

平成 27 年度 環境経済の政策研究

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～

研究報告書

平成 28 年 3 月

国立大学法人 名古屋大学大学院

国立大学法人 九州大学

国立研究開発法人 国立環境研究所

目次

概要編	3
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
. 平成 27 年度の研究計画および進捗状況と成果	8
1. 平成 27 年度の研究計画	8
2. 平成 27 年度の進捗状況および成果（概要）	9
3. 対外発表等の実施状況	11
4. 英文サマリー	11
5. 平成 27 年度の進捗状況と成果（詳細）	13
. 今後の研究方針（課題含む）	29
添付資料（参考文献、略語表、調査票、付録 等）	29
本編	31
研究計画・成果の概要等	31
1. 研究の背景と目的	31
2. 3年間の研究計画及び実施方法	32
3. 3年間の研究実施体制	35
4. 本研究で目指す成果	35
5. 研究成果による環境政策への貢献	35
. 平成 27 年度の研究計画および進捗状況と成果	36
1. 平成 27 年度の研究計画	36
2. 平成 27 年度の進捗状況および成果（概要）	37
3. 対外発表等の実施状況	38
4. 英文サマリー	39
5. 平成 27 年度の進捗状況と成果（詳細）	41
. 今後の研究方針（課題含む）	135
添付資料（参考文献、略語表、調査票、付録 等）	136

概要編

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、CO₂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・CO₂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CO₂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/CO₂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)CO₂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/CO₂(炭素排出あたりのQOL向上効率:CO₂ 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、「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。

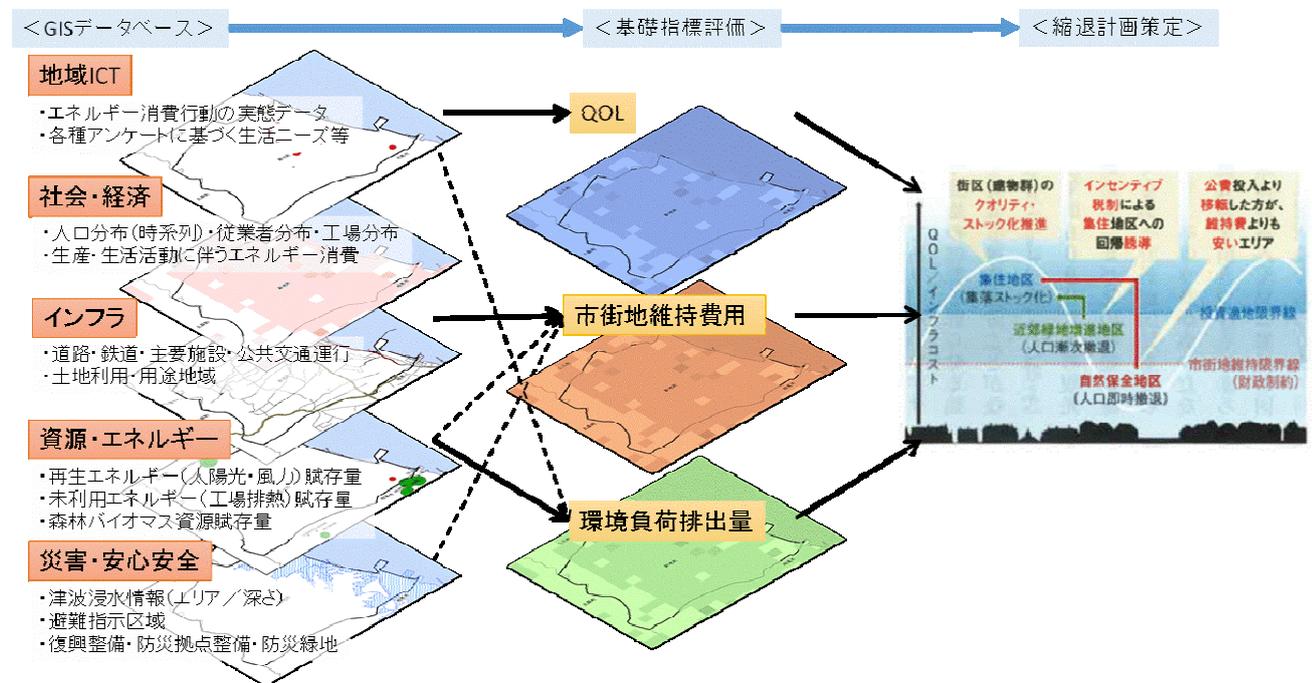


図 1 縮退戦略策定モデルのイメージ

(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、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「CO₂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、CO₂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。CO₂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、CO₂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、CO₂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と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、域内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、CO₂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CO₂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CO₂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

林 良嗣	名古屋大学・大学院環境学研究科・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・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

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。

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、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。

・平成 27 年度の研究計画および進捗状況と成果

1. 平成 27 年度の研究計画

平成 27 年度は、上記 3 年間の研究計画のうち、(1) 都市・地域の縮退戦略と低炭素化に関する研究・政策レビュー及び(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実施する。

(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

H27 年度は、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ことを目指す。

・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「CO₂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

・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。CO₂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、既存モデルをもとに改良する。CO₂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。

2. 平成 27 年度の進捗状況および成果（概要）

(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

・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。そこで今年度は、ドイツのワイマール、ライプチヒを対象に、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。

ライプチヒは第二次世界大戦中に新たな工業産業の発達に伴い人口の移入がすすんだが、1960 年代から市内の住居環境の悪化により郊外へ人口が流出した。ドイツ統合後には旧西ドイツへの人口流出が進み、人口はピーク時（約 7 万人）から約半分（約 4 万 5 千人）まで急激に減少した。しかしプライベートセクターの投資や西ドイツからの財政援助によって持ち直し、1990 年代後半からは急激な人口の回復が起こった。その背景には低家賃に合わせて BMW 等の有名企業の誘致、さらには教育の強化がある。

ライプチヒ内の建物の多くは築年数が古いものが多いものの、エリア内の緑地が良好に保持されており、かつ建物そのものは盛んにリノベーションが実施されている。特筆すべき点として、リノベーションの実施に NPO 等の市民参加が進んでいることが挙げられる。一例として「日本の家」が挙げられる。「日本の家」は空きや再生に向けた創造的なアイデアを生み出すことを目的としたプロジェクトであり、ライプチヒ中心街のある空家を独自にリノベーションした部屋で活動している。活動内容は日本食パーティー、日本文化ワークショップなど日本の文化に関するイベントの開催が主であるが、その背景には「市民による草の根型の空家の有効活用」という理念が存在する。

ワイマールは第二次世界大戦で壊滅的な被害を受け、その住環境の劣悪さに合わせて毎月 1,000 人も人口が流出した。ドイツ統合後、財政援助を受けて市内の交通、農業、そして旧市街地の再生を実施し、1996 年にはバウハウスが、1998 年には旧市街地がユネスコの世界遺産に指定され、さらには 1999 年にはヨーロッパ歴史都市に指定された。現在では 2005 年には 20% だった失業率が 2013 年には 8% まで回復した。

このようなワイマールでの都市再生の背景には都市再生に向けた基本理念がある。ワイマールでは住宅供給を単なる「屋根」の供給として捉えるのではなく住居空間が生む「atmosphere」の構築を重視し、すべての人々のための美しく豊かで文化的な中心街の再生や健康都市、気候変動への対応といった都市戦略がある。この戦略のもと既存のニュータウンの再生にも着手しており、たとえば 1960 年代に開発され現在では全人口の約 30% が住むワイマール西部に位置するニュータウンではリノベーションにかかる費用の 30% を市が負担し再生に成功している。ニュータウン内には Green Space があふれ良好な住環境を形成しており、現在では新規入居者は 2~3 年待ちという人気となっている。

以上のように、都市再生に向けてはただ単に住居そのものの供給を行うのではなく、住居とそれを取り囲む住環境（atmosphere）の再生が重要であり、かつその実施に向けては市民参加を行うことでのコミュニティ強化など、空間的・社会的コベネフィットを戦略的に生み出すことが重要であると言える。

・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

今年度は、都市・地域の縮退がもたらすコベネフィットの主な効果としての「CO₂ 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い、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。その際、気候変動の適応策 緩和策の実施を都市・地域縮退がもたらすコベネフィットの駆動力としてとらえ、図-2のようなコベネフィットモデルを考案し、各アローが示す「災害リスク最小化」、「コンパクト化・治水安全度向上」、「ライフスタイル変革」、「CO₂削減」という4要素について研究事例の調査を実施した。

