

平成 29 年度環境省大臣官房環境計画課委託

平成 29 年度

環境経済の政策研究事業委託業務

(国民総幸福最大化と低炭素化を両立させる都市・地域縮退戦略策定モデル  
～地区詳細スケールでの評価に基づく土地利用・インフラ再編策立案手法～)

成果報告書

平成 30 年 3 月

中部大学

## 目次

概要.....	2
I. 研究計画・成果の概要等 .....	3
1. 研究の背景と目的 .....	3
2. 3年間の研究計画及び実施方法 .....	4
3. 3年間の研究実施体制 .....	7
4. 本研究で目指す成果.....	7
5. 研究成果による環境政策への貢献.....	7
II. 平成 29 年度の研究計画および進捗状況と成果 .....	9
1. 平成 29 年度の研究計画 .....	9
2. 進捗状況および成果（概要） .....	11
3. 対外発表等の実施状況 .....	17
4. 平成 29 年度の進捗状況と成果（詳細） .....	19
4-1 序論.....	19
4-2 本論.....	20
4-2-1 平成 29 年度の研究状況.....	20
4-2-2 3年間の研究を通じて得られた成果.....	75
III. 添付資料 .....	211
1. 参考文献 .....	211

## 概要

人口減少下の日本において、「低炭素」で「サステイナブル」かつ「レジリエント」なコンパクト都市・地域構造への縮退戦略を立案支援する一連のモデルシステムを整備した。各モデルシステムは申請者らがこれまで開発してきたものをベースとしつつ、それらを改良・統合し、国民の最大幸福化の実現の観点から、対象都市・地域の特性に応じた政策パッケージを導出可能な構造とした。モデルシステムは、申請者らが既に地域との連携関係を構築している国内外の数都市でのケーススタディを通じて、人口減少・気候変動による「サステイナビリティ」「レジリエンス」の変化をGISにより視覚的に明らかにするとともに、それらを向上させるための具体的な対応戦略を導出するフレームワークを検討した。さらに、各モデルシステムの利用性を高めるとともに、一連のプロセスをマニュアル化することで、自治体担当者らが縮退戦略の地域における合意形成に利用できるように整備した。具体的には「(1) 都市・地域の縮退戦略と低炭素化に関する研究・政策レビュー」、「(2) 都市・地域縮退がもたらすコベネフィットの評価モデルシステム開発」を継続・高度化するとともに、「(3) 都市・地域縮退がもたらすコベネフィットの評価に関する事例研究」「(4) 都市・地域縮退戦略の環境政策への貢献」を実施した。

As Japan is facing population decline, it is necessary to establish a series of model systems focusing on low carbon, sustainability and resiliency to support the planning of retreating strategies for regional area and compact city reformation. Each model system is based on what the applicants have developed and these include the topics of improvement and integration, viewpoint from maximum quality of life realization, to derive policies that suit the unique characteristic of targeted urban and regional area. The model systems are contributed by the applicants' case studies research in several cities inside and outside of Japan that has similar issue. The study of resilient and sustainability caused by population decline, climate change will be represent by GIS model for clearer understanding and devising a framework that derives concrete response strategies for further improvement. Moreover, to further increase the applicability of each model system, the process detail will be made into manual guide such that self-government body involving with retreating strategy will be able to benefit from it. In the detail, this research project conducted [1. City and regional retreat strategy and low carbon approach research and policy review], further improvement of [2. Development of co-benefit model systems for city and regional retreatment], [3. Case study review of co-benefit evaluation for city and regional retreat], and [4. Contribution of city and regional retreat strategy to environmental policy].

## I. 研究計画・成果の概要等

### 1. 研究の背景と目的

#### (1) 背景

第二次大戦後の急速な経済成長を原動力に、国民に一定レベルの生活水準を提供するためのインフラ整備が完成した日本では、国土デザインの中心課題が「物的拡大」から「質的充実」へと移行している。したがってその評価も**経済便益では捉えきれない**はずであるが、都市・地域やインフラ整備に関するプロジェクトの評価は現在でも貨幣タームでの費用便益分析が軸となっている。一方で、経済成長の過程でモータリゼーション進展と緩い土地利用規制によって都市・集落域が低密に拡散した結果、CO<sub>2</sub>排出量やインフラ維持費用が大きい**スプロール型土地利用**となるとともに、災害に対して脆弱な地域にも住宅や都市機能が広がってしまっている。

人口減少・超少子高齢時代を迎え、このような土地利用を放置すると、得られるQOL(Quality Of Life)に対して**多くのエネルギー消費・CO<sub>2</sub>排出やインフラ維持費用**を要する非効率な状況が続き、低炭素社会になりえないどころか将来的には、地域そして国の破綻へつながりかねない。また**気候変動に伴う気候外力の増加**によって、災害脆弱地域ではより一層の被災リスクを抱えるようになり、現在では安全な地域であっても今後想定を超える災害に襲われる可能性がある。このような社会的・環境的变化に伴う国土衰退を回避するために、各基礎自治体は、土地利用をコンパクト化し、交通・防災・代謝等インフラシステムを適正に組み合わせることで、人口急減を防ぎ、財政健全経営を図りながら社会が絆を保って生き延びる**レジリエントな国土デザイン戦略**への転換が急務である。

この戦略で最も重要となる方向性は、災害に対して脆弱な地区や、QOLが低くCO<sub>2</sub>排出量やインフラ維持費用が大きい地区を割り出して撤退し、優良な地区への集約を図ることで、低炭素・低費用でQOLの高い魅力的な地域を支える土地利用に転換する「**縮退**」である。その実現に欠かせないのが、**撤退もしくは集約地区の特定**であり、具体的には、基礎自治体の空間構造を検討できるように、内部を詳細に分割した単位で、上述の様々な指標を推計し「**コベネフィット**」を評価できる手法が必要である。従来は、このような地区詳細スケールでの評価手法はなく、例えばCGEをベースとした手法では都道府県レベルの解像度しか得られなかった。

そこで申請者らは、10年にわたって縮退戦略(スマートシュリンク)の思想、評価指標としての**QOL/LCCost**(インフラのライフサイクルコスト)、**QOL/CO<sub>2</sub>**に基づく小地区(500mメッシュ)スケールでの**長期的サステナビリティ(持続可能性)**や**災害時レジリエンス(回復力)**を評価するシステムのプロトタイプを開発し、名古屋都市圏や幾つかの地方都市に適用した。その成果を論文や著書はもとより、新聞(日本経済新聞「経済教室」等)や一般雑誌論考(「Wedge」等)でも公表してきた。

#### (2) 目的

「**幸福度向上・低炭素保証型の都市・地域縮退戦略**」を各自治体が見いだすために、**詳細スケールでの地区評価手法**を開発することを目的とする。具体的には 1)500mメッシュという小地区単位で将来人口やその構成を予測するモデルを構築し、それをもとに 2)CO<sub>2</sub>排出量を予測するとともに、3)経済便益にとどまらない居住者の**包括的な幸福度(QOL)**の変化を計測でき、4)この値を個人・地区間

格差も考慮して地域全体で集計した**地域幸福度**を算出し、5)B/C (プロジェクト総便益/プロジェクト総費用) の B を地域幸福度に置き換え、個人ベースに disaggregate した地区ごとの住民1人の QOL/ CO<sub>2</sub> (炭素排出あたりの QOL 向上効率: CO<sub>2</sub> emission based QOL sufficiency) を算出する。6) 同時に各メッシュの**水害や地震等に対する脆弱性**も評価し、気候変動に伴う変化についても検討することで、5)と合わせて、**撤退・集約すべきメッシュの順位づけ**を可能とする。

## 2. 3年間の研究計画及び実施方法

人口減少下の日本において必要となっている、「低炭素」で「サステイナブル」かつ「レジリエント」な**コンパクト都市・地域構造への縮退戦略**を立案支援する一連のモデルシステムを整備する。各モデルシステムは申請者らがこれまで開発してきたものをベースとしつつ、それらを改良・統合し、国民の最大幸福化の実現の観点から、**対象都市・地域の特性に応じた政策パッケージ**を導出可能な構造とする。

モデルシステムは、申請者らが既に地域との連携関係を構築している国内外の数都市でのケーススタディを通じて、人口減少・気候変動による「サステナビリティ」「レジリエンス」の変化を GIS により視覚的に明らかにするとともに、それらを向上させるための具体的な対応戦略を導出するフレームワーク (下図参照) を検討する。さらに、各モデルシステムの利用性を高めるとともに、一連のプロセスをマニュアル化することで、**自治体担当者らが縮退戦略の地域における合意形成に利用できる**ように整備する。

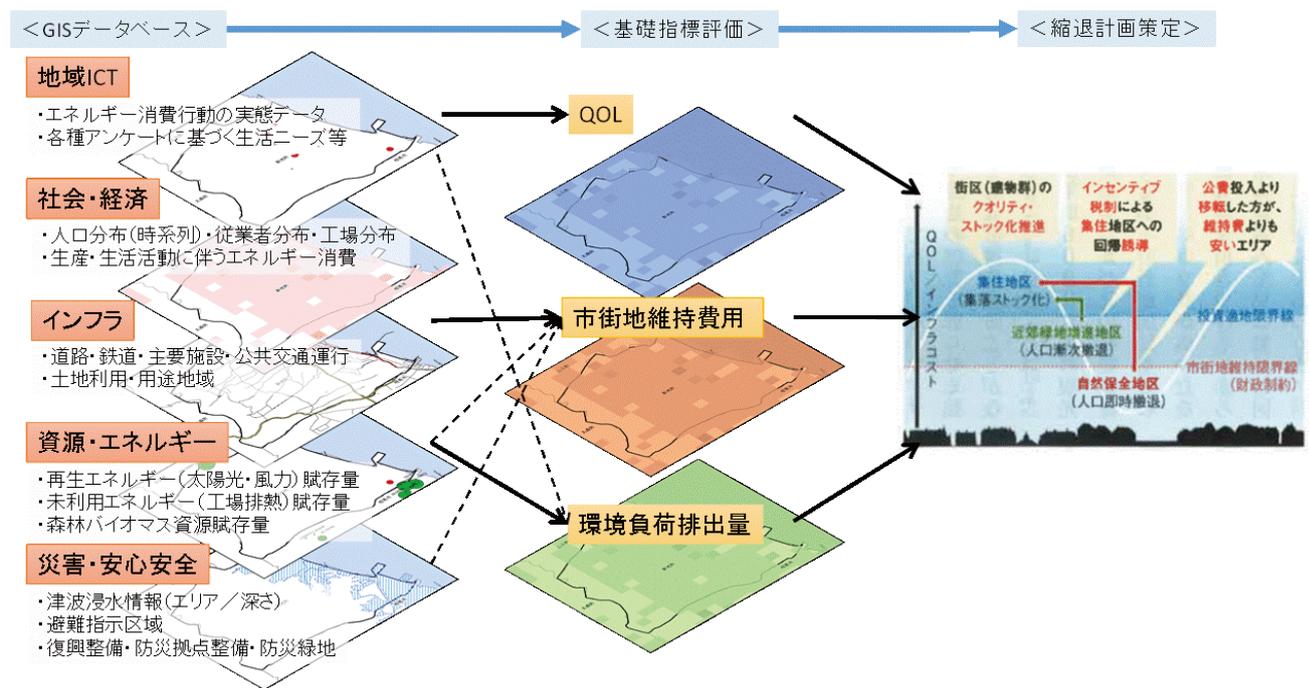


図-1 縮退戦略策定モデルのイメージ

### (1) 都市・地域の縮退戦略と低炭素化に関する研究・政策レビュー (林・塚原・中村・加知)

本研究において最も根本的な評価概念となる「QOL」について、国内外の関連研究等を網羅的にレビューすることで系譜図を作成し、その定量評価手法について理論的な見直しを図るとともに、P

