

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

平成27年9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 地域 ICT システム開発の概要	1
1.1.2 地域エネルギーアシスト機能に関する検討	2
1.1.3 2014 年度に実施した地域 ICT システムの技術開発	6
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	14
1.2.1 はじめに	14
1.2.2 都市・地域データの生成・流通・蓄積と GIS データベース	16
1.2.3 GIS データベースの活用・展開方法	18
1.2.4 ICT による地域情報システムの開発	21
1.2.5 まとめ	23
2. 環境創生の地域シナリオ解析モデルの開発	24
2.1 復興事業を評価するマクロモデルと地理情報システムの開発	24
2.1.1 はじめに	24
2.1.2 地域の人口と産業の将来像を描写するマクロモデルの開発	26
2.1.3 ミクروسケールの地域エネルギーシステムのビジョン構築手法	31
2.1.4 地域シナリオの効果算定モデル構築	34
2.1.5 地区詳細計画による需要マネジメント	37
2.1.6 地域資源を活用するエネルギー供給システムの設計	38
2.1.7 ケーススタディ	40
2.1.8 まとめ	44
2.2 モデルを用いた将来シナリオの策定・評価、環境への影響評価	46
2.2.1 福島県新地町における復興のマクロシナリオの構築	46
2.2.2 技術選択型エネルギーモデルを用いた市区町村スケールの低炭素シナリオの検討	57
2.2.3 地域技術の計画システムによる拠点地区整備事業の設計手法の調査	78
2.3 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	89
2.3.1 はじめに	89
2.3.2 森林環境情報の整備	90
2.3.3 木質バイオマスに関するライフサイクル	93
2.3.4 東日本地域における再生利用可能エネルギー・生態系サービスの分析	100

3. 参加型の環境創生手法の開発と実装	103
3.1 住民-行政間の双方向地域情報システムの開発、実証試験.....	103
3.1.1 はじめに.....	103
3.1.2 しんち省エネキャンペーン.....	103
3.2 ステークホルダー間コミュニケーションによる住民参加型まちづくり支援.....	112
3.2.1 はじめに.....	112
3.2.2 ワークショップの概要.....	113
3.2.3 ワークショップの内容.....	116
3.2.4 全体のとりまとめ.....	116
3.2.5 アンケート調査結果.....	117
3.2.6 まとめと今後の課題.....	124

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 地域 ICT システム開発の概要

福島県新地町が実施する環境未来都市の創造に向けた環境・経済・社会の価値を高める「スマート・ハイブリッドタウン」の構築業務と連携して、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行っている（図 1.1-1）。この研究開発業務では、新地町の住宅や公共施設等にタブレット端末を整備してスマートメータによるエネルギー消費情報の表示や、健康・福祉、交通などの地域における社会コミュニティ活動や復興まちづくりに関する情報を共有する地域 ICT システムを構築する。さらに、中央制御サーバーシステム「スマート・ハイブリッドセンター」を構築し、上述のタブレット端末（くらしアシストタブレット）と連結した双方向型の地域 ICT 基盤を整備する。この地域 ICT システムにより地域の省エネルギー行動や、福祉・経済活動、地域交通情報等に関連する複合的なサービス情報を共有し、復興自治体における住民、町役場、NPO、企業間の連携強化に貢献する。また、「スマート・ハイブリッドセンター」に蓄積された地域情報データを解析し、復興自治体のまちづくり支援に貢献する。これにより、地域情報を活用した省エネルギー行動の促進や、地域におけるデマンド交通の利用効率化、高齢者支援を含む被災者の復興・生活支援、町民と町役場・専門家・企業間で双方向での情報共有などを実現する。

2014年度はこの地域 ICT システムについて基本コンセプトの構築と基本的な機能の実装を行った。とくに本事業において重要度が高い地域エネルギーアシスト機能については、生活者のインセンティブの向上のための具体的方策を検討し、今後の地域 ICT システムの技術開発方針を含めた詳細な検討を行った。その上で、地域 ICT システムの最も基本的な 8 機能（エネルギー、地域情報マップ、掲示板、健康づくり、災害情報、アンケート、町の新着情報、世帯情報）を対象として実際のタブレット端末上でのシステム開発を行い、実住宅への導入を開始した。

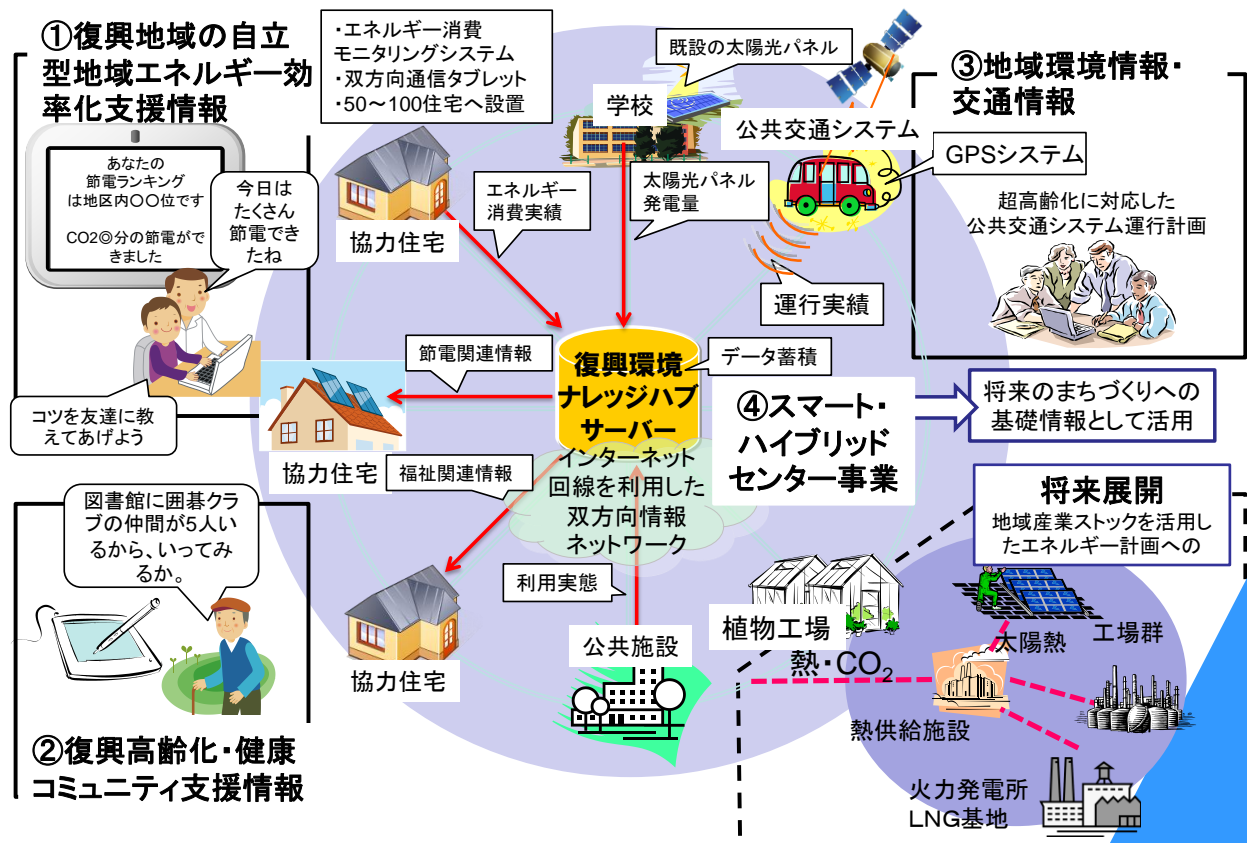


図 1.1-1 新地町における地域 ICT システムの概要

1.1.2 地域エネルギーアシスト機能に関する検討

地域エネルギーアシスト機能に関して、将来的な技術開発の方針を踏まえた詳細な検討を行った。

図 1.1-2 に、現在検討を進めている地域エネルギー行動支援ネットワークのシステム構成図を示す。供給側では、火力発電や自然エネルギー、廃熱利用を併用し、発電量と CO₂ 排出量を予測し、その予測情報を制御情報として活用する。一方、需要家側では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」をスマートメータの表示端末として用いる。このシステムは双方向型の情報端末であり、供給側と需要側の情報がスマート・ハイブリッドセンターに集積され、エネルギー需給情報を一括管理する。この情報システムを用いて、例えば需給情報に応じた需要側への節電メッセージの送付、節電行動の「見える化」、地域内での省エネランキング情報の提供などを行う。最終的には、需要側と供給側を地域 ICT システムにより直接結びつけることによるエネルギー価格のダイナミックプライシングを導入し、需給平滑化による自然エネルギー導入拡大とそれに伴う CO₂ 排出削減の実現を目指す。

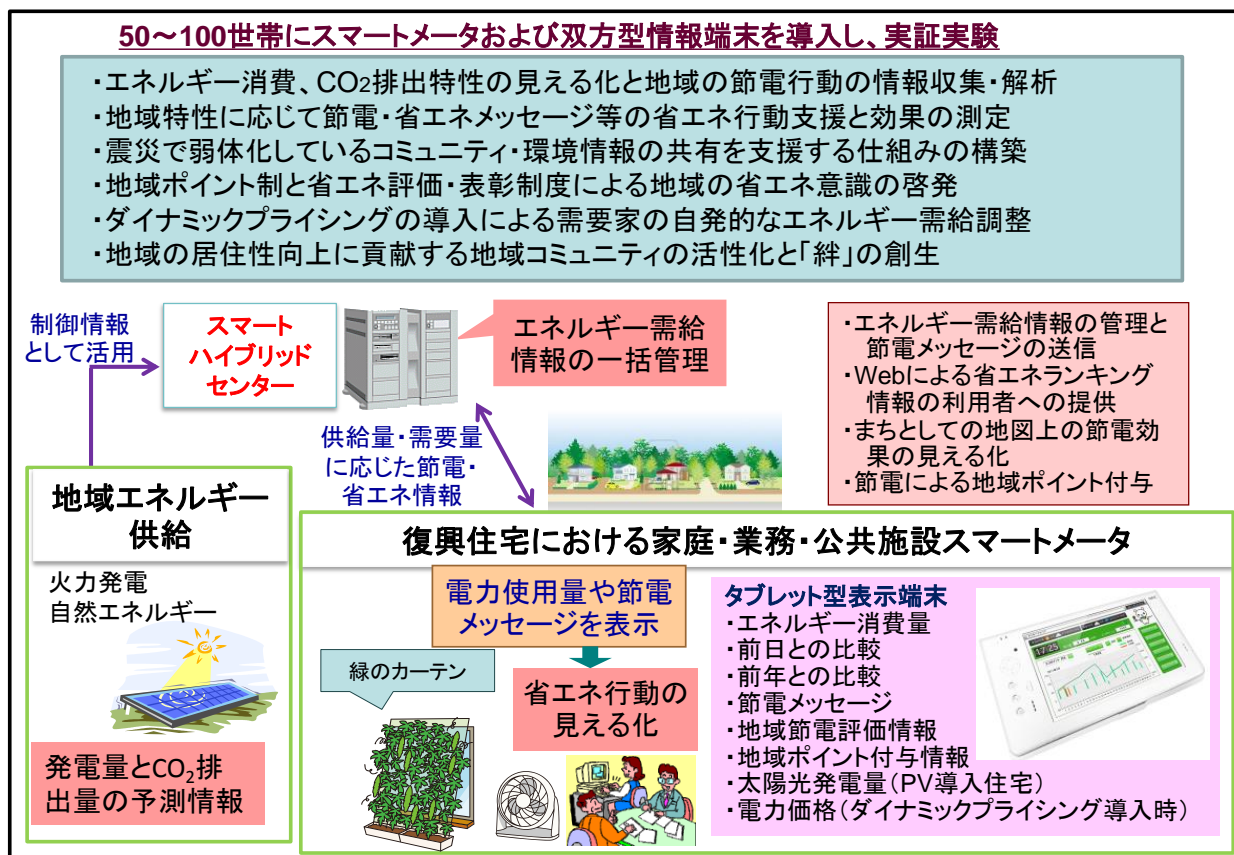


図 1.1-2 地域エネルギー行動支援ネットワークの構成

この方策を実現するために次の3段階での技術開発と社会実装を行う予定である。まず第1段階として、詳細なエネルギー消費の「見える化」を行う。これは各家庭にスマートメータとタブレット型表示端末（くらしアシストタブレット）の導入することにより実現可能である。表示端末では、スマートメータと連動した世帯別のエネルギー消費行動、CO₂排出特性や、前日との比較、前年との比較、節電メッセージなどのさまざまな情報を提示する機能を有する。この基本的機能は2014年度業務において概ね完成している。2015年度に開発、導入した内容については1.1.3で説明する。

第2段階は、例えば「地域ポイント制」や「地域省エネランキング」などの地域コミュニティ内でのインセンティブ向上の方策の導入である。2014年度はこの一環とする社会実証実験として、「新地省エネキャンペーン」を行った。この詳細は3.1において説明する。

第3段階は、ダイナミックプライシングの導入によるデマンドレスポンス制御である。デマンドレスポンス制御の概念図を図1.1-3に示す。地域ICTシステムにより需要側と供給側を情報ネットワークで結びつけたダイナミックプライシングを実現すれば、需要側による自発的な需給調整が可能となる。例えば洗濯機や掃除機などのように、利用が必要であるが利用時間が限定されない電気製品の利用を電力の余剰時に積極的にいき、一方で電力の不足時には効果的に省エネを促進するといった、経済インセンティブによる需給平滑化が可能となる。これは既存の火力発電におけるピーク負荷削減や余剰電力削減だけではなく、自然エネルギーなどの不安定電力の積極導

入にも貢献できるものと考えられる。2014年度は新地町におけるデマンドレスポンス制御の導入可能性について検討するため、既存の4つのデマンドレスポンス実証実験の事例（横浜、豊田、けいはんな、北九州）について調査した（表 1.1-1）。また、これらの4事例と新地町との地域条件を比較し（表 1.1-2）、システムの導入可能性や社会実証実験としての新規性・独創性について検討した。

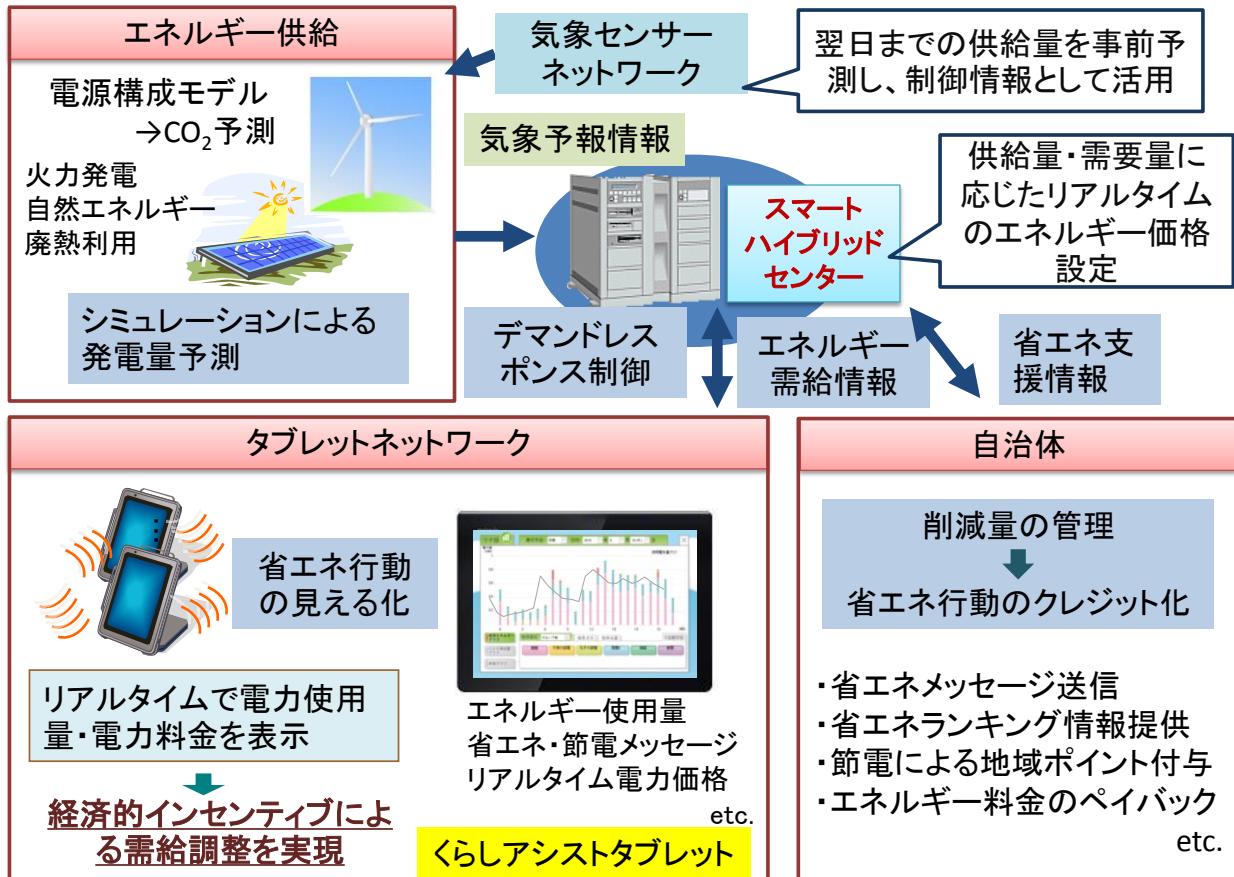


図 1.1-3 デマンドレスポンス制御のプロセス

表 1.1-1 既存のデマンドレスポンス実証実験事例の調査結果

	横浜市	豊田市	けいはんな	北九州市
概要	対象世帯(HEMSと太陽光発電設置家庭のみ)を3グループにわけ、2グループにそれぞれ異なる料金のCPPを実施。残り1グループをコントロールグループとして、CPPの効果を検証(2013年度の概要、2014年度はより複雑な実証内容)	対象世帯を2グループにわけ、一方にCPPを適用し、CPPの効果を検証	対象世帯を4グループにわけ、それぞれのグループに①「見える化」②「見える化」、「お知らせ」③④「見える化」、「お知らせ」、「TOU、CPP」を実施し、効果を検証 2013年度は4グループに①「見える化」②「見える化」、「省エネコンサル」③「見える化」、「TOU、CPP」④「見える化」、「省エネコンサル」、「TOU、CPP」を実施し、効果を検証	対象世帯を2グループにわけ、一方にCPPを適用し、CPPの効果を検証
実施期間	2013年7月～	2012年冬季～2013年冬季	2012年7月～2014年2月	2012年4月～
料金形態	CPP(2013年度) ※2014年度はCPPに加え、TOU、PTRも実施。しかし各料金形態によるピークカット効果の結果は未公表	CPP (実施世帯の料金形態は一律と時間帯別料金が混在)	CPP、TOU	CPP (実施世帯の料金形態は時間帯別料金)
料金設定	60、100円 2グループにそれぞれを適用	50、70、90、110 / 50、80、110円 同じグループに3～4段階の料金をランダムに実施 ※ピークタイムの通常料金は一律料金家庭で約20円、時間帯別料金家庭で約40円	TOU -20ポイント(協力金からの減額) CPP -40、60、80ポイント CPP実施日に同じグループに3段階の料金をランダムに実施	50、75、100、150円 同じグループに4段階の料金をランダムに実施 ※ピークタイムの通常料金は夏季23.4円、冬季17.6円
インセンティブ 供与方法	事前給付型 事前に一定額の協力金を給付し、ピークタイムでの電力利用量に応じて協力金を減額する。	蓄積型 通常料金とオフピークタイム、ピークタイムの料金との差をポイントとして貯めていく。 ※オフピークタイムは通常より安く、ピークタイムは通常より高い。	事前給付型 事前に一定額の協力金を給付し、ピークタイムでの電力利用量に応じて協力金を減額する。	実際の電気料金を変動
結果	・ピークタイムにCPPによる節電効果が見られた。 ・60円適用の家庭より100円適用の家庭の方が節電効果が高かった。 ・100円適用の家庭において最大15.2%のピークカットを達成。	・CPPによるピークカット効果どの値段設定においても12%以上の効果が見られた(2013年の夏季・冬季の結果)。 ・料金が上がる程、ピークカット効果が高かった。 ・しかし、料金変動なしでも11%の削減効果があった。	・CPPによるピークカット効果はどの値段設定においても10%を超えた。 ・料金が上がる程、ピークカット効果が高かった。 ・実証を続けていくと、ピークカット効果は薄れていった。	・2013年度冬季を除いて、各料金のピークカット率の平均が10%を超えた。 ・実証を続けていくと、効果は薄れ、2013年度冬季ではピークカット率の平均が7.5%となった。 ・価格によるピークカット率の違いは、実証当初は顕著に表れていたが、徐々に価格間の違いがなくなっていく。

表 1.1-2 既存の実証実験事例の対象都市と新地町の地域条件の比較

	新地町	横浜市	豊田市	けいはんな ※京田辺市、木津川市、精華町	北九州市 ※八幡東区
特徴	農業・漁業が主要産業。港建設や発電所を背景にした中核工業団地の建設などにより、新しい発展拠点として期待されている。	住宅、商業ビル、工場等で構成される大都市	トヨタ自動車の企業城下町でもある工業都市	文化・学術・研究の新たな拠点として開発の進む学園都市	旧工業都市であるが、現在はテーマパークや大型ショッピングセンターの開発が進んでいる。
人口(人)	8224	3688773	421487	173301	71801
人口密度(人/km2)	177.4	8433.8	458.9	1127.4	1974.7
65歳以上人口割合(%)	26.9	20.1	16.6	18.4	31.3
平均世帯人員(人)	3.3	2.3	2.6	2.7	2.2
3世代世帯の割合(%)	26.0	2.9	8.8	6.7	4.2
核家族世帯の割合(%)	49.8	60.2	55.0	65.7	54.8
第1次産業就業者の割合(%)	13.3	0.5	2.1	3.0	0.3
第2次産業就業者の割合(%)	34.8	20.7	47.7	22.1	24.2
第3次産業就業者の割合(%)	51.9	78.8	50.1	74.9	75.5
デマンドレスポンス実証実験の対象世帯数	50世帯(12月から100世帯まで増加予定) ※ORIは未実施	2013年度:約1900世帯 2014年度:約3500世帯	160世帯	約700世帯	196世帯

表 1.1-2 から、新地町は調査した 4 事例に比べ、人口が非常に少ないことが分かる。また、高齢人口の割合が北九州市に次いで高いこと、3 世代世帯の割合が他地域に比べ高く、世帯人員の数も多いこと、核家族世帯の割合は他地域に比べ低いこと、第 1 次産業、第 2 次産業就業者の割

合が多いことなどの特徴がある。したがって、既往の実証実験は都市部に集中していたのに対し、新地町の事例は中山間地域などに多数存在する過疎地域の事例として有益である。少子高齢化に伴い同様の特徴を有する地域は今後さらに増えることが予想されるため、こうした地域での検証実験の事例は貴重な資料を提供するものであると考えられる。また、高齢者が多いことから、高齢者向けのエネルギー効率向上メニューの検討や、タブレットの使いやすさ向上などが検討課題として考えられる。

1.1.3 2014年度に実施した地域 ICT システムの技術開発

2014年度において、地域 ICT システム（くらしアシストタブレット）の最も基本的な 8 機能（エネルギー、地域情報マップ、掲示板、健康づくり、災害情報、アンケート、町の新着情報、世帯情報）の技術開発を行い、対象住宅への導入を開始した。現段階で開発済みの機能について以下説明する。

図 1.1-4 に起動時に表示されるホーム画面を示す。この画面から次に説明する 8 機能を選択することができる。



図 1.1-4 ホーム画面

(1) エネルギー

この機能は、各世帯の電力使用量見える化システムのエネルギー画面を表示するものである(図 1.1-5)。項目は、エネルギー使用状況、エネルギー使用量の登録、ランキング、地域内電力使用状況、設定、である。

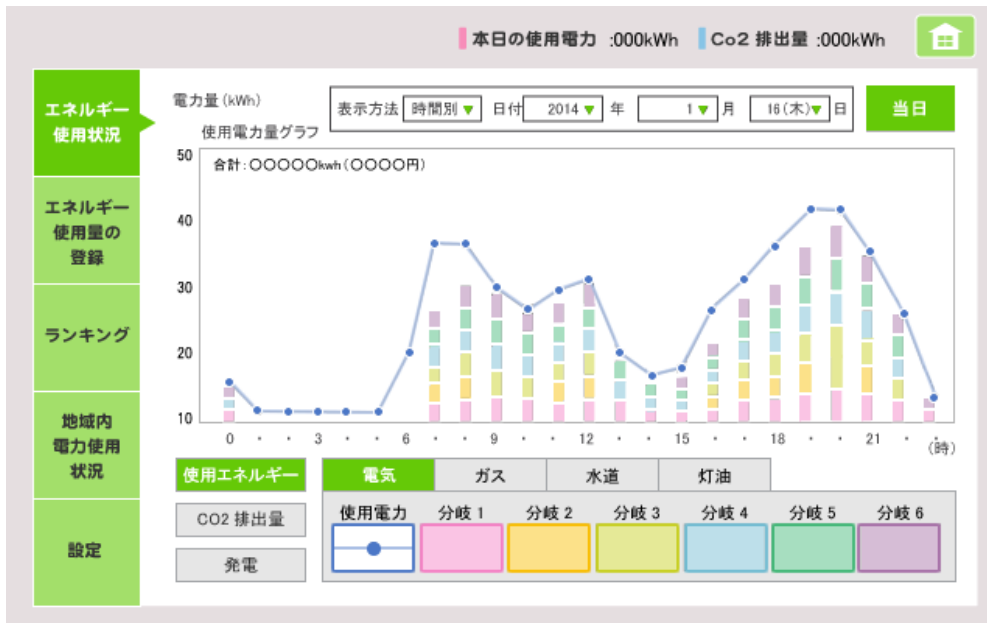


図 1.1-5 エネルギーメニュー画面

(2) 地域情報マップ

この機能は、地図上に町のイベント情報やヒヤリハット情報などをポイント登録し、他の人が登録した情報を参照することができるものである（図 1.1-6）。地図は Bing Map を使用し、Open Layers の機能を使用して表示する。

登録は、地図上をロングタップすることにより入力画面、マーカーが表示され、そこに入力する。操作方法は、以下のとおりである。

- ①表示するマップ種別として、町からのお知らせ、くらしアシスト情報のどちらかを選択する。
- ②登録するマーカー種別を選択する。町からのお知らせを選択している場合は「イベント情報／くらしの情報／その他」、くらしアシスト情報を選択している場合は「ヒヤリハット情報／町の魅力」、町からのお知らせ／くらしアシスト情報の両方を選択している場合はすべてを表示する。ただし、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。なお、選択したマーカー種別ごとに色が変わる。色は、あらかじめ設定した色で固定である。
- ③マーカーに設定する説明等を記入する。ヒヤリハット情報の時だけコンボボックス 2 つとなり、分類、項目を選択するようになる。コンボボックスの内容は、それぞれヒヤリハット分類、ヒヤリハット項目テーブルから取得して表示する。
- ④入力されたデータをマーカーとして保存する。
- ⑤マーカーを移動モードにし、マーカーをドラッグ&ドロップで移動することが可能である。

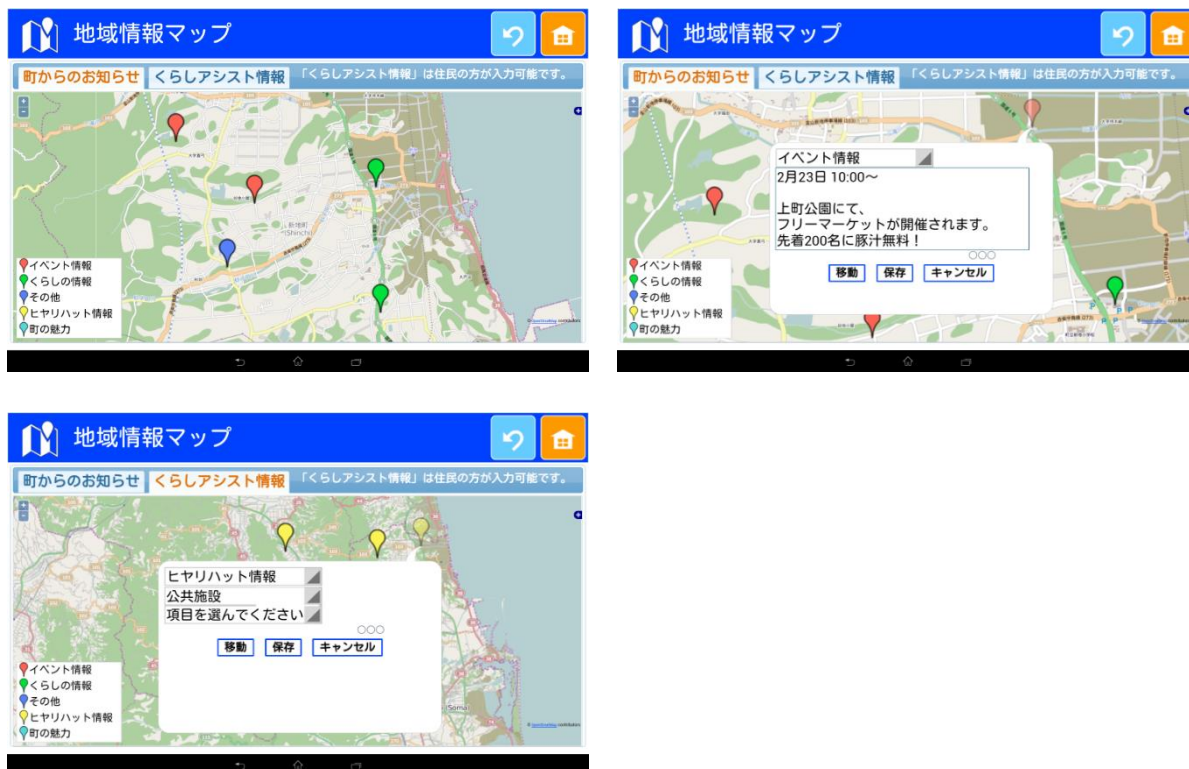


図 1.1-6 地域情報マップ（左：概要図、右：入力画面）

なお、登録情報の閲覧は、マーカーをタップすることで内容が表示される。

(3) 掲示板

この機能は、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（図 1.1-7）。[カテゴリー一覧] → [スレッド一覧] → [投稿一覧] の順に閲覧画面を選択する。

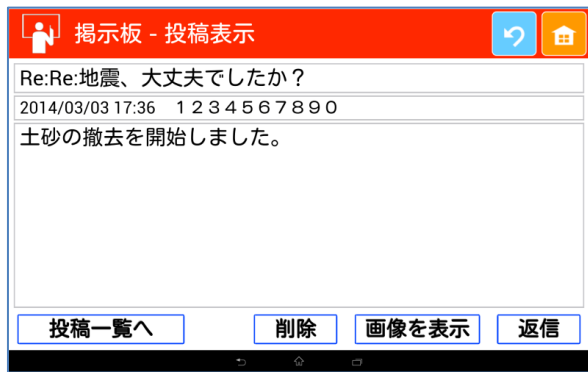
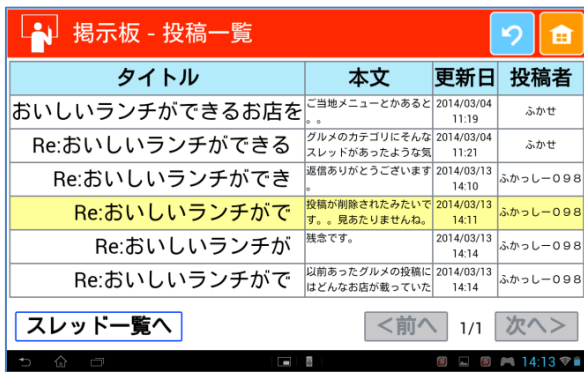
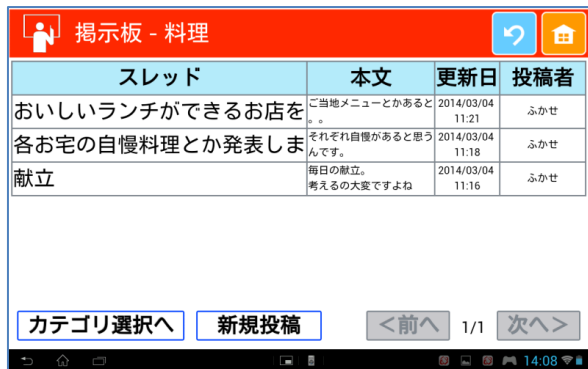
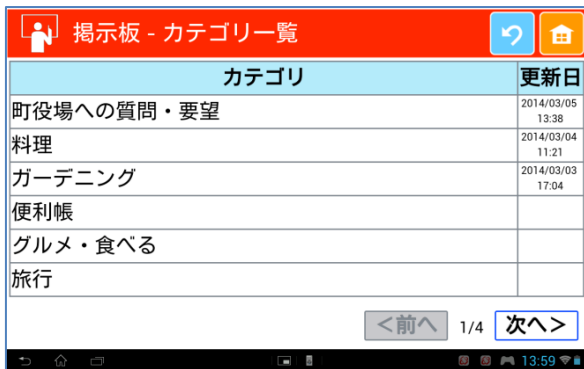


図 1.1-7 掲示板

(4) 健康づくり

この機能は、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するもので、財団のサイトの「紹介したい動画（Flash）」への静的な直リンクを張るものである（図 1.1-8）。なお、内容は静的な情報であり、リンク先が変わった等の場合は、ページを直接変更する必要がある。リンク先は、事業財団ホームページ、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、足腰の運動を中心に、背伸び、からだの横曲げ、反り、膝かかえ、スクワット、踵上げ、足を後方に上げる、である。

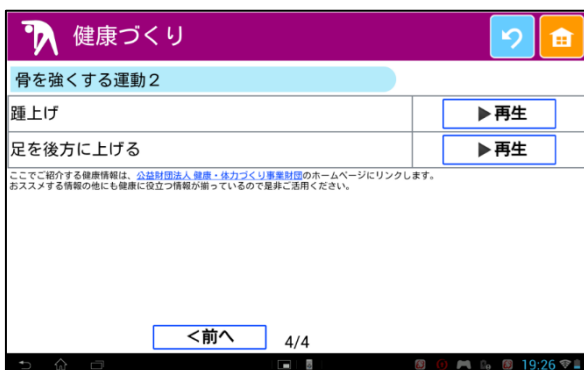


図 1.1-8 健康づくりの画面（左：選択ページ、右：遷移先の動画ページ）

(5) 災害情報

この機能は、新地町の災害ポータルサイトの画面を表示するものである（図 1.1-9）。ホーム画面の災害情報ボタンをタップすることでページへ遷移する。

また、災害情報システムから届くメール（Gmail）を監視し、届いた場合は「防災メール」としてポップアップ画面を表示する。メールは From が bosai-info@shinchi-town.jp だけを監視対象とする。ただし、メールの Subject に「緊急地震速報」または「津波警報」が含まれているメールは監視対象外とする。メールは1分に1度の周期で確認され、メールデータは取得しても削除されない。なお、一度表示された警報が再び表示されることはない。複数の速報を受信した場合は、受信したすべての情報を表示し、[次へ] [前へ] ボタンで表示を切り替えることができる。メイン画面で [xボタン] をタップし、アプリが OS のバックグラウンドへ移動しても、対象メールが届いた時には防災メール画面をポップアップ表示する。

Android ユーザー1人につき1つの Gmail アカウントが用意されており、その情報はユーザーマスタから取得して使用する。

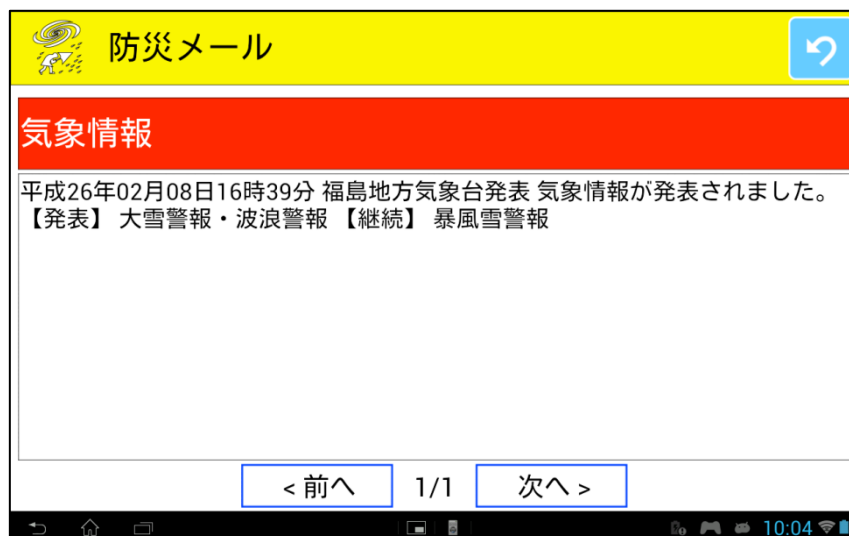


図 1.1-9 防災メール画面

(6) アンケート

この機能は、回答要請のあるアンケートの一覧を表示するものである（図 1.1-10）。ホーム画面のアンケートボタンをタップすることによりページへ遷移する。なお、未回答のアンケートは一覧画面で薄桃色に表示される。

アンケートに回答する場合、アンケート一覧画面のリスト内の対象アンケートをタップすることによりアンケートページへ遷移する。そして、アンケートの設問を表示し、回答ボタンをタップして回答する。回答後、[送信] ボタンをタップすることで、アンケートを終了し、回答内容が保存される。

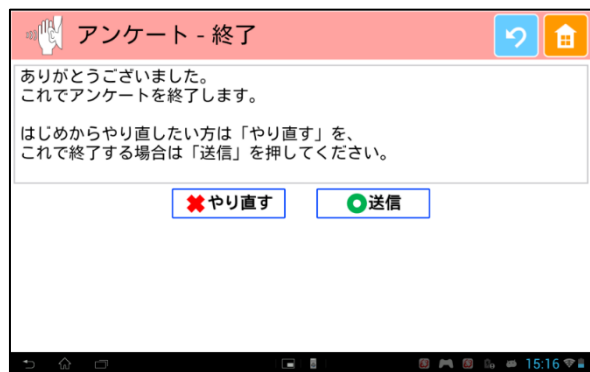
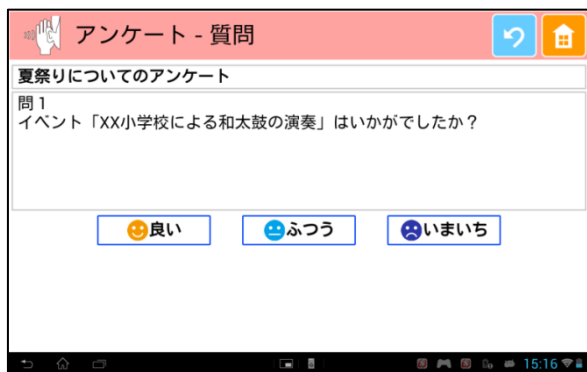
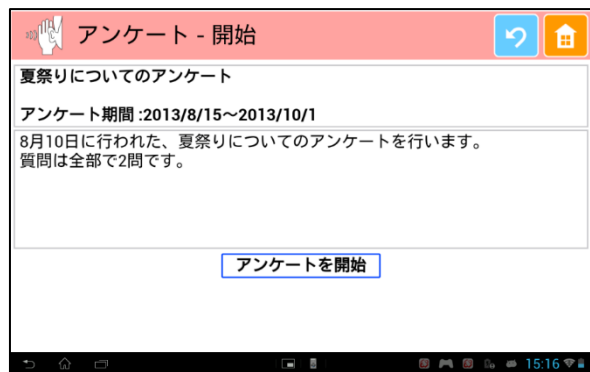


図 1.1-10 アンケート画面

なお、回答済みのアンケートについては、その結果を閲覧することができる（図 1.1-11）。

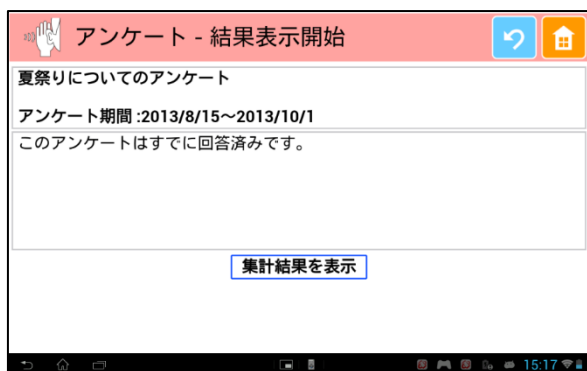


図 1.1-11 アンケート結果画面

(7) 町の新着情報

この機能は、新地町のモバイル向けサイトのトップページを表示するものである（図 1.1-12）。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遷移する。



図 1.1-12 町の新着情報画面

(8) 世帯情報

この機能は、ユーザー情報を登録するものである。登録される項目は以下のとおりである。

ア 申込者の情報 (図 1.1-13)

- ①ユーザーID (ユーザマスタログインID) (編集不可)
- ②パスワード (必須入力、最大 32 文字、半角英数字記号のみ入力可能)
- ③氏名 (必須入力、最大 32 文字入力可能)
- ④ニックネーム (最大 32 文字入力可能)
- ⑤Gmail メールアドレス (必須入力、最大 64 文字入力可能、半角英数字記号のみ入力可能)
- ⑥Gmail パスワード (必須入力、最大 32 文字入力可能、半角英数字記号のみ入力可能)
- ⑦メールアドレス 1 (必須入力、最大 64 文字入力可能。半角英数字記号のみ入力可)
- ⑧メールアドレス 2 (任意入力、最大 64 文字入力可能。半角英数字記号のみ入力可)
- ⑨電話番号 (必須入力、最大 11 文字入力可能、数値のみ入力可能)
 - ※電話番号はユーザーID を構成する要素だが、変更してもユーザーID は変わらない。
 - ※端末側では非表示。管理サイトでは表示。
- ⑩同居世帯構成・合計人数 (必須入力、数値のみ入力可能)
 - ※⑪～⑬の合計以上の数値である必要がある。
- ⑪同居世帯構成・小学生以下人数 (任意入力、数値のみ入力可能)
- ⑫同居世帯構成・中高校生人数 (任意入力、数値のみ入力可能)
- ⑬同居世帯構成・65 歳以上人数 (任意入力、数値のみ入力可能)

世帯情報	
申込者の情報	
ユーザーID	sabc6pfb
パスワード*	*****
氏名*	山田 太郎
ニックネーム	タロウ
Gmailメールアドレス*	yamada@gmail.com
<small>変更後はログインしなおしてください。</small>	
Gmailパスワード*	*****
<small>変更後はログインしなおしてください。</small>	
メールアドレス1	yamada@ddd.efg
メールアドレス2	yamada@xxx.yyy.com
電話番号(ハイフン無し)*	02288889999
同居世帯構成 合計*	6 人
- 小学生以下	2 人
- 中学生・高校生	1 人
- 65歳以上	1 人

図 1.1-13 世帯情報・申請者の情報の画面

イ 住居の情報 (図 1.1-14)

- ①住居形式
- ②住居の構造
- ③住居の建築年
- ④電気の契約アンペア
- ⑤太陽光発電設備の有無
- ⑥オール電化住宅

住居の情報	
住居形式*	<input type="radio"/> 一戸建て <input checked="" type="radio"/> 集合住宅(マンション等)
住居の構造*	<input type="radio"/> 木造 <input checked="" type="radio"/> 鉄骨造 <input type="radio"/> 鉄筋コンクリート造 <input type="radio"/> その他 <input type="text"/>
住居の建築 (住居の建築年は、申込時のアンケート結果をもとに計算したものです。)	1995 年
電気の契約アンペア*	50 A
太陽光発電設備*	<input type="radio"/> あり <input checked="" type="radio"/> なし
オール電化住宅	<input checked="" type="checkbox"/> オール電化住宅である

図 1.1-14 世帯情報・住居の情報の画面

ウ 住居で使用しているエネルギーの種類 (図 1.1-15)

- ①冷暖房の種類 (電気、ガス、灯油、太陽熱、その他、から選択)

②給湯器の種類（電気、ガス、灯油、太陽熱、その他、から選択）

③コンロの種類（電気、ガス、その他、から選択）

※①～③でチェックを付けると、対応する台数の入力欄が入力可能になる（必須項目）。

住居で使用しているエネルギーの種類

冷暖房の種類	<input checked="" type="checkbox"/> 電気 <input type="text" value="1"/> 台
	<input type="checkbox"/> ガス <input type="text" value=""/> 台
	<input checked="" type="checkbox"/> 灯油 <input type="text" value="1"/> 台
	<input type="checkbox"/> 太陽熱 <input type="text" value=""/> 台
	<input type="checkbox"/> その他 <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> 台
給湯器の種類	<input checked="" type="checkbox"/> 電気 <input type="text" value="1"/> 台
	<input type="checkbox"/> ガス <input type="text" value=""/> 台
	<input checked="" type="checkbox"/> 灯油 <input type="text" value="1"/> 台
	<input type="checkbox"/> 太陽熱 <input type="text" value=""/> 台
	<input type="checkbox"/> その他 <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> 台
コンロの種類	<input checked="" type="checkbox"/> 電気 <input type="text" value="1"/> 台
	<input type="checkbox"/> ガス <input type="text" value=""/> 台
	<input type="checkbox"/> その他 <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> 台

図 1.1-15 世帯情報・住居で使用しているエネルギーの種類の画面

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

(1) 研究の背景

低炭素社会の実現のためには、インフラ更新や土地利用の誘導等も含めた資源・エネルギーに関連する様々な施策について、2050年程度を見越した長期的な計画に関する議論が必要である。そのためには、将来の技術状況把握と長期的な計画に関する情報が必要である。他方で、より直接的な都市の制御が必要となると考えられる。例えば、これまでポテンシャルを十分に発揮できないまま廃棄されていた資源やエネルギーの適切な情報制御による利活用が重要となる。気象状況等による影響を受けるため不安定な再生可能エネルギーの大幅導入のためには、都市における需要側の制御システムの構築が求められている。このような目的を達成するためには、よりきめ細やかな都市の計画と制御が必要であり、都市・地域に、生物における神経システムに対応するような、情報の生成・流通・解析とそのフィードバックのための機能の実装が必要となる。

一方、近年では、図 1.2-1 に示すように、様々なネットワークに接続された情報デバイスが普及しており、都市・地域に関する多種多様なデータの観測・蓄積が実現できる環境が整備されている。例えば、ICカードを通じた公共交通利用履歴や購買履歴等のデータや携帯情報端末の普及やソーシャルネットワークサービスの定着を背景とした位置情報と関連付けられた行動データが既に利活用されている（総務省, 2013）。これらのデータは、必ずしも定型的に構造化されている訳ではないが、既往研究（Hilbert et al. (2011, 2012a, 2012b)）において指摘されているように、膨大な情報蓄積が進みつつあることは定量的観点からも確認されている。このように、生成・流通・蓄積されているデータ量は増加の一途を辿っており、都市を取り巻く情報環境は大きく変化しつつある。