(1) 災害リスク最小化（洪水／土砂災害）

現在、グローバルスケールでの気候変動の洪水・渇水リスクの変化を推定する研究が進んでいるものの、日本スケールでの推定は未だ精度上の課題が残り、特に洪水に関しては、堤防破堤の考慮等、技術的課題も残っており、適応策立案に耐えうる計画論的な外力設定は大きな課題である。

(2) コンパクト化・治水安全度向上

都市のコンパクト化（コンパクトシティ）に関する政策的な議論は、各種答申や法律を通じて行われてきている。一方、コンパクトシティに関する学術的な研究は多数報告されており、一部の都市では既に都市構造再編の取り組みも始まっている。一方治水安全度の向上については、平成9年以降、各水系での河川整備基本方針、整備計画の立案がすすみ、現在治水安全度の向上の取り組みが進行中である。

(3) ライフスタイル変革

心理学的アプローチによる交通・居住地選択行動の変容を促す研究が多く実施されてきている。例えば、書籍「モビリティ・マネジメントの手引き」（土木学会）、日本モビリティ・マネジメント会議などでの研究報告、活動など。

(4) CO₂削減

CO₂削減に関する政策的な議論は、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第3作業部会の評価報告書、「都市の低炭素化の促進に関する法律（エコまち法）」などを通じて行われている。また、土木学会、日本都市計画学会など多くの学会で、交通行動・都市構造の変化、技術革新に関する研究が多数報告されている。

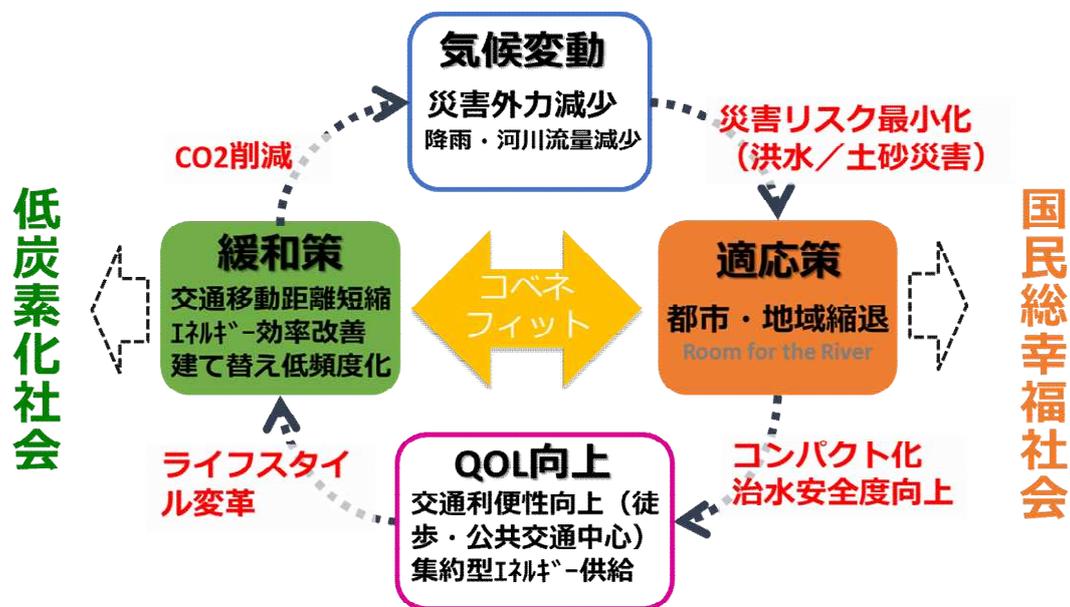


図2 災害安全度の向上をドライビング・フォースとする都市・地域縮退

(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

(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ことを目的に、東日本大震災により甚大な被害を受けた福島県の浜通り北部地域を対象に中長期のスパンで避難生活者を含む住民の生活環境を QOL の観点から評価する。本年度は、住民の生活環境の定量的評価のための基礎となる GIS データベースを構築するとともに QOL 構成要素の算定を実施した。ここでは、住民の QOL を定量的に評価するため、先行研究で作成した QOL 評価システムを援用する。このシステムは、QOL 値を社会資本や公共・民間施設へのアクセス性を表す交通利便性 (AC)、居住性や景観の良好度を表す居住快適性 (AM)、および災害や事故・犯罪に対する災害安全性 (SS) の 3 分類からなる、居住地区における環境を左右する物理量 LPs と、そこに居住する住民の主観的な価値観を表す重み (w) との積和によって決定されると定義する。今年度は、重み (w) に関しては、名古屋都市圏における先行研究の結果を援用しているが、次年度以降、対象地域に適合した値に調整し、QOL 統合評価値を算定する。

3. 対外発表等の実施状況

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 研究者打合せ (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)

4. 英文サマリー

(英文)

(1) Review for a strategies of shrinking city and a reduction of carbon emissions in urban and regional area

Case study for urban development plans and environmental policies in European shrinking cities

There are a lot of European cities and areas where have experienced an economic grows and population decline earlier than Japan. And the cities and areas have shown some examples which conducted evaluation for regional policies by using QOL or carbon emissions. In FY 2015, we conducted a field survey in Leipzig and Weimar, Germany, related reform of urban and environment policies and goals due to the urban and regional shrinking. The surveys are based on interview for local governments and reviews related building consensus and evaluation methods. Through the survey, we showed that urban regeneration aims not only providing "house" but also building "atmosphere" of the area, and it is important to make spatial and sociological co-benefits through community enhancements due to citizen participations.

Case study for co-benefits due to urban and regional shrinking

Strategies for urban and regional shrinking have been proposed and conducted in developed countries. In the cases, many researches have been shown both of merit and demerit of these strategies. We conduct a review survey and interview for researchers to organize the researches related co-benefit of urban

shrinking. In this survey, we mainly focus 1) the main effects of the strategies: CO₂ emission, QOL enhancement, disaster mitigation and cost reduction, and 2) the barriers to conduct it: cost burden for evacuation and aggregate, land use after evacuation, promotion of aggregate. In FY 2015, we conducted a resource research related co-benefits between mitigation and adaptation to climate change which is as one of driving force for urban and regional shrinking

(2) Developing an evaluation model system for co-benefit due to urban and regional shrinking

A formulations which express various effects due to changing urban and regional structures are developed based on the (1) result. In FY 2015, we aim to improve the existing model to make it possible to estimate CO₂ emission, QOL and maintenance cost of infrastructures in 500m grids. And we evaluated the living environment of evacuees in Fukushima prefecture based on the QOL. Furthermore, we developed the GIS database to evaluate the living environment and estimated the factors of QOL.

(和文)

(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

・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。そこで今年度はドイツのワイマール、ライプチヒを対象に、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。調査を通して、都市再生に向けてはただ単に住居そのものの供給を行うのではなく、住居とそれを取り囲む住環境（atmosphere）の再生が重要であり、かつその実施に向けては市民参加を行うことでのコミュニティ強化など、空間的・社会的コベネフィットを戦略的に生み出すことが重要であるとの知見を得た。

・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研究が行われている。本研究では特に、主な効果としての「CO₂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。気候変動緩和策 - 適応策の実施をコベネフィットのドライビング・フォースとして捉え、コベネフィットモデルを考案し、要素ごとに既往研究のレビューを実施した。

(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

(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。本年度は CO₂ 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、既存モデルをもとに改良することを目標に、東日本大震災により甚大な被害を受けた福島県の浜通り北部地域を対象として中長期のスパンで避難生活者を含む住民の生活環境を QOL の観点から評価するため、基礎となる GIS データベースを構築するとともに QOL 構成要素の算定を実施した。

5. 平成 27 年度の進捗状況と成果（詳細）

平成 27 年度は、3 年間の研究計画のうち、(1) 都市・地域の縮退戦略と低炭素化に関する研究・政策レビュー及び(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実施した。

(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

「(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」では、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ことを目的として、「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」及び「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」を実施した。

・ 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」では、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。平成 27 年度はドイツのワイマール、ライプチヒを対象に、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。調査は 2015 年 10 月 10 日から 18 日の日程で実施した。調査対象地、調査行程を下に示す。

