帯割合
(白木ら (2015) 発表資料より作成)

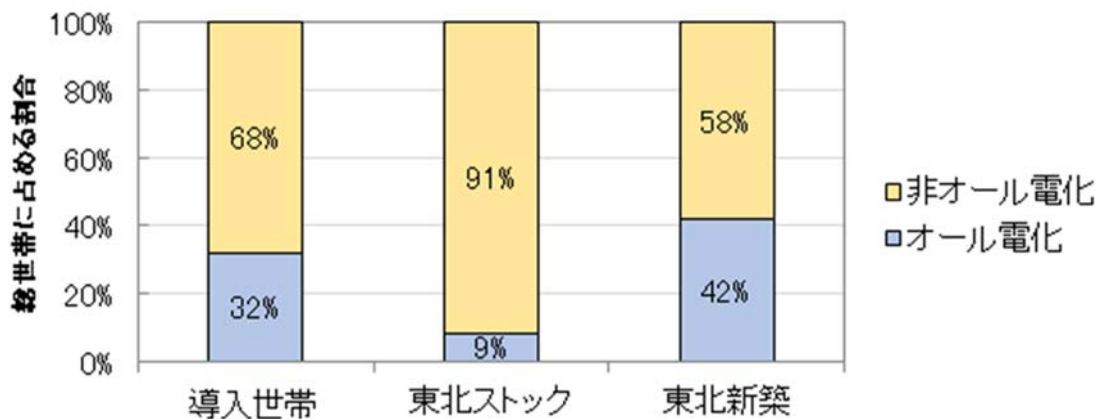


図 2.3-2 オール電化世帯の割合
(白木ら (2015) 発表資料より作成)

(3) 地域 ICT システムの導入世帯の世帯特性・電力需要特性

年間電力消費量別の世帯数分布を図 2.3-3 に示す。年間電力消費量が 3000kWh 程度の世帯から年間で 13000kWh 以上の世帯まで幅が広い。当然ながら、電気給湯器を保有している世帯の年間電力消費量が大きい結果となった。導入世帯の年間電力消費量の中央値は 5,353kWh であった。これは 2013 年の東北地域の平均年間電力消費量 (5,560kWh) (住環境研究所 (2015)) と同程度の値である。地域 ICT システムを導入している世帯は世帯規模の大きな世帯が多いことを考慮すると (図 2.3-1 参照)、地域 ICT システムを導入している世帯は、東北地域の平均よりも電力消費量が小さい可能性があると言えよう。

世帯人員別の平均年間電力消費量を図 2.3-4 に示す。世帯規模が大きくなるに従い年間の電力消費量もゆるやかに増加する傾向にある。また、暖房用のエネルギー源別の平均年間電力消費量を見ると (図 2.3-5)、当然ながら、暖房用エネルギーとして電力を使用している世帯の方が、暖房に電力以外のエネルギーを併用している世帯よりも電力消費量が高い傾向にある。

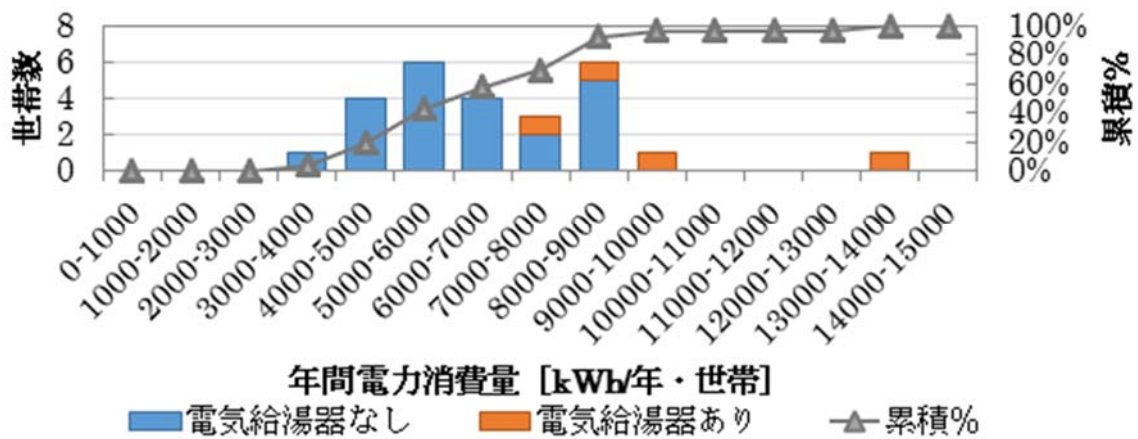


図 2.3-3 年間電力消費量別の世帯数分布

(白木ら (2015) 発表資料より作成)

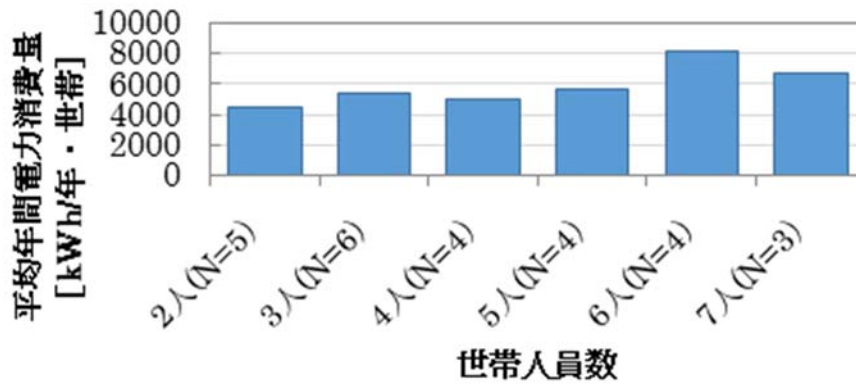


図 2.3-4 世帯人員別の平均年間電力消費量

(白木ら (2015) 発表資料より作成)

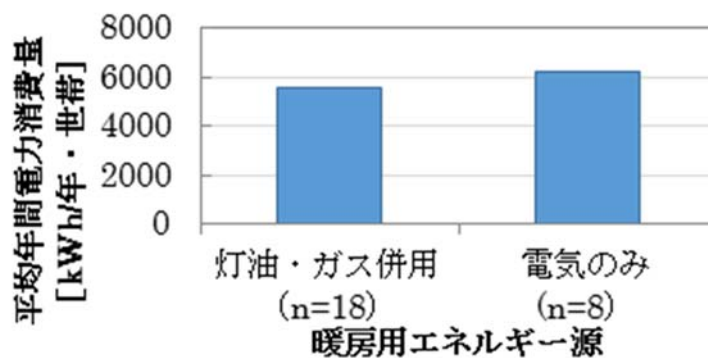


図 2.3-5 暖房エネルギー源別の平均年間電力消費量

(白木ら (2015) 発表資料より作成)

2.3.3 経済インセンティブ・情報提供による省エネポテンシャルの評価

(1) 省エネ促進キャンペーン

経済的インセンティブを付与し、また節電情報を提供した際の省エネポテンシャルを調査するため、地域 ICT システム導入世帯を対象に省エネ促進キャンペーンを実施した。省エネ促進キャンペーンは、2014 年度に三回（第一回：9 月 8 日～21 日、第二回：11 月 5 日～18 日、第三回：3 月 8 日～21 日）実施した。キャンペーン期間前に、配布したタブレット端末を通してキャンペーンの参加申し込みを受け付けた。キャンペーンの参加世帯は、第一回 22 世帯（50 世帯中）、第二回 12 世帯（50 世帯中）、第三回 24 世帯（57 世帯中）だった。

キャンペーンに参加している世帯は、図 2.3-6 に示すキャンペーン特設ウェブサイトを開覧できる。ウェブページには、当該世帯と全参加世帯の平均節電率、当該世帯の電力消費量の推移、全参加世帯中の最新の節電率ランキング、および、節電率ランキングの推移が表示される。キャンペーン非参加世帯は、全参加世帯の平均節電率のみを開覧でき、他の機能は利用できない。節電率は、キャンペーン 1 週前の平均日電力消費量を基準に、日単位で計算される。なお、ここで参加世帯に対して表示する節電率は、キャンペーンの順位設定のために簡易に設定したものであり、省エネ促進キャンペーンにより得られた省エネポテンシャルとは異なる点に留意されたい。なお、節電率が正となった（節電できている）世帯と節電率ランキングが上位 6 位以内の世帯には、花丸マークが表示される。これは、自世帯の電力消費量が相対的に低いことを自覚した需要家が、安堵感などから消費量を増やしてしまう現象（ブーメラン効果）を緩和することを狙っている。キャンペーンの上位 3 位の世帯には、報奨として 1,600 円、1,200 円、800 円相当の地域で使用できるクーポン券が贈呈される。

第三回キャンペーンの前には、図 2.3-7 に示す省エネアドバイスレポートを配布した。省エネアドバイスレポートは、それぞれの世帯のキャンペーン以前の電力モニタリングデータを用いて世帯毎に作成した。省エネアドバイスレポートは、1 人あたり日電力消費量の推移、冬季の平均的な時刻別 1 人あたり電力消費量、秋季と冬季の用途別電力消費構成、および、当該世帯にカスタマイズされた具体的な節電方法の 4 つの内容を含んでいる。なお、1 人あたり日電力消費量の推移と冬季の平均的な時刻別 1 人あたり電力消費量については、当該世帯の値だけでなく、地域 ICT 導入世帯平均値、および、オール電化/非オール電化世帯の平均値も併せて示した。

なお、省エネ促進キャンペーンの詳細は既報（国立環境研究所（2015））を参照されたい。



図 2.3-6 省エネ促進キャンペーンのウェブページ

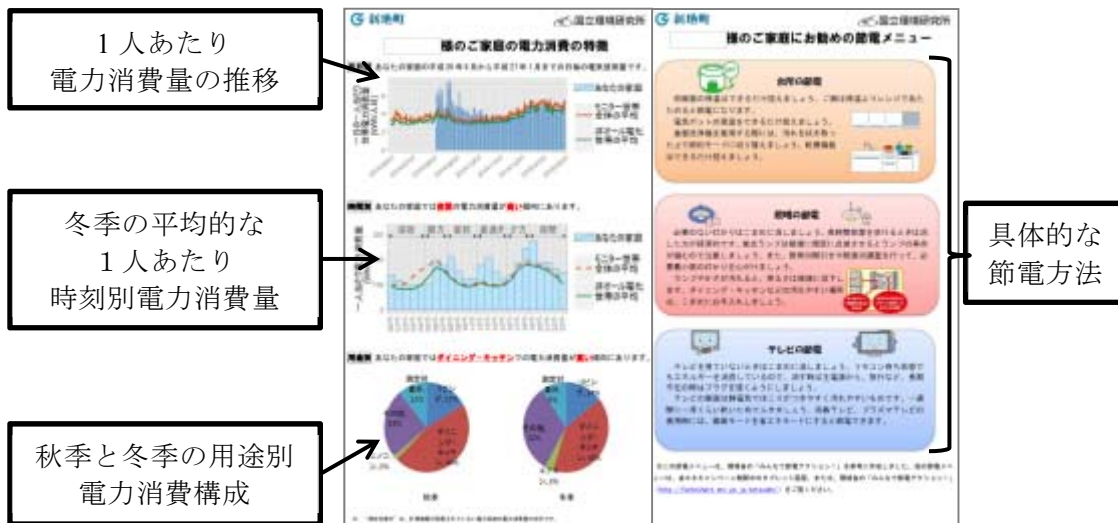


図 2.3-7 省エネアドバイスレポートの例

(2) 省エネ促進キャンペーンによる節電効果の推計方法

個人や家庭、事業者などの分析対象に対して節電促進策を提供し、その効果を定量的に推計する研究は多く行われている。中でも協力者群をランダムに複数グループに分け、節電促進策を提供するトリートメント群、提供しないコントロール群を設定して効果を比較するランダム化比較対照試験が、多くのバイアスを除いた純粋な効果を推計できるとされている（家子ほか（2016）、Ito et al. (2015)）。本研究では、地域 ICT システム導入世帯のサンプル数が限定的であることから、ランダムに群を割り振ることは実施しなかったが、(1)で述べたように協力者の立候補によって、協力者を 2 群に分けて節電促進策を提供するかどうかを決定している。この 2 群の差を抽出する方法としては、Ito et al. (2015) で用いられている固定効果モデルを用いることとした。省エネ促進キャンペーンの節電効果を推計した固定効果モデルを式(1)に示す。

$$\ln y_{it} = \alpha + \beta x_{it} + \gamma W_t + \theta_i + e_{it} \quad (1)$$

ここで、 y_{it} は世帯 i の t 日における日電力消費量、 x_{it} は世帯 i が t 日に省エネ促進キャンペーンに参加している場合に 1 となるダミー変数、 W_t はエネルギー消費量に影響する指標行列（ t 日の日平均気温、前三日間平均気温、 t 日の平均湿度、および、平日ダミー）、 θ_i は世帯 i の固定効果項を表す。また、 α は切片、 β と γ はそれぞれの説明変数に対する回帰係数、 e_{it} は誤差項を表す。

分析には、キャンペーン期間中に計測を開始していた世帯（第一回、第二回：50 世帯、第三回：57 世帯）のうち、欠損値を含む世帯を除いた 48、45、53 世帯の日総電力消費量を使用した。差分の差分法（difference-in difference design）に基づき分析するため、キャンペーン期間の前のデータも固定効果モデル内で扱っている。

(3) 省エネ促進キャンペーンによる節電効果の推計結果

回帰分析の結果を表 2.3-1 に示す。カッコ内の数値は標準誤差を表す。本モデルでは被説明変数として自然対数項を用いているため、表中の値も自然対数値である。そのため、消費量ベース

の削減率は、 $\exp(\beta) - 1$ によって計算できる。エネルギー消費量に影響する指標は、第二回の前三日間平均気温を除き、全て統計的に優位となった。これらの内、夏季に開催した第一回キャンペーンでは気温の回帰係数が正值を示しており、秋季、冬季に開催した第二回、第三回キャンペーンでは気温の回帰係数が負値を示している。一般に、夏季は気温が高くなるほど、冬季は気温が低くなるほど空調等で使用する電力消費量が増加する傾向にあることから、本モデルの推計結果が妥当な結果を示していることがわかる。また、表 2.3-1 の 1 行目は省エネ促進キャンペーンの効果を意味する。9 月に実施した第一回のキャンペーンは、統計的には有意でないものの、0.01 ログポイント (0.96%) の節電効果が観測された。11 月に開催された第二回キャンペーンは、0.05 ログポイント (5.09%) の電力消費量増加効果が観測された。これは、次節で説明する摩耗効果 (慣れや飽きの効果) が影響していると考えられる。省エネアドバイスレポートを配布した第三回キャンペーンは、1%の統計的有意性で 0.029 ログポイント (2.86%) の節電効果が観測された。

福島県の復興地域の戸建て住宅を対象にした本研究で得られた節電効果は、都市部の集合住宅を対象にした同様の研究で得られた節電効果 (10.1%) (向井ら (2015)) より小さかった。これは、世帯人員数の違いが影響していると考えられる。本研究の対象世帯の平均世帯人員数が 4.3 人であるのに対して、既存研究の対象世帯の平均世帯人員数は 2.6 人であった。キャンペーン後に実施した聞き取り調査では、何人かの参加世帯から、世帯構成員の一部がキャンペーンへの関心が低く、非協力的だったと述べている。このような非協力的な構成員が生じる可能性は、世帯規模が大きくなるほど高くなる。この結果からは、世帯規模の大きな戸建世帯で節電効果を高めるためには、非協力的な構成員を特定し、彼らへ効果的なインセンティブを検討することがカギになる可能性がある。

表 2.3-1 省エネ促進キャンペーンの効果

	第一回 キャンペーン	第二回 キャンペーン	第三回 キャンペーン
省エネ促進キャンペーン参加ダミー	-0.010 (0.012)	0.050*** (0.016)	-0.029*** (0.009)
日平均気温	0.008*** (0.002)	-0.018*** (0.002)	-0.025*** (0.001)
前三日平均気温	0.020*** (0.003)	-0.001 (0.002)	-0.006*** (0.002)
日平均湿度	0.001*** (0.000)	0.002*** (0.000)	0.001*** (0.000)
平日ダミー	-0.031*** (0.007)	-0.023*** (0.007)	-0.046*** (0.006)
切片	1.844*** (0.051)	2.714*** (0.028)	2.940*** (0.017)
N (世帯数)	48	45	53

有意性コード: *** 1%, シンボルなし >10%. カッコ内の数値は標準誤差を示す。

各キャンペーン期間中のキャンペーン参加者・キャンペーン不参加者の週別アプリケーション利用回数の中央値を図 2.3-8 に示す。全ての期間で、参加者によるアプリケーションの使用頻度の方が不参加者よりも高い。これは、参加者の方が電力消費量の確認などのアプリケーションの利用への関心が高いことを意味している。キャンペーン間で参加者によるアプリケーションの利用頻度の違いを比較すると、特に第二回キャンペーンの第一週にアプリケーションの利用頻度が低かった（0.5 回/週）。第一回と第二回で同じキャンペーンを繰り返したことにより、参加者の関心が低下したことが要因の一つと考えられる。第二回キャンペーンの第二週にアプリケーションの利用頻度が増加しているが、多くの参加者がアプリケーションを利用した日がキャンペーン最終日に偏っていることから、彼らの最終の節電率ランキングを確認するためにアプリケーションを利用したと考えられる。また、第三回キャンペーンの第一週のアプリケーションの利用頻度が高かった。これは、第三回キャンペーンの前の週に地域 ICT システム導入世帯に対して訪問調査を行ったこと、省エネアドバイスレポートを配布したことの 2 つの要因によって生じたと考えられる。

今回の分析では、アプリケーションの使用頻度が高かった第三回キャンペーンで統計的に優れた節電効果が得られ、アプリケーションの使用頻度が低かった第二回キャンペーンでは逆の効果が得られた。アプリケーションの使用頻度と節電意識、並びに、実際の節電効果との関係を分析することで、省エネキャンペーンや地域 ICT システムの導入がもたらす節電効果の推計につながると考えられる。

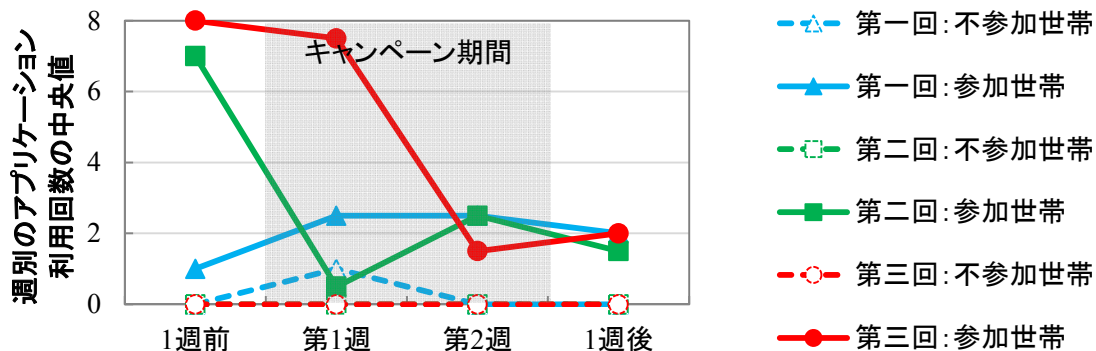


図 2.3-8 省エネ促進キャンペーン参加者／不参加者の週別アプリケーション利用回数の中央値

2.3.4 節電情報提供を目指した電力需要の用途分解手法の開発

(1) 電力需要の用途分解の必要性

2.3.3 節に示した省エネ促進キャンペーンの内、第三回省エネキャンペーンでは、省エネアドバイスレポートを提供して地域 ICT システム導入世帯の節電意識の向上を促した。省エネアドバイスレポートでは、時刻別の世帯総電力消費量データや月平均の用途別電力消費量データを提供している。他方で、より具体的な節電行動を促すためにはより分解能の高い電力需要情報、具体的には、“いつ” “どこで” 電力消費量が高いのかがわかる時刻別用途別の電力需要情報を提供することが有効と考えられる。この解決策として、家庭内で保有している全ての機器に電力計測機器を設置することが考えられるが、計測機器の設置費用を考慮した場合には現実的では無い。そこで、本研究では、世帯の総電力消費量と世帯の家電保有台数や節電意識などから時刻別用途別の