プロジェクト評価への適用に配慮したモデルを再構築する。

#### ・欧州の衰退都市における都市発展計画と環境政策の事例調査

欧州では日本に先立って経済成熟（後退）や人口減少が進んだ都市・地域が多くあり、地域政策の評価概念として QOL 向上や低炭素化を導入している例が見られる。そこで、ドイツ、イングランドの諸都市などを対象に、都市衰退に対してどのように目標を修正し都市・環境政策を変更していったかについて、合意形成プロセスや具体的な政策評価手法を中心に現地・資料調査及び自治体へのヒアリング等を通して事例調査を実施する。

#### ・都市・地域の縮退がもたらすコベネフィットに関する研究事例調査

都市・地域縮退策については、先進国を中心に様々な提案があり、一部は実施されている。その議論の中で、この策がいかなるメリットやデメリットを発生するかについても多数の研究が行われている。本研究では特に、主な効果としての「CO<sub>2</sub>等環境負荷の削減」「QOL の向上」「災害への対応」「費用の低減」と、それを実施する際に直面する困難としての「撤退・集約費用の負担」「撤退後の土地利用」「集約を進めるための誘導策」について、資料調査及び学会等での情報収集・議論、関連分野の研究者へのヒアリングを通して研究事例の調査を行う。それらを踏まえて、環境負荷削減に留まらない、縮退戦略のコベネフィットを体系化する。

(2) 都市・地域縮退がもたらすコベネフィットの評価モデルシステム開発（林・加藤・戸川）

#### ・詳細地区スケールでの空間～環境コベネフィットの評価指標の定式化

(1)での研究事例調査の結果を基に、都市・地域構造の変化が低炭素性その他様々な要素に及ぼす効果について定式化を行う。既に申請者らは、CO<sub>2</sub>排出量、QOL 尺度、インフラ維持費用の3つの評価指標を 500m メッシュ単位で計量可能なモデルを開発しており、これを改良する。CO<sub>2</sub>排出量は、コンパクト化に伴う移動距離や交通機関選択の変化を考慮できるよう旅客交通起源分のモデル詳細化を行う。QOL 尺度は、従来考慮してきた機会獲得性・居住快適性・安心安全性の3要素に加え、地域コミュニティの強さや文化的な蓄積を含めた評価を可能とするようにする。インフラ維持費用はそれも含めた包括的な住民サービスの費用を算定できるようにする。これらについて、都市・地域構造やインフラ供給状況による変化を検出可能な関数としてモデル化を行う。

#### ・土地利用・インフラ再編を伴う縮退戦略のコベネフィット評価モデルの構築

上記で開発した各指標の評価モデルとともに、既に申請者が開発を進めている、地震災害や水害に伴う人命・財産・生活被害とその回復過程を小地区単位でシミュレートして評価するモデルシステムを用いて、GIS 上で 500m メッシュ単位での長期的「サステナビリティ」と災害時「レジリエンス」評価を可能とするモデルシステムを整備する。前者は住民サービス新設費用あたり QOL や、CO<sub>2</sub>排出量あたり QOL が長期的に安定して高い水準で推移するかどうかで評価できる。また、後者は各種被害を住民の総余命損失と財産・インフラ被害額の少なさとして評価できる。これらの指標を用いて、縮退戦略実施（撤退・集約地選定）や各種インフラ整備がもたらすコベネフィットが評価できるようになる。

なお、近年における集中豪雨災害等の頻発を考慮して、災害影響の地理的分布や頻度変化を組み込んだ縮退戦略の立案は必要不可欠である。そのため、気候変動影響シナリオと統合的な高解像度の災害リスク影響評価モデルを新たに開発し組み込む。これによって、例えば河川水害であれば、気候変動進展後において、堤防・ダムなどのインフラ建設策と、後背地から撤退し浸水を許す策とでのレジ

リエンスの違いを評価できるようになり、CO<sub>2</sub>排出量等とも合わせた縮退戦略検討が可能となる。

### (3) 都市・地域縮退がもたらすコベネフィットの評価に関する事例研究（加藤・中村・加知・戸川）

構築した評価モデルシステムは日本全国を対象とするが、本研究では、研究参加者が実際に地域の活性化や防災・減災対応に携わっている名古屋都市圏・宮崎市・福島県浜通り北部地域等の候補地に適用し、ケーススタディを実施する。特に目指す点は、少子高齢化、巨大災害リスク増大（気候変動の考慮を含む）、そして省エネルギー・低炭素という、縮退戦略が必要とされる3つの主な要因について、各対象地域で評価を行い、それを基に「サステナビリティ」「レジリエンス」の両方が向上できるような望ましい縮退プログラム（時系列）を提案することである。さらにその提案を各地域の自治体職員や住民等に見ていただき、議論することで、実行可能な戦略の実施に向けて合意形成を図るプロセスを試行する。

以下では重点的な評価対象地域として想定している、名古屋都市圏北東部の小都市である岐阜県恵那市を例に検討イメージを述べる。名古屋駅から1時間強の通勤圏外縁にある小都市で、御多分に洩れずスプロールが進み、中心市街地が衰退してきている。郊外集落では高齢化・過疎化が著しくQOL維持が困難となっている。一方、2027年には近隣にリニア新幹線駅が設置される予定で、QOLの大きな変化が見込まれる。そこで、小地区単位での将来人口や構成、および建物・インフラの更新を予測するモデルの結果も用いて、リニア新幹線を利用した首都圏などの交通利便性改善に伴うQOL向上効果を検討するとともに、城内での二次交通整備や縮退策、および中心市街地建物群の高質・長寿命化（クオリティ・ストック化）も合わせて行った場合に、居住者のQOLがどれほど向上し、CO<sub>2</sub>が削減できるかを分析する。

### (4) 都市・地域縮退戦略の環境政策への貢献（全員）

ケーススタディを通じて導出した望ましい都市・地域構造を実現するために必要となる縮退戦略（スマート・シュリンキング）シナリオを政策立案者との協働を通して検討する。ここでは、低炭素化とともに地域幸福度向上、維持費用削減、災害への強靱性確保を合わせたコベネフィットを最大化し、人口減少下でもサステナブルでレジリエントとなるような都市・地域を幅広い合意形成によって実現することに資する方法論の提供を目指し、かつ政策立案者が利用可能なガイドラインを作成する。

日本のように都市化の過程において郊外開発が急速に進んだ国では、既に開発が進んだ郊外部のうち災害に対して脆弱であったり、QOLのわりに費用やCO<sub>2</sub>排出が大きい地区からいかに撤退し、効率の高い地区に集結するかが課題である。そのための具体的な誘導策として、都市計画規制と税制等によるインセンティブの併用策を提示する。これについては、欧米で実施されている不動産取引の様々なテクニックの日本への導入可能性も合わせて検討する。さらに、策の実施に伴う誘導効果の発現量を評価できる計量モデルを合わせて開発し適用することで、国民幸福最大化・低炭素化の観点から見た施策の必要実施レベルをバックキャスト的に推計する。

また、日本特有の問題点として、建物の寿命が短いことが挙げられる。これは物理的耐久性よりもむしろ都市計画制度の不備による土地利用混乱が各建物の社会的・経済的寿命を減少させている側面がある。建物の寿命はCO<sub>2</sub>排出量や資源消費量の多寡とは必ずしも関係しないが、省エネルギーやリサイクルの技術と合わせて影響を及ぼす。そこで、縮退シナリオの検討にあたっては、維持費用

等を勘案した建物・インフラストック更新投資余力も考慮し、サステナビリティをより高めることができる社会的・経済的寿命を見だし実現する「都市ストック化」施策を合わせて実施することを盛り込むこととする。

### 3. 3年間の研究実施体制

氏名	所属	担当
林 良嗣	中部大学・教授	統括, (1)政策・研究レビュー, (2)事例研究, (3)政策検討
加藤 博和	名古屋大学・大学院環境学研究科・准教授	(2)モデルシステム開発, (3)事例研究, (4)政策検討
中村 晋一郎	名古屋大学・大学院工学研究科・講師	(1)政策・研究レビュー, (2)モデルシステム開発, (4)政策検討
塚原 健一	九州大学・大学院工学研究院・教授	(1)政策・研究レビュー, (4)政策検討
加知 範康	九州大学・大学院工学研究院・助教	(1)政策・研究レビュー, (2)モデルシステム開発, (4)政策検討
戸川 卓哉	国立環境研究所・福島支部／社会環境システム研究センター・研究員	(2)モデルシステム開発, (3)事例研究, (4)政策検討
西岡 誠治	長崎県立大学・教授	(1)政策・研究レビュー, (3)政策検討

### 4. 本研究で目指す成果

都市・地域全体やその内部の任意メッシュについて、QOLを向上させながらCO<sub>2</sub>を削減していくプログラムが検討できる。また、地域経営の重要なバロメータとなる市街地維持費用もメッシュごとに計算できる。そのため、CO<sub>2</sub>あるいは費用の削減目標を与えると、QOL/CO<sub>2</sub>あるいはQOL/LCCostの小さいメッシュからの順次撤退、あるいはQOLを改善するインフラの改良を同時に考慮した計画の作成が可能となる。更に、地区や個人属性（年齢別、性別、居住地区別など）ごとのQOL水準も算出できるようにし、政策立案者が利用可能なガイドラインを作成する。

### 5. 研究成果による環境政策への貢献

地球温暖化に対する都市・地域の「緩和策」「適応策」として長期的に大きな効果が期待できる、土地利用・インフラ再編策の立案と評価が可能となる。詳細地区単位での評価による撤退・集約地区の導出による縮退施策、それを補完する交通ネットワーク整備施策、あるいは防潮堤などの防災インフラの改良などといった施策オプションを、500mメッシュ単位という従来手法にはない極めて詳細なレベルで具体的に検討できる。その際、メッシュごとにQOLの変化や、インフラ維持に必要となる公共投資の額が推計でき、CO<sub>2</sub>削減と同時にコベネフィットとしての幸福度や財政状況の改善も一目瞭然となる。また、経済便益に代えてQOLを用いることは、経済成熟時代の都市・地域政策評価の方向性に適合するのみならず、高齢者・就業者・子供といった属性別にQOL向上を検討できるので、人口減少・高齢化時代に各属性間のバランスがとれたQOL向上を目指し