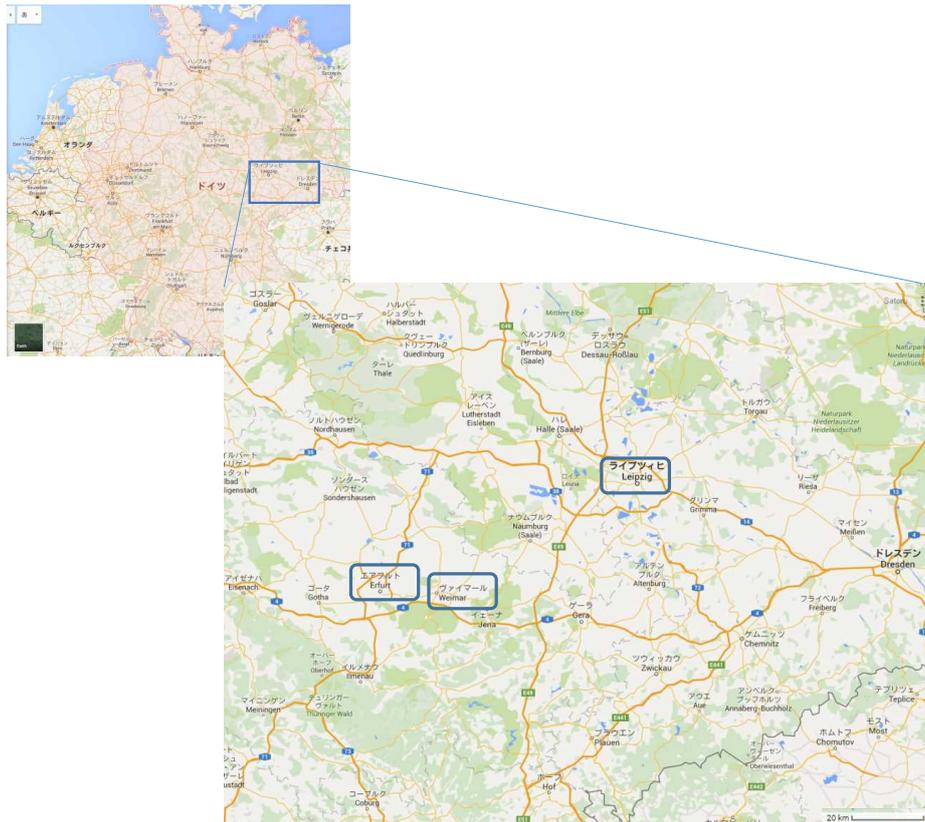


図 3 調査対象地

表 1 ドイツ調査行程

10月10日	○名大・九大合流 ○翌日の打ち合わせに向けた準備
10月11日	○ワイマール市内を視察（バウハウス博物館等） ○バウハウス大学 Uwe 先生と共に、ワイマールの住宅地・ニュータウン・歴史等の調査・ヒアリング
10月12日	○バウハウス大学にて、Uwe 先生とアンケートについて打ち合わせ ○ワイマール市役所都市局の方と、都市計画、都市課題、今後について協議 ○ヘルムホルツ環境研究センターRink 先生と、ライプチヒの変遷と都市課題について協議（第5章）
10月13日	○ライプチヒ市内の衰退地域を視察 ○「日本の家」大谷さんと、ライプチヒの再開発の現状、再生に向けた取り組みについて協議（第7章）
10月14日	○ライプチヒ市内の衰退地域を視察 ○アンケート内容の修正・訂正（アンケート内容は別紙参照）
10月15日	ライプチヒ市内の衰退地域を視察 ○ライプチヒ市内（駅構内・公園）で、アンケート実施
10月16日	○ライプチヒからワイマールへ移動 ○ワイマール市内（駅構内・公園）で、アンケート調査 ○ワイマールからエアフルトへ移動（宿泊地）
10月17日	○エアフルトからライプチヒへ移動 「日本の家」でアンケート調査 ライプチヒからエアフルトへ移動
10月18日	エアフルトからフランクフルトへ移動 フランクフルト市内を視察



図 4 調査の様子

a) ライプチヒ

○都市の特徴

ライプチヒは旧東ドイツ Saxony に位置し、面積は 297.36 km² (約 17km × 17km)であり、2015 年時点の人口は 544,479 人である。以前は「Dirty City, Dying City」であったものの、2013 年にはドイツの住みやすい都市ランキングで 1 位となっており、ヨーロッパ全体でも QoL ランキングで 3 位になっている。2000 年での空家は 60,000 棟以上であった。2010 年には最も経済成長を遂げている都市であり、その成長率は年 2.0 ~ 2.5%である。東ドイツで唯一人口増を経験している都市である。ヨーロッパ全体でもライプチヒとリバプールのみがこのような現象を経験している。

ライプチヒに人口変動の歴史は大きく以下の 5 つに区分される (図 6)。

第二次世界大戦期

北部や東部に発達した工業都市への人口流出が進む。

漸減期

人々がより魅力的な住環境を求めたため、住環境悪化が進む。

ドイツ統合期

1989 年から 1998 年にかけて、100,000 人(20%)が西ドイツへ流出した。工業の衰退によって 90,000 もの職が失われ、その結果出生率は 0.77 まで落ち込み、出生数より死亡数が 20,000 人超過した。

再都市化期

1999 年に周辺の小州が統合され、西ドイツの財政投資が行われ (表 2)、民間部門の開発が進んだ。

漸増期

低額な居住コストによって人口流入が進み、Porsche、BMW、DHL、Amazon といった主要企業が立地した。

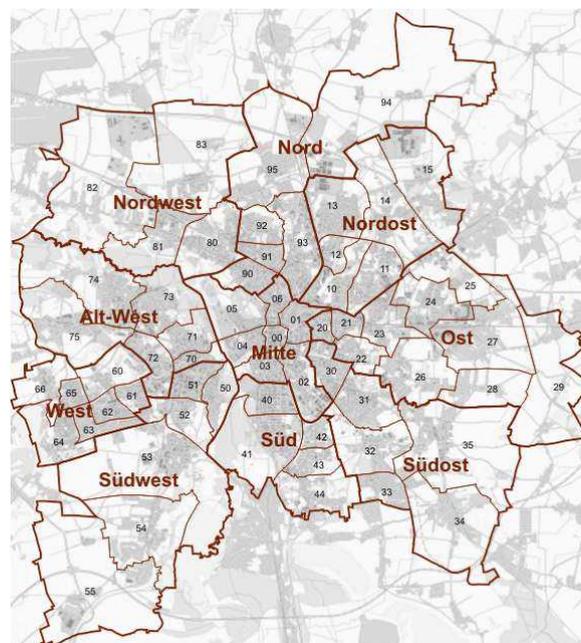


図 5 ライプチヒの地図

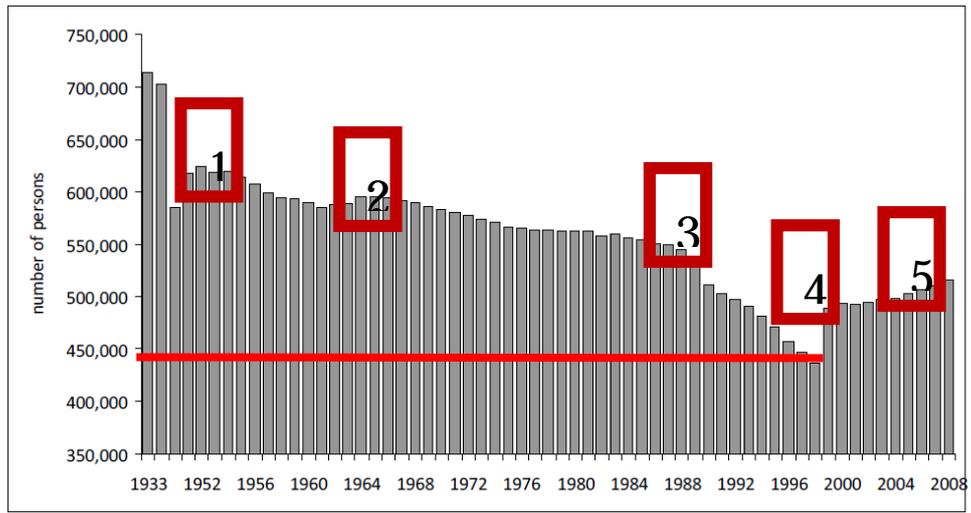


図 6 ライプチヒの人口推移

表 2 ライプチヒ市の主要プロジェクト

Project	Time period	Estimated total investment in Mio. €
Mainly public investments (urban fringe)		
Medical Scientific Centre including Heart Clinic	1992-1996	1,500
New Leipzig Fair	1993-1995	2,060
Leipzig airport	1993-2007	1,340
Mainly private investments (urban fringe)		
Quelle mail-order warehouse	1992-1995	500
Central German Office and Administration Centre, Schkeuditz	1992-1996	500
Porsche/car production	2000-2009	280
BMW/car production	2002-2005	1,400
DHL Logistics	2006-2008	300
Investments in inner Leipzig		
Deutsche Telekom, including district office	1992-1995	580
Technical infrastructure (gas, electricity, water)	1993-1994	1,000
Redevelopment and preparation of enterprise areas	1993-1996	1,200
Various media-related projects of urban renewal	1993-1996	900
Main station, Leipzig Mall	1996-1998	260
Media-city/MDR	1998-2002	250
University Leipzig, hospital	2004-2014	214
City-tunnel	2005-2012	900