電力消費特性の推計手法を検討した。

(2) 電力需要の用途分解手法

世帯別・時間別の電力消費特性の推計手法として、回帰分析を用いた統計学的手法と、家電機器等の個別データの積み上げによる工学的手法の二通りを検討した。統計学的手法では、世帯の総電力消費量と世帯の家電保有台数や節電意識などを用いた回帰分析により、世帯別・時間別の電力消費特性を推計した。初めに、時間別フラグ（0時～23時）、暖房度時（基準温度14℃）、冷房度時（基準温度22℃）を説明変数、世帯別時間別消費電力消費量を被説明変数とした重回帰分析を実施し、世帯別の時間・気温に対する回帰係数を推計する。その後、地域ICTシステム導入世帯へのアンケート調査により収集した世帯属性情報（表2.3-2）を説明変数、世帯別の時間・気温に対する回帰係数を被説明変数とした回帰分析を実施する。この二段階の回帰式により、アンケート調査より得られた世帯属性情報を基に、時刻別用途別の電力消費量を推計できる。なお、回帰分析には、家電の保有台数以外の変数も使用しているため、家電の保有台数以外の変数に関わる回帰結果は、関係すると思われる機器の消費量に集約化した。具体的には、世帯人数、平日在宅人数は、照明・テレビ・PCなどの消費量を代替していると仮定し、回帰結果を集約化した。また、その他の変数は、集約化してその他家電機器として集約化した。

工学的手法では、モニター世帯の世帯属性（機器構成、世帯構成、平日昼間在宅人数など）および機器の平均的な電力消費量、総務省社会生活基本調査から得られる平均的なライフスタイルを基に、各時間帯の起床在宅人数、機器稼働率を仮定し、各時間帯の電力消費量を推計する。具体的には、電気給湯器や電磁調理器はおよそ決まった時間に稼働するため、それぞれ早朝3～5時、食事時間の一時間前のみ稼働すると仮定した。テレビや照明は、各時間帯の起床在宅人数から稼働率を設定した。冷蔵庫や待機電力は時間を問わず一定と仮定した。また、上記想定した機器ではすべての電力消費を網羅できていないため、調整項を設定し時間を問わず一定に電力を消費する仮定した。

表 2.3-2 収集した世帯属性情報

分類	属性情報項目
暖冷房関連情報	石油ストーブ保有台数、電気ストーブ保有台数、エアコン保有台数、こたつ保有台数、電気カーペット保有台数、扇風機保有台数
給湯関連情報	電気給湯器・HP給湯器保有台数
家電情報	テレビ保有台数、冷蔵庫保有台数、IH調理器保有台数
世帯構成	世帯人数情報、平日在宅人数
家屋情報	築年数、部屋数
その他	省エネ意識（高い、低い）エアコンの暖房利用（あり、なし）

(3) 電力需要の用途分解結果

統計学的手法による時刻別用途別電力消費量の推計結果を図2.3-9に示す。図中の実測値は全世帯の平均電力需要を表す。統計学的手法の推計結果と実測値を比較すると、世帯全体の電力消費量は比較的高い精度で推計できていることが確認できる。しかし、本手法は回帰分析に基づい

ているため、全世帯が保有する機器、具体的には、冷蔵庫の電力消費量を推計できない。加えて、エアコンの消費量など、一部の機器で負の電力消費が生じる推計結果となった。

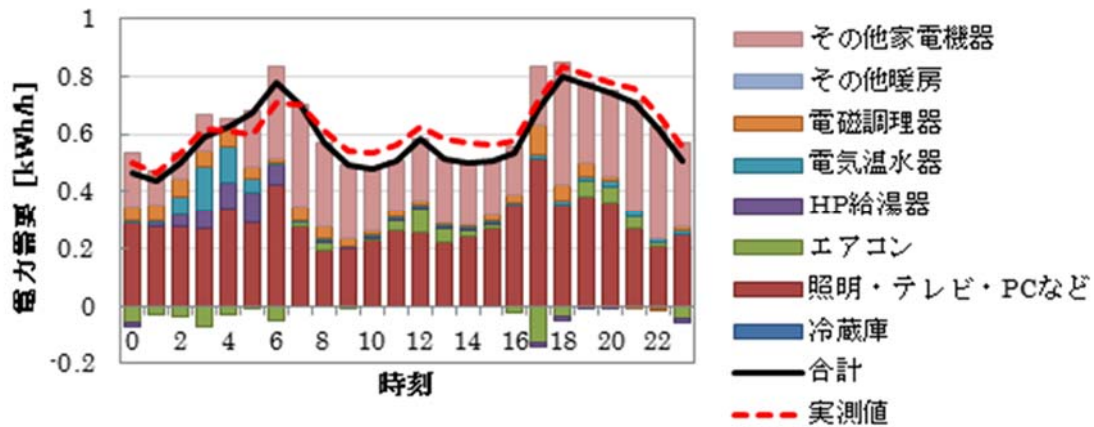


図 2.3-9 統計学的手法による時刻別用途別電力消費量の推計結果

工学的手法による用途分解結果を図 2.3-10 に示す。単純な積み上げ手法で、実測値の約 79% をカバーできた。また、電気給湯器を除いたその他の電力消費量のピーク時間帯を比較すると、工学的手法のピーク時間が朝 7 時・夕方 20 時に生じるのに対して、実測値のピーク時間は朝 6 時、夕方 18 時に生じる結果となった。これは、工学的手法の消費量の大部分を占める照明の電力需要の基礎データとして、全国の平均的な生活時間を利用していることが原因と考えられる。具体的には、地域 ICT システム導入地域の起床時間、帰宅時間が全国の平均的な生活時間よりも早い場合、ピーク時間が早めに生じたと考えられる。以上の結果から、工学的手法による用途分解では、全国ベースの統計値を利用しているため、対象地域固有の消費特性を考慮することが難しいと考えられる。

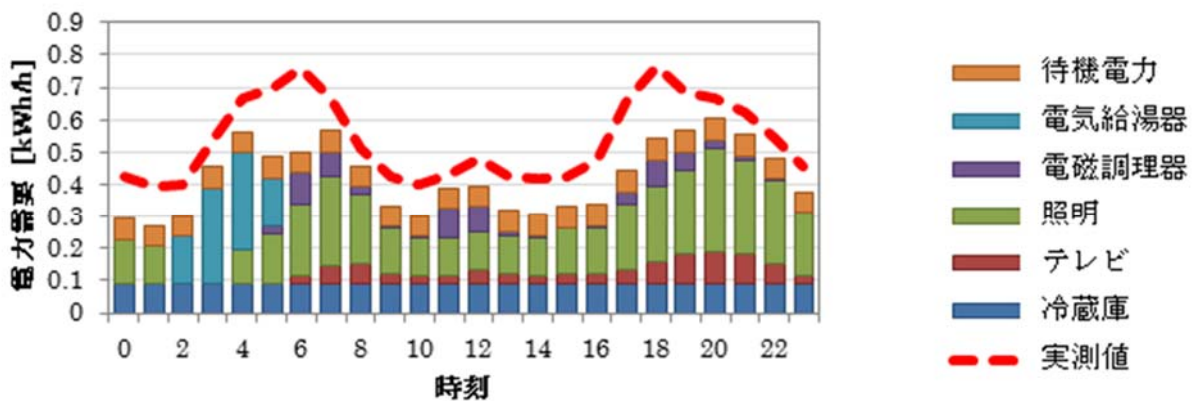


図 2.3-10 工学的手法による時刻別用途別電力消費量の推計結果

本検討では、統計学的手法、工学的手法により家庭の時刻別用途別の電力需要を推計する手法を検討した。統計学的手法は、全消費電力の推計精度は比較的高い一方、冷蔵庫などの普及率の高い機器の用途を分解できないという課題がある。他方、工学的手法は、個別の需要の積み上げ

により電力需要の約 79%をカバーできる一方で、全国的な統計値をベースにした場合には、実測値と乖離が生じるという課題が明らかになった。これらの手法から得られた知見をもとに、より精度の高い用途分解手法を構築することが求められる。

2.3.5 まとめ

本節では、第一章で構築した地域 ICT システムを活用して、家庭の電力需要の省エネルギーポテンシャルを評価した結果について報告した。地域 ICT システムを導入した世帯の世帯情報、電力消費量から、当該世帯の電力消費の特徴を分析した結果、対象世帯は世帯規模の大きな世帯が多く、また、東北地域の平均的な世帯よりも電力消費量が小さい傾向にあることが示唆された。次に、システム導入世帯を対象にした省エネ促進キャンペーンを実施し、経済的インセンティブおよび省エネ情報を提供した際の省エネポテンシャルを調査した結果、特に省エネアドバイスレポートを配布した第三回キャンペーンで 2.86%の日電力消費量の抑制効果があったことが明らかになった。さらに、統計学的手法、工学的手法という異なる手法を用いて、得られた世帯総電力消費量から用途別の電力消費量を推計する電力需要の用途分解手法を開発した。これらの研究成果は、地域から得られる固有の電力消費情報であるため、当該地域内で地域エネルギーシステム構築を検討にあたり、当該地域内の電力需要特性、省エネポテンシャルを推計する際の有益な情報源になりうる。

参考文献

- 岩船由美子，荻本和彦，八木田克英（2013）分電盤計測に基づく住宅用電力消費パターン分析手法，電気学会論文誌 C，133 (5)，1086-1093
- 向井登志広，西尾健一郎，小松秀徳，内田鉄平，石田恭子（2014）高圧一括受電マンションにおける電力ピーク抑制策の実証研究：2013 年夏のピーク抑制・意識変容効果の検証，エネルギー・資源学会論文誌，35 (4)，7-17
- 向井登志広，西尾健一郎，小松秀徳，内田鉄平，石田恭子（2015）高圧一括受電マンションにおける電力ピーク抑制策の実証研究（その 2）：2013 年度冬の効果経時変化と要因検証，エネルギー・資源学会論文誌，36 (4)，1-11
- 白木裕斗，中村省吾，芦名秀一，五味馨（2015）寒冷農村地域における家庭の電力消費特性，第 24 回日本エネルギー学会大会
- 住環境研究所（2015）家庭用エネルギー統計年報 2013 年版
- 国立研究開発法人国立環境研究所（2015）平成 26 年度災害環境研究成果報告書（第 4 編 環境創生研究）
- 家子直幸，小林庸平，松岡夏子，西尾真治（2016）エビデンスで変わる政策形成～イギリスにおける「エビデンスに基づく政策」の動向、ランダム化比較試験による実証、及び日本への示唆～，三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング 政策研究レポート
- Ito Koichiro, Ida Takanori, and Tanaka Makoto (2015) The Persistence of Moral Suasion and Economic Incentives: Field experimental evidence from energy demand, RIETI Discussion Paper Series 15-E-014
- 総務省（2011）平成 23 年社会生活基本調査，

2.4 地域バイオマス資源を活用した森林復興シミュレーション

2.4.1 はじめに

地球温暖化防止対策に加え、東日本大震災後のエネルギーに対する問題意識から、再生可能エネルギーに注目が集まっている。バイオマス資源は、生物が成長によって蓄える生物体そのものをエネルギーとして転用できる、太陽光や水力などと同様な再生可能なエネルギーとして利用可能である。再生可能エネルギー固定価格買取制度に後押しされた形で、バイオマス資源のエネルギー利用が増加傾向にあるが、生物体そのものをエネルギーとして利用するため生物が成長・生息する生態系への影響が大きい。また生態系の連続性を考えた場合、バイオマス利用を想定した農耕や営林は近隣への生態系への影響も大きい。従って、大規模なバイオマス資源の利用は、生態系に配慮した持続的利用可能性を検討する必要があると言える (Ooba et al., 2016)。

一方、全国的な森林状況として、木材不足などの理由から 1960 年代前後に人工林の拡大が行われた (いわゆる拡大造林)。しかしその後、木材の輸入規制緩和とともに国産木材と輸入木材との価格競合が生じた。その結果木材価格は下落し、国内の林業経営は困難な状況に陥った。また中山間地・山間地の高齢化と過疎化によって労働力が低下し林業経営を圧迫している。また燃料革命により薪炭林である里山も放置される状況が続いている (林野庁 (2010) などから)。このため現在、人工林は木材生産のための十分な管理 (下刈りや枝打ち, 間伐など) がおこなわれない森林が存在し、管理率は 45%程度といわれている (天野, 2007)。また近年、山間地の林種が変化したことと、過疎化による人口密度の減少、里山などへの手入れ不足のため、野生動物が宅地や田畑に接近し、トラブルを発生させている。また、手入れがされている里山林でしかみられないような生物種の減少など生物多様性の保全にも問題を生じている。

木材や繊維などの木質バイオマスの供給に焦点が当てられやすいが、森林生態系は広く人間社会へ「自然の恵み」である生態系サービスを提供している。大気中の二酸化炭素の吸収や土砂流出、山地崩壊を防ぐ国土保持、水源涵養、またレクリエーションの場の供給や生物多様性の保全などのサービスである。また生態系の利用、あるいは保全や保護の方法によって、その生態系機能に定性的変化や定量的変化が生じ、例えばよく管理された森林では炭素吸収能が高いこと (Hiroshima and Nakajima, 2006)、間伐後の光合成能力が高まること (Han and Chiba, 2009)、森林管理のない森林土壌は保水能力が低下し土壌浸食が生ずること (Miyata et al., 2009; 恩田, 2008) などが指摘されている。

福島県は面積の約 70%が森林で占められており、この面積は全国で第四位である (林野庁, 2014)。そのうち天然林が 6 割と多いが、浜通り南部や中通り南部は古くからスギ造林が盛んである。また会津地方は家具用材、パルプ材の生産が盛んである。また福島県は首都圏と近いこともありきのこ栽培も盛んである。しかし東京電力福島第一原子力発電所の事故により陸域へ大量に放射性セシウムが沈着してしまったため、森林生態系、林業は大きな影響を受けた。この事故の生態系・陸域環境への影響について環境回復研究プロジェクトが研究を行っているが、本プロジェクトでは社会側からの視点研究、具体的にはバイオマス、生態系サービスなどを通じた影響評価、さらには森林再生に向けたシナリオ研究などを行った。

本セクションでは、対象地域における森林情報を収集し、既存のモデルシステム (BGC-ES v1.2, Ooba et al., 2010; 国立環境研究所, 2016a) などを使用し、森林資源の有限性、あるいは木材の高付加価値性などを配慮し、森林資源を経済的に活用できる地域の選定、需要と供給のマッチング、

都市インフラへの炭素貯留（伐採木材製品（Harvested Woody Product; HWP））とエネルギー向けへのカスケード利用など持続可能な利用のための定量的な研究を報告する。

2.4.2 対象地と手法

福島県浜通りにおける森林（磐城計画区）を対象として、復興促進に寄与すると想定される仮想地域拠点における持続的木質バイオマスの供給を実施した場合の持続利活用可能性及び環境影響について調査研究を行った。具体的には昨年度整備した上流から下流までの木質バイオマスの流れを推定するモデル（持続的木質バイオマス利活用統合モデル・仮）を利用した。また木質バイオマスのフローを推定し、生産や加工の際に排出される炭素量についての原単位・推定方法の整備も行い、前述モデルに組み込んだ。いくつかの森林施業シナリオと木質バイオマス利用シナリオを設定し、持続的な木質バイオマス生産可能性、森林生態系への影響、カーボンフットプリント評価を行った。東日本大震災による被災した森林を除いた、民有人工林 35,032ha について 2000 年から 2080 年までシミュレーションと評価を行った。

バイオマス利用はエネルギー向けと建築向けとした。ここでは最大の効果を評価するとして、利用可能量すべてがエネルギーか建築へ仕向けられるとした。どちらの利用でも浜通りの拠点まで運搬されると仮定した（運搬にかかる排出も推定している）。設定した仮想地域拠点としては新地町新地駅（復旧後）、相馬市相馬駅、南相馬市原ノ町駅、いわき市いわき駅を仮定した。

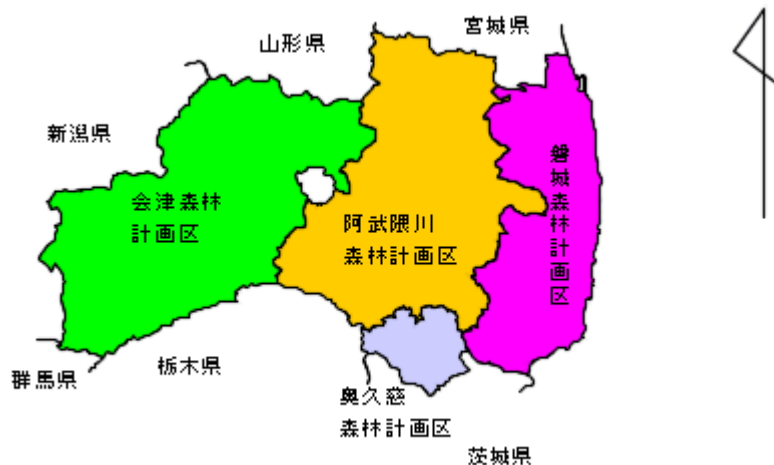


図 2.4-1 福島県における森林計画区（福島県，2016）



図 2.4-2 想定した地域拠点の位置（星印）

(1) 対象とした地域

森林資源は磐城計画区（図 2.4-1、表 2.4-1）の私有林から収集されるものとして、森林の位置や林種・樹種、地位などの情報（森林簿、森林計画図）を収集した（福島県, 2016; 国立環境研究所, 2016b）。これらの森林情報は小班以下の単位で管理されており、そのままではシミュレーションを行う際に量的な支障となるため、以下の単純化を行った。林班ごとに針葉林と広葉林で最大の面積を持つ樹種で集計し、集計レコードごとに代表林種（人工林、天然林）、平均林齢、平均地位、合計材積などを計算し、これをデータベース化した。

2015 年 4 月の時点で避難指示等が指定されている区域を GIS に入力した。これを森林計画図と重ね合わせ、「帰還困難区域」「居住制限区域」「避難指示解除準備区域」に含まれる林班は、その時点で営林が困難であるので、以下のシミュレーションからは除外した。

木質バイオマス利用拠点については整備された場合を想定し、仮に浜通り北部の新地町（新地駅）、相馬市（相馬駅）、南相馬市（原ノ町駅）、いわき市（いわき駅）と設定した（図 2.4-2, 3）。

表 2.4-1 磐城計画区における森林現況（平成 24 年県集計による）*

樹種	人工林		天然林	
	面積	蓄積**	面積	蓄積
スギ	22,398	14,442	3,737	2,286
ヒノキ	625	105	215	24
アカマツなど	11,828	2,747	13,123	3,082
その他の針葉樹	176	44		
広葉樹	5	1	40,246	4,462
合計	35,032	17,339	57,320	9,854

単位・面積 (ha), 材積 (千 m³)

*2015 年 4 月の時点で避難指示等が指定されている区域も含む

**シミュレーションは森林簿とは異なる評価方法で推定するので、両者の蓄積が必ずしも一

致しない(後述)

(2) 森林生態系モデル

持続的木質バイオマス利活用統合モデルにおいて、森林の素材生産量等を長期予測するモデルとして、森林生態系モデル BGC-ES v1.2 (Ooba et al., 2010; 国立環境研究所, 2016) を利用した。このモデルは森林生態系におけるエネルギー・物質(水、炭素、窒素)循環を標準的な林分によって再現することを目的としている。BGC-ES はバイオマス、水循環、炭素-窒素循環、森林管理の4つのサブモデルから構成されている。このうちバイオマスの成長については炭素吸収源報告、林分密度管理図によって計算する。森林における樹木の密度(個体密度)と材積は、林野庁が全国にわたって調査し作成した人工林林分密度管理図によって推計する。これは理論的な $3/2$ 乗則と呼ばれる面積当たり最大材積と最大個体密度の関係、および自然枯死線と呼ばれる種間競争による樹高、面積当たり材積、個体密度の関係とから作成されている。またこの管理図を利用して、樹木の胸高直径などを推定する。樹木の部分ごと(幹、枝、葉、根、細根)のバイオマスは、上述の個体密度-材積モデルから得られた材積を使用した。樹木の部分ごとの成長関係(アロメトリー)として、田内・宇都木(2004)が国内森林データをレビューして導いた関係式を使用している。これらのバイオマスは一部枯死(リターフォール)して土壌で分解される。このモデルはバイオマス成長による炭素吸収と分解による炭素放出を生態系二酸化炭素交換量として計算が可能である。なお土壌分解は、土壌の無機窒素が関係しているが、バイオマス成長も窒素を必要としている。潜在的な分解と植物成長に必要な無機窒素が競合している場合は、それぞれの要求過程が同じ割合で律速されるとした。