た縮退戦略への科学的根拠を提供できる。

## II. 平成 29 年度の研究計画および進捗状況と成果

### 1. 平成 29 年度の研究計画

20 世紀の経済成長の過程で都市・集落域が低密度で拡大した日本は、CO<sub>2</sub> 排出量やインフラ維持費用の負荷が大きい土地利用を 21 世紀に残した。そのため、住民の幸福度（QOL）を維持するためには、多くのエネルギーやコストが必要となっている。人口減少・超少子高齢時代を迎え、このような土地利用を放置すると、得られる QOL に対して多くのエネルギー消費・CO<sub>2</sub> 排出やインフラ維持費用を要する非効率な状況が続き、低炭素社会になり得ないどころか将来的には、地域の破綻へつながる恐れがある。また、気候変動に伴う気候外力の増加によって、災害脆弱地域ではより一層の被災リスクを抱えるようになり、現在では安全な地域であっても今後想定を超える災害に襲われる可能性がある。このような社会的・環境的变化に伴う国土衰退を回避するために、各基礎自治体は、土地利用をコンパクト化し、交通・防災・代謝等インフラシステムを適正に組み合わせる「縮退」が戦略としてあげられるが、自治体が縮退戦略を立案支援するモデルシステムが整備されていない状況にある。

本研究では、人口減少・少子高齢化時代を迎えた日本において、都市・地域を持続可能で魅力的にするため、低炭素・低費用でかつ QOL を最大化する都市・地域縮退戦略の在り方について、政策につながる提言を行う。その目的を達成するため、欧州等の都市・地域縮退戦略に関する事例を調査した上、500mメッシュ程度の小地区単位で、将来人口及び CO<sub>2</sub> 排出量、経済便益にとどまらない居住者の QOL 等の算出ができる「地区評価手法」の開発を行う。また、自治体で具体的な政策に活用する等の実証を行いつつ、評価手法について、都市政策への活用方法を解説したガイドラインの作成も行う。

#### (1) 都市・地域の縮退戦略と低炭素化に関する研究・政策レビュー

本研究において最も根本的な評価概念となる「QOL」について、国内外の関連研究等を網羅的にレビューすることで系譜図を作成し、その定量評価手法について理論的な見直しを図るとともに、プロジェクト評価への適用に配慮したモデルを再構築する。

欧州では日本に先立って経済成熟（後退）や人口減少が進んだ都市・地域が多くあり、地域政策の評価概念として QOL 向上や低炭素化を導入している例が見られることから、平成 28 年度に引き続きドルトムント、ライプチヒ、ドレスデンといったドイツの諸都市を対象に現地及び資料調査、自治体へのヒアリング等の事例調査を実施する。また、それらの都市を対象に QOL 指標を用いて評価を行い、(2) の日本の候補地と比較を行う。加えて、学会や研究ワークショップでの情報収集や議論を行うとともに、関係分野の研究者との意見交換を実施する。その一つとして、日本地球惑星連合学会に参加し情報収集を行う。

#### (2) 都市・地域縮退がもたらすコベネフィットの評価に関する事例研究

平成 28 年度に引き続き、事例研究として名古屋都市圏・宮崎市を対象にケーススタディを実施する。少子高齢化や巨大災害リスク増大（気候変動の考慮を含む）、そして省エネルギー・低炭素という、縮退戦略が必要とされる 3 つの主要な要因について、各対象地域で評価を行い、それを基に「サス

「レジリエンス」の両方が向上できるような望ましい縮退プログラム（時系列）について、上記地域に向けた提案を検討する。さらにその提案を各地域の自治体職員や住民等と議論を行い、実行可能な戦略の実施に向けて合意形成を図るプロセスを試行する。

### (3) 都市・地域縮退戦略の環境政策への貢献

(2) のケーススタディを通じて導出した望ましい都市・地域構造を実現するために、必要となる縮退戦略（スマート・シュリンキング）シナリオを政策立案者との協働を通して検討する。ここでは、低炭素化とともに地域幸福度向上、維持費用削減、災害への強靱性確保を合わせたコベネフィットを最大化し、人口減少下でも「サステイナブル」で「レジリエント」となるような都市・地域を幅広い合意形成によって実現することに資する方法論を提供する。最終的には、方法論を運用者である自治体との意見交換を通してガイドラインを策定し、政策立案者が利用可能なハンドブックを 100 部程度作成する。また、本ハンドブック及び研究成果を活用して自治体職員等を対象に講習会を開催する。さらに研究成果の一部を学会誌 *Hydrological Research Letters* 等で発表する。

## 2. 進捗状況および成果（概要）

### (1) 平成 29 年度の研究状況及び成果（概要）

#### (a) 都市・地域の縮退戦略と低炭素化に関する研究・政策レビュー

本研究において最も根本的な評価概念となる「QOL」について、国内外の関連研究等を網羅的にレビューすることで系譜図を作成し、その定量評価手法について理論的な見直しを図るとともに、プロジェクト評価への適用に配慮したモデルを再構築した。

欧州では日本に先立って経済成熟（後退）や人口減少が進んだ都市・地域が多くあり、地域政策の評価概念として QOL 向上や低炭素化を導入している例が見られることから、平成 28 年度に引き続きドルトムント、ライプチヒ、ドレスデンといったドイツの諸都市を対象に現地及び資料調査、自治体へのヒアリング等の事例調査を実施した。また、それらの都市を対象に QOL 指標を用いて評価を行い、(2) の日本の候補地と比較を行った。加えて、学会や研究ワークショップでの情報収集や議論を行うとともに、関係分野の研究者との意見交換を実施した。その一つとして、日本地球惑星連合学会に参加し情報収集を行った。



#### (b) 都市・地域縮退がもたらすコベネフィットの評価に関する事例研究

平成 28 年度に引き続き、事例研究として名古屋都市圏・宮崎市を対象にケーススタディを実施した。少子高齢化や巨大災害リスク増大（気候変動の考慮を含む）、そして省エネルギー・低炭素という、縮退戦略が必要とされる 3 つの主な要因について、各対象地域で評価を行い、それを基に「サステナビリティ」「レジリエンス」の両方が向上できるような望ましい縮退プログラム（時系列）について、上記地域に向けた提案を検討した。さらにその提案を各地域の自治体職員や住民等と議論を行い、実行可能な戦略の実施に向けて合意形成を図るプロセスを試行した。

#### (c) 都市・地域縮退戦略の環境政策への貢献

(2) のケーススタディを通じて導出した望ましい都市・地域構造を実現するために、必要となる縮退戦略（スマート・シュリンキング）シナリオを政策立案者との協働を通して検討した。ここでは、低炭素化とともに地域幸福度向上、維持費用削減、災害への強靱性確保を合わせたコベネフィットを最大化し、人口減少下でも「サステナブル」で「レジリエント」となるような都市・地域を幅広い合意形成によって実現することに資する方法論を提供した。最終的には、方法論を運用者である自治体との意見交換を通してガイドラインを策定し、政策立案者が利用可能なハンドブックを 100 部程

度作成した。また、本ハンドブック及び研究成果を活用して自治体職員等を対象に講習会を開催した。さらに研究成果の一部を学会誌 Hydrological Research Letters 等で発表の予定である。

## (2) 3年間の研究を通じて得られた成果（概要）

人口減少下の日本において、「低炭素」で「サステイナブル」かつ「レジリエント」なコンパクト都市・地域構造への縮退戦略を立案支援する一連のモデルシステムを整備した。各モデルシステムは申請者らがこれまで開発してきたものをベースとしつつ、それらを改良・統合し、国民の最大幸福化の実現の観点から、対象都市・地域の特性に応じた政策パッケージを導出可能な構造とした。

モデルシステムは、申請者らが既に地域との連携関係を構築している国内外の数都市でのケーススタディを通じて、人口減少・気候変動による「サステイナビリティ」「レジリエンス」の変化をGISにより視覚的に明らかにするとともに、それらを向上させるための具体的な対応戦略を導出するフレームワークを検討した。さらに、各モデルシステムの利用性を高めるとともに、一連のプロセスをマニュアル化することで、自治体担当者らが縮退戦略の地域における合意形成に利用できるように整備した。

### (a) 都市・地域の縮退戦略と低炭素化に関する研究・政策レビュー

本研究において最も根本的な評価概念となる「QOL」について、国内外の関連研究等を網羅的にレビューすることで系譜図を作成し、その定量評価手法について理論的な見直しを図るとともに、プロジェクト評価への適用に配慮したモデルを再構築した。

#### ・欧州の衰退都市における都市発展計画と環境政策の事例調査

欧州では日本に先立って経済成熟（後退）や人口減少が進んだ都市・地域が多くあり、地域政策の評価概念として QOL 向上や低炭素化を導入している例が見られる。そこで、ドイツ、イングランドの諸都市などを対象に、都市衰退に対してどのように目標を修正し都市・環境政策を変更していったかについて、合意形成プロセスや具体的な政策評価手法を中心に現地・資料調査及び自治体へのヒアリング等を通して事例調査を実施した。

#### ・都市・地域の縮退がもたらすコベネフィットに関する研究事例調査

都市・地域縮退策については、先進国を中心に様々な提案があり、一部は実施されている。その議論の中で、この策がいかなるメリットやデメリットを発生するかについても多数の研究が行われている。本研究では特に、主な効果としての「CO<sub>2</sub>等環境負荷の削減」「QOLの向上」「災害への対応」「費用の低減」と、それを実施する際に直面する困難としての「撤退・集約費用の負担」「撤退後の土地利用」「集約を進めるための誘導策」について、資料調査及び学会等での情報収集・議論、関連分野の研究者へのヒアリングを通して研究事例の調査を行った。それらを踏まえて、環境負荷削減に留まらない、縮退戦略のコベネフィットを体系化した。

### (b) 都市・地域縮退がもたらすコベネフィットの評価モデルシステム開発

#### ・詳細地区スケールでの空間～環境コベネフィットの評価指標の定式化

(1)での研究事例調査の結果を基に、都市・地域構造の変化が低炭素性その他様々な要素に及ぼす効果について定式化を行った。既に申請者らは、CO<sub>2</sub>排出量、QOL尺度、インフラ維持費用の3つ

を評価指標を 500m メッシュ単位で計量可能なモデルを開発したり、これを改良した。CO<sub>2</sub> 排出量は、コンパクト化に伴う移動距離や交通機関選択の変化を考慮できるよう旅客交通起源分のモデル詳細化を行う。QOL 尺度は、従来考慮してきた機会獲得性・居住快適性・安心安全性の 3 要素に加え、地域コミュニティの強さや文化的な蓄積を含めた評価を可能とするようにした。インフラ維持費用はそれも含めた包括的な住民サービスの費用を算定できるようにした。これらについて、都市・地域構造やインフラ供給状況による変化を検出可能な関数としてモデル化を行った。