○Rink 先生へのヒアリング

今回の視察ではヘルムホルツ環境研究センターRink 氏へヒアリングを実施した。その内容は以下の通りである。

- ・ライプチヒに再生は強固な戦略によって実施されている。
 - ・ドイツ統合後、東側ドイツの発展の必要性が認識された。
 - ・ライプチヒの 3 分の 1 の職業が工業関連であり、3 分の 1 が専門性を必要としないもの、残り 3 分の 1 が一般職である。
 - ・ライプチヒは高い技能を必要とする仕事が発展しないだろう。
 - ・ライプチヒの住居費は手ごろで魅力的なまま維持されるだろう。
 - ・人口の 9% は外国人である。
- また提案として下記の事項が挙げられた。
- ・ライプチヒの役割はドイツ国内の発展した都市へ工業の労働力を供給することにある。
 - ・ライプチヒは難民を受け入れる役割を有している。
 - ・ライプチヒ成功は明らかに資金融資によるものである。

○各エリアの再生の状況

ライプチヒ市では主にグリューナウ地区（ライプチヒ南西部）とアイゼバーン通り（ライプチヒ駅より東へ2km）において都市再生の状況について調査を実施した（図）。

グリューナウ地区（ライプチヒ南西部）

築年数が古い住宅エリアとして有名であり、高齢化率が他の地区と比較して増加傾向にある（外付けでエレベーターを付けている建物も見られた）。外観は廃れているものの、ストックや周辺環境の状態が良く、リノベーションをかけることで今後、多くの人々に受け入れられ住宅エリアになると考えられる。

アイゼバーン通り（ライプチヒ駅より東へ2km）

建物の劣化により、居住不能になっている建物も多く見られた（落書き・ガラス割等）。一方で、リノベーションが盛んに行われており、人口が微増傾向にある（リノベーションが行われている建築物とそうでない建物が混在している状況）。ドイツ人に限らず、多種多様な国籍の方が住んでいる地域（難民の受け皿として機能）。



図 7 ライプチヒでの調査箇所



図 8 グリューナウ地区（ライプチヒ南西部）の様子



図 9 アイゼバーン通り（ライプチヒ駅より東へ 2km）の様子

ONPO へのヒアリング及び活動に関する調査

ライプチヒでは「日本の家」と「ハウスハルテン」という空家再生を目的とした NPO が活動しており、これらの NPO へのヒアリング及び活動内容に関する調査を実施した。

「日本の家」は空家のリノベーションのための創造的なアイデアの創出を理念としており、2011 年に設立された。このプロジェクトは地方都市であるライプチヒでの自主的なリノベーションを目指しており、空家を活用した日本食パーティーや地域祭り、日本文化ワークショップ等を開催している。その目的は“ Use of the bottom-up type lots , vacant house by the citizen”の相互学習である。



図 10 「日本の家」の様子

一方「ハウスハルテン」は住居の仲介や管理を行う NPO であり、その方針は「Interim use of vacant houses」である。ユーザーがメンテナンスを行うことで、その建物のオーナーはメンテナンスコストを抑えることができるというメリットがあり、ユーザーはレンタルコスト無しにそのフリースペースを使用することができるメリットがある。ハウスハルテンはその仲介役として機能し、β-plan または f-plan の不十分なところを補う役割を担っており、かつ地域の人々のセイフティネットワークとしても機能している。リノベーションや取り壊しの費用は 50%を財団が残り 50%をオーナーが支払うことになっており、個人によるリノベーションに使用する材料費の半分は市が負担している。



図 11 「ハウスハルテン」の様子

b) ワイマール市

○都市の特徴

ワイマール市は Thuringia (東ドイツ) に位置し、面積は 84.42 km² (約 10km x 8.4km) である。Bauhaus 運動 (1919) が有名で、文化的都市として知られている。1945 年には第二次世界大戦で市街地が壊滅的な被害を受け、住宅の不足、市街地の消失がすすみ、毎月 1,000 人もの人口流出があった。1990 年のドイツ統合後は、最初の財政援助を受け、都市の再生がすすんだ。近隣の 11 の村が統合され、交通、農業、旧市街地の再生が行われた。そして 1996 年には Bauhaus が、1998 年には旧市街地が UNESCO 世界遺産に選定され、1999 年にはヨーロッパ文化都市として指定されている。2015 年現在では 64,000 人の人口 (学生が 5,000 人) を抱え、2005 年には 20% だった失業率が 2013 年には 8% まで回復した。人口 1 人あたりの面積は 41m² であり

十分な住居面積を有しているが、近年では他のドイツ都市と同様、難民問題（13人/週）に直面している。現在は2030年に向けたマスタープランが運用されている。

ワイマール市はリノベーション補助を最大30%負担しており、住環境の保全・再生に力を入れている。西部ニュータウン地区（1960年代に開発）には、全人口の約33%が居住しているが、70㎡で月6万円という低家賃も相まって（テラスハウスエリアでは1,200ユーロ/月）、人気が高く新規居住は非常に困難な状況となっている（受け入れに2~3年）。ニュータウンの中央部は、Green space となっており、子供からお年寄りまでの癒し・コミュニティの場として機能しており、その住環境は高い。

一方、市内の高級住宅街では、固定資産税があまりかからないため日本と比較して場所の移動があまりおこっておらず、リノベーションへの対応などはオーナーに依存している。



図 12 ワイマール市内の様子（上：ニュータウン、下：高級住宅街）

○ワイマール市都市局へのヒアリング

今回の調査ではワイマール市都市局へヒアリングを実施した。

ワイマールは明確の都市開発方針を有しており、その内容は以下の通りである。

「住宅政策は、『屋根』を提供することが目的ではありません。それによって生み出される『雰囲気 (atmosphere) 』こそが重要なのです。ワイマールは人々にとって美しく、文化度の高い都市です。合わせて、観光や交通、企業活動に対しても親切で健全な都市である必要があります。気候変動や社会的格差などへの速やかな対処も必要です。これらがワイマールの『都市の精神 (the Soul of this City) 』です。すべての都市は『精神』を持っています。そして都市プランナーの仕事はこの『精神』を読み取り、理解することにあります。」

“ Tradition heißt nicht, die Asche zu bewahren, sondern das Feuer weiterzureichen.“

Tradition means to keep the fire burning and not preserving the ash.

また、将来人口に関する方針として、「現在の人口は64,000人でありこれは適切な人口サイズである。私たちはこれ以上の増加は望まない。都市再生のアプローチは財政の増加よりもQoL（特に個人の住居面積）を都市の価値として捉えて実施している」とのことだった。また均一的な建物スタイルを維持するための規制とし

ては「Regulation includes concept, colours, lines, material, etc. The main decision will be competition between professional architectures to get the rights in building or refurbishing the stock in Weimar's city center.」と述べ、一定の規制を設けながら建築家の競争を促す方針を持っている。税制優遇、財産税、所得税に関しては「Owner will definitely get supports upon request for assistance. If the scale is big, there will be subsidies from Germany government and the city will provide minimum of 30% as well. The figures for the former one are not disclosed.」との回答であった。さらに都市再生の資金に関しては、「Weimar receive a huge portion directly from the government (West Germany)」と、その多くを政府からの融資に頼っているとのことであった。



図 13 ワイマール市都市局でのヒアリングの様子

c) 本調査による得られた QoL モデルの改良方針

以上のように、都市再生に向けてはただ単に住居そのものの供給を行うのではなく、住居とそれを取り囲む住環境 (atmosphere) の再生が重要であり、かつその実施に向けては市民参加を行うことでのコミュニティ強化など、空間的・社会的コベネフィットを戦略的に生み出すことが重要であると言える。

現在の QoL モデルは交通利便性、住居快適性、災害安全性の 3 要素からなる「生活環境質向上機会 (Life Prospects: LPs)」を定義し、この LPs に居住者の価値観を表す重みを乗じたものとして計測されている。しかし今回の調査を通して、既存のモデルに対して、主に緑地、街区の統一性、建物の高さ、色彩、建物の配列、そしてリノベーションを考慮する必要があることが示唆され、さらにリノベーションについては経時的な積分値としてコストと QoL を評価する必要があることが示されたと言える。(図 14)