また森林管理も BGC-ES に組み込まれ、個体数の調節と他サブモデルを調整する。間伐は指定された任意割合で個体数を減少させる。この処理はバイオマスサブモデルにおける個体数-材積の関係を計算する上で、実際に植栽された個体密度がより小さい自然枯死線上へ現在の個体数と材積が移動するとした。また、一定の樹木の幹部分が搬出され他は地表面におかれるとして、リター(残材)プールの計算を行った。伐採は皆伐のみの処理を考えているので、幹部分はすべて搬出され、それ以外の地上部バイオマスをリターとして処理した。この後、植林がすぐ行われるとした。後述する森林管理シナリオによって決められた林齢に達した林分で施業(間伐、主伐)が行われるとした。決められた年間施業面積以上に施業対象森林がある場合は、それ以上の森林には施業をせず、翌年以降に保留した。従って、ある林齢で必ず施業が行われるわけではなく、年間施業面積以上の施業は翌年以降に繰り越しされる。

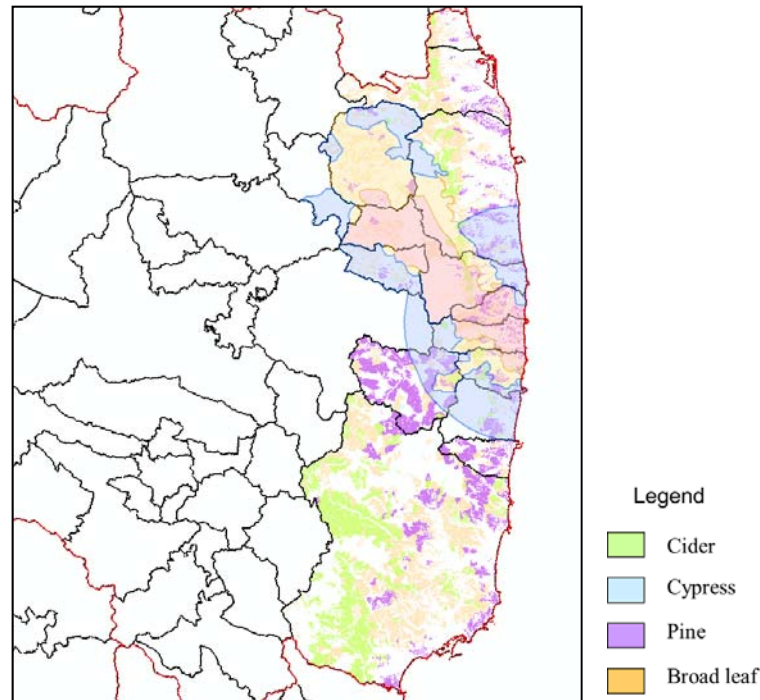


図 2.4-3 整備した森林情報データベース

(林班ごと代表樹種、避難指示等が指定されている区域を色分けしている)

(3) 木質バイオマス生産コストモデル

前述の森林生態系モデルにおいて森林管理、収穫のために行われる間伐と主伐、および林業機械などを使った素材生産、運搬に必要な作業に関するコスト、労働力、炭素排出を推定するため、Ooba et al., (2012)、Ooba et al. (2015) で開発した林業施業モデルを改良して利用した。

主な林業の作業過程は伐倒、造材(玉切りなど)、集材(林地から土場への輸送)、運搬(利用場所まで。本調査では浜通りの4拠点の中の最短の拠点)、破碎(チップ化を想定)である。各作業において地形条件や林材の性質から作業量を決定し、設定した使用機材の生産性から、コストと労働量、および作業にかかる林業機械からの炭素排出量(燃料消費による)を推定する。

今年度の研究としてはエネルギー利用のために計算した値を、建築向けの建材生産に対しても同じものとして計算した。

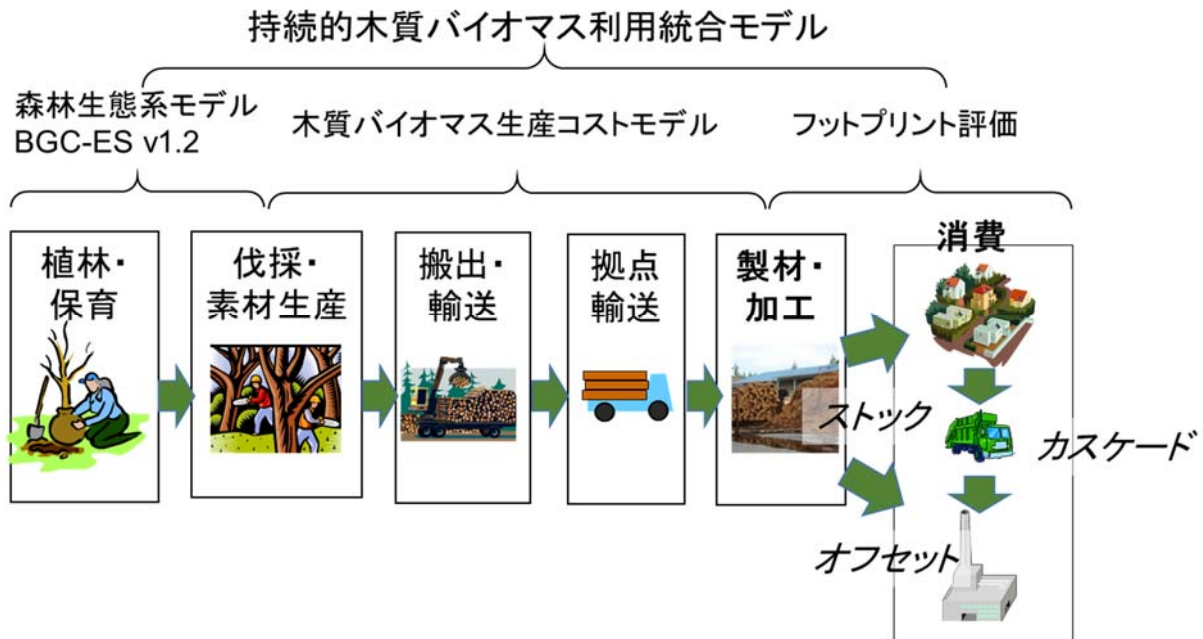
パラメーターは Ooba et al. (2012) と同じであるが、労務費のみ福島県における統計資料を使用した(林内外作業・16,300円/日、運搬・17,600円/日、林野庁、2015)。また燃料による炭素排出は、機械の燃料コストから計算し、A重油利用を想定した。

(4) 生産から消費にかかる炭素排出量の推定

上述の森林生態系に関する結果と、生産コストなどに関係した結果を元に、木質バイオマスが利用されたことによる低炭素効果を計算した。これは各生産、消費プロセスにおける炭素吸収量と排出量の収支をとったもの(カーボンフットプリントの逆)で表すことができる。木質バイオマスがエネルギー利用された場合のA重油代替による炭素排出低減効果(オフセット効果)、建材利用された場合の建材ストックによる炭素蓄積効果(ストック効果)、前者二者を組み合わせた

カスケード効果を評価した。

この場合、炭素吸収は森林だけでなく、建築ストックが増えることによっても増加する。また林業機械、輸送機械などによってバイオマス生産・輸送時に炭素排出が生じるが、木質バイオマスがエネルギーとして利用される際に化石燃料の代替として消費される場合は、代替した化石燃料量が排出するはずだった炭素排出が削減されたとして考える。



**図 2.4-4 持続的木質バイオマス利用統合モデルによる
上流から下流まで木質バイオマスフロー評価**

森林施業・収穫による炭素吸収・排出の収支を考える。対象範囲における森林生態系による炭素吸収速度を F_i (kg-C/y)、素材生産にかかる炭素排出速度 (チップ化までを含む) を E_i (kg-C/y) とすると、標準評価シナリオでのシステム全体 (森林生態系と人間社会全体) の炭素吸収速度 (kg-C/y) は

$$A^{std}_i = F_i - E_i \tag{2.4-1}$$

ただし i は対象年とする (以下同じ)。なお F_i は土壌呼吸も含んでいるため、施業などによる生態系へのかく乱が大きい場合は吸収ではなく排出になる場合 ($F_i < 0$) がある。

年素材生産量を H_i (m³/y) とすると、木質バイオマス 1 m³ がエネルギー利用によって化石燃料を代替効果量を s_e (99.4 kg-C/m³) とすると、素材生産全体がエネルギー利用された場合のオフセット評価を加えたシステム全体の炭素吸収量 (kg-C/y) は、式 (2.4-1) にオフセットによる代替効果を加えればよく

$$A^{\text{offset}}_i = A^{\text{std}}_i + s_e H_i \quad (2.4-2)$$

次に素材が製材として加工され、建築に仕向けられ、建材は最終的に廃棄される場合を考える。年の製材生産量を L_i (m^3/y)、建築材炭素ストック量を P^{stock}_i (kg-C) とすると、建築材炭素ストックへの流入、流出 ($\text{kg-C}/\text{y}$) はそれぞれ、

$$L_i = r_1 H_i, \quad (2.4-3)$$

$$I^{\text{stock}}_i = c_c \cdot L_i, \quad (2.4-4)$$

$$O^{\text{stock}}_i = r \cdot P^{\text{stock}}_{i-1} \quad (2.4-5)$$

ただし、 r_1 は素材から製材への歩留まり (0.6)、 c_c は炭素含有量 (0.5)、 \cdot は製材の密度 ($316 \text{ kg}/\text{m}^3$, スギを想定)、 r は建築ストックのターンオーバー率 ($0.05 \text{ 1}/\text{y}$) とする。以上から、建築材炭素ストックへの炭素の純流入速度 ($\text{kg-C}/\text{y}$) は式 (2.4-4) と式 (2.4-5) の収支をとって

$$N_i = I^{\text{stock}}_i - O^{\text{stock}}_i \quad (2.4-6)$$

N_i は人間社会における建材炭素ストックによる炭素吸収を意味している。従って建築材における炭素ストックを考慮したストック評価での炭素吸収量 ($\text{kg-C}/\text{y}$)は、式 (2.4-1)にストックによる蓄積効果 N_i を加えればよく

$$A^{\text{stock}}_i = A^{\text{std}}_i + N_i + s_e (1 - r_1) H_i \quad (2.4-7)$$

である。ただし最後の項 $s_e (1 - r_1) H_i$ は製材加工時に発生する余剰物はエネルギー利用されるとした。

最後に、建築プールから発生する廃材 O^{stock}_i も一定割合 r_e (0.6) でエネルギー利用されるとするカスケード評価における炭素吸収量 ($\text{kg-C}/\text{y}$)を以下のように推定した。

$$A^{\text{cascade}}_i = A^{\text{stock}}_i + s_e r_e O^{\text{stock}}_i \quad (2.4-8)$$

(5) 森林管理・施業シナリオ、低炭素効果評価シナリオ

森林管理・施業については Ooba et al., (2012)、Ooba et al. (2015) を参考にして、成り行きシナリオ、林業振興シナリオ、標準伐期を変更した2つの長伐期施業と長伐期施業・施業拡大 (長期振) シナリオを設定した (表 2.4-2)。

成り行きシナリオの年間施業面積率は、福島県の林業統計 (福島県, 2015) における磐城計画区の素材生産量から見積もった。

林業振興シナリオでは2015年から2035年にかけて施業面積を徐々に増加させ成り行きシナリオの値の約2.4倍とした。

残り2シナリオでは伐期を80年と変更し（標準伐期は40年）、長伐期施業シナリオでは施業面積率を変更せず、長伐期施業・施業拡大シナリオでは成り行きシナリオの1.5倍とした（2015年から2035年にかけて変更）。林業振興シナリオと長伐期施業・施業拡大シナリオにおいて、標準シナリオに対する施業面積拡大率が異なるのは、長伐期施業・施業拡大シナリオでは伐期が長くなるため、拡大率を大きくすると施業初期に伐採が過剰になり適伐期森林が存在しなくなり収穫量がなくなる期間が発生するためである。なお毎年の施業面積は施業単位の面積が均一でないことなどによって増減が生じる。

以上のシナリオは民有人工林に適用した。磐城森林計画区にもいわゆる里山林とよばれる天然林（マツ類、広葉樹）の面積が民有林では約57,000ha存在するが（表2.4-1）、今年度は間伐遅れなどが指摘され対策の優先順位の高い人工林に着目した。天然林に対してもおおむね今年度の手法が適応できるが、今後の課題とする。

木質バイオマスを活用することによる低炭素効果評価シナリオとしては前述のように、森林生態系による吸収と林業機械による排出のみ考慮した標準評価と以下の低炭素施策を配慮した効果評価を用意し（表2.4-3）。標準効果にエネルギー利用による代替オフセット効果を配慮したオフセット効果評価と、標準効果に伐採木材製品（Harvested Woody Product; HWP）によるストック効果を配慮したストック効果評価である。ストック効果評価では設定期間後（約20年）でHWPが廃棄されてストックからの流出（排出）となる。この流出分の一定部分をエネルギー利用するカスケード利用効果も評価した。

低炭素効果の最大ポテンシャルを示すために、素材生産量のすべてがエネルギー利用あるいはHWP対象の建材となると仮定した。なお現状のシステムでは生産コストなどが計算可能であるため、生産コストなどによって仕向け量を動的に変更し、その条件下で低炭素効果を評価することも可能である。しかし、本調査ではシナリオ効果の一次的な効果を評価するため、生産コストによる仕向け量の変更は行わなかった。

シミュレーションとその評価期間は2000年から2080年とした（シミュレーション計算はスピニングアップなどによってその前の期間から計算を実施した）。

表 2.4-2 森林管理・施業シナリオ

シナリオ名	伐期 (年)	間伐 (回)	間伐利用 率	年施業面積率 (全森林面積*に対する年間の値)
成り行き	40	4	0.6	主伐0.35%, 間伐3%
林業振興	40	4	0.6	上記から主伐0.833%, 間伐6.66%へ
長伐期施業	80	5	1	主伐0.35%, 間伐3%
長伐期施業・林業振興 (長期振興)	80	5	1	上記から主伐0.525%, 間伐5%へ

*対象とした 92,810 ha (うち人工林 35,032 ha)

表 2.4-3 多様なバイオマス利用を想定した低炭素効果評価シナリオ

評価シナリオ名	評価方法	式
標準評価	森林生態系吸収(森林土壌からの排出を含む)、林業機械・輸送・バイオマス生産による排出の収支	(2-4-1)
オフセット評価	標準評価に加え、バイオマスをエネルギー利用することによる化石燃料代替効果	(2-4-2)
ストック評価	標準評価に加え、伐採木材製品が社会に蓄積されることによる炭素ストック効果	(2-4-7)
カスケード評価	ストック評価に加え、ストックからの廃材がエネルギー利用された場合の代替効果	(2-4-8)

2.4.3 結果と考察

(1) 森林資源と素材生産

福島県が集計している磐城森林計画区における森林資源を表 2.4-1 に示したが、例えばスギ林における平均の面積あたり蓄積量は 645 m³/ha であった。林野庁による現況集計（林野庁, 2012）による同種の値は、全国平均では 390 m³/ha、福島県以外の東北 5 県平均では 330 m³/ha であり、磐城計画区の値はこれらと比較して高い値であった。対応する BGC-ES のシミュレーション値は 645 m³/ha より低い平均値を出力した。以降の議論では、蓄積量（木質バイオマス賦存量）は BGC-ES のシミュレーション値を用いるとする。

図 2.4-5 に各森林管理シナリオにおける BGC-ES の主な出力を示す。シナリオが対象とした計画区における人工林 35,032 ha であるので、その合計、平均における平年値を示した。

林分における蓄積量（木質バイオマス賦存量）は、現況が約 12,000 千 m³（約 370 m³/ha）であり、林業振興以外のシナリオで、13,000 から 14,000 千 m³ にゆるやかに増加する。林業振興シナリオでは持続的生産のほぼ上限である伐採が行われるので、2080 年までに 8,000 千 m³ まで減少し安定する。長期施業林業振興（長期振興）シナリオでは生産量が増加するにもかかわらず資源量が成り行きシナリオ程度に増加することが着目された。

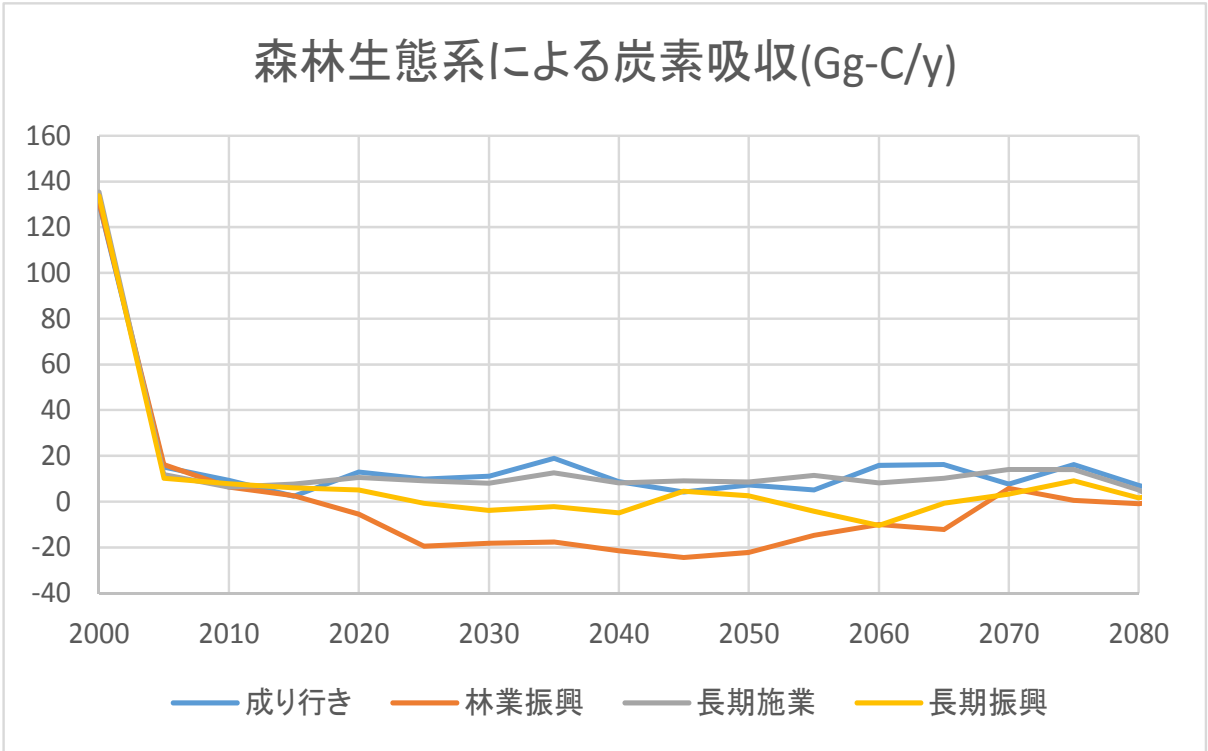
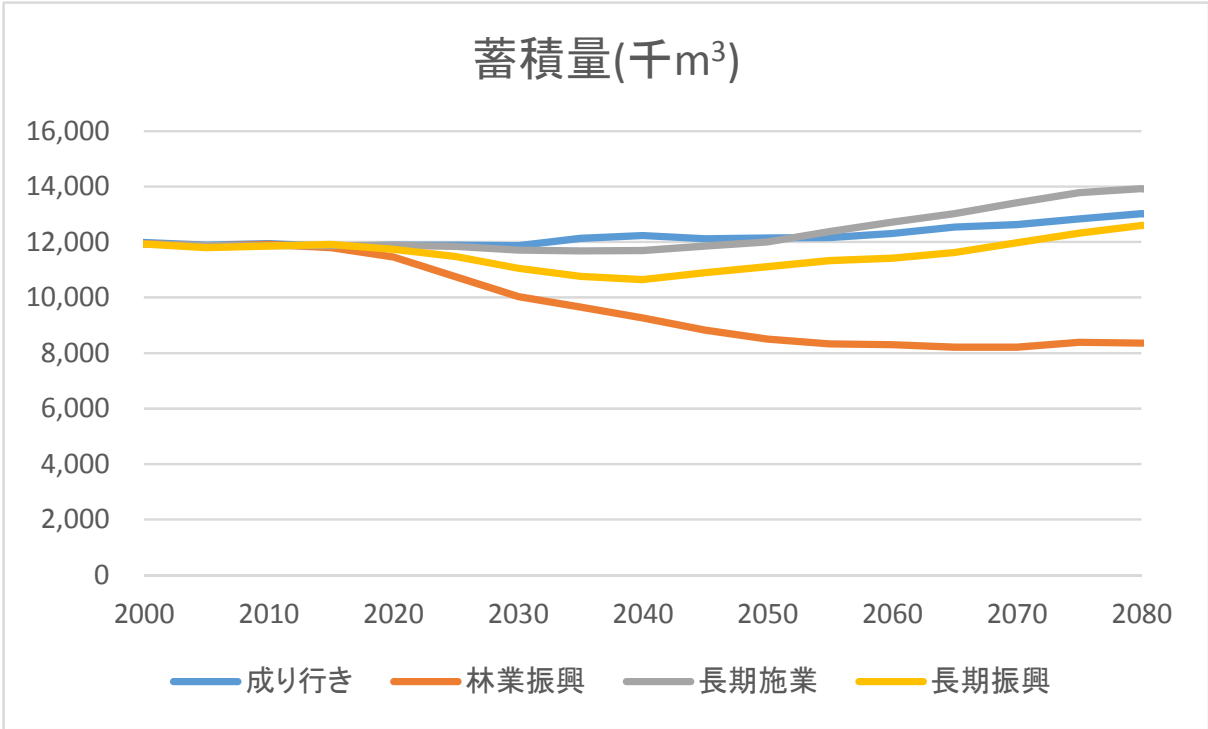