・土地利用・インフラ再編を伴う縮退戦略のコベネフィット評価モデルの構築

上記で開発した各指標の評価モデルとともに、既に申請者が開発を進めている、地震災害や水害に伴う人命・財産・生活被害とその回復過程を小地区単位でシミュレートして評価するモデルシステムを用いて、GIS 上で 500m メッシュ単位での長期的「サステナビリティ」と災害時「レジリエンス」評価を可能とするモデルシステムを整備した。前者は住民サービス新設費用当たり QOL や、CO<sub>2</sub> 排出量当たり QOL が長期的に安定して高い水準で推移するかどうかで評価できる。また、後者は各種被害を住民の総余命損失と財産・インフラ被害額の少なさとして評価できる。これらの指標を用いて、縮退戦略実施（撤退・集約地選定）や各種インフラ整備がもたらすコベネフィットが評価できるようになる。

なお、近年における集中豪雨災害等の頻発を考慮して、災害影響の地理的分布や頻度変化を組み込んだ縮退戦略の立案は必要不可欠である。そのため、高解像度の災害リスク影響評価モデルを新たに開発し組み込んだ。これによって、例えば河川水害であれば、気候変動進展後において、堤防・ダムなどのインフラ建設策と、後背地から撤退し浸水を許す策とでのレジリエンスの違いを評価できるようになり、CO<sub>2</sub> 排出量等とも合わせた縮退戦略検討が可能となった。

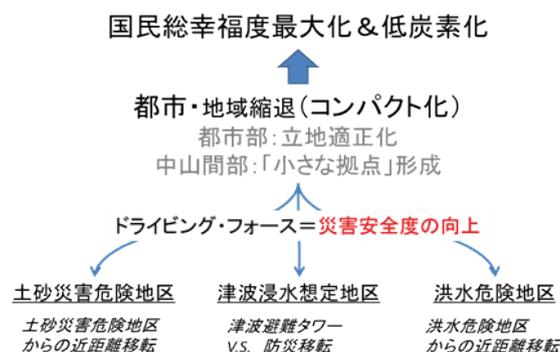


図-2 災害安全度の向上をドライビング・フォースとする都市・地域縮退

地域特性に応じたエネルギーシステム開発として、近年、分散型エネルギーシステムは環境・経済・社会にわたる多面的背景に基づいて導入されており、利用できる技術のインベントリや制度は拡大しつつある。そのため、本研究では、地域特性を考慮した上で、利用可能な技術を組み合わせた地域エネルギーシステムを地域の実情に応じた目的の下でデザインし、環境・経済・社会の面から評価するフレームワークを数理最適化手法を援用して開発する。図-3 に基本的なフレームワークを示す。

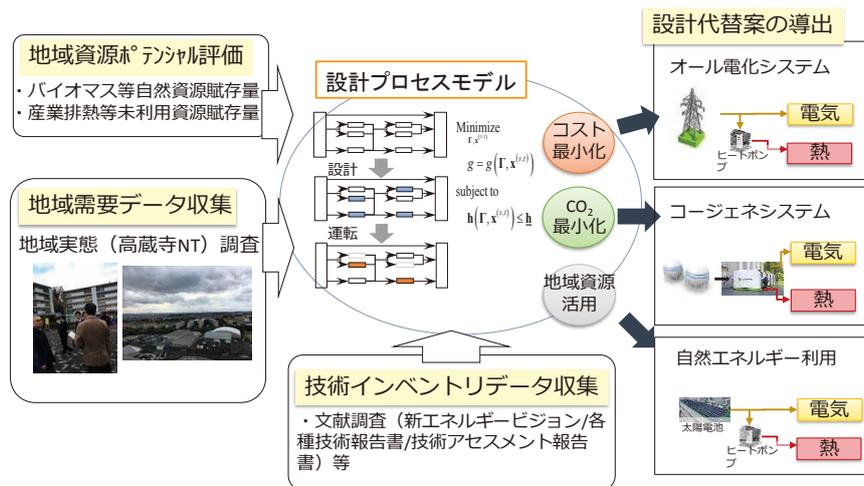


図-3 研究のフレームワーク

また災害時「レジリエンス」評価として南海トラフ巨大地震の津波避難困難者に防災集団移転の可能性を検討した。まず、津波避難困難者の詳細な立地場所や人数、将来人口を推計した。そして、津波避難困難者の対策として被災前の防災移転と津波避難タワー建設の費用便益分析を行い、それぞれの対策の有効性を検証した。この時、事防災集団移転が有利となる地域の特性を明らかにした。

都市・地域縮退（コンパクト化）の具体例として、現在進められている立地適正化計画における都市機能誘導区域、居住誘導区域の設定が、生活の質、インフラ維持費用、環境負荷に与える影響を、宮崎県宮崎市を対象として検討した。具体的には、宮崎市における立地適正化計画を検討するために、1) 都市内各地区の診断カルテの作成、2) 災害復旧費用を含めた広義の地域維持費用の推計、3) 立地適正化計画における居住誘導区域の設定と居住集約による QOL、地域維持費用、環境負荷を推計した。

(c) 都市・地域縮退がもたらすコベネフィットの評価に関する事例研究

構築した評価モデルシステムは日本全国を対象とするが、本研究では、研究参画者が実際に地域の活性化や防災・減災対応に携わっている名古屋都市圏・宮崎市の候補地に適用し、ケーススタディを実施した。特に目指す点は、少子高齢化、巨大災害リスク増大（気候変動の考慮を含む）、そして省エネルギー・低炭素という、縮退戦略が必要とされる3つの主要要因について、各対象地域で評価を行い、それを基に「サステナビリティ」「レジリエンス」の両方が向上できるような望ましい縮退プログラム（時系列）を提案した。さらにその提案を各地域の自治体職員に見ていただき、議論することで、実行可能な戦略の実施に向けて合意形成を図るプロセスを試行した。

高蔵寺ニュータウンでは、縮退また地域特性を考慮した上で、地域縮退による環境効率の変化を評価するモデルを開発した。さらに利用可能な技術を組み合わせた地域エネルギーシステムを地域の実情に応じた目的の下でデザインし、環境・経済・社会の面から評価するフレームワークを開発した。特に高蔵寺ニュータウンにおいて、コスト最小化・CO<sub>2</sub>最小化等のコンセプトに応じた自立分散型のエネルギーシステムの計画をその効果とともに検討した。

高蔵寺ニュータウンの中心地区を対象として、エネルギーシステムの最適デザインとその季節・時

間別の運用計画を導出した。その結果、コスト最小化を目指す場合はオール電化が、CO<sub>2</sub>最小化を目指す場合はコージェネレーションの導入が適していること等が示された。また、既存システムに対してコストとCO<sub>2</sub>を同時に削減し得る分散型エネルギーシステムの計画が可能であることが示唆された。

さらに、1年間を対象とし時間単位（8760時間）の解像度での地域環境データやエネルギー負荷データを利用した、より実践的な分析が可能ないようにモデルを拡張した。図-4に出力例として7月の1週間分のエネルギー需給バランスの評価結果を示す。これにより、数理モデルを用いた簡易な手法により近年蓄積されつつある詳細なデータを活用し、地域エネルギーシステムの計画検討が可能となることが示された。

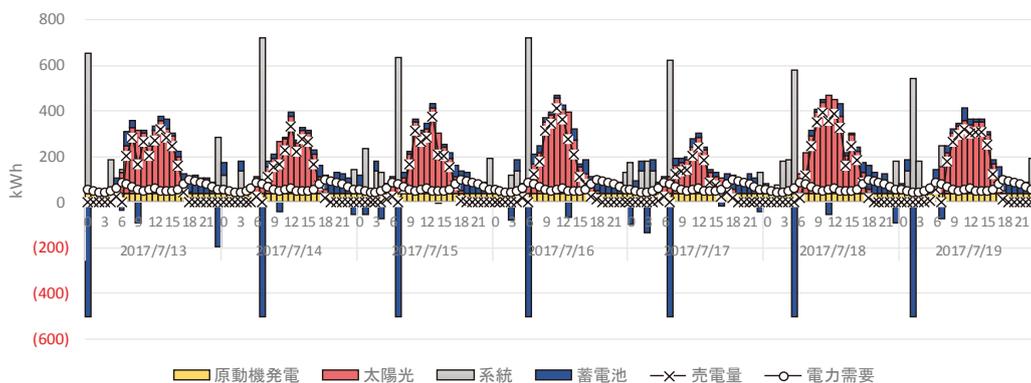


図-4 エネルギー需給バランスの評価結果

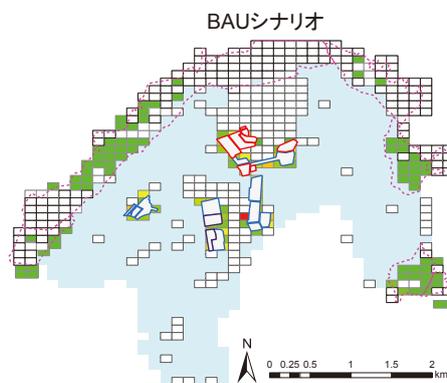


図-5 環境効率の評価システムによる縮退による変化

また国民総幸福度最大化と低炭素化を、都市・地域縮退（コンパクト化）により実現するためのドライビング・フォースとして、災害安全度の向上に着目した検討を行った。都市・地域縮退の点から災害安全度の向上を考えると、土砂災害、津波浸水想定区域、洪水危険地区などの災害危険地区からの移転が想定される。都市・地域縮退（コンパクト化）の具体例として、現在進められている立地適正化計画における都市機能誘導区域、居住誘導区域の設定が、生活の質、インフラ維持費用、環境負荷に与える影響を、宮崎県宮崎市を対象として検討した。防災対策事業の中でも防災集団移転事業を

対象とし、宮崎県宮崎市佐土原地区の南海トラフ地震津波浸水想定区域に含まれる建物の防災集団移転事業について、以下の2つの仮説を検証した。1つ目の仮説は「津波浸水想定区域における防災集団移転事業について、発災後に移転を行う、つまり被災後に仮設住宅の整備等も行いつつ移転を行う際の投資額  $C_{after}$  と、発災前に順次移転を行う際の  $C_{before}$  に対して、社会的割引率を適用したのちも  $C_{after} > C_{before}$  が成立する」であり、地震の発生確率を考慮しつつ事業実施の時機も求めた。2つ目の仮説は「災害前後の事業投資における国庫負担率を調整したうえで災害前の防災対策事業を実施することで、災害後の復旧事業実施の場合よりも国・地方自治体ともに費用的に利がある」である。検証結果として、1つ目の仮説「津波浸水想定区域における防災集団移転事業について、発災後に移転を行う際の投資額  $C_{after}$  と、発災前に順次移転を行う際の  $C_{before}$  に対して、社会的割引率を適用したのちも  $C_{after} > C_{before}$  が成立する」は、地震の発生年次よりも13年前より後に事前の移転を行った際には真であることが明らかになった。それ以外の時期に事前の防災集団移転を行った場合では偽という結果となった。