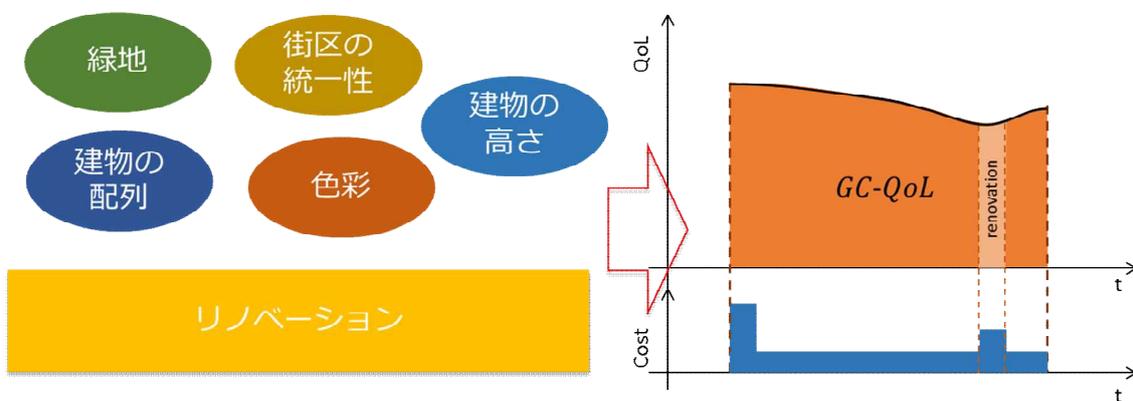


図 14 QoL モデルの改良方針

・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」では、都市・地域縮退策の主な効果としての「CO₂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い、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ことを目的としている。本年度は、気候変動の適応策 緩和策の実施を都市・地域縮退がもたらすコベネフィットの駆動力としてとらえ、図 15 のようなコベネフィットモデルを考案し、各アローが示す「災害リスク最小化」、「コンパクト化」、「ライフスタイル変革」、「CO₂削減」という 4 要素について研究事例の調査を実施した。

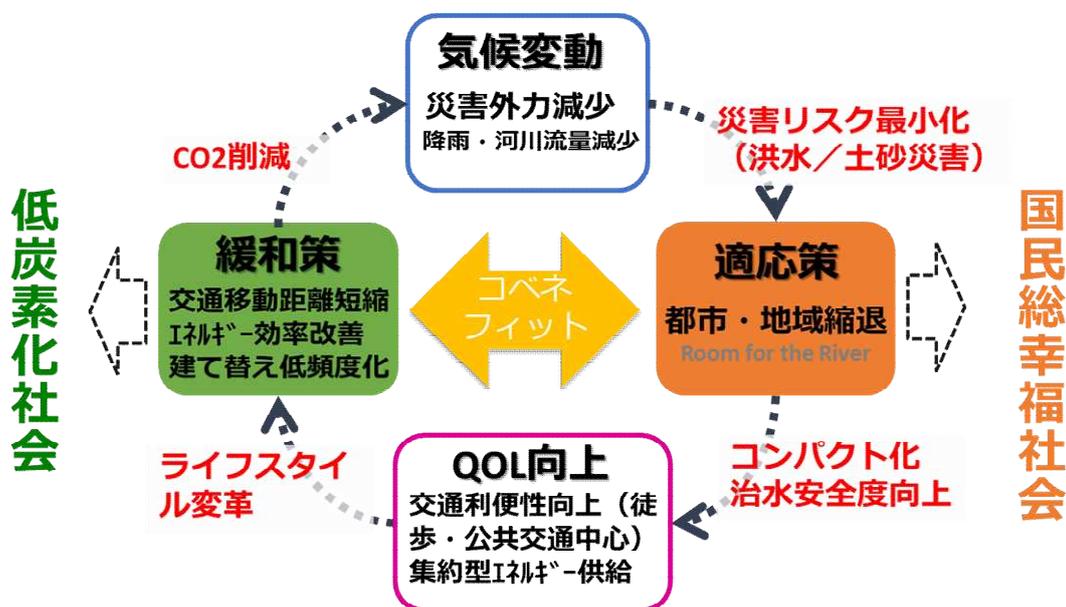


図 15 災害安全度の向上をドライビング・フォースとする都市・地域縮退

(1) 災害リスク最小化

気候変動による災害リスク変化に関する研究は、主にグローバルスケールで実施されており、例えば、Y. Hirabayashi et.al(2013)は、11 の最新気候モデル出力と最先端の河川・氾濫モデルを用いることによって、2100 年までの世界の洪水リスクの変化を推計し、地球温暖化の進展に伴う洪水リスクの増大は、アジア・アフリカの湿潤地域において顕著であることを明らかにしている。一方、日本スケールでは、例えば佐藤ら(2009)が挙げられ、河川域を対象に日本全土において整備された現在気候と将来気候の降雨極値データを用い、河川の外水氾濫による被害の定量化を行っている。一方で、堤防破堤の考慮や気候外力そのもの持つバイアスの計画論的解釈など、実際の適応策立案に耐えうる気候変動下での災害リスク評価は現在も発展途上であると言える。

(2) コンパクト化・治水安全度向上

都市のコンパクト化（コンパクトシティ）に関する政策的な議論は、2007 年の社会資本整備審議会第二次答申、2012 年の都市の低炭素化の促進に関する法律、2014 年の都市再生特別措置法の改正などを通じて行われてきている。また、富山市などいくつかの自治体ではコンパクトシティを基調として都市構造

の再編についての取組みも行われている（富山市は、経済協力開発機構（Organization for Economic Co-operation and Development : OECD）の報告書「Green Growth Studies Compact City Policies（2012）」でも紹介されている）。一方、コンパクトシティに関する学術的な研究は、土木学会、日本都市計画学会など多くの学会において、環境負荷やインフラ維持費用などとの関係について多数の報告されている。一方、浸水被害を考慮した住宅の再配置については、水野ら(2015)があり、神奈川県内の町丁・字等を対象に、2050年までの人口や世帯数、また住宅のライフサイクルと空間配置の推計をすることによって、浸水が予想される地域の人々や住宅を安全な地域へ移動させたとき、どの程度浸水被害額が軽減されるのかを推計している。

一方で我が国の治水安全度の向上については、平成9年の河川法改正後に全水系において河川整備基本方針が立案され、多くの河川では河川整備計画が策定され、1級河川ではおおむね200年～100年の安全度を目指して整備が進んでいる状況である。

(3) ライフスタイル変革

ライフスタイル変革に関する具体的な取組みは、公共交通の利用促進、エコ通勤などのように、1人1人のモビリティ（移動）を、社会的にも個人的にも望ましい方向（過度な自動車利用から公共交通等を適切に利用する等）に変化することを促す、コミュニケーションを中心とした交通政策であるモビリティ・マネジメントを中心に行われている。国土交通省では、モビリティ・マネジメントの基本的な考え方や各地での取組事例を紹介するパンフレットを作成している。また、一方、ライフスタイル変革に関する学術的な研究は、土木学会、日本都市計画学会、日本モビリティ・マネジメント会議（Japanese Conference On Mobility Management : JCOMM）など多くの学会において多数報告されている。例えば、土木学会からは書籍「モビリティ・マネジメントの手引き」、日本モビリティ・マネジメント会議では、モビリティ・マネジメントの「実務発展」と「技術発展」を目指して、国内の様々な取組みや研究をJCOMM賞として毎年表彰している。

(4) CO₂削減

CO₂削減（気候変動の緩和）に関する政策的な議論は、気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC）の第3作業部会の評価報告書（最新の報告書は、第5次評価報告書（Fifth Assessment Report : AR5）「気候変動2014 - 気候変動の緩和（Climate Change 2014 - Mitigation of Climate Change）」）低炭素まちづくりを促進するために2012年度に成立した「都市の低炭素化の促進に関する法律（エコまち法）」などを通じて行われている。また、低炭素まちづくり計画の作成を支援するツールとして「二酸化炭素削減効果シミュレーション・ツール（CO₂-Reduction Effect Simulation Tool : CREST）などが、国交省から自治体向けに配布されている。しかし、エコまち法による低炭素まちづくり計画を作成した自治体は、2016年1月1日現在21自治体（2014年11月1日現在16自治体）にとどまっており、現時点では大きな広がりは見せていない。一方、CO₂削減（気候変動の緩和）に関する学術的な研究は、土木学会、日本都市計画学会など多くの学会において、交通行動・都市構造の変化、技術革新といった視点から多数報告されている。