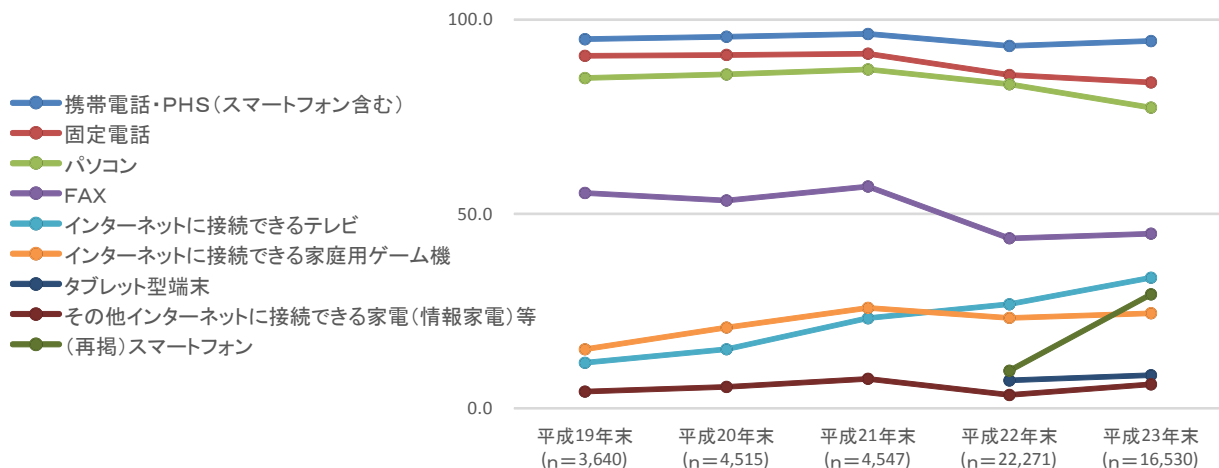


図 1.2-1 情報関連デバイスの普及状況（総務省（2013）より作成）

なお、これまでも都市・地域に関する基本的なデータは整備されてきており、都市計画や地域に関連する様々な政策決定・意思決定に活用されてきた。特に、国勢調査等の基盤統計は町丁目単位もしくは 500mメッシュ単位といった詳細な空間解像度で定期的に整備されている。また、人工衛星等による地域空間のリモートセンシング技術も発展しており、基盤データの一部として活用されている。これらの情報は、行政等の施策決定における基本的な情報源として活用されてきた。

また、携帯端末や多様なデバイスへの組み込みシステム（Embedded system）の普及は、都市・地域に対して多様なチャンネルを通じた情報発信の可能性を高めている。つまり、生成・流通・蓄積されたデータに基づく解析結果は、これまでのように長期的な計画への反映のみではなく、リアルタイムでの都市・地域に対してフィードバック可能であり、各主体の行動をより直接的に制御できる可能性も広がりつつある。

(2) 研究の目的

本研究では都市・地域における情報環境（モニタリング、データベース、フィードバック機能）の変化を前提として、都市・地域の計画とマネジメントシステムの構築を目的に、以下のようなプロセスで検討を実施する。

1. 既に世の中に存在する都市・地域に関するデータの全体的状況の整理を行うとともに、ICTを通じた新たなデータ取得可能性を検証する。これにより、都市・地域における情報の生成・流通・蓄積の状況についてその流れを把握する。
2. 様々な方法により収集した地域情報を統合することで、全体的状況を可視化する技術の開発可能性について検討する。
3. 地域固有の社会・経済的背景に対応し、地域に存在するエネルギー・資源循環のポテンシャルを活用しつつ、長期的ビジョンに基づいた低炭素で持続可能な都市・地域を設計するプロセスについて検討する。
4. 都市・地域情報のモニタリングと解析の結果に基づき、リアルタイムでの活動を支援する情

報サービスのデザインについて検討する。特に、解析結果に基づく予測的な行動支援を行う環境について考察する。

図 1.2-2 に本研究で検討する地域情報の収集と利活用の流れのイメージを示す。

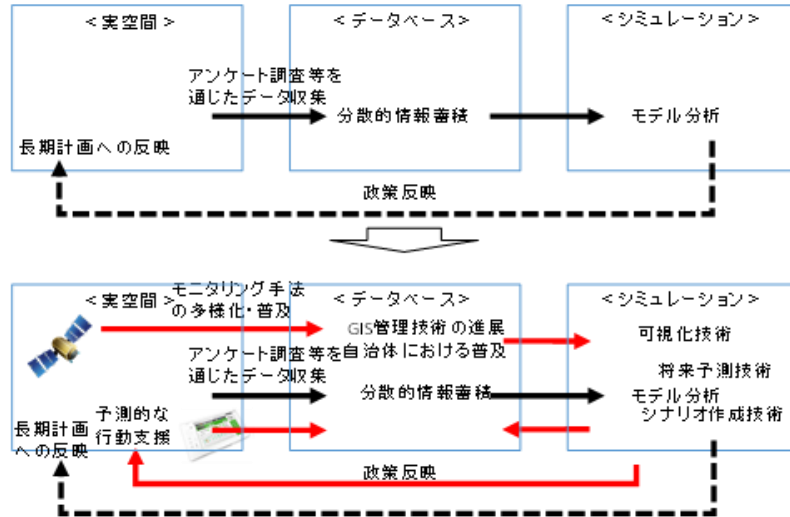


図 1.2-2 都市・地域におけるデータ環境の変化

1.2.2 都市・地域データの生成・流通・蓄積と GIS データベース

都市・地域に関連するデータを、その収集手法の観点から分類し、類型ごとの整備状況、調査手法の特徴、データの特性等について検討する（図 1.2-3 参照）。

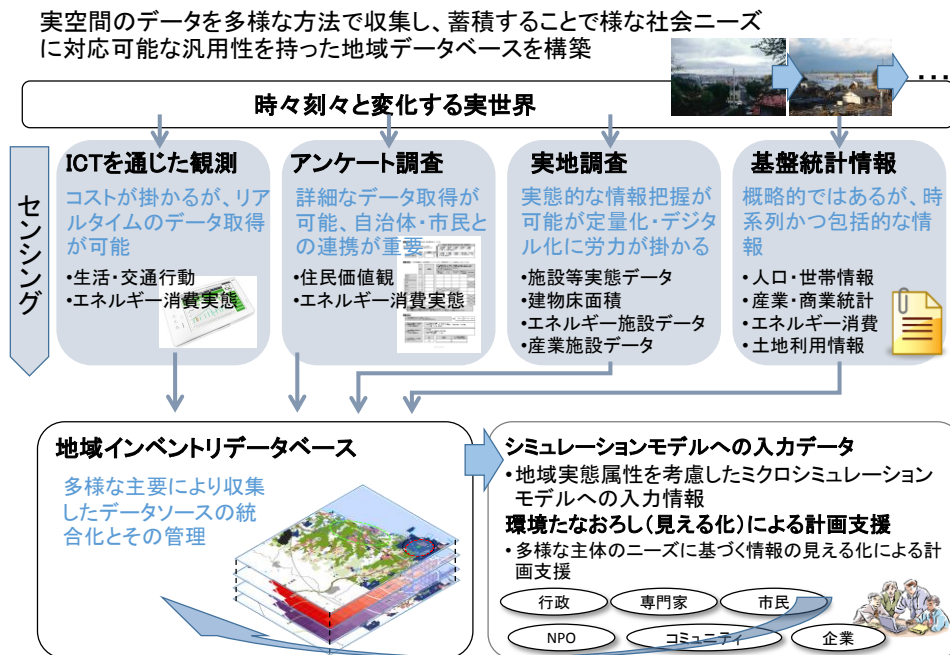


図 1.2-3 データベースシステムの構築展開イメージ

(1) 基本統計データ

行政機関を中心として、様々なデータが収集されており、GISでの利用を前提とした空間データとして整理されているものも存在する。それらの一部は、国土数値情報等のインターネットサービスを通じフリーで配布されている。

国勢調査を始め、工業統計、住宅統計等の大規模の悉皆調査が5年から10年の間隔で実施される。さらに、一部のデータは標準4次メッシュ(500mグリッド)や町丁目単位といった詳細空間単位で整備されている。また、大都市圏を中心として、パーソントリップ調査等の行動や活動に焦点を絞った調査も行われている。このような調査票をベースとして行われる大規模調査は、コスト等の問題より、数年に一度の調査に限定される。

都市計画分野で利用される代表的な情報として、都市計画法第6条に基づき概ね5年に一度実施される都市計画基礎調査がある。さらに、道路情報や建物情報に基づく地図基盤データが民間企業により、1年間隔程度で継続的に調査されている。また、一部の自治体では、固定資産税等の管理を目的とした、用途、築年数等の建物の詳細調査データを空間データとしてGISにより管理している。

これらのデータの統合により、概ね都市・地域の骨格は把握可能と考えられる。また、過去の数十年単位での蓄積があるため、時系列での整備が可能であり、実際にデータ整備が進捗している。しかしながら、自治体ごとのフォーマットも必ずしも統一されている訳ではなく、統合的な管理を実現するための調整が課題である。

(2) 人工衛星・航空機等によるリモートセンシング

地球観測を目的とした複数の人工衛星が運用されており、それらより得られるリモートセンシングデータを解析することで、地形や土地利用等に関する高解像度の基盤データの構築が可能である。時間間隔としては、数日に一度程度の割合で同一地点のセンシングが可能である。具体的には、リモートセンシングによる画像データに対して、各種の補正・解析を行うことで、詳細な解像度(数m単位のオーダー)での、土地利用状況の特定が可能である。例えば、日本においては、数値地図として国土地理院により衛星画像に基づく土地利用データが整備されている。戦後より、時系列での観測データが整備・蓄積されており、1960年代初頭より開始された人工衛星LANDSATのデータを活用したColona衛星画像に関する研究が、都市拡大や森林資源管理(森林伐採地区の特定)等に活用される契機となった。これまで、空間解析分野においては、年単位のオーダーでの地形変化、都市域の拡大、および森林・農地等の変化状況の解析に活用されてきた。

なお、航空機による特定地域の集中的なセンシングも可能であり、近年では無人探索機(UAV: Unmanned Aerial Vehicle)も導入されていることから、網羅性は担保されないものの、ピンポイントのデータが比較的低コストで取得可能となっている。

さらに、赤外線等による地表面の熱分布やCO₂濃度分布の観測も可能であり、近年ではハイビジョン撮影による衛星動画も取得可能となっている。このことより、リアルタイムかつ網羅的な都市活動のモニタリングへの展開可能性も開けつつある。

(3) ICTによる都市センシング

近年、情報技術の高度化、センシング装置の普及とネットワーク化を背景として膨大で多様な環境情報の収集・蓄積が進行している。ここでは、このような ICT 関連データの特性について考察する。

都市部を中心として、情報ネットワークと接続可能な各種の観測デバイスが設置され、行動データの観測や蓄積が実施されている。ただし、企業等の各種サービス事業主体により管理されているため、一般にアクセスできる訳ではない。また、モニタリングシステムは都心部での実装が多いことが予想されるなど、地域格差が問題となることも考えられる。

また、従来から利用されてきた ICT に加えて、ソーシャルメディアが情報発信・収集のための手段として広く普及しつつある。携帯情報端末は、他のデバイスと比較して個人との結びつきが強いいため、個人の生活行動等の観測に適している。さらに部分的にはあるが、その関連データを収集・管理するためのツールも用意されており、その利活用に向けた環境整備も進んでいる。

ICT データの特徴として、データが構造化されていないため、取り扱いが容易ではないことや、定性的なデータが多く、定量的なデータとの統合が必要となる点が課題となる。また、デジタル機器の普及特性上、データを生成する主体の年齢階層等の個人属性が偏っていることが考えられる。したがって、これらのデータを有効活用するためには、基盤データとの統合により、定性的なデータとの相互補完を行うことが重要となる。

(4) データ整備状況に関するまとめと考察

以上より得られた現在の都市・地域に関する空間データの特徴を以下にまとめる。

- ・リモートセンシング技術の進展により、空間基盤データの整備の高精度化・高頻度化は着実に進んでいるが、それらのデータを統合的に管理するためのスキーム・基盤技術が不足している。
- ・近年、ICT によるセンシングを通じたマイクロデータの生成・流通・蓄積のための環境は急速に整いつつあるが、それらのポテンシャルを最大限引き出すためには、データの持つ地域的もしくは個人属性等に関する偏在性を克服し、基盤データとの統合を実現する必要がある。

1.2.3 GIS データベースの活用・展開方法

ここでは、データを統合することによる現状理解や将来シナリオ構築に向けた活用方法、予測的な行動支援における活用の 2 つの場合について例を示す。これにより、都市におけるデータの観測・流通・蓄積に関する環境整備の方向性について議論する。なお、都市計画分野においても地理情報システムなどをベースとした支援システムの活用も近年進展しており、80% 近くの自治体において、デジタルデータとして地理空間データとその操作システムが整備され、事業計画等の立案・検討や庁内の情報共有等に活用されている（阪田ら, 2009a, 2009b）。

(1) 長期的計画での利活用

a) 都市・地域の視覚化・現状把握

複数の異なるデータソースや異時点間のデータを重ね合わせて表現することにより、地域を理解する上での基礎的な情報を得ることができる。図 1.2-4 に、東北地方の福島県から宮城県にかける沿岸地帯を対象として地域の未利用エネルギーによる供給ポテンシャルと民生部門のエネルギー

ギー需要の情報を自治体単位で集計した結果を示す。この図から自治体ごとのエネルギー需給バランスを把握することが可能となる。これにより、自治体ごとに導入すべき重点的な資策が明らかとなる。例えば、岩沼市や新地町といった沿岸部の自治体は、産業未利用熱のエネルギー対策が効果的である一方、角田市や丸森町といった山間部では、未利用エネルギーの利用は限定的であり、ソーラーパネルやバイオマスといった複合的な対策が効果的であることが分かる。また、集計単位を変更したケースを検討することで、複数の自治体の連携効果についても明らかにすることができる。図 1.2-4 では新地町と相馬市が連携した場合の効果について示しており、行政区域を超える連携により、個別の都市ごとの利活用を超えた低炭素ポテンシャルが発現することが分かる。

b) 将来計画での利活用

データの提示のみではなく、それらを入力情報としたシミュレーションを実施することで、施策の導入効果を検証することが考えられる。さらに、個々の施策効果を複合的に検証することで、複数の施策を組み合わせた将来の地域シナリオの設計と検討が可能となる。

ここでは、土地利用の将来パターンを設定し、エネルギー輸送に伴う熱損失やインフラ建設コストを考慮した上での、エネルギー適切な空間計画の検討例を示す（戸川ら、2013）。図 1.2-5 にエネルギーパターンの設計例を示す。分析結果からは、エネルギーインフラを設計する上で、空間構造が未利用熱エネルギー導入の可能性を経済的な面から大きく左右する結果となっている。

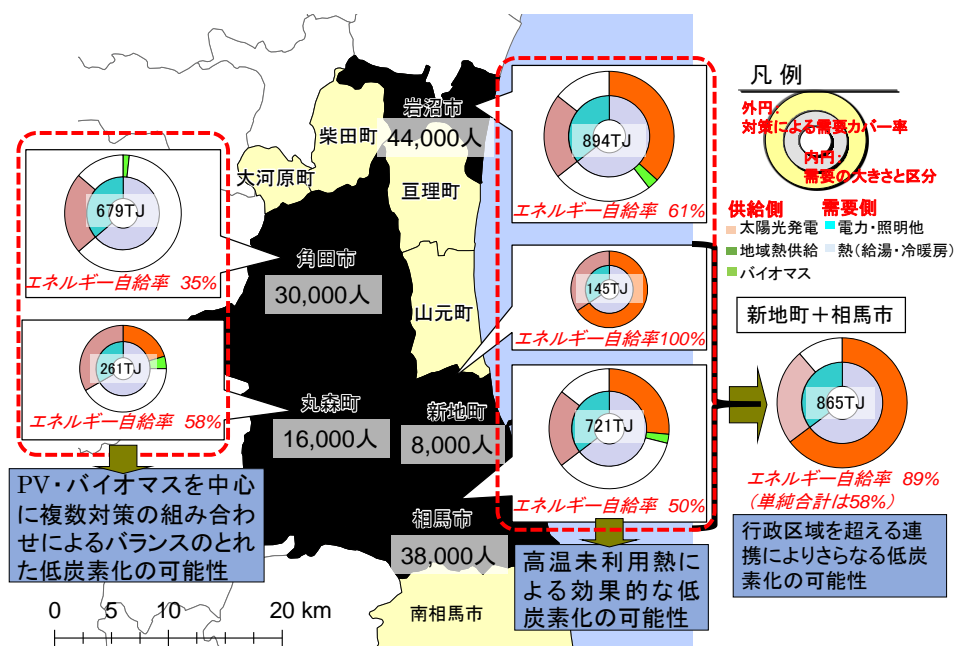


図 1.2-4 情報可視化の例

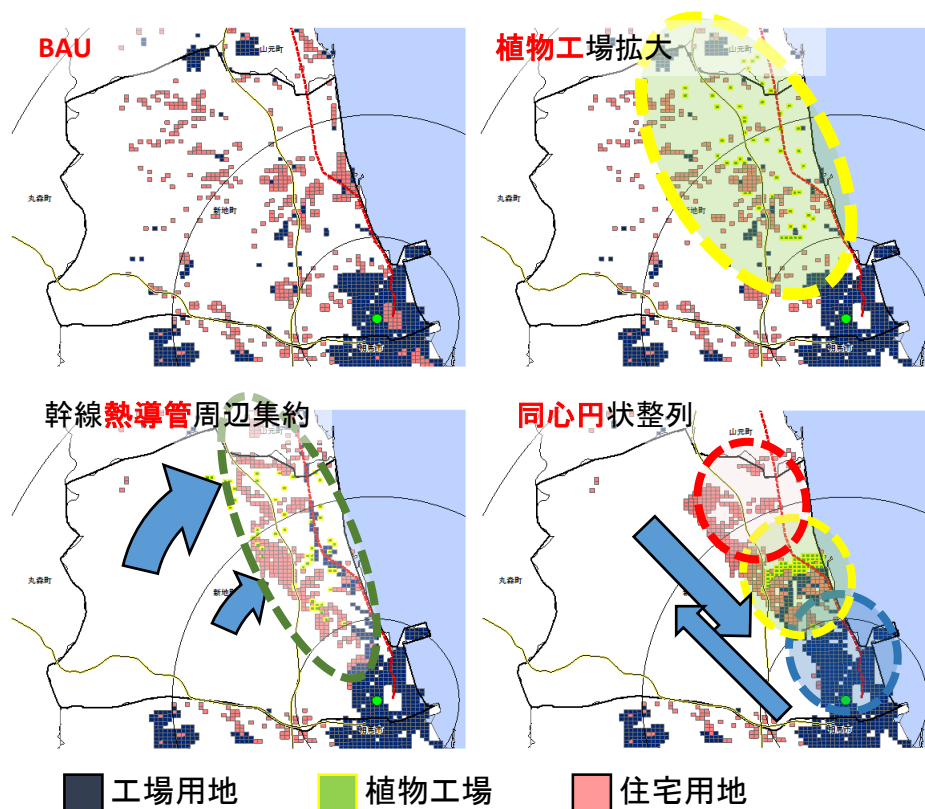


図 1.2-5 将来計画検討への展開例

(2) リアルタイムでの予測的な行動支援

観測・蓄積されたデータやモデルによるシミュレーション結果は長期的なプランニングへ利活用されるのみではなく、実空間に配備されている様々なデバイスを通じてリアルタイムで都市・地域・住宅へとフィードバックされ得る。このことにより、多様なデータを活用した予測的な行動支援が可能となる。

住宅レベルでは、エネルギー需要情報の見える化による省エネ行動の促進や、経済的なインセンティブを付与したデマンド・レスポンスの実証実験等についても着手されている。また、都市レベルでの情報共有の試みとして、既にカーナビゲーションシステムによる渋滞情報のドライバーへのフィードバック等の多様な検討と社会実装が進んでいる。

ここでは、建物レベルへのフィードバックデータに基づく制御可能性について検討する。近年のわが国では HEMS の公的標準インターフェイス (ECONET Lite) が策定されて、多くの家電装置には数年前より導入されており、スマートメーターの標準化も進められているなど、世界的にも先導している。HEMS 認証支援センターを開設して、相互接続検証の環境整備や、新規参入事業者向けの開発支援キットの開発、安全性を考慮して運用ルールの策定支援を始めている。日本の ECONET は米国の SEP2.0 や欧州の KNX と比較してもきめ細やかなサービスの提供が可能であることや、企画書を無償で公開しているなどの特徴を持ち、アジア諸国への展開も進められている。

技術開発段階としては、プラットフォームの構築を終わった段階で、課題として構築されたプラットフォーム上でのビジネス展開を促進していく制度設計が必要となる。分野の違うスマート・コミュニティの情報が共有された地域全体の仕組みを作ることが重要と考えられ、ICT を活用したネットワーク化が課題となっている。

1.2.4 ICT による地域情報システムの開発

ここでは、福島県・新地町において取り組んでいる ICT を活用した地域情報システム（コミュニティ・ネットワーク・システム）の構築ケースについて解説し、特に地方都市における情報インフラの役割について検討する。コミュニティ・ネットワーク・システムは、タブレット端末と地域情報を集約したサーバー（地域環境ナレッジハブサーバー）およびエネルギー制御システムを連携、活用することで、家庭・業務での省エネルギーを実現するだけでなく、地域福祉の増進や地域交通を円滑化させる社会技術システムとして開発を進めている。なお、社会実装を進めている新地町の特性は、福島県浜通り最北部に位置し、仙台へおよそ 1 時間、相馬市へおよそ 30 分という東北の中核都市と近接している。加えて、相馬共同火力発電所や相馬中核工業団地などの産業基盤が集積している。総面積は 46.3km²、人口およそ 8,000 人である。

(1) システムの概要

コミュニティ・ネットワーク・システムは、主要施設・住宅・公共施設等にタブレット端末を整備してスマートメーターと連動するとともに、エネルギー、健康・福祉及び交通等の地域経済にかかわる情報をネットワーク化し、役所等に設置する地域環境ナレッジハブサーバーと連結することで双方向情報ネットワーク基盤を構築することを目指している（図 1.2-6 参照）。この基盤を活用し、エネルギー・福祉、経済活動支援等に関連する複合的なサービス情報を共有することで、コミュニケーションが不足しがちな復興段階の住民、役所、NPO、企業間の情報の「絆」の強化を深める。また、開発段階から関係者との連携によるコンテンツづくりを志向し、利用頻度をあげ、相互に発展できるプロセスをデザインしている。

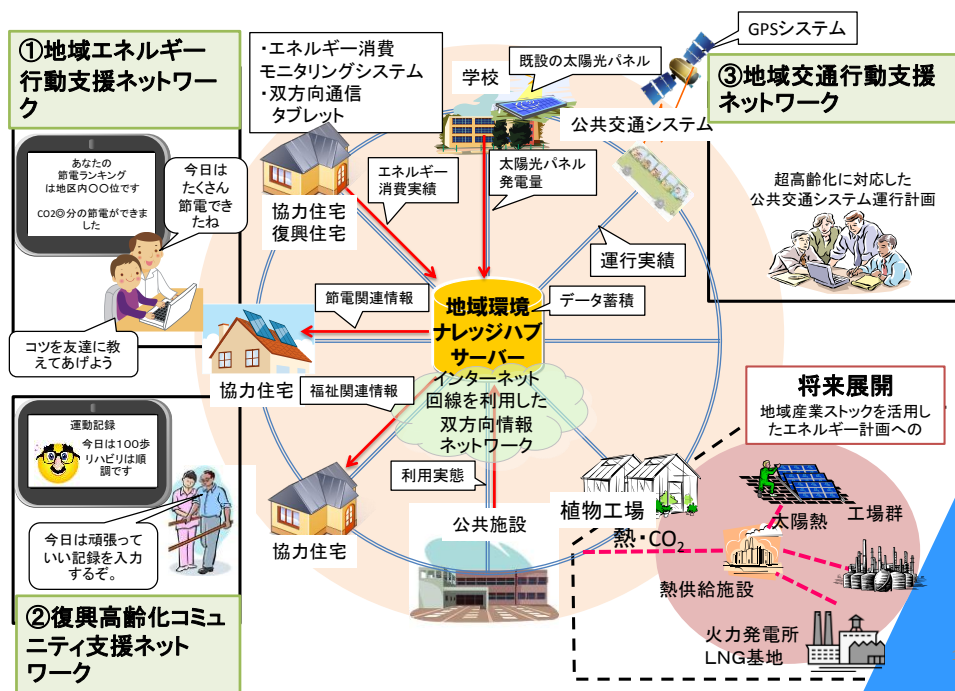


図 1.2-6 コミュニティ・ネットワーク・システムのイメージ

(2) コミュニティ・ネットワーク・システムの機能

現在、開発しているシステムの主な機能は以下の3項目である。

a) 地域エネルギー行動支援ネットワーク

タブレット端末を用いて各家庭のエネルギーの利用状況を「見える化」することで、節電を促すシステムを開発する。さらに、双方向通信機能を活用し、需要ピーク時における「節電メッセージ」の送信やそれと連動した地域ポイント等のインセンティブモデルの導入を試行することで、返答情報を提供し、デマンド・レスポンスによるエネルギー需要制御に向けたデータ基盤整備を進める。

b) 復興高齢化コミュニティ支援ネットワーク

福祉介護情報の提供、地域内イベント情報の提供、復興まちづくり情報などの地域情報を自治体から発信できる仕組みを実現するとともに、地域サービスへの要望の利用者からの発信やアンケート等による住民選好の反映等が可能となるフィードバック機能を実装する。

c) 地域交通支援ネットワーク

ディマンド交通を含めた地域交通にGPS機能・通信機能を搭載することで、公共交通の利便性向上を図るとともに、運行実績情報（位置情報・乗車人数情報等）を地域環境ナレッジハブに蓄積し、データに基づいた利便性向上策を検討する。

(3) 蓄積情報の活用と展開

コミュニティ・ネットワーク・システムにより得られた情報は、地域の利便性を維持・向上しつつ、環境負荷削減を達成することが可能となるよう、見える化、デマンド・レスポンス等を通じて各住宅にフィードバックすることを計画している。また、地域環境ナレッジハブに蓄積され

たデータを基にした解析結果を復興まちづくり計画や防災計画に積極的に援用することを計画している。具体的には、得られた地域の環境行動を解析し、加えて地域の産業基盤からの熱や廃棄物の有効利用法を検討したうえで、地域エネルギーネットワークを設計し、実装することを目指している。

1.2.5 まとめ

本研究では、近年の都市・地域における情報環境（データの観測・収集・蓄積に関するシステム）の変化について整理し、それらの情報ソースから構築される GIS データベースを活用した、地域の計画・マネジメントへの展開方法について、特に資源・エネルギー循環システム設計の観点から分析した。

その中で、分散的に蓄積されてきた情報ソースを動的に統合する必要があることや、短期的な行動支援情報の提供と、その前提に基づいた長期計画を実現するプロセスの構築が重要となることが明らかとなった。

また、本研究では、データソースと利用環境についてのみ提示したがデータの構造化のレベルに関する議論も重要である。完全に構造化されたデータは拡張性が低下し、反対に完全な非構造データは利用性が低下する。検討の詳細化や範囲の拡大に合わせて、必要に応じて後からデータと機能を拡張できるデータベースシステム設計が課題である。

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

総務省：平成 25 年度情報通信白書（2013）

Hilbert M. and Lopez P. (2011) The World's Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information, *Science*, 332 (6025) , 60-65.

Hilbert M. and Lopez P. (2012) How to Measure the World's Technological Capacity to Communicate, Store, and Compute Information Part I: Results and Scope, *International Journal of Communication*, 6, 956-979.

Hilbert M. and Lopez P. (2012) How to Measure the World's Technological Capacity to Communicate, Store, and Compute Information Part II: Results and Scope, *International Journal of Communication*, 6, 936-955.

阪田知彦，寺木彰浩（2009）基礎自治体での都市計画基礎調査の実施状況と課題.，都市計画報告集，No.8

阪田知彦，寺木彰浩（2009）速報:2009年2月時点での地方公共団体の都市計画分野における空間データの整備状況，都市計画報告集，No.8

戸川卓哉，et al.（2013）長期的な土地利用シナリオを考慮した地域エネルギー資源活用策の評価手法，土木学会論文集 G（環境），69（6），p. II_401-II_412

2. 環境創生の地域シナリオ解析モデルの開発

2.1 復興事業を評価するマクロモデルと地理情報システムの開発

2.1.1 はじめに

(1) 研究の背景

低炭素で持続可能な社会を実現するためには、都市・地域における社会・経済の活動レベルを一定の水準以上に維持しつつ、資源・エネルギーの利用効率を向上させることが不可欠である。そのためには、個別の要素技術の高度化とその社会普及が必要であることはもとより、様々なエネルギー・資源の賦存量の分布状況等の地域特性に応じた技術・施策メニューを選定するプロセスを設計し、それを都市・地域の整備の中で実現することが重要となる。特に、国内のエネルギーフローを見ると震災後は石油・石炭・天然ガス等の化石燃料に90%程度依存しており、需要サイドでは約半分のエネルギーが直接熱として水や大気に放出されている。地域での都市施設の資源・エネルギー需要と工業施設が排出する熱エネルギーや森林バイオマスエネルギーの再生利用を可能にする都市・地域の空間制御によるエネルギー利用効率の改善効果は単独の技術開発と比較しても、大きいことが期待される（環境省, 2012）。

一方、日本の人口は、2060年に8,600万人にまで減少すると予測されている（国立社会保障・人口問題研究所, 2012）。また、同時に進行する少子高齢化により人口構成も大きく変化し、2060年には40%の人口が65歳以上になると推計されている。特に地方都市では、安定した雇用を確保し、地域の定住人口を維持することも重要である。人口の減少や限界集落の顕在化により、都市・地域での資源エネルギー効率が低下することも懸念される。今後の都市・地域の資源循環・エネルギー効率を高めるには、人口減少トレンドの下での将来的な資源・エネルギーの需要サイドの特性を考慮しつつ、資源循環とエネルギーの地域システムの再構築を進める必要があり、それらを定量的に評価するプロセスを開発することが重要となる。

以上の観点に基づき、本研究では、地域固有の社会・経済的背景に対応した将来の地域社会の人口・産業のシナリオを構築するマクロモデルを開発するとともに、地域に存在するエネルギー・資源循環のポテンシャルを活用しつつ、長期的ビジョンにもとづいた低炭素で持続可能な都市・地域を設計するプロセスについて検討する。

(2) 関連研究の状況

これまで、社会・経済的背景を踏まえたエネルギー政策の評価には、主としてマクロレベルでの分析が行われてきた。代表的なアプローチとしては、集計的なマクロ経済モデルより、将来の生産活動・生活（消費）活動の水準を時系列で推計し、エネルギー技術の水準や社会での普及状況の予測結果を考慮して、環境負荷を推計するというものである（藤野ら, 2007）。

これを地方自治体のスケールで行おうとするとき、まずその前提となる人口や産業の将来の状況を検討する必要がある。ところで、地域の活力（例えば人口や経済活動水準）を維持しようとする地方自治体は産業振興や定住促進を目指して施策を立案、実施する。このとき、地域の産業と人口の動態を個別に考えるのではなく、雇用や消費を通じたそれらの相互作用を定量的に把握し、施策検討へ反映することが必要と考えられる。特に人口動態は10年やそれ以上の期間で起きる比較的長期的な課題であるから、地域の長期計画（総合計画、あるいは基本計画、基本構想などと呼ばれることもある）において将来的な産業と人口の方向性を検討し、それに対して諸施

策に求められる目標を定量的に示すことが出来れば、より合理的かつ整合的な施策の検討・実施に繋がるだろう。一方で低炭素社会や循環型社会構築の必要性を考えたとき、産業や人口の傾向はエネルギー消費や資源利用を見通す前提であるとともに、エネルギー産業や循環産業として地域の経済活動の一翼を担っている。地域の長期計画検討に際して産業と人口の相互作用とともに、低炭素・循環型社会の視点を明示的に考慮することで地域の活力を維持しつつ低炭素・循環型社会へ移行するためのより実現可能性の高い施策の検討・実施が可能となる。先行研究⁰において地域経済学のモデルを地方自治体の低炭素社会シナリオ構築へ応用し、京都市においてその例を示した例がある。そこでも産業と人口の相互関係を考慮しているが、産業連関分析の枠組みを基本としているため、より経済の開放性が高く、情報の入手可能性に課題がある比較的小規模な、例えば人口1万人程度の基礎自治体に対しては適さない。また、地域政策上の様々な課題とモデルの各部分ないし変数との対応付けも明確でなく、様々な自治体の総合計画策定を支援することのできる汎用的な推計ツールとはなっていない。

一方、エネルギー技術や政策の導入可能性は土地利用等のミクロな都市空間構造の影響を受ける。例えば、熱エネルギーを集散的に利用する地域エネルギーシステムは人口密度やエネルギー資源の分布構造により、コスト条件に基づく導入可能性やCO₂排出削減効果が異なり、導入範囲はミクロな都市空間構造の影響を受ける（戸川ら, 2013）。しかしながら、これまでのマクロ経済ベースのモデルでは、人口密度等に関して、平均的な都市空間の状況が想定され、地域特性に応じた施策選定に関する検討は十分に行われてこなかった。

一方、都市エネルギーシステムに限定した場合、実用的なツールが既に開発されており、近年それらに関する包括的なレビュー研究が進められている。

Connolly et al (2010) では既存の 37 ツールを、simulation, scenario assessment, equilibrium, top-down, bottom-up, operational optimization, investment optimization の 7 つに属性にもとづき類型化している。このうち、本研究と関連性が強いと考えられるエネルギーインフラの長期的な投資最適化ツールの多くは、マクロレベルの評価を目的として開発されており、その多くは、空間情報が考慮できない構造となっている。このうち、2 つのツールがミクロレベルの解像度を有し、ボトムアップの視点を採用しているが、これらの適用事例としては、風力発電を考慮した最適エネルギーシステムの検討 (HOMER)、建物群における PV の導入効果評価 (TRNSYS) 等に留まっており、需要側を含む都市・地域の空間計画と一体的な検討は行われていない。

Manfren et al (2011) では、特に都市における、分散型エネルギーシステムに関する手法・モデルのレビューを行っており、多くのモデルにおける標準的なエネルギーマネジメントシステムの評価・検討プロセスを提示している。GIS (地理情報システム) の利用にも言及されているが、技術導入に関する適正地区の特定等の事前調査フェーズにおける利用が想定されているのみである。また、インフラ投資計画やシステム運転計画での最適化手法が示されているが、需要側の条件については所与として取り扱われる。

Keirstead et al (2012) では、近年における都市エネルギー分析のメインピックとして、219 論文のレビューより、technology design, building design, urban climate, systems design and policy assessment, land use and transportation の 6 分野を取り上げている。個別分野において特化したモデル分析が主流であるとの指摘がある。

また、地域エネルギーシステム計画における、GIS の活用事例として、Gils らによる米国での

研究例等（Gils et al, 2012）があるが、エネルギー需要の空間分布を所与とした数理的な最適化モデルの構築が主題であり、地域の人口変動や空間制御による地域エネルギーシステムによる効果について十分に議論されていない。

以上のように、都市エネルギーシステムに関する既往研究ではインフラ投資や運転計画の最適化計算手法が整備されており実証的検討事例も多数報告されているものの、立地誘導効果等の需要サイドとの連携効果の検討は十分ではない。ライフスタイルに関連する議論等いくつかの検討事例があるが、生活空間の誘導効果に関する検討は不十分である。また、土地利用・交通モデルやアクティビティベースのモデリングとエネルギー分析の統合の必要性が指摘されているが⁷⁾、その定量的な検討は行われていない。

（3）研究の目的

本研究の第一の課題は地方自治体の開放性を考慮した人口及び経済のマクロモデルを構築することである。既往研究で開発されたモデルを改良し、地域づくりの課題との対応を整理して、人口1万人以下の基礎自治体においても地域の人口・産業の将来シナリオと関連施策の効果を操作的に統合的に検討することのできる手法を開発する。

第二の課題は地理情報システムを活用し、ミクروسケールでの分析に基づいたエネルギー・資源循環施策パッケージを提案する手法を開発することである。低炭素社会の実現のためには、インフラ更新や土地利用の誘導等も含めた、資源・エネルギーに関連する様々な施策について、2050年程度を見越した長期的な議論が必要である。そのためには、多岐にわたる関連施策について施策間の整合性が保たれたパッケージとして提案することが必要であり、統合的な地域ビジョンから議論をスタートすることが重要である。しかしながら、既往研究ではマクロなフレームでの検討か、個別の施策についての重点的な議論に留まっていた。そこで本研究では、都市・地域におけるエネルギー・資源循環システムを対象とし、地域特性に応じた適切な施策パッケージを設計するためのフレームワークを構築する。そのために、地域の将来ビジョンに基づいた空間計画を支援するモデルを、GISを活用して構築するとともに、類型ごとの各地区におけるエネルギー管理施策システム、および、地域レベルでの空間特性とエネルギー供給システムの関係性について分析する。さらに、実都市を対象としたケーススタディを通じて、提案したフレームワークに基づいた、資源循環・エネルギー関連施策の統合的設計例について示し、実現可能性等について考察する。

2.1.2 地域の人口と産業の将来像を描写するマクロモデルの開発

（1）モデルの設計思想

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ティング⁰⁾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

(2) 地域づくりの方向性と人口・産業の関係

ある地域において人口の増加（あるいは維持や減少の緩和等、趨勢から予測されるよりも多い人口）を目指すとき、その実現手法を、出生に関わるもの、死亡に関わるもの、就業に関わるものに分類することが出来る。出生に関わるものはその地域に居住する親世代の出生率を高めること（またはそのような世代の転入を増やすこと）が目標となり、死亡に関わるものは現に居住する住民の死亡率を下げより長寿命化することが目標となる。これらは本モデルの中で明示的に考慮される。

就業に関わるものについてはさらに、地域内に居住し就業するものと、地域内に居住するが地域外に就業するものに分けることが出来る。本節ではこの就業についてより詳しく整理する。前者については地域内の就業機会を増やすことが目標となり、後者については地域外に就業機会があるとして、当該地域が居住場所として選択されること（例えば通勤の利便性や好ましい住環境により）が目標となる。

ここで域内雇用率（DER）と域内就業率（DWR）を次のように定義する。

$$DER_p = L_{p,p} / (L_{p,p} + L_{q,p}) \quad (1)$$

$$DWR_p = L_{p,p} / (L_{p,p} + L_{p,q}) \quad (2)$$

ここで、

DER_p : 地域 p の域内雇用率

DWR_p : 地域 p の域内就業率

$L_{p,p}$: 地域 p に居住し、地域 p で就業する人口

$L_{q,p}$: 地域 q に居住し、地域 p で就業する人口

$L_{p,q}$: 地域 p に居住し、地域 q で就業する人口

p : 対象とする地域

q : 地域 p 以外の地域

域内雇用率は域内で就業する者のうち域内に常住する者の割合、域内就業率は域内に常住する就業者のうち域内で就業する者の割合である。域内雇用率は地域の産業によってどれだけ同地域の住民が雇用されているかを示す指標であり、域内就業率は地域の住民が就業先としてどれだけ同地域の産業を選んでいるかを示す指標である。いずれも大きければ大きいほどその地域は雇用に関して閉じていると言える。域内雇用率、域内就業率と産業立地そのものの大きさによって、人口と産業に関する地域の政策の大きな方針や方向性を表 2.1-1 のように整理する。①の職住近接は地域内に十分な規模の産業が立地したうえで、域外との通勤関係が小さく、雇用が域内で比較的完結している場合である。②はこれに加えて域外への通勤者も多い場合、③④は域内に多くの雇用があるものの、居住人口が少なく多くの就業者が外部から通勤している場合であり、例えば東京都千代田区などはこれにあたる。⑤は産業立地が小さいうえに雇用も域内で閉じており、自給的ないし閉鎖的な地域と言える。⑥⑧は雇用機会が少なく、周辺地域に多くの住民が通勤している地域でありいわゆるベッドタウンはこれにあたる。地域がいずれの方向性を目指しているかによってそれぞれのパラメータの目標が異なる。本モデルは地域づくりの検討においてこれを明示的に考慮するための道具であるといえる。

表2.1-1 地域づくり方針と人口・産業の関係

	産業立地	域内雇用率	域内就業率
① 職住近接	大	大	大
② 職住近接+ベッドタウン	大	大	小
③ 産業都市・都市圏の中心部	大	小	大
④ 産業都市・都市圏の中心部	大	小	小
⑤ 自給・閉鎖的地域	小	大	大
⑥ ベッドタウン	小	大	小
⑦ 衰退地域	小	小	大
⑧ ベッドタウン	小	小	小

(3) マクロモデルの構造と定式化

図 2.1-1 に開発したマクロモデルの構造を示す。産業・雇用・通勤・人口にまたがるループ構造を持っている。なお、以降において上線を付した記号は外生変数、そうでない記号は内生変数、添え字は配列を示す。

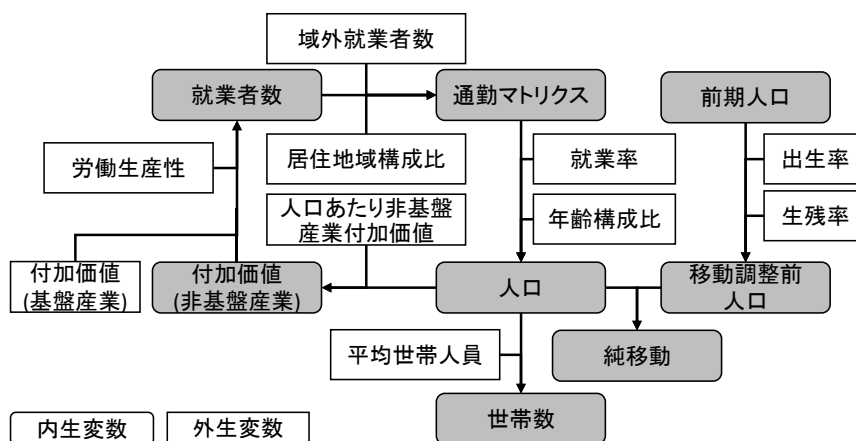


図2.1-1 マクロモデルの構造

(4) モデルの変数と地域づくりにおける課題

図 2.1-2 に地域将来について検討されるべき課題と、本モデルの変数との対応を示した。産業立地においては、地域として振興・誘致しようとする産業とその規模を検討する。例えば当該地域では製造業が基盤産業であり、今後もそうであり続けるという想定であれば、将来の域内の製造業の成長率を想定し、基盤産業の付加価値として与えることができる。このとき、過去の成長率が継続する、成長が減速し成長率がゼロに近づく、立地事業者の撤退または業績不振によりマイナスの成長となる、等のシナリオを考えることができる。また例えば地域内に工業団地が整備されており、しかしその面積の半分はまだ利用されていない、といった状況であるとき、全部が利用されるようになれば（その他の条件は同じとして）現状の二倍の付加価値となる、といった想定が可能である。全く新しい産業の立地についても、例えば大型の産業施設（製鉄所、石油化学コンビナート、発電所等）が新たに建設される計画がある、あるいは建設中である、といったときにはこれらが稼働した際の想定を同じく付加価値として与えることができる。

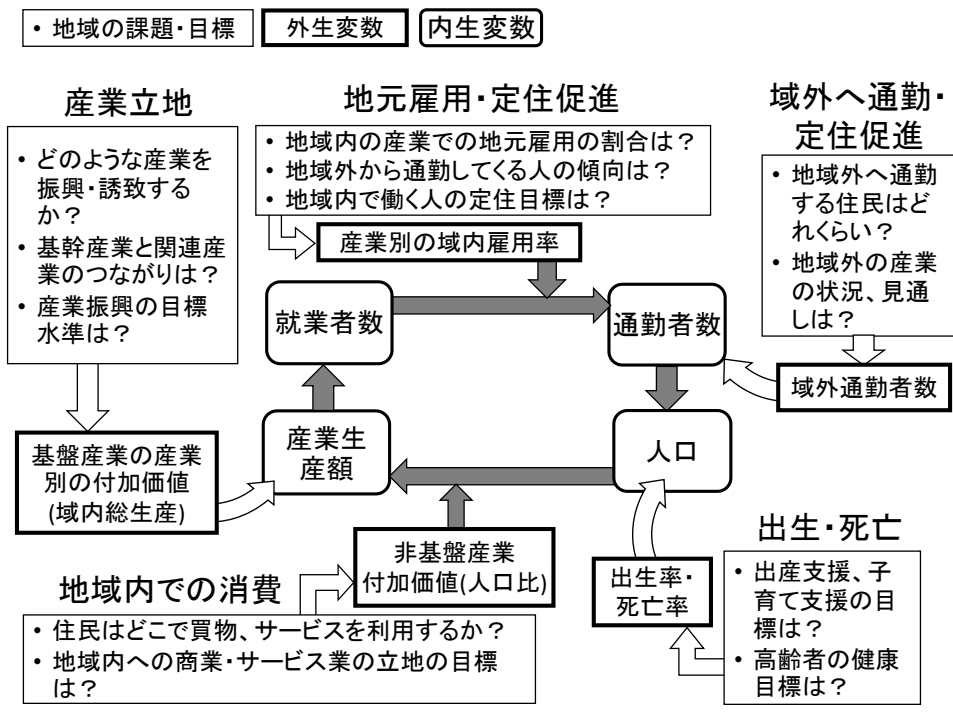


図 2.1-2 マクロモデルへの入力と地域の課題

地元雇用・定住促進について、ある地域が人口維持・増加・減少緩和を目指すのであれば、産業の生産とともに、その産業で以前からの地域住民が雇用される、あるいは雇用された人がその地域に転入することを目指すであろう。ここでは上述した域内雇用率の設定によってそれを表現する。現状の通勤構造が変わらないとすれば、他の条件を同じとして、就業者数の増加率と同じだけの人口増加となる。ここで同時に地元雇用や地域への定住促進策が効果を上げたとすれば域内雇用率を引き上げることが出来る。実際にどのような施策によってどれだけそれを引き上げることが出来るかは前述したように本研究の範囲外としているが、目標を達成するための条件を求めるといふ本モデルの設計思想からは、所与の産業の水準のもとである人口水準を得るための域内雇用率を求める、というように使うことが可能である。他に何らかの基準によって、例えば同地域の過去の推移や周辺地域の状況をベンチマークにする、地域の土地利用の中で住宅の供給可能性を検討する等によって域内雇用率を設定することが出来る。

また、地域住民が域外で就業するとしても当該地域から通勤するのであれば居住人口は維持されることになる(いわゆるベッドタウン)。そこで域外通勤者数を与える。この場合には域外に就業機会があることと、その地域を居住地域として選ぶことが必要である。就業機会は外部要因であるが、後者には定住促進策(例えば住環境の改善や通勤の利便性の確保)が施策として対応する。

出生・死亡については出生率・死亡率として与えられることになる。出生率について、いわゆる子育て世代に対して特定の地域での居住を促す、という課題と見れば、本モデルにおいては出生率よりも域内雇用率や域外通勤者数が対応し、例えば子育て支援策も定住促進策の一環となる。しかしながら既に居住している住民に対する出産、子育て支援につながる施策の効果は本モデルでは出生率の増加で表現される。

最後に地域内での消費について、いわゆる地産地消や地域内経済循環の観点から地域住民に地域内での消費を促そうとするとき、例えばこれまで域外で行っていた買物を新しく域内に出来た商業施設で行う、あるいは既存の地元商店街を振興するなどの施策がありえる。このような課題は人口一人当たりの非基盤産業の付加価値で表現される。ここでもやはり、他の条件は同じとして、どの程度までこのパラメータの値が上昇することが所与の経済・人口目標を達成するのに必要か、という条件を試行錯誤的に求めることが出来る。そのほかに他の自治体の同じパラメータをベンチマークとするといった方法もありえる。

これらの各課題について当該地域の現状、傾向、現行の計画、今後についての意向、首長や地方議会の意志、地域住民の意向等から方向性を見出し、それをパラメータの値に翻訳し、産業構造、成長率、人口構成、通勤関係等について、試行錯誤的に様々なシナリオを作成することで、その地域の将来についての目標を明示的に定量化し、その達成に必要な条件を求め、地域の総合計画等の策定において重要な情報を提供することが出来るものと考えられる。

本モデルの福島県相馬地方における適用例は 2-2-2 で示される。

2.1.3 ミクロスケールの地域エネルギーシステムのビジョン構築手法

(1) 基本方針

これまで、主として日本全体のマクロな視点から低炭素社会の検討が行われてきた。しかしながら、このようなマクロな視点からの分析では、平均値の議論にならざるを得ない都市・地域に賦損する固有資源や固有の需要特性を十分に考慮することは困難であった。そこで、本章では、ミクロな視点を考慮して都市・地域の低炭素化戦略を構築する方法論について検討する。なお、各地域の固有性を考慮したとき、エネルギー利用効率の高い都市・地域に対してマクロレベルでの集約を促進する戦略が妥当であるため、マクロレベルへの戦略も変更する必要があると考えられる。本研究では、このようなミクロからマクロへのフィードバック効果については検討対象としてないが、この点については今後検討する必要がある。