#### (d) 都市・地域縮退戦略の環境政策への貢献

ケーススタディを通じて導出した望ましい都市・地域構造を実現するために必要となる縮退戦略（スマート・シュリンキング）シナリオを政策立案者との協働を通して検討した。ここでは、低炭素化とともに地域幸福度向上、維持費用削減、災害への強靱性確保を合わせたコベネフィットを最大化し、人口減少下でもサステナブルでレジリエントとなるような都市・地域を幅広い合意形成によって実現することに資する方法論の提供を目指し、且つ政策立案者が利用可能なガイドライン（ハンドブック）を作成した。

日本のように都市化の過程において郊外開発が急速に進んだ国では、既に開発が進んだ郊外部のうち災害に対して脆弱であったり QOL のわりに費用や CO<sub>2</sub> 排出が大きい地区からいかに撤退し、効率の高い地区に集結するかが課題である。そのための具体的な誘導策として、都市計画規制と税制等によるインセンティブの併用策を提示した。これについては、欧米で実施されているテクニックの日本への導入可能性も合わせて検討した。さらに、策の実施に伴う誘導効果の発現量を評価できる計量モデルを合わせて開発し適用することで、国民幸福最大化・低炭素化の観点から見た施策の必要実施レベルをバックキャスト的に推計した。

また、日本特有の問題点として、建物の寿命が短いことが挙げられる。これは物理的耐久性よりもむしろ都市計画制度の不備による土地利用混乱が各建物の社会的・経済的寿命を減少させている側面がある。建物の寿命は CO<sub>2</sub> 排出量や資源消費量の多寡とは必ずしも関係しないが、省エネルギーやリサイクルの技術と合わせて影響を及ぼす。そこで、縮退シナリオの検討にあたっては、維持費用等を勘案した建物・インフラストック更新投資余力も考慮し、サステナビリティをより高めることができる社会的・経済的寿命を見だし実現する「都市ストック化」施策を合わせて実施することを盛り込むことだ。

### 3. 対外発表等の実施状況

#### 【対外発表】

戸川卓哉：「地域の多様性を考慮した自立分散型エネルギーシステムの最適計画」第112回数理モデル化と問題解決(MPS)研究会，情報処理学会，2017年2月27・28日

加知範康，梶本涼輔，塚原健一，秋山祐樹：生活の質と防災力の向上を目指した「小さな拠点」形成のための生活サービス施設・居住地集約の検討，第54回土木計画学研究発表会・講演集，pp.963-979，CD-ROM (133)，2016.11.4-6

豊田航太郎，加知範康，塚原健一，秋山祐樹，松尾健大：南海トラフ巨大地震による津波浸水想定区域における防災集団移転事業実施の最適時期に関する研究，土木学会第71回年次学術講演会講演概要集，IV-092，pp.183-184，2016.9.7-9

垣本知樹，加知範康，塚原健一：コンパクトシティ政策が地方交付税を含めた地方財政に与える影響に関する研究，土木学会第71回年次学術講演会講演概要集，IV-125，pp.249-250，2016.9.7-9

加知範康：ビックデータを用いた土砂災害危険地区における集落内防災移転の検討，第1回防災推進国民大会，スマートシュリンク・地域柔軟化研究会「スマートシュリンクと地域の柔軟化～安全な国土の再設計を目指して～」，2016.8.27

加知範康，豊田航太郎，塚原健一，秋山祐樹：生活質・インフラ維持費用・環境負荷の改善を目指した立地適正化のための居住誘導シナリオの分析，第55回土木計画学研究発表会・講演集，CD-ROM (61-09)，2017.6.10-11

#### 【その他研究打合せ等】

2015年7月13日 環境省担当者及び研究者打合せ（環境省）

2015年10月24～28日 The 3rd PC and the 10th SSMS International Conference SSMS2015（インドネシア・バンドン）

2015年11月21～23日 土木学会土木計画学研究発表会（秋大会）（秋田）

2015年12月2～8日 COP21（フランス・パリ）

2016年1月6日 研究者会議（名古屋大学）

2016年1月29日 環境省担当者及び研究者打合せ（環境省）

2016年6月21日 研究者会議@名古屋大学

2016年6月20日 担当者打合せ@環境省

2016年11月2日 研究者会議・現地視察@長崎県佐世保市内

2016年12月6日 研究者会議・春日井市との意見交換会・高蔵寺ニュータウン視察@春日井市

2017年1月31日 担当者打合せ@環境省

2017年3月16日 審査会@環境省

2017年6月29日 担当者打合せ@環境省

2017年6月30日 春日井市との意見交換会

2017年7月1日 研究者会議@名古屋大学

2017年8月16日 都城市との意見交換会

2017年8月17日 宮崎市との意見交換会

2017年10月25日 研究者会議@中部大学  
2017年10月30日 研究者会議@中部大学  
2017年12月8日 担当者打合せ@環境省  
2018年2月23日 ハンドブック講習会@中部大学  
2018年3月6日 審査会@環境省

## 4. 平成 29 年度の進捗状況と成果（詳細）

### 4-1 序論

第二次大戦後の急速な経済成長を原動力に、国民に一定レベルの生活水準を提供するためのインフラ整備が完成した日本では、国土デザインの中心課題は「物的拡大」から「質的充実」へと移行している。したがってその評価も経済便益では捉えきれないはずであるが、都市・地域やインフラ整備に関するプロジェクトの評価は現在でも貨幣タームでの費用便益分析が軸となっている。一方で、経済成長の過程でモータリゼーション進展と緩い土地利用規制によって都市・集落域が低密に拡散した結果、CO<sub>2</sub> 排出量やインフラ維持費用が大きいスプロール型土地利用となるとともに、災害に対して脆弱な地域にも住宅や都市機能が広がってしまっている。

人口減少・超少子高齢時代を迎え、このような土地利用を放置すると、得られる QOL(Quality Of Life)に対して多くのエネルギー消費・CO<sub>2</sub> 排出やインフラ維持費用を要する非効率な状況が続き、低炭素社会になりえないどころか将来的には、地域そして国の破綻へつながりかねない。また気候変動に伴う気候外力の増加によって、災害脆弱地域ではより一層の被災リスクを抱えるようになり、現在では安全な地域であっても今後想定を超える災害に襲われる可能性がある。このような社会的・環境的变化に伴う国土衰退を回避するために、各基礎自治体は、土地利用をコンパクト化し、交通・防災・代謝等インフラシステムを適正に組み合わせることで、人口急減を防ぎ、財政健全経営を図りながら社会が絆を保って生き延びるレジリエントな国土デザイン戦略への転換が急務である。

この戦略で最も重要となる方向性は、災害に対して脆弱な地区や、QOL が低く CO<sub>2</sub> 排出量やインフラ維持費用が大きい地区を割り出して撤退し、優良な地区への集約を図ることで、低炭素・低費用で QOL の高い魅力的な地域を支える土地利用に転換する「縮退」である。その実現に欠かせないのが、撤退もしくは集約地区の特定であり、具体的には、基礎自治体の空間構造を検討できるように、内部を詳細に分割した単位で、上述の様々な指標を推計し「コベネフィット」を評価できる手法が必要である。従来は、このような地区詳細スケールでの評価手法はなく、例えば CGE をベースとした手法では都道府県レベルの解像度しか得られなかった。そこで申請者らは、10 年にわたって縮退戦略（スマートシュリンク）の思想、評価指標としての QOL/LCCost（インフラのライフサイクルコスト）、QOL/CO<sub>2</sub> に基づく小地区（500m メッシュ）スケールでの長期的サステナビリティ（持続可能性）や災害時レジリエンス（回復力）を評価するシステムのプロトタイプを開発し、名古屋都市圏や幾つかの地方都市に適用した。その成果を論文や著書はもとより、新聞（日本経済新聞「経済教室」等）や一般雑誌論考（Wedge 等）でも公表してきた。

「幸福度向上・低炭素保証型の都市・地域縮退戦略」を各自自治体が見いだすために、詳細スケールでの地区評価手法を開発することを目的とする。具体的には 1)500m メッシュという小地区単位で将来人口やその構成を予測するモデルを構築し、それをもとに 2)CO<sub>2</sub> 排出量を予測するとともに、3)経済便益にとどまらない居住者の包括的な幸福度（QOL）の変化を計測でき、4)この値を個人・地区間格差も考慮して地域全体で集計した地域幸福度を算出し、5)B/C（プロジェクト総便益／プロジェクト総費用）の B を地域幸福度に置き換え、個人ベースに disaggregate した地区ごとの住民 1 人の QOL/CO<sub>2</sub>（炭素排出あたりの QOL 向上効率：CO<sub>2</sub> emission based QOL sufficiency）を算出する。6)同時に各メッシュの水害や地震等に対する脆弱性も評価し、気候変動に伴う変化についても検討することで、5)と合わせて、撤退・集約すべきメッシュの順位づけを可能とする。

都市・地域全体やその内部の任意メッシュについて、QOL を向上させながら CO2 を削減していくプログラムが検討できる。また、地域経営の重要なバロメータとなる市街地維持費用もメッシュごとに計算できる。そのため、CO2 あるいは費用の削減目標を与えると、QOL/CO2 あるいは QOL/LCCost の小さいメッシュからの順次撤退、あるいは QOL を改善するインフラの改良を同時に考慮した計画の作成が可能となる。更に、地区や個人属性（年齢別、性別、居住地区別など）ごとの QOL 水準も算出できるようにし、政策立案者が利用可能なガイドラインを作成する。

地球温暖化に対する都市・地域の「緩和策」「適応策」として長期的に大きな効果が期待できる、土地利用・インフラ再編策の立案と評価が可能となる。詳細地区単位での評価による撤退・集約地区の導出による縮退施策、それを補完する交通ネットワーク整備施策、あるいは防潮堤などの防災インフラの改良などといった施策オプションを、500m メッシュ単位という従来手法にはない極めて詳細なレベルで具体的に検討できる。その際、メッシュごとに QOL の変化や、インフラ維持に必要な公共投資の額が推計でき、CO2 削減と同時にコベネフィットとしての幸福度や財政状況の改善も一目瞭然となる。また、経済便益に代えて QOL を用いることは、経済成熟時代の都市・地域政策評価の方向性に適合するのみならず、高齢者・就業者・子供といった属性別に QOL 向上を検討できるので、人口減少・高齢化時代に各属性間のバランスがとれた QOL 向上を目指した縮退戦略への科学的根拠を提供できる。