図 2.4-5 シナリオごと磐城森林計画区における森林生態系の状況(人工林のみ)

森林生態系による二酸化炭素吸収（図 2.4-5）は、表 2.4-3 における標準評価で使用する出力である。森林バイオマスの成長による炭素吸収だけでなく土壌呼吸を含む。土壌呼吸は、毎年生じる落葉や細根の分解、枯死木の分解、また森林施業による残置バイオマスの分解を含む。

1960 年代前後の拡大造林により若齢林が大きな面積を占めることによって、2000 年は非常に大きい吸収速度を示している。しかしその後森林が成熟し成長が鈍くなることによって、森林による炭素吸収量は減少する。

伐採面積を現在より増加させる林業振興、長期振興シナリオでは、施業面積を拡大した分の施業が増加するため、そのかく乱により（施業による残置バイオマスが分解するため）吸収量は成り行きシナリオと比較して低いか放出となった。

施業面積を維持する長伐期施業シナリオでは吸収速度はほとんど変化せず、成り行きより若干高い傾向を見せた。

素材生産量（図 2.4-6）は、林業振興、長期振興シナリオでは施業面積設定の通り、2015 年から徐々に増加する。この値は主伐による材、および間伐による利用材の両方を含む。両シナリオで年間の施業面積をこれ以上増加させると、施業可能な林分がなくなり生産利用が激減する。従って、今回示したシナリオの面積率が上限と言えた。年間の生産量は林業振興と長期振興で約 370 と 310 千 m^3/y であった。成り行きシナリオ（すなわち現況）はその半分程度の生産であることが分かる。なおグラフの生産量の細かなぶれはシミュレーション上の問題であり、今後モデル改良によって対応可能な問題である。

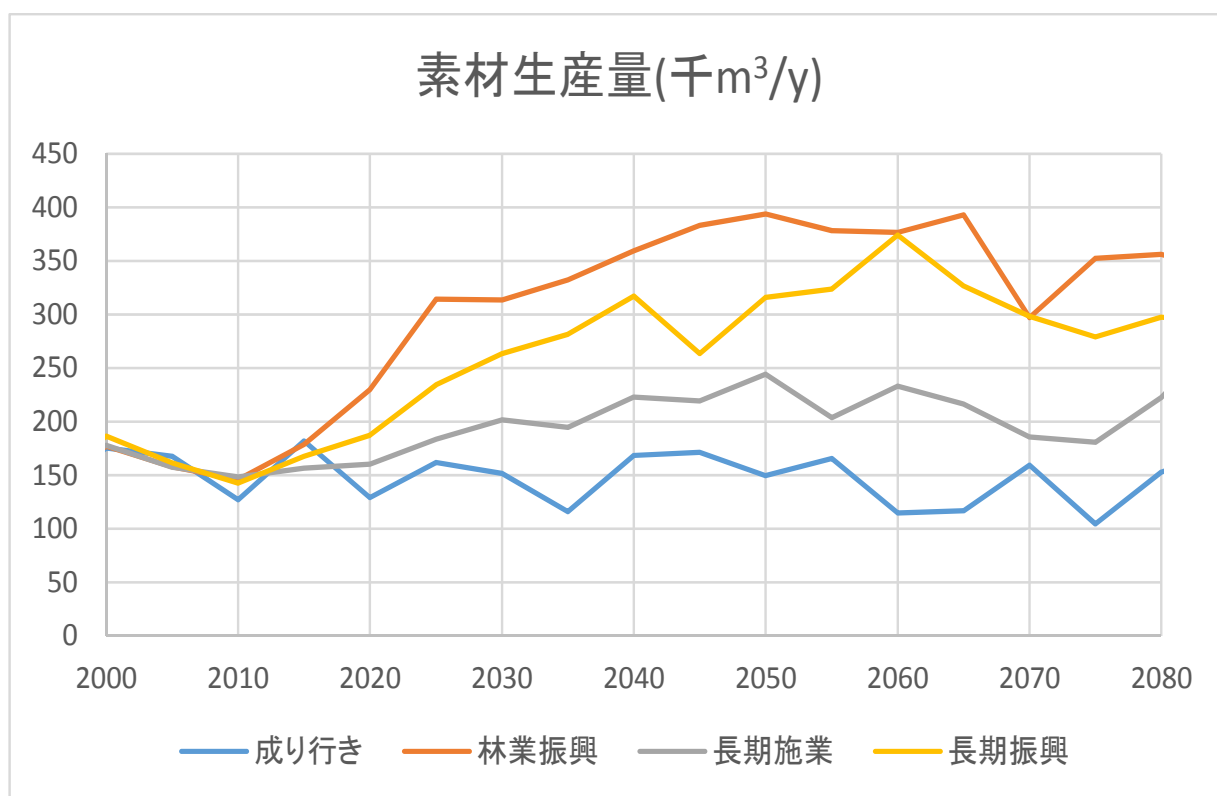


図 2.4-6 シナリオごとと磐城森林計画区における年素材生産量(人工林のみ)

(2) 生産コスト

上述で設定した施業シナリオで生産を行った場合の生産コスト（主伐材・間伐材区別せず）を計算した。2020年の現況に近い時点から2080年までシナリオ適用がある程度進行した時点の結果を図2.4-7に示す。

2020年では必要なコストに対する生産量のグラフにシナリオ間の差はほとんどなく、また1m³あたり10,000円/m³以上の材の産出が主である。固定買い取り価格制度での木質チップの上限価格12,000円/1,000kgを変換すると約7,000円/m³（スギの絶乾重量を316kg/m³、含水量を45%と仮定）となり、本結果はエネルギー向けの生産では原価割れを起こすことを示している。

2060年以降においては、7,000円/m³というエネルギー向けの価格では、長期施業シナリオでは50千m³（約3万トン）程度、長期振興シナリオでは100千m³（約6万トン）程度の生産が見込まれた。林業振興シナリオではこの価格で急激に立ち上がっており、価格によってエネルギー利用が成り立つかどうか不安定であることが分かる。成り行きシナリオでは2020年と同じくエネルギー向けの生産は難しいことが示された。

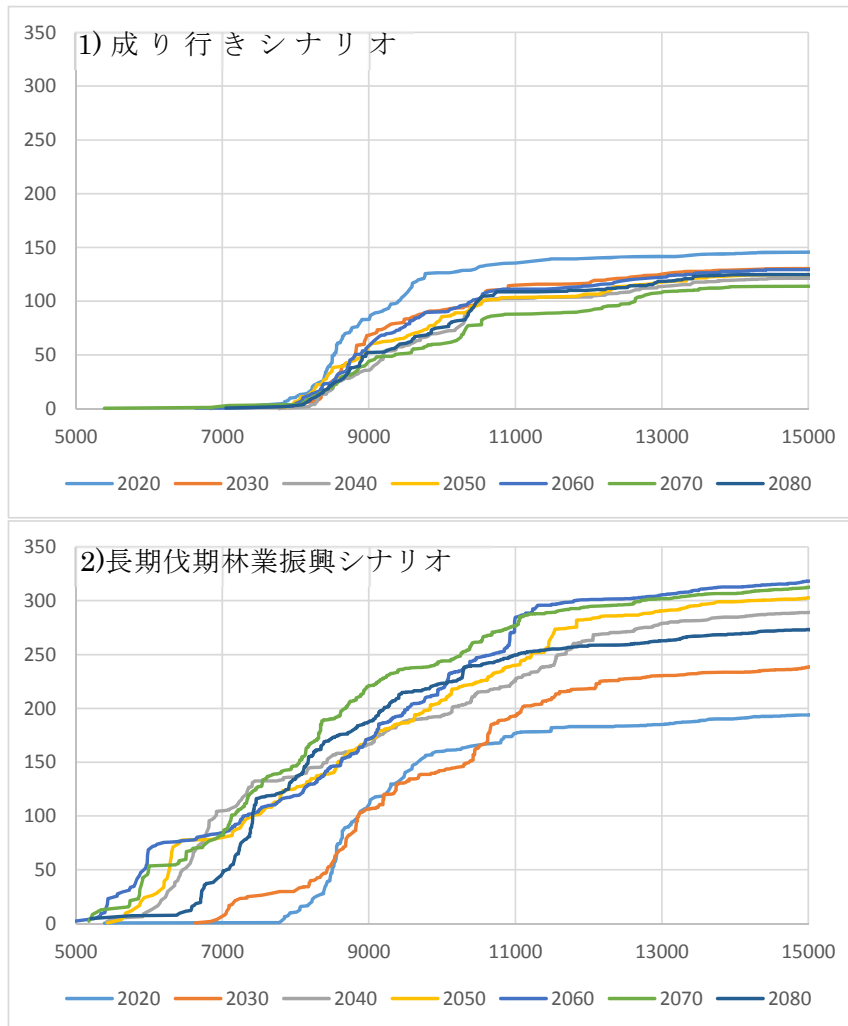


図2.4-7 「成り行き」「長期伐期林業振興」シナリオにおける磐城森林計画区で平均した素材生産コスト(横軸、円)と素材生産量(縦軸、千m³、生産コスト以下累積)の時間変化

(3) カーボンフットプリント推定を通じた低炭素効果評価

磐城森林計画区の民有人工林を対象として、仮想拠点4ヶ所（図2.4-2）への持続的木質バイオマスの供給における4評価シナリオについて環境影響について生態系-社会システム全体からの炭素吸収・排出という観点から評価した（図2.4-8）。

評価シナリオを区別せず、森林管理・施業シナリオの効果の傾向を見ると、成り行きシナリオでは森林炭素蓄積も建築材蓄積も平衡状態に達するため炭素吸収の効果は低い。長期施業林業振興シナリオでは施業体系が変わり、生産利用が増大するため、過渡的なく乱効果が認められるが、最終的には成り行きシナリオより高い炭素吸収（低炭素化）の効果が予測された。

評価シナリオを個別に見ると、エネルギー利用した場合の低炭素効果が大きい。一方建築材で利用した場合の評価（ストック評価）、加工時の排出量が大きいため、標準評価と同じかそれより低くなる。廃材の利用（カスケード評価）加工時の排出量を押さえることでライフサイクル全体の排出量をエネルギー利用度同等にすることが可能と考えられる。

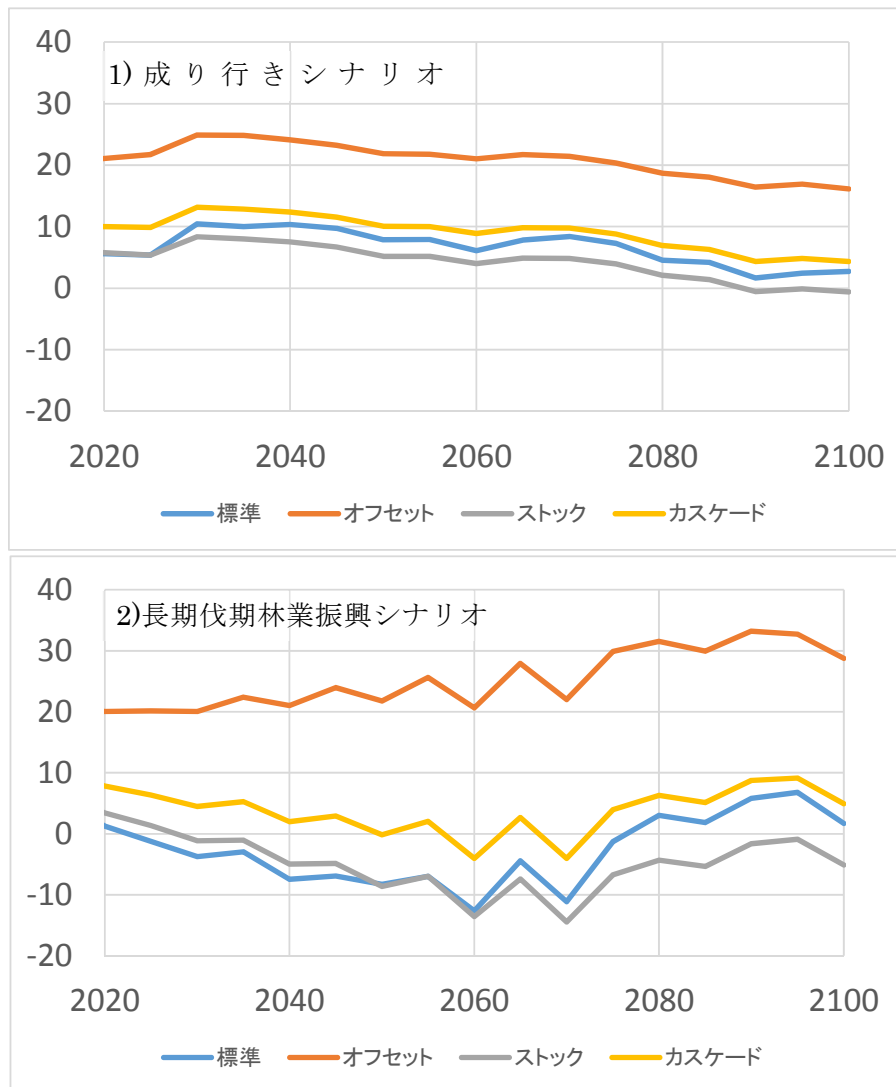


図 2.4-8 「成り行き」「長期伐期林業振興」シナリオにおける磐城森林計画区と地域拠点を合わせた全体の炭素吸収量(Gg-C/y)の時間変化

2.4.4 結語

磐城森林計画区における民有人工林を対象として、森林管理・施業シナリオを仮定した際の森林生態系の変化、生産コストなどを2080年まで推定した。その結果、森林による炭素吸収速度はどのシナリオでも定常状態でかつ0（吸収と排出が釣り合う）に近づくことが分かった。また、生産された木質バイオマスをエネルギー利用、建築利用した場合のそれぞれの低炭素効果を評価し、特にエネルギー利用した場合で低炭素効果が高いことが分かった。今後、生産から消費のプロセスでの排出量評価をより精査させ、推定精度を高める必要がある。

本研究では統合的な視点で上流から下流にかけ、生態系、林業、あるいはエネルギー産業、建築ストックといった要素サブシステムを組み合わせることで、効果的な低炭素化を見込める施策パッケージを示すことが可能であることも示した。

今年度の研究では、森林に沈着した放射性物質の影響をほとんど考慮していないが、生態系での物質循環プロセスや、エネルギーや建築利用した場合の効果的な廃棄物処理方法など、今後、災害環境研究の他プログラムと密接して調査研究を行う必要があることも指摘できる。

参考文献

- Han, Q. and Chiba, Y.(2009) Leaf photosynthetic responses and related nitrogen changes associated with crown reclosure after thinning in a young *Chamaecyparis obtusa* stand. J. Forest Res. 14, 349-357.
- Hiroshima, T. and Nakajima, T.(2006) Estimation of sequestered carbon in Article-3.4 private planted forests in the first commitment period in Japan. J. Forest Res., 11, 427-437.
- Miyata, S., Kosugi, K., Gomi, T. and Mizuyama, T.(2009) Effects of forest floor coverage on overland flow and soil erosion on hillslopes in Japanese cypress plantation forests. Water Resour. Res., 45, W06402.
- Ooba, M., Hayashi, K., Fujii, M. (2016) Geospatial Distribution of Ecosystem Services and Biomass Energy Potential in Eastern Japan. J. Cleaner Prod., (in press)
- Ooba, M., Hayashi, K., Fujii, M., Fujita, T., Machimura, T., Matsui, T. (2015) Ecological, Economical, and Sustainability Assessment for Wood Biomass Production by a Temporal Dynamic Method, J. Cleaner Prod., 88, 318-325.
- Ooba, M., Fujita, T., Mizuochi, M., Fuji, M., Machimura, T., Matsui, T. (2012) Sustainable Use of Regional Wood Biomass in Kushida River Basin. Waste Biomass Valorization, 3, 425-433.
- Ooba, M., Wang, Q., Murakami, S., Kohata, K. (2010) Biogeochemical model (BGC-ES) and its basin-level application for evaluating ecosystem services under forest management practices. Ecol. Model., 221, 1979-1994.
- 天野正博（2007）京都議定書吸収源としての森林機能評価に関する研究。環境省地球環境研究総合推進費、研究概要および報告書。
- 恩田裕一編（2008）人工林荒廃と水・土砂流出の実態。岩波書店、245pp。
- 国立環境研究所（2016a）環境研究総合推進費報告書「地域インベントリ解析による環境成長拠点の計画と評価モデルの開発」
- 国立環境研究所（2016b）環境省委託業務報告書「平成27年度技術アセスメント評価モデル開発

及び地域計画策定」

田内裕之，宇都木玄（2004）：生育環境特性を考慮した林地生産力の全国評価．森林，海洋等におけるCO₂収支の評価の高度化，pp. 24-28．森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集3（ISSN 1349-0605）．森林総合研究所．<http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/koufupro/documents/seikasyu3.pdf>．

福島県（2016）森林簿・森林計画図等．

<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/36055a/shinrinkeikakusiryou-etsurankoufu.html>

福島県（2015）平成25年度福島県森林・林業統計書．

<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/64674.pdf>

林野庁（2015）森林・林業統計要覧2015．70 公共工事設計労務単価（基準

額）．http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/toukei/youran_mokuzi.html

林野庁（2015）森林・木材と放射能性物質 福島の森林・林業再生に向けて．28pp．

http://www.ringyou.or.jp/publish/detail_1266.html

林野庁（2012）森林資源の現況（平成24年3月31日現在）．

<http://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/h24/index.html>

林野庁（2010）平成21年度森林及び林業の動向，平成22年度森林及び林業施策概要．28pp．

3. 参加型の環境創生手法の開発と実装

3.1 家庭における森林バイオマスの利用状況とその評価

3.1.1 はじめに

福島県および東北地方の復興の実現において、再生可能エネルギーの活用が重要な選択肢の一つに挙げられている。中でも森林バイオマスの利用は、林業の盛んな地域であることから、その普及が期待される。森林バイオマスの利用については、薪ストーブによるものから、チップや木質ペレットを用いる比較的大きな熱ボイラーを使用するもの、あるいは大規模な発電によるものまで多様な方法が存在する。また使用する木質バイオマスの形態やエネルギーを取り出す方法やエネルギーの種類が、それぞれの方法で異なっている。

また、関係する組織も、山側での林業の施業、木質バイオマスの加工、販売、燃焼、熱利用などの多くの過程に応じて、多種多様な形のものが存在している。加えて、現状では経済的に大きな利潤を生む状況にはないため、行政的な支援やボランティアによる活動も行われている。このように森林バイオマスは、経済的、政策的、工学的および社会的に複雑な面を持っており、その効果的な利用は容易ではない。

当研究では、森林バイオマスを活用したエネルギー利用を市民参加型の環境事業とみなして、その普及を長期的目標としているが、ここでは、まず、家庭における木質バイオマスの利用状況を調査した。現在、木質バイオマスに利用については、発電や比較的大規模なボイラーによる利用が注目されているが、伝統的には家庭において暖房用に用いられてきた。ところが、家庭における森林バイオマスの利用量や利用方法は、必ずしも十分に明らかとされてこなかった。家庭のエネルギー消費における暖房の重要性を考慮すれば、木質バイオマスの家庭における利用の普及は無視できない選択肢の一つである。