まず、都市・地域の低炭素化戦略を資源循環・エネルギーの観点から立案する上で、必要となる視点について整理する。藤野ら³⁾は、低炭素社会を実現するエネルギーシステム構築のためには、需要側と供給側の双方の対策の適切な組み合わせが必要であることを指摘している。それに従い、基本的な方針として、都市を構成する要素である各地区の特性を考慮して、社会・経済の活動レベルを一定の水準以上に維持しつつエネルギー・資源の需要をできるだけ抑制するとともに、必要となるエネルギー・資源を環境負荷が少なくかつ低コストとなる方法で供給するシステムを構築することを目的とする。特に本研究では、都市・地域の資源・エネルギーシステムのビジョンから一貫した戦略策定を目的としているため、都市内各地区での生活のイメージとエネルギー需要の関係や都市空間構造と地域エネルギーシステム導入可能性等の関係を考慮した上で、システムを具体化することが重要となる。また、長期的な観点から、土地利用を変更することにより人口密度を高めエネルギー需要を集約することによりエネルギーの利用効率を上昇させることや、熱エネルギーの需給主体を近接させることにより熱供給事業等の地域レベルでのエネルギー関連施策の効果を高めることが可能となる。したがって、都市計画や土地利用計画の観点も含めた複合的な視野からエネルギー関連の施策パッケージを検討する必要がある。しかしながら、地域空間構造は、環境・エネルギー以外の様々な要因に規定されており、また、現時点での土地

利用の状況が将来に渡って影響を与える。したがって、イメージを喚起できるマクロビジョンを描きつつ、数理的に書き出せる部分を抜きだし、実効性のある戦略を立案可能とするフレームワークの構築が必要である。

(2) 社会経済的背景の表現方法

不確実性の高い将来を予測・評価するための方法論として、必ずしも全ての構造的な因果関係を数理的なモデルにより表現することにこだわらない、シナリオアプローチによる検討の有効性が指摘され、これまで、気候変動問題等のグローバルな課題に適用されてきた¹⁰⁾。シナリオアプローチでは、記述的なトレンドを示すストーリーラインと数理モデルによる定量的な評価が連動することで、複雑な要因が錯綜する将来の状況を、一定の合理性の下、見通すことが可能となる。定量的部分と定性的部分の相互補完性により、複雑性に対処しつつ定量的な将来ビジョンを描くことができる。

本研究で対象とするようなミクロな都市・地域計画においても、今後、人口動態や社会・経済の構造変化の影響を受けて、大きな変動が予想される。このような関係は複雑に連関しているため、全ての構造的関係を定量的に把握することは困難であり、シナリオアプローチのフレームを援用して、リアリティのある地域の将来ビジョンの設計を試みることの意義は大きい。具体的には、日本全体の将来ビジョン（都市化や過疎化、産業の移転や産業自体の変化）より与えられる地域の人口や産業のフレームのもとで、地域の将来の空間ビジョンを具体的に描く必要がある。なお、地域全体のマクロレベルでの人口動態は国勢調査の既存データに基づき予測可能であるが、地区レベルへの配分のためには、対象地域での実態調査により、都市計画等と統合的なシナリオを設計する必要がある。

(3) 社会経済的背景の表現方法

地域エネルギーの利用効率の高い、都市・地域を実現するための戦略を構築するためには、理念的な背景として設定されたシナリオと整合性を保持しつつ、具体的な施策の実施効果を定量化していく必要がある。多岐にわたる施策が存在しており、代表的なものについてまとめた結果を表 2.1-2 に示す。地区レベルの取り組みと都市・地域レベルの取り組みに分類できる。地区レベルの取り組みは主にエネルギー利用量自体の削減に関係する需要サイドの施策が主体となっている。

表2.1-2 資源循環・エネルギー関連施策の代表例

	地区 (需要マネジメント)	都市・地域 (エネルギー供給システム)
技術	<p>住宅・商業地区</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高効率機器・建築 ・太陽光パネルの設置 ・コージェネレーション <p>産業地区</p> <ul style="list-style-type: none"> ・工場間の未利用資源・エネルギーの相互融通 	<ul style="list-style-type: none"> ・産業未利用熱の利用 ・廃棄物の循環利用 ・森林バイオマス活用 ・再生可能エネルギー（メガソーラー・風力等）の活用
制度	<ul style="list-style-type: none"> ・ライフスタイル誘導 ・用途の混合化 ・地区内の連携強化 	<ul style="list-style-type: none"> ・産業と都市の連携強化 ・再生エネルギーに対する税制優遇・補助金等

一方、都市・地域レベルの取り組みはエネルギーの低炭素化等、供給サイドの施策が主体となっている。また、具体的な技術とそれを支える制度的な政策に分類できる。それらを都市・地域特性に応じて、適切に組み合わせパッケージ化する必要がある。図 2.1-3 にその概略のイメージを示す。都市・地域の将来ビジョンより示される総人口や総従業者数等を空間分布に展開することにより具体化しつつ、一方で、各地区において導入される施策を人口・従業者分布に基づき、特定していくプロセスを構築する必要がある。

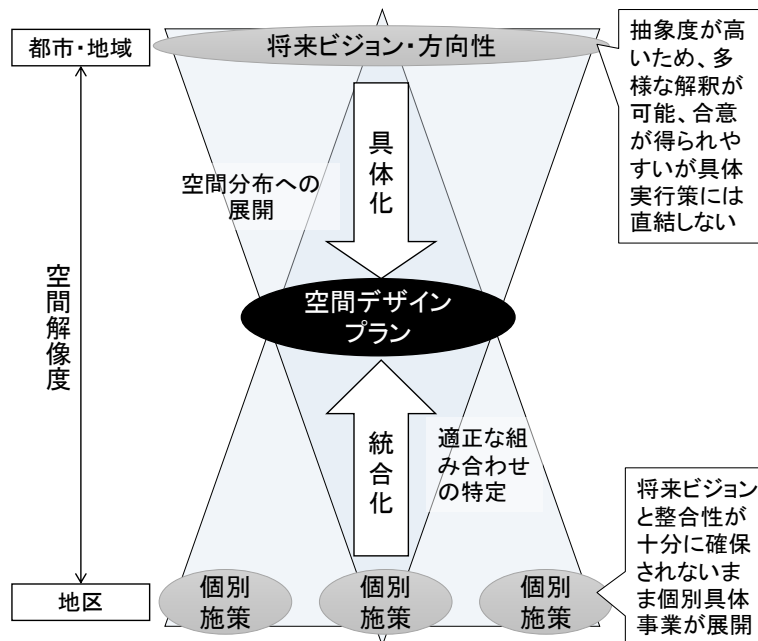


図 2.1-3 将来ビジョンと個別施策の関係

a) 地区レベルの需要マネジメント

建物の断熱性向上や高効率空調機器の導入、住宅への太陽光パネルの設置等、建物や地区レベルでの対策により、当該地区が外部に依存するエネルギー消費量を削減することが可能である。

ここで、太陽光パネルの設置面積は屋根や空地の面積に依存するため、地区を高度利用した場合、建物床面積あたりの発電量は低下する。また、ピークの異なる需要主体を地区内に混在させることで、エネルギー需要の時間変動を安定化させ、地区レベルでのコージェネレーション等の導入を促進する施策についても考えられる。このように地区レベルの対策には、利用密度や用途混合度等の境界条件との関係性が重要となる。

なお、このような検討に活用可能となるエネルギー需要の原単位データに関しては文献¹¹⁾等において整理されている。また、太陽光パネルやコージェネレーション等に関する技術情報については、メーカーのカタログ等を参照して設定する必要がある。

b) 地域レベルのエネルギー供給システム

系統電力や都市ガスといった標準的なエネルギー供給方法に対して、未利用エネルギー等を活用する地域レベルでの取り組みにより、エネルギー効率の高いサービスの提供が可能となる場合がある。日本でもこれまで、清掃工場や産業の未利用熱を活用した地域熱供給システム等の導入実績が報告されている。

上記のような地域レベルのエネルギーシステムの実現のためには、大規模なインフラの建設を伴うため、導入には都市空間の構造、特にエネルギー需要密度の分布状況や供給主体との近接性が、コストや導入効果に影響を与える。なお、インフラ建設コストは一般に公開されている標準的な材料費および工事費（建設物価調査会、2014a, 2014b）にもとづいて推計可能であり、戸川ら（2013）では熱導管の建設コストの推計を実施している。ここでは、全国一律の値を利用しているが、特に工事費については、地域ごとに異なることが想定されるため、実態情報の取得が今後の課題である。

2.1.4 地域シナリオの効果算定モデル構築

(1) 算定モデルの基本構造

本章では、将来の地域の資源・エネルギー戦略を立案するためのモデルの基本構造について示す。図2.1-4にその概要を示す。

まず、小地区単位のコーホートモデルを構築し、地区単位での人口や従業者数を推計する。なお、ここでは地域外との人口・従業者の流入は現状のトレンドが続くと仮定して推計する。これにより、社会・経済のビジョンを保持しつつ、人口・従業者数等のマクロの情報を時間的・空間的に展開する。なお、人口減少段階における推計であることから、周辺地域に新たな地区としてベッドタウン等が形成される可能性については考慮していない。

次に、それぞれの地区における時系列での人口・従業者数等の境界条件に従い、住宅・商業地区、産業地区ごとに、地区レベルの資源循環・エネルギー施策の技術導入想定を設定し、その効果を簡易的に評価し、各地区が外部に依存する資源・エネルギー量について推計する。

さらに、推計されたエネルギー需要を充当するための地域エネルギーシステムの導入可能性について検討する。ここでは、より広域レベルでの想定に基づく系統電力、ガス等によるエネルギー供給に伴うコストとCO₂排出量を勘案しながら、施策導入レベルについて検討する。

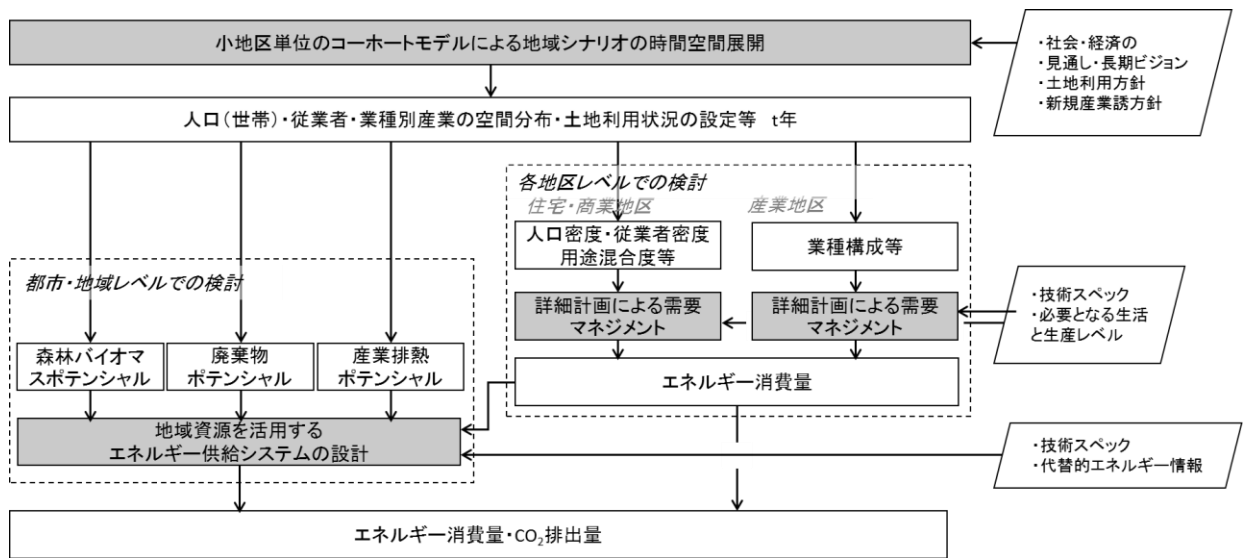


図 2.1-4 エネルギー・資源循環の効果推計モデルフロー

(2) コーホートモデルによる人口分布変動の表現

ここでは、戸川ら（2012）により開発した小地区単位の人口コーホートモデルを雇用との関係を表現できるように拡張し、地域の代替的な将来ビジョンのデザイン手法を構築した。

a) 基本設定

詳細地区ごとに、5歳年齢階級別の将来人口をコーホートモデルによって時系列で予測する。本モデルにおいて予測する人口はすべて夜間人口を指すものとする。図2.1-5にその概要を示す。

自然増減に関しては社会保障・人口問題研究所により発表されている生残率・出生率の仮定値を用いる（国立社会保障・人口問題研究所, 2008）。

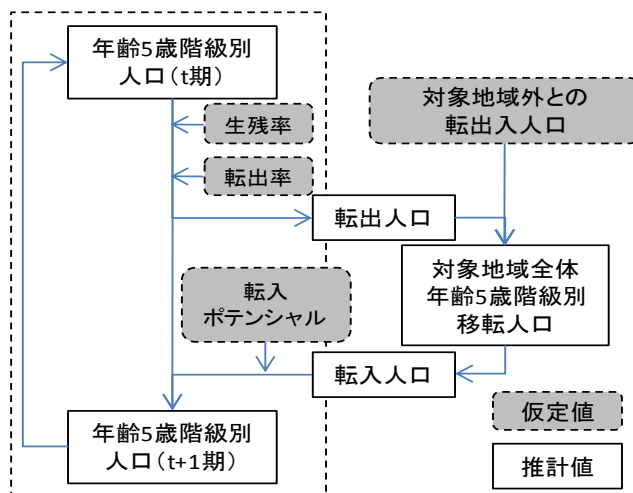


図2.1-5 人口コーホートモデルのフロー

社会増減に関しては、ここでは分析の基準となる将来人口の推計を目的としているため、大規

模開発等の影響をできるだけ平準化したパラメータを推計し、その値が将来にわたり不変であると仮定して推計する。具体的には以下の通りである。転出人口は、転出率に各期の各年齢階級の人口を乗じることにより算出する。転出率は2000年と2005年の国勢調査結果の実績値（総務省統計局, 2000, 2005）を利用しているが、小地区ごとの推計では個別の開発事業等の影響を受けて値が安定しないため、地域全体の平均値を用いる。なお、十分なサンプルが得られ、年齢階級別の人口構成比に偏りがある場合は、地区類型ごとに区分した上で、それぞれの平均値を用いる。これは、現時点での人口構成が類似している地区では、これまで類似の転出入パターンを辿ってきたと考えられるためである。

次に、算出された5歳年齢階級別の転出人口に、シナリオ設定された対象地域外部との転出入人口を加減し、各期の移転人口とする。転入人口は、地区ごとの転入ポテンシャルに応じて移転人口を配分することにより求める。なお、転入ポテンシャルは都市構造シナリオによる想定に基づき設定されるものと仮定する。

b) 類型別世帯数の推計方法

得られた年齢階級別の人口をベースに、世帯主率法により地区ごとの世帯数を推計した。世帯主率法は、世帯数は世帯主数に等しいことを利用して、人口に世帯主率を乗じることによって世帯数を求める手法である。仮定値は人口問題研究所の2005年度の推計と同様の値を用いている。人口問題研究所の推計は2030年までであるが、本研究では2030年における仮定値が2050年まで一定であると仮定して2050年までの推計を行った。また、世帯の基本家族類型も人口問題研究所と同様に「単独世帯」「夫婦のみの世帯」「夫婦と子から成る世帯」「一人親と子から成る世帯」「その他の一般世帯」の5類型とした。

c) 従業者数・サービス業従業者数の推計方法

将来各期の対象地域全体における従業者数とサービス業従業者数は以下の方法により算出する。総人口 N は従業者数 L に依存し、従業者数のうちサービス業従業者数 L_s は総人口 N と一定の関係を保持するように調整されるものと仮定する。具体的には従業者数 L に年齢階級別の家族タイプ構成比に基づく世帯人口を考慮することで、年齢階級別の将来人口を推計する。また、総人口 N とサービス業従業者数の関係は実データ（国勢調査・事業所企業統計）による現況比率を用いる。

以上より、総人口 N とサービス業従業者数 L_s には図2.1-6に示す関係が成立する。世帯主が基盤産業である人口が減少すると、それに伴いサービス業の従業者数も減少するため、乗数効果により人口規模がさらに縮小することになる。したがって、通常の人口コーホートモデルと異なり、対象地域の従業者数の想定をベースに、それと整合的に地域の総人口を推計するモデル構造となっている。なお、対象地域の従業者は対象地域内にその家族とともに居住するものと仮定する。

以上の仮定より、産業の構造的な変化にともない、雇用量が増加した場合は、総人口も増加し、反対に減少した場合は総人口も減少することになる。また、サービス業の従業者数は地域全体にサービスを提供するという前提のもと必要な人数が雇用されるという設定となっている。そのため地域の将来の基盤産業の動向について考慮できる構造となっている。

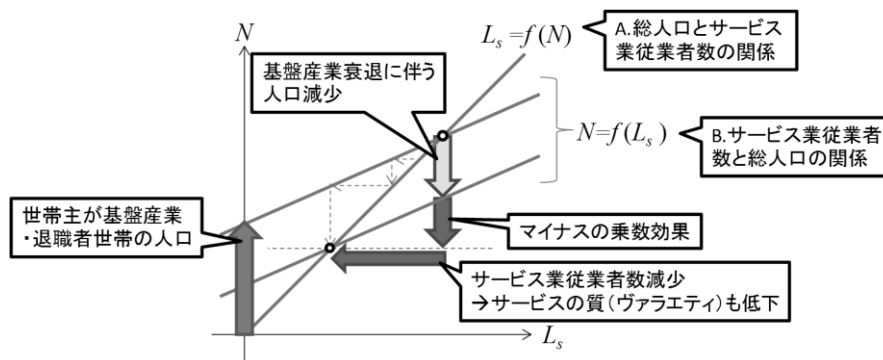


図 2.1-6 サービス業従業者数（雇用） L と人口 N の関係

2.1.5 地区詳細計画による需要マネジメント

都市・地域を構成する各地区において、省エネルギー技術や再生可能エネルギーの活用によって、外部に依存する資源・エネルギー量を削減することが可能である。しかしながら、技術の導入可能性やその効果は各地区の境界条件に依存すると考えられる。以下では、図2.1-4にしたがって、住宅・商業地区と工業地区のそれぞれについて、人口・従業者数や用途混合度等の境界条件と外部に依存する資源・エネルギーの関係について整理する。

(1) 住宅・商業地区の需要マネジメント

高度利用（土地の容積率や建蔽率を高くすること）により、各地区のエネルギー需要密度を高めることで、導入可能技術の選択肢が広がるため、エネルギー効率の改善が期待される。しかしながら、同時に、床面積あたりの太陽光パネル設置面積の減少や、ヒートアイランド現象等のデメリットについても考慮する必要がある。施策の実施効果は建物用途や建物密度、用途混合度合いなどに依存するため、地区類型に応じて効果発生を明らかにし、それに基づいて最適設計のプロセスを検討する必要がある。本節では、住宅・商業地区の境界条件とエネルギー需要量の関係について、既往研究を参照しつつ整理する。

藤田ら（2013）では、各地区の立地主体の密度・構成および日射条件等に基づく、再生可能エネルギー供給ポテンシャル等の地区詳細特性に基づいた、合理的な対策パッケージを選定するための分析手順および基準ルールの提案を行っている。評価対象の対策は、太陽光発電システム、分散型エネルギー供給システム（コージェネレーションシステム）である。太陽光等の自然エネルギー供給能力を定量化し、月別、時間帯別の熱電需要量とそのパターンを推計することによって、地区特性に応じた技術・施策メニューを選定するプロセスを構築している。地区単位で、熱エネルギー（冷暖房と給湯）と電力エネルギー（動力・照明等）の需要量と再生可能エネルギーの供給可能量を算定している。

したがって、評価対象地区の人口・従業者数を入力条件として、コスト最小化等の規範に基づいて、地区内のエネルギー技術の導入状況を特定し、地区外部より供給する必要のあるエネルギー量を推計することで、地区のエネルギー需給状況を検討する必要がある。

(2) 工業地区の需要マネジメント

工業地区における代表的な低炭素化の取り組みとして、複数の企業間でエネルギー・資源の循

環利用を促進することにより、エネルギーや資源の消費量を削減する産業共生の取り組みが存在している。以下では、工業地区内における取り組みにおいて、どの程度の環境負荷削減ポテンシャルがあるのかについて考察する。大西ら（2013）では産業地区ごとの業種構成等の特性を考慮した物質・エネルギーの循環による環境負荷削減効果について検討を行っている。ケーススタディの結果、セメントを活用する地域の資源循環システムでは、産業地区における廃棄物および副産物の交換でCO₂削減量が78（kt-CO₂/year）とされている。この値は評価対象である川崎市・臨海部におけるセメント生産プロセスの総CO₂排出量に対して、9.2%の削減となる。一方、鉄鋼産業を中核とした地域での資源循環では、CO₂削減量は331（kt-CO₂/year）となり、川崎市・臨海部における鉄鋼生産プロセスの総CO₂排出量に対して、4.2%の削減となる。さらに、大西ら²⁰⁾では、火力発電所のコージェネ化による、熱エネルギー源の共有化効果について評価し、周辺産業への熱供給により、最大で400（kt-CO₂/year）以上の削減につながる可能性を指摘している。この値は当該産業地区（川崎火力発電所周辺の産業集積）の総CO₂排出量17,300（kt-CO₂/year）に対して2.5%という値である。以上のように、適切な業種構成を選定し、資源・エネルギー循環施策を実施することで、工業地区レベルでの資源と熱の循環により省エネルギー効果とCO₂削減効果が期待できることが分かる。

以上より、工業地区におけるエネルギー需給状況を把握するためには、社会経済的な想定に基づいた地区の産業立地を入力条件とし、地区内の産業共生等に関する技術導入状況を特定するとともに、地区外部より供給する必要のあるエネルギー量を推計する必要がある。

2.1.6 地域資源を活用するエネルギー供給システムの設計

効率的な資源循環・エネルギーシステムを構築するためには、前章で示したような、各地区における需要制御や再生エネルギー技術導入等の取り組みに加えて、地域で必要となる資源・エネルギーを可能な限り環境負荷の少ない方法で供給するシステムを構築することも重要となる。そのためには、系統電力の電源構成等の全国的な取り組みに加えて、地域特性に基づいたエネルギー供給システムの構築も重要な課題となる。本章では、地域単位でのエネルギー供給システムの導入可能性・導入条件等について考察する。ここでは、図2.1-4に示したように、地域レベルでの取り組みと関連が深い産業未利用熱、廃棄物、森林バイオマスの3類型について取り上げる。

(1) 産業未利用熱エネルギーの活用

全国的に大きな賦存量の存在が指摘されている。しかしながら、その利活用のためには熱導管等の建設・維持コストやポンプ動力等に伴うCO₂とコストが発生するため、その利用可能性は空間的な影響を受ける。また、利用性の高い高温の蒸気を必要とする場合は、タービンから蒸気を高温のまま取り出す必要がある。この場合、仕事の余力を残したある程度高温の熱をタービンから抜き出すため、発電量の低下分を評価する必要がある。戸川ら⁴⁾では、地域レベルでの未利用熱源（発電所排熱）からの単位エネルギー量あたりの供給コストおよびCO₂排出量の空間分布を推計している。コストに関しては、インフラ建設コストが発電低下量・搬送動力に起因する部分と比較して、大きく寄与するため距離に対して増加していく傾向がある。一方、CO₂排出量に関しては、発電低下量に起因する部分が大きいいため、コストと比較して、距離に依存せず一定の値を維持する傾向を示す。その結果、コストポテンシャル分布からは、重油・灯油・ガス等による

代替的なエネルギー供給方法よりも低い価格で供給できる範囲が特定できる。一方、CO₂排出ポテンシャル分布については一様に0.04 (kg-CO₂/MJ) 程度と推計されており、重油・灯油・ガス等の代替エネルギー源のCO₂排出原単位 (0.06~0.07 (kg-CO₂/MJ) 程度) と比較して低い値となっている。

以上より、産業未利用熱エネルギー利活用に向けて、需給の空間分布情報を入力情報とし、それらを重ね合わせることで、未利用エネルギー源で代替可能となる空間範囲を特定し、CO₂排出量およびエネルギー供給コストの削減分を評価する必要がある。

(2) 廃棄物の循環利用

地域で発生する廃棄物をエネルギーに転換して活用する方法について検討する。Fujii et al. (2012) では、一般ごみからの有機系資源回収による動脈産業向けの燃料化、ごみ焼却炉における余熱回収と地域熱供給、厨芥の分別による焼却ごみ低位発熱量の向上及びメタン発酵による都市ガス生産を効率的に組み合わせることで、再生可能エネルギーを大幅に地域に導入した場合にも熱・エネルギー需給を安定化するシステムを検討している。

したがって、地域スケールでの資源循環の高効率化については、循環資源の原料や燃料としての質の観点から、高品質 (高発熱量、低塩素)、低品質 (低発熱量、高塩素) のそれぞれについて、各地区における効率的なエネルギーシステムの全体像と比較しながらその適切な利用システムをデザインする必要がある。

以上より、廃棄物の循環利用可能性を評価するためには、人口分布等に基づいた品質を考慮した廃棄物の発生分布およびエネルギー需要の空間分布を入力情報として、効率性の観点から拠点施設の配置や規模等をデザインし、化石燃料を起源とするエネルギーを代替できる割合を推計するというプロセスを検討する必要がある。

(3) 森林バイオマスの活用

日本におけるバイオマス資源の賦存量は豊富であり、次世代のエネルギー供給源の一つと見なされているが、コスト条件等の課題も存在し、現状では本格的な地域エネルギー利用は補助事業等を伴う先進的導入事例に留まっている。Ooba et al. (2012) では、間伐や伐採・植林などの森林管理を行うことの有効性を検討している。木質バイオマスの地域循環について、地方都市圏を対象に計算を行った結果、現状の森林管理割合の場合では、バイオマスチップの生産価格はほとんどが化石燃料より高価であるが、この管理方法を、間伐強度を高め回数を多くすることによって成長を促進させるシナリオに変更すると、経済的に利用可能な木質バイオマスが増加すること (全生産量の30~40%が利用可能) が示されている。管理面積増大も利用可能な材を増加させる手段であるが、森林の状況に合った管理シナリオも有効であることが示されている。

したがって、適切な林業への労働人口の配分により、バイオマス資源のエネルギー利用促進は可能であると考えられる。そのポテンシャルを評価するためには、森林データや林業従業者数を入力変数とし将来の機器導入想定等に基づいて、バイオマス生産量を推計するプロセスを検討する必要がある。

2.1.7 ケーススタディ

(1) 森林バイオマスの活用

本研究でケーススタディエリアとして福島県・新地町を取り上げる。新地町では東日本大震災からの復興に際して、長期のビジョンに基づくロードマップの構築ニーズが高いため、対象地域として選択した。その概要を図 2.1-7 に示す。新地町は同県の北部・宮城県との県境に位置する、人口約 8,000 人の自治体である。2 機の 100 万 kW 級の発電機を持つ火力発電所が町内南部に位置する工業団地に立地している。さらに、LNG 基地の建設が計画されており、エネルギー拠点としてのポテンシャルを有している。また、東日本大震災による被災地域であり、同町の死者数は 116 人、全壊住宅棟数は 548 であった。津波による浸水面積は 11km² であり、地域全体の 24% の土地が浸水したことになる。復興においては、住宅移転の具体的な規模・位置や土地利用を含む計画の検討も進み、復旧段階から復興・再生段階に入りつつある。その一方で、津波被災地域の跡地利用が検討課題として残されている。ゾーン設定として、大字町丁目の区分を採用する。図 2.1-5 には、その区分区域および各地区の人口についても示している。

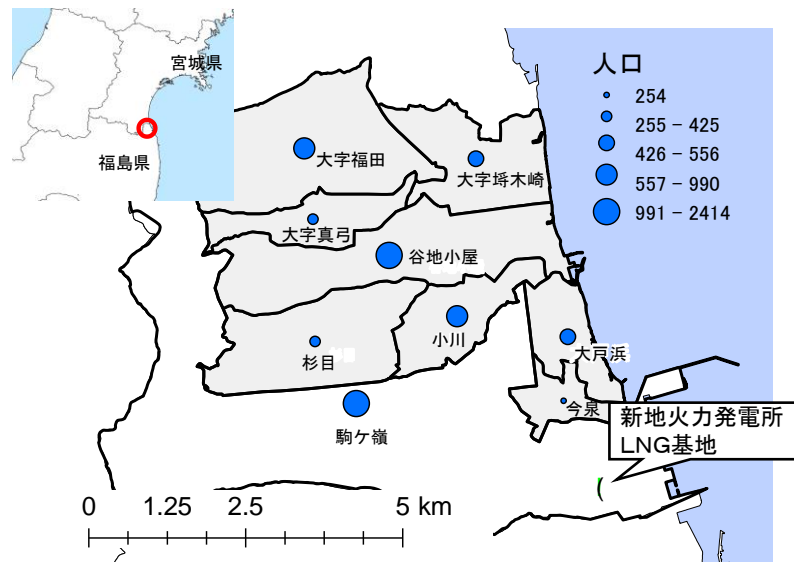


図 2.1-7 福島県・新地町の概要

(2) 将来ビジョンとその設定条件

地域の将来ビジョンとして、表 2.1-3 にその概要を示すように、二つの代替的なシナリオを設定する。BAU シナリオでは、現況のトレンドに従った人口減少・少子高齢化の進展を想定したシナリオを想定する。対策効果を推計するために、現状においてエネルギー需要密度が高く地域エネルギー供給システムの設計上、有利な地区（駒ヶ嶺）を対象として土地利用の集約を行う集約シナリオを設定する。具体的には、地域内の社会移動率が倍になり、駒ヶ嶺地区に対して集中的に転入が起こることを想定している。

シナリオごとの 2050 年までの人口の推移パターンを図 2.1-8 と図 2.1-9 にそれぞれ示す。BAU シナリオでは、人口密度が希薄化するが、集約シナリオでは、拠点を形成することで、全体としても、エネルギー需要密度が高まり、現在から将来に渡って安定したエネルギー需要を維持し、

地区レベルの対策の幅が広がることが期待される。さらに、産業拠点に近接する地区において人口密度が高まることから、産業未利用熱を活用する上で有利になると考えられる。

表 2.1-3 将来ビジョンの設定

	BAU	集約型
需要側対策	人口減少により、エネルギー利用密度が低下	集約型の土地利用に誘導することにより、需要密度の上昇により対策導入可能性が上昇
供給側対策	現況のトレンドを反映して太陽光システムの導入が進むとともに、バイオマス資源の活用が進展	太陽光・バイオマスの普及に加えて、集約地区とその周辺地区においては産業排熱の利活用が進展

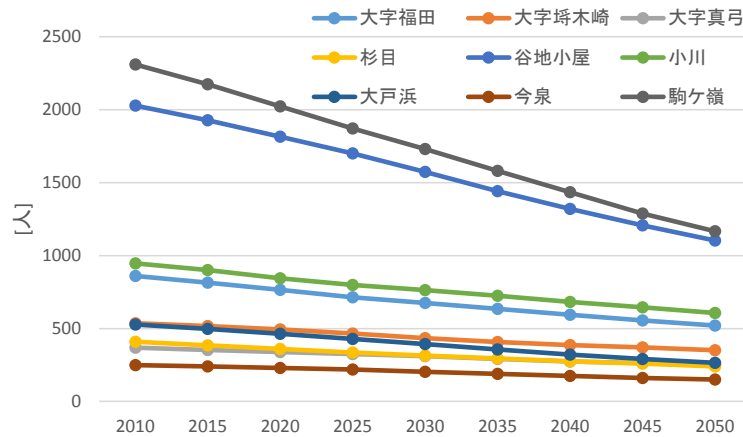


図 2.1-8 各地区の人口推移 (BAU)

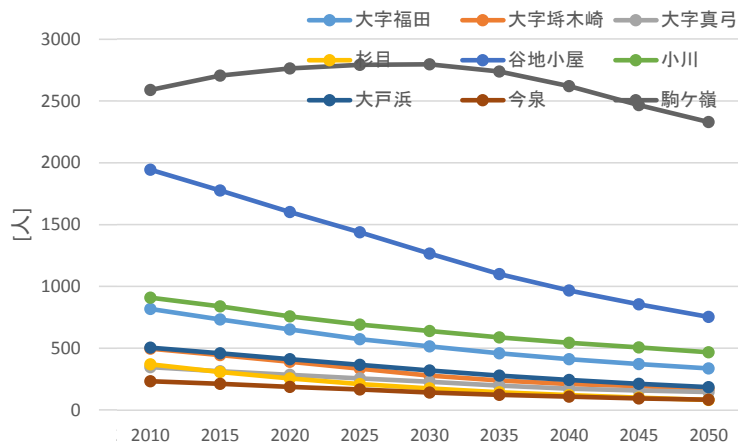


図 2.1-9 各地区の人口推移 (集約型)

次に、地域状況に基づいたエネルギーシステムの設定条件について整理する。まず、標準（現況）として、冷房・暖房需要は各戸個別のヒートポンプにより、給湯需要は各戸個別のガス給湯器により供給されると設定する。当該地域を対象とした、藤田ら（2013）における推計結果に基づき、2050年においては、BAU、集約シナリオともに、電力・冷房需要の35%に対して太陽光発電導入によるエネルギー供給が実施されるとする。両シナリオで同じ値を設定する理由は、集約シナリオにおける集約地区である駒ヶ嶺においても、現況と同程度の人口規模となることから、2-1-6（1）で検討したようなヒートアイランドやパネル設置面積の縮小が起これないと考えられるためである。また、両シナリオとも、給湯・暖房需要の9%に対してバイオマス活用を想定する。さらに、集約シナリオでは、産業拠点に隣接する3地区（今泉、大戸浜、駒ヶ嶺）においては、給湯需要と暖房需要に対して、産業排熱を利用した熱エネルギー供給が実施されるものと想定した。

（3）定量的推計の結果

まず、シナリオごとに地区レベルでの人口推移の予測に基づきエネルギー需要を推計した。エネルギー需要の推計には表2.1-4で示した原単位（日本エネルギー学会,2008）を用いており、住宅あたりの平均床面積を100m²として推計している。人口の推移に比例して、BAUシナリオにおいては、全地区においてエネルギー需要の減少が起こっているが、集約シナリオでは駒ヶ嶺地区においてほぼ一定のエネルギー需要が維持されている結果となった。

次に、各対策を実施した場合の2050年時点におけるエネルギー需給の推計値を2010年時点におけるエネルギー需給も含めて比較した結果を図2.1-10と図2.1-11に示す。

さらに、エネルギー供給量に原単位を乗じることで、CO₂排出量の比較結果を図2.1-12に示す。なお、CO₂排出量の原単位は表2.1-5にまとめた値を利用している。なお、バイオマスと循環資源のCO₂排出量の原単位に関しては0（kg-CO₂/MJ）と設定している。これは、本来であれば、森林資源の切り出しや輸送に係るCO₂が発生するが、本研究では、将来的な国内林業の再生を考慮して近接地域の間伐材が有効利用できるとの想定に基づいているためである。BAUシナリオに見られるように地区レベル個別での技術対策においても一定の効果が得られるが、2050年の大幅削減達成には限界があり、地域レベルの取り組みが必要であることが分かる。そのためには、空間制御も含めた適切な組み合わせが重要であり、土地利用転換やインフラ整備が必要なため、長期の視点をもった計画が必要となる。

表 2.1-4 エネルギー需要原単位

	MJ/m ² /y
電力	75.6
給湯	125.64
暖房	83.88
冷房	33.48

表 2-1-5 CO₂ 排出量原単位

項目	kg-CO ₂ /MJ
系統電力	0.13
ガス	0.059
産業未利用熱	0.04
バイオマス	0

また、図2.1-11のエネルギー供給の内訳を見ると、2050年のBAUおよび対策導入ケースにお

いて太陽光への依存割合が約 17%になっており、系統電力とほぼ同じ値となっている。また、対策導入ケースにおいては、産業排熱の割合が 40%程度と高くなっているが、未利用産業排熱のポテンシャルは民生部門の需要に対して十分に大きいため、需要ピーク時等に供給が不足するというミスマッチは発生することは無いと考えられる。

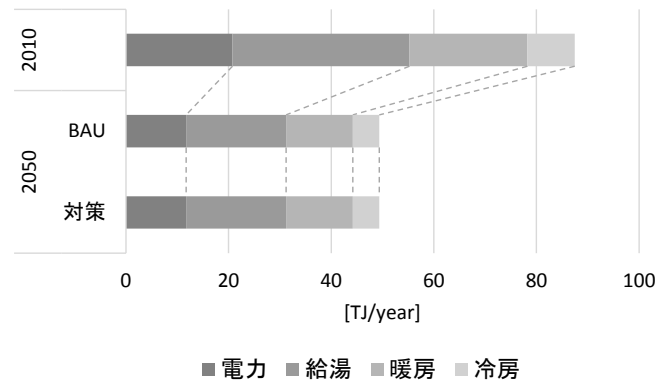


図 2.1-10 エネルギー需要とその内訳

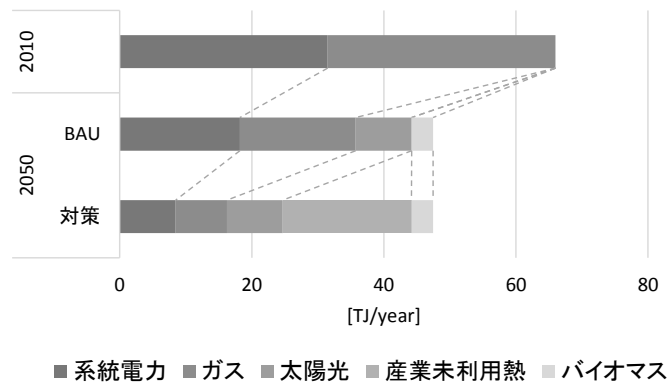


図 2.1-11 エネルギー供給とその内訳

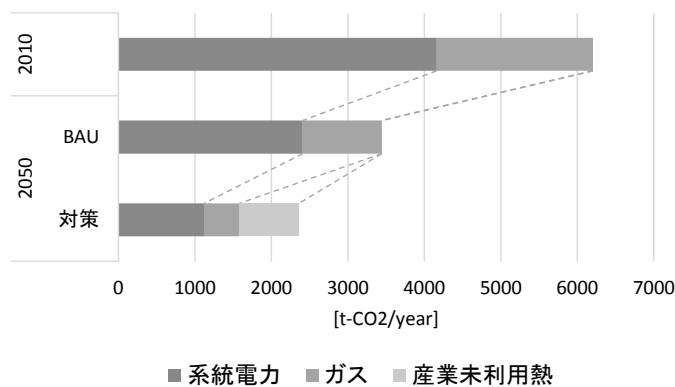


図 2.1-12 CO₂ 排出量の推計結果

2.1.8 まとめ

本研究では低炭素で持続可能な都市・地域を構築するために、地域の課題に対応して整合的な人口・経済の将来ビジョンを構築するためのマクロモデルを構築した。また、長期的観点から地域特性に応じた資源・エネルギーの循環システムを戦略的にデザインする方法とその計画支援システムについて検討した。そのために、地域の統合的なビジョンからスタートして、一貫性のある空間情報（時系列での地区と地域の状態）を表現することを目的とした小地区単位の人口コーホートモデルを構築した。さらに、地区・地域の境界条件と資源・エネルギー関連施策の関係を考察することで、各施策の導入可能性やその実施効果等について検討した。それらを連動させることで、都市・地域の資源・エネルギー施策を統合的に策定するためのフレームワークを提案した。さらに、実都市を対象としたケーススタディにより、フレームワークの有効性と示すともに、施策実施の方向性を検討した。

今後の課題としては、以下の点が挙げられる。

- ・ 本研究で開発したマクロモデルでは土地利用変化、交通システム、エネルギー供給システムの改革を考慮していない。地域の将来像を考えると、高齢化への対応や地域の低炭素化があげられる。そのために例えばコンパクトで集約的な都市構造として、徒歩や公共交通によって通勤通学、買物、通院等が出来るようにすることが課題として挙げられる。また地域の再生可能エネルギーを活用するためには、例えば太陽光発電、風力発電ではその設置場所が、バイオマス燃料の活用ではその供給源が必要となる。工場の立地にも工業用地が必要である。これらの分野を産業・人口と整合性を保つ形で追加することで、地域の総合計画検討に対してより包括的な支援ツールを適用することが出来るだろう。
- ・ 本研究で構築した小地区単位の人口コーホートモデルでは、都市・地域全体の人口や労働者の総量はシナリオに基づいて固定的に扱っており、周辺地域との相互作用は考慮していない。効率的な資源・エネルギー循環を実現できる都市には、周辺地域から人口・労働者が流入することも想定される。このようなミクロな都市施策がマクロレベルに与える影響を総合して検討する必要がある。
- ・ 本研究では、エネルギー需給の総量比較に基づいた施策実施効果の評価を行っているが、再生エネルギーを大幅に導入した場合、天候等の影響によりエネルギー供給の安定性が損なわれることが懸念される。より詳細な時間解像度を設定することで、エネルギー需給の安定性についても検討する必要がある。
- ・ 本研究では、対象とする都市・地域全体のエネルギー消費量やCO₂排出量の観点からシナリオの評価を実施したが、システムにより導出された都市・地域の長期的ビジョンを実社会において実装していくためには、ステークホルダーごとに損益を算定し、実現可能性を考慮した事業計画に落とし込んでいく必要がある。

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

環境省：地方公共団体実行計画（区域施策編）策定マニュアルに関する低炭素化手法の検討、2012
国立社会保障・人口問題研究所：日本の将来推計人口（平成24年1月推計）、2012。

藤野純一ら：低炭素社会に向けたエネルギー選択に関する考察、地球環境、2007. 12(2) : p. 171-178.

- 五味馨, 仲座伯方, 松岡譲: 地域経済の開放性を考慮した低炭素社会シナリオ構築手法の開発と京都市への適用、環境システム研究, Vol. 36, pp. 1-9, 2008.
- 戸川卓哉ら: 長期的な土地利用シナリオを考慮した地域エネルギー資源活用策の評価手法、土木学会論文集 G (環境)、2013. 69 (6) : p. II_401-II_412.
- Connolly, D., et al., : A review of computer tools for analysing the integration of renewable energy into various energy systems. *Applied Energy*, 2010. 87(4): p. 1059-1082.
- Robinson, J., B.: Futures under glass A recipe for people who hate to predict, *Futures*, pp820-842, 1990.
- アームストロング, H., J. テイラー: 地域経済学と地域政策, 2005.
- Manfredi, M., P. Caputo, and G. Costa : Paradigm shift in urban energy systems through distributed generation: Methods and models. *Applied Energy*, 2011. 88(4): p. 1032-1048.
- Keirstead, J., M. Jennings, and A. Sivakumar : A review of urban energy system models: Approaches, challenges and opportunities. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2012. 16(6): p. 3847-3866.
- Gils, H.C., et al.: GIS-based assessment of the district heating potential in the USA. *Energy*, 2013. 58: p. 318-329.
- Keirstead, J., et al. : The impact of CHP (combined heat and power) planning restrictions on the efficiency of urban energy systems. *Energy*, 2012. 41(1): p. 93-103.
- 松岡譲、原沢英夫、高橋潔: 地球環境問題へのシナリオアプローチ、土木学会論文集、2001. 678 (VII-19) : p. 1-11.
- 柏木孝夫: 日本エネルギー学会: 天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008、2008: 日本工業出版.
- 建設物価調査会: 建設物価 2014年03月号. 2014.
- 建設物価調査会: 建築コスト情報 2014年01月号. 2014.
- 戸川卓哉、加藤博和、林良嗣: トリプルボトムライン指標に基づく小学校区単位の地域持続性評価、土木学会論文集 D3, 2012. 68 (5) : p. I_383-I_396.
- 国立社会保障・人口問題研究所: 『日本の市区町村別将来推計人口』(平成 20 年 12 月推計) について, 5. 市区町村別仮定値データ. 2008. [cited 2014 June 11th]; Available from: <http://www.ipss.go.jp/pp-shicyoson/j/shicyoson08/kateichi/katei.html>.
- 総務省統計局: 平成 12 年国勢調査, 町丁・字等別集計. 2000.
- 総務所統計局: 平成 17 年国勢調査, 町丁・字等別集計. 2005.
- 藤田壮ら: 復興まちづくりを支援する地域エネルギー計画評価システム、環境放射能除染学会誌、2013. 1 (1) : p. 45-54.
- Ohnishi, S., et al., : Econometric analysis of the performance of recycling projects in Japanese Eco-Towns. *Journal of Cleaner Production*, 2012. 33: p. 217-225.
- 大西悟ら: 産業都市での地区内熱供給による環境改善効果の評価システム、土木学会論文集 G (環境)、2013. 69 (6) : p. II_227-II_237.
- Fujii, M., et al., : Smart recycling of organic solid wastes in an environmentally sustainable society. *Resources Conservation and Recycling*, 2012. 63: p. 1-8.
- 藤井実ら: 廃棄物からのエネルギー回収の高度化に関する研究、第 9 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨、2014: p. 58-59.

Ooba, M., et al., : Biogeochemical forest model for evaluation of ecosystem services (BGC-ES) and its application in the Ise Bay basin. 18th Biennial Isem Conference on Ecological Modelling for Global Change and Coupled Human and Natural System, 2012. 13: p. 274-287.