以上の調査結果から、現在では図15のアローごとの研究や政策は数多く存在するものの、コベネフィットに着目した研究は見当たらなかった。特にコベネフィットの統合的な定量評価は環境政策立案の上で必要性が高いと考えられる。

(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

「(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」では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を目指し、(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。CO₂ 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、既存モデルをもとに改良する。特に東日本大震災により甚大な被害を受けた福島県の浜通り北部地域を対象として中長期のスパンで避難生活者を含む住民の生活環境をQOLの観点から評価する。

本年度は、住民の生活環境の定量的評価のための基礎となるGISデータベースを構築するとともにQOL構成要素の算定を実施した。ここでは、住民のQOLを定量的に評価するため、先行研究で作成したQOL評価システムを援用する。このシステムは、QOL値を社会資本や公共・民間施設へのアクセス性を表す交通利便性(AC)、居住性や景観の良好度を表す居住快適性(AM)および災害や事故・犯罪に対する災害安全性(SS)の3分類からなる、居住地区における環境を左右する物理量LPsと、そこに居住する住民の主観的な価値観を表す重み(w)との積和によって決定されると定義する。表4にその概要を示す。

また、小地区単位でのエネルギー利用特性の把握を目的として、再生可能エネルギーや未利用エネルギーのGISデータベースを整備した。今後は、バイオマス等も含めて評価対象を拡張し、既存のQOL評価との統合を目指す予定である。

さらに、対象地域における将来の人口分布に関するシナリオ構築に着手した。コーホートモデルを用いた自治体単位でのマクロ推計からは、津波被災者の高台移転・再定住化が完了後も新地町・相馬市・南相馬市の3市町で約14,000人が避難生活を続けることとなる共に、定住人口に対して急速な高齢化が進展する可能性があることが明らかになった。次年度は、自治体が公表している復興計画に関する情報収集や避難者の中長期的な居住地選択傾向の分析に基づき、マクロ推計値をダウンスケールし人口分布に関する中長期シナリオを設計する。その上で、代替的なシナリオ間をQOLの観点から比較評価することにより、中長期の復興プロセスに対する計画支援情報を提供することを目指す。

表 3 QOL 各評価要素

分類	評価要素	LPs 算出の考え方
交通 利便性 Accessibility (AC)	就業利便性	就業地までの所要時間で評価。今回は各メッシュから最寄の駅までの所要時間(徒歩(4km/時)と自動車(20km/時)の平均速度(12km/時)での移動を想定)で評価。交通行動モデルのアウトプットである通勤にかかる期待最小費用を時間価値(40円/分)で割戻すことにより算出。
	教育・文化利便性	最寄の小学校と中学校までの平均所要時間(徒歩(4km/時)での移動を仮定)で評価。また、通学路の特性を考慮して道路ネットワークを考慮せず、目的地まで直線での移動するものと仮定。
	健康・医療利便性	最寄の一般病院までの所要時間(徒歩(4km/時)と自動車(20km/時)の平均速度(12km/時)での移動を想定)で評価。
	買物・サービス利便性	最寄の商業施設までの所要時間(自動車(20km/時)での移動を仮定)で評価。道路ネットワークを考慮せず、目的地まで直線で移動するものと仮定。交通行動モデルのアウトプットである私事交通にかかる期待最小費用を時間価値(40円/分)で割戻すことにより算出。
居住 快適性 Amenity (AM)	居住空間使用性	国勢調査 H22 から市町村毎で人口 1 人あたり居住延床面積を算出。世帯の平均延床面積を推計し、平均世帯人数で除算した。
	建物景観調和性	周辺の建物の統一感で評価する。対応するデータが存在しないため基本的には 0.5 と設定。シナリオ分析ではオプションとして変化した場合を分析。
	周辺自然環境性	徒歩圏内に緑地が存在しているかどうかで評価。800m 圏内に 1 ヘクタール程度のまとまりがある森林がある場合 1、農地(田畑)がある場合 0.5 と設定。森林・農地は国土数値情報の土地利用細分メッシュより作成。
	局地環境負荷性	交通騒音レベルで評価する。対応するデータが存在しないため基本的には 0.5 と設定。シナリオ分析ではオプションとして変化した場合を分析。
災害 安全性 Safety & Security (SS)	地震危険性	地震によるリスク。耐震設計基準にもとづいて、表層地盤における地震の主要動(S波)の伝わる速度が 0~200m(沖積層・軟弱地盤相当)で 1、200~400m で 0.5、400m 以上(洪積層相当)で 0 とする。データソースは地震ハザードステーション。
	洪水危険性	ハザードマップより得られるデータに基づき、100年に1度の確率で発生する豪雨により床上浸水のリスクがある場合 1、床上浸水のリスクがある場合 0.5、洪水リスクが全くない場合は 0 と設定。
	犯罪危険性	年間街頭・侵入犯罪件数。対応するデータが存在しないため基本的には 0.5 と設定。シナリオ分析ではオプションとして変化した場合を分析。
	交通事故危険性	年間人身事故発生件数。対応するデータが存在しないため基本的には 0.5 と設定。シナリオ分析ではオプションとして変化した場合を分析。

・ 今後の研究方針（課題含む）

平成 27 年度は、3 年間の研究計画のうち、「(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」及び「(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」の一部を実施した。H28 年度は引き続き両者を継続しつつ、次のステージである「(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」を実施する予定である。

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」に関しては、平成 27 年度調査では、住居単独ではなく、ニュータウンや街区などを含めた総合的な住環境の向上が重要という知見を得たことから、街区または地域レベルでの都市再生の手法及び政策に着目してドイツの都市を対象に調査を実施する。また平成 27 年度は「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」として、気候変動の緩和策 - 適応策のコベネフィットモデルを考案して各要素についてレビューを行ったが、その成果は主に国内の事例であったことから、平成 28 年度は対象を国外に拡大し、特に政策の事例に着目して資料調査を実施したい。

「(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」では QOL モデルの改良を目指し、先行的にデータが得られている福島県新地町における復興住宅や災害公営住宅の立地と交通利便性の分布状況を比較したが、重み (w) に関しては名古屋都市圏における先行研究の結果を援用しているため次年度以降、対象地域に適合した値に調整し、QOL 統合評価値を算定する。また、対象地域における将来の人口分布に関するシナリオ構築に着手しが、次年度は、自治体が公表している復興計画に関する情報収集や避難者の中長期的な居住地選択傾向の分析に基づき、マクロ推計値をダウンスケールし人口分布に関する中長期シナリオを設計する。その上で、代替的なシナリオ間を QOL の観点から比較評価することにより、中長期の復興プロセスに対する計画支援情報を提供することを目指す。

平成 28 年度は次のステージである「(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」において名古屋都市圏、福島県浜通り、宮崎県でのより具体的な事例研究への応用を試みる。

添付資料（参考文献、略語表、調査票、付録 等）

- 1) Yukiko Hirabayashi, Roobavannan Mahendran, Sujan Koirala, Lisako Konoshima, Dai Yamazaki, Satoshi Watanabe, Hyungjun Kim & Shinjiro Kanae, Global flood risk under climate change, Nature Climate Change 3, 816–821, 2013.
- 2) 佐藤歩, 川越清樹, 風間聡, 森杉壽芳, 気候モデルを利用した日本列島洪水リスク評価, 水工学論文集, 53, 847-852, 2009.
- 3) 社会資本整備審議会, 新しい時代の都市計画はいかにあるべきか。(第二次答申), 2007.
- 4) 国土交通省, 都市の低炭素化の促進に関する法律, http://www.mlit.go.jp/toshi/city_plan/eco-machi.html (参照: 2016 年 3 月 26 日)
- 5) OECD, Green Growth Studies Compact City Policies, 2012.
- 6) 水野伶那, 佐尾博志, 大西 暁生, 神奈川県における浸水発生に適應した住宅の再配置による被害額の軽減効果, 水文・水資源学会誌 28(5), 245-260, 2015.
- 7) 国土交通省, モビリティ・マネジメント, <http://www.mlit.go.jp/common/000234997.pdf>, (参照: 2016 年 3 月 26 日)
- 8) 土木学会土木計画学研究委員会土木計画のための態度・行動変容研究小委員会, モビリティ・マネジメン

トの手引き, 土木学会, 2005.

9) IPCC, Climate Change 2014 –Mitigation of Climate Change, 2014.

10) 国土交通省 都市局 都市計画課, 二酸化炭素削減効果シミュレーション・ツール利用マニュアル, 2014.