次に、家庭における森林バイオマス利用の一形態として、薪ストーブを取り上げ、発電と比較した場合のエネルギーの供給量や温室効果ガスの削減量などを解析した。木質バイオマスをどの用途に振り分けるのが効果的なのかを検討するものである。

さらに、ステークホルダーの関係性について調査した。森林バイオマス利用の特徴の一つに、多様な関係者が存在することが挙げられるが、実際にどのような組織・人がどの部分に係わっているかは十分には検証されてこなかった。森林バイオマスを活用するためには、それぞれの関係者の意向や働きを考慮することが必要であり、第一段階として、関係するステークホルダーのマッピングを試みた。

ここでは、以上のような複数の異なる観点から整理することで、森林バイオマス利用の現状を把握することを目指した。

3.1.2 森林バイオマスの家庭における利用状況

(1) 木質バイオマス燃焼機器の普及状況調査の概要

本調査は、CO₂ 排出抑制技術の手法とその低炭素効果を含む環境効果と経済効果、社会効果を明らかにする研究の一環として、木質バイオマスを利用する薪ストーブ等の機器の家庭における普及に関して、全国を対象に導入率や利用状況の現状について基礎的なデータを収集することを目的して実施した。

(株) インテージに委託した Web アンケート調査として実施し、スクリーニング調査と本調査

の2段階で構成されている。

スクリーニング調査は、(株) インテージのモニターに対し、インターネットを用いたアンケートを依頼し回答を得た。スクリーニング調査の対象者は、日本全国に居住する20代以上の者とし、2010年の国勢調査に準拠し、地域・性・年代の偏りが出ないようにサンプルを回収した。同一世帯からは1つのモニターのみ抽出するとした。調査の概要は表3.1-1に示すとおりである。

表 3.1-1 スクリーニング調査の概要

調査期間	2015/12/04～2015/12/07
調査依頼数	160,871 サンプル
有効回答数	61,885 サンプル
回収率	38.5%
主な調査項目	<ul style="list-style-type: none"> ・バイオマス機器ごとの所有・利用状況 ・一般的な暖房機器の利用有無 ・世帯・居住に関する属性情報 ・環境意識等

スクリーニング調査においてバイオマス機器を「1年以上前から使用している」「最近1年以内に購入し、使用している」のいずれかで回答したモニター。地域・性・年代の偏りが出ないようにサンプル抽出を行い、本調査を実施した。調査の概要は表3.1-2に示すとおりである。

表 3.1-2 本調査の概要

調査期間	2015/12/10～2015/12/14
調査依頼数	717 サンプル
有効回答数	526 サンプル
回収率	73.4%
主な調査項目	<ul style="list-style-type: none"> ・所有するバイオマス機器の生産地域（国産／輸入） ・利用する燃料の種類 ・燃料の購入・調達方法 ・バイオマス機器の利用実態

(2) 木質バイオマス燃焼機器の普及状況

1) 分析項目の整理

スクリーニング調査結果をもとに、バイオマス燃焼機器の普及状況について概観する。調査ではバイオマス燃焼機器10種（一般的な薪ストーブ、時計ストーブ、だるまストーブ、ロケットストーブ、ペレットストーブ、ペチカ、暖炉、床暖房、給湯、いろり）についてそれぞれ12尺度で利用状況を尋ねた（表3.1-3中①～⑫）。これら12尺度を整理し、最終的に4尺度として用いた（表3.1-4）。

表 3.1-3 12 尺度の内容

1. 現在利用	① 1 年以上前から使用している
	③ 最近 1 年以内に購入して（入手して）、使用している
2. 現在未利用	② 1 年以上前から自宅にあるが、最近、使用していない
	④ 最近 1 年以内に購入したが（入手したが）、使用はやめた
3. 将来意向：一般	⑤ 今後 1 年以内に購入して（入手して）、使用する予定
4. 将来意向：災害	⑥ 災害に備えて最近 1 年以内に購入して（入手して）、保管している
	⑦ 災害に備えて今後 1 年以内に購入して（入手して）、保管する予定
5. 購入意向なし	⑧ 検討したことはあるが、購入したことはない（入手したことはない）
	⑨ 興味はあるが、購入する（入手する）予定はない
6. 関心なし	⑩ 検討したことがない/興味がない
	⑪ その他
	⑫ この機器は必要ない

表 3.1-4 4 尺度の内容

1. 現在利用	① 1 年以上前から使用している
	③ 最近 1 年以内に購入して（入手して）、使用している
2. 将来意向：一般	⑤ 今後 1 年以内に購入して（入手して）、使用する予定
3. 将来意向：災害	⑥ 災害に備えて最近 1 年以内に購入して（入手して）、保管している
	⑦ 災害に備えて今後 1 年以内に購入して（入手して）、保管する予定
4. 現在未利用	② 1 年以上前から自宅にあるが、最近、使用していない
	④ 最近 1 年以内に購入したが（入手したが）、使用はやめた

また、10 種のバイオマス燃焼機器についても回答傾向に基づいて 6 項目に整理し、全項目を統合したものを加えた計 7 項目を用いて結果の整理を行った。（表 3.1-5）。

表 3.1-5 バイオマス燃焼機器項目の整理

1. 一般的な薪ストーブ	①
2. 時計ストーブ	
3. だるまストーブ	
4. ロケットストーブ	②
5. ペレット	③
6. ペチカ	④
7. 暖炉	
8. 床暖房	
9. 給湯	⑤
10. いろり	⑥
11. 統合	⑦

2) 各機器の利用状況

10種いずれかの機器を「現在利用」と回答した件数は61,885件中1295件であり、2.1%の回答者が何らかの機器を利用していることが明らかとなった。

機器ごとの利用状況の内訳を図3.1-1に示す。一般的な薪ストーブ、時計ストーブ、だるまストーブを合計した項目において6割が現在利用と回答していた。また、それ以外の機器利用の特徴として、「将来意向（災害）」がいずれも3割程度存在しており、災害時の備えとしてこれら機器を保有している層も一定数存在することが明らかとなった。

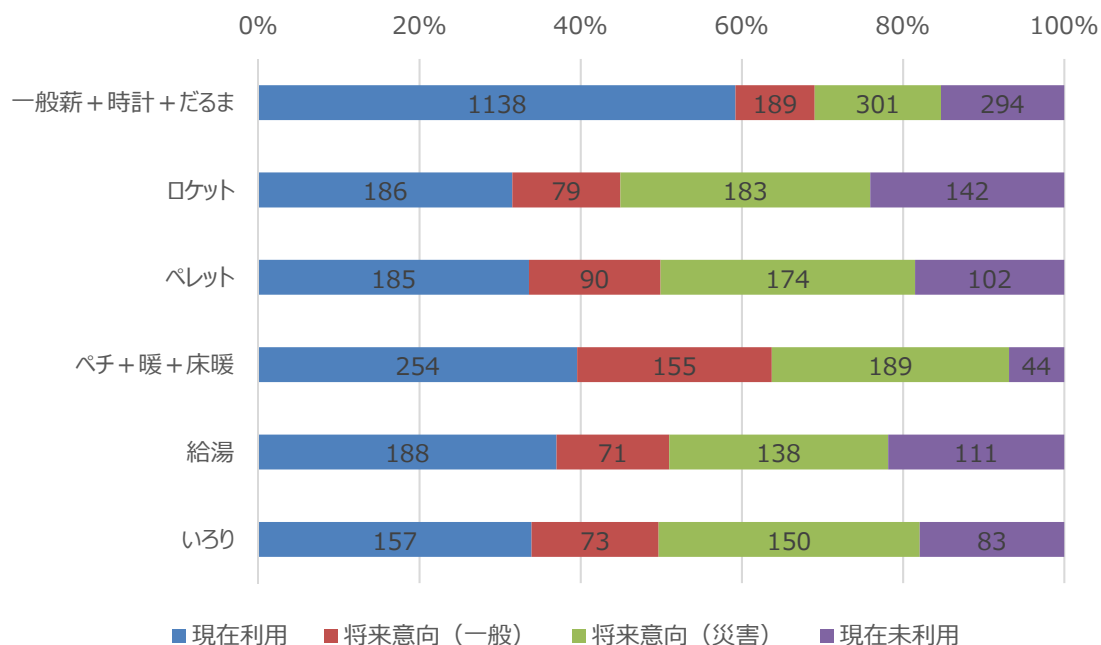


図 3.1-1 機器ごとの利用状況

3) バイオマス燃焼機器利用者の特徴

表 3.1-5 における統合項目を用いて利用者の特徴について概観する。

- 居住地域から見た利用傾向

八地方区分に基づいた居住地域毎の利用傾向を図 3.1-2 に示す。現在利用の割合は関東、近畿の大都市圏で特に低い傾向が見られた。将来意向（一般）の割合は近畿で最も高く次いで中部、関東となっていた。将来意向（災害）は関東で最も高く、次いで近畿、四国となっていた。現在未利用の割合は東北が突出して多く、次いで九州、関東となっていた。

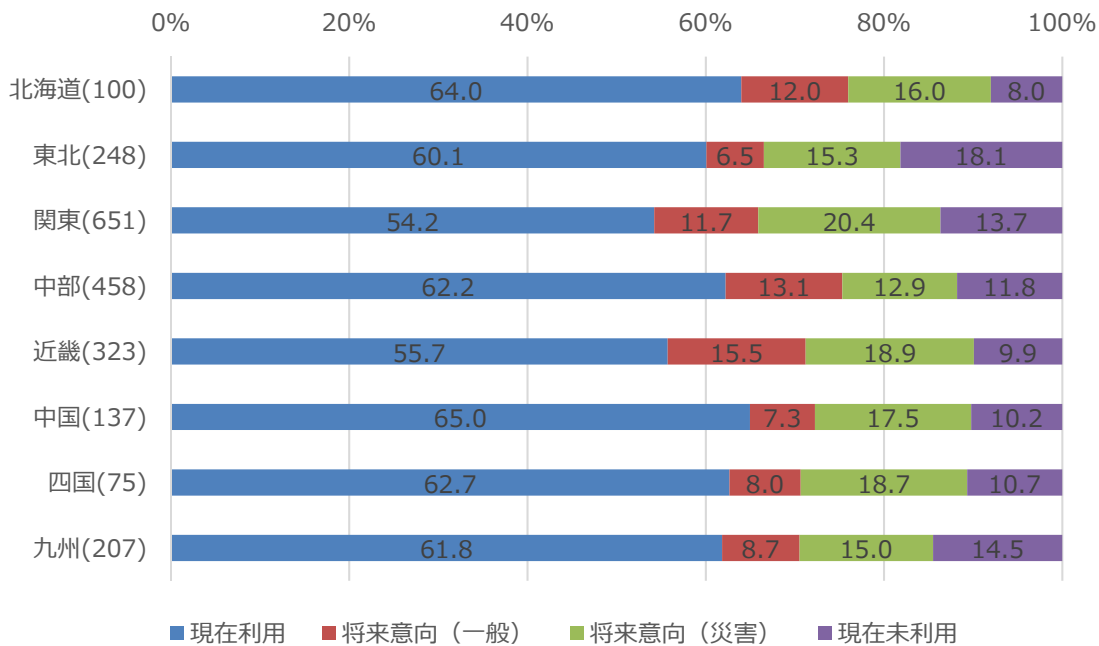


図 3.1-2 居住地域から見た利用傾向

- 居住形態から見た利用傾向

市街地、郊外、田畑の広がる農村地域、山林地帯、その他の 5 区分を設け、それぞれ一戸建てと集合住宅を追加した 10 区分で居住形態を把握し、利用状況との関係を見た結果を図 3.1-3 に示す。現在利用は山林地帯の割合が最も高く、次いで農村地域、市街地・郊外であった。また、一戸建てと集合住宅で見た場合、全体的に一戸建ての割合が高かったが、山林地帯でのみ例外的に同程度の結果が得られた。

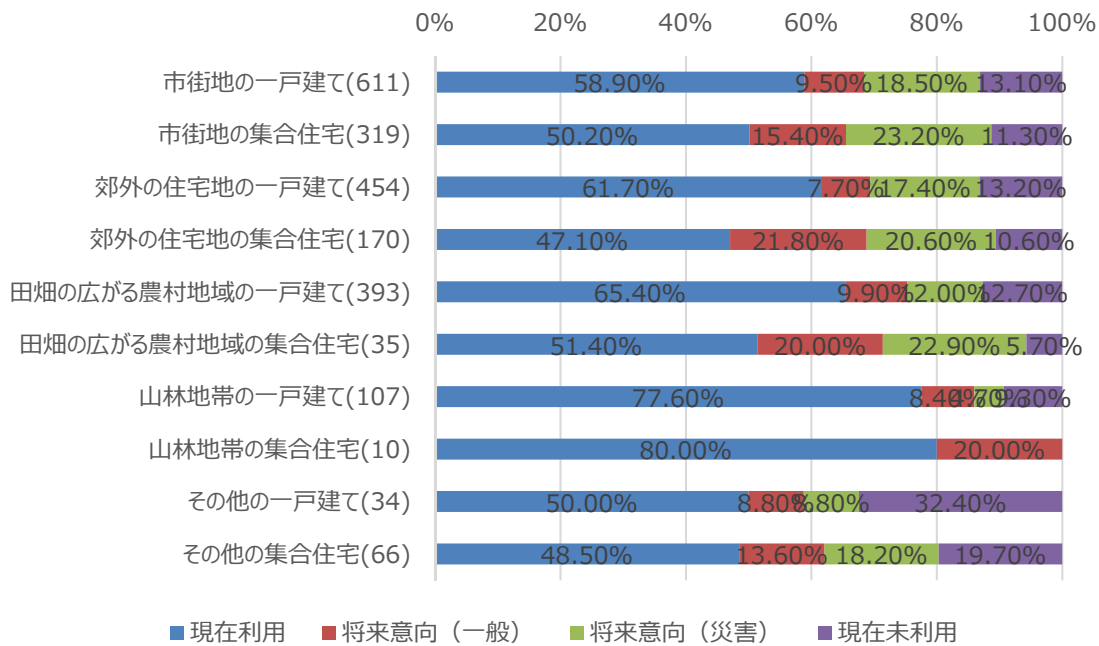


図 3.1-3 居住形態から見た利用傾向

年代から見た利用傾向

回答者の年代毎の利用傾向を図 3.1-4 に示す。現在利用の割合は 40 代で若干低い傾向が確認された。また、将来意向（一般）の割合若い世代ほど高いことが明らかとなった。

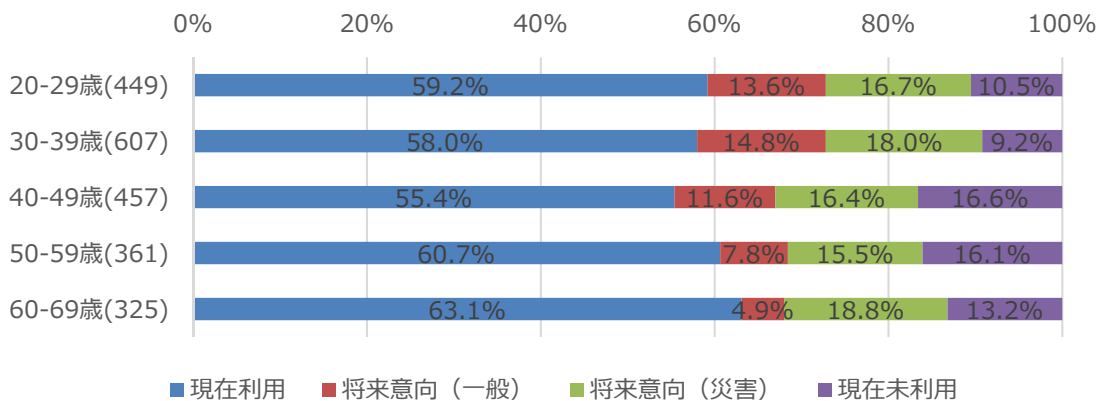


図 3.1-4 年代から見た利用傾向

世帯年収別から見た利用傾向

100 万円未満から 2,000 万円以上までの 14 区分で世帯年収を尋ね、利用状況との関係を見た結果を図 3.1-5 に示す。2,000 万円以上の高所得世帯で突出して現在利用の割合が高いものの、全体的に世帯年収と利用状況の間に関係性は確認されなかった。

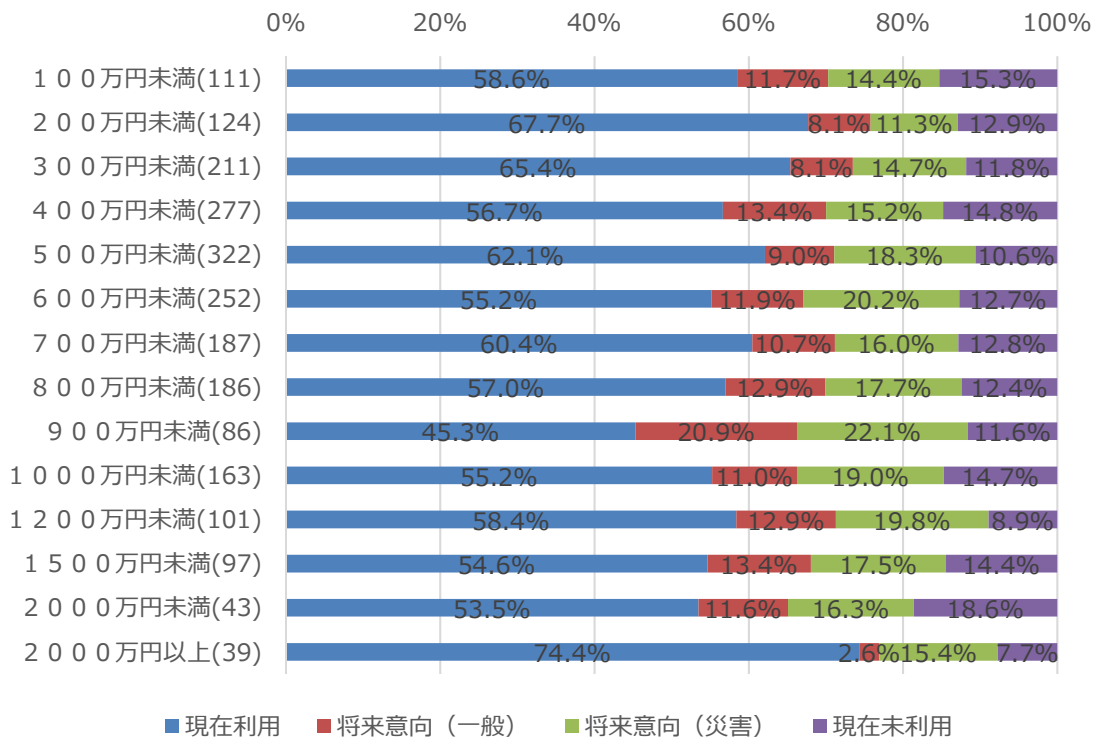


図 3.1-5 世帯年収別から見た利用傾向

・ 環境配慮行動の実行程度から見た利用傾向

5種類の一般的な環境配慮行動の実行程度を尋ね、利用状況との関係を見た結果の一例を図3.1-6に示す。全体的に環境配慮行動を実行しているほど現在利用の割合が高いという傾向が確認された。

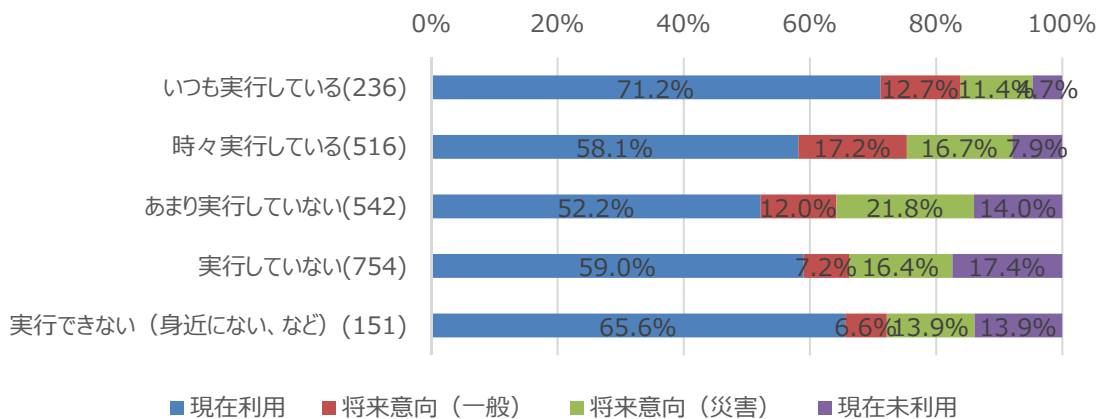


図 3.1-6 環境配慮行動の実行程度から見た利用傾向

(3) 家庭における木質バイオマス燃料の調達状況

木質バイオマス燃料の調達先についてみると、木質ペレット、広葉樹の薪および針葉樹の薪の

いずれにおいても、県内産の場合が最も多く、木質バイオマス燃料が近場で確保されている状況が示された（図 3.1-7 参照）。ただし、木質ペレットについては、県外産および輸入品の県内産に対する比が比較的高く、広域的な流通が行われていることがうかがえた。木質ペレットの軽量化されて、重量当たりの体積も小さく、運搬しやすい利点が効果を上げていると考えられた。