## 4-2 本論

### 4-2-1 平成 29 年度の研究状況

#### (1) 都市・地域の縮退戦略と低炭素化に関する研究・政策レビュー

本研究において最も根本的な評価概念となる「QOL」について、国内外の関連研究等を網羅的にレビューすることで系譜図を作成し、その定量評価手法について理論的な見直しを図るとともに、プロジェクト評価への適用に配慮したモデルを再構築した。

欧州では日本に先立って経済成熟（後退）や人口減少が進んだ都市・地域が多くあり、地域政策の評価概念として QOL 向上や低炭素化を導入している例が見られることから、平成 28 年度に引き続きドルトムント、ライプチヒ、ドレスデンといったドイツの諸都市を対象に現地及び資料調査、自治体へのヒアリング等の事例調査を実施した。また、それらの都市を対象に QOL 指標を用いて評価を行い、(2) の日本の候補地と比較を行った。加えて、学会や研究ワークショップでの情報収集や議論を行うとともに、関係分野の研究者との意見交換を実施した。その一つとして、日本地球惑星連合学会に参加し情報収集を行った。

#### (a) ドイツ諸都市の調査概要

日程： 2017/05/25（木）～06/03（土）

調査地：ドルトムント、ドレスデン、フライブルク

調査行程：

年月日	行程	用務先／用務内容
2017.5.2（木）		移動日
2017.5.2（金）	①ドルトムント調査（中心部） ドルトムント市内泊（2泊目）	①ドルトムント調査 Wegener 教授の案内で中心部を調査／研究打合せ

2017.5.2 (土)	②ドルトムント調査 (その他) ドルトムント市内泊 (3泊目)	②ドルトムント調査 Wegener 教授の案内で市内各所の開発を調査
2017.5.2 (日)	鉄道: ドルトムント駅⇒ドレスデン中央駅 ③ドレスデン市内調査 ドレスデン市内泊 (4泊目)	③ドレスデン市内調査 住宅団地 (Gorbitz ほか) の調査
2017.5.2 (月)	④ライプニッツ研究所訪問 ドレスデン市内泊 (4泊目)	④ライプニッツ研究所訪問 Mueller 教授 (所長) ほかと研究打合せ
2017.5.3 (火) ～6.1 (木)	鉄道: ドレスデン中央駅⇒フライブルク駅 ⑤フライブルク市内調査 フライブルク市内泊 (5～7泊目)	⑤フライブルク市内調査 5.30 (火) Breisgau 駅周辺調査 5.31 (水) 旧市街&新市街地調査 6.1 (木) Vauban 団地調査
2017.6.2 (金) ～6.3 (土)	⑥フライブルク市内調査 鉄道: フライブルク駅⇒フランクフルト空港 機内泊 (8泊目)	⑥フライブルク市内調査 6.2 (金) Breisgau 駅周辺調査 6.3 (土) 移動日

(b) ドイツ諸都市の調査結果

i) ドルトムント市及び Wegener 教授とのワークショップ及び視察

① German Participants

1. Dr. Michael Wegener
2. Dr Ing Claudia Keidies (Official, Economic Promotion, City of Dortmund)
3. Mr Stefan Tegethoff (Official, Planning Department, City of Dortmund)

② Meeting report

Dr Wegener welcomed the Japanese delegation to the institute and the session was started with a presentation on the city of Dortmund titled “Dortmund: The End of the Industrial city”. The presentation laid the base of for the city of Dortmund and explained the evolution of the city and the Ruhr area from the middle ages to the industrial age. Dortmund was an industrial city with importance to coal mining and steel factories near to the inner city. Dr Wegener explained how with the decline of the industries and the closure of mines and large number of factories led to gradual economic and urban degradation of the city. Dr Keidies gave her presentation on

“Dortmund: Story of Success” and gave an overall view into how the city developed strategies to overcome the economic decline and make Dortmund successful. The urban renewal project to renew the city was undertaken through three main themes, namely information technology, logistics and micro and nanotechnology. She explained how the themes revolved around focus areas of innovation, skill, people, infrastructure, environment and capital. She explained how the a knowledge cluster-“Wissenskirne”, consisting of renewable energy, information technology, sport, life sciences, technology production, data mining and logistics was identified and developed to create more jobs, attract more residents and improve the city was taken up. Dr Keidies presentation on the economic strategies of the city, made way for Mr Tegethoff’s presentation on “Structural Change in Dortmund – the Spatial Dimension”. This presentation focussed on the various brownfield urban developments that was taken up the city to revitalise the disused district centres and former industrial sites. Various examples were elucidated through before and after situations. Some of the examples that were highlighted were Project Nordwarts, Project Phoenix, Horde, Westfallenhutte, Rheinische strabe, Luisengluck, etc. Most of these sites were included in the city tour that was scheduled for the next day so that a better understanding on the ongoing redevelopment process. The presentations by the German participants was followed by a presentation by Prof. Yoshitsugu Hayashi, where he presented his work on Quality of Life (QoL) in urban areas and the significance it draws for urban areas and the citizens living in these areas. The methodology and the outcomes was demonstrated through the case study of Singapore city. The last presentation was given by Ms. Sangeetha Ann on “Quality of Life comparative study between Germany and Japan” where the QoL results for the city of Dortmund was presented for remarks by the Dortmund planning experts. The workshop session ended with a question and answer session between the participants.



ii) ライプニッツ研究所とのワークショップ

① German Participants

1. Dr. Bernhard Müller (Director)

2. Dr.-Eng. habil Regine Ortlepp (Specialist in Environmental Risks in Urban and Regional Development)
3. Prof. Dr. Gerold Janssen (Specialist in Strategic Issues and Perspectives)
4. Dr. Juliane Mathey (Specialist in Landscape Change and Management)
5. Dr. Marco Neubert (Specialist in Environmental Risks in Urban and Regional Development)
6. Dr.-Eng. Georg Schiller (Specialist in Resource Efficiency of Settlement Structure)

## ② Meeting report

Dr Bernhard Muller gave a warm welcome to the Japanese delegates and gave a short presentation about the activities of the Leibniz Institute of Ecological Urban and Regional Development. The floor was then opened up for the Japanese delegates to showcase their research activities to find synergy with the activities of the researchers at Leibniz Institute. Prof. Yoshitsugu Hayashi presented his research activities on Quality of Life (QoL) in urban areas and the significance it draws for urban areas and the citizens living in these areas. The next presentation was given was given by Ms. Sangeetha Ann on the “Quality of Life comparative study between Germany and Japan”. In the presentation, the QoL mapping results for the German cities of Dresden and Dortmund and for the city of Nagoya was exhibited. The presentation was followed by discussions around the table, where it was advised how various elements to life differed in Germany and Japan and therefore some new elements like the cultural side also need to looked into, especially when analysing QoL in German cities. The next presentation was given by Dr. Shinichiro Nakamura on the topic “Needs of integrated water-land-network research in Asia”. The presentation elucidated the flood management strategies adopted in Japan and its evolution over time. It was very interesting to the German counterparts to know that most of the land on the banks of the rivers in Tokyo were below the average water levels and at very high risk to flooding in event of any dyke damage. The last presentation was delivered by Asst.Prof. Noriyasu Kachi on the “Consideration on disaster recovery system to improve resilience of frequent-landslide dangerous area”. The presentation focused on how relocation sites were chosen for settlements under risk located on the landslide prone areas.

The presentations were followed by discussions between the German and Japanese delegates. The German researchers commented on each of the research work presented and drew out their topics of interest. Potential links were drawn to their current research topics and the possibility of collaborative research and data sharing were deliberated. The possibility of using video conferencing facilities for continued and frequent communication between the two circles of researchers was welcomed. The workshop session was concluded on a positive note for collaborative research with remarks by Prof Hayashi and Dr Muller.



### iii) フライブルク市内の調査

#### ③ 背景

フライブルクは、ドイツ南西端のフランスとスイス国境に近い人口23万人の都市。人口の割以上2.5万人が大学生という、学園都市でもある。環境政策に先進的な取り組みが評価されて、1992年にドイツ環境協会が行った自治体コンクールで最高点を獲得し、「環境首都」として表彰された。

ヴォーバン地区はフライブルク都心から3km南に位置する面積41haに約2千世帯、6千人が暮らす住宅地。第二次世界大戦中にドイツ軍の兵舎が置かれていたが、戦後フランス軍によって接收されて基地が置かれていた。現地名は、フランス軍が基地の名前に用いたフランス人の著名な軍事戦略家 Vauban(1633-1707)にちなんでいる。

1990年に東西ドイツが再統一されると、1992年にはフランス軍が撤収し、土地はドイツ政府に返還された。1994年にフライブルク市が政府から土地を取得して、1997年から環境に配慮した街づくりが進められている。



図-6 ヴォーバン地区開発図

(出所) [http://www.freiburg.de/pb/site/Freiburg/get/params\\_E-1604864046/647919/Infotafeln\\_Vauban\\_en.pdf](http://www.freiburg.de/pb/site/Freiburg/get/params_E-1604864046/647919/Infotafeln_Vauban_en.pdf)

※ 図中①～⑧は3. コメント写真に対応。

#### ④ 開発コンセプト

住民参加の下に構築されたヴォーバン地区の街づくり方針と、その成果は次の7点に要約される。

##### ① 土地分譲についてはコーポラティブ方式を優先

開発会社や不動産業などによる開発では、多様性が確保されないため、様々な収入や社会的背景のある市民を呼び込むためにコーポラティブ(個人の集まりによる建築)方式を優先し、かつ人口密度を上げるために集合住宅に限定した開発が行われている。その結果、地区内の開発の7割が個人かコーポラティブ方式となり、地区内の景観の多様性や住民交流の活発化が達成された。

##### ② 地区内に雇用の場を創出

地区内に可能な限り働く場を作ること、職住近接の街づくりを推進している。総人口の1割に相当する約600人分の雇用の場を創出することとされ、現実に北部幹線道路沿いには多くの事業所が設置されている。

##### ③ マイカーを規制し公共交通の優位性を図る

地区周辺道路から住宅地内への侵入口を2箇所制限するとともに、地区周辺に3箇所のフリッジ駐車場を設置。自家用車の保有者には、入居時に共同駐車場の利用権として1台あたり1,800ユーロを支払うことが求められる。他方で、地区の中心軸に路面電車を延伸し、400m間隔に3箇所の駐車場が設けられており、7分間隔で都心まで10分ほどで到達できる利便性が確保されている。結果、地区内のマイカー保有率は全国平均の数分の1にとどまっている。

##### ④ 雨水の地区内浸透

雨水排水を可能な限り地区内で浸透させることによって、大雨による下流部への洪水被害の危険度の低下が目指されている。実際に年間降雨量の7割は地区内で浸透されている。

#### ⑤ 屋上緑化・壁面緑化の推進

建築物の平屋根(勾配が10度以下)には屋上緑化がなされており、ヒートアイランド現象の緩和や降雨時の雨水排水のピーク緩和に役立てられている。また、壁面緑化は景観の向上と夏の屋内温度上昇の緩和に効果を上げている。