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、CO₂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・CO₂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CO₂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/CO₂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)CO₂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/CO₂(炭素排出あたりのQOL向上効率:CO₂ 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。

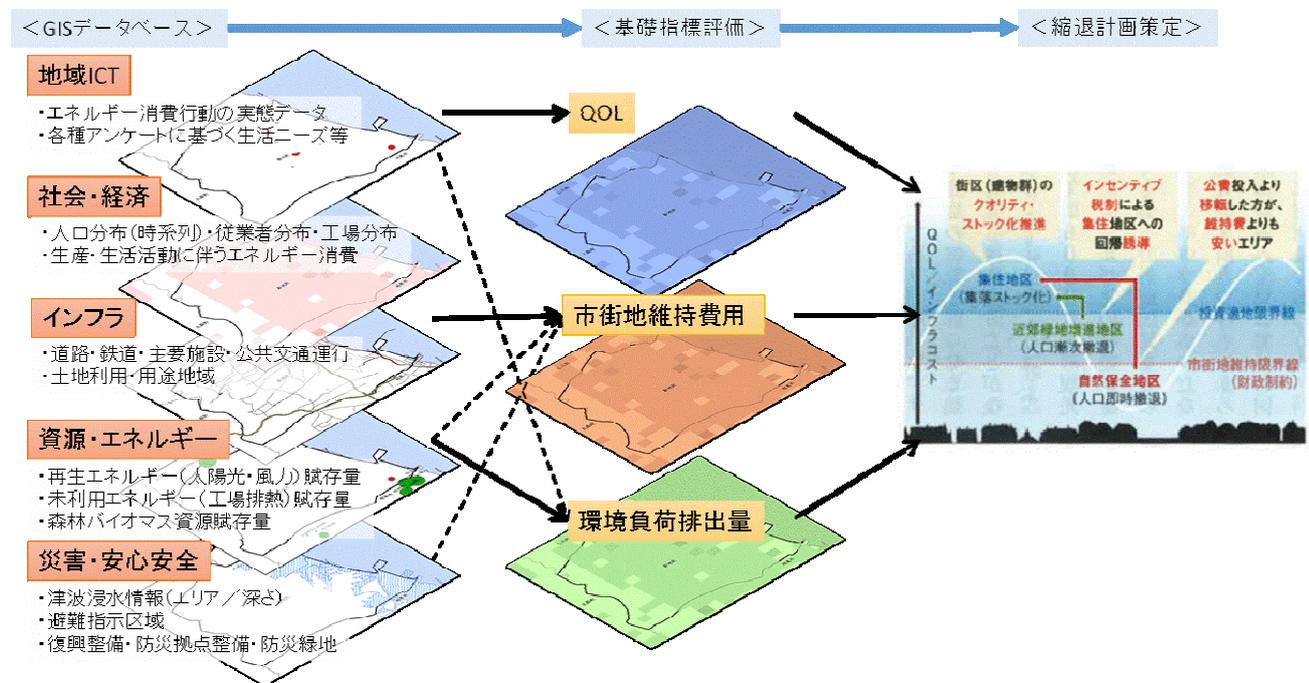


図 16 縮退戦略策定モデルのイメージ

(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、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「CO₂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、CO₂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。CO₂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、CO₂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、CO₂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と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、域内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、CO₂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CO₂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CO₂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

林 良嗣	名古屋大学・大学院環境学研究科・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・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

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。

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、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。

・平成 27 年度の研究計画および進捗状況と成果

1. 平成 27 年度の研究計画

平成 27 年度は、上記 3 年間の研究計画のうち、(1) 都市・地域の縮退戦略と低炭素化に関する研究・政策レビュー及び(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実施する。

(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

平成 27 年度は、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ことを目指す。

・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「CO₂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

・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。CO₂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、既存モデルをもとに改良する。CO₂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。

2. 平成 27 年度の進捗状況および成果（概要）

(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

・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。そこで今年度は、ドイツのワイマール、ライプチヒを対象に、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。

ライプチヒは第二次世界大戦中に新たな工業産業の発達に伴い人口の移入がすすんだが、1960 年代から市内の住居環境の悪化により郊外へ人口が流出した。ドイツ統合後には旧西ドイツへの人口流出が進み、人口はピーク時（約 7 万人）から約半分（約 4 万 5 千人）まで急激に減少した。しかしプライベートセクターの投資や西ドイツからの財政援助によって持ち直し、1990 年代後半からは急激な人口の回復が起こった。その背景には低家賃に合わせて BMW 等の有名企業の誘致、さらには教育の強化がある。

ライプチヒ内の建物の多くは築年数が古いものが多いものの、エリア内の緑地が良好に保持されておりかつ建物そのものは盛んにリノベーションが実施されている。特筆すべき点として、リノベーションの実施に NPO 等の市民参加が進んでいることが挙げられる。一例として「日本の家」が挙げられる。「日本の家」は空きや再生に向けた創造的なアイデアを生み出すことを目的としたプロジェクトであり、ライプチヒ中心街のある空家を独自にリノベーションした部屋で活動している。活動内容は日本食パーティー、日本文化ワークショップなど日本の文化に関するイベントの開催が主であるが、その背景には「市民による草の根型の空家の有効活用」という理念が存在する。

ワイマールは第二次世界大戦で壊滅的な被害を受け、その住環境の劣悪さに合わせて毎月 1000 人もの人口が流出した。ドイツ統合後、財政援助を受けて市内の交通、農業、そして旧市街地の再生を実施し、1996 年にはバウハウスが、1998 年には旧市街地がユネスコの世界遺産に指定され、さらには 1999 年にはヨーロッパ歴史都市に指定された。現在では 2005 年には 20%だった失業率が 2013 年には 8%まで回復した。

このようなワイマールでの都市再生の背景には都市再生に向けた基本理念がある。ワイマールでは住宅供給を単なる「屋根」の供給として捉えるのではなく住居空間が生む「atmosphere」の構築を重視し、すべての人々のための美しく豊かで文化的な中心街の再生や健康都市、気候変動への対応といった都市戦略がある。この戦略のもと既存のニュータウンの再生にも着手しており、たとえば 1960 年代に開発され現在では全人口の約 30%が住むワイマール西部に位置するニュータウンではリノベーションにかかる費用の 30%を市が負担し再生に成功している。ニュータウン内には Green Space があふれ良好な住環境を形成しており、現在では新規入居者は 2~3 年待ちという人気となっている。

以上のように、都市再生に向けてはただ単に住居そのものの供給を行うのではなく、住居とそれを取り囲む住環境（atmosphere）の再生が重要であり、かつその実施に向けては市民参加を行うことでのコミュニティ強化など、空間的・社会的コベネフィットを戦略的に生み出すことが重要であると言える。

・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

今年度は、都市・地域の縮退がもたらすコベネフィットの主な効果としての「CO₂ 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い、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。その際、気候変動の適応策 緩和策の実施を都市・地域縮退がもたらすコベネフィットの駆動力としてとらえ、図-2のようなコベネフィットモデルを考案し、各アローが示す「災害リスク最小化」、「コンパクト化・治水安全度向上」、「ライフスタイル変革」、「CO₂削減」という4要素について研究事例の調査を実施した。

(5) 災害リスク最小化（洪水/土砂災害）

現在、グローバルスケールでの気候変動の洪水・渇水リスクの変化を推定する研究が進んでいるものの、日本スケールでの推定は未だ精度上の課題が残り、特に洪水に関しては、堤防破堤の考慮等、技術的課題も残っており、適応策立案に耐えうる計画論的な外力設定は大きな課題である。

(6) コンパクト化・治水安全度向上

都市のコンパクト化（コンパクトシティ）に関する政策的な議論は、各種答申や法律を通じて行われてきている。一方、コンパクトシティに関する学術的な研究は多数の報告されており、一部の都市では既に都市構造再編の取り組みも始まっている。一方治水安全度の向上については、平成9年以降各水系での河川整備基本方針、整備計画の立案がすすみ、現在治水安全度の向上の取り組みが進行中である。

(7) ライフスタイル変革

心理学的アプローチによる交通・居住地選択行動の変容を促す研究が多く実施されてきている。例えば、書籍「モビリティ・マネジメントの手引き」（土木学会）、日本モビリティ・マネジメント会議などでの研究報告、活動など。

(8) CO₂削減

CO₂削減に関する政策的な議論は、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第3作業部会の評価報告書、「都市の低炭素化の促進に関する法律（エコまち法）」などを通じて行われている。また、土木学会、日本都市計画学会など多くの学会で、交行動・都市構造の変化、技術革新に関する研究が多数報告されている。

(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

(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ことを目的に、東日本大震災により甚大な被害を受けた福島県の浜通り北部地域を対象に中長期のスパンで避難生活者を含む住民の生活環境をQOLの観点から評価する。本年度は、住民の生活環境の定量的評価のための基礎となるGISデータベースを構築するとともにQOL構成要素の算定を実施した。ここでは、住民のQOLを定量的に評価するため、先行研究で作成したQOL評価システムを援用する。このシステムは、QOL値を社会資本や公共・民間施設へのアクセス性を表す交通利便性（AC）、居住性や景観の良好度を表す居住快適性（AM）、および災害や事故・犯罪に対する災害安全性（SS）の3分類からなる、居住地区における環境を左右する物理量LPsと、そこに居住する住民の主観的な価値観を表す重み（ w ）との積和によって決定されると定義する。今年度は、重み（ w ）に関しては、名古屋都市圏における先行研究の結果を援用しているが、次年度以降、対象地域に適合した値に調整し、QOL統合評価値を算定する。

3. 対外発表等の実施状況

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 研究者打合せ(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)

4. 英文サマリー

(英文)

(3) Review for a strategies of shrinking city and a reduction of carbon emissions in urban and regional area

Case study for urban development plans and environmental policies in European shrinking cities

There are a lot of European cities and areas where have experienced an economic grows and population decline earlier than Japan. And the cities and areas have shown some examples which conducted evaluation for regional policies by using QOL or carbon emissions. In FY 2015, we conducted a field survey in Leipzig and Weimar, Germany, related reform of urban and environment policies and goals due to the urban and regional shrinking. The surveys are based on interview for local governments and reviews related building consensus and evaluation methods. Through the survey, we showed that urban regeneration aims not only providing “house” but also building “atmosphere” of the area, and it is important to make spatial and sociological co-benefits through community enhancements due to citizen participations.

Case study for co-benefits due to urban and regional shrinking

Strategies for urban and regional shrinking have been proposed and conducted in developed countries. In the cases, many researches have been shown both of merit and demerit of these strategies. We conduct a review survey and interview for researchers to organize the researches related co-benefit of urban shrinking. In this survey, we mainly focus 1) the main effects of the strategies: CO₂ emission, QOL enhancement, disaster mitigation and cost reduction, and 2) the barriers to conduct it: cost burden for evacuation and aggregate, land use after evacuation, promotion of aggregate. In FY 2015, we conducted a resource research related co-benefits between mitigation and adaptation to climate change which is as one of driving force for urban and regional shrinking

(4) Developing an evaluation model system for co-benefit due to urban and regional shrinking

A formulations which express various effects due to changing urban and regional structures are developed based on the (1) result. In FY 2015, we aim to improve the existing model to make it possible to estimate CO₂ emission, QOL and maintenance cost of infrastructures in 500m grids. And we evaluated the living environment of evacuees in Fukushima prefecture based on the QOL. Furthermore, we developed the GIS database to evaluate the living environment and estimated the factors of QOL.

(和文)

(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

・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。そこで今年度はドイツのワイマール、ライプチヒを対象に、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。調査を通して、都市再生に向けてはただ単に住居そのものの供給を行うのではなく、住居とそれを取り囲む住環境（atmosphere）の再生が重要であり、かつその実施に向けては市民参加を行うことでのコミュニティ強化など、空間的・社会的コベネフィットを戦略的に生み出すことが重要であるとの知見を得た。

・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研究が行われている。本研究では特に、主な効果としての「CO₂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。気候変動緩和策 - 適応策の実施をコベネフィットのドライビング・フォースとして捉え、コベネフィットモデルを考案し、要素ごとに既往研究のレビューを実施した。

(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

(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。本年度は CO₂ 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、既存モデルをもとに改良することを目標に、東日本大震災により甚大な被害を受けた福島県の浜通り北部地域を対象として中長期のスパンで避難生活者を含む住民の生活環境を QOL の観点から評価するため、基礎となる GIS データベースを構築するとともに QOL 構成要素の算定を実施した。

5. 平成 27 年度の進捗状況と成果（詳細）

平成 27 年度は、3 年間の研究計画のうち、(1) 都市・地域の縮退戦略と低炭素化に関する研究・政策レビュー及び(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実施した。

(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

「(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」では、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ことを目的として、「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」及び「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」を実施した。

・ 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」では、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。H27 年度はドイツのワイマール、ライプチヒを対象に、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。調査は 2015 年 10 月 10 日から 18 日の日程で実施した。調査対象地、調査行程を下に示す。

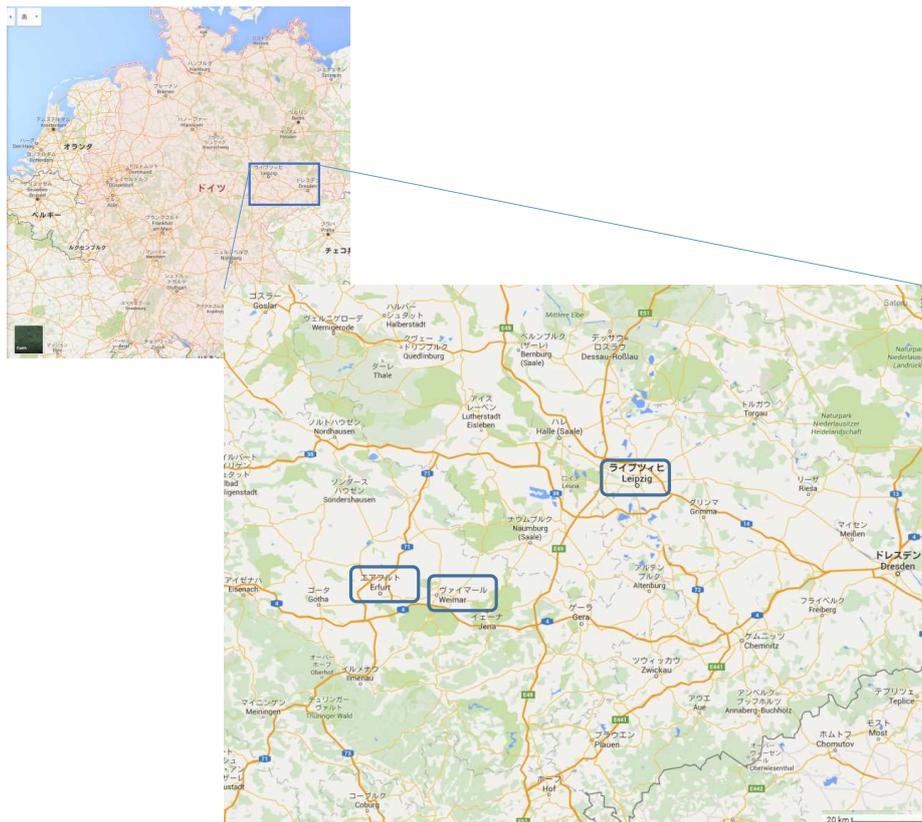


図 17 調査対象地

表 4 ドイツ調査行程

10月10日	○名大・九大合流 ○翌日の打ち合わせに向けた準備
10月11日	○ワイマール市内を視察（バウハウス博物館等） ○バウハウス大学 Uwe 先生と共に、ワイマールの住宅地・ニュータウン・歴史等の調査・ヒアリング
10月12日	○バウハウス大学にて、Uwe 先生とアンケートについて打ち合わせ ○ワイマール市役所都市局の方と、都市計画、都市課題、今後について協議 ○ヘルムホルツ環境研究センターRink 先生と、ライプチヒの変遷と都市課題について協議（第5章）
10月13日	○ライプチヒ市内の衰退地域を視察 ○「日本の家」大谷さんと、ライプチヒの再開発の現状、再生に向けた取り組みについて協議（第7章）
10月14日	○ライプチヒ市内の衰退地域を視察 ○アンケート内容の修正・訂正（アンケート内容は別紙参照）
10月15日	ライプチヒ市内の衰退地域を視察 ○ライプチヒ市内（駅構内・公園）で、アンケート実施
10月16日	○ライプチヒからワイマールへ移動 ○ワイマール市内（駅構内・公園）で、アンケート調査 ○ワイマールからエアフルトへ移動（宿泊地）
10月17日	○エアフルトからライプチヒへ移動 「日本の家」でアンケート調査 ライプチヒからエアフルトへ移動
10月18日	エアフルトからフランクフルトへ移動 フランクフルト市内を視察



図 18 調査の様子

d) ライプチヒ

○都市の特徴

ライプチヒは旧東ドイツ Saxony に位置し、面積は 297.36 km² (約 17km x 17km)であり、2015 年時点の人口は 544,479 人である。以前は「Dirty City, Dying City」であったものの、2013 年にはドイツの住みやすい都市ランキングで 1 位となっており、