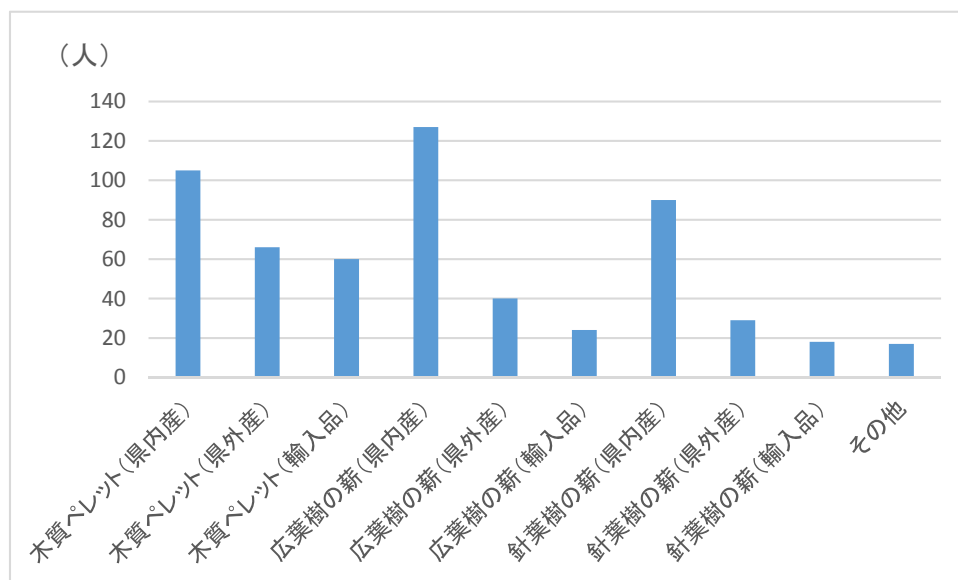


図 3.1-7 木質バイオマス燃料の種類と調達先（複数回答）

木質バイオマス燃料の入手方法についてみると、店舗で購入する場合は多いのは、通常の商品と変わらないが、自分の所有地で採取する場合や知り合いなどから譲ってもらって確保するケースがかなり多いのが特徴的であった（図 3.1-8 参照）。木質バイオマスの入手においては、市販品を購入するというルート以外に、自ら取得するというルートがあり、しかもその比重がかなり高いといえた。また配達や通販の場合もかなりあり、新しい流通経路も形成されていると推測された。

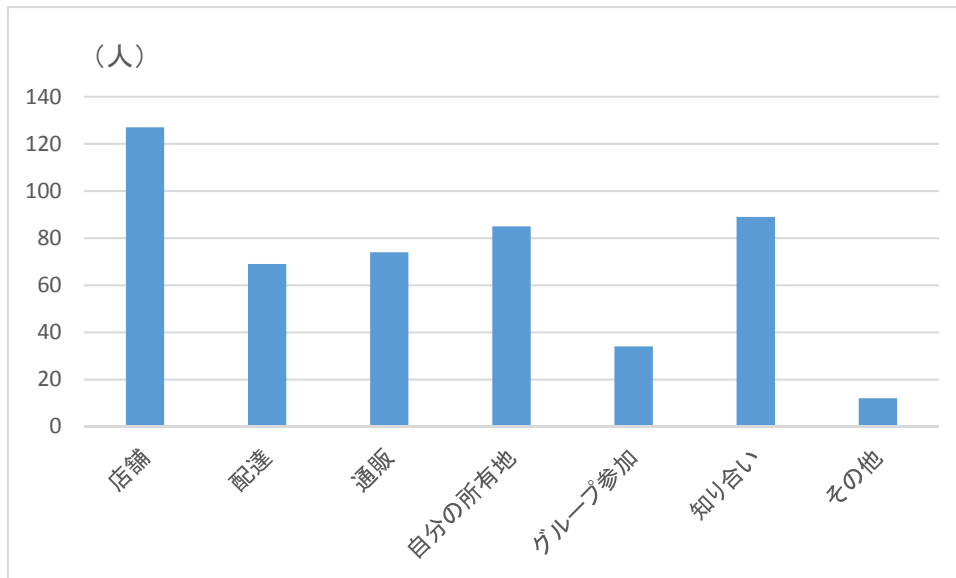


図 3.1-8 木質バイオマス燃料の入手方法

使用者の多かった薪ストーブに着目して、入手方法を購入（店舗、配達、通販）と自己調達（自分の所有地、グループ参加、知り合い）に分類すると、購入と自己調達の両方を実施している人を含め、自己調達している人が全体の 70%を超えた（図 3.1-9）。薪の場合は特に、燃料の大部分が市場の流通経路を通さない形で確保されていることが明らかとなった。そのため公的な統計資料は十分に木質バイオマス燃料の使用量を捕捉していない可能性が高く、注意を要する。

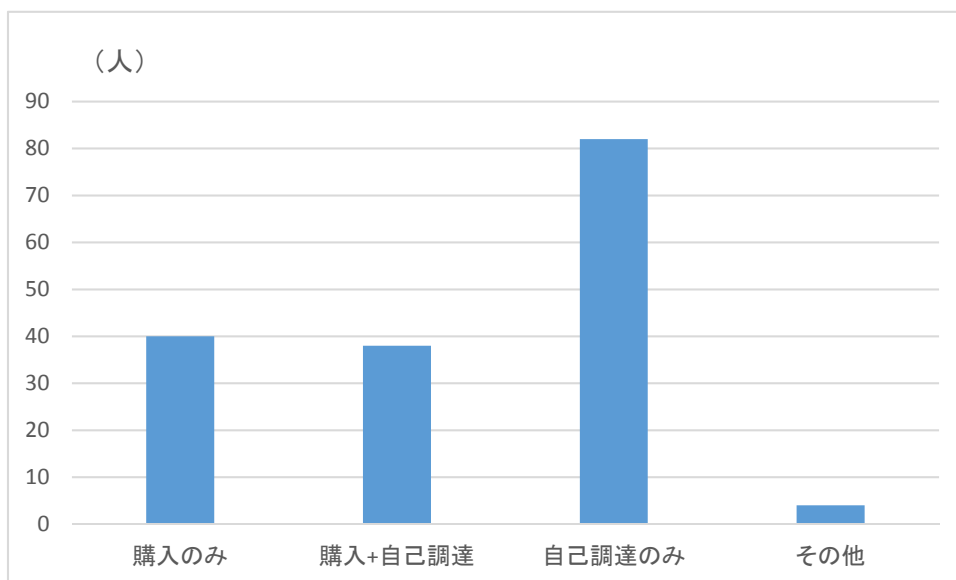


図 3.1-9 薪の場合の入手方法

以上のように、木質バイオマス燃料は、比較的狭い範囲を単位として流通しており、また自ら製作や取得を行う場合の比重が極めて大きく、他の燃料とはかなり性格の異なるものであるとい

え、その普及に当たっては、これらの特徴を考慮することが必要である。

3.1.3 森林バイオマスの小規模エネルギー利用の評価

(1)はじめに

低炭素社会を実現するための一手段として、再生可能エネルギーがある。中でも木質バイオマスについては出力の安定化が可能な電源として、また災害などの緊急時にも稼働可能な熱源として期待されている。電力の分野では現在、固定価格買取制度（FIT）の導入によって全国各地で木質バイオマス発電の導入計画が立てられ発電所の建設が進んでいる。1,000kw の様な小規模なものから 10MW を超える大規模なものまで建設が進み、原料確保の問題も指摘されている。

一方で熱利用については、設備の購入に対する補助金制度や灯油価格の高騰などで少しずつ導入が進んでいるものの、固定価格買取制度の様な支援制度はなく、まだ発電に比べれば普及が進んでいるとは言えない。木質バイオマスを燃料とした大規模発電を導入した場合でも、熱電併給を行うことは可能であるが、その場合の熱利用については、オンサイトの利用に限られるため、適切な熱需要があるものを誘致できるかが鍵となる。一般家庭の様な熱需要がある場所まで熱を届けることは距離や費用の面から制約がある為、薪の様な形での燃料供給が現実的な選択であると考えられる。

また環境面からみた木質バイオマスは、輸送による影響を考えれば同じ地域内での利用が望ましく、地域内の利用可能なバイオマス量が限られている。しかし多量の木材が発電にのみ投入されれば、熱利用や製材利用としての需要と競合し、地域内の特定の部門における森林資源の供給不足も危惧される。

本研究では得られるデータの関係から長野県地域を対象として、電力利用と小規模な熱利用の最適なバランスを求めるために、温室効果ガスの削減効果や経済効果について分析し、より良い資源配分方法について検討を行う。これにより木材資源をどの用途に振り分けるのが、総合的にみて効果的なのか、その為には補助金をどこに投入するべきなのかを明らかにする。

(2) 研究手法

1) 研究の対象と手法

利用するバイオマスについては、薪を扱うため今回は材積の大きい切り捨て間伐材のみとした。長野県内の切り捨て間伐材については、これまで新エネルギー・産業技術総合開発機構や畑中ら（2008）が推計を行った例があるものの、間伐材積を按分する方法で推計されており、その年の間伐量に依存すること、全国の間伐材積量を利用していること等の理由から必ずしも実態を反映していない。その為、本研究では改めて長野県森林・林業白書を基に間伐材積、林道延長などの値を更新し再推計を行った。

その結果、切捨て間伐材の賦存量の合計は 431,259 DW-t/年、賦存熱量は 7,805,788 GJ/年となった。また、利用可能量は、15,407 DW-t/年、利用可能熱量は 278,868 GJ/年となった。ここでの熱量は、賦存・利用可能量を直接燃焼したものとする。この木質バイオマスを分析の対象として、小規模発電と小規模で分散的な熱利用である薪ストーブに利用することを想定する。その際に 1)バイオマスから得られる電力と熱の供給量 2)電力・熱利用それぞれの最終需要に対するバイオマスエネルギーの代替割合 3)温室効果ガスの排出削減量について求めていく。対象となる木質バイオマス資源は長野県内で消費されるものとする。

2) 電力利用・熱利用へのケース別投入割合

切り捨て間伐材から得られるバイオマスの資源配分について、電力利用と小規模熱利用に対する分配割合のケースについて表 3.1-6 に示す。電力利用についてはヒアリングに基づき 1300kW の小規模発電を複数設置することを想定し、熱利用については県内で普及が進んでいる薪ストーブの利用を想定した。なお、発電における廃熱利用、熱電併給については想定しないものとした。エネルギー需要については設備の供給形態を考慮して電力は産業部門・民生部門を対象とし、熱利用は民生部門の中でも一般世帯を対象とした。

表 3.1-6 資源分配のケース

	電力利用	熱利用
Case 1	100%	0%
Case 2	75%	25%
Case 3	50%	50%
Case 4	25%	75%
Case 5	0%	100%

推計に用いた値について表 3.1-7 に示す。薪ストーブと石油ストーブの効率については先行研究である畑中ら（2012）の値を使用した。発熱量や CO₂ 排出係数については、環境省の算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧や J クレジット制度の値を、エネルギー需要に対する値は長野県の統計資料を元に設定した。バイオマス発電効率については、長野県内の小規模発電事業者へのヒアリングを元に設定した。

表 3.1-7 推計に用いた値

名称	値	単位
薪ストーブの効率	63	%
石油ストーブの効率	86	%
灯油の単位発熱量	36.7	GJ/KL
灯油の CO ₂ 排出係数 (発熱量ベース)	0.0679	t-CO ₂ /GJ
電力の CO ₂ 排出係数 (中部電力)	0.513	kg/kWh
バイオマス発電効率	15	%
長野県内の世帯数	813,000	世帯
1 世帯の平均暖房需要 (灯油)	490	L/年
チップ・薪の生産による CO ₂ 排出係数	0.05	t-CO ₂ /t

(3) 結果

1) 電力需要、熱需要に対する割合

長野県における 2013 年の産業部門・民生部門をあわせた電力需要は 149.54 億 kWh である (長野県の統計情報、2015)。これに対して表 3.1-8 に示すとおり、切捨て間伐材の賦存量では最大 2.1%

まで賄うことができる。また1ヶ月の世帯あたり電力消費量を300kWhとすれば（電気事業連合会,2015）、年間で最大9万世帯分の電力を供給することができる。一方で熱需要については、家庭部門の暖房需要を想定し1世帯の暖房需要平均に世帯数を乗じれば、長野県全体で14,620,179GJとなる。これに対して、間伐材賦存量をすべて熱需要に投入すれば最大で33%、世帯数でおよそ27万世帯まで賄うことができる。しかしながら、賦存量ではなく切捨間伐材の利用可能量をもとに算出した場合には電力需要に対して最大0.07%、熱需要に対して最大で1.2%にとどまった。

表 3.1-8 長野県内のエネルギー需要に対する切捨間伐材賦存量の供給割合

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	単位
電力	2.17	1.63	1.09	0.54	0.00	%
熱	0.00	8.41	16.82	25.23	33.64	%

2) CO₂ 排出量の削減効果の推定

またシナリオに基づき切捨間伐材のバイオマス賦存量を電力・熱利用した際の二酸化炭素排出削減量について、表 3.1-7 の排出係数を元に算出した。なおJクレジット制度方法論の考え方に基づき、電力利用・熱利用ともに県内において最終消費がなされることから、バイオマス燃料の輸送にかかるCO₂排出量は無視できるとした。ただし、燃料製造時の排出量は考慮している。ケースごとの二酸化炭素排出削減量について算定結果を表 3.1-8 に示す。エネルギー変換効率の違いから熱利用の割合が高いものの方が削減効果は大きい。

表 3.1-9 二酸化炭素排出削減量 (t-CO₂/年)

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
電力	145,286	108,964	72,643	36,321	0
熱	0	91,676	183,351	275,027	366,702
合計	145,286	200,640	255,994	311,348	366,702

これを踏まえて、熱利用についてはバイオマスエネルギーによる代替前の熱利用形態がエアコンの場合と、灯油ストーブの場合に分けて試算した結果を図 3.1-10 に示す。バイオマスによる電力代替による二酸化炭素排出削減量、それぞれの熱利用代替に対する削減量、電力と熱の代替を合計した量について示し、エアコンについては、高効率（COP5.8）なものと低効率（COP3.0）なものに分けて算出した。

結果から、灯油利用の場合やエアコンの効率が低い場合には熱利用の割合が高い Case.5 の方が二酸化炭素排出削減量は大きくなるのに対し、エアコンの効率が低い場合には、電力利用の割合が高い Case.1 の方が、二酸化炭素排出削減量が多くなった。実際には、地域の外気温などによってエアコンの効率やバイオマスの使用量も影響を受けることが考えられ、また電源に占める化石燃料の割合なども考慮する必要がある。

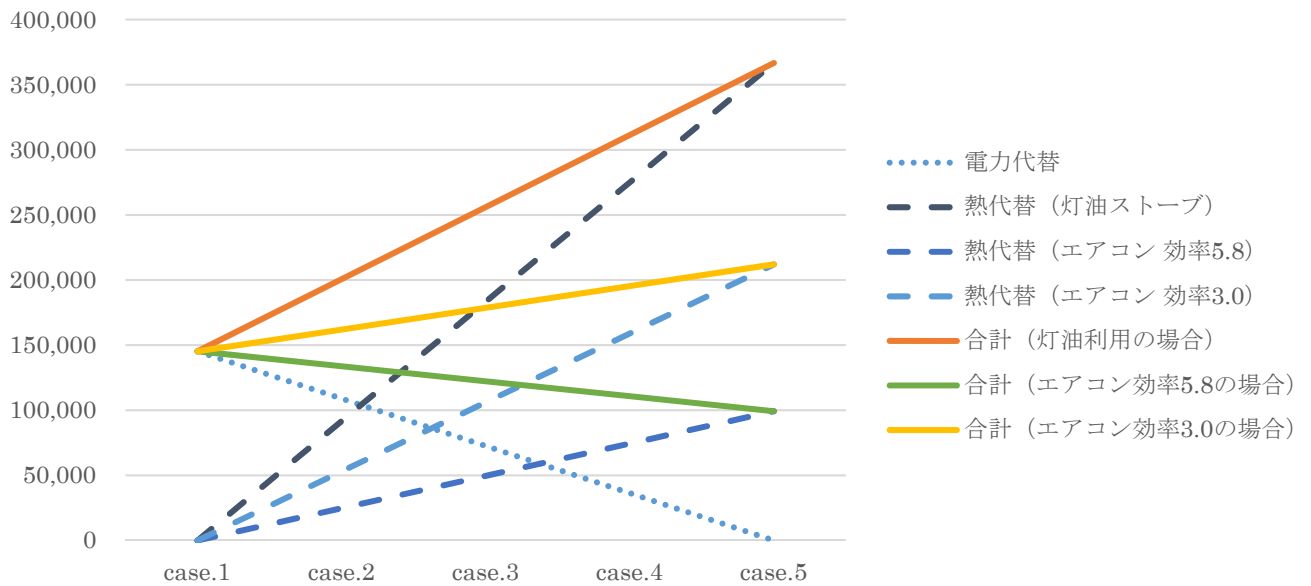


図 3.1-10 ケース別の二酸化炭素排出削減量 (t-CO₂)

(4) おわりに

算定の結果から地域内のエネルギー需要を賄うためには切捨間伐材以外の剪定枝や製材工場における未利用材等も有効活用することが必要である。かつ二酸化炭素排出削減という観点からは、バイオマス代替前の暖房の利用形態によって電力利用と熱利用の排出削減量の大きさが逆転する可能性が示唆された。地域の気候や暖房の利用形態も考慮した上で、バイオマスの利用方法を考えていく必要がある。

今後の研究課題としては、熱電併給、ペレットストーブなど別のエネルギー利用方法や、輸送に係る CO₂ の排出影響を分析の枠組みに加えることが考えられる。また切捨間伐材は搬出費用が問題となっており、地形によって搬出のしやすさや費用が異なる。木材資源フローの川上では、エネルギー利用に適した木材 (C 材) の価格もバイオマス発電が増加するに連れて上昇するが、一方で川下では、化石燃料の価格も下がっておりバイオマスの熱利用には影響も出ると考えられる。こういった費用の観点からの課題も多く、今後も地域資源を活用した低炭素型のエネルギー利用拡大の実現可能性を検討するために分析を進めていく。

参考文献

- 新エネルギー・産業技術総合開発機構:バイオマス賦存量・有効利用可能量の推計 (2014 年 10 月)
- 畑中健一郎:長野県内におけるバイオマスエネルギー量の地域別推計、長野県環境保全研究所研究報告、No.4 (2008)、pp.39-44
- 長野県:長野県森林・林業白書 (平成 22 年度)
- 畑中健一郎、陸斉、井出政次:長野県における薪ストーブの利用実態と CO₂ 排出削減量の推計、長野県環境保全研究所研究報告、No.8 (2012)、pp.25-30
- 環境省:算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧、2015
- 環境省:電気事業者別排出係数一覧、2015
- 長野県:長野県の統計情報、2015
- 長野県:長野県内の消費電力量と供給電力量 (平成 26 年度)、2015

3.1.4 森林バイオマス利用に関係するステークホルダー

(1)はじめに

2012年7月から開始された再生可能エネルギーの固定価格買取制度により、木材産業が活性化することが期待されたが、国内の豊富な森林バイオマス賦存量があるにも関わらず利活用が進んでいないのが現状である。この要因として、上流から下流まで多様な主体が介在するという他の再生可能エネルギーにはない森林バイオマスの利用構造の影響が考えられる。本研究では、上記構造を具体的な事例に基づいて明らかにし、各主体における課題の抽出を行うこと目的とする。