#### ⑥ 省エネルギー住宅の建設

ドイツは冬が長く寒いため、温室効果ガスの3分の2は冬の暖房によるものとされる。また、フライブルクはドイツで最も年間日照時間の長い地域に位置している。これらの特性に配慮して、住戸は基本的に南向きに建設され、屋根には多くのソーラーパネルが設置されて太陽光発電が行なわれている。

#### ⑦ コージェネレーションによる地域エネルギー供給

木質バイオマスを用いた地域暖房システムが設置されており、地区内に電力と熱を供給している。土地の売買契約書に地域暖房システムへの接続が義務付けられており、住宅地における消費電力の3分の1がコージェネレーションシステムによって賄われている。

#### ⑤ 視察結果

以上は主にネット情報の要約であったが、実際にヴォーバン周辺を観察して気づかされた環境配慮に関する事項として以下がある。

##### ✓ 路面電車の軌道緑化

軌道緑化の取り組みは欧州で始まり、わが国でも導入が進められているが、路面電車の名に現れるように、基本的には道路内を走行するもので、一般車両と共用することが前提であること、高温多湿のわが国ではレールの保守費用が高くなるため、あまり進んでいないのが実情である。この点、ヴォーバン地区内の軌道部分は基本的に緑化されており、ヒートアイランド防止や走行音の軽減などに効果を上げていた。

##### ✓ 子供たちの遊ぶ様子

ヴォーバン地区の街中では子供たちの姿を多く見かけた。それだけ子供が育てやすい環境であることを意味しているように感じた。特に、地図で濃い緑に色付けされた公園や緑地等では、裸足で駆け回る様子や水辺で戯れる様子などをしばしば目にした。

右写真は地区南側のドルフ川畔の様子。



✓ 隣棟間隔の無さ

住宅の建て方の特徴として、隣接する建築物同士が接続している事例が多くみられた。当初から長屋形式(タウンハウス)に設計されたものばかりではなく、別敷地にありながら土地を有効に使うために、隣棟間隔を無くしているものも多く存在しているように見えた。その効果は、空地をつなげることによって広場や緑地を最大限に生み出すことにある。ただしこの工夫は、地震が少なく建築物の地震時の応答のずれが致命的な構造物への損傷要因にならない欧州だからこそ可能なことで、単純な日本への適応は困難かと思う。



✓ 自転車利用への配慮

公共交通の利便性の確保と共に、自転車の利便性向上策が徹底されており、自転車の利用者が多くみられた。自転車道ネットワークの整備はもとより、近郊電車には自転車に乗せるスペースが確保されている(下左写真)ほか、わが国では見られない自転車に子供を二人まで乗せて走ることのできる荷台がけん引されている様子(下右写真)も数多く見受けた。気候のよい夏ならではの光景かと思い Google Street View で市内の1月の様子を確認したところ、冬でも路面に積雪がなく、自転車が利用されていた。

✓ 冷房装置の未整備



観光情報などを参考に、日本より数度涼しいという前提で訪問したが、実際にはほとんど同じ気温で、日中の最高気温は30度を越えていた。しかし、レストランやオフィスなどドイツの施設内ではほとんど冷房の恩恵を受けることがなかった。現地で生活する日本人の生活情報によると、家の断熱がしっかりしているので、日中暑い時には部屋締め切って、窓のブラインドを下して暑さをしのぐということであった。暑さの回避策としては、北海道も同じであるが、その厳しさははるかにドイツが上回っているように感じられた。

(参照)「冷房なしドイツ家庭の、涼み方」, <http://otto33.hatenadiary.com/entry/2015/07/15/155607>

#### ✓ 飲料容器のデポジット

スーパーで飲み物を購入すると一本ごとに 0.25 ユーロ(約30円)のデポジット(預り料金)が課金される。店の入り口に空き瓶を投入する機械が設置されており、投入本数に応じた金額を書いた紙が発行されて、その分がレジで払い戻される仕組みになっている。ガス入り飲料水 500mlは安いものでは一本 0.11 ユーロ(15円)ほどで販売されており、実際の購入金額は3倍以上になる。

なお、赤いボードの表示は「詰め替えボトル用機械は、市場の右側にあります」という意味で、ガラス瓶などは別の機械を使うように誘導する表示。



#### ✓ マイカー規制の実際

ネット情報では、華々しい成果ばかりが謳われているが、実際にヴォーバン地区内の比較的开发が新しい部分では、路上駐車が周辺道路にあふれており、新たに建設される集合住宅の多くには、地下および敷地内に駐車場が建設されていた

(右写真はマリー・キュリー通り北端付近)。ある解説では、ヴォーバン地区の高い評価によって、不動産価格が上昇した結果、近年の新規居住者の所得階層が上がったことで、マイカー利用のニーズを押し上げているという。このように、人間の利便性を求める願望が開発理想をゆがめている様子も確認できた。



#### ✓ 雨水浸透の運用

雨水浸透装置は、地中へ雨水を浸透させることで大雨時の洪水危険性の低減や地下水涵養を促すことが目的である。本来、写真下左のように建築物の屋根に降った雨水を建物敷地内の庭へと浸透させることがより効果的であるが、写真下右のように樋が直接下水管へ連結されている事例が多く確認された。必ずしも定型的な雨水の処理方法が採用されているわけではなく、建物によって異なる方法がとられていることが伺える。



## (2) 都市・地域縮退がもたらすコベネフィットの評価に関する事例研究

平成 28 年度に引き続き、事例研究として名古屋都市圏・宮崎市を対象にケーススタディを実施した。少子高齢化や巨大災害リスク増大（気候変動の考慮を含む）、そして省エネルギー・低炭素という、縮退戦略が必要とされる 3 つの主な要因について、各対象地域で評価を行い、それを基に「サステナビリティ」「レジリエンス」の両方が向上できるような望ましい縮退プログラム（時系列）について、上記地域に向けた提案を検討した。さらにその提案を各地域の自治体職員や住民等と議論を行い、実行可能な戦略の実施に向けて合意形成を図るプロセスを試行した。

### (a) 地域特性に応じたエネルギーシステムの計画と評価

#### i) 研究の背景

地球温暖化問題や福島第一原子力発電所事故等を受けて中長期のエネルギー供給に対する不透明感が増す中、持続可能な社会の実現のため、その基盤として再生可能エネルギーの利用拡大に注目が集まっている。日本でも、2012 年にスタートした固定価格買取制度（FIT: Feed-In Tariff）の下で、太陽光発電を中心に再生可能エネルギーの導入が進んできた。

しかしながら、その設置主体の多くは、地域外に大手企業等である。そのため、地域の関与が不十分となり、地域に十分な便益が帰着せず、さらに、景観問題等を初めとする様々なコンフリクトを引き起こしてきた。

この問題の背景としては、多種多様な分散型のエネルギーシステムの統合的な計画の方法論が確立されていないことが挙げられる。また、まちづくり等地域の計画との整合性を確保することが必要となるため、既存の大規模集中型のエネルギーシステムの計画の方法論をそのまま適用することは難しい。さらに、エネルギーシステムの設計や事業遂行および共同型作業のコーディネートに関するノウハウが不足しているため、自律分散型のエネルギーシステムの導入を行おうとする地域コミュニティにとって大きな障壁となっている。

一方で、エネルギーシステムのモデリング手法に関する研究・開発は国内外で進められており、モデルのソースコード等、開発環境のオープン化が進む一方、それらを用い国や地域の単位において、中長期的に CO<sub>2</sub> 排出量を大幅に削減にするシナリオ等が提示されている。そのため、科学的な手法開発研究と実際の地域における設計・計画等の実践との間にギャップが存在している状況である。

本研究では、昨年度までに開発したモデルを拡張し、より実践的な計画支援を実現するためのツールを開発することを目的とする。具体的には、1 年間を対象として、時間単位の解像度で需要と供給のマッチングを考慮してエネルギーシステムの最適化と影響評価を実施する。

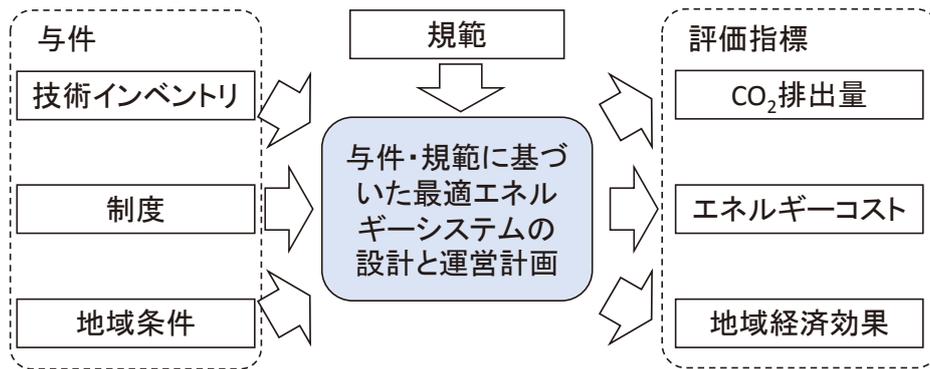


図-7 研究のフレームワーク

ii) システムの開発

⑥ システムの概要

本研究では、地域の条件を考慮したエネルギーシステムを簡易に設計できるツールを開発することを目的とする。その概要を図-8に示す。地域のエネルギー供給条件と評価対象地区の需要規模や時間ごとの変動パターンに基づいてエネルギーシステムのデザインとその運用計画を導出する。近年、スマートメーターの普及等に基づいて詳細なデータの利用が可能となっていることを考慮して、1年間を対象とし、1時間単位（8760時間）の解像度で分析を実施する。そのため、エネルギーシステムの設計に関しては、候補となるシステムを計画案として設定し、逐次的にプランを検討するものとする。また、拠点地区の土地利用計画についても空間制約やコスト制約等を考慮して、検討するものとする。以下では、特に本年度の拡張部分を中心に説明する。