2.2 モデルを用いた将来シナリオの策定・評価、環境への影響評価

2.2.1 福島県新地町における復興のマクロシナリオの構築

本項では 2.1 にて開発した地方自治体の人口・産業の将来像を検討するためのマクロモデルを福島県新地町に適用して同町の課題に対応した 2050 年までの 4 つのシナリオを構築し、開発した手法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。

(1) 対象地域の現状

a) 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 2.2-1 に国勢調査による 1980 年から 2010 年までの人口の推移を図 2.2-2 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。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 2.2-3 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 2.2-4 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 2017 年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、ここに（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。

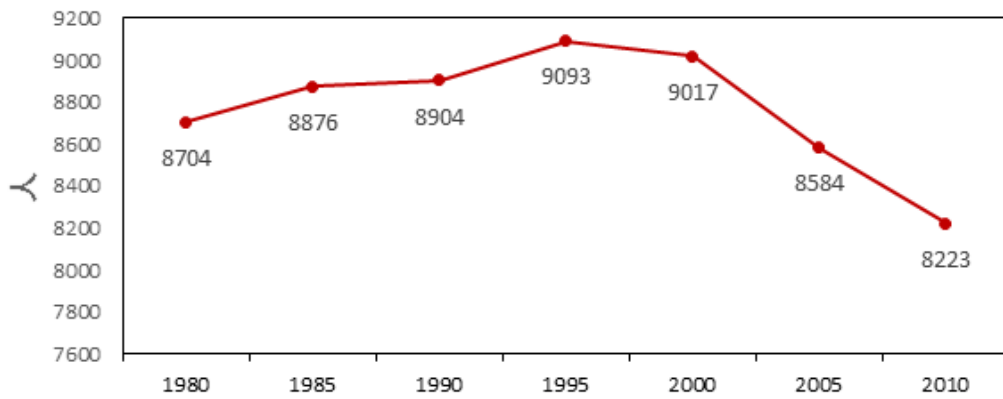


図 2.2-1 新地町の人口推移 出典：国勢調査

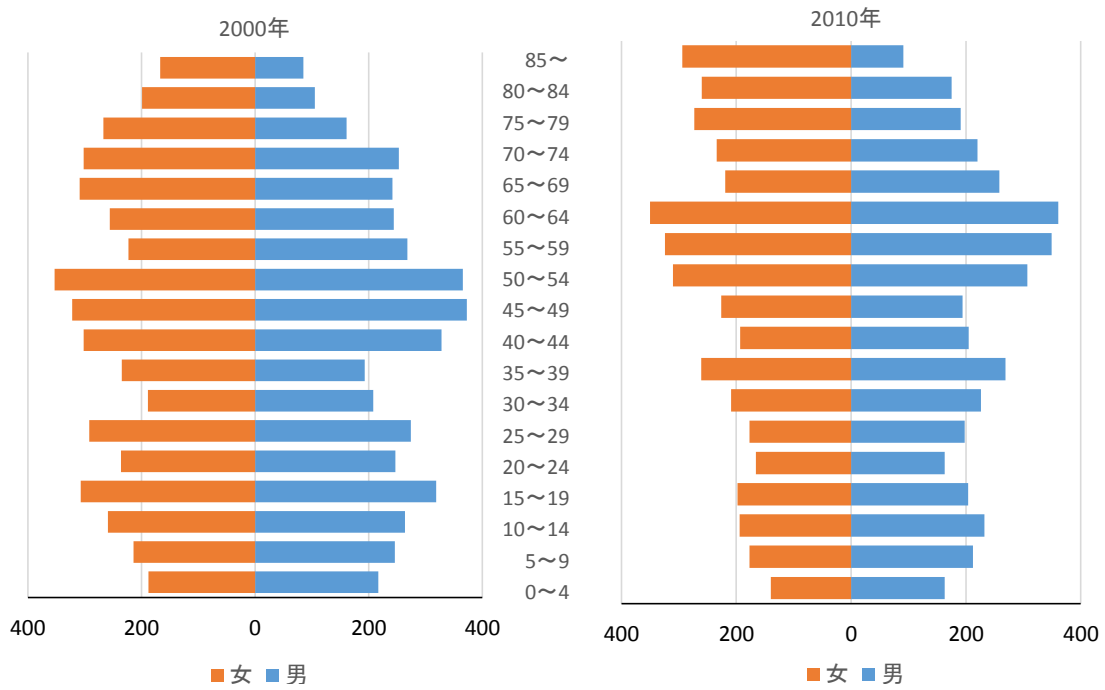


図 2.2-2 新地町の人口構成

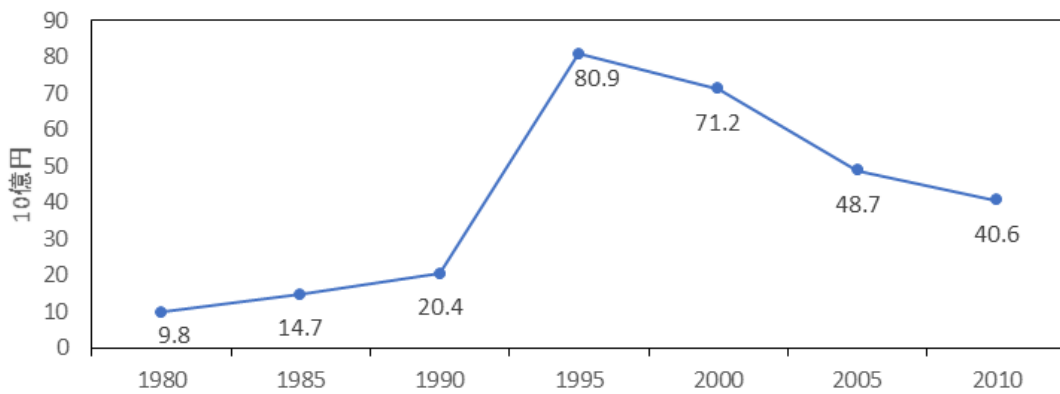
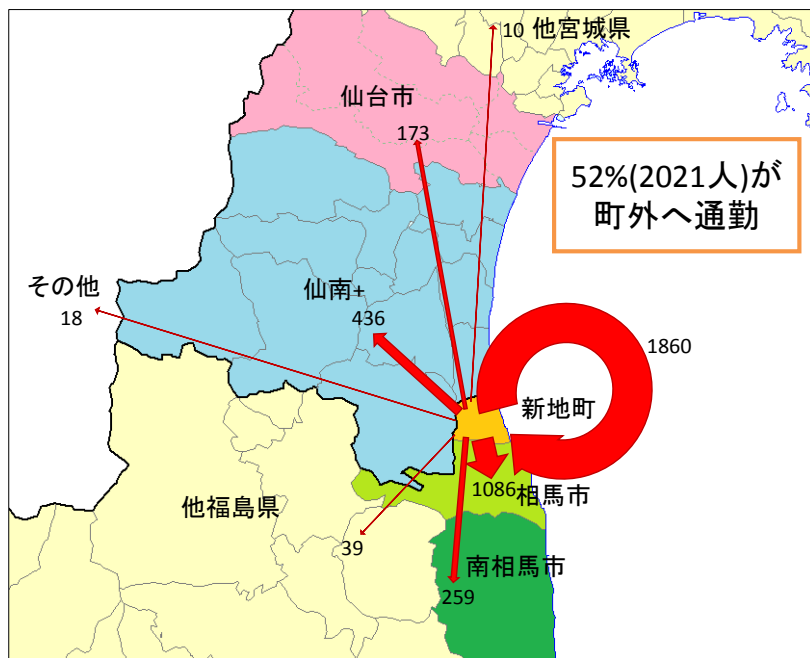
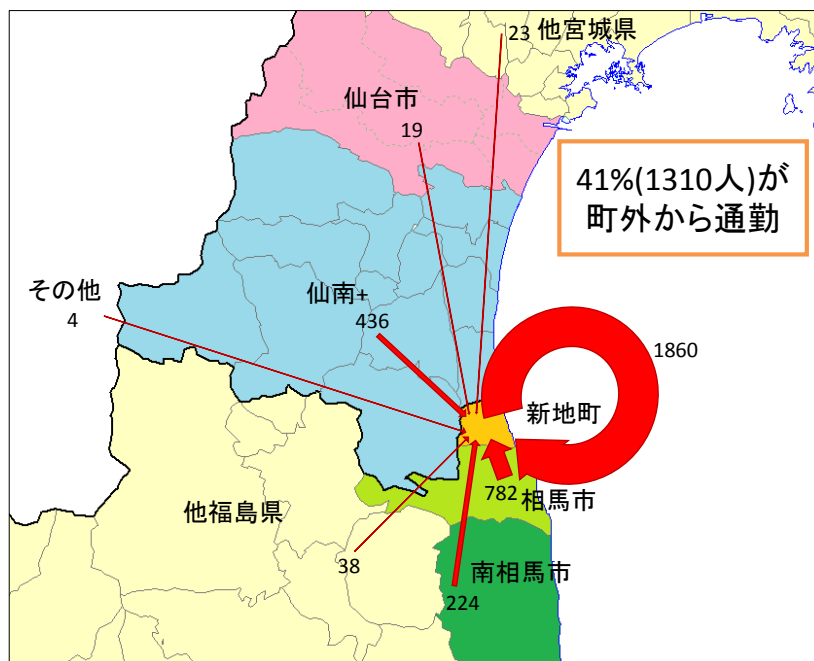


図 2.2-3 新地町の町内総生産の推移 出典：福島県市町村民経済計算



(a) 新地町からの通勤



(b) 新地町への通勤

図 2.2-4 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

b) 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。

(2) 地域のニーズを踏まえた将来シナリオの構築

a) 地域の課題を反映した将来シナリオの構成と想定

以上で整理した地域の課題を踏まえ、図 2.2-5 に示す 4 つのシナリオに整理した。なりゆきは震災以前の傾向が継続し、また LNG 基地の影響を比較検討するために仮に LNG 立地もなかったものとする。LNG 立地ではなりゆきに加えて LNG 基地が予定どおり建設・操業し、関連産業も立地する。産業振興では LNG 立地シナリオに加えて製造業の誘致と農業の高度化を進める。環境産業共生では産業施設間でエネルギー・物質を高度利用する産業共生に基づいて戦略的な産業立地を進めると同時に、定住促進策により地元雇用の割合を高める。



図 2.2-5 4 つのシナリオのイメージ

各シナリオの詳細な設定を表 2.2-1 に示す。将来のシナリオの想定を以下に詳しく説明する。まずなりゆきシナリオについては国立社会保障・人口問題研究所（2008）による将来推計とほぼ同じ人口となるように産業の成長率を想定し、他の条件は一定とする。建設業の付加価値額については 2015 年までは震災復興の需要があると考えられる。福島県市町村民経済計算は 2011 年度まで公表されている、2015 年の建設業の付加価値額は 2011 年の水準とし、2020 年に 2010 年の水準に戻り、その後はほぼ人口に沿って減少する。

残りの 3 つのシナリオはなりゆきに対して追加的な想定を加えていく。上述のように新地町では LNG 基地の建設が行われているが、事業者（株）石油資源開発）の報道発表資料によれば 2018 年には稼働する予定である。そこでなりゆきシナリオに対し、建設に伴う建設業付加価値の増加、稼働後の電気・ガス・水道・熱供給業の付加価値とそれによる当該産業の雇用の増加を反映した LNG 立地シナリオを構築する。まず建設段階においては上記報道発表資料によると建設投資が 600 億円であることから、これを新地町での建設業の 3 年間分の粗生産額増加分と仮定、建設業の付加価値率は 2010 年の全国産業連関表によると約 50% であることから、なりゆきシナリオに対し、2015 年における建設業の付加価値を 100 億円増加させた。また LNG 基地稼働後の同産業の就業者数増加について、同社に対するヒアリングより約 100 人との回答を得たのでこれを利用する。また付加価値額について、2010 年国勢調査及び産業連関表から就業者一人当たりの付加価値額を算出しこれを就業者数に乗じると約 100 億円となったことから、稼働後（2020 年以降）は同産業の付加価値額を 100 億円増加させた。さらに LNG 立地に関連してコージェネレーションを行い隣接する相馬工業団地に供給するといった産業の立地、それに伴う工場立地（ないし撤退の回避）などが起きると想定し、2020 年以降年約 0.2% で製造業の付加価値を増加させた。ただしこれらの数値には頑健な根拠はなく、仮に LNG 基地以外の産業が全く立地しない場合も合わせて検討する。

次に産業振興シナリオとして、LNG 立地シナリオに加え、新地町の 2010 年の人口（約 8200 人）を維持するシナリオを考える。ここでは従前どおりの産業誘致を行うものとして、人口が維持されるような産業の成長水準を求める。

最後に低炭素ビジョン・ロードマップとして、産業振興シナリオからさらに人口を増加し、2050 年までに人口が 9000 人を超えるシナリオを作成する。ここでは新地町の進める「スマート・ハイブリッド・ネットワーク」構想により地域がスマートグリッド化され、地域エネルギー関連産業の立地が進むと想定した。また地域の利便性の向上により定住が促進され、域内雇用率が高まる。発電所を含む工場間で熱を高度利用する産業共生によりさらに製造業の立地が進むとし、このシナリオが環境産業共生シナリオである。

また、新地町では町外への通勤、町外からの通勤の割合が高いため、町外の状況を見捨てることは出来ない。そこで定量化にあたっては相馬市、南相馬市の経済活動状況も評価モデルにより計算し、両市と新地町間の通勤関係による波及効果も考慮出来るようにした。

表 2.2-1 4つのシナリオの詳細設定

	三市町共通		新地町	
	なりゆきシナリオ	LNG立地シナリオ	産業振興シナリオ	環境産業共生シナリオ
農業	<ul style="list-style-type: none"> ■付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ・2015年は2011年水準 ・2020年に2010年水準に回復 ・以降は2.5%/年で減少 ■地元雇用の割合 <ul style="list-style-type: none"> ・2010年と同じ 	<ul style="list-style-type: none"> ■付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ・2015年はなりゆきシナリオと同じ ・以降は年0.1%で成長 ■地元雇用の割合 <ul style="list-style-type: none"> ・2010年と同じ 	<ul style="list-style-type: none"> ■付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ・2015年はなりゆきシナリオと同じ ・以降は年0.5%で成長 ■地元雇用の割合 <ul style="list-style-type: none"> ・2010年と同じ 	<ul style="list-style-type: none"> ■付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ・2015年はなりゆきシナリオと同じ ・以降は年1.0%で成長 ■地元雇用の割合 <ul style="list-style-type: none"> ・2010年と同じ
林業・水産業	<ul style="list-style-type: none"> ■付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ・2015年は2011年水準 ・2020年に2010年水準に回復 ・以降は2.5%/年で減少 ■地元雇用の割合 <ul style="list-style-type: none"> ・2010年と同じ 	なりゆきシナリオと同じ	なりゆきシナリオと同じ	なりゆきシナリオと同じ
鉱業	<ul style="list-style-type: none"> ■付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ・2.5%/年で減少 ■地元雇用の割合 <ul style="list-style-type: none"> ・2010年と同じ 	なりゆきシナリオと同じ	なりゆきシナリオと同じ	なりゆきシナリオと同じ
製造業	<ul style="list-style-type: none"> ■付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ・2.5%/年で減少 ■地元雇用の割合 <ul style="list-style-type: none"> ・2010年と同じ 	<ul style="list-style-type: none"> ■付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ・2015年までなりゆきシナリオと同じ ・以降は年0.2%で成長 ■地元雇用の割合 <ul style="list-style-type: none"> ・2010年と同じ 	<ul style="list-style-type: none"> ■付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ・2015年までなりゆきシナリオと同じ ・以降は年1.2%で成長(相馬市も同じ) ■地元雇用の割合 <ul style="list-style-type: none"> ・2010年と同じ 	<ul style="list-style-type: none"> ■付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ・2015年までなりゆきシナリオと同じ ・以降は年1.5%で成長(相馬市も同じ) ■地元雇用の割合 <ul style="list-style-type: none"> ・2015年まで2010年と同じ ・2020年以降、3%ポイント増加
エネルギー供給	<ul style="list-style-type: none"> ■付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ・2010年水準で固定 ■地元雇用の割合 <ul style="list-style-type: none"> ・2010年と同じ 	<ul style="list-style-type: none"> ■付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ・2015年まで2010年水準 ・2020年(H32)から約100億円増加 ■地元雇用の割合 <ul style="list-style-type: none"> ・LNG基地:50% 他:2010年と同じ 	LNG立地シナリオと同じ	<ul style="list-style-type: none"> ■付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ・2020年までLNG立地シナリオと同じ ・以降は年0.5%で成長 ■地元雇用の割合 <ul style="list-style-type: none"> ・LNG立地シナリオと同じ
建設業	<ul style="list-style-type: none"> ■付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ・2015年は2011年水準 ・2020年に2010年水準に回復 ・以降は2.5%/年で減少 ■地元雇用の割合 <ul style="list-style-type: none"> ・2015年に16%に減少 ・2020年以降は2010年と同じ(48%) 	<ul style="list-style-type: none"> ■付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ・2015年はなりゆきから100億円増加 ・以降は人口増分に対応して増加 ■地元雇用の割合 <ul style="list-style-type: none"> ・2015年に10%に減少 ・2020年以降は2010年と同じ(48%) 	<ul style="list-style-type: none"> ■付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ・2015年はなりゆきから100億円増加 ・以降は人口増分に対応して増加 ■地元雇用の割合 <ul style="list-style-type: none"> ・2015年に10%に減少 ・2020年以降は2010年と同じ(48%) 	<ul style="list-style-type: none"> ■付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ・2015年はなりゆきから10億円増加 ・以降は人口増分に対応して増加 ■地元雇用の割合 <ul style="list-style-type: none"> ・2015年に10%に減少 ・2020年以降は2010年値から3%ポイント増加(51%)
非基盤産業	<ul style="list-style-type: none"> ■人口当たり付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ・2010年と同じ ■地元雇用の割合 <ul style="list-style-type: none"> ・2010年と同じ(40%～82%) 	<ul style="list-style-type: none"> ■人口当たり付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ・2010年と同じ ■地元雇用の割合 <ul style="list-style-type: none"> ・2010年と同じ(40%～82%) 	<ul style="list-style-type: none"> ■人口当たり付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ・2010年と同じ ■地元雇用の割合 <ul style="list-style-type: none"> ・2010年と同じ(40%～82%) 	<ul style="list-style-type: none"> ■人口当たり付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ・2010年と同じ ■地元雇用の割合 <ul style="list-style-type: none"> ・2015年まで2010年と同じ ・2020年以降は2010年値から3%ポイント増加(43%～85%)
労働生産性	2010年と同じ	2010年と同じ	2010年と同じ	2010年と同じ
就業率	2010年と同じ	2010年と同じ	2010年と同じ	2010年と同じ
域外への通勤者数	2010年と同じ	2010年と同じ	2010年と同じ	2010年と同じ
出生率	社人研2008年推計を利用	なりゆきシナリオと同じ	なりゆきシナリオと同じ	なりゆきシナリオと同じ
生残率	社人研2008年推計を利用	なりゆきシナリオと同じ	なりゆきシナリオと同じ	なりゆきシナリオと同じ
純移動率	前年人口と雇用からモデルが推計	前年人口と雇用からモデルが推計	前年人口と雇用からモデルが推計	前年人口と雇用からモデルが推計

b) 将来シナリオの定量化

以上のシナリオの想定を 2.1 で開発したマクロモデルを用いて定量化した。表 2.2-2、表 2.2-3 に人口と域内総生産の推計結果を示す。各シナリオの 2030 年における通勤マトリクスを表 2.2-4 ～表 2.2-7 に示す。相馬地域全体の人口は 2010 年の約 11 万 6 千人から 2050 年時点においてなりゆきで約 6 万 5 千人、環境産業共生では約 9 万人となった。総生産はなりゆきで約 2 千 6 百億円、環境産業共生では 3 千 9 百億円である。南相馬市の各種想定は全てのシナリオで同じだが、なりゆき以外のシナリオで人口、総生産の増加が見られるのは新地町、相馬市との通勤関係を通じた波及効果による。

新地町について、人口及び域内総生産を図 2.2-6、図 2.2-7 に示す。また産業別付加価値と雇用の推計結果を図 2.2-8、図 2.2-9 に示す。まず建設業の付加価値は 2015 年に復興需要および LNG 基地建設のため大きな値となるがそのあとは従前の水準に戻る。現状の建設業による付加価値と雇用の増加は一時的なものであることが分かる。

また、LNG 基地はきわめて資本集約的な産業であるため、付加価値の大きさに比べて雇用規模は小さい（図 2.2-8、図 2.2-9 の電力・ガス・熱供給・水道業には LNG 基地のほか、もともと新地町で操業している新地発電所も含まれている）。LNG 立地シナリオでは 2050 年の人口がなりゆきシナリオに比べて約 1300 人増加しているが、仮に関連産業の立地が全くなされないと想定して推計するとこの増加幅は 150 人程度となり、地域の人口維持への貢献は小さくなる。

産業振興シナリオで人口を維持するためには新地町・相馬市で農業 0.5%、製造業 1.2%の年間成長率が必要であった。モデルではこれらは外生変数であるため、試行錯誤的に計算を反復してこれらの値を求めた。環境産業共生シナリオの付加価値はなりゆきシナリオと比較して 2050 年時点で約 85%増、人口は同じく 91%増となった。

環境産業共生シナリオでは地域エネルギー事業により LNG 立地シナリオからさらに電力・ガス・水道・熱供給業の付加価値を年 0.5%で成長させ、2050 年の同産業の付加価値の差は約 50 億円となっている。また製造業の年成長率も産業振興シナリオよりさらに高く 1.5%となっている。これらの数値には詳細な裏付けはなく、今後精査が必要であるが、いずれにしても人口を以前の水準（国勢調査による新地町の人口は 1995 年の 9093 人が最大）に近づけるには同規模の産業水準が確保されたうえで、域内雇用率を現状から 3%ポイント増加させるだけの定住促進策が必要になる。

なりゆき以外の 3 つのシナリオでは、それぞれなりゆきに比べて産業の生産を増やし、通勤関係を通じて居住する人口が増える将来像を描いている。各シナリオの想定は、結果として推計された人口や総生産の水準を達成するための条件（より正確には条件の組み合わせのうちの一つ）であり、これを町の立場で解釈すれば、これらの条件を満たすだけの施策が必要ということになる。例えば産業振興シナリオでは産業誘致や農業振興の各種の施策が必要となる。製造業が年 1.2%の成長を続けると 15 年間で約 20%の成長となるから、これを達成するためには 15 年後に基準年（2010 年）に比べ製造業の規模を 2 割増やすだけの立地（町の施策としては産業の誘致）が必要になる。

表 2.2-2 人口の推計結果（単位：1000 人）

市町	シナリオ	年								
		2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
新地町	なりゆき	8.2	7.9	7.6	7.0	6.5	6.0	5.6	5.2	4.9
	LNG立地	8.2	8.0	7.9	7.5	7.1	6.9	6.6	6.4	6.2
	産業振興	8.2	8.0	8.3	8.2	8.1	8.1	8.0	8.0	8.0
	環境産業共生	8.2	8.0	8.6	8.7	8.7	8.8	9.0	9.1	9.3
相馬市	なりゆき	37.6	34.6	34.0	31.0	28.3	25.9	23.8	21.9	20.3
	LNG立地	37.6	35.8	34.3	31.4	28.8	26.5	24.5	22.8	21.2
	産業振興	37.6	35.8	36.3	35.2	34.1	33.3	32.7	32.2	31.9
	環境産業共生	37.6	35.8	36.4	35.7	35.2	34.9	34.9	35.1	35.5
南相馬市	なりゆき	70.7	67.3	64.3	58.9	54.1	49.8	46.1	42.7	39.8
	LNG立地	70.7	67.8	64.4	59.0	54.3	50.1	46.4	43.1	40.1
	産業振興	70.7	67.8	65.1	60.3	56.0	52.3	49.0	46.1	43.5
	環境産業共生	70.7	67.8	65.2	60.5	56.4	52.9	49.8	47.1	44.8
計	なりゆき	116.5	109.7	105.9	96.9	88.8	81.7	75.4	69.9	64.9
	LNG立地	116.5	111.5	106.5	97.9	90.3	83.5	77.5	72.2	67.5
	産業振興	116.5	111.5	109.7	103.6	98.3	93.6	89.7	86.3	83.5
	環境産業共生	116.5	111.5	110.2	104.9	100.4	96.6	93.6	91.3	89.6

表 2.2-3 域内総生産の推計結果（単位：10 億円）

市町	シナリオ	年								
		2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
新地町	なりゆき	40.6	45.5	39.0	37.4	36.0	34.8	33.7	32.7	31.8
	LNG立地	40.6	55.6	49.1	48.2	47.5	46.9	46.3	45.8	45.4
	産業振興	40.6	55.6	50.7	50.8	50.6	50.4	50.3	50.3	50.3
	環境産業共生	40.6	55.6	51.3	52.8	53.8	54.9	56.1	57.4	58.9
相馬市	なりゆき	146.5	137.1	126.0	113.2	101.9	91.9	83.0	75.2	68.3
	LNG立地	146.5	139.3	126.5	113.9	102.9	93.1	84.4	76.7	69.9
	産業振興	146.5	139.3	139.3	138.3	137.9	138.1	139.0	140.3	142.2
	環境産業共生	146.5	139.3	141.2	143.0	145.7	149.3	153.9	159.5	166.1
南相馬市	なりゆき	240.1	233.7	222.4	208.4	196.0	184.9	175.2	166.5	158.8
	LNG立地	240.1	234.6	222.6	208.7	196.3	185.4	175.7	167.1	159.4
	産業振興	240.1	234.6	223.7	210.8	199.3	189.1	180.2	172.3	165.3
	環境産業共生	240.1	234.6	223.9	211.2	200.0	190.2	181.5	174.0	167.5
計	なりゆき	427.2	416.4	387.3	359.0	333.9	311.6	291.9	274.4	258.9
	LNG立地	427.2	429.5	398.1	370.8	346.7	325.3	306.4	289.6	274.7
	産業振興	427.2	429.5	413.7	399.9	387.8	377.7	369.5	362.9	357.9
	環境産業共生	427.2	429.5	416.4	407.0	399.5	394.4	391.6	391.0	392.5

表 2.2-4 通勤マトリクス（なりゆきシナリオ，2030年）（単位：人）

		従業地域								計
		新地町	相馬市	南相馬市	他 福島県	仙台市	仙南+	他 宮城県	その他	
常住地域	新地町	1,585	894	214	39	173	436	10	18	3,369
	相馬市	644	10,898	1,492	353	309	651	42	53	14,442
	南相馬市	184	1,430	22,737	2,988	180	159	11	62	27,751
	他福島県	31	263	1,595						
	仙台市	16	91	58						
	仙南++	181	495	94						
	他宮城県	19	30	22						
	その他	3	99	72						
	計	2,663	14,201	26,284						

表 2.2-5 通勤マトリクス（LNG立地シナリオ，2030年）（単位：人）

		従業地域								計
		新地町	相馬市	南相馬市	他 福島県	仙台市	仙南+	他 宮城県	その他	
常住地域	新地町	1,814	901	214	39	173	436	10	18	3,605
	相馬市	752	10,980	1,495	353	309	651	42	53	14,635
	南相馬市	213	1,441	22,773	2,988	180	159	11	62	27,827
	他福島県	37	265	1,598						
	仙台市	19	92	58						
	仙南++	215	498	94						
	他宮城県	22	31	22						
	その他	4	100	72						
	計	3,076	14,307	26,327						

表 2.2-6 通勤マトリクス（産業振興シナリオ，2030年）（単位：人）

		従業地域								計
		新地町	相馬市	南相馬市	他 福島県	仙台市	仙南+	他 宮城県	その他	
常住地域	新地町	2,002	1,063	217	39	173	436	10	18	3,958
	相馬市	881	12,591	1,515	353	309	651	42	53	16,395
	南相馬市	250	1,701	23,050	2,988	180	159	11	62	28,401
	他福島県	43	313	1,619						
	仙台市	22	109	59						
	仙南++	251	588	95						
	他宮城県	26	36	23						
	その他	5	117	73						
	計	3,480	16,519	26,650						

表 2.2-7 通勤マトリクス（環境産業共生シナリオ，2030年）（単位：人）

		従業地域								計
		新地町	相馬市	南相馬市	他福島県	仙台市	仙南+	他宮城県	その他	
常住地域	新地町	2,195	1,094	217	39	173	436	10	18	4,182
	相馬市	847	12,886	1,519	353	309	651	42	53	16,659
	南相馬市	265	1,750	23,109	2,988	180	159	11	62	28,524
	他福島県	46	322	1,624						
	仙台市	23	112	59						
	仙南++	266	605	96						
	他宮城県	28	37	23						
	その他	5	121	73						
	計	3,674	16,927	26,720						

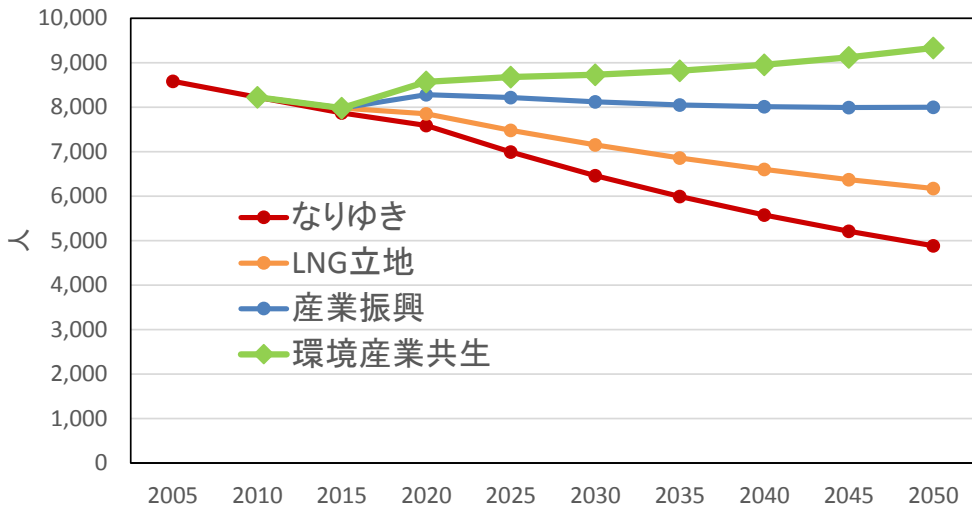


図 2.2-6 新地町における各シナリオの人口の推計結果

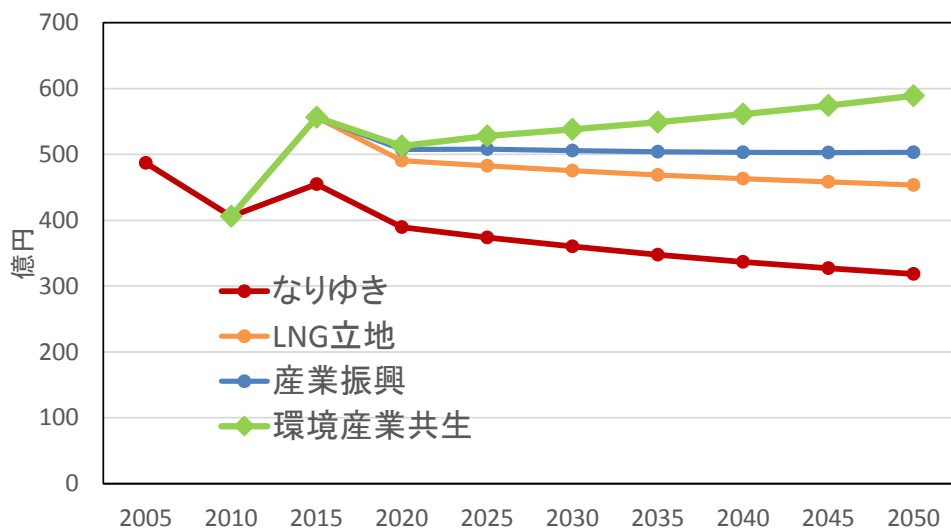


図 2.2-7 新地町における各シナリオの域内総生産の推計結果

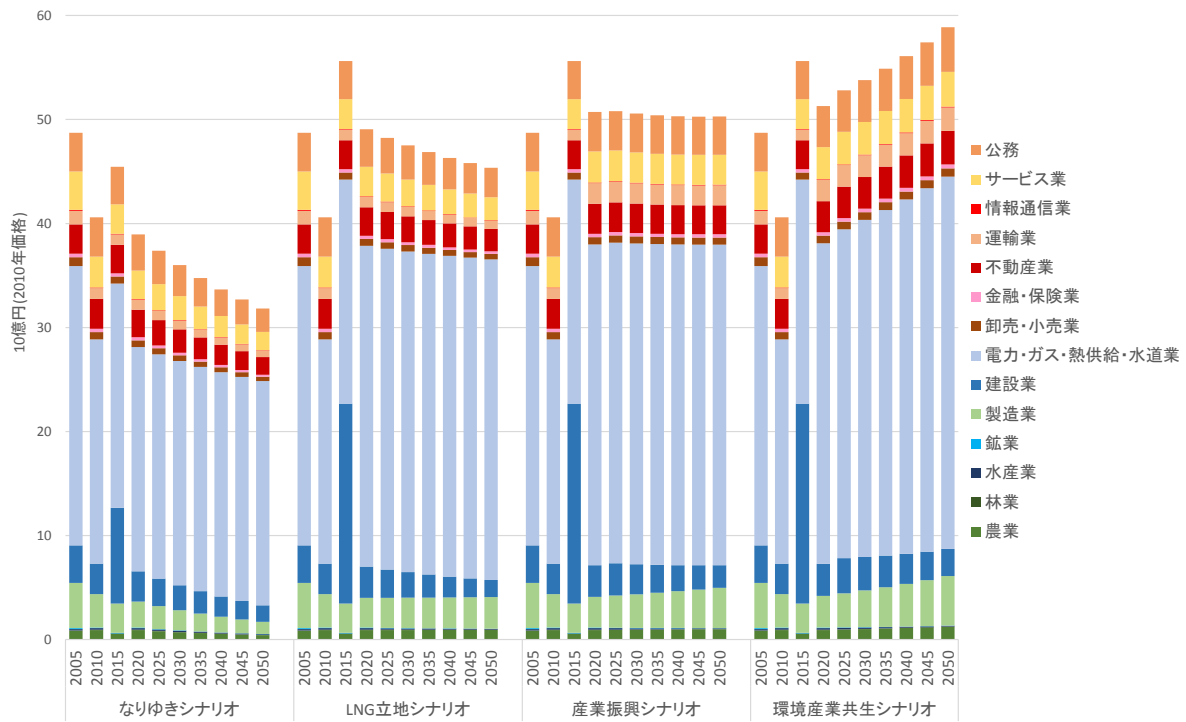


図 2.2-8 新地町における各シナリオの産業別付加価値

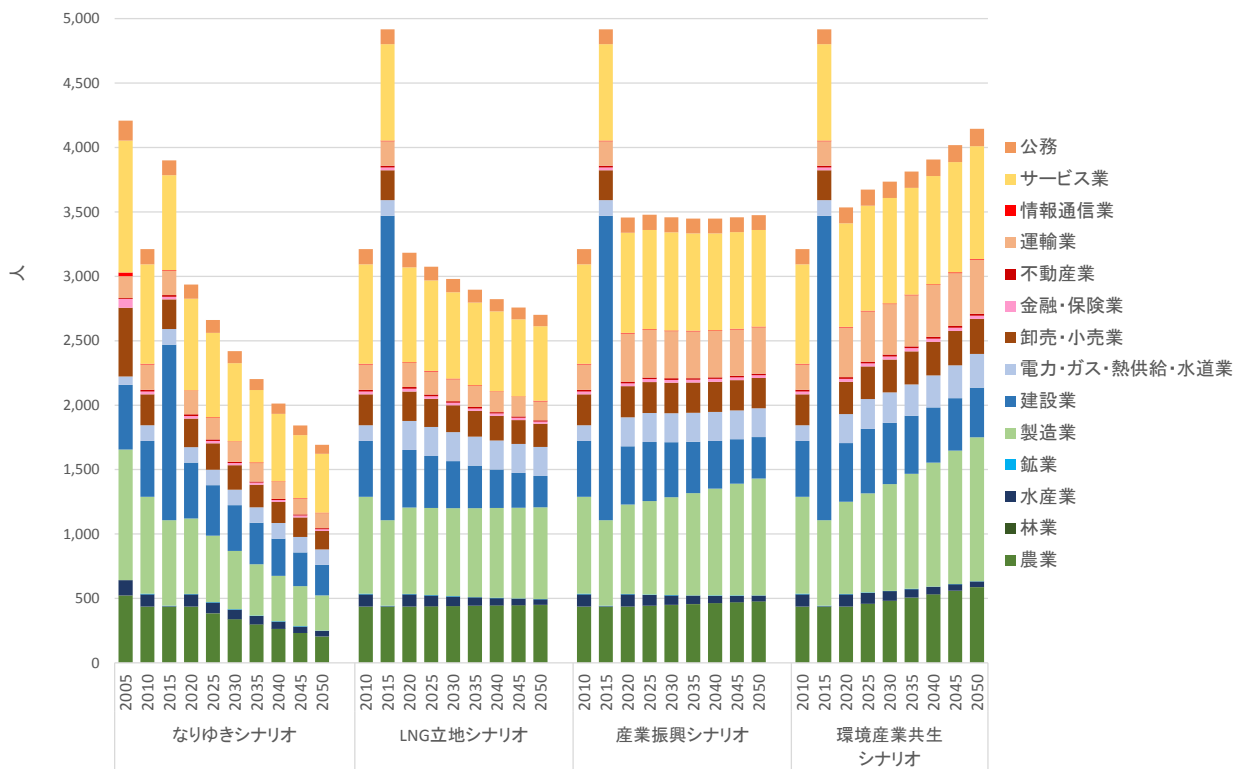


図 2.2-9 新地町における各シナリオの産業別就業者数

(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。

これを相馬地域、特に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。しかしながら本研究で構築したシナリオでは、この増加は一時的なものでありこれらの建設が完了したのちには、仮に震災以前からの傾向が続いたとすれば、長期的には人口、経済活動ともに縮小していくことが定量的に示された。また LNG 基地単体の雇用や人口維持に対する効果は百数十名にとどまるであろうことも示した。これに対してまちの目標を達成するために必要な産業の成長率や定住促進を推計し、たとえば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。

最後にシナリオ構築にあたっての課題を述べる。本研究では新地町のもうひとつの重要な課題である高齢化への対応をシナリオとして扱うことが出来なかった。地方自治体における高齢化への対応としてどのような変数を目標にすべきかを同定し（例えば健康寿命、高齢者のうち就業者の割合、徒歩圏に買物・医療機関のある人口の割合等が候補として考えられる）、これを具体的にモデルの中に表現し、さらに健康・福祉関係の産業を明示的に扱うことで、高齢化への対応に必要な行動と、その具体的な目標及び町全体へのインパクトを定量化することが出来るだろう。

2.2.2 技術選択型エネルギーモデルを用いた市区町村スケールの低炭素シナリオの検討

(1) 序論

温暖化対策の地域レベルでの実施主体として、市区町村をはじめ地方自治体での取り組みがますます重要となっている。しかし、多くの場合、日本全体の計画を地域規模に縮小した温暖化対策計画を策定しており、各自治体の地域特性が考慮されているとは言いがたい。自治体での効果的な温暖化対策の実施には、各自治体の特性を踏まえた温暖化対策計画の策定・実施が求められる。本節では、各自治体の特性を踏まえた温暖化対策計画の策定支援に向けて、地域の特性を踏まえたエネルギーシステム分析を行う。具体的には、はじめに、福島県および福島県内の市町の過去から現在にかけてのエネルギー消費量を統計値等より推計する。次に、自治体の特性を考慮した技術選択型のエネルギーモデルを開発し、福島県新地町の将来の低炭素社会シナリオを定量的に推計する。この結果をもとに、市区町村の CO₂ 排出構成や利用可能なエネルギー技術を踏まえた効果的な温暖化対策を検討する。

(2) 福島県および福島県内の市町のエネルギー消費量の推計

1) 概要

各自治体で地域特性に応じた適切な温暖化対策計画を策定・実施するためには、自治体内のどこから、どの程度の温室効果ガスが排出されているかを正確に把握することが不可欠となる。日本では排出される温室効果ガスの約9割がエネルギー起源であるため、特に自治体内のエネルギー消費量を定量的に把握することが重要となる。

自治体スケールのエネルギーバランス表作成の代表的な事例として、資源エネルギー庁が公開している「都道府県別エネルギー消費統計」がある。総合エネルギー統計の最終消費のうち、産業部門、民生部門、運輸部門について、エネルギー種別都道府県別にエネルギー消費量を推計している。しかし、各都道府県を対象とした分析であるために、市区町村データを得るためには何らかの手法でダウンスケーリングする必要がある。また、産業部門のエネルギー消費量の推計に石油等消費動態統計（以下、石消）を用いているが、石消の対象外の事業所は全て“産業その他部門”でのエネルギー消費として計上しているため、石消の対象にならない小規模事業者の割合が高い市区町村では、産業部門内の業種別のエネルギー消費量を具体的に把握することができない。加えて、同調査では、総合エネルギー統計で示されている“最終エネルギー消費量（各部門に）”ではなく、各部門内でエネルギー転換された後の“電力”や“熱”によりエネルギー消費量を推計しているため、部門内でエネルギー転換に用いたエネルギー種を把握することができない。そのため、特に産業部門については、いくつかの統計の組み合わせるなどにより、小規模事業者を含む業種のエネルギー消費量を精緻に推計する必要がある。市区町村スケールでのエネルギーバランス表は、地球温暖化対策地域推進計画の策定などを通していくつかの自治体で推計されているが、多くの場合当該自治体のみを対象とした単年データに基づく推計であり、近隣自治体との比較検討や経年変化の分析を実施している例は少ない。

そこで、自治体の温暖化対策計画の策定・実施を目的とした地域のエネルギー消費量の把握のため、都道府県・市区町村スケールのエネルギーバランス表を作成し、各自治体のエネルギー消費の特性を分析した。対象自治体は、福島県、および、福島県相馬地域沿岸部の市町（新地町、相馬市、南相馬市）とした。対象部門は、最終エネルギー消費部門における産業部門（非製造業、製造業）、民生部門（家庭、業務）とした。経年比較のため、1990年から2010年まで5年間隔5時点を推計対象とした。

2) 手法

a) 産業部門（製造業）

現在のエネルギー消費量を詳細に把握するためには、できるだけ詳細なエネルギー消費量データ（具体的には、都道府県別産業分類別燃料種別のエネルギー消費量データ）を用いることが望ましい。製造業のエネルギー消費量に関する主な統計を表 2.2-8 に示す。産業部門のエネルギー消費量を調査した統計データとしては、2000年まで実施されていた石油等消費構造統計、エネルギーを多く使用する事業所を対象とした石油等消費動態統計、石油等消費動態統計の対象外の事業所を対象として2006年から開始されたエネルギー消費統計などがある。石油等消費構造統計では都道府県別産業部門別燃料種別のエネルギー消費量が利用可能だが、同統計は2000年で終了しているため、それ以降は複数の統計の組み合わせによりエネルギー消費量を推計する必要がある。

産業部門（製造業）のエネルギー消費量の推計フローを図 2.2-10 に示す。前述のように、石油等消費構造統計では都道府県別産業別燃料別のエネルギー消費量が利用可能であるため、同統計が利用可能な 2000 年までは、同統計の値を用いた。石油等消費構造統計が終了した 2000 年からエネルギー消費統計が開始される 2006 年までの期間は、エネルギー多消費事業所のみを対象とする石油等消費動態調査以外は実施されていないため、各県別の製造業全体のエネルギー消費量を把握できない。そこで、2005 年の製造業の産業別エネルギー消費量は、2006 年のエネルギー消費統計で提供されている全製造業を含んだ県別産業別エネルギー消費量で代用することとした。なお、エネルギー消費統計の本来の調査対象は石油等消費動態調査対象外の事業所であるため、2007 年以降の同統計では全製造業を対象とした県別産業別エネルギー消費量は提供されていない。2006 年の同調査は予備調査であったことから統計の公開形態が異なっており、2006 年の同調査のみ全製造業を含んだ県別産業別エネルギー消費量を公開している。そこで、2010 年の製造業の産業別エネルギー消費量のうち、石油等消費動態調査対象外の事業所については、エネルギー消費統計を使用し、石油等消費動態調査対象の事業所については、石油等消費動態調査の個票データを集計した値を提供している都道府県別エネルギー消費統計を用いることとした。2000 年以降の県別産業別の燃料比率は、石油等消費構造統計の 2000 年の値で代用することとした。なお、同比率の代用先として、2000 年以降の全国の産業別燃料比率を用いることも検討したが、特に都市ガスの利用率で、各県と全国の傾向が大きく異なっていたため、同一県の 2000 年の値で代用している。

市区町村別産業別燃料種別のエネルギー消費量は、上述の過程を経て推計した県別産業別燃料種別のエネルギー消費量を、工業統計で得られる県と市区町村の出荷額の比率により案分して推計した。

表 2.2-8 製造業エネルギー消費量に関する主な統計

名称	期間	調査対象	利用可能なデータの特徴
石油等消費構造統計	1980-2000	従業者数 30 人以上の事業所	都道府県別産業部門別燃料種別のエネルギー消費量が利用可能。
石油等消費動態統計	1981-	パルプ、鉄鋼等の 9 業種のうち、調査規則別表の調査の範囲に属する事業所	一般に入手可能な公開情報では、経産省局別業種別エネルギー消費量や都道府県別エネルギー消費量は公開されているが、都道府県別産業部門別燃料別のエネルギー消費量は提供されていない。
エネルギー消費統計	2006-	石油等消費動態統計の対象外の事業所	都道府県別産業部門別エネルギー消費量は公開されているが、都道府県別産業部門別燃料別のエネルギー消費量は提供されていない。
都道府県別エネルギー消費統計	1990-	産業、民生、運輸を含む全部門(既存統計をもとに作成された二次統計)	製造業のうち石油等消費動態調査の対象業種については、同調査の個票を集計し、都道府県別産業 4 部門別燃料別のエネルギー消費量を提供している。石油等消費動態調査の対象外の業種については、産業連関表を用いた案分により都道府県別燃料種別エネルギー消費量を推計している。

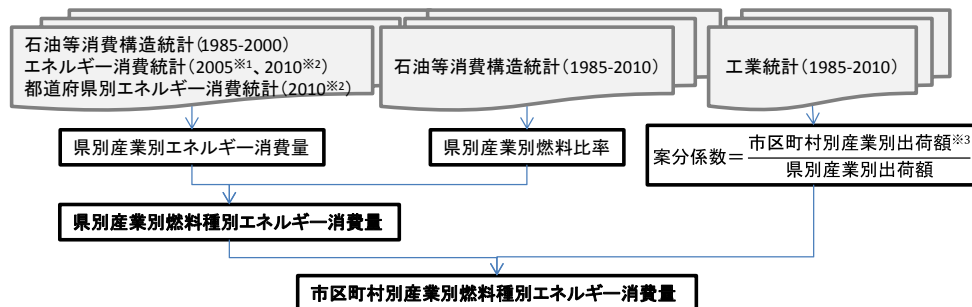


図 2.2-10 産業部門（製造業）のエネルギー消費量の推計フロー

- ※1...全製造業を対象とした 2005 年の県別産業別エネルギー消費量の統計値は入手できなかったため、2005 年の県別エネルギー消費量は、エネルギー消費統計の 2006 年値を流用した。
- ※2...2010 年の県別産業別エネルギー消費量のうち、石油等消費動態統計の対象の事業所は都道府県別エネルギー消費統計より、対象外の事業所はエネルギー消費統計より推計した。
- ※3...市区町村別産業別出荷額のうち、工業統計で秘匿とされていたデータは県の事業所当たり平均出荷額を、市区町村の事業所数に乗ずることで推計した。

b) 産業部門（非製造業）

産業部門（非製造業）のエネルギー消費量の推計フローを図 2.2-11 に示す。都道府県別エネルギー消費統計では、非製造業を“農林漁業”“建築業・鉱業”の 2 業種に集約化し、産業連関表を用いた案分法により各業種別の燃料別エネルギー消費量を提供している。産業部門（非製造業）の県別業種別燃料別のエネルギー消費量は、同統計の値を用いた。また、産業部門（非製造業）の市区町村別業種別燃料別エネルギー消費量は、国勢調査から得られる県と各市区町村における各業種の就業者数の比率により案分して推計した。

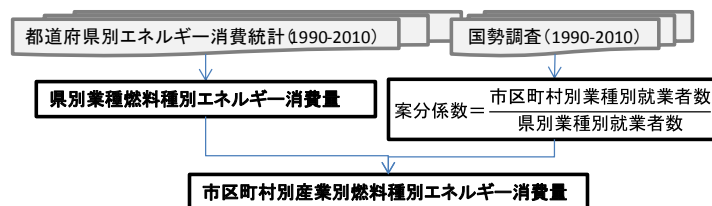


図 2.2-11 産業部門（非製造業）のエネルギー消費量の推計フロー

c) 家庭部門

家庭部門のエネルギー消費量の推計フローを図 2.2-12 に示す。都道府県別エネルギー消費統計では、都道府県庁所在地で実施されている家計調査報告における費目別世帯平均支出額を用いて家庭部門のエネルギー消費量を推計している。家庭部門の県別燃料別エネルギー消費量は、同統計の値を用いた。また、市区町村別の家庭部門の燃料別エネルギー消費量は、国勢調査から得られる県と各市区町村における世帯数の比率により案分して推計した。ただし、LP ガス、都市ガスの消費量については、地域ごとの都市ガスインフラの整備状況により使用量が大きく変動すると

考えられるため、ガス事業年報より得られる事業所別家庭用都市ガスメーター数および福島県勢要覧から得られる県内家庭用都市ガスメーター数をもとに都市ガス利用世帯の比率を求め、これを案分指標とした。

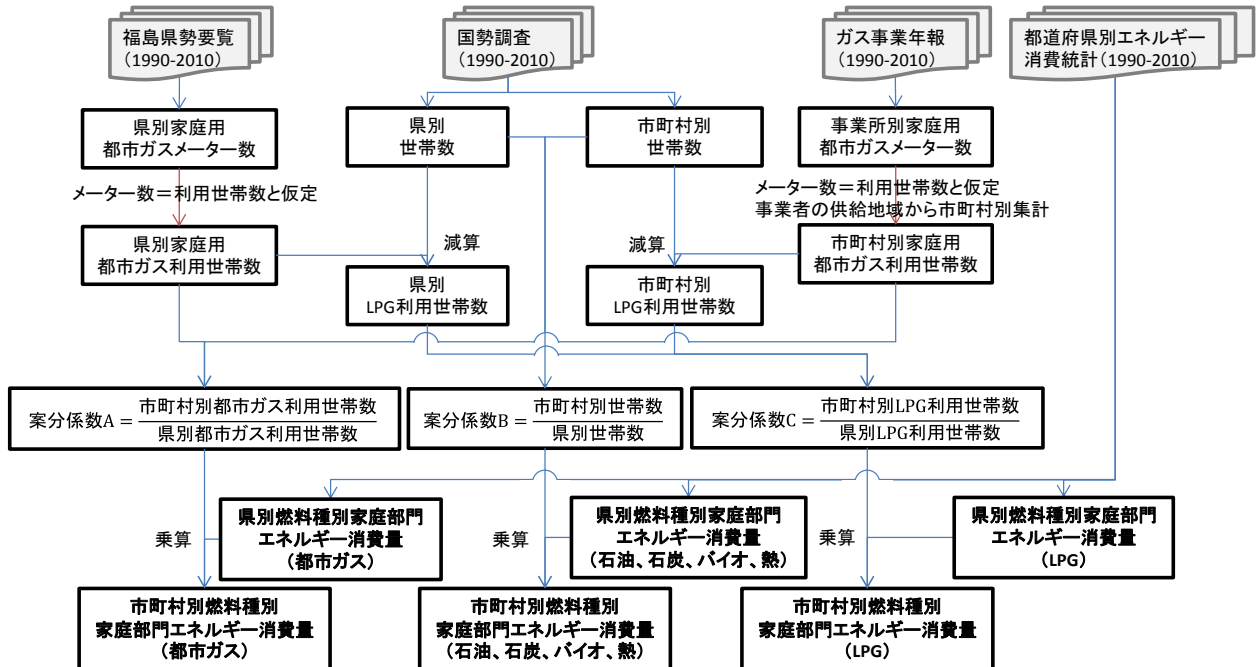


図 2.2-12 家庭部門のエネルギー消費量の推計フロー

d) 業務部門

業務部門のエネルギー消費量の推計フローを図 2.2-13 に示す。都道府県別エネルギー消費統計では、産業連関表を用いた案分法により各業種別の燃料別エネルギー消費量を提供している。本手法では、日本全体でのエネルギー消費量を業務部門の中間投入額に応じて機械的に案分しているため、地域ごとのエネルギー供給インフラの違いを考慮できない。そのため、特に都市ガス消費量に大きな誤差を含んでいる。本研究では、福島県勢要覧で提供されている県の商業用都市ガス消費量、および家庭業務用 LP ガス販売量などを用いて、都道府県別エネルギー消費統計の値を補正することで、県の業務部門における燃料別エネルギー消費量を推計した。市区町村別の燃料別エネルギー消費量は、国勢調査から得られる県と市区町村の業務部門就業者数の比率により案分して推計した。ただし、家庭部門と同様、都市ガスと LP ガスの消費量については、エネルギー供給インフラの影響を強く受けるため、家庭部門の推計で導出した都市ガス、LP ガス利用世帯比率を案分指標とした。

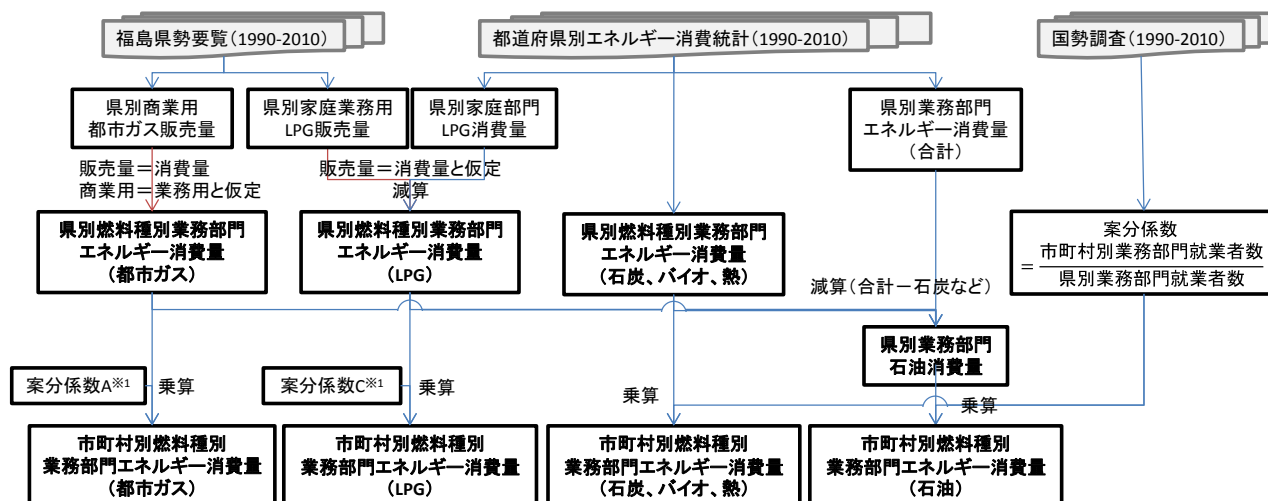


図 2.2-13 業務部門のエネルギー消費量の推計フロー

※1：案分係数 A、C の詳細は、家庭部門の推計フロー（図 2.2-3）を参照されたい

3) 結果

福島県の部門別最終エネルギー消費量の推移を図 2.2-14 に示す。2005 年に参照していた統計が終了したことから、2010 年のみ製造業の一部の業種が集計されている点に注意されたい。福島県の最終エネルギー消費量は、1990 年から 1995 年までに約 13TJ 増加し約 160TJ に達した後減少傾向に転じ、2010 年は約 140TJ となっている。部門別にみると、時間の経過とともに化学産業の消費量が減少し、機械産業や業務部門の消費量が増加していることが確認できる。エネルギー多消費型の化学産業から機械産業や第三次産業に産業構造がシフトしたことが、前述のような最終エネルギー消費量の減少傾向につながったと考えられる。

各自治体の部門別最終エネルギー消費量の推移を図 2.2-15 に示す。仙台の 1.5%都市圏に属する新地町は他 2 市に比べ、家庭、業務部門の比率が高い傾向を示した。また、農林水産業の比率が高かった。最終エネルギー消費量の合計値は、期間中横ばい傾向を示した。相馬中核工業団地を有する相馬市は、三市町の中で製造業の比率が高い結果となった。また、最終エネルギー消費量の合計値は、期間中増加傾向を示した。南相馬市は、1990 年頃は製造業の比率が高かったものの、近年家庭・業務部門の比率が高まる傾向にある。加えて、最終エネルギー消費量の合計値は、期間中減少傾向を示した。また、エネルギー種別の最終エネルギー消費量を分析した結果、いずれの市町とも石油や電力の比率が高いものの、非鉄産業の比率が高い相馬市では石炭消費量が高い傾向にあること、3 市町で唯一都市ガス事業が展開されている南相馬市では、当然ながら都市ガスの消費量が高い傾向にあるなどが確認された。

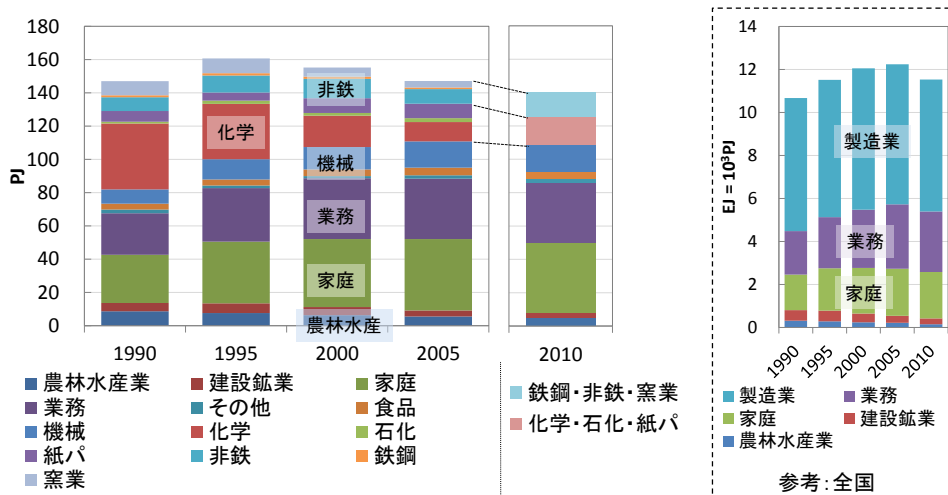


図 2.2-14 福島県の部門別エネルギー消費量推移

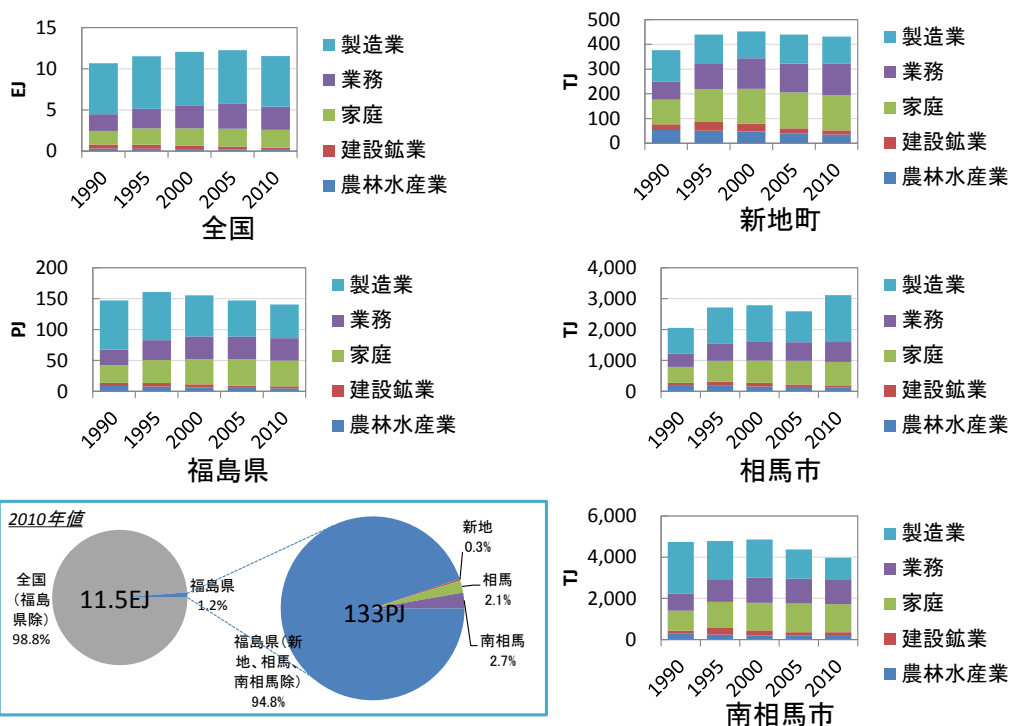


図 2.2-15 各自治体の部門別エネルギー消費量推移

(3) 技術選択型エネルギーモデルを用いた福島県自治体の低炭素シナリオの検討

1) 概要

地域の低炭素シナリオの策定には、地域の社会経済シナリオや技術の普及状況、技術進展の状況などを統合的に考慮する必要がある。このような異なる要素を統合的に扱い、統合的な将来像を示すツールとして、統合評価モデルが用いられてきた。そこで、本節では、統合評価モデルの

一種で、特にエネルギー技術を詳細に分析可能な技術選択型エネルギーモデルを開発し、地域の低炭素化に有効となる技術、施策について分析、検討する。

分析の対象地域は、福島県新地町を選定する。選定にあたっては、新地町内に合計 200MW の石炭火力発電所が立地していることに加え、現在石油資源開発（株）等による LNG 基地建設が進んでいるため将来のエネルギー技術の選択肢が広いと考えられたこと、並びに環境未来都市に選定されており環境政策の重要性に対する認知度が高いこと、本プログラムの中で並行して検討されている地域エネルギー分析の対象地域であること等を考慮した。

2) 手法

a) 開発した地域技術評価モデルの概要

開発した技術評価モデルの概要を図 2.2-16 に示す。構築したモデルは、与えられたエネルギーサービス需要（暖房需要、給湯需要など）や CO₂ 排出量目標の達成などの制約条件を満たしつつ、期間内の費用が最小となるような技術選択及びそれに伴うエネルギー消費量の変化を分析できる最適化型エネルギーモデルである。将来のエネルギーサービス需要は、設定する社会経済シナリオより得られる活動量（世帯数、地域総生産）、および、モデルの基準年（2005 年）のエネルギーサービス強度（単位活動量当たりエネルギーサービス需要量）により外生的に与えた。基準年のエネルギーサービス強度は、エネルギーバランス表と技術効率等の情報を参考に推計した。

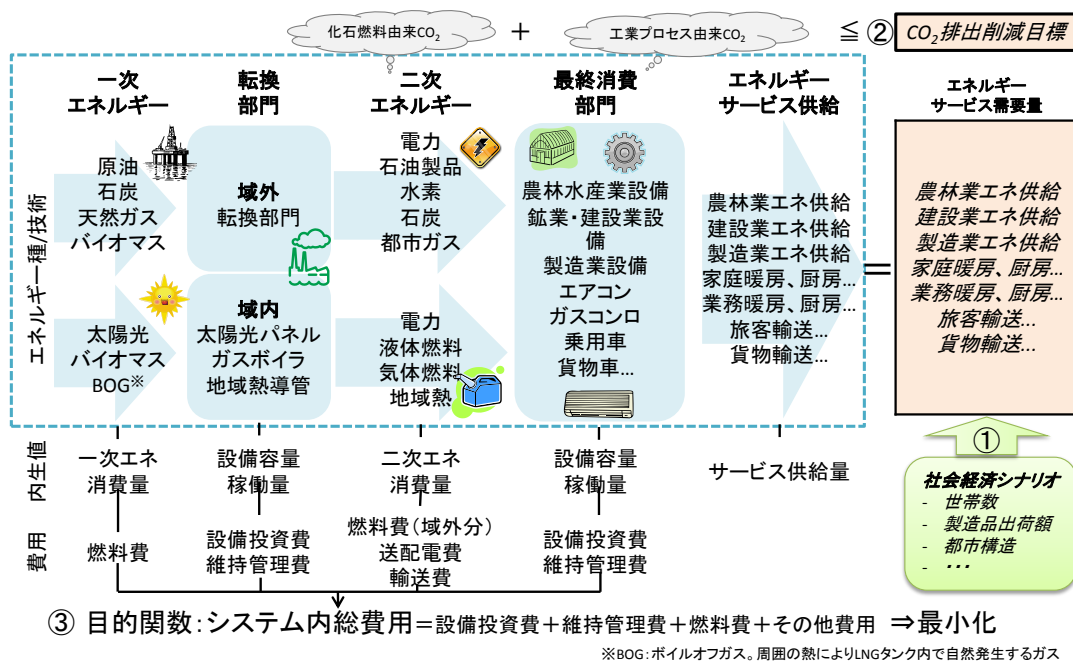


図 2.2-16 開発した地域技術評価モデルの概要

主な制約式を以下に示す。なお、大文字はモデルにより推計される決定変数、小文字はモデルに外生的に与える入力変数を表す。

- サービス需要バランス式

各機器より出力されるサービス供給により、外生的に与えるサービス需要量を満たすよう制約した。

$$\sum_m SRV_{r,m,j} = sdm_{r,j} \quad j \in j^F \quad (1)$$

ここで、 r は地域、 m は機器種、 j はサービス種、 j^F は外生的に需要量を与えているサービス種の集合、 SRV はサービス供給量、 sdm はサービス需要量を表す。

- 入出力バランス式

機器へのエネルギーの入力量、および、機器からのサービスの出力量は、技術の特性係数（入出力の効率）、および、技術の稼働量により決定される。

$$SRV_{r,m,j} = uout_{r,j,m} \times OPE_{r,m} \quad (2)$$

$$ENE_{r,m,k} = uin_{r,k,m} \times OPE_{r,m} \quad (3)$$

$$(4)$$

ここで、 r は地域、 j はサービス種、 m は機器種、 $uout$ は単位稼働量あたりのサービス供給量、 uin は単位稼働量あたりのエネルギー消費量、 OPE は機器 m の年間の稼働量、 SRV はサービス供給量、 ENE はエネルギー消費量を表す。

- 中間財バランス式

モデル内の中間財は、以下の式を用いてバランスするように制約している。

$$\sum_m SRV_{r,m,j} = \sum_{k \in INT_{j,k}} \sum_{m'} ENE_{r,m',k} \quad (5)$$

ここで、 $INT_{j,k}$ は同一の中間財となるサービス種 j とエネルギー種 k の組合せを表す。

- 稼働量制約式

機器の稼働量は、機器の保有容量と機器の設備利用率の上限により決定される。

$$OPE_{r,m} \leq cf_{r,m} \times CAP_{r,m} \quad (6)$$

ここで、 r は地域、 m は機器種、 t は解析期、 CAP は機器 m の保有容量、 cf は年間設備利用率の上限を表す。

- 保有容量バランス式

機器の保有容量は、新規導入容量、基準年（2005年）以前に導入された機器のうち残存している機器の容量、基準年から解析期の前期までに導入された機器のうち残存している機器の容量の合計値により決定される。基準年（2005年）以前に導入された機器のうち残存している機器の容量は定率で減少していくと仮定し（式7）、基準年から解析期の前期までに導入された機器のうち残存している機器の容量は、生存関数を用いて推計した（式8）。

$$CAP_{r,m} = CAP_{f,r,m} + cap0_{r,m} + cap1_{r,m} \quad (7)$$

$$cap0_{r,m} = \left\{ 1 - \left(\frac{1}{life} \right)^{(T-t_0)} \right\} \cdot cap0_{r,m} \quad (8)$$

$$cap1_{r,m} = \sum_{t < T} \exp\{-\alpha \cdot (T - t_1)^\beta\} \cdot CAP_{f,r,m,t} \quad (9)$$

- サービス比率制約式

あるサービスを提供する機器が複数存在する場合、各機器のサービス供給量の比率（サービス比率）は、初期費用やエネルギー単価などの経済性、エネルギーインフラの整備状況などの技術的制約、将来の不確実性、ユーザーの選好、など様々な要因に影響される。例えば、都市ガス配管の整備状況や地域熱供給システムへの接続可能性のような技術的な制約によって、都市ガス機器や地域熱利用システムの導入比率は、都市ガスや地域熱の供給可能範囲内に制約される。このようなサービス比率の制約をモデル化するため、式9のように、ある機器 m により供給されるサービス j が、サービス j の供給量全体に占める比率に上下限を設けることとした。

$$srvmin_shr_{r,m,j} \times \sum_{m'} SRV_{r,m',j} \leq SRV_{r,m,j} \leq srvmax_shr_{r,m,j} \times \sum_{m'} SRV_{r,m',j} \quad (10)$$

ここで、 r は地域、 m 機器種（ m' はサービス j を供給する機器の集合）、 j はサービス種、 t は解析期、 SRV はサービス供給量、 $srvmin_shr/srvmax_shr$ は機器 m がサービス j の供給量に占める比率の下限/上限を表す。

- ポテンシャル制約式

土地利用や資源量の制約により、一年間に利用可能なバイオマスの資源量には限りがある。また、風力や太陽光のように自然条件によって得られるエネルギー量が変化するエネルギー源の場合には、発電に適した土地の利用可能性によって、年間に得られるエネルギー量が制約される。このようなエネルギー源のポテンシャルによる年間エネルギー量の上限を考慮するため、以下の式によりポテンシャル制約を行った。

$$\sum_{m} ENE_{r,m,k,t} \leq enemax_{r,k,t} \quad (11)$$

ここで、 r は地域、 k はエネルギー、 m は機器、 t は解析期、 ENE はエネルギー消費量、 $enemax$ は年間のエネルギー利用可能量上限を表す。

- CO₂ 排出量バランス式

エネルギー消費に伴う CO₂ 排出はエネルギー消費量と CO₂ 排出係数により計算される。

$$EMS_{r,g,t} = \sum_{m,k} (emf_{g,k} \times ENE_{r,m,k,t}) \quad (12)$$

ここで、 r は地域、 k はエネルギー、 m は機器、 g は GHG 種、 t は解析期、 EMS は CO_2 排出量、 ENE はエネルギー消費量、 emf はエネルギーあたりの CO_2 排出量を表す。

- CO_2 排出量制約式

CO_2 排出削減シナリオの検討のため、 CO_2 排出量に上限を設定した。

$$\sum_{r,g} EMS_{r,g,t} - \sum_m CCS_{r,m,t} \leq emsmax_t \quad (13)$$

ここで、 r は地域、 g は GHG 種、 t は解析期、 EMS は CO_2 排出量、 $emsmax$ は CO_2 排出量上限を表す。

- 目的関数：総費用最小化

モデルは解析期間内の割引後総コストの最小化を目的として最適化計算を行う。

$$TC = \sum_{r,m} (INV_{r,m,t} + O\&M_{r,m,t} + VAR_{r,m,t}) \quad (14)$$

$$INV_{r,m,t} = uinv_{r,m,t} \times CAP_{r,m,t} \quad (15)$$

$$O\&M_{r,m,t} = uo\&m_{r,m,t} \times OPE_{r,m,t} \quad (16)$$

$$VAR_{r,m,t} = \sum_{k \in k_m} uvar_{r,k,t} \times ENE_{r,k,t} \quad (17)$$

ここで、 r は地域、 m は機器、 k はエネルギー種 (k_m は機器 m で使用されるエネルギー種)、 t は解析期 (tl は解析最終期)、 TC は解析期間総費用、 INV は投資費用、 CAP は機器の保有容量、 $O\&M$ は維持管理費、 OPE は機器 m の年間稼働量、 VAR は燃料費、 ENE はエネルギー消費量、 $intr$ は時間割引率 (5%)、 $uinv$ は導入設備容量あたりの投資費 (年価値換算)、 $uo\&m$ は稼働量あたりの維持管理費、 $uvar$ はエネルギーあたりの燃料費を表す。

なお、年価値換算した設備投資費 $uinv$ は、部門別機器別に設定した主観割引率 (ハードルレート) hr 、機器の寿命 y 、および、設備投資費 inv を用いて、以下の式により求める。

$$uinv_{r,m,t} = \frac{hr_m \times (1 + hr_m)^{y_m}}{(1 + hr_m)^{y_m} - 1} \times inv_{r,m,t} \quad (18)$$

主観割引率は部門・機器毎に異なる基準利回り (投資案件に最低限求められる収益率) を意味する。主観割引率は、設備投資にかかった費用自体だけでなく、需要の不確実性など将来のリスクを考慮したプレミアムを含めて設定されているため (IEA (2009))、主観割引率を用いることにより、将来リスクへの受容性など、経済的価値以外による投資判断を考慮できる。

b) 技術パラメータの設定

地域の低炭素技術シナリオの分析には、当該地域で各技術が最大どの程度利用可能であるかという技術の導入ポテンシャルを考慮する必要がある。例えば、太陽光発電の場合、太陽光発電を

設置可能な未利用地などの面積や新築・改修される住宅数などにより、導入ポテンシャルが決定される。また、熱電併給システムや発電所からの排熱利用システムから供給される熱の利用を考える場合、各熱源の近傍にどの程度の熱需要があるかが導入ポテンシャルに影響を与える。加えて、技術の導入費用や運転維持費用も技術の選択に影響を与える。本研究では、以下の仮定により、各技術の導入ポテンシャル、費用を設定した。

● 太陽光発電

太陽光発電の導入ポテンシャルは、住宅用太陽光発電と非住宅太陽光発電に区別して設定した。住宅用太陽光発電の導入ポテンシャルは、「低炭素社会構築に向けた再生可能エネルギー普及方策について」を参考に、年間の導入ポテンシャル（各市区町村の単年の新築件数、改築件数を元に推計）、累積の導入ポテンシャル（各市区町村の全世帯数をもとに推計）をそれぞれ推計した。

また、非住宅太陽光発電の累積の導入ポテンシャルは、「平成 22 年度 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書」で推計された公共建築物、発電所・工場・物流施設、低・未利用地、耕作放棄地の各カテゴリーにおける都道府県別の導入ポテンシャルを、表 2.2-9 に示した指標の県と市区町村の比率により案分して推計した。なお、非住宅太陽光発電は建築物の改修時以外にも導入されるため、非住宅太陽光発電の年間の導入ポテンシャルは設定しなかった。

以上より推計した新地町の太陽光発電の導入ポテンシャルを表 2.2-10 に示す。新地町の太陽光発電の導入ポテンシャルは、約 40MW となった。住宅系、非住宅系の内訳をみると、住宅系が約 20%を占めた。太陽光発電の年間の設備利用率を 12%と仮定し、住宅系、非住宅系の累積ポテンシャルの合計値から各自治体の太陽光発電の最大供給可能量を計算すると、155TJ（43GWh）となる。これは、2010 年の新地町の最終エネルギー消費量の約 36%に相当する。

住宅用太陽光発電と非住宅用太陽光発電の将来の導入費用は、経験曲線効果により低減すると仮定し、「コスト等検証委員会」で示されている住宅用太陽光、メガソーラーの加速シナリオの建設費の平均値に従って低減するように設定した。

表 2.2-9 非住宅太陽光発電導入ポテンシャルの案分指標

カテゴリー	指標
公共建築物	幼稚園、小学校、中学校、高等学校、公民館、図書館、病院の施設数の合計値
発電所・工場・物流施設	工業・準工業地域面積
低・未利用地	可住地面積
耕作放棄地	耕作放棄地

表 2.2-10 太陽光発電の導入ポテンシャル・導入費用

指標	単位	2010年	2020年	2030年	2040年	2050年
住宅系累積ポテンシャル	kW	7,751				
非住宅系累積ポテンシャル	kW	33,107				
住宅系年間ポテンシャル	kW/年	593	593	593	593	593
住宅系建築費用	千円/kW	428	295	229	183	147
非住宅系建築費用	千円/kW	383	277	224	187	156

● 熱電併給システム

熱電併給システムの導入ポテンシャルは、民生系熱需要と産業系熱需要を区別して設定した。各部門で利用可能な熱の温度や熱供給地点との距離を考慮して、都市ガスを用いた熱電併給事業による熱が利用可能仮定した。また、熱導管の建設にかかる費用や LNG 基地の運転開始時期を考慮して、熱供給システムは 2020 年以降に利用可能と仮定した。

一般に、民生部門を対象とした熱供給は、地域熱供給事業や地域熱電併給事業により実施されている。民生部門を対象とした熱供給システムの導入ポテンシャルを推計する際には、地域の熱負荷密度などが用いられており、また、民生部門の熱負荷密度は、地域内の世帯数や就業者数などと相関が強いことが知られている。そのため、人口集中地区（DID：Densely Inhabited District）のような人口密度が高い地域は民生部門の熱負荷密度が高く、熱電併給システムの導入ポテンシャルが高いと考えることができる。そこで本研究では、DID 内の民生建築物は熱電併給システムに接続可能であると仮定し、DID 人口を市区町村の総人口で除した DID 人口比率により、民生部門を対象とした熱電併給システムの 2020 年の導入比率上限を設定した。ただし、新地町は 2014 年現在 DID が設定されていないため、駅前再開発等が進めており 2020 年に向けて都市のコンパクト化が加速し、2020 年までに新地町の南に位置する相馬市と同程度（20%）まで都市の集約化が進むと仮定して、熱電併給システムの導入比率上限を設定した。2020 年以降の導入比率上限は、①現状維持ケース（2020 年水準で推移すると仮定）、②利用促進ケース（2050 年までに同じく福島県浜通り地域の都市であるいわき市と同程度の DID 人口比率（50%）までコンパクト化が進み、熱供給システム利用可能世帯が増加すると仮定）の 2 ケースを設定した。

民生部門を対象とした熱供給システムとしては、ガスエンジン、ガスタービンを用いた熱電併給システムを対象とし、初期費用は高橋・浅野（2005）、西尾ほか（2005）より、配管費用等の維持管理費は Togawa et al.（2014）より設定した。

産業部門を対象とした熱供給システムは、いずれかの工業団地内に立地する企業で利用可能と仮定し、各工業団地に立地する企業のエネルギー消費量が自治体の産業部門のエネルギー消費量に占める比率により、導入比率上限を設定した。算定フローを図 2.2-17 に示す。はじめに、エネルギー消費統計、法人土地基本調査から所有土地総面積当たり業種別用途別エネルギー消費量を推計し、これに対象地域の工業団地別企業別の分譲面積を乗ずることにより、工業団地別企業別用途別のエネルギー消費量を算出した。次に、算定したエネルギー消費量のうち、ボイラ用、コ

ジェネ用に用いられた燃料分のエネルギー消費量は、熱供給システムにより代替可能と仮定し、当該燃料消費量が市区町村別産業部門エネルギー消費量に占める比率を、各市区町村の産業部門熱供給システム導入比率上限と設定した。2020年以降の導入比率上限は民生部門を対象にした熱供給システムの導入比率上限と対応するように、①現状維持ケース（2020年水準で推移すると仮定）、②利用促進ケース（2040年以降はボイラ用、コジェネ用に加えて、その他用燃料の50%が排熱供給システムにより代替可能と仮定）の2ケースを設定した。

産業部門を対象とした熱電併給システムの初期費用、維持管理費用は民生部門と同様とした。

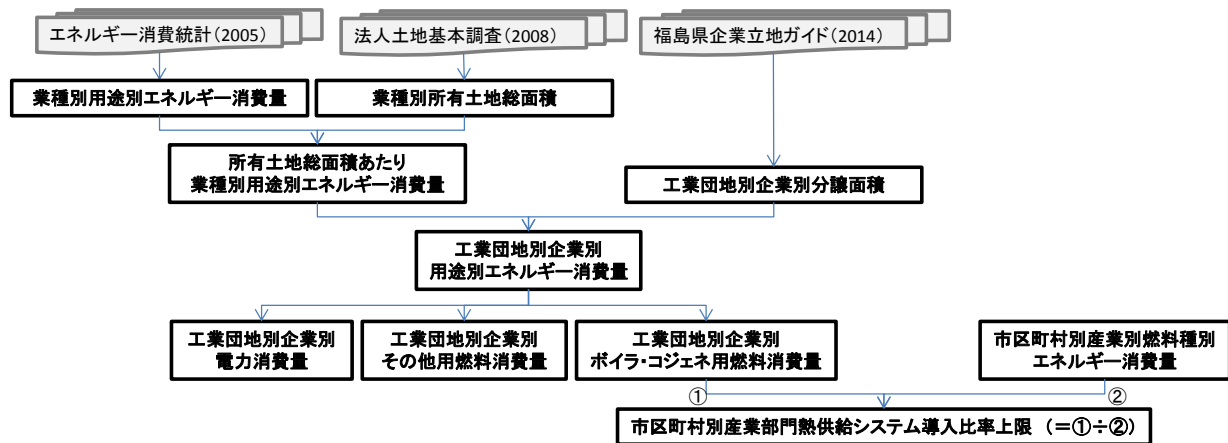


図 2.2-17 産業部門熱供給システム導入比率上限の算定フロー

相馬市の産業部門の地区別用途別エネルギー消費の割合を図 2.2-18 に示す。新地町の工業団地内のエネルギー消費量は、全自治体中の製造業エネルギー消費量の約 53% を占めるという結果になった。この算定結果をもとに設定した導入比率上限を表 2.2-11 に示す。利用促進ケースの導入比率上限は、現状維持ケースの 1.6~2.5 倍程度となっている。

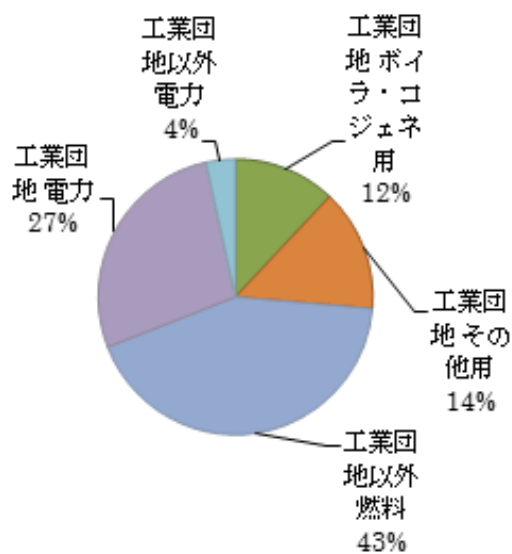


図 2.2-18 地区別用途別エネルギー消費の割合

表 2.2-11 熱供給システムの導入比率上限

	現状維持	利用促進 (2020年→2050年)
民生部門、農林水産業	20%	20%→50%
製造業	12%	12%→19%

c) 将来の社会経済シナリオ

将来の世帯数や就業者数、産業付加価値額は、2.2.1により推計した「LNG立地シナリオ」「環境産業共生シナリオ」の値を用いた。前者は、前述のLNG基地が予定通り建設され、これによる経済効果が得られるものの、産業誘致などが実施されないために、人口減少や経済活動の縮小が起ることを想定したシナリオで、後者は、LNG基地の立地に加え、産業共生型の工業団地を誘致し、人口増加や経済活動の活性化を引き起こすとともに、コージェネレーションシステム等により地域内のエネルギーの利用効率を高めることで、復興と環境共生を両立することを想定したシナリオである。詳細は、2.2.1を参照されたい。

将来のCO₂排出削減目標の設定による導入技術への影響を評価するため、CO₂排出削減目標を課さない「目標なし」ケースと、国全体の目標と同じく2050年にCO₂排出量を2005年比-80%とする「目標あり」ケースの2つを設定した。なお、開発したモデルは一年ごとにシステムを最適化する逐次動学最適化型モデルであるため、将来の排出削減目標は現在の技術選択には影響しない。そこで、2050年の削減目標に至る排出経路も外生的に設定した。具体的には、2020年に2005年と同程度の排出量に抑制した後、2050年の目標値に向かって定率で排出量を削減していく経路を想定した。

以上、b)で示した地域熱利用に関する2ケース(現状維持、利用促進)、c)で示した2つの社会経済シナリオ(LNG立地、環境産業共生)とCO₂排出削減目標の有無の組み合わせにより、表2.2-12に示す8つのケースを分析した。

表 2.2-12 分析ケース

ケース名	社会経済シナリオ	地域熱利用ケース	CO ₂ 排出削減目標
LNG－維持－目標なし	LNG立地	現状維持	目標なし
LNG－維持－目標あり	LNG立地	現状維持	目標あり
LNG－促進－目標なし	LNG立地	利用促進	目標なし
LNG－促進－目標あり	LNG立地	利用促進	目標あり
共生－維持－目標なし	環境産業共生	現状維持	目標なし
共生－維持－目標あり	環境産業共生	現状維持	目標あり
共生－促進－目標なし	環境産業共生	利用促進	目標なし
共生－促進－目標あり	環境産業共生	利用促進	目標あり

3) 結果

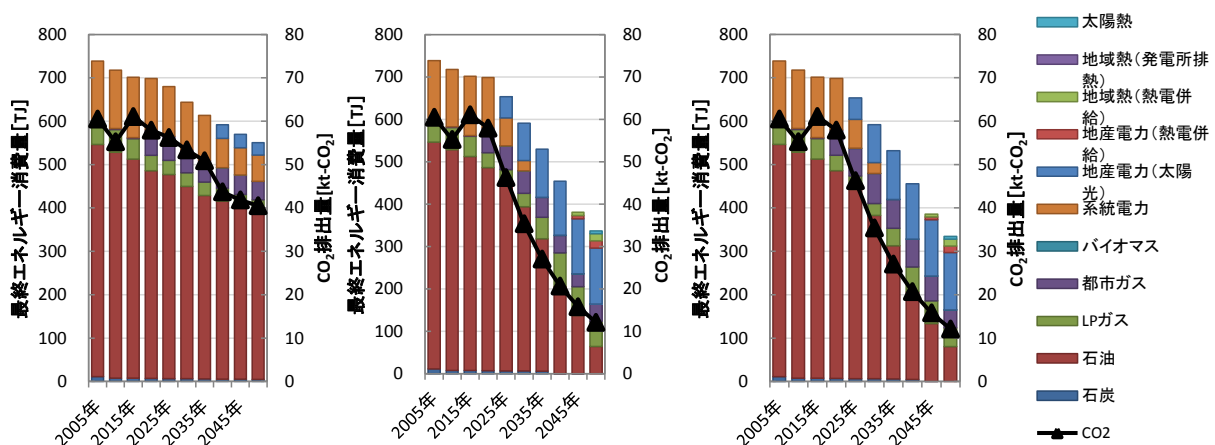
a) CO₂排出削減目標の技術選択への影響評価

LNG 立地シナリオ下での各分析ケースの最終エネルギー消費量、および、CO₂排出量の推計結果を図 2.2-19 に示す。なお、CO₂ 排出削減目標を課さないシナリオでは熱供給システムが導入されなかったため、“地域熱利用促進・CO₂ 排出削減目標なし”ケースを除く 3 ケースの結果を示している。

LNG－維持－目標なしケースにおける 2050 年の新地町の最終エネルギー消費量は、人口減少や経済活動の逓減により、ピーク時の 2005 年の 3/4 程度の約 550TJ まで減少する結果となった。エネルギー構成をみると、石油製品の比率は 2050 年まで約 70%で変化しない一方、都市ガスインフラが整う 2020 年以降に都市ガスが利用されるほか、家庭部門において 2040 年以降に太陽光発電が拡大する結果となった。太陽光発電については、将来の設備費下落を見込んでいるため、CO₂ 削減目標の有無にかかわらず系統電力との価格競争の中で優位となる 2040 年以降に集中的に導入が進んだものと考えられる。CO₂ 排出量に着目すると、2035 年頃までおよそエネルギー消費量減少に沿って低減し、2040 年以降は太陽光発電の導入により、さらに約 7kt-CO₂ 削減されると推計された。これらの要因により、LNG 立地シナリオの下での 2050 年の新地町の CO₂ 排出量は、排出削減目標がない場合においても 2005 年比で約 33%が削減されることが明らかとなった。

LNG－維持－目標ありケースでは、2025 年頃から太陽光発電が段階的に導入され、2050 年には町のエネルギー消費量の 39%が太陽光発電によりまかなわれる結果となった。また、特に家庭・業務部門の暖房・給湯機器の電化や、電気自動車の普及により、2050 年の最終エネルギー消費量は目標なしケースより 214TJ 少ない 337TJ となった。加えて、2045 年以降は都市ガスを利用した熱電併給システムが導入されるため、2050 年には町の最終エネルギー消費量の 10%が熱電併給システムによりまかなわれる結果となった。

LNG－促進－目標ありケースは、LNG－維持－目標ありケースとほぼ同じ同様の結果となった。これは、人口減少や経済活動の逓減、高効率機器の普及により 2050 年のエネルギー消費量が低減していることから、安価に設置できる太陽光発電だけで地域の低炭素化が実現しており、地域熱供給を大規模化する必要がなかったことが影響していると考えられる。



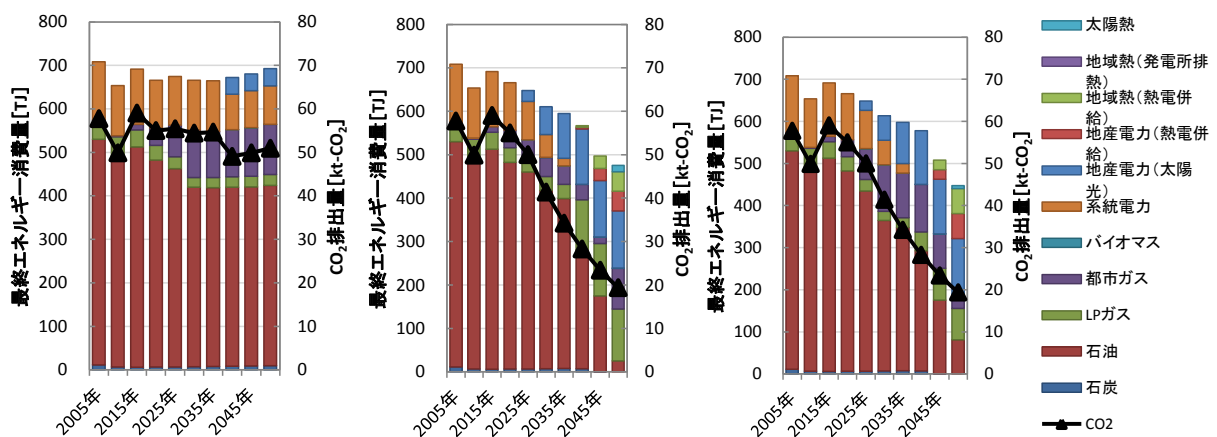
(a) LNG－維持－目標なし (b) LNG－維持－目標あり (c) LNG－促進－目標あり

図 2.2-19 最終エネルギー消費量の推計結果 (LNG 立地シナリオ)

環境産業共生シナリオ下での各分析ケースの最終エネルギー消費量、および、CO₂ 排出量の推計結果を図 2.2-20 に示す。LNG 立地シナリオと同様、CO₂ 排出削減目標を課さないシナリオでは熱供給システムが導入されなかったため、“地域熱利用促進・CO₂ 排出削減目標なし”ケースを除く 3 ケースの結果を示している。また、環境産業共生シナリオで 2005 年比 80%減とする目標を課した結果、目標を達成する技術の組み合わせが見つからなかったため、解が得られる程度まで削減目標を緩めた 2005 年比-68%という目標を課した場合の結果を示している。

共生－維持－目標なしケースでは、産業立地に伴う人口増加や経済活動の活性化により、2050 年の最終エネルギー消費量は 2005 年と同レベルの約 700TJ となった。エネルギー構成をみると、2020 年以降都市ガス消費量が増加し、2050 年には町全体の最終エネルギー消費の約 17%を占める結果となった。また、LNG 立地ケースと同様、2040 年以降、太陽光発電の導入が進む結果となっている。CO₂ 排出量に着目すると、LNG 立地ケースと同様、2035 年頃までおよそエネルギー消費量と比例するように横ばいで推移し、2040 年以降は太陽光発電の導入により、約 7kt-CO₂ 削減されると推計された。その結果、環境共生シナリオの下での 2050 年の新地町の CO₂ 排出量は、排出削減目標がない場合には約 51kt-CO₂（2005 年比 12%減）となった。

共生－維持－目標あり（-68%）ケースでは、LNG 立地シナリオと同様、2020 年頃から太陽光発電が導入され、2050 年には新地町の最終エネルギー消費量の約 28%にあたる 132TJ を供給する。また、熱電併給システムは LNG 立地シナリオより早期の 2035 年ごろから導入が進められ、2050 年には電気と熱を合わせて町のエネルギー消費の約 19%（90TJ）をまかなうという結果となった。また、共生－促進－目標あり（-68%）ケースでは、地域熱利用の促進の結果、熱電併給システムの導入量が増加し、町のエネルギーの約 27%（118TJ）が熱電併給システムにより供給される結果となった。環境産業共生シナリオで 2050 年に 2005 年比-80%とする目標を達成可能な技術の組み合わせが見つからなかったが、これは、将来のコストや技術水準の不確実性から、現在のモデルでバイオマス燃料や水素の利用など広く市場に普及していない技術オプションの利用を仮定していないことに起していると考えられる。今後は、これらの革新的な低炭素化技術の将来シナリオを検討し、CO₂ 削減の深堀の可能性を検討する必要がある。



(a) 共生－維持－目標なし (b) 共生－維持－目標あり (-68%) (c) 共生－促進－目標あり (-68%)

図 2.2-20 最終エネルギー消費量の推計結果（環境産業共生シナリオ）

次に、新地町の機器別のサービスシェアの推計結果の一例として、LNG 立地シナリオ、熱利用維持ケースの下での家庭部門の暖房、給湯サービスの推計結果を図 2.2-21 に示す。80%削減ケースでは、2040 年頃から暖房、給湯の電化が急速に進んでいる。また、冷房サービスや照明サービスにおいても、最新のエアコンや LED 照明など、高効率機器の導入が進む結果となった。

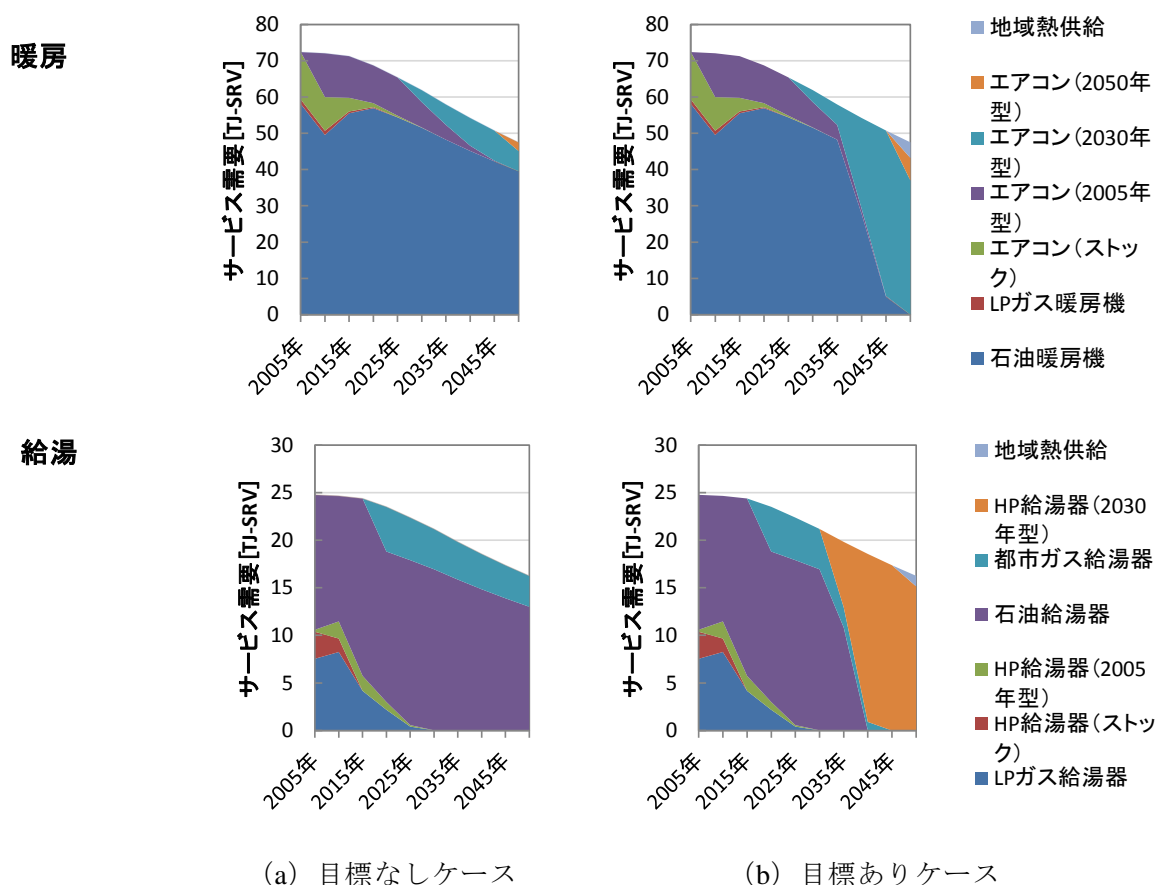


図 2.2-21 家庭部門機器別サービスシェア (LNG 立地シナリオ、熱利用維持ケース)

運輸部門の推計結果の一例として、旅客普通自動車サービス、貨物小型自動車サービスの結果を図 2.2-22 に示す。80%削減ケースでは、旅客普通自動車サービスや貨物軽自動車サービス、貨物普通自動車サービスにおいて、2035 年頃から電気自動車やプラグインハイブリッド車の導入が進んでおり、運輸部門において電化が進む結果となった。また、小型貨物自動車サービスでは、2050 年に天然ガス自動車を導入される結果となった。

分析の結果、新地町において CO₂ 排出削減目標が設定された場合、①太陽光発電の早期導入、②民生部門、運輸部門における電化の促進、③熱電併給システムの導入、が進む可能性が確認できた。①太陽光発電の導入と②電化の促進は、両者の組み合わせにより大幅な CO₂ 削減を実現している。地域で利用できる低炭素なエネルギー源としては、太陽光発電に代表されるように主に電力を供給するものが多い。地域内の低炭素な電力を地域内で有効に利用して低炭素な地域づく

りを推進する策の一つとして、最終消費部門の電化と効率化が重要性を増す可能性が高いことが明らかとなった。また、駅前の再開発地域のようにエネルギー密度の高い地域が存在する場合には、③の熱電併給システムによる地域熱供給もまた、地域の低炭素なエネルギー供給技術の一つとなりうることが示された。

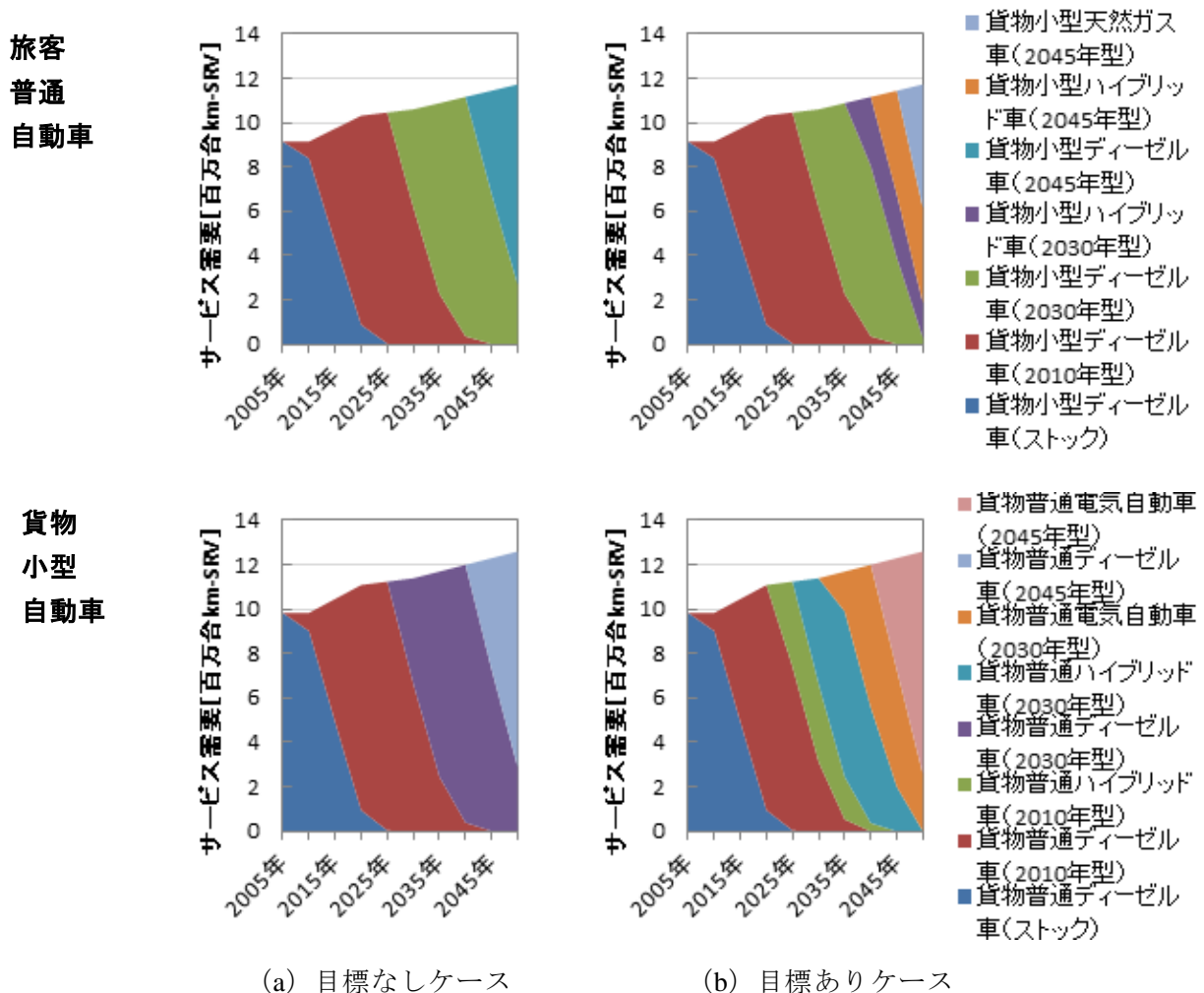


図 2.2-22 運輸部門機器別サービスシェア (LNG 立地シナリオ、熱利用維持ケース)

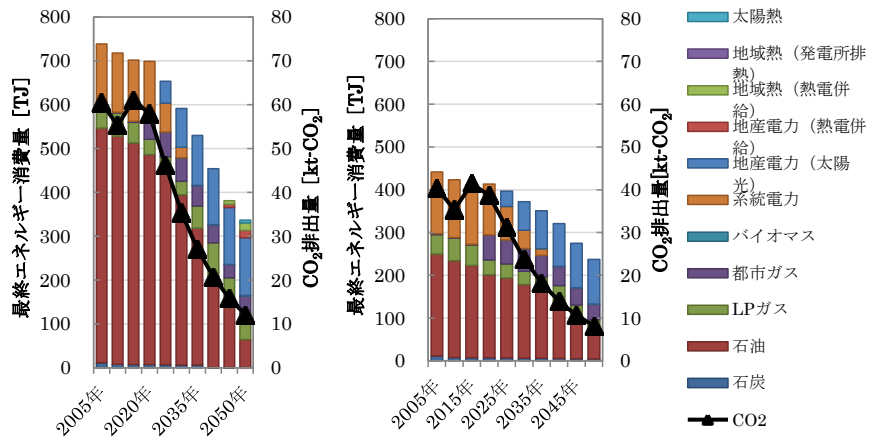
b) 自治体の技術評価にあたっての運輸部門考慮の影響評価

将来活動量推計でも述べたように、旅客や貨物は自治体を跨がって移動するため、自治体単位での活動量の推計に困難があり、将来の技術評価シナリオの分析から外れることも多い。そこで、運輸部門の有無が将来の技術選択にどのような影響を与えるかを検討した。比較結果の一例として、LNG—維持—目標ありケースを以下で分析する。

運輸部門モジュールを含む評価モデルと含まないモデルにより推計した 80%削減ケースにおける新地町の最終エネルギー消費量を図 2.2-23 に示す。運輸部門を加えた結果、運輸部門モジュールを含むモデルの 2050 年の最終エネルギー消費量は 100TJ 程度増加する。

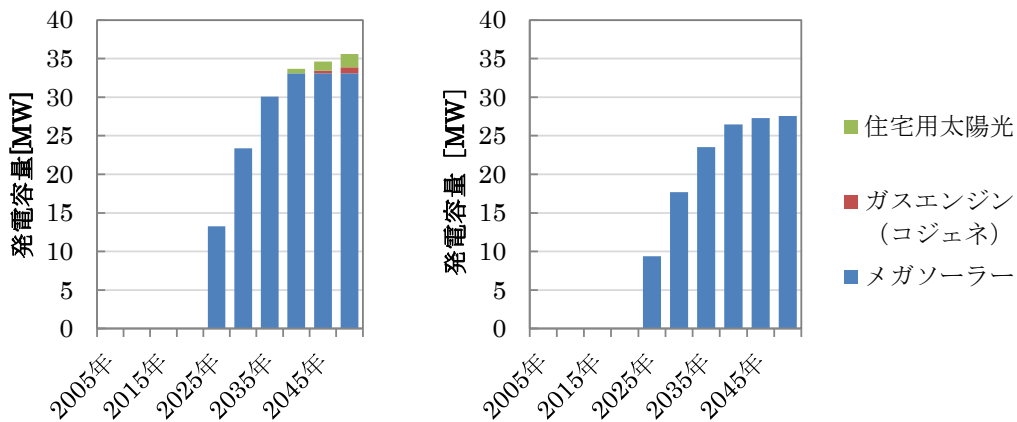
次に、太陽光発電及びコジェネレーションプラントの設備容量を図 2.2-24 に比較して示す。新

地町内のメガソーラーの導入ポテンシャルは33MWとなっており、これは民生部門と産業部門の電力需要よりも大きい。そのため、運輸部門を含まない場合、メガソーラー以外は導入されない。他方、運輸部門を含むことにより、新たに電気自動車などの需要が増加する。その結果、電力需要がメガソーラーのポテンシャルを越えることになり、住宅用太陽光やガスエンジンコージェネシステムの導入量も増加する結果となる。



(a) 運輸部門モジュールあり (b) 運輸部門モジュールなし

図 2.2-23 最終エネルギー消費量の推計結果 (LNG-維持-目標ありケース) ((a) は再掲)



(a) 運輸部門モジュールあり (b) 運輸部門モジュールなし

図 2.2-24 太陽光発電、コージェネ設備の導入量 (LNG-維持-目標ありケース)

これらの結果より、将来の技術シナリオの分析において運輸部門を考慮することの有無は、主に電力の低炭素化のための技術導入に大きく影響を及ぼすことが明らかとなった。すなわち、運輸部門のデータ入手の制約により当該部門を外して将来の技術導入を評価することは、住宅用太陽光発電やコージェネレーションシステムの必要導入量を過小評価することになり、そのような技術導入シナリオに沿って政策を策定してしまうと、CO₂削減目標達成のために追加的な太陽光発電等の導入が必要となってしまう、予期しない政策的な費用増加等が引き起こされる可能性があることが示唆された。

(4) 結論

本節では、はじめに、自治体の温暖化対策計画の策定・実施を目的とした地域のエネルギー消費量の把握のため、都道府県・市区町村スケールのエネルギーバランス表を作成し、各自治体のエネルギー消費の特性を分析した。部門別最終エネルギー消費量の経年変化から、福島県では、エネルギー多消費産業からの産業構造転換により最終エネルギー消費量が減少傾向にあることが確認された。また、相馬地域沿岸部の三市町の最終エネルギー消費量の分析から、同一地域に位置する自治体であっても、最終エネルギー消費量の経年変化の傾向、消費するエネルギー種に違いが生じることが確認された。これらの現状データをもとに将来の低炭素シナリオを検討することで、当該地域の特性を踏まえた温暖化対策計画を策定・実行できる。

つぎに、自治体の特性を考慮したエネルギー技術選択モデルを用いて、市区町村の将来の低炭素社会シナリオを定量的に推計した。福島県新地町を対象にしたケーススタディの結果、太陽光発電に加えて、コージェネレーションによる地域熱供給事業により、地域の復興と環境産業共生の両立が達成できる可能性が確認できた。

太陽光発電や都市ガスコージェネレーションシステム以外のエネルギーシステムの低炭素化策としては、バイオマスエネルギーの利用、発電所や清掃工場、下水処理場などの排熱など都市に潜む未利用熱の利用などが考えられる。これらの未利用エネルギーのポテンシャル推計やこれを踏まえた将来シナリオの検討は今後の課題となる。

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

International Energy Agency (2009) *Energy Technology Perspectives 2010*

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.

エネルギー・環境会議 コスト等検証委員会（2011）コスト等検証委員会報告書. 最終アクセス 2015年3月30日, http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/npu/policy09/archive02_hokoku.html

環境省（2011）平成22年度 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査 調査報告書. 最終アクセス 2015年3月30日, <https://www.env.go.jp/earth/report/h23-03/>

経済産業省 経済産業省特定業種石油等消費統計. 最終アクセス 2015年3月30日, <http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/sekisyo/>

経済産業省, 工業統計調査, <http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kougyo/>

経済産業省, 石油等消費構造統計, <http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/sekiryuko/>

経済産業省 資源エネルギー庁（2014）*ガス事業年報: 平成24年度*. 日本ガス協会.

経済産業省 資源エネルギー庁, エネルギー消費統計調査,

http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/energy_consumption/ec001/

経済産業省 資源エネルギー庁, 総合エネルギー統計,

http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/

経済産業省 資源エネルギー庁, 都道府県別エネルギー消費統計,

http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/energy_consumption/ec002/

高橋雅仁, 浅野浩志 (2005) エンドユースモデルを用いた関東圏の業務用空調・給湯分野の需要構造分析, 電力中央研究所 研究報告書

国土交通省, 平成 25 年 法人土地・建物基本調査, <http://tochikihon25.jp/>

西尾健一郎, 浅野浩志, 今村栄一 (2005) 家庭用エネルギー機器の技術選択分析 -ヒートポンプ給湯機, コージェネレーションの中期普及シナリオ-, 電力中央研究所 研究報告書

総務省統計局, 平成 22 年国勢調査, <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/>

低炭素社会構築に向けた再生可能エネルギー普及方策検討会 (2009) 低炭素社会構築に向けた再生可能エネルギー普及方策について (提言), 最終アクセス 2015 年 3 月 30 日, http://www.env.go.jp/earth/ondanka/mlt_roadmap/comm/com05_h20a.html

福島県, (2015a) 福島県企業立地ガイド,

<http://www4.pref.fukushima.jp/investment/02danti/list.php?area=0>

福島県, (2015b) 平成 25 年版 福島県勢要覧, <http://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/11045b/20044.html>

2.2.3 地域技術の計画システムによる拠点地区整備事業の設計手法の調査

(1) 評価システムの開発調査

これまでの実務的な地域エネルギーシステムの計画においては、負荷降順曲線に基づいたシステム設計が行われてきた (環境省, 2012)。負荷降順曲線とは、時刻あたりのエネルギー需要量を高い順に年間を通して並べたものである。図 2.2-25 に負荷降順曲線の例とともに、設計に関する基本的な考え方を示している。通年を通して必要となるベース負荷に関しては、設備投資費に対して燃料費や運営に掛かるコストが低く抑えることができるエネルギー供給方法の活用が適していると考えられる。一方、ピーク負荷に関しては、燃料費や運営に掛かるコストよりも、設備投資コストをできるだけ抑えることのできるエネルギー供給方法の活用が適していると考えられる。このような、負荷降順曲線を活用した方法は、視覚的な特性把握に基づいた直観的な設計が可能であるが、例えば蓄熱システムの利用の考慮など、現実的な様々な制約や可能性を総合的に考慮した、定量的な分析には十分に適用できない。

近年では、数理計画的なアプローチから地域エネルギーシステムのデザインを支援する検討が試みられている (横山良平, 2014; 田中ら, 2008)。コンピュータに関する性能の向上やアルゴリズムの進化により、ここ数年で数理最適化モデルの適用範囲が急速に広がっていることが背景要因として考えられる (宇野, 2014)。田中ら (2008) では、地域の需要条件に基づいて、最適なコージェネレーションシステムを設計するフレームワークについては提案されている。厳密な最適化計算が実行できることを示しているものの、コージェネレーションに限った議論となっている。一方、横山 (2014) では、一般的なフレームワークでの記述が示されているが、アルゴリズムの提案に重点が置かれている。また、応用事例としては、加用ら (2011)、施ら (2013) 等があるが、アルゴリズムの妥当性の議論等が不十分である。

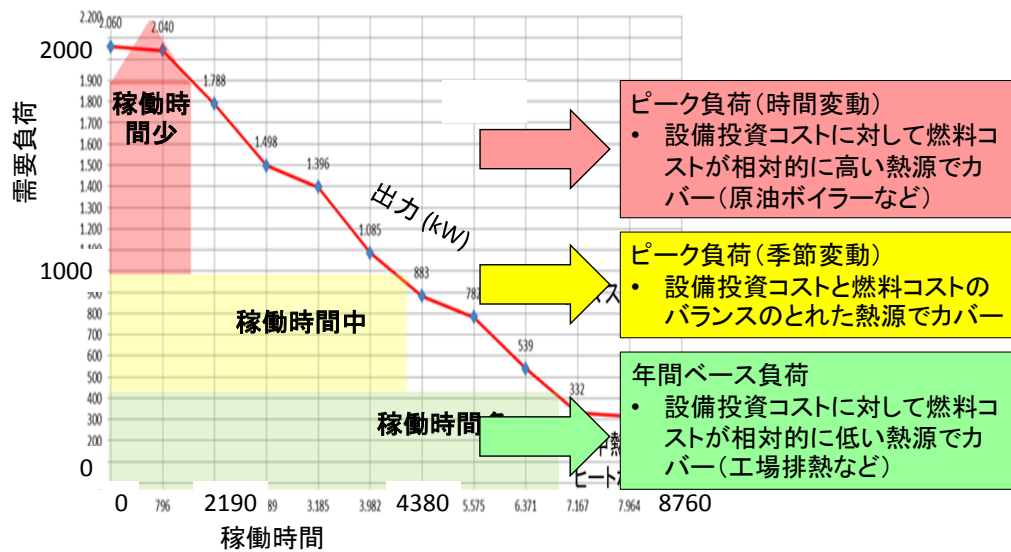


図 2.2-25 負荷降順曲線によるシステム設計

(2) 評価システムの開発方針

地域のエネルギー需要特性と供給特性(再生可能エネルギーや未利用エネルギーだけではなく、系統電力、都市ガス、LPガス等の従来型の供給手法も含む)に基づいて、適正なエネルギーシステムの設計と運営を計画するためのフレームワークを検討する。図2.2-26に3つのステップにより構成される概略イメージを示す。まず、第一に分散型の地域エネルギーシステムの設計においては、対象地域におけるエネルギー供給条件を考慮する必要があるため、エネルギー類型ごとのポテンシャル量とコスト情報を整理する。第二段階として、将来的な需要誘導の可能性も考慮した地区の土地利用情報に基づき、季節変動や時間変動を考慮したエネルギー需要を電力・冷熱・温熱ごとに推計する。さらに、第三段階として、利用可能な技術(機器の効率等)やシステムデザインにおける規範(CO₂最小化/コスト最小化等)についても、代替的なオプションから選定できるようにし、その上で選定された最適デザイン案について、事業効果を算定する。

以上の観点に基づき、地域固有の需給条件の下で、機器設計と運転計画を同時に最適化する問題を混合整数計画問題として定式化し、システムを開発する。そのために、分散システムを構成する候補として考えられる全ての機器より構成されるモデルを考える。これを既往研究に従い、”スーパーストラクチャ”と定義する。その中より適正な機器が選定され、さらにその中より各時間に適正な機器が運転されているという階層構造を想定する。

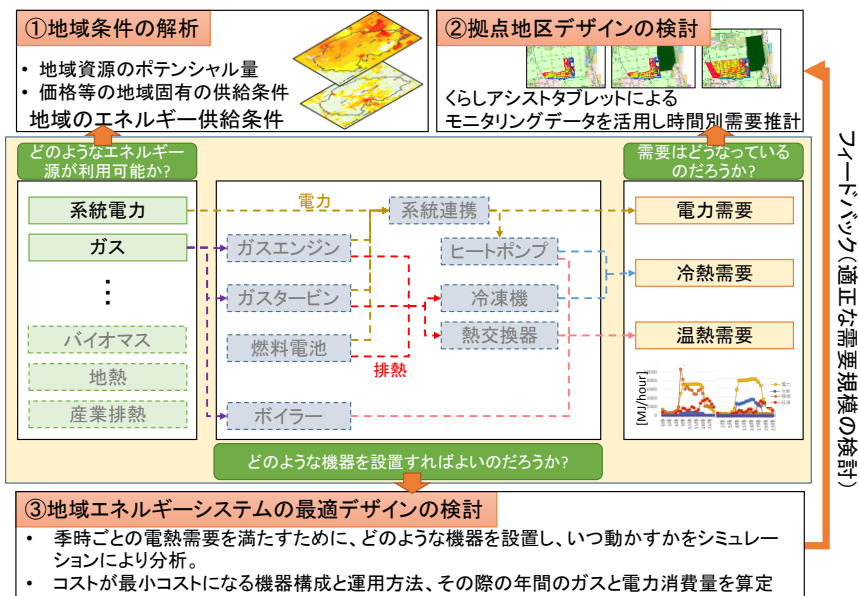


図 2.2-26 分散型エネルギーシステム設計に関する基本概念

(3) ケーススタディの実施

1) 対象地域の概要

本研究では、ケーススタディエリアとして、LNG基地の新設が計画されている福島県・新地町における駅周辺の地域エネルギー事業計画を取り上げる。新地町は同県の北部・宮城県との県境に位置する、人口約8,000人の自治体である。LNG基地計画に関連して、地域エネルギーとしての天然ガスの利用計画の立案が課題となっている。また、東日本大震災による被災地域であり、津波により全体の24%の土地が浸水している。復興においては、住宅移転の具体的な規模・位置や土地利用を含む計画の検討も進み、復旧段階から復興・再生段階に入りつつある。その一方で、津波被災地域の跡地利用が検討課題として残されている。

ケーススタディの対象地区である新地駅周辺の概要を図2.2-27に示す。次節で検討するケース設定の都合上、対象地域を2つのゾーンに分割している。当該地区は、LNG基地が立地する相馬中核工業団地に対して、約4km北側に位置している。

エネルギー需要については、空間利用計画より導出される、用途ごとの床面積に、季節時間別のエネルギー負荷原単位を乗じることにより導出する。住宅・商業・公共施設に関しては文献⁷⁾の値を利用する。また、本ケーススタディエリアにおいて特徴的な温浴施設と植物工場については、既往研究⁸⁾⁹⁾より設定する。さらに、社団法人日本地域冷暖房協会(2002)による補正係数を用いて、対象地域の気候特性に適した補正を実施している。対象地区全体のエネルギー需要パターンの推計結果を図2.2-28に示す。熱需要は、季節ごとに特徴的な変動を示しており、特に冬期において大きい値となる。また、電力は昼間ピークを迎え夜間に小さい値となるパターンが読み取れることに対して、冬期と中間期の熱需要は夜間においても、一定の値を保つ傾向が見られる。これは、夜間の熱需要が大きい植物工場の立地を想定しているためである。

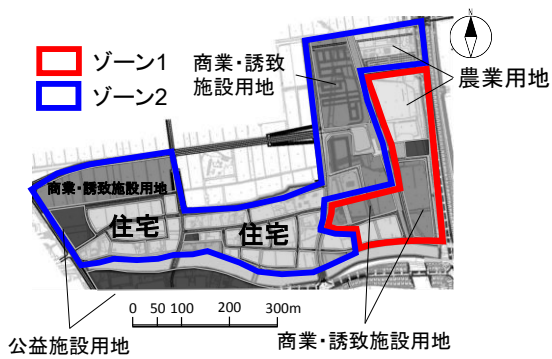


図2.2-27 ケーススタディ対象地区の概要

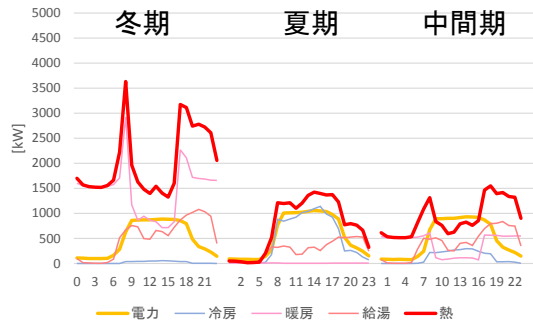


図 2.2-28 対象地区のエネルギー需要パターン

2) 分析ケースの設定

本研究において検討する、地域エネルギー供給事業に関する、分析ケースを表2.2-13に示す。ケース0はヒートポンプ、ガスボイラー等のケーススタディエリアにおける標準的なシステムによるエネルギー供給を想定しており、比較対象のため検討する。ケース1・2に関しては、実際の設計案等に基づいて設定している。ケース1ではガスエンジン等を設置が想定されるエネルギーセンター周辺の大型施設にのみエネルギー供給を行い、ケース2では対象地区全体をエネルギー供給対象とする。また、原動機を設置することになる、ケース1・2においては、余剰電力は8円/kWhで系統に売電できるものとする。また、ガス購入に掛かる費用は事業者へのヒアリングより7.5円/kWh、電力の購入価格は東北電力の実際の業務用電力価格より夏期16.5円/kWh、夏期以外15.3円/kWhと設定する。スーパーストラクチャは図2.2-29に示した構造を用い、原動機、熱交換器については最大6機まで設置可能とした。また、補助熱源として容量を任意に選択できるガスボイラー（効率は0.9、設置コストは3350円/kW）の設置が可能とした。

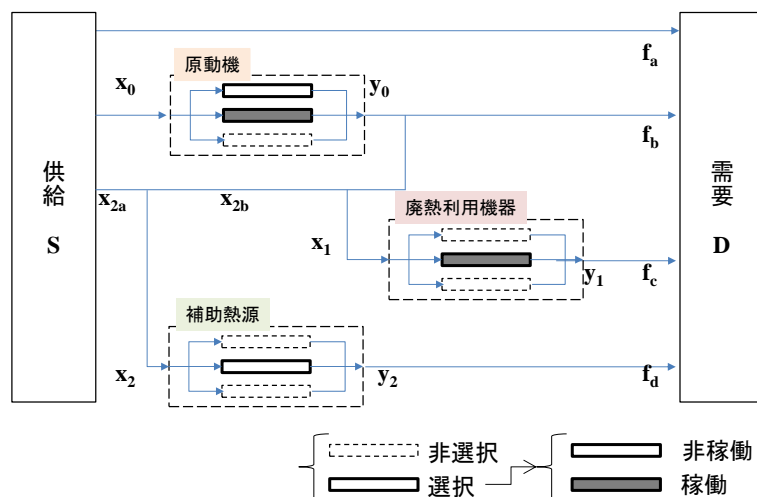


図2.2-29 スーパーストラクチャと設計プロセス

年間の電力需要の熱需要に対する比率は、ケース1で 0.31、ケース2で 0.42 となる。いずれのケースにおいても、熱需要に対して、電力需要が半分以下となる。特に、図2.2-28に示した季節別のパターンからも分かるように、冬期においてこの差が集中し大きくなることになる。これは、施設計画において、植物工場や温浴施設等の熱需要が大きい需要家の立地を想定しており、これらが、エネルギーセンターの周辺に立地するためである。

3) 分析結果

a) 最適エネルギーシステムの特典結果

エネルギー事業を実施する、ケース1と2について、ケースごとの機器構成、燃料消費量等の主要な指標に関する評価結果を表2.2-14に示す。ケース1に対してケース2では、コージェネレーションシステムに直接関係する原動機・熱交換器・吸収式冷凍機の機器容量と燃料であるガス消費量がともに2倍程度になっている。さらに、冷熱タンクに関してはケース2において5倍程度と大きく増加している。一方、ボイラーの容量や温熱タンクの容量についてはケース間での差異は小さく、これは、植物工場・温浴施設といった温熱需要の主要な需要主体が両ケースに含まれるゾーン1への立地を想定しているためである。

設備投資コストがケース1では1.6億円、ケース2では3.8億円程度となっている。両ケースにとも、電力販売は行われるものの、系統からの電力購入は実施されない。

表 2.2-13 ケースの設計

	ゾーン1	ゾーン2
ケース0	既存システム	既存システム
ケース1	地域システム	既存システム (役場の電力に関しては供給)
ケース2	地域システム	地域システム

表 2.2-14 選定された最適システムの比較

	ケース1	ケース2
設備構成		
原動機	450 kW	1,100 kW
熱交換器	500 kW	1,000 kW
冷凍機	500 kW	1,000 kW
ボイラー	1,184 kW	1,514 kW
温熱タンク	7,804 kW	6,449 kW
冷熱タンク	132 kW	633 kW
燃料消費量		
ガス	11 TWh/年	21 TWh/年
系統電力	0 kW/年	0 kW/年
販売電力	4,566 kWh/年	667,321 kWh/年

b) エネルギー需給の評価結果

エネルギー需給の推計結果について、ケース2の場合を代表例として図2.2-30～図2.2-33に示す。いずれのケースにおいても、冬期の温熱需要の多くをコージェネではなく、ボイラーにより供給する結果となった。これは、冬期の熱需要が電力需要に対して、ピーク時3.5倍と大きく、熱に合わ

せて設備容量を決定し運転すると、余剰電力を系統へ8円/kWhで売ると非効率となることを示している。つまり、系統への販売価格が低いため、電熱を併給するよりも、熱のみであるが、コージェネの総合効率よりも高い値で生成できるガスボイラーが選択されたためである。

また、ケース2においては、夏期に余剰電力を系統に販売することとなっているが、ケース1では、余剰電力の販売は年間を通じて微少な範囲でしか、起こらない結果となった。

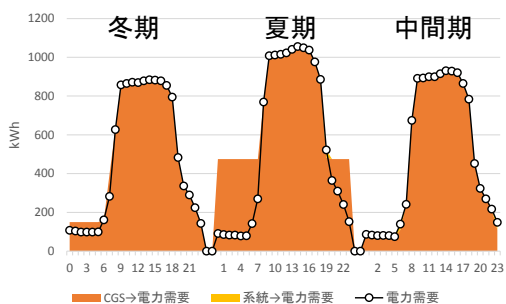


図 2.2-30 電力需給 (ケース 2)

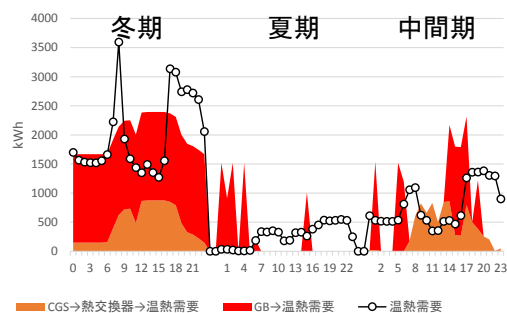


図 2.2-31 温熱需給 (ケース 2)

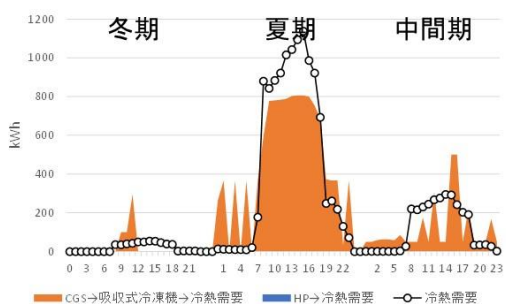


図 2.2-32 冷熱需給 (ケース 2)

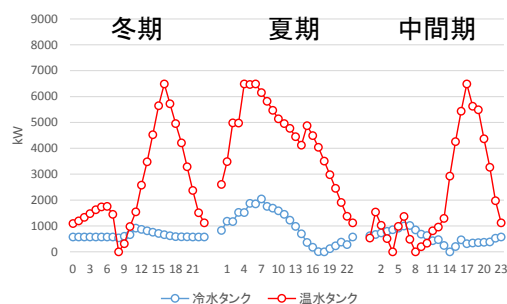


図 2.2-33 蓄熱タンク利用状況 (ケース 2)

c) 環境負荷削減量の評価結果

各ケースにおける対象地域全体からの CO₂ 排出量の比較結果を図 2.2-34 に示す。また、表 2.2-15 に排出原単位の一覧を示す。分散型システムを採用することにより、従来型のケース 0 に対して約 20%、量にして 1kt-CO₂ 程度の CO₂ 排出量の削減効果が見込める結果となった。

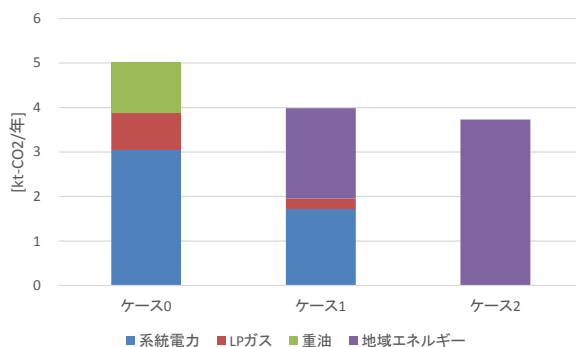


図 2.2-34 CO₂ 排出量の比較結果

表 2.2-15 CO₂ 排出原単位の設定

	排出原単位	設定根拠資料
系統電力	0.570 kg-CO ₂ /kWh	電気事業連合会 (2013)
LP ガス	0.213 kg-CO ₂ /kWh	環境省・経産省マニ ュアル (2014/6)
A 重油	0.244 kg-CO ₂ /kWh	
天然ガス	0.180 kg-CO ₂ /kWh	

d) 事業収支の評価

収支バランスについて時系列で検討した結果を図2.2-35と図2.2-36に示す。なお、ここでは既往の事例等¹¹⁾を参考に、地域エネルギーの地区への販売価格は、電力15円/kWh、熱10円/kWhと設定している。両ケースともに、事業主体の赤字が累積していくことになる。ケース1では、設備投資費用は小さく抑えられるものの、年間の売上げと燃料費等の支出の合計がマイナスとなるため、赤字幅が年々、拡大していくことになる。一方、ケース2では、規模が大きいものの年間の収支はほぼ一定となるため、インフラ更新のタイミングである15年ごとに累積赤字が階段状に増加していく結果となった。

また、地域エネルギー事業に関して、インフラのライフタイムである15年間の収支のバランスを維持するために必要となる金額を試算すると、ケース1では約2.4億円、ケース2では約3.7億円である。

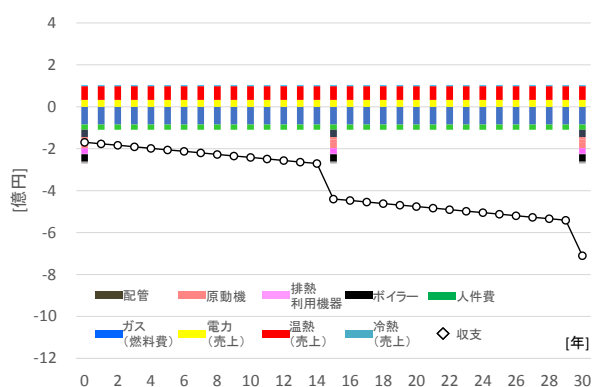


図 2.2-35 事業収支 (ケース 1)

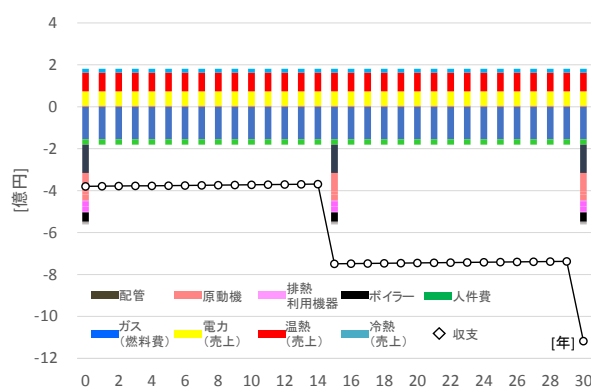


図 2.2-36 事業収支 (ケース 2)

(4) 検討結果の考察

前節の分析では、いずれのケースにおいても、分散型の地域エネルギーシステムを導入した場合、事業実施主体の経済収支は赤字となる。このため、地域エネルギー事業を実施することが困難である結果となった。しかしながら、環境的な観点からは便益が得られる点等を考慮すると、

社会的なメリットが発生する可能性あるため、事業実施に向けた関連するオプションについて議論する。

1) 環境負荷削減効果の還元

約1kt-CO₂/年のCO₂削減効果が見込めることになる。環境省等により、設備稼働開始日から5年分のCO₂排出削減見込量に対して、4千円/ton-CO₂の補助事業が実施されていることから、0.2億円程度の補助が実施される可能性があると考えられる。限定的ではあるものの、有意な収支改善効果が見込めることとなる。

今回の検討では、エネルギー需要は固定的に扱ったが、高効率機器への転換等の対策で需要そのものを見直していくことが重要であると考えられる。

2) 維持管理コストの削減可能性

地域エネルギー事業においては、エネルギー供給エリアで実施される主要な事業（今回のケーススタディ地区では、野菜工場等）の管理部門と統合することにより、機器の運転管理に係る人件費やエネルギーセンターの建設費等を、削減することが検討され得る。これは、コジェネシステム等の運転管理のためには、常駐が必要であるが、必ずしも専任する必要はないためである。本ケーススタディでは人件費を25百万円/年と見込んでおり、これは、年価に換算した事業収支とほぼ同額か上回る程度の値である。このため、管理部門の統合化は事業計画に対して有効に機能すると考えられる。

3) 電熱販売価格の調整

前章では、既存事例¹¹⁾等に基づき対象エリアへの地域エネルギーの供給価格を設定しているが、設定販売価格を調整することで、エネルギー事業収支を改善することが考えられる。ケース2に関して、事業収支のバランス維持のために必要となる価格設定に関する感度分析の結果を図2.2-37に示す。例えば、電力の販売価格を15円/kWhに維持した場合、熱価格を12円/kWh程度にすることで、事業収支がバランスすることを示している。ここでは、さらに、熱価格を10円/kWh、電力価格を20円/kWhとした場合を加えた2ケースについて、ケース0を規準とし、需要家側のエネルギーコストの削減可能性について検討した。その結果を図2.2-38に示す。なお、試算に用いたエネルギー価格の一覧を表2.2-16にまとめている。いずれの価格設定の場合においても、地区の総エネルギーコストが10%程度、削減することが示されており、需要家側にも便益が発生しうることが分かる。

表2.2-16 価格設定

	価格	設定根拠資料
系統電力 (家庭)	24.9 円 /kWh	東北電力料金表 (2015/3)
系統電力 (業務)	15.3 円 /kWh	
LP ガス	25.5 円 /kWh	石油情報センター・ 一般小売価格 (2014/12、相双)
A 重油	8.8 円 /kWh	資源エネルギー庁・ 石油製品価格調査 (2014、東北)

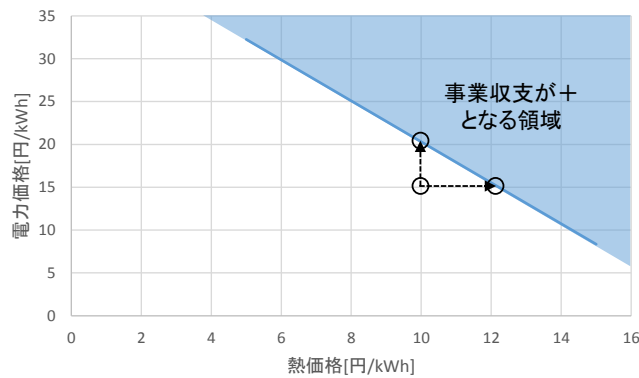


図2.2-37 エネルギー価格に関する感度分析結果

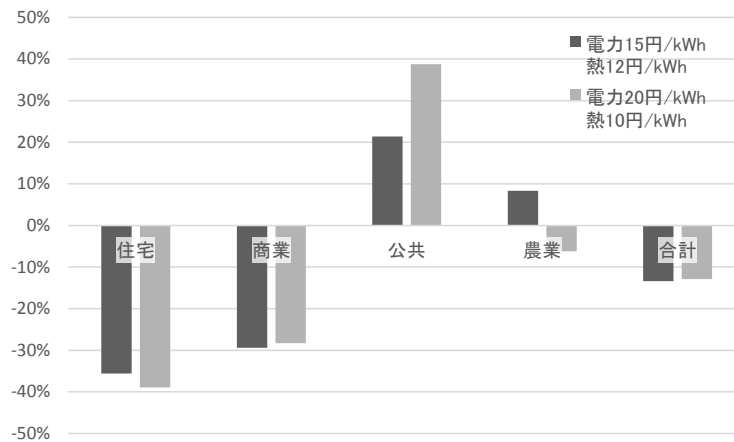


図2.2-38 需要家便益への影響

4) 拡張ケースの検討

長期的観点から、土地利用を誘導することにより、需要密度を高めることで、分散型システムの効率を高めることが考えられる。ここでは、住宅用地の空き地部分に立地が進み現状の80世帯から300世帯まで増加した場合についての事業収支の影響を検証する。また、前章で検討したケース1・2ともに、熱需要が電力需要に対して大きいため、地域システムを実装する上で、アンバランスとなっている。そこで、補助熱源の選択肢にヒートポンプを加えることで、バランスの改善を目指すケースについても検討する。具体的には、補助熱源としてヒートポンプ（COPは温熱4.5、冷熱4、設備の設置コストは2,000円/kW）の設置を認めるものとする。

ケース1・2を含めた事業収支の評価結果を図2.2-39に示す。立地誘導によりエネルギー需要密度を増加させることでは、一定の事業収支の改善効果は見込めるものの、収支は赤字に留まる結果となった。一方、ヒートポンプと複合化することにより、大幅な事業収支の改善が見込める。特に、効率の改善により燃料費の大幅な削減が期待できる結果となった。

複合化ケースのシステム構成では、1,451kWのヒートポンプが導入される一方、ガスボイラーは設置されないこととなっている。また、系統電力からの直接購入も行われることになるが、コジェネシステムの導入が選定されている。図2.2-40にヒートポンプの導入前後での電熱比の変化の状況を示す。ヒートポンプにより、熱需要を電力需要に変換することが可能となり、コジェネによるエネルギー供給における電熱比にマッチさせることで、地区内の需給バランスの改善が可能となっている。これにより、電熱双方のエネルギーを余すことなく地区内で利活用することが可能となり、8円/kWhと低価格での系統へ電力を販売する必要もなくなる。以上より、分散型の地域システムとオール電化のハイブリッドなシステムが効率的なケースもあり得ることを示唆する結果が得られた。

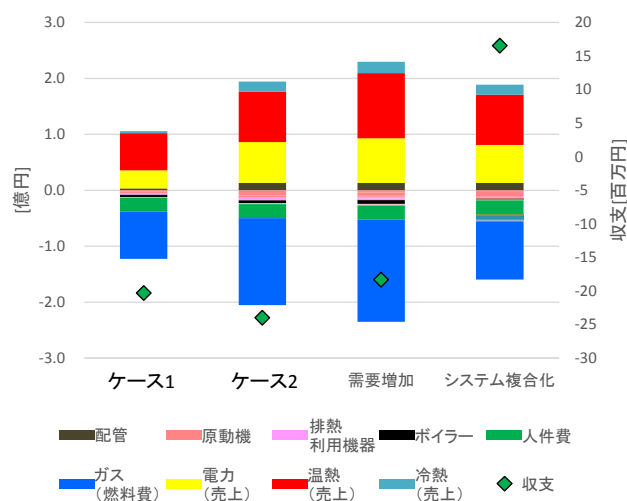


図2.2-39 拡張ケースとの比較評価結果

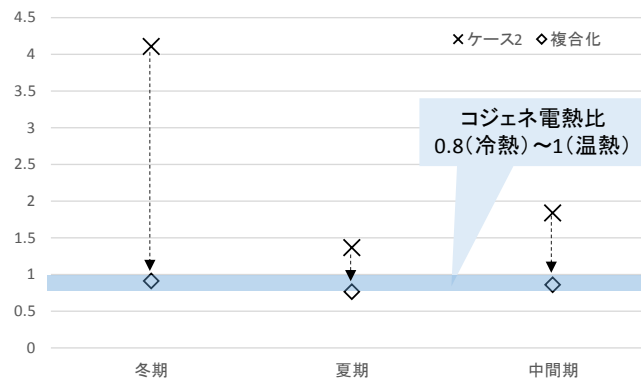


図2. 2-40 複合化による電熱比の変化

(5) まとめ

本研究では、地域特性を考慮して分散型エネルギーシステムを設計するためのモデルを、数理最適化（混合整数計画問題）のフレームワークの下で開発した。本研究により、構築したフレームワークの特徴を以下にまとめる。

- 季節・時間別のエネルギー負荷や蓄熱設備等を考慮した現実的なシステムの設計が可能な構造となっている。
- 代替的な空間計画より、導出される様々な需要パターンについて、安定的に最適システムの分析が可能である。
- システムの最適デザインと運転計画について同時に導出できるため、燃料コスト等運営に係るコストも考慮可能である。したがって、総費用に基づく費用便益分析およびキャッシュフロー分析が可能であり、事業成立のための補助金等所要額の具体的な算定が可能である。

分散型のエネルギーシステムの社会実装が急務となっている復興自治体を対象としたケーススタディを実施し、以下の知見を得た。

- 現実的な状況を対象とした検討であるため、既往研究に比較して大幅に変数、制約条件等が増加しているが、標準的ソルバーで最適解が求まることが分かった。
- 最適に設計されたシステムに関して、事業収支の検討を行った。一般的なエネルギー価格の設定の下では、事業者の収支は赤字となるものの、需要家の便益を損なわない範囲で販売価格等を調整、さらに環境負荷の削減効果等を総合的に考慮することで、事業収支の改善可能性があることが分かった。
- エネルギー負荷密度を単純に高めるという方法では事業効率の改善に寄与しない可能性がある一方、電熱や季節別の需給バランスを考慮して、システムの適正な複合化により、事業収支が改善できる可能性があることが分かった。

今後の課題としては、個別の地域エネルギー事業を評価するためのモデルの精緻化を進めるとともに以下の方向で、応用展開していく必要がある。

- 本研究では、LNG 基地立地計画と連動した、コジェネシステムの評価を行ったが、再生可能エネルギーや未利用エネルギーを中心とする、多様なエネルギーソースの評価に拡張して行

く必要がある。

- 本研究では、個別事例についての分析を行ったが、地域エネルギーの導入効果を評価するため、地域特性パラメータと最適システムとの関係を一般的に整理し、都道府県や国全体における、分散型システムの導入効果の評価に繋げる必要がある。

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

- 環境省, 2012. 地方公共団体実行計画（区域施策編）策定マニュアルに関する低炭素化手法の検討
- 横山良平, 2014. 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関係を考慮したアプローチを中心として—. *Proceedings of the Twenty-Sixth RAMP Symposium*, 85-98.
- 田中洋一, 福島雅夫, 2008. 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* 21, 201-210.
- 宇野毅明, 2014. 特集にあたって（〈特集〉実装における計算技術-アルゴリズムと数理の現実場面での活躍-）. *オペレーションズ・リサーチ：経営の科学* 59, 582
- 加用現空, 大岡龍三, 2011. 遺伝的アルゴリズムを用いた建物間熱融通に関する最適計画モデルの開発. *日本建築学会環境系論文集* 76, 419-424.
- 施行之, 高偉俊, 2013. 分散型電源・熱源技術の計画における多目的分析及び最適化に関する研究. *日本建築学会環境系論文集* 78, 183-191.
- 柏木孝夫, 日本エネルギー学会, 天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2008. 2008: 日本工業出版
- 戸川卓哉, 藤田壮, 谷口知史, 藤井実, 平野勇二郎, 長期的な土地利用シナリオを考慮した地域エネルギー資源活用策の評価手法. *土木学会論文集 G（環境）*, 2013. 69（6）: p. II_401-II_412
- 村川三郎, 石丸秀雄, 西名大作, 高田宏, 山本直樹, 温浴施設の給湯負荷に関する調査研究. *空気調和・衛生工学会論文集*, 2008（134）: p. 39-46.
- 社団法人日本地域冷暖房協会, 地域冷暖房技術手引書〈改定新版〉. 2002.
- 一般社団法人日本熱供給事業協会, 熱供給事業便覧. 2014.

2.3 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

2.3.1 はじめに

原子力事故災害に伴う放射線汚染被害は、本研究プロジェクト 1（PG1）の研究結果が示すように今後長期的に続くことが予想される。この背景の元に、福島県における重要な地域資源・産業である林業の回復や木質バイオマスの利用を促進するためには、森林における物質循環と生態系、バイオマス需給を予測することが急務であり、福島県全域において予測を早期に行う必要がある。また、物質動態を予測するだけでなく、主な林業生産物である木材を含めた木質バイオマスについて生産から流通消費、廃棄までを定量的に評価することで、高付加価値型・高効率型の森林施業や木材利用について施策を提言することができる。これだけでなく、地域特性にあった生活に安心をもたらす生態系と調和した森林計画および森林資源利活用シナリオを提示することによって、関連産業（林業、製材、木工、建築）の活性化、ひいては再生可能エネルギーによる復興まちづくりの促進を期待することができる。

このようなケーススタディがもたらす方法論と成果は、福島県内に限らず、東北、全国に適用可能である。約7割の国内面積を森林が占め、戦後の拡大造林によって材積が増加したと評価されているものの、林業の低迷によって人工林の手入れ不足が問題となっている。一方で、住宅建築における地元材の利用促進や、公共施設の木材利用などを受けた木材供給源としての森林の見直しだけでなく、木材として利用が難しい間伐材や廃材などをエネルギー源として見直そうとする研究も多い。管理が不足しているものの潤沢に存在する国内森林における木質バイオマス資源についての統合評価システムは福島県内だけでなく、日本全国で求められている。

これらの目的を達成するために、今年度は福島県を含む東日本地域における森林環境情報の整備を行った。また同時に木質バイオマスに関するライフサイクルの整理を行った。またバイオマスと生態系に関する地理情報を用いて、これらの間にある競合性を解析した。

これらの情報は来年度以降に予定している、森林生態系モデルやバイオマス流通モデルの開発と適用などの基礎情報として利用する予定である。

2.3.2 森林環境情報の整備

(1) 木質バイオマス供給ポテンシャルに関するデータ

木質バイオマスは他のエネルギー資源として比較して、水分含有量が高く、従って発熱量あたりの重量が大きい。従って、木質バイオマスの供給ポテンシャルを精度よく推定するには、供給源である森林の面積推定だけでなく、地理的な分布にも注意を払わなければならない。

日本における、空間情報も含む森林資源を表 2.3-1 にまとめた。

これらの情報源を利用して様々なバイオマス供給ポテンシャルの推定がなされている。

それらの中でも、井内（2003）を元に開発された独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO, 2011）が公開している「バイオマス賦存量・有効利用可能量の推計」は全国を対象として、市区町村、1km メッシュレベルにおいて森林バイオマス（林地残材、切捨間伐材）、果樹剪定枝、タケについて推定を公開している。推定値は賦存量（年あたりの乾燥重量）、有効利用可能量（年あたりの乾燥重量）、賦存熱量（年あたり熱量）、有効利用熱量（年あたり熱量）である。

表 2.3-1 森林資源に関する情報源

名称	主な記載データ	空間解像度
インベントリー調査	面積、林種、樹種、林齢、樹高、蓄積など	サイトレベル
森林簿（森林管理簿） ¹⁾	面積、林種、樹種、林齢、蓄積など	林班、小班 (0.1ha 程度)
リモートセンシング	面積、林種、蓄積の推定	1-10 m 程度
国土数値情報 (森林地域) ²⁾	面積	GIS データ
世界農林業センサス ³⁾	面積（一部、樹種、林齢など）	市区町村
森林資源現況総括表 ⁴⁾	面積、林種、蓄積	都道府県

¹⁾ 各都道府県の林務行政、林野庁森林管理局等で管理している

²⁾ 国土交通省国土政策局国土情報課「国土数値情報 ダウンロードサービス」

<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>

- 3) 農林水産省大臣官房統計部経営・構造統計課センサス統計室「農林業センサス」

<http://www.maff.go.jp/j/tokei/census/afc/>

- 4) 林野庁森林整備部計画課「森林資源現況総括表」

<http://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/h24/3.html>

しかし、森林管理における低炭素技術（適切な森林管理による生態系炭素蓄積の最大化）や林業施業における低炭素技術（高性能、高機能林業機械の利用、適切な林道の整備）などの導入によるバイオマス供給ポテンシャルの変化は考慮することができない。従って本調査では、将来的に各種低炭素技術が適用された場合のバイオマス供給ポテンシャルを、高度な森林生態系モデル、林業施業モデルを用い計算する際に必要な基礎情報を整備した。ダイナミックモデルの利用目的には、森林簿やリモートセンシングを利用することが望ましいが、都道府県にまたがるレベルでデータ整備には長期的なデータ整備が求められる。本調査ではバイオマス供給ポテンシャルの市区町村レベルでの推定、モデルを用いた推定の検証のため世界農林業センサスにおける森林資源データを GIS 上に整備した。

(2) 木質バイオマス供給ポテンシャルに関する GIS データベース

世界農林業センサスは5年ごとに実施され、最近では2010年に行われている。しかし、樹種や蓄積についての結果は2000年を最後に公開されていない。2000年から2014年にかけて、日本全体で森林面積がほとんど変動していないこと、かつ、大規模な植林・伐採は行われていない現況を鑑み、2000年のデータを外挿することで木質バイオマス供給ポテンシャルを推定することが可能であると仮定した。

表 2.3-2 に使用したデータの内訳を示した。データをダウンロードし、データベースソフトを使用してデータを整備した。別途、2000年における国土数値情報「行政区域」を利用してこれらのデータを GIS 化した（図 2.3-1）。

表 2.3-2 2000 年世界農業センサス*における市区町村別森林資源

種類	内容	単位
樹種別面積 ¹⁾	合計、国有林、民有林別 人工林、天然林別 針葉樹、広葉樹別 すぎ、ひのき、あかまつ・くろまつ、からまつ、えぞまつ・とどまつ、針葉樹その他、くぬぎ・なら、ぶな、広葉樹その他	ha
林齢別面積 ²⁾	合計、国有林、民有林別 人工林・5年生以下、6～80年生（5年刻み）、81年生以上 天然林・10年生以下、11～20、21～40、41～60、61年生以上	ha
蓄積 ³⁾	人工林・天然林	100 m ³

* 2000 年世界農林業センサス報告書 第 1 巻 都道府県別統計書－林業編－

http://www.maff.go.jp/j/tokei/census/afc/2000/report_archives_02.html

¹⁾ 表番号 19 林業地域調査「人工林・天然林の齢級別樹林地面積（森林計画面積）」

²⁾ 表番号 20 林業地域調査「人工林・天然林の樹種別樹林地面積（森林計画面積）」

³⁾ 表番号 21 林業地域調査「森林計画対象の森林蓄積」

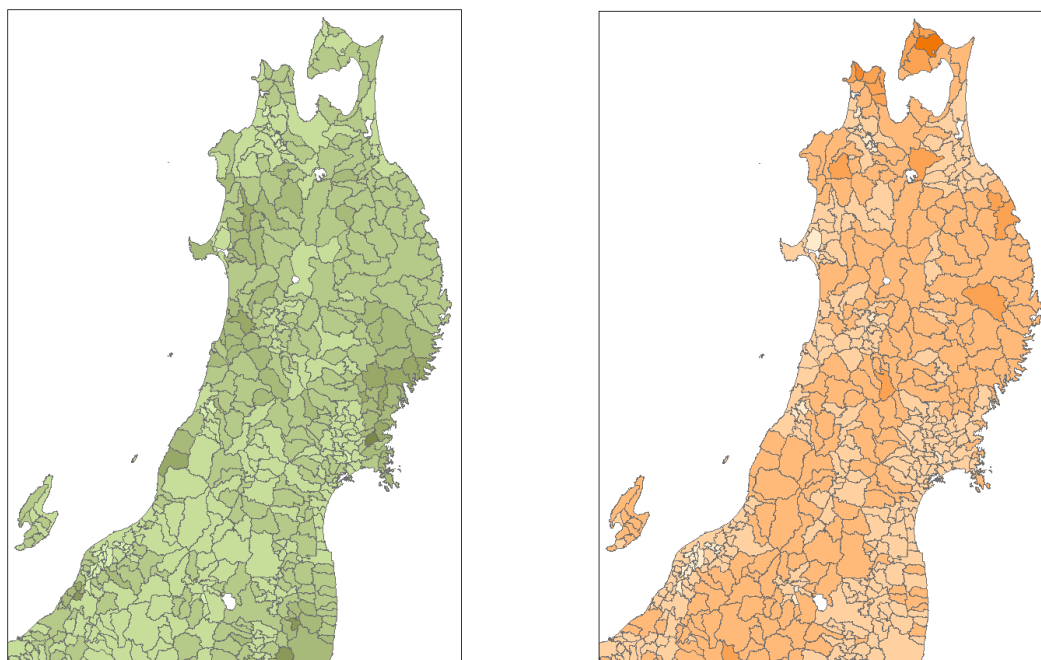


図 2.3-1 整備した森林資源データ（市区町村別、人工・天然林、面積あたり蓄積量 m³/ha）

2.3.3 木質バイオマスに関するライフサイクル

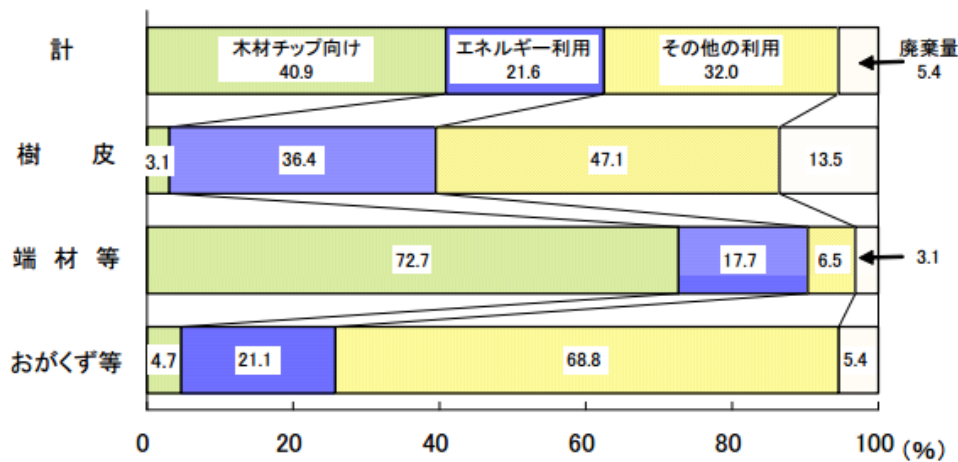
(1) 木質バイオマスのライフサイクルの概況

・森林からの供給

林野庁の木材統計調査によれば、2014年の国内森林からの供給は19,646千m³。この内訳は、製材用12,058、合板用3,016、木材チップ用4,572。このほか輸入分もある。需要側でみると、合計26,029、製材用17,271、合板用4,181、木材チップ用4,577千m³である。

・木質バイオマスの仕向け先（中間段階）

木材という観点から見た場合、木質バイオマス利用実態調査（平成17年、農林水産省）が仕向け先として参考となる。全国の製材工場、合単板工場、木材チップ工場、集成材工場及びプレカット工場を対象に行った木質バイオマス利用実態調査（平成17年、農林水産省）によれば、木質バイオマスの利用用途は、次の通り。工場を通ったものの約95%は何らかのかたちで利用されている（図2.3-2）。また、同調査の木質バイオマスの種類別・用途別仕向け割合を見ると、木材チップ向け、その他の利用、エネルギー利用の順となっている。



注：「その他の利用」には表22の「堆肥、土壌改良材」、「畜産敷料」、「木質ボード製造」及び「その他」が含まれる。

図 2.3-2 木質バイオマスの種類別・用途別仕向け割合

出所：木質バイオマス利用実態調査（平成17年、農林水産省）

一方、各工場の役割を整理すると、各工場の原料と生産物の関係は下表 2.3-3 の通りである。

表 2.3-3 各工場の役割

工場	原料	生産物
製材工場	丸太	製材（角材、板等）
合単板工場	丸太	合単板
木材チップ工場	原木、工場残材、林地残材、解体材・廃材	木材チップ
集成材工場	板、小角材	集成材
プレカット工場	製材	プレカット（住宅素材）

- リサイクルにより生成される木板

廃材はさらに、木材チップを経て、パーティクルボードや MDF といった木質ボードに再形成され、木造製品等に利用される。合板や集成材、パーティクルボード等の違いは次の通りである（表 2.3-4）。

表 2.3-4 リサイクルにより生成される木板

生成される木板	特徴
合板	丸太を「かつら剥き」のように薄く剥いだ単板を木の繊維方向が互いに直交するように奇数枚接着剤で張り合わせた板。
パーティクルボード	木材の削片や碎片を接着剤で加圧成型した板材。
MDF	繊維に分解した木材を接着剤で加圧加工したものがファイバーボードであり、比重 0.8 以上が硬質繊維板（ハードボード）、比重 0.4~0.8 が中質繊維板（MDF）、比重 0.4 以下が軟質繊維板（インシュレーションボード、シージングボード）。
集成材	挽き板や小角材等を繊維方向に接着剤で集成した木材

- その他の中間段階

製紙工場では、大量の木材を使用して紙を作成する。原料となる木材の大半は輸入であるが、一部は国内産のものも利用される。製紙工場での残材等は、一般に工場内の熱や発電に利用されている。また、紙は様々な用途に用いられ、最終的には可燃物として、焼却されている。したがって、紙の方は、最終的には焼却炉での熱や発電の利用状況を反映したものとなる。紙は木材及び古紙等から作成されるが、そのうち国林材が占めるのは約 3100（千トン≒1 トン 0.4 m³として 7750 m³相当）である。原料のうち国産材の割合は、約 1 割に相当する。

一方で、製紙工場での最終処理廃棄物は 230 千トン（≒580 千 m³）で、これは廃棄物の 4.6% のことなので、全廃棄物は、230×100/4.6=5,000 千トン（≒7500 千トン）、このうち 95.4%（≒7000 m³）が利用されている。これらのうち国産材由来はそれぞれ 1 割と推定される。用途としては、発電及び熱供給の割合が 50% ずつのことである。（日本製紙連合会ホームページ <https://jpa.gr.jp/states/brief/index.html> より）特に製紙工場からは一般に黒液と呼ばれる廃液が製紙の過程の残材として出され、以前は公害の一つとして問題となっていたが、黒液も自社工場の

発電や熱供給に利用されるようになっている。以上から、製紙工場から廃棄物が約 60 千 m³、発電及び熱供給がそれぞれ約 350 m³利用されていると推定される。

建築資材や建築現場の木材、家具等の作成の際の廃棄物は、産業廃棄物として回収されるため、リサイクルの対象となる。

家具等の廃棄物は、粗大ごみとして出された場合、一般的に可燃性の粗大ごみとして、焼却されるため、最終的な利用状況は、粗大ごみの焼却炉の熱供給、発電への利用率による。また、リサイクル業者に出された場合は、木材チップに加工されたり、木質ボードとして再加工されることで、再利用される。

木材チップやエネルギー以外の工場残材の仕向け先として、敷料、堆肥・土壌改良材、木質ボード製造、その他があげられる。敷料及び木質ボードは最終的には可燃物として処理されるので、焼却炉における熱・発電効率に相当する。堆肥・土壌改良材は、植物の生育等につながるので、エネルギー以外の最終的な処理法と考えられる。その他としては、例えば単純な廃棄物処理（可燃物とみなされた場合は焼却、そのほかは埋め立て）があげられ、これも最終的な処理の一つである。

エネルギーに直接変換する前段階として、木質ペレットがある。平成 24 年度 森林・林業白書によれば、木質ペレットの国内生産量は 7.8 万トン（≒200 千 m³）であり、そのほとんどは、ボイラーやストーブに利用されている

- ・木質バイオマスの仕向け先（エネルギー）

- 主な仕向け先

木質バイオマスは、農畜産用の原料等を除けば、最終的には熱・電気に変換される。その仕向け先も大きく分けると 3 つある（表 2.3-5）。

表 2.3-5 木質バイオマス主な仕向け先

仕向け先	内容
発電・熱供給専用	発電所や地域熱供給プラントに燃料として送られるケース
林産業の自社消費	大型の木材加工場では、通常、木屑焚きのボイラで蒸気や温水を発生させ、木材乾燥などを行っている。さらに発電施設を併設するケースもあり、余った電気や熱は外部に販売される
住宅などの暖房・給湯	住宅や事務所の冷暖房、給湯に向けられる部分で、薪や木質ペレット、チップがストーブやボイラで燃やされる。

木質バイオマスエネルギー利用推進協議会ホームページ：

<http://www.w-bio.org/レポート/世界の状況/世界の状況④/>

なお、このような発電、熱供給、自社消費、暖房・給湯に至る過程で、木質バイオマスは次の通り変換されうる（表 2.3-6）。

表 2.3-6 木質バイオマスの変換

仕向け先	木質バイオマスの種類
発電・熱供給専用	薪、ペレット、木材チップ
林産業の自社消費	木屑等、液化燃料
住宅などの暖房・給湯	薪、ペレット、木材チップ

- バイオエタノール

また、まだ、実証実験の段階ではあるが、木材から燃料としてのバイオエタノールを取り出す試みが、様々な機関で様々な手法でなされている。以下に示す通り、長期的には廃木材や林地残材からの供給が見込まれている。最大限 211 万キロリットルのうち、3割ほどの 63 (39+24) 万キロリットルが、これらの木材で占める。またこの資料が書かれているのは 2010 年の段階であるが、2014 年の段階で 1 トンあたり 250 リットルの収率及び 100 円／リットルの生産コストを目標としているとのことである。

- 焼却炉

家具等の木材や紙が廃棄される場合、ごみ焼却炉で燃やされるが、その際の熱の利用状況について、環境白書に示されている。

まず、国内の焼却炉の余熱の利用状況は次の通りである。合計 1211 施設のうち 65%にあたる 791 施設で余熱が利用されており、複数の形態で利用されている。

余熱利用ありの施設のほとんどで温水利用がなされているほか、ごみ発電は、あわせて 314 の施設で行われているとのことである。発電効率は約 12%である。

(2) 木質バイオマスのライフサイクル (フローチャート)

木質バイオマスのライフサイクル (単位: 千 m^3) について、基本的に林野庁の「平成 23 年木材流通構造調査報告書」を参考にしつつ、以下の通り量を算定した (図 2.3-3 および図 2.3-4)。

- ・需給関係が一致しない場合、次のいずれかの方針をとる。

同種間 (特に多いのは流通業者間) の材料の変換がない取引は記載しない

需要の値と供給の値が異なる表にあって、値が異なる場合 (ほとんどの場合、わずかに異なる)

下流側の値をとり、上流側 (原料、素材) の内容はこれに応じて推定しなおす。

工場における需給の合計の差分は、残材とみなす。なお別途工場別残材の供給量に関するデータがあるので、これにしたがって、残材の供給先の比率を設定する。残材の「その他」は廃棄物とみなす。

基本的に各工場・流通業者等からの供給は合計量の上二けたで計算し、少ない供給元・供給先等はバランス上含めない

プレカット工場からの供給量は建物棟数単位となっている。概算上、ここでは 1 棟 20 m^3 (100 m^3 住宅の平均使用量) とする。

外国材を含むもの、含まないものを作成するが、プレカットや合単板については、この区別が分からないため、双方同じ値とする。

- ・「平成 23 年木材流通構造調査報告書」に記載されていない主要な中間的な木材の流れとして、

住宅廃材、製紙工場、薪、ダム流木、公園等剪定木を含む。これらについては、適宜調査データをもとに上記と類似の考えでライフサイクルを検討する。また流れがとまっているもの（中間伐採やダム流木、公園剪定木のほとんど）は、その中間段階で維持され続けているとみなす。住宅廃材の量は、一律に 20 m³（100 m²住宅の平均使用量）とみなす。

- 最終的な処分としては、ボイラー等の熱供給、発電施設、堆肥等、廃棄物を考慮する。

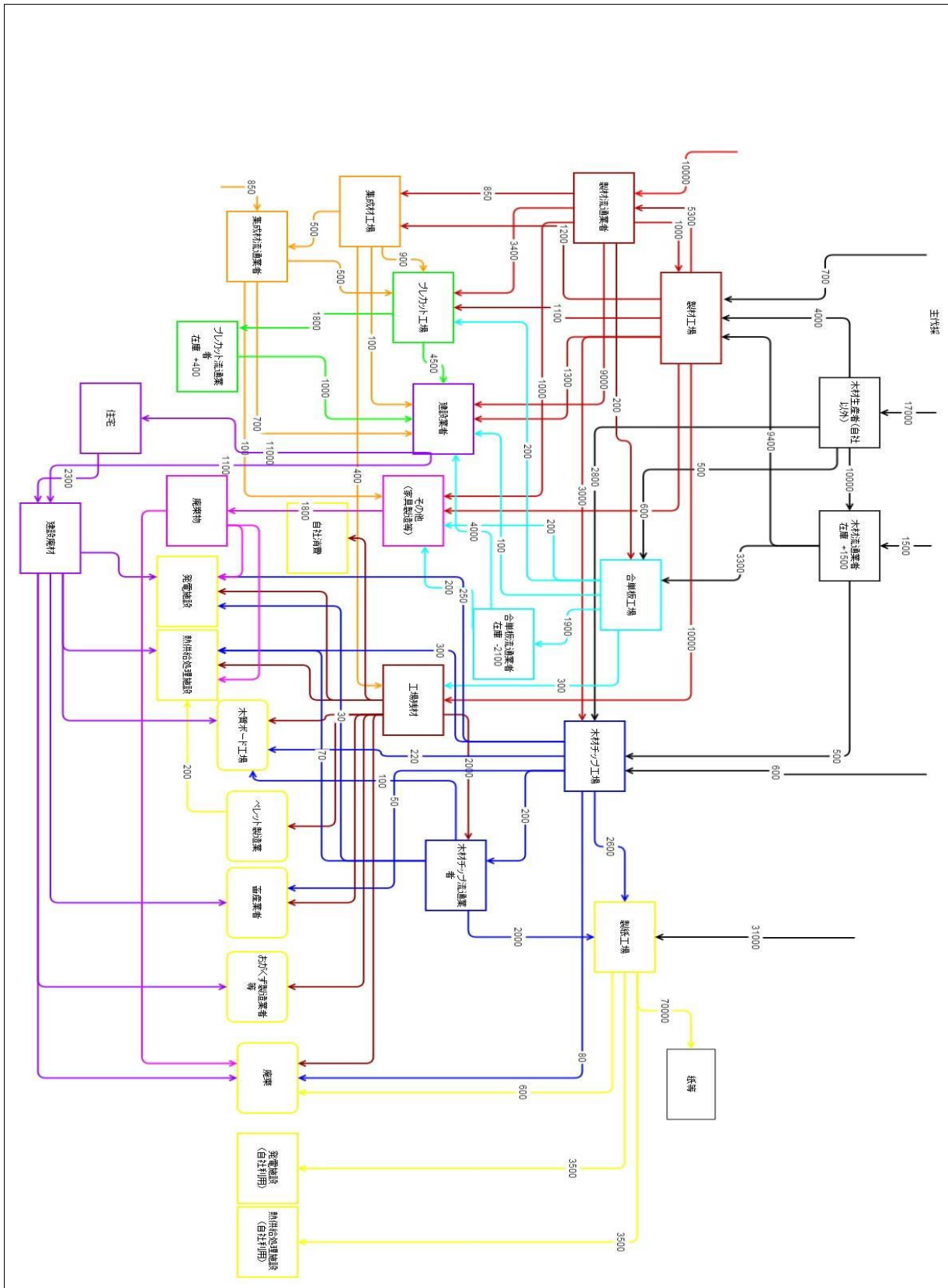


図 2.3-3 木質バイオマスのライフサイクル (単位：千m³)

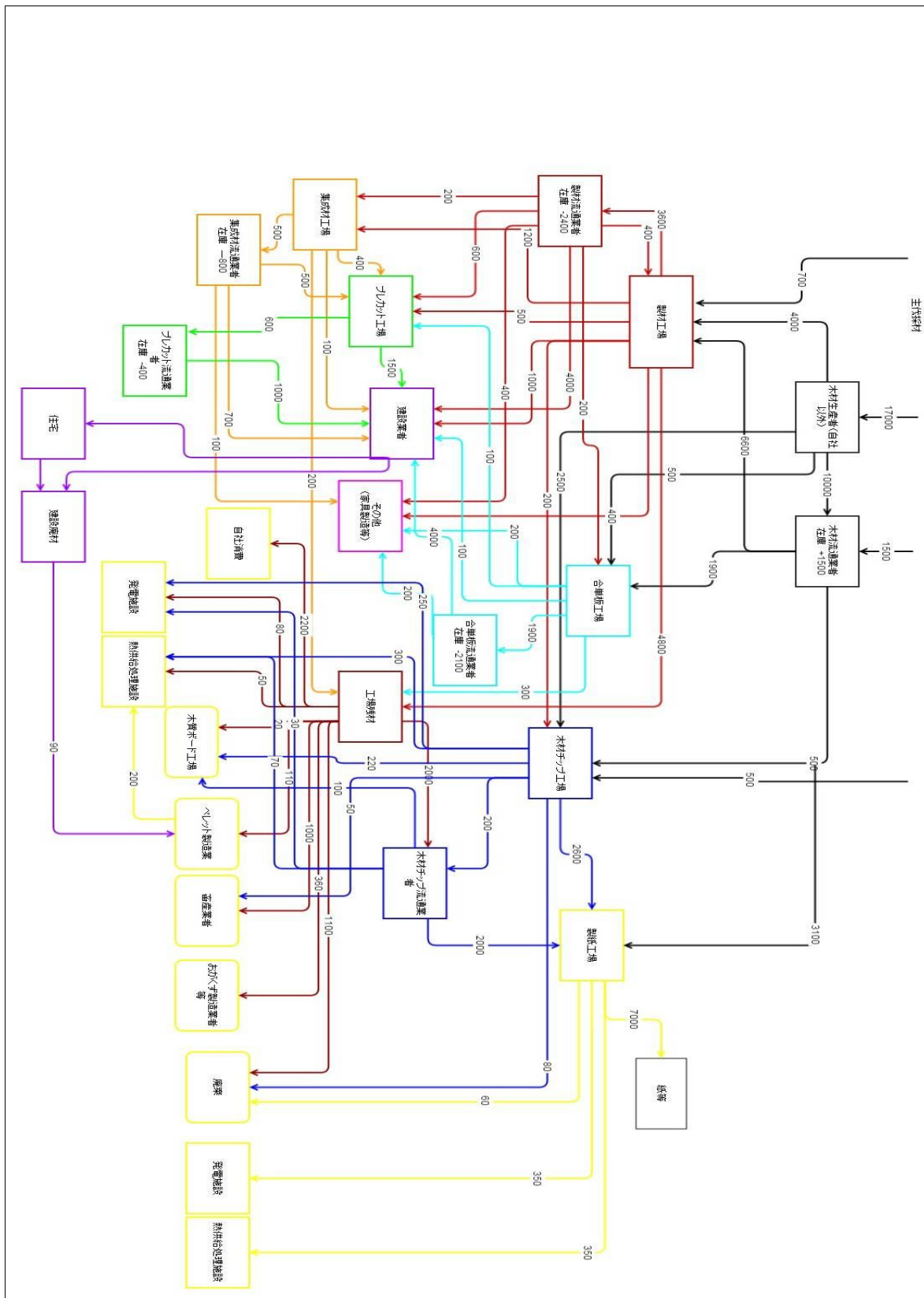


図 2.3-4 木質バイオマスのライフサイクル・国産材のみ（単位：千 m^3 ）

2.3.4 東日本地域における再生利用可能エネルギー・生態系サービスの分析

生態系サービスの広域での定量化を試みると同時に、近年着目を集め生態系への影響も大きいと想定される再生可能エネルギーの広域評価を行った。再生可能エネルギー利用増大に伴う生態系への影響を定量化した。本研究の詳細は Ooba et al. (2014) で詳しく報告した。

(1) データの収集

東日本（東北6県、関東1都6県、新潟県）を対象地域として研究を行った（面積: 110,000 km², 経度: 137°38'E-142°4'E, 緯度: 34°54'N-41°33'N）。伊豆諸島など本州から遠隔にある諸島部は除外した。

地理情報が付属している生態系、再生可能エネルギーのデータを収集した（表 2.3-7）。詳細なものは1 km レベルでの情報記載であるが、一部都道府県レベルの統計しかないものもあるので、中間の市区町村レベルのデータとして調整、推定した。

(2) 生態系サービスと再生利用可能エネルギーの評価

供給サービス 総農業生産額（Ap, JPY/y）を農業生態系からの供給サービスの指標とした。県レベルの統計である総農業生産額 Ag を市区町村レベルの農業用地によって案分した。また降水を水供給源と考えたとき、森林、農地などに降った水は浸透して水源となるが、都市域のものはそうではないと仮定した。年間ポテンシャル水供給量（Wr, mm/y）は、年間降水量をその地域内で水源となり得る土地利用の割合をかけた。

調整サービス 生態系の炭素蓄積速度は土地利用、土壌、気象、履歴、かく乱等によって変化する。本研究では比較的単純な方法によって推定することとした。生態系の種類とその場所の平均気温によって推定した。

表 2.3-7 収集した座標付きデータ

	名称	詳細	種類	年
Vg	植生図	植物群落タイプ、自然度	1/50,000 地図	1979- 1998
Sp	生物多様性分布調査	ほ乳類出現位置	5 km メッシュ	2000- 2004
Cp, Ct	気候図	年降水量、平均気温	1 km メッシュ	1982
Cs	地上気象観測データ	年間平均日照時間	ポイント	2008-2011
Wp	再生可能エネルギー導 入ポテンシャル調査	風力発電ポテンシャル 地図	100m メッシュ	2011
Aa	世界農林業センサス	農業用地	市区町村	2010
Ag	生産農業所得統計	都道府県別農業産出額 及び生産農業所得	都道府県	2010
Po	国勢調査	人口	市区町村	2010
Tr	国土数値情報	観光資源	ポイント	1999
Tp	旅行・観光消費動向調査	国内旅行の動向	市区町村	2010

基盤サービス 地理的な分断は生物多様性や生態系に大きく影響する。生態系の連続性（半径 10 km）を地理情報システムにより計算した（Vc）。ほ乳類分布調査による種数によって生物多様性は指標化されるとした（Sp）。

文化サービス 自然生態系は文化的なサービスを供給し様々なカテゴリーがある。ここではレクリエーションのサービスによって代表されると仮定した。自然生態系を主な観光資源とする観光地への訪問者数と日数の積によって指標化した。観光地のデータはポイントデータであるので、代表点のある市区町村で集計した。

再生可能エネルギーのポテンシャルは、利用可能の程度の基準によってポテンシャルが変化する。本研究では後述するように相対値による分析を行っており、最大利用可能量に関連した指標について推定を行った。

表 2.3-8 検討した生態系サービス、再生可能エネルギー

	Proxy variable	Unit	Sources
<u>生態系サービス</u>			
供給	Wr 有効降水量	mm/y	Vg, Cp
	Ap 経済的農業生産量	円/y	Ag, Aa
調節	Sc 炭素蓄積速度	Mg-C/ha y	Vg, Ct
基盤	Vc 自然生態系の連続性		Vg
	Sp ほ乳類種数		Sp
文化	Pd 自然生態系への訪問	人日/y	Vg, Tr, Tp
<u>再生可能エネルギー</u>			
バイオマス	Bw 人工林面積比	km ² /km ²	Vg
	Ba 農業用地比	km ² /km ²	Aa
太陽光	Rs 年平均日照時間	h	Cs
風力	Rw 風力発電利用可能地面積比	km ² /km ²	Wp
廃棄物	Bh 人口密度	人/km ²	Po

木質・農業系バイオマス 木質バイオマス、農業系バイオマスについては、それぞれの産出可能な面積、人工林面積、農地面積の行政界面積との比によって推定した（Bw, Ba, km²/市区町村面積-km²）。

太陽光・風力発電 その地域の平均日照時間（Rs, h）、風力発電可能な面積割合（Rw, km²/市区町村面積-km²）を太陽光発電・風力発電のポテンシャルに関する指標とした。

人口に関連したバイオマス 人口に比例して人為発生によるバイオマス（汚泥、厨茶類）が発生すると、人口密度をこのバイオマスに関する指標であるとした（Bh, 人/km²）。

(3) 評価結果と考察

生態系サービスに関する 6 変数、再生可能エネルギーに関する 5 変数についてマッピングし、主成分分析によってそれぞれを類型化した（図 2.3-5, 表 2.3-9）。

生態系サービス、再生可能エネルギーともにその場所における土地利用に強く規定される

ことが分かった。生態系サービスはES1とES4に森林は分かれているが、これは人口密集地からの距離による。ES1は人口密集地に比較的近いため、農業利用による供給サービスやあるいは観光による文化サービスの供給が見られる。ES4は比較的標高が高いところにあり、調節サービスや基盤サービスが主となる。

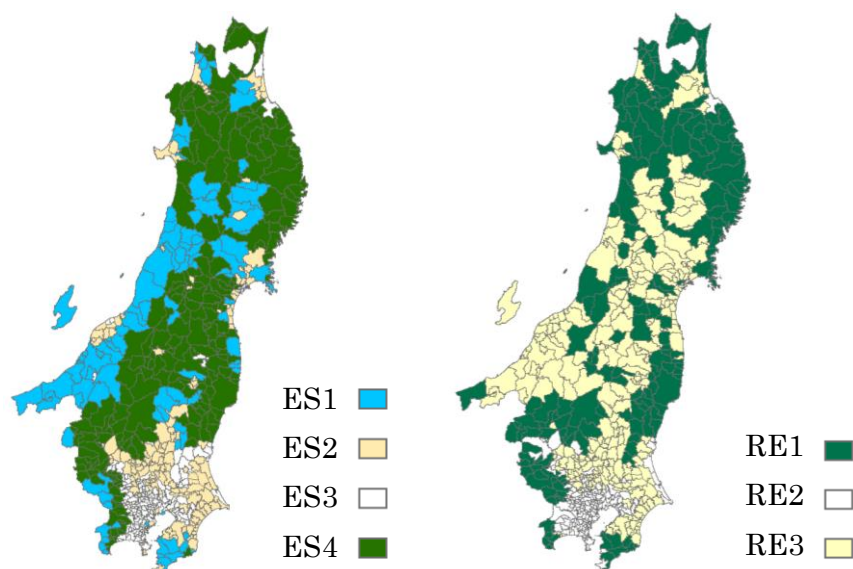


図 2.3-5 主成分分析による類型化（左、生態系サービス、右、再生可能エネルギー）

表 2.3-9 生態系サービスと再生可能エネルギーの類型化詳細

分類	代表的な指標	特徴的な土地利用
<i>生態系サービス</i>		
ES1	Pd (文化), Wr (供給)	森林・農地
ES2	Ap (供給)	農地
ES3	なし	都市
ES4	Sc (調節), Sp (基盤), Vc (基盤)	森林
<i>再生可能エネルギー</i>		
RE1	Bw (木質), Rw (風発)	森林
RE2	Bh (廃棄物), Rs (太陽光)	都市
RE3	Ba (農業)	農地

この類型化を比較すると、再生可能エネルギーの利用が、土地利用や生態系へ直接影響することが予想される。今後の研究としてこの研究の精緻化だけでなく、間接的影響も含めた再生可能エネルギーの利用による影響評価研究が考えられる。

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。

3. 参加型の環境創生手法の開発と実装

3.1 住民-行政間の双方向地域情報システムの開発、実証試験

3.1.1 はじめに

双方向地域情報システム（新地くらしアシストタブレット）の実証にあたり、今年度は世帯単位での低炭素に向けた取組みの推進と、情報提供によってモニターに気づきをもたらすため、エネルギー機能を活用したキャンペーン形式の省エネ実験を実施した。本キャンペーンは今後のデマンドレスポンス形式の実証試験を見据えたもので、得られた知見は次年度の実験計画に活用される予定である。

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。

3.1.2 しんち省エネキャンペーン

双方向地域情報システムの実証試験の一環として、キャンペーン形式による節電実験を合計 3 回実施した。実験にあたっては、従来のエネルギー機能に節電実験用の機能を追加した。

(1) キャンペーン実施までのスケジュール

しんち省エネキャンペーン実施スケジュールは表 3.1-1 に示す通りである。今年度は合計 3 回のキャンペーンが実施された。

表 3.1-1 しんち省エネキャンペーン実施スケジュール

スケジュール	(株)パスコ	NIES	新地町企画振興課
7月中旬～下旬		実験の仕様に関する議論を行い、方針を決定	
8月1日	仕様確認		
8月7日		仕様の確認を行い、町側の要望を踏まえて仕様を微修正	
8月10日	設計		
8月11日～18日	節電画面製造		
8月18日		画面を含めた最終確認	
～8月20日	操作試験		
8月31日～7日		・タブレットのアンケート機能を利用したキャンペーンへの参加世帯募集 ・キャンペーン実施に伴うアプリケーションの更新	
9月8日～21日		第1回しんち省エネキャンペーン	
10月31日～11月4日		タブレットのアンケート機能を利用したキャンペーンへの参加世帯募集	
11月5日～18日		第2回しんち省エネキャンペーン	
3月1日～7日		タブレットのアンケート機能を利用したキャンペーンへの参加世帯募集	
3月8日～21日		第3回しんち省エネキャンペーン	

(2) キャンペーンの概要

①参加者の募集

参加者の募集は、キャンペーン開始1週間前から開始した。募集期間に入るとトップ画面下部にある情報通知欄(図3.1-1)に参加募集告知が表示され、ここをタップすることで参加可否に関するアンケートへと誘導される。アンケート内では、キャンペーンの趣旨説明も併せて行う。

情報通知欄は、キャンペーン開始後はキャンペーン専用画面(後述)への入り口となり、参加者はトップ画面を經由して専用画面へアクセスすることができる。

The screenshot shows the top screen of a mobile application during a campaign. At the top left is the logo for Shinchi Town, Fukushima, with the tagline 'ふれあいと創造の田園都市' (Friendly and Creative Rural Town). Navigation buttons include a back arrow, a page indicator '1/2', a forward arrow, and a close 'X' button. The main content is divided into two columns. The left column, titled '新地町の天気' (Weather in Shinchi Town), shows a 3-day forecast for 09/09, 09/10, and 09/11. The right column, titled '3日以内の到着情報' (Arrival information within 3 days), lists several notifications: '見通しが悪い 健康サロンの紹介' (Poor visibility, introduction of health salon), '背景地図が変わりました。' (Background map has changed), and '「しんち省エネチャレンジ」参加アンケート' (Shinchi Energy Saving Challenge participation survey). At the bottom, a yellow banner displays campaign statistics: 'しんち省エネキャンペーン開催中(9月8日~9月21日)。現在の消費電力は 13.13 kWです。キャンペーンの順位は昨日 21位(節電率 -13.5%)でした。' (Shinchi Energy Saving Campaign is ongoing from September 8th to 21st. Current electricity consumption is 13.13 kW. Campaign ranking was 21st (energy saving rate -13.5%) yesterday).

今日 [09/09]	明日 [09/10]	明後日 [09/11]
曇時々晴	曇り	曇り
25°C / --°C	24°C / 18°C	--°C / --°C

図 3.1-1 キャンペーン中のトップ画面

②方式

キャンペーンは、独自の方法で算出した節電率に基づいて各世帯の順位づけを行ない、期間を通じた平均節電率によるランキングで上位に入った4世帯に報奨を贈呈することとした。報奨は、企画振興課及び観光協会の協力を得て、町内施設で利用可能な商品券を製作した。対象施設としては町内にある温泉の入浴券や、寿司屋のランチ券、町内で生産されているトマトとの引換券などが挙げられる。

(3) 節電率の算出方法

世帯ごとにキャンペーン開始1週間前の電力消費量の平均を算出し、これを基準値とする。キャンペーン開始後、1日ごとの電力消費量が基準値に対してどの程度減少したか、あるいは増加したかを割合として算出し、当該日の節電率とする。併せて、平均節電率として、それまでの節電率の平均値も提示する。

例えば、基準値が10kWでキャンペーン開始初日の電力消費量が15kW、2日目が2kWであったとすると、初日の節電率は $(10-15)/10=-0.5$ (-50%)であり、2日目の節電率は $(10-2)/10=0.8$ (80%)となる。また、平均節電率は $(-0.5+0.8)/2=0.15$ (15%)となる。

(4) キャンペーン専用画面

キャンペーンが開始されるとトップ画面下部の情報通知欄（図 3-1-1）がキャンペーン専用画面（図 3.1-2）へのリンクに切り替わり、タップすることで移動することができる。

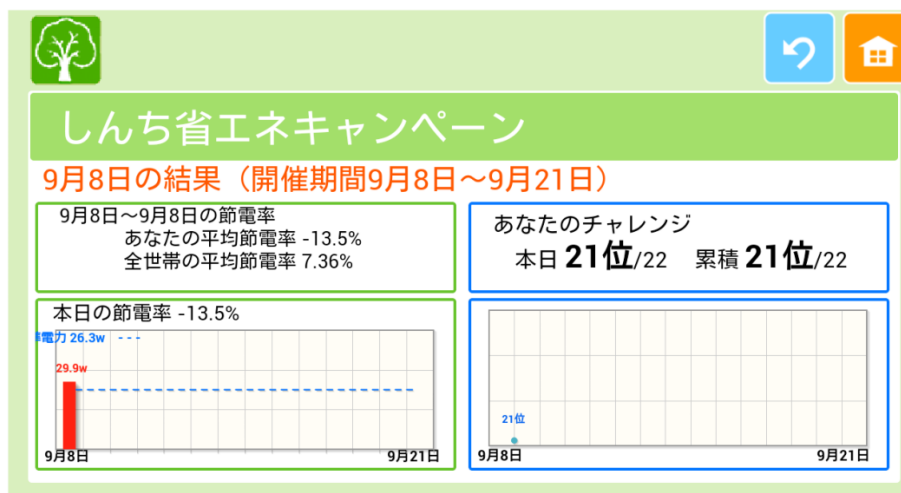


図 3.1-2 キャンペーンの専用画面

本画面は、4つのパートで構成されている。

左上にはこれまでの平均節電率（自世帯及び全世帯）が表示され、左下には節電率に関する情報をグラフ化したものが表示される。青い点線は基準値を表しており、日々の電力消費量（赤い棒グラフ）の基準値に対する増減が一目で分かるようになっている。

右上には当日のランキングが表示される。ランキングには2種類あり、当日のみの節電率に基づいたもの（図中左側）と、それまでの平均節電率に基づいたもの（図中右側）がある。報奨は、最終的な平均節電率に応じたランキングに基づいて贈呈される。右下には平均節電率に応じたランキングの推移が表示される。例として最終結果表示画面を図 3.1-3 に示す。

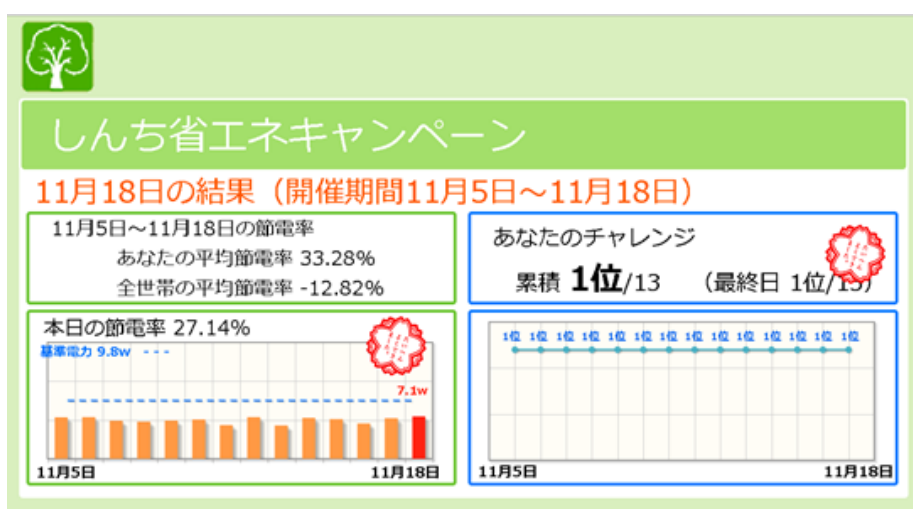


図 3.1-3 キャンペーン終了後の専用画面

(3) キャンペーン結果の概要

キャンペーン結果の概要を表 3.1-2 に示す（第 3 回は現在とりまとめ中であるため割愛）。

表 3.1-2 キャンペーン結果の概要

	第 1 回 9 月 8 日～21 日	第 2 回 11 月 5 日～18 日	第 3 回 3 月 8 日～21 日
参加世帯数 (世帯)	22	13	25
平均節電率 (%)	5.4	-12.8	-
考えられる要因	<ul style="list-style-type: none"> ・夏休み終了による在宅時間の減少 ・季節の移り変わりによる冷房機器類の使用頻度低下 ・キャンペーン実施 ・見える化 	<ul style="list-style-type: none"> ・季節の移り変わりによる暖房機器類の使用頻度増加 ・キャンペーン実施 ・見える化 	-

第 1 回は 9 月 8 日から 21 日にかけて実施し、22 世帯が参加した。上位 5 世帯では 10%を超える節電が達成され、全体の平均節電率は 5.4%であった。この要因としては、夏休みの終了により在宅者数及び在宅時間が減少したこと、夏から秋への季節の変わり目であることによる冷房機器の使用頻度の減少、キャンペーン実施や見える化による省エネ行動の促進等が考えられる。

第 2 回は 11 月 5 日から 18 日にかけて実施され、13 世帯が参加した。上位 2 世帯が 10%を超える節電を達成したものの、1 回目と比較して全体的に低調であり、全体の平均節電率は-12.8%であった。この要因としては、秋から冬への季節の変わり目であり、暖房機器類の使用頻度が増加したことが最も大きいと考えられ、キャンペーン実施や見える化の影響を上回ったと考えられる。

(4) 省エネかわら版の提供

第 1 回と第 2 回は、同じ方式（ランキング方式と報奨によるインセンティブ）で実施したが、第 3 回はそれらに加えてこれまでの各世帯の電力消費状況に応じた省エネアドバイスをまとめた「省エネかわら版（図 3.1-4）」を作成し、事前に提供することで省エネ行動の促進をねらった。提供の際は各世帯を戸別訪問し、直接内容の説明を行った。かわら版の構成は以下の通りである。

1 ページ目（図 3.1-4 左上）では、第 1 回、第 2 回の省エネキャンペーンの概要を説明する。2 ページ目（図 3.1-4 右上）では、世帯ごとの電力消費の特徴を、昨年 6 月から今年 2 月までの 1 日単位（上段）、24 時間の 1 時間単位（中段）、用途別に分けた秋と冬での使用傾向（下段）に分けて提示した。上段及び中段では、全体の平均とオール/非オール電化世帯グループの平均も併せて表示し、各世帯の相対的な位置を示した。3 ページ目（図 3.1-4 左下）では、2 ページ目の結果を踏まえて、家庭ごとにカスタマイズした節電メニューを環境省の「みんなで節電アクション！（<http://funtoshare.env.go.jp/setsuden/>）」を参考に作成し、提示した。4 ページ目（図 3.1-4 右下）では、第 3 回省エネキャンペーンの告知を行った。

新地町 国立環境研究所
しんち省エネかわら版 第1号
 平成27年2月

残寒の候、皆様方にはますますご健勝のこととお喜び申し上げます。平素は町行政に格別のご理解とご協力を賜り、厚くお礼申し上げます。また、「スマート・ハイブリッドタウン」構築事業の一環として(独)国立環境研究所と共同で実施している「新地くらしアシスタタブレット」のモニターとしてご参加いただき誠にありがとうございます。このかわら版では、第一回、第二回のしんち省エネキャンペーンの結果をまとめました。また、**日ごとの電力使用の特徴**から、それぞれのご家庭にお勧めの**節電メニュー**をご紹介します。ぜひ一度、ご覧いただければと思います。

平成27年3月8日(日)から3月21日(土)まで**第三回しんち省エネキャンペーン**を実施します。ご紹介したおすすめの節電メニューの効果を試すために、また、ご家庭ごとの節電の効果を測るために、ぜひご参加いただければ幸いです。

第一回・第二回しんち省エネキャンペーンの結果

9月の省エネキャンペーンの期間中、モニター世帯全体の電力消費量は期間前と比較して7%減少しました。キャンペーン参加世帯の省エネの効果に加えて、気温の低下による冷房の減少や夏休み終了などが変化の要因と考えられます。11月の省エネキャンペーンでは、モニター世帯全体の消費量は期間前と比較して9%増加しました。気温の低下による暖房の増加が大きな変化要因と考えられます。

第1回(9月8日～21日)

《変化の要因》
 ・気温変化
 ・見える化
 ・省エネキャンペーン
 ・夏休み終了

節電率ランキング(9月1日基準)
 1位 25.8%
 2位 19.0%
 3位 18.2%

※1 第1回期間前→0/25-9/8
 ※2 第1回期間中→9/8-9/21
 ※3 第1回期間後→9/22-10/3

第2回(11月5日～18日)

《変化の要因》
 ・気温変化
 ・見える化

節電率ランキング(11月1日基準)
 1位 27.1%
 2位 9.6%
 3位 6.4%

※4 第2回期間前→11/5-11/14
 ※5 第2回期間中→11/5-11/18
 ※6 第2回期間後→11/19-12/2

新地町 国立環境研究所
荒信義様のご家庭の電力消費の特徴

月別別 あなたの家庭の平成26年6月から平成27年1月までの日毎の電気使用量です。

時間別 あなたの家庭では**朝方・夕方・夜間**の電力消費量が**高い**傾向にあります。

用途別 あなたの家庭では**エアコン**での電力消費量が**高い**傾向にあります。

秋 season

冬 season

※「測定対象外」は、計測機器が設置されていない電力系統の電力消費量の合計です。

新地町 国立環境研究所
荒信義様のご家庭にお勧めの節電メニュー

暮らし方による節電

早寝早起きは、夜の消費電力を抑えることになり節電につながります。早寝早起きの健康的な生活スタイル(朝チャレ!)を実践しましょう。

食事や団らんの時などは、家族みんなでの部屋に集まりましょう。できるだけ一か所で生活することで照明やエアコンなどの節電につながります。

台所の節電

炊飯器の保温はできるだけ控えましょう。ご飯は保温よりレンジであたためると節電になります。

電気ポットの保温をできるだけ控えましょう。食器洗浄機を使用する際には、汚れを拭き取った上で節約モードに切り替えましょう。乾燥機能はできるだけ控えましょう。

エアコンの節電

タイマーを上手に使うなど、必要な場所で必要な時だけ使しましょう。外出する場合は直前でなく、早めにスイッチを切るようにしましょう。また、長時間つかわない時はプラグを抜きましょう。

外出時は、昼間でもカーテンを開けると効果的です。室内の暖気を閉じ込め、外気が入るのを防ぎます。厚手のカーテンや床まで届く長いカーテンの他、断熱シートなどを使うことをおすすめします。

※この節電メニューは、環境省の「みんなで節電アクション!」を参考に作成しました。他の節電メニューは、省エネキャンペーン期間中のタブレット画面、または、環境省の「みんなで節電アクション!」(<http://funtochare.env.go.jp/setsuden/>)をご覧ください。

新地町 国立環境研究所
5省エネキャンペーン開催

キャンペーン期間: **平成27年3月8日(日)～3月21日(土)**

キャンペーン内容: キャンペーン期間中の電力消費量からの節電率を競います。キャンペーンの参加には、タブレットトップページのボタンをクリック!

キャンペーン期間の節電率が上位の方には報奨品を差し上げています。

《報奨品のイメージ》

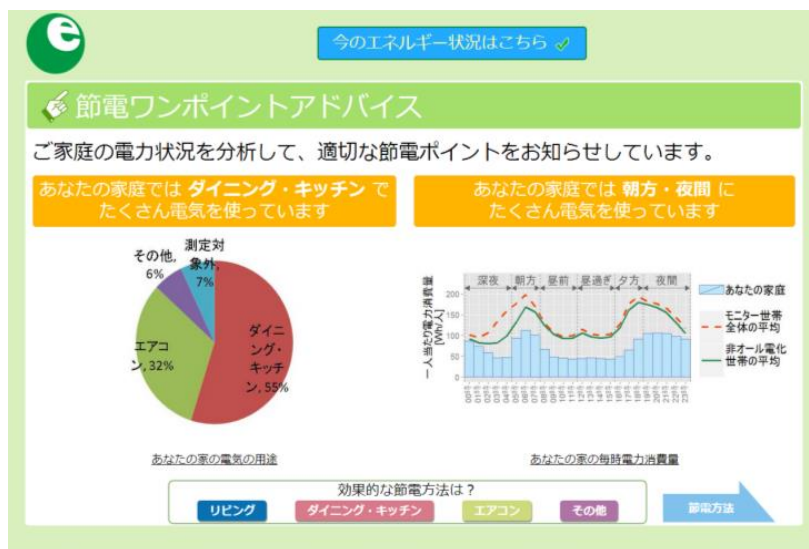
省エネキャンペーンに参加して、ご家庭の電力使用の特徴からご家庭にあった省エネを探してみましょう!

発行: 新地町企画振興課・(独)国立環境研究所
 協力: (株)パスコ
 お問い合わせ先: くらしアシスタタブレットサポート窓口(火・木10:00～17:00)
 ☎ 080-7755-1754 ✉ shinchi@nies.go.jp

図 3.1-4 省エネかわら版

(5) 第3回に向けたキャンペーン画面の追加

第3回の実施にあたり、省エネかわら版と同様の情報を世帯ごとの省エネ診断として併せて提供することとした。具体的には、図 3.1-2 のキャンペーン専用画面にリンクを追加し、タップすることで節電ワンポイントアドバイス（図 3.1-5）に移動する。本画面では、用途に応じた電力情報と、1日における1時間単位の1人当たり電力消費量を表示し、画面下部では用途に応じた節電方法を、省エネかわら版と同様に環境省の「みんなで節電アクション！」（<http://funtoshare.env.go.jp/setsuden/>）を参考に配置した。例えば、画面下部にある「リビング」をタップすることで、図 3.1-6 に移動し、リビング内の具体的な機器の節電方法の情報にアクセスすることができる。画面下部にある矢印ボタンにより、各画面は相互に移動可能となっている。



(6) 訪問調査

モニター世帯に対して、主にタブレット利用状況の調査を行うことを目的として戸別訪問調査を実施した。調査は夏と冬に各1回行い、第1回及び第3回の省エネキャンペーンの募集時期と合わせたプロモーションも同時に行った。調査の概要は以下の通りである。

①第1回訪問調査

a) スケジュール

2014年8月25日(月)～8月29日(金)

b) 対象者

調査時点で配布完了済みの34世帯

c) 調査の目的

- ・タブレット利用状況の調査及びアンケート調査票の配布

d) 備考

調査はNIES研究員1名が、町職員1名とともに町公用車にて行った。

②第2回訪問調査

a) スケジュール

2015年2月24日(火)～3月6日(金)

b) 対象者

1次配布50世帯

c) 調査の目的

タブレット利用状況の継続調査及び8月実施アンケートの継続調査

d) 備考

3月4日まではNIES研究員1名がレンタカーにて調査を行った。

3月5日～6日はNIES特別研究員1名が、町職員1名とともに町公用車にて調査を行った。

(7) アンケート調査

①調査の概要

モニター世帯のエネルギーに関する基礎的な情報や、省エネ・地域に対する意識などの把握を目的としたアンケート調査を行った。

②調査対象者及び配布方法

1次配布を行った50世帯を対象とした。

うち34世帯は第1回訪問調査時に説明配布を行い、第1回訪問調査時点でタブレットが未配布であった残り16世帯に対しては後日のタブレット配布説明会の場を利用して趣旨の説明及び調査票の配布を行った。

③調査項目

調査項目は表3.1-3に示すとおりである。

家屋に関する設問(問1～問6)、暮らしに関する設問(問7～問10)、省エネに関する設問(問11～問18)、地域に対する意識に関する設問(問19～問27)、属性に関する設問(問28～問33)となっている。

表 3.1-3 アンケート項目

問 1	建物構造	問 18	6 系統の設定名と省エネの取組
問 2	築年数	問 19	生活満足度
問 3	建物延床面積	問 20	町への愛着
問 4	棟数	問 21	町への定住意向
問 5	部屋数	問 22	町の現時点の復興感
問 6	居住年数	問 23	町の 3 年後の状況予想
問 7	使用家電の種類・数・購入時期(18 種)	問 24	町内環境への満足度(10 項目)
問 8	保有自動車の車種・年式	問 25	困ったときの相談相手(4 項目)
問 9	設置している省エネ設備	問 26	活動への参加程度(2 項目)
問 10	平日と休日の日中の在宅人数	問 27	おつきあいの程度(3 項目)
問 11	省エネの実践程度	問 28	年齢、性別、通勤・通学の状況
問 12	1 ヶ月の平均的な電気料金	問 29	家族構成
問 13	最も使用量が増える月の電気料金	問 30	世帯主かどうか
問 14	1 ヶ月の平均的な灯油代金	問 31	職業
問 15	最も使用量が増える月の灯油代金	問 32	世帯年収
問 16	1 ヶ月の平均的な LPG 代金	問 33	タブレットに関する自由記述
問 17	最も使用量が増える月の LPG 代金		

④結果の概要（抜粋）

住居・自動車・エネルギー利用機器の集計結果を表 3.1-4 に示す。

表 3.1-4 住居・自動車・エネルギー利用機器の集計結果

		平均値	最頻値	省エネ型割合	10 年以上利用割合
住居	築年数(年)	22.2	～10		
	延べ床面積(m ²)	166.4	181～200		
	部屋数	7.6	6		
	居住年数(年目)	-	31～		
自動車	台数	2.9	2		
	年式	2005.8	2003～2005		
エネルギー利用機器台数	テレビ	3.2	3	44.10%	9.90%
	冷蔵庫	1.9	1	23.50%	30.90%
	ガスコンロ	0.6	0	19.00%	19.00%
	IH 調理器	0.5	0	44.40%	0.00%
	灯油ストーブ	1.7	1, 0	15.00%	23.30%
	電気ストーブ	0.7	0	29.20%	20.80%
	ガスストーブ	0.1	0	0.00%	0.00%

床暖房（部屋）	0.4	0	0.00%	0.00%
こたつ	1.5	1	3.90%	27.50%
ホットカーペット	0.4	0	6.70%	13.30%
扇風機	2.7	2	7.50%	25.80%
台所給湯機	0.5	0		
蛍光灯	9.4	0		
白熱灯	2.9	0		
LED	3.5	0		

住居について、築年数は平均 22.2 年、床面積は平均 166.4m²、部屋数は平均 7.6 部屋であった。また、自動車の平均保有台数は 2.9 台で、年式は 2003~2005 年が最も多く、10 年程度乗っていることが分かった。保有しているエネルギー機器では、テレビは平均 3.2 台、うち 44.1%が省エネ型と回答していた。一方、冷蔵庫の省エネ型は 23.5%で省エネ化の余地がうかがえた。照明は全体の 60%が蛍光灯で LED が白熱灯を上回っていた。

次に、町内環境への満足度の集計結果を図 3.1-7 に示す。満足度が高い項目は「緑の豊かさ」「町内の景観」「町内の移動のしやすさ」で、町内の豊かな自然や景観を誇りに感じている様子が伺えた。一方、満足度が低かった項目は「公共交通の運行頻度」「年間の観光来訪者数」「地元での就業機会」であり、震災により運行が停止している JR 常磐線や町内バス、あるいは若者向けの仕事の少なさを不満に感じる層が多かった。

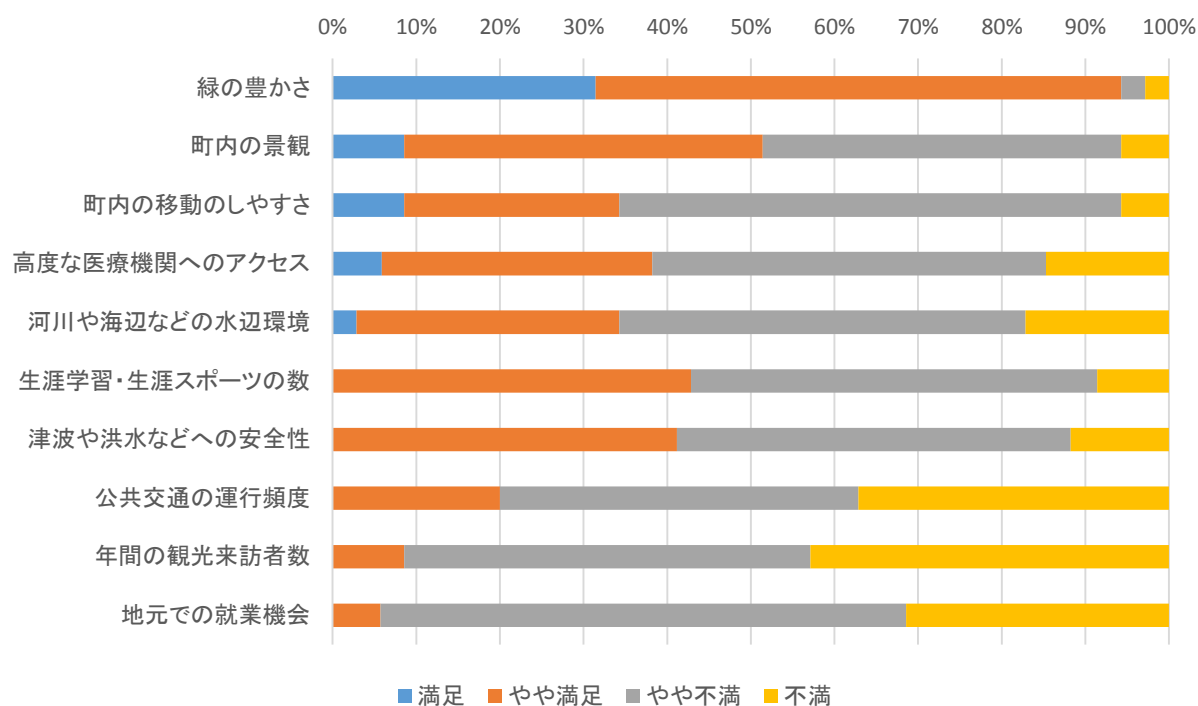


図 3.1-7 町内環境への満足度

3.2 ステークホルダー間コミュニケーションによる住民参加型まちづくり支援

3.2.1 はじめに

東日本大震災から4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。常磐高速自動車道の開通やJRの再敷設など、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部分があるものの、全ての復興事業の進捗は決してはかばかしいとはいえず、未だ険しい道程の途上にある。

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財育成や、長期的かつ継続的な取り組みが必要な少子高齢化問題、地球温暖化問題など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)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、新地町役場企画振興課、NPO法人みらいと(ふくしま復興応援隊)、(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第2学年の3クラスの生徒88名を対象とした「新地町の未来地図をつくろう！」ワークショップを開催することとなった。

今回の「新地町の未来地図をつくろう！」ワークショップは、2014年1月23日に新地町立尚英中学校第1学年の3クラス88名の生徒を対象に開催した「2050年の新地町を考えよう！」をテーマとした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する中学生からの提言を取りまとめる、という位置づけで企画したものである。

2014年1月23日のワークショップは、新地町立尚英中学校、新地町教育委員会、新地町役場企画振興課、NPO法人みらいと、(株)協和コンサルタンツの協力を得て、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学年が、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。具体的には、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を行った。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、都市化や人口増など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、海など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。

ただし、その時点の今後の課題のひとつとして、生徒が将来の新地町に対し、どこがどのようになっているほしいのか、より具体的なイメージを膨らませるとともに、その理想に向かって主

体的に関与していくための意識喚起の取り組みが継続的に必要であるとの指摘があった。また、その後、新地町役場企画振興課との協議の過程で、ワークショップを発展させ、成果をより具体的な新地町の将来像への提言としてまとめ、新地町の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。こうした背景から、2013年度に引き続き、今回のワークショップを計画、実施することとなった。

今回のワークショップの目的として、「1年生の時に開催したワークショップの結果をふまえつつ、地図や写真を元に自分たちの住んでいるまちをよく知り、その未来について深く考え、話し合い、より具体的な2050年の新地町の姿について提言する。また、新地町の未来のまちづくりに自分たちも参加できることを学ぶ。」ことを掲げ、ワークショップの到達点として、2050年の新地町の具体的な将来の姿（未来地図）とキャッチフレーズを作成してもらうことを目標とした。

3.2.2 ワークショップの概要

復興の先にある長期的な将来ビジョンについて、できるだけ具体的なイメージを共有・発信していくことは、そのビジョンの実現に向けて重要な取り組みとなる。とりわけ、将来を担う若い世代が主体となって、望ましいと考える将来像を把握し、地域の将来ビジョンを描いていくことは、短期的な復興だけでなく、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財育成や、長期的かつ継続的な取り組みが必要な問題への対応を促進・継続する上で重要である。

こうした考え方の下、新地町役場企画振興課との協働により、2014年1月23日に新地町立尚英中学校第1学年3クラス88名を対象に開催したワークショップ「2050年の新地町を考えよう！」

（以下「前回ワークショップ」）のフォローアップと、新地町の総合計画へのインプットを意識し、新地町の長期的かつ具体的な将来像についての中学生の提言を取りまとめることを企図して、今回のワークショップ「新地町の未来地図をつくろう！」（以下「本ワークショップ」）を企画した。

本ワークショップの検討から実施までの経緯について、表3.2-1に示す。

表 3.2-1 本ワークショップ開催までの経緯

2014年5月下旬	新地町役場企画振興課と（独）国立環境研究所社会環境システム研究センターとの環境未来都市事業協議の過程で、前回ワークショップのフォローアップとなるワークショップの開催について調整が始まる。また、新地町における総合計画へのインプットとして本ワークショップを活用できないかとの提案もなされ、引き続き開催時期の調整や関係各所との調整を図っていく旨が決定された。
2014年7月下旬	（独）国立環境研究所社会環境システム研究センター内の数名で、本ワークショップ開催の方針について打ち合わせ。この時点で本ワークショップ開催日時は2014年11月頃を予定。
2014年10月上旬	（独）国立環境研究所社会環境システム研究センターと新地町役場企画振興課との間で、本ワークショップ開催日時や当日の実施概要について調整始まる。この時点で、本ワークショップの開催日時は2014年12月10日の予定に変更（11月の日程ではスタッフの確保が困難なため。）。
2014年10月20日	（独）国立環境研究所社会環境システム研究センター内で、本ワークショップの開催について関心のあるスタッフを募り、日時や内容について打ち合わせ。この時点で、新地町の白地図と、新地町の主要な地域資源等の写真を活用したワークショップとする方針が固まり始める。
2014年10月28日	適宜新地町役場企画振興課、新地町立尚英中学校第2学年担当教諭との間で連絡調整を行いつつ、ワークショップの内容を詰めていくこととなる。この時点で、事前に新地町の地図に町の地域資源等の写真を配置したものを各クラスに掲示し、予め生徒に「2050年の新地町に残っていてほしいもの・こと」「2050年の新地町で新たにしておきたい（変わっていてほしい）もの・こと」について、各2枚のメモをつくってきてもらう作業を依頼する方針を決定。
2014年11月18日	（独）国立環境研究所社会環境システム研究センター内の本ワークショップスタッフ担当予定者で、詳細な内容案について打ち合わせ。ワークショップの事前作業として、先方に依頼する宿題メモと新地町の地域資源等を配置した地図を準備し、当日の進行案等についても共有。
2014年12月1日	新地町立尚英中学校にて、全体説明と打ち合わせ。ワークショップ事前作業として、新地町の地域資源等を配置した地図の掲示を依頼し、生徒の皆さんに「2050年の新地町に残っていてほしいもの・こと」「2050年の新地町で新たにしておきたい（変わっていてほしい）もの・こと」について、各2枚のメモをつくってきてもらう作業を依頼。当日の進行案等についても共有。
2014年12月4日	（独）国立環境研究所社会環境システム研究センター内の本ワークショップスタッフ担当予定者で、当日の行程や内容について最終確認。
2014年12月10日	本ワークショップ開催。

本ワークショップは、「1年生の時に開催したワークショップの結果をふまえて、地図や写真を元に自分たちの住んでいるまちをよく知り、その未来について深く考え、話し合い、より具体的な2050年の新地町の姿について提言する。また、新地町の未来のまちづくりに自分たちも参加できることを学ぶ」ことを目的として掲げ、ワークショップの到達点として、2050年の新地町の具体的な将来の姿（未来地図）と将来の姿を適切に表現するキャッチフレーズを作成してもらうこととした。ワークショップの開催時間は、新地町立尚英中学校の短縮授業日程を勘案して、5～6校時 13:10～14:50 の1時間30分（間に10分の休憩時間を置く）を活用することとなった。本ワークショップの開催要領を以下表 3.2-2 に示す。

表 3.2-2 ワークショップ当日のスケジュール

時刻	作業の内容
13:10-13:20	全体ファシリテーターよりワークショップの目的と作業の説明。 1年生の時に開催したワークショップの結果概要の説明。
13:20-13:35	グループ作業 1 生徒の皆さんに予め準備してもらった「2050年にも残しておきたいもの・こと」(2枚)、「2050年には新たにしておきたい(変わってほしい)もの・こと」(2枚)について班のメンバーに説明しながら、白地図の当てはまる場所に置いていく。【1人2分ずつ】
13:35-13:50	グループ作業 2 町の将来について、1年生の時のワークショップの結果や、班のほかの人の意見をふまえ、話し合いながら、白地図に意見を書いたメモや付箋紙をはって、2050年の新地町の具体的な姿をまとめていく。このとき、グループ作業1で意見が出ていなかったもの・ことについてもなるべく考え、話し合っていく。
13:50-14:00	休憩（ほかの班の作業の様子も見てみることを勧める）
14:00-14:10	グループ作業 2 の続き。
14:10-14:20	グループ作業 3 発表の準備。キャッチフレーズの取りまとめ。
14:20-14:40	グループ作業 4 発表（各班4分ずつ）
14:40-14:50	全体ファシリテーターから発表へのコメント。アンケート記入・回収。

当日は、新地町の未来地図の作成やキャッチフレーズの検討を、3クラス×5班の計15の生活班（1班5～6名）をもとに行い、全体で15枚の新地町の未来地図と15個のキャッチフレーズが作成されることとなった。また、班での議論が活発となるように、各班に担任教諭や、(独) 国立環境研究所社会環境システム研究センター、福島復興支援員（NPO 法人みらいと）、(株) 協和コンサルタンツのスタッフがサポーターとして付いて議論を見守り、時には意見を引き出す役割を果たすこととした。また、(独) 国立環境研究所社会環境システム研究センターのスタッフが各クラスにおいて全体のファシリテーターを務め、タイムキープと全体的な議論の促進を図った。

3.2.3 ワークショップの内容

当日話し合われた内容を、図 3.2-1 の通り、1 班 2 ページの様式に整理した。

Figure 3.2-1 illustrates the format for summarizing meeting discussions. It is divided into two pages per class. The left page features a map with various annotations, a table of opinion types, and sections for photos of the model paper, publication content, and class supporter comments. The right page features a table of opinion types and a section for photos of the meeting.

2年1組	1班	チーム名	THEドリームプロジェクト
		キャッチコピー	新地町の未来は早川におまかせ
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11	1	かみきーウズがくる	
12	1	サニーマル1	
13	1	新地町の未来	
14	1	新地町の未来がテーマ取られない	
15	1	ワールド	
16	1	ハゲル	
17	1	サニーマル1	
18	2	サニーマル1	
19	1	サニーマル1	
20	1	サニーマル1	

図 3.2-1 話し合いのとりまとめ様式

3.2.4 全体のとりまとめ

(1) 意見の集計

話し合いで出された意見を集計した結果を図 3-2-2 に示す。「2050 年に残っていてほしいもの・こと」では、「鹿狼山」が最も多くなっており、「やるしかねえべ祭」が続いている。「2050 年には新たにあっていて(変わっていて)ほしいもの・こと」は、「海水浴場」と「ショッピングセンター」が最も多く、「ショッピングセンター」と「ショッピングモール」を合わせると 17 票と最も多くなっている。意見を分類した集計でも、「残したい」は自然、「新たにしたい」は商業施設が多くなっている。

■残したいランキング

	もの・こと	残したい	新たにしたい
1位	鹿狼山	26	
2位	やるしかねえべ祭	17	2
3位	福田十二神楽	9	
4位	あぐりや	7	2
5位	図書館	6	4
6位	バンピりんご園	5	5
7位	手長明神の伝説	4	
7位	いっばい清水	4	
7位	渡辺病院	4	
7位	しんちゃんGO	4	2
7位	さくらや	4	
7位	観海堂	4	6
7位	かるがん文具店	4	5

■新たにしたいランキング

	もの・こと	残したい	新たにしたい
1位	海水浴場	2	10
2位	ショッピングセンター		10
3位	新地駅	3	9
4位	ショッピングモール		7
5位	海		6
5位	観海堂	4	6
7位	かるがん文具店	4	5
7位	バンピりんご園	5	5
9位	図書館	6	4
9位	遊園地		4
9位	街灯		4
11位	遊海新地	1	3
12位	公園	1	3

■分類別

もの・こと	残したい	新たにしたい
自然	46	21
土地の名物	33	19
イベント	28	13
伝統行事	24	11
公共施設	24	25
商業施設	16	57
交通	7	15
よりどころ	2	
ゆるキャラ		3
全体		2
住宅		2
総計	180	168

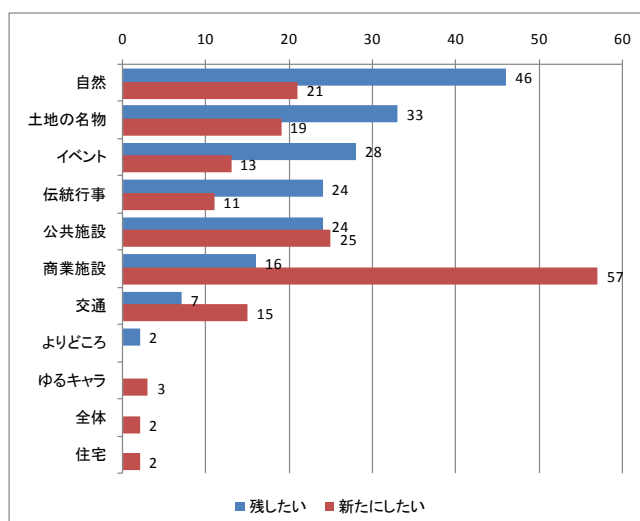


図 3.2-2 2050 年に残っていて欲しい（新たになっいて欲しい）もの・ことの整理結果

3.2.5 アンケート調査結果

中学生のワークショップや将来への関心を把握し今後の参考とするため、アンケートを実施した。設問ごとの結果は以下に示す。

(1) ワークショップに参加しての感想

各組のワークショップに参加しての感想を 5 段階で尋ねた（図 3.2-3）

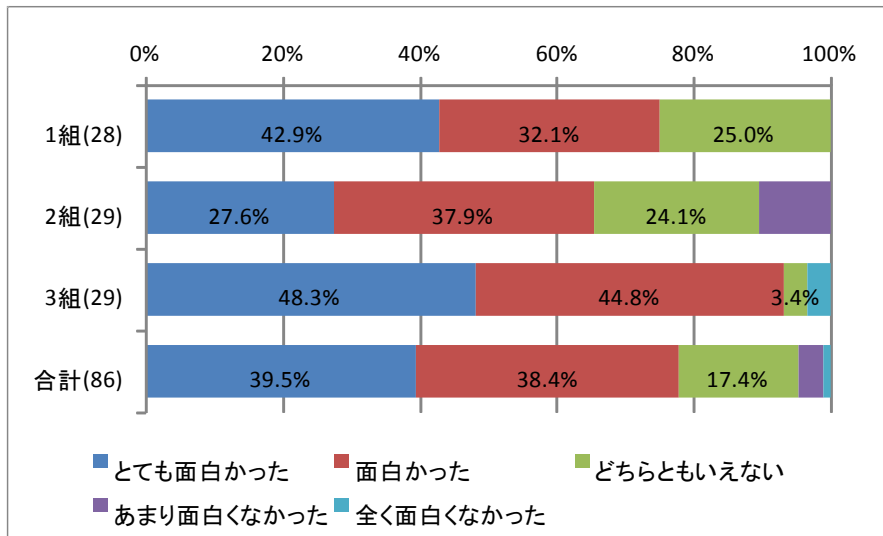


図 3.2-3 ワークショップに参加しての感想 (n=86)

(2) 1 回目の新地町の将来像を考えるワークショップ (1 月実施) 後に新地町の将来 (2050 年) についてどの程度考えていたか

各組のワークショップに参加後にどの程度将来について考えたかを 5 段階で尋ねた (図 3.2-4)

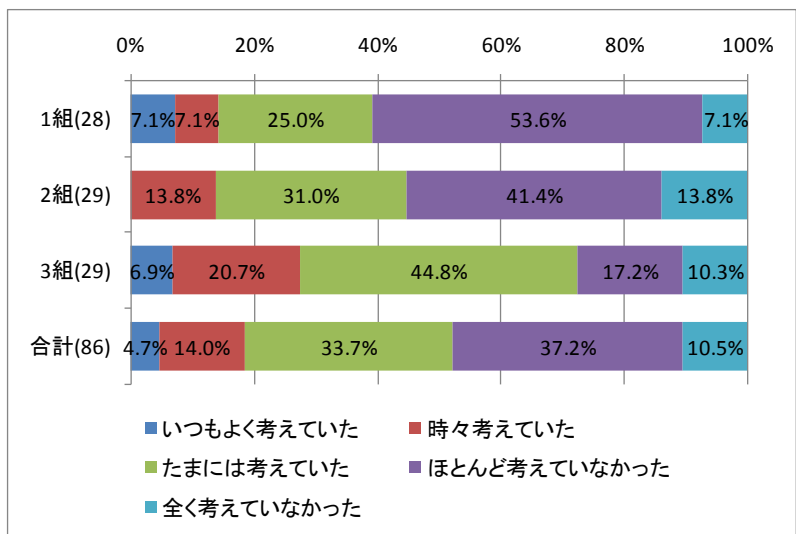


図 3.2-4 ワークショップに参加後にどの程度将来について考えたか (n=86)

(3) 新地町の将来 (2050 年) についてどのようなことを考えていたか (2) で「いつもよく考えていた」「時々考えていた」「たまには考えていた」と回答した生徒に対して)。

将来について何らかの考えを巡らせた生徒に対して、具体的な内容を自由記述で尋ねた。

- ・ 楽しくきれいな新地町
- ・ 釣師浜がどうなるのかなということを考えた
- ・ もっと人口が増えるといい
- ・ もっと東京のような感じ

- ・今よりもさらに発展してほしい
- ・自然
- ・食べ物
- ・高齢化がすすんでしまうのでは？
- ・文化、伝統や祭りがどうなっているか
- ・今は働く場所や大きな施設がないから、人口が少なく、あまり人が来ないから働く場所を増やし、人が住みやすい町にしてほしい
- ・大きなお店ができてほしい
- ・大きなファミレスやショップをたててほしい
- ・もっと人口を増やし、店を増加させ、にぎやかな感じにする
- ・どうやったら楽しい新地町でいられるか考えた
- ・新地の祭りは人がいっぱい楽しいので 2050 年まで残ってほしい
- ・なにごともなく海で泳げるようになるのか？
- ・今より人口は増えているのだろうか？
- ・コンビニやデパートが増えてほしい
- ・自然もある程度、残ってほしい
- ・新地町の未来をイメージアップした
- ・新地の町は何年後かには、きれいになっているのか？
- ・駅が新しくなり、新しい店ができたりしているのだろうか？
- ・より未来都市を発展させること
- ・今の新地町よりよい新地町を築くこと
- ・今よりも近代化していて、若い人が多く、としよりと若者がみんな仲良い町になってほしい
- ・震災前のようなきれいな海、自然など。
- ・復興
- ・活気あふれる新地町になるために、なにが足りないのかと考えた
- ・新地町が新しくできる
- ・本屋などができる
- ・人口をふやすための行事や施設をつくるべきだと考えた
- ・自然ゆたかな町
- ・都市化が進んでいる
- ・いろいろな地域がどのようなになっているか考えた
- ・もっとにぎわっている町づくりについて
- ・新地町の人口はどうなっているか
- ・新地町の人口が減少して相馬市と一緒にいる
- ・何がつくられるのかなど
- ・自然に対すること
- ・50 年後の新地町が今よりもりあがる町
- ・人口の増加や活性化
- ・50 年後も住みやすい新地町にし、発展している町

- ・ 50 年後の新地町がどう変化しているのかということ
- ・ 新地町の自然や人工などを考えることができ楽しみにってきた。

また、(3) で記載された意見の概要について分類・整理したグラフを図 3.2-5 に示す。これは、テキストマイニングの手法を使い、どのような言葉がアンケートの記述に出て来ているかを分類してグラフ化したものである。

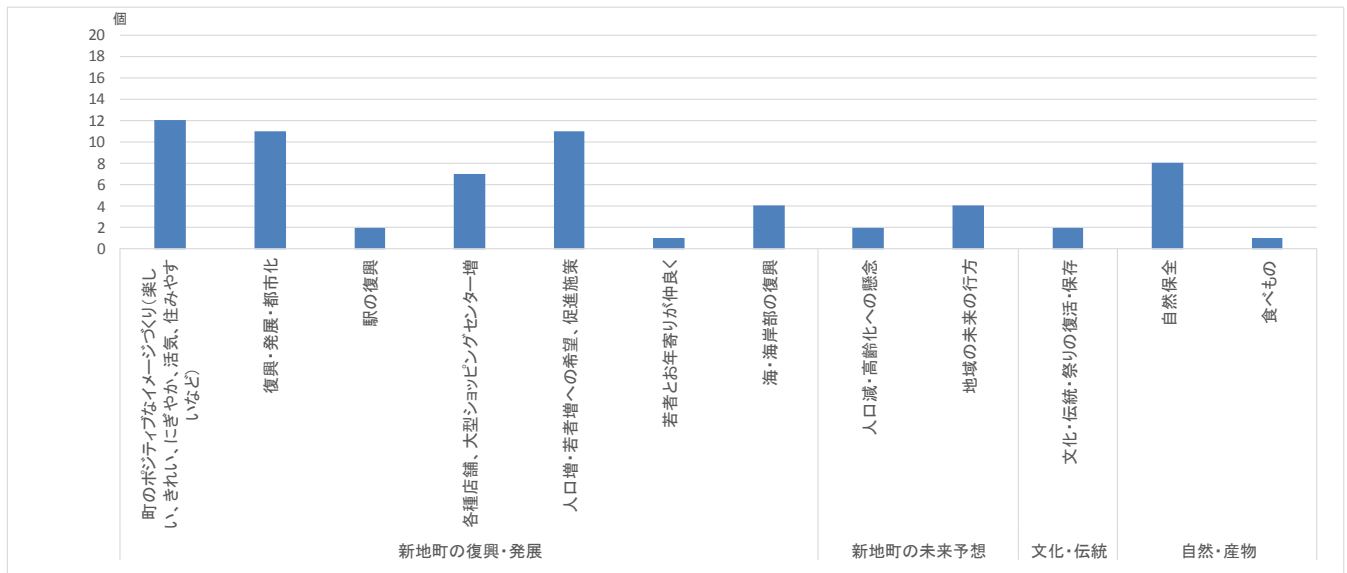


図 3.2-5 テキストマイニング手法による (3) の意見の整理

(4) ワークショップでの話しあいや他の班の発表を聞いて、2050 年に必ず実現してほしいことがあるか。

出された意見のうち、2050 年に実現して欲しい内容について自由記述で尋ねた。

- ・ かぐらは 2050 年まで残ってほしい
- ・ 福田十二神楽はこれからずっと続いていくこと
- ・ 釣師浜海水浴場の復活
- ・ なにか日本一というものをつくりたい
- ・ SSJ (シンチ・ソウマ・ジャパン) ができてほしい
- ・ 海の近くの復興が一番の目標だと思った
- ・ 駅がまた使えるように
- ・ 人がたくさん増えて、とても明るい町になってほしい
- ・ 伝統行事が残ってほしい
- ・ 特産物が広まってほしい
- ・ 新地町の特産物をもっとほかの町に PR してほしい
- ・ 自然を生かすこと
- ・ 自然を残してほしい。壊さないで！絶対！活かしてほしい
- ・ 暗くてあぶないため外灯がほしい

- ・実用的なものは実現してほしい
- ・大型ショッピングモール
- ・観海堂の再建設
- ・遊海新地
- ・デパート
- ・ファミレス
- ・小児科
- ・駅ができて、でんしゃで移動できるようになってほしい
- ・マクドナルド
- ・かつぱずし
- ・新地駅が復活してほしい
- ・公共の施設がもっとほしい
- ・商業施設、ショッピングモールなどの大きいものができればいいな
- ・伝統行事、神楽や花火大会がもっとパワーアップしてほしいと思う
- ・お店をもっと増やす
- ・人口をもっと増やしたい
- ・浜が使えるようになり、夏花火などを海でうちあげられるようになってほしい
- ・花火大会をまた再開してほしい
- ・丸久精肉店が再オープンしてほしい
- ・鹿狼山や祭りが残ってほしい
- ・にぎやかな町になってほしい
- ・海でなにごともなくみんなが泳げるようになってほしい
- ・自然を残しつつ、お祭りやコンビニがもっとできてにぎやかになるといい
- ・バス、電車
- ・交通の良いところになってほしい
- ・セブンイレブンの強化
- ・海に続く道や、海をキレイにしてほしい
- ・自然がそのまま残ってほしい
- ・いろんな施設がふえてほしい
- ・ショッピングセンター（買い物施設）ができてほしい
- ・鹿狼山など今のままで 2050 年まで残ってほしい
- ・人が多く活気であふれていて、自然がいっぱい
- ・新地駅の復興
- ・ホテル
- ・陸上競技場
- ・遊園地
- ・キャンプ場
- ・新しい（人の集まる）行事、施設をつくる
- ・震災でなくなってしまった行事や建物がまたあるようになってほしい

- ・海水浴場
- ・鹿狼山にいろんなものができ、ひとがたくさん来てくれるようになってほしい
- ・観光地
- ・新地町には本を借りるところが図書館しかないので残ってほしい
- ・新しくできてほしいものを絶対実現してほしい
- ・伝統的な行事など

また、(4) で記載された意見の概要について分類・整理したグラフを図 3.2-6 に示す。これは、テキストマイニングの手法を使い、どのような言葉がアンケートの記述に出て来ているかを分類してグラフ化したものである。

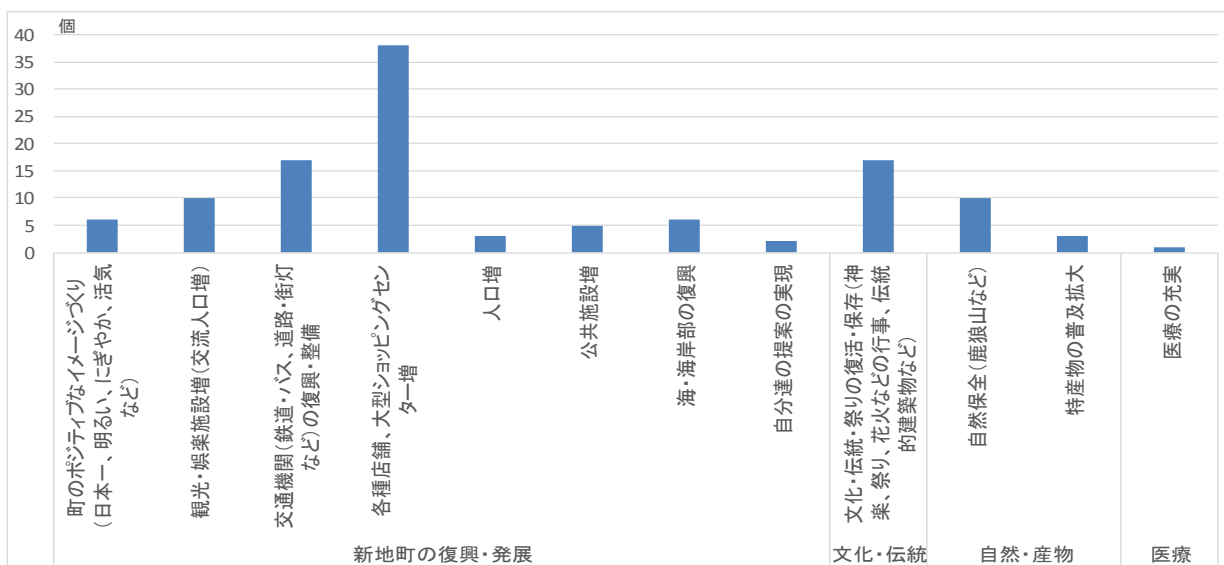


図 3.2-6 テキストマイニング手法による(4)の意見の整理

(5) ワークショップを通じて、新地町の将来を考えることについて印象に残ったことや、将来のために取り組んでみようと思ったことがあるか。

ワークショップで出された意見のうち、印象に残ったことや将来に向けて取り組みたいことについて自由記述で尋ねた。

- ・新地町をきれいにし、人口がふえてほしい
- ・新地町をきれいにしたい
- ・楽しい町
- ・これからは自分たちも、この町を支えていきたい
- ・新地の将来を考えることは楽しいと思った
- ・若い人がどんどん活発にはたらくべき
- ・将来のために出来ることがあったらやってみたい
- ・若い人の力が必要だと思った

- ・50年後はあまり遠くないから、しっかりとりくんでいきたい
- ・今回の授業で新地町の将来について色々考える事ができました
- ・もっと町のことを考えて、新地町をかえる
- ・もっと町のことを考えてみようと思った。
- ・知らなかったところもあった
- ・いったことのない所に行こうとおもった
- ・新地町の将来を考える事は、大切だと思った
- ・自然豊かな新地町であってほしい
- ・やっぱり1番は新地町の良い所を残すため、今からでも心がける
- ・自然を守りたい
- ・新地ならではの発展方法もたくさんあるんだなと思いました
- ・ごみを見つけたらひろう
- ・震災から不便なことが多いと実感した
- ・ボランティアに入って震災のために頑張りたい
- ・自然はやはり残ってほしいと思ったので、そこらへんに落ちているゴミをひろい、自然を大事にしたいと思う
- ・祭りに参加して、新地町を有名にする
- ・人口をさらに増やすだけでなく、かんこう客をたくさん増やして、町おこしを活性化したらいいと思う
- ・祭りがいっぱいあったら伝統ができていいと思った
- ・自然を大切に将来自然が多くなってほしい
- ・やはり自然や伝統文化は大事だと思った
- ・すごくためになった
- ・残っていてほしいものがいっぱいあることが印象に残った
- ・新地で働く
- ・自然を大切にすること
- ・自然豊かというので鹿狼山は残っていてほしいし、登る人ももっとふえてほしいと思ったので、ボランティア活動などで町や山の掃除など町のためになることに参加したい
- ・ほとんどの班が”自然豊かであってほしい”と書いていたので、自分も意識してみようと思います
- ・地産地消する、地元の良いところを知る
- ・ボランティアとかで出来ることがあったら何でも取り組みたい
- ・自分の考えや他人の意見を確認できてよかった
- ・みんなで協力して意見を出し合えたのがよかった
- ・一人ひとりが意見を出していく
- ・周りの友達なども同じような考えだったので、みんなで意見を出し合うことが大切だと思った
- ・これからどんどん新地町が発展してほしいと思う
- ・みんなの意見を聞いてまだまだ新地町は発展していくと思いました

- ・親や町の人にどんどん意見を言いたいと思った

また、(5) で記載された意見の概要について分類・整理したグラフを図 3.2-7 に示す。これは、テキストマイニングの手法を使い、どのような言葉がアンケートの記述に出て来ているかを分類してグラフ化したものである。

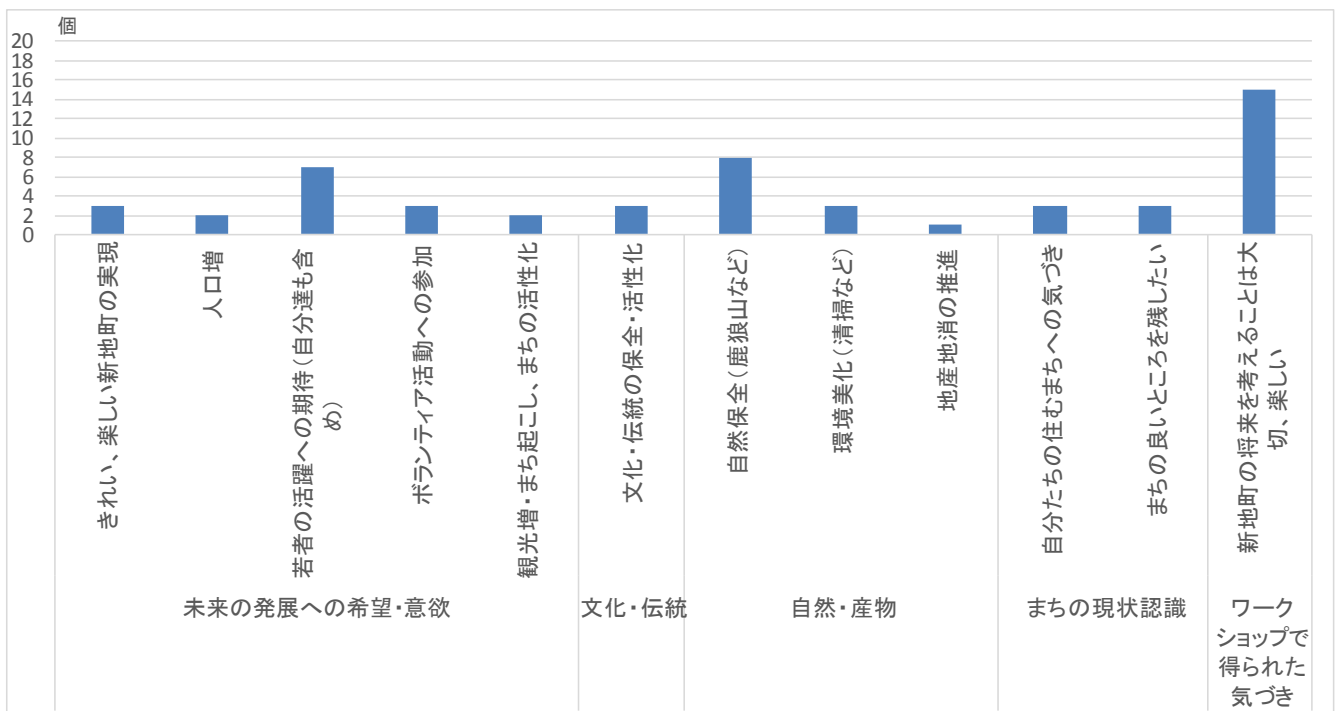


図 3.2-7 テキストマイニング手法による (5) の意見の整理

3.2.6 まとめと今後の課題

2014年1月に開催したワークショップに引き続き本ワークショップでも、生徒は非常に協力的で、1時間30分という極めて短い時間にもかかわらず、各班でのディスカッションにおいて新地町の未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、飲食店などの商業施設、駅の再建・新幹線やバスなどの交通機関、ゲームセンターやテーマパークなどの娯楽施設の整備などであり、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)などの自然、地域に伝承されている神楽や伝説などの文化・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。これは、前回ワークショップの結果から変わっておらず、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。

ただ、話し合いの過程では、新地町の未来に対して生徒一人一人が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もうかがえた。今回の成果をもとに、自分たちの提案を具現化させるための施策や活動について、自分たちがどのように関わっていくかを考える機会があれば、新地町の総合計画やまちづくり政策等へのインプットだけでなく、主体的に自分たちの住むまちづくりに関わっていく人材育成にも繋がると考えられる。

また、今回はワークショップの素材として、新地町復興応援隊、新地町役場企画振興課の協力で準備した写真を使用した。あらかじめ準備された写真があったからこそ発想が広がる（写真を見て思いつく）面もあったが、写真に発想が限定されてしまう（写真の範囲で考えてしまう）面もあった。事情が許せば、生徒一人ひとりが撮影した（自分の想いを表現した）写真を使用したほうが、より自由で発想豊かな議論に繋がったのではないかと思われる。加えて、このようなワークショップは、本来であれば「まち歩き」なども取り入れ、丁寧に意見を掘り起こし対話を深めていくべきであるとのコメントも、事後の打ち合わせにてスタッフから出された。「総合学習の時間を使って」という時間の制約上、今回はこうした「まち歩き」を加えることはできなかったが、ワークショップで取り上げた「もの」や「こと」について参加者が共有するといった過程も必要であろう。

本ワークショップの結果の概要については、活動の紹介も兼ねて、2015年2月中旬に「速報かわら版」として、ワークショップに参加した2年生の皆さんに配布した。このワークショップをきっかけとして、各家庭でも新地町の長期的な将来像について話し合い、まちづくりへの関心を高めていただきたいと考えたからである。このかわら版がどのように受け止められたかについては把握できていないが、新地町の住民が、未来への希望に満ちた中学生のフレッシュな意見に触れ、次世代に引き継ぐべき豊かなまちの将来像を思い描く手がかりとして活用していただけることを願っている。

なお、本ワークショップの成果は、新地町の総合計画策定のための基礎情報としても活用される予定である。しかしながら、教育課程の一環として、本ワークショップのような取り組みの有用性ととも、行政的な資料として本ワークショップの成果を活用するためには、いくつかの課題があると認識している。たとえば、総合計画策定に向けて、中学生だけを対象とした意見ではなく、他の年齢層がもつ意見をどのように抽出するか、また、同じような手法を環境や産業構造など地理的、社会的条件が異なる他の自治体に対してそのまま適用できるか、などである。こうした課題の克服については、自治体や住民、研究者など様々なステークホルダーが一体となって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。