(2) 研究手法

1) 研究の対象と手法

ペレットストーブやボイラーといった熱利用を中心に森林バイオマスの利活用が進んでいる長野県内の森林バイオマス関係者を中心にヒアリング調査を実施した。対象の選定にあたっては、各地域の森林バイオマス利用の上流（材の提供）から中流（エネルギー供給やストーブ製造、燃料製造）、下流（エネルギー需用者）まで満遍なくカバーできるよう留意した（表 3.1-10）。調査項目は表 3.2-11 に示すとおりで、地域における森林バイオマスの普及状況や流通、設備、課題等について把握を行った。調査結果を基に各地域における森林バイオマスのステークホルダー構造を整理し、特徴及び課題の抽出を行った。

表 3.1-10 ヒアリング調査対象者

所在	ヒアリング調査対象者	属性	スケジュール
長野市	いづなお山の発電所	発電事業	2014年8月7日
	(一社)自然エネルギー信州パートナーズ	サポート	
茅野市	からまつストーブ普及LLP	ストーブ製造販売 薪販売	2014年8月8日
飯田市	飯田市健康増進施設「ほっ湯アップル」	熱需用	2014年8月19日
	南信バイオマス協同組合	ペレット生産	
	飯田市役所環境モデル都市推進課	サポート	
	奥天竜峡 不動温泉佐和屋	熱需要	2014年8月20日
	飯伊森林組合	林業	
飯田信用金庫	サポート		

表 3.1-11 ヒアリング調査項目

1	地域（県、圏域、市町村）における木質バイオマスエネルギー事業の普及や定着の実情
2	熱需要の見込み
3	木質バイオマスの上流～下流への動き
4	木質バイオマスの上流～下流における金の流れ
5	木質バイオマス利用の上流・下流におけるステークホルダー
6	地域（県、圏域、市町村）で木質バイオマスエネルギー事業が進まない障害、その解決方策、行政、企業、NPOなどに期待すること
7	ビジネスモデル（事業形態、取扱商品、仕入先、販売先）
8	導入設備
9	事業に係る設備資金と運転資金の総額、自己資金、補助金の内訳
10	売上高、販売原価、仕入価格
11	従事者数
12	設備の稼働状況と経済効果
13	熱利用における費用対効果、メリット
14	CO2 排出削減効果
15	今後の事業展望、想定される課題、課題解決の方策

2) 結果と分析

・ 長野市の事例（図 3.1-11）

長野市の事例では、いづなお山の発電所を中心とした上流から中流までの状況について分析を行った。

いづなお山の発電所では、組合企業 5 社内で原料調達から発電利用まで実施しており、発電建設、焼却灰の処理、有資格者の保有など組合内で賄うため、地域外への資金流出がないことが大きな特徴として挙げられた。また、地域の燃料供給の実情に合わせた発電所の規模設定（第 1 発電所 1,300kW、第 2 発電所 1,500kW）を行っており、更に予防保全の考え方に基づいて重機等の維持管理を実施していることも明らかとなった。修繕費は 1,000 万円～3,000 万円と事後措置に比べて高コストだが、その分高い稼働率（95%）の維持が可能となっている。

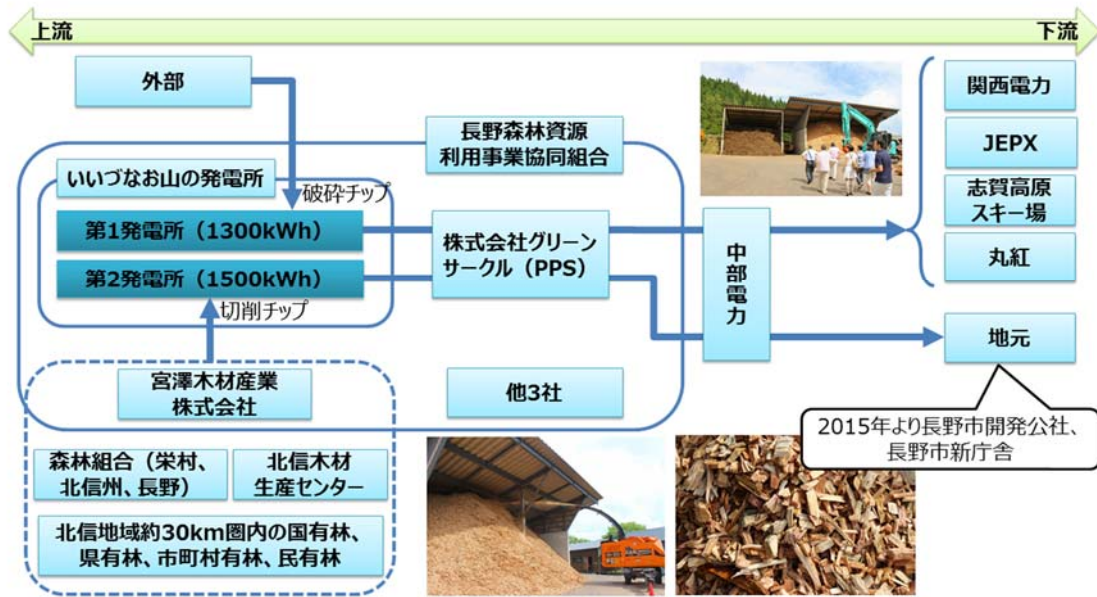


図 3.1-11 長野市における森林バイオマス利用

・ 飯田市の事例 (図 3.1-12)

飯田市の事例では、南信バイオマス協同組合を中心とした上流から下流までの状況について分析を行った。

飯田市では、上流側の飯伊森林組合ではエネルギー利用に関する中流側との連携構築の必要性を課題と考えていた。中流に位置する南信バイオマス協同組合では、県の森林組合連合会から供給された材を用いてペレット生産を行っており、飯田市が行政関連施設を中心に積極的に需要先を拡大することで供給に見合った需要を創出していた。市の中にある千代地区では、小規模ながらも地域と温泉旅館が密着した継続的な供給体制が確立されていた。また、下流に位置する健康増進施設のほっ湯あっぷるでは、導入当初のペレットの品質や供給量の不安定さが課題となっていた。

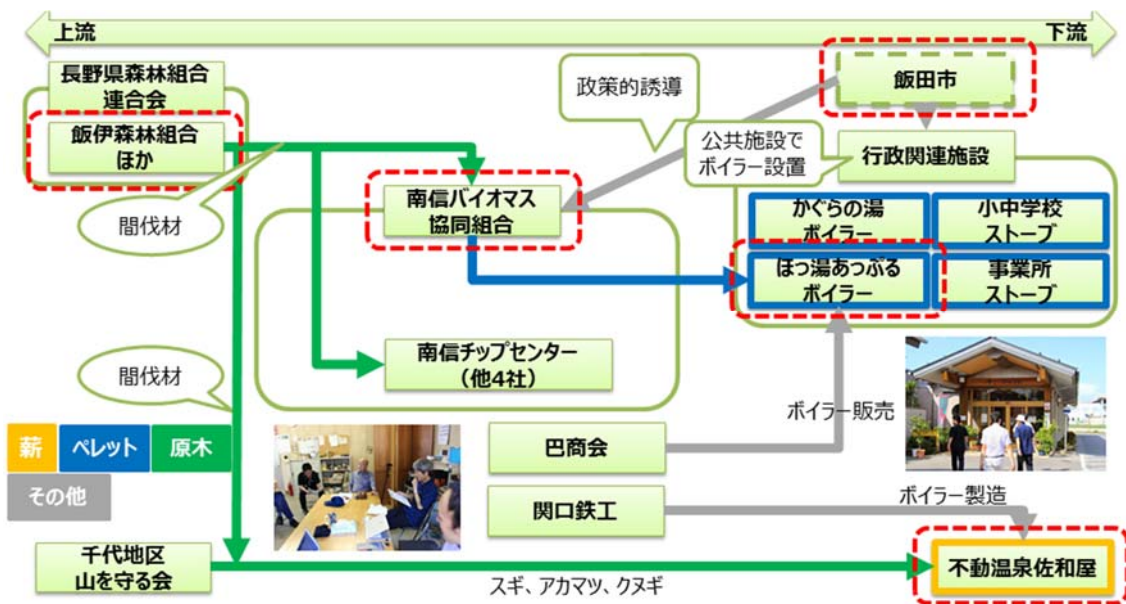


図 3.1-12 飯田市における森林バイオマス利用

・ 茅野市の事例 (図 3.1-13)

茅野市の事例では、からまつストーブ普及 LLP を中心とした主に中流の状況について分析を行った。

からまつストーブ普及 LLP では、薪ステーションを介した材の仕入れ、薪の加工販売からストーブの供給、地域の上流から下流までの流れをコーディネートしており、地域の森林バイオマス利用の調整役として重要な役割を担っていた。一方、自然保護活動を発端とした組合であり、良くも悪くも市民活動的であるため、利用者数を急激に伸ばすことは困難であり、間伐材の薪利用を推進するには、行政を巻き込んだ流通システムの構築の必要性を認識していた。

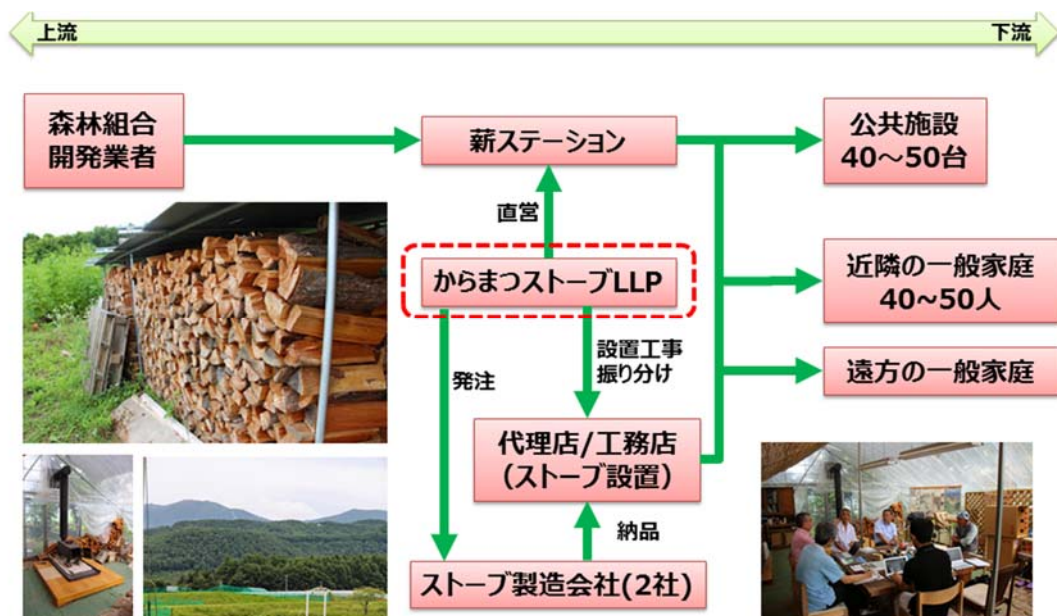


図 3.1-13 茅野市における森林バイオマス利用

飯田市では、長野県森林組合連合会から供給された材を用いて南信バイオマス協同組合がペレットを生産しており、行政が関連施設を中心に積極的に需要先を開拓することで供給に見合った需要を創り出していた。また、薪ストーブ、ボイラーでは、材の切り出し、材の輸送、薪割、配送に多様なステークホルダーが関与していた。一方、課題としてエネルギー利用に関する林業との連携構築や、導入当初におけるペレットの品質や供給量の不安定さ等が明らかとなった。

3) 結論

本研究では、FIT 開始後も国内の森林バイオマスの利活用が進まない要因として、上流から下流まで多様な主体が介在するという森林バイオマスの利用構造の影響に注目し、ヒアリング調査を行った。

いずれの地域でも多様な主体の介在が確認されたが、それぞれ下記のような取り組みにより対応を行っていることが示唆された。

長野市では、組合として関連企業をすべて内部化し、材の調達から発電まで組合内で賄うことでスムーズな運営を行っていた。

飯田市では、環境政策を意識する行政が強力なリーダーシップを発揮し、ペレットの需要先を開拓するとともに、多くの関係主体間の調整を行っていた。また、地域と密着した継続的な利用体制を構築する地区が確認された。

茅野市では、薪ストーブの普及を目的とした組合の設立により、地域の上流から下流までをコーディネートする役割を果たしていた。

(3) おわりに

本報告では、主として薪の形での利用を軸に、森林バイオマスのエネルギー利用の方法と可能性について検討した。その結果、薪ストーブが予想以上に普及していることや、薪の利用が自給的であることなど、いくつか留意すべき点が明らかとなった。

森林バイオマスの利用形態には、薪の他にチップや木質ペレットがあり、また熱供給には地域冷暖房という選択肢も存在する。また今回はデータの制約から長野県を事例とした解析が多くなった。今後さらに検討範囲を様々な利用に広げ、それぞれの利点と欠点および利用に効果的な地域の条件などを明らかにすることが必要である。将来的には、現実の地域を対象に森林バイオマス利用の計画提案につなげることが望まれる。

3.2 中学生を対象としたまちづくりワークショップの開催及び総合計画策定支援

3.2.1 はじめに

東日本大震災から5年が経過し、震災の被害を受けた多くの自治体では、復興計画に基づき生活や産業の再建が日々進められている。福島県浜通り地域では、常磐高速自動車の開通やJR常磐線の再敷設等、インフラ等の再建や整備に伴って復興の兆しが見えてきているところもある。

ただし、これらの復興事業は予算措置を含め、おおむね震災発生から10年を目途に、早期の復興を主眼とした比較的短期的な視点で検討されているものが多い。震災前のくらしやなりわいを早急に取り戻す視点は重要ではあるが、短期的な視点のみの事業では、復興以降の地域の生活や産業を支え、発展させるための人材育成や、長期的かつ継続的な取り組みが必要な課題等への対

応の視点が手薄になりがちである。

こうした長期的な視点での対応が必要な課題克服を目指す際、地域住民が復興の先にどのような将来像を望んでいるのか、また、どのような地域を実現したいのかを、丁寧に検討することが重要である。とりわけ、将来において社会の中心となり活躍する若い世代の意見を聴き、総合計画に反映させることは、長期を対象とする総合計画の理念とも合致する。また、若い世代に将来の地域を意識してもらうことは、長期的な地域の発展に資する将来ビジョンを将来にわたって共有することを可能にし、ビジョンの実現に向けた取り組みを推進する上で有意義であるといえる。

2013年3月に、独立行政法人国立環境研究所（現在：国立研究開発法人国立環境研究所）と福島県新地町は、新地町における環境と経済が調和する復興を支援する研究に関する連携と協力を推進するとともに、その成果の活用を図るため、基本協定を締結した。その活動の一環として、新地町立尚英中学校、新地町教育委員会、新地町企画振興課、NPO 法人みらいと・新地町復興応援隊、(株) 協和コンサルタンツの協力のもと、新地町立尚英中学校の2015年度第3学年の生徒が、第1学年、第2学年の時に、それぞれ「2050年の新地町を考えよう！」ワークショップと「新地町の未来地図をつくろう！」ワークショップを開催した（以下、これら2回のワークショップを総称して「尚英中ワークショップ」と記載する。）。

その後、2015年6月ごろの新地町企画振興課との協議の過程で、尚英中ワークショップの成果を、第5次新地町総合計画（後期総合計画）へのインプットとして活用できないかとの提案があった。そこで、ワークショップの企画運営関係者が中心となって、2回の尚英中ワークショップで出された意見や提案を整理・分析し、その成果を取りまとめて新地町総合計画審議会の参考資料として上梓するに至った。

2015年8月～10月にかけて開催された新地町総合計画審議会では、同町企画振興課が実施した様々な主体へのヒアリング調査やアンケート調査の結果等とともに、尚英中ワークショップの成果も参照されて議論が行われた。その結果、同町の大人世代の希望や意見と、中学生の希望や意見はおおむね一致していることが確認され、第5次新地町総合計画（後期基本計画）に活かされることとなった。

3.2.2 尚英中ワークショップの結果概要

2014年1月23日実施の「2050年の新地町を考えよう！」ワークショップは、新地町立尚英中学校、新地町教育委員会、新地町企画振興課、NPO 法人みらいと、(株) 協和コンサルタンツの協力を得て開催した。このワークショップは、2050年に50歳を迎え、将来社会で中心的な役割を担うことになる中学1年生が、何を望ましいと考え、長期的にどのような新地町にしたいと考えているのかを把握するために実施した。

具体的な手順としては、2050年の生徒自身と新地町の様子について、個人個人の考えや意見を事前にまとめてきてもらい、ワークショップ当日はその意見をもとに、各クラス5班（全15班）に分かれて2030年、2050年の新地町の将来像について時系列で検討し、結果を模造紙にまとめて発表してもらった。生徒は非常に活発で、新地町の将来を真剣に考え、しっかりと問題意識を持って臨んでいる様子が窺えた。

ワークショップで提示された特徴的な意見として、都市化や人口増等に希望する項目が最も多くなっていた。また、地域の豊かな自然をこれからも守っていきたいという強い意志や、地域独

自の神楽や特産品、鹿狼山、海等への愛着が感じられる意見も多く、おおむね新地の明るい将来像を描写していた。このことから、生徒が町のことをよく知っていて、その良さを今後も活かしていきたいと考えていることが把握できた。

2014年12月10日実施の「新地町の未来地図をつくろう！」ワークショップは、新地町立尚英中学校、新地町教育委員会、新地町企画振興課、新地町復興応援隊、(株)協和コンサルタンツの協力を得て開催した。このワークショップは、前回の「2050年の新地町を考えよう！」ワークショップのフォローアップとともに、新地町の未来のまちづくりに対して、より具体的な提言をまとめるために開催した。

具体的な手順としては、新地町の主な名所や店舗等の写真を配置した地図を教室に掲示し、それをもとに、自分達の住んでいるまちをよく知り、守りたいモノ・コトと、変わってほしいモノ・コトについて、事前に個人個人の意見をメモにまとめてきてもらった。ワークショップ当日は、前回のワークショップと同じく各クラス5班(全15班)に分かれて、事前に作成したメモをもとに新地町が2050年にどうなってほしいかを各班で話し合い、2050年の新地町の未来地図とキャッチフレーズをとりまとめ、クラス内で発表してもらった。前回ワークショップ開催時と同様、生徒はとても協力的で、各班での話し合いにおいて新地町の将来像について活発に意見交換や対話を重ね、取りまとめを行い、得られた成果を発表することができた。

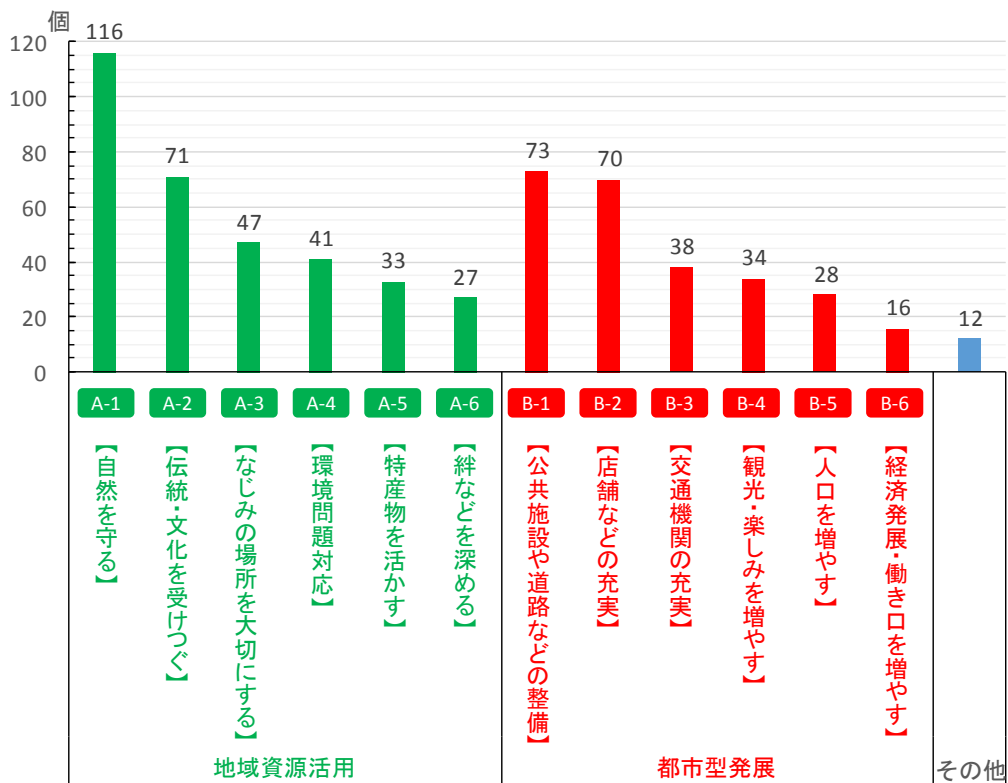
特に多くの意見が集中したのは、大型ショッピングモールやコンビニ、飲食店等の商業施設、駅の再建・新幹線やバス等の交通機関、ゲームセンターやテーマパーク等の娯楽施設の整備等であり、生活を便利にする施設や人が集まる施設への強い願望や、観光振興による交流人口の増加を望む声が多く出されていた。その一方、生徒にとって馴染み深い施設・店舗や特産物、鹿狼山や海(釣師浜)等の自然、地域に伝承されている福大十二神楽や伝説等の文化・伝統や祭事等、既存の有形無形資産への愛着を強く持ち、未来に向けて残していきたいという意見も多かった。これらは、前回ワークショップの結果からほとんど変わっておらず、地図上に表現することでより具体性を帯びた提言として取りまとめることができたと言える。