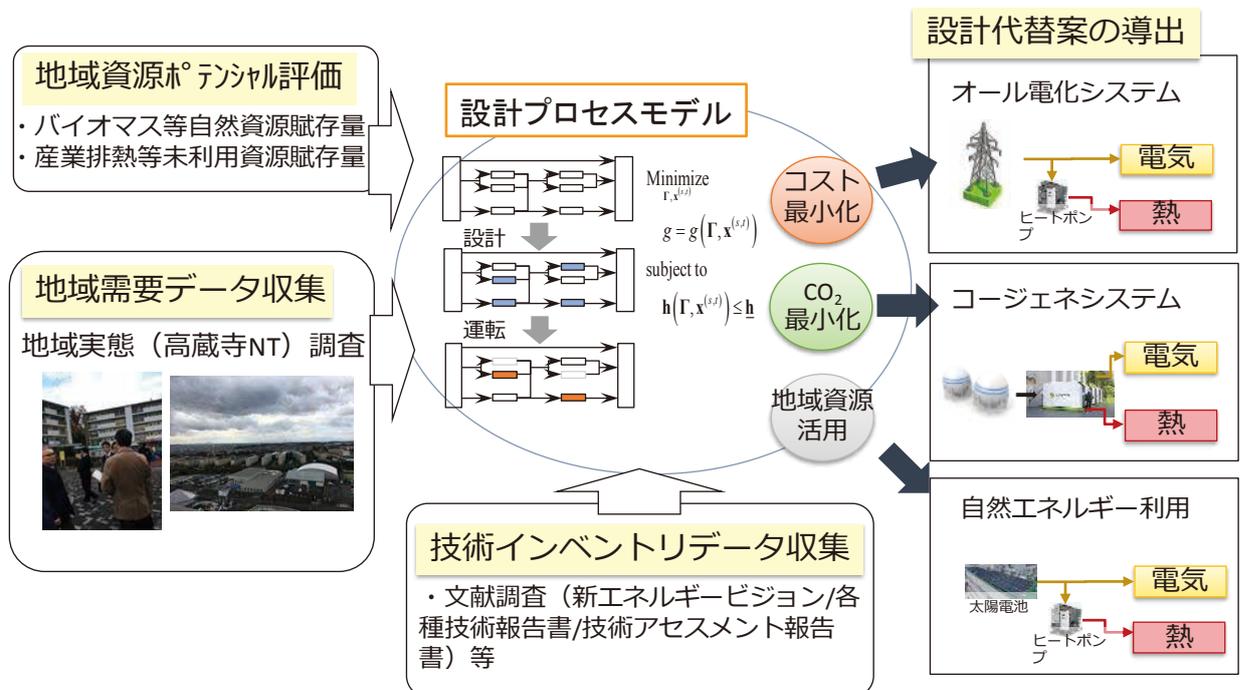


図-8 モデルの概要

⑦ 蓄電池および貯湯槽のモデル

昨年度まで開発したモデルに対して、以下の式に示すように拡張してより具体的に蓄電池および貯湯槽等を表現する。これにより、エネルギーを貯蔵し別の時間帯に利用するという時間移転を認めるものとする。

$$Y^{(t)} + s^{(t)} = D^{(t)} \quad (1)$$

$$S^{(t)} - s^{(t)} = S^{(t+1)} \quad (2)$$

$$S^{(t)} \leq S \quad (3)$$

ここで、 $Y(t)$ は時刻  $t$  におけるエネルギーシステムによる出力、 $s(t)$ は時刻  $t$  における蓄電池もしくは貯湯槽からの出力、 $D(t)$ は時刻  $t$  における需要、 $S$  は蓄電池もしくは貯湯槽の容量を表す。

なお、年間 8760 時間を連続的に表現すると定式が煩雑になり最適化計算に時間を要するため、一週間ごとに時間がループするように定式化した。これにより、週毎に独立した問題となるため、比較的短時間の計算で解を得ることができる。

⑧ 太陽光発電システムのモデル

本研究では、NEDO により公表されている日射量のデータを用いて、時刻  $t$  における太陽光発電システムによる発電量  $p(kWh)$  は日射量に応じて以下の式で評価されるものとする。

$$p^{(t)} = \gamma \times S^{(t)} \times C / k \quad (4)$$

ここで、 $S(t)$ は水平面日射量( $kWh/m^2$ )、 $C(kW)$ 、 $\gamma$ を補正係数、 $k$ は標準日射強度 ( $kW/m^2$ ) とする。補正係数としてここでは 0.85 を用いた。

iii) 評価対象

① 評価対象の概要

愛知県春日井市に立地する高蔵寺ニュータウンを想定したケーススタディを実施する。ここでは、空き家の増加によりリノベーション等の必要性が発生している集合住宅地区を取り上げる。図-9 と表-1 に評価対象地域の特性を示す。

表-1 評価対象地区の概要

建物数	建物面積 [m <sup>2</sup> ]	延床面積 [m <sup>2</sup> ]	空家面積 [m <sup>2</sup> ]
16	5,550	27,268	16,242

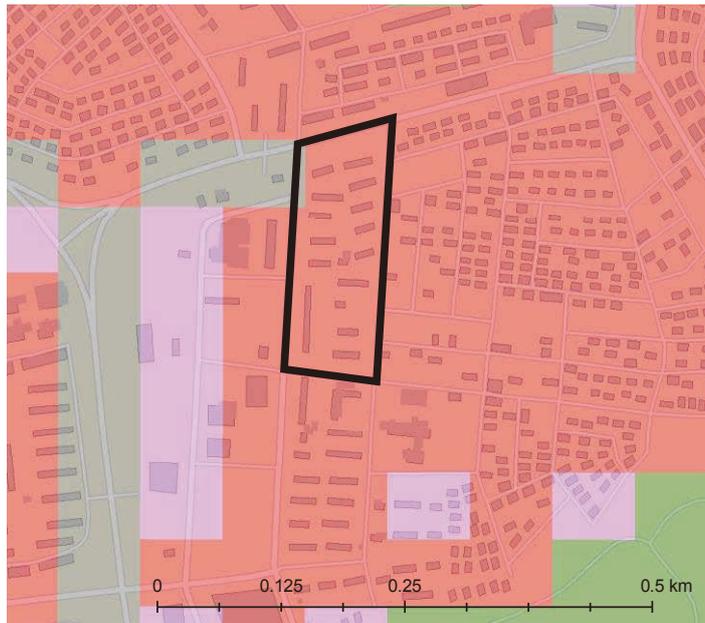


図-9 評価対象地区の概要

② エネルギー負荷データの作成

年間のエネルギー需要データを以下の様な方法により作成した。「天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル」に記載されている電力、暖房、冷房、給湯ごとの年間負荷、月別エネルギー負荷割合、時間別負荷割合に基づいて年間の時間毎のエネルギー負荷を設定した。エネルギー負荷データを出力結果より、1月は暖房負荷と給湯負荷が、7月は冷房負荷が大きく季節変動が激しく、時間変動も大きく、一方、電力負荷は年間を通じて比較的、安定していること等が分かる。

③ 地域環境データの作成

NEDOの年間時別日射量データベース(METPV-11)によりデータを整備した。これは、国内837地点ごとに、20年間(1990~2009年)の日射量データベースに基づいており、その他、降水量や気温等も把握することができる。図-4 図-5に対象地域における1月と7月の一週間分の日射量と気温の推移を示す。特に日射量に関しては、天候の影響を受けて日間の差が大きく表れていることが分かる。

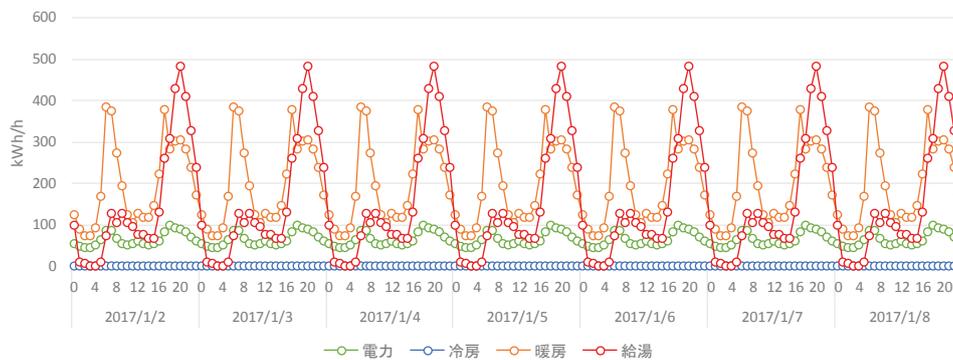


図-10 エネルギー負荷（1月）

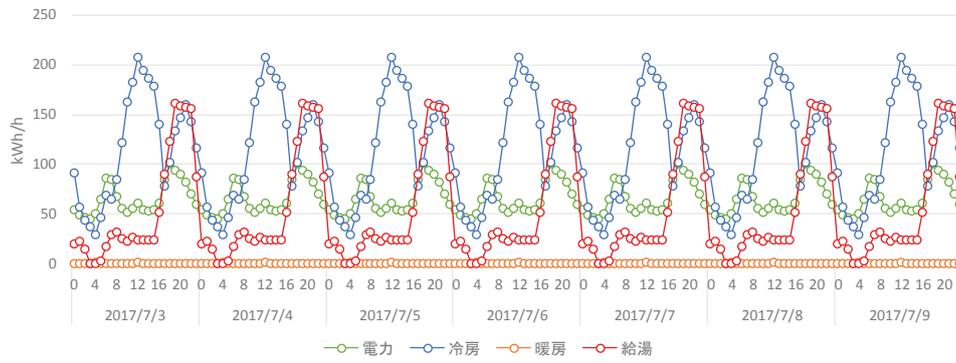


図-11 エネルギー負荷（7月）

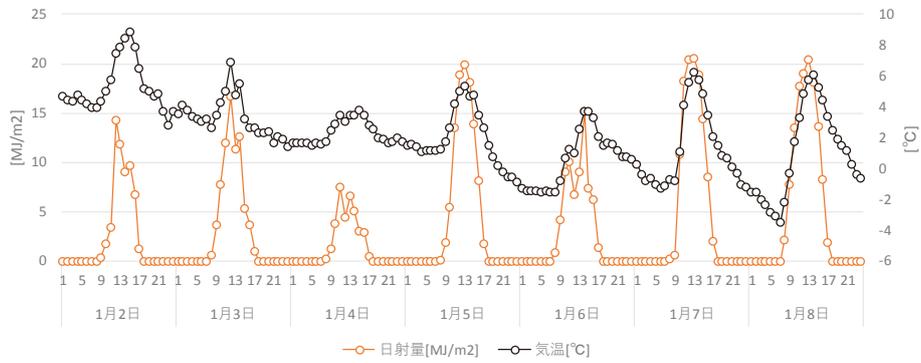


図-12 日射量と気温（1月）

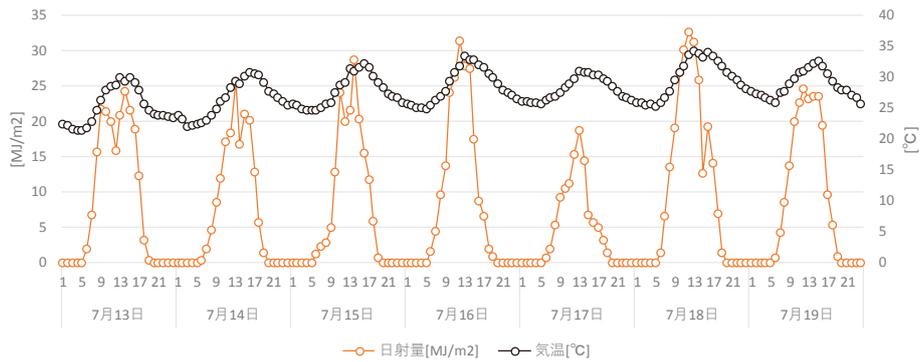


図-13 日射量と気温（7月）