3.2.3 2回の尚英中ワークショップで提示された意見や提案の整理・分析結果

2回の尚英中ワークショップで出された意見は、大まかに「地域資源活用を意識した意見」と「都市型発展を目指した意見」に分けられる。これらを、さらに具体的な施策として提案可能な6つの分野に分類した(表3.2-1)。また、この分類項目をもとに、2回のワークショップで出された意見を分類して集計したグラフが図3.2-1である。

表 3.2-1 尚英中ワークショップの意見の分類項目

地域資源活用を意識した意見 ～残したいモノやコト	都市型発展を目指した意見 ～変わってほしいモノやコト
A-1 【自然を守る】 鹿狼山や海(釣師浜)などの自然を保全し、賢く活用する	B-1 【公共施設や道路などの整備】 公共施設・道路や高齢者施設などの充実
A-2 【伝統・文化を受けつぐ】 地域に伝わる福田十二神楽や伝説などの文化・伝統行事を町を挙げて守り伝える	B-2 【店舗などの充実】 大型ショッピングモールやコンビニ、飲食店などの商業施設整備
A-3 【なじみの場所を大切にす】 地元のなじみの施設を大切にす、被災文化財を復元	B-3 【交通機関の充実】 駅の再建・新幹線やバスなどの交通機関整備
A-4 【環境問題対応】 自然エネルギーの活用・電気自動車の本格普及・ごみ拾いなど環境美化活動を進める	B-4 【観光・楽しみを増やす】 観光・レジャー客増、ゲームセンターやテーマパークなどの観光・娯楽施設の充実
A-5 【特産物を活かす】 特産物(いちじく、トマト、ニラ、りんご、カレー)生産・活用を進める	B-5 【人口を増やす】 町民人口の増加で町の活力・にぎわいをつくり出す
A-6 【絆などを深める】 まちの人々同士のふれあいと絆の深めあい、安全・安心の確保	B-6 【経済発展・働き口を増やす】 経済発展の良い循環をつくり出す、働く機会の充実



町内の豊かな自然、文化・伝統行事やお祭り、地元のなじみ深い施設・お店や特産物など、新地町に元からある有形無形資産への愛着を強く持ち、未来に向けて残していきたいとの強い希望を持っている。

公共施設や道路、店舗などの充実や整備、町民人口増や観光客増を希望する意見も多く、生活の利便性や安定性の向上、地域内外から人が新地町に集まってにぎわいをつくり出すことへの希望も強い。

図 3.2-1 尚英中ワークショップで出された意見を表 1 の項目に基づいて分類・集計したグラフ

さらに、各項目に含まれる意見を「日常の暮らし」「外との交流」という軸を加えて整理したものが図 3.2-2 である。これらを概観すると、豊かな自然や伝統文化の継承・発展を図りつつ都市的な要素を取り込み、地域振興と生活の利便性・安定性の向上も図りたいとの強い希望が窺える。

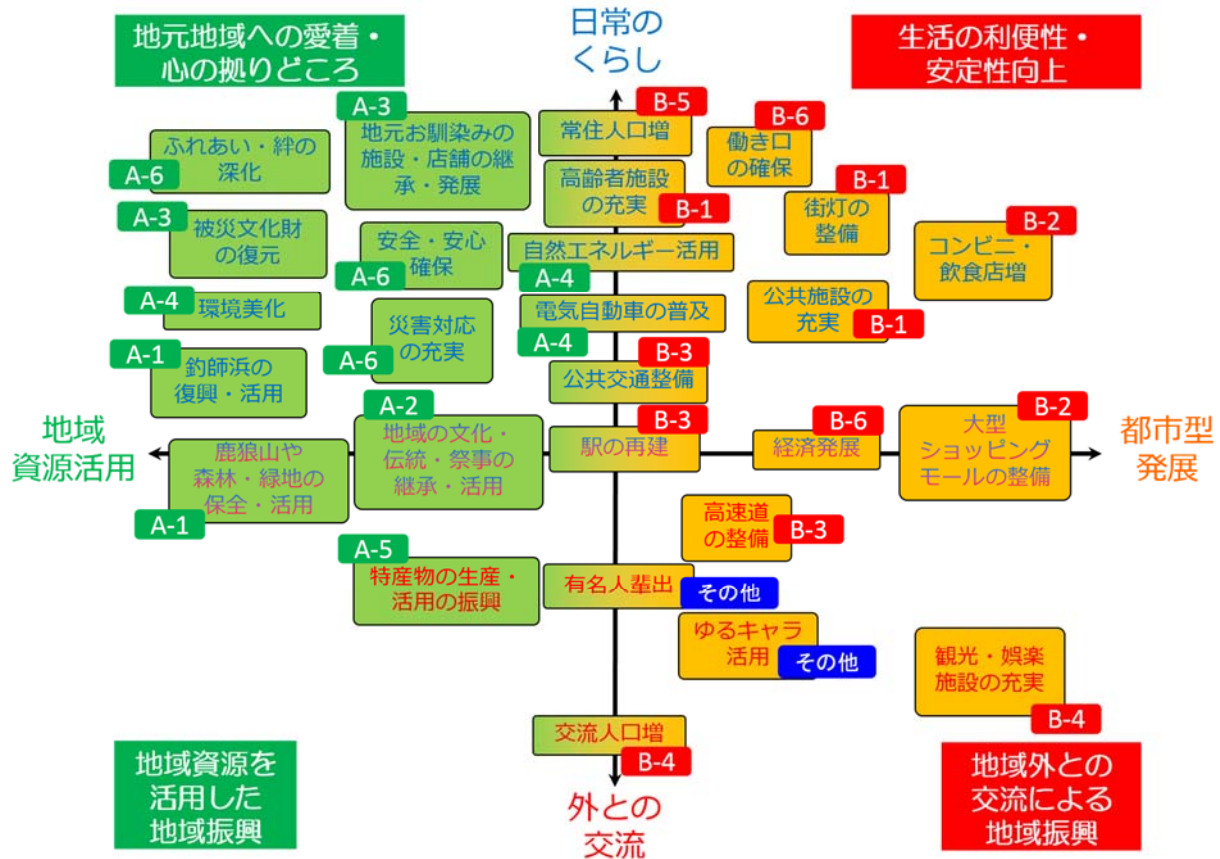
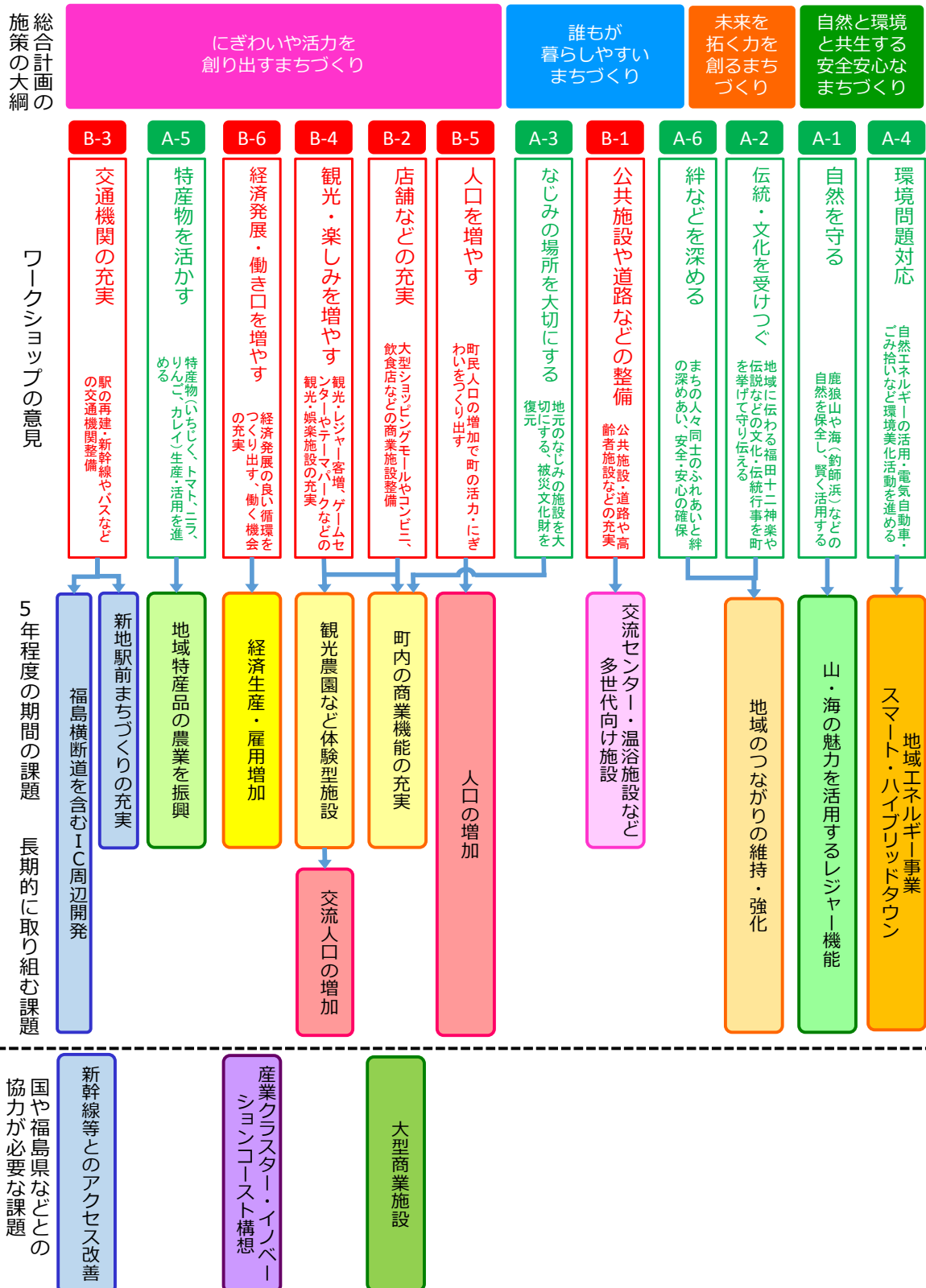


図 3.2-2 尚英中ワークショップの意見を「地域資源活用—都市型発展」の軸と「日常の暮らし—外との交流」の軸で分類した意見分布図

3.2.4 第5次新地町総合計画（後期基本計画）の施策の大綱と尚英中ワークショップ意見の対応関係

次に、新地町総合計画審議会で検討された第5次新地町総合計画（後期基本計画）の施策の大綱と、上述の尚英中ワークショップ意見の整理・分析結果との対応関係の精査を行った。この作業は、新地町企画振興課の関係者と、尚英中ワークショップの企画・運営担当者との間で何度か協議を重ねて行った。その結果を図 3.2-3 に示す。

尚英中ワークショップで提示された意見は、実際には第5次新地町総合計画（後期基本計画）にて提示されている詳細な各種施策にモザイク状に取り込まれているが、大まかには施策の大綱「にぎわいや活力を創り出すまちづくり」には「都市型発展を目指した意見」が多く取り込まれ、「誰もが暮らしやすいまちづくり」「未来を拓く力を創るまちづくり」「自然と環境と共生する安全安心なまちづくり」には、「地域資源活用を意識した意見」が多く取り込まれていることが把握できた。



3.2.5 尚英中ワークショップ参加中学生へのフィードバック

尚英中ワークショップの成果が第5次新地町総合計画（後期基本計画）に活用された経緯（ワークショップ結果の整理・分析結果のまとめと、それらがどのように総合計画策定の議論に役立ったのかの報告）をパンフレットとしてとりまとめ、ワークショップに協力してくれた2015年度尚英中学校第3学年の生徒へ2016年3月に配布した。

これに関し、新地町や新地町教育委員会の関係者からは、尚英中ワークショップに関連する一連の取り組みが、若い世代における総合計画の認知度を高め、まちづくりに参加する意識を醸成する良い機会となったとの評価を受けた。

3.2.6 まとめと今後の課題

2013～2015年度にわたり、福島県相馬郡新地町において取り組んできた尚英中ワークショップと、その成果の新地町総合計画への活用を企図した一連の取り組みは、将来に社会の中心となり活躍する若い世代の意見を集約・調整し、長期的なまちづくりに対する彼らの当事者意識を醸成し、積極的な参画を促すことを目標として実施してきた。その結果として、ワークショップに参加した中学生の意見が新地町総合計画に取り入れられ、また、その実績について中学生にフィードバックができたことで、一定の成果を収めたと言える。

ただし、Web等からアクセス可能なほかのまちづくりワークショップの報告書等を参照して、今般の取り組みと比較検討していくと、尚英中ワークショップ独自の課題、若年層全般を対象としたワークショップを実施する際の課題、幅広い年代を対象としたワークショップを実施する際の課題が多く見出された。

(1) 尚英中ワークショップ独自の課題

1) 短期的な視点で「今自分達の世代が希望するもの・こと」が意見として出てきやすかった。

これについては、長期的な将来について意識的に考える仕掛けを都度組み込む必要があったと考えられる。参加した中学生は2050年に50代になる世代なので、現状の50代の人話を聞く機会を設ける等の工夫がなされると、より長期的な課題に対応する意見が出てきやすかったのではないかと考えられる。

2) 2050年の将来像について、制約条件等を設けずに自由に描いてもらったことから、その実現性や現状の復興計画との整合性等が不問のまま提示された意見も多かった。

これについては、ワークショップ前に新地町を含めた周辺自治体や日本全体の過去データや町の現状、復興の状況等について十分に情報共有する機会をつくる必要があったと考えられる。また、事後には自分達がつくった将来像の実現性と既存の各種計画・政策との整合性の検証・調整に取り組む機会をつくると、一層実現性の高い施策提案として活用される可能性が高まると考えられる。

3) ワークショップの過程で、生徒一人ひとりが新地町の将来にどのように関わっているのかの意識が、やや希薄になっている様子が窺えた。

自分達の提案を具現化させるための施策や活動について、自分達がどのように関わっていくかを考える機会を継続的に設けることが必要である。このような仕掛けをワークショップに組み込

むことで、主体的に自分達の住むまちづくりに関わっていく人材育成にもつながることが期待できる。

尚英中ワークショップは、本来であれば「まち歩き」等も取り入れ、丁寧に意見を掘り起こし対話を深めていくべきであるが、時間の制約上、不可能だった。

学校側のカリキュラムにしわ寄せが出ないように格別の配慮が必要であるが、1回限りで完結するワークショップではなく、生徒自身が地域の情報を収集する回、それを踏まえて地域と自分の将来像を話し合う回を設ける等、段階を踏んだ構造にする等の工夫が必要であると考えられる。

(2)若年層全般を対象としたワークショップを実施する際の課題

1)小・中・高校生が将来地元地域に残るつもりかどうかで意見傾向が異なる。

石川ら(2011)、石川ら(2012)によると、将来地元地域を出たいと考えている子どもは、地元地域がそのままであってほしいとの希望が強く、将来地元地域に残りたいと考えている子どもは、生活を便利にする施設やインフラ整備への希望が強く出る傾向が見出されるとのことである。

これについては、ワークショップに際して、将来大人になった自分がどのように地元地域と関わっていくか考えてもらうステップを組み込む必要があると考えられる。その上で、若年層の将来展望に応じて、地元地域の外から故郷に関われること、地元地域の中から関われることを考えてもらい、話し合いを通じて相互の両立・調整を目指すことが必要であろう。

2)ワークショップ後に、自らが主体的に地域のまちづくり活動等に参画する機会や仕組みが整っていない。機会があったとしても、参画する割合は低い(西出ら(2012)より)。

尚英中ワークショップでは、事後に良いタイミングで新地町総合計画へのインプットの機会が設けられたが、その作業に中学生を直接関与させるまでには至らなかった。状況が整うようであれば、若年層を対象としたワークショップの開催とともに、その後に続く具体的な施策決定・実践への参画の機会をトータルで設計し、その成果が実際の施策に活かされ、継続的に効果が検証される仕組みを整える必要があると考えられる。

(3)幅広い年代を対象としたワークショップを実施する際の課題

1)ワークショップへの評価は、肯定的なものに終始しがちであり、参加者の満足度が高いこと、対話の実績を残したことに意義を見出す評価が多い。

ワークショップは、質の高い成果を導き出し、課題への参画意識を醸成するためのツールであるということを、企画実施運営関係者間で十分に確認・共有した上で、ワークショップを含む一連の取り組み全般をデザインしていく視点が必要である。

2)ワークショップ成果を、実際のまちづくり計画・政策・施策へ反映させることの保証、地域住民(市民)に施策の実践や促進、検証に参画する機会・権利を保証していないことが多い。

上記のような状態でワークショップを開催しても、単なるガス抜き、形だけの地域住民(市民)参加・参画になってしまう。真にまちづくりへの地域住民(市民)参加・参画を目指すのなら、上記について明確に保証すべきであり、まちづくりに関わる多様な主体間の継続的な信頼関係・協働関係構築の取り組みが不可欠であると考えられる。

3) ワークショップの開催が単発もしくは数回で継続性や成果活用の追跡性がないことが多い。

現状では、ワークショップ成果がどのように活かされ、どのような施策が実践され、どのような効果が得られたのか、きちんと検証・報告される仕組みが整っていないことが多い。長期的・継続的なワークショップ成果活用の追跡と、検証・報告の積み重ね、改善への取り組みがなされる仕組みをつくっていく必要がある。

iv) 地域の長期的な将来を担うべき若年層の意見を適切に表明し、大人世代や多主体の意見と相互作用を起こし、協働関係をつくる仕組みが十分に整っていない。

これについては、世代間・主体間の力関係から見て、仕方がない部分はある。しかし、今般の尚英中ワークショップのようなかたちで、大人世代や他主体のバイアスがあまりかからないように配慮しつつ若年層の意見を収集し、その成果を若年層・大人・他主体を交えたワークショップの場で共有するステップを踏めば、異なる世代間・主体間の意見の相互作用と協働関係づくりは可能であると考えられる。

今後は、今般の尚英中ワークショップの実績を活かしつつ、ほかの世代や他主体を対象としたワークショップや関連する参加型の取り組みを可能な限り多く積み重ね、実践を通して上述のような課題をどのように克服・改善していくかを継続的に検討していく必要がある。

なお、本研究の一部は、環境省・環境研究総合推進費（2-1404）の支援により実施された。

参考文献

- 石川永子，澤田雅浩，照本清峰（2011）平成23年度国土政策関係研究支援事業 研究成果報告書「被害が甚大で集団移転事業を実施する小規模自治体における未来を担う若い世代の復興計画への参画手法に関する研究」，<http://www.mlit.go.jp/common/000999569.pdf>（access: 2016.4.7）
- 石川永子，澤田雅浩，薬袋奈美子，石塚直樹，定池祐季，村上大和，（2012）「中学校の総合学習の時間を活用した復興まちづくり検討プログラムの開発 ―宮城県南三陸町での実践を通して―」，公益財団法人日本都市計画学会都市計画報告集 No.11，91-97，http://www.cpij.or.jp/com/ac/reports/11-2_91.pdf（access: 2016.4.7）
- 西出順郎，矢部寛明，渡邊智裕，伊藤ひとみ（2012）H24 地域協働研究（教員提案型）RB-24「若者による震災復興支援に関する研究」，[http://www.iwate-pu.ac.jp/7.RB-04\(%E8%A5%BF%E5%87%BA%E9%A0%86%E9%83%8E%E5%85%88%E7%94%9F\).pdf](http://www.iwate-pu.ac.jp/7.RB-04(%E8%A5%BF%E5%87%BA%E9%A0%86%E9%83%8E%E5%85%88%E7%94%9F).pdf)（access: 2016.4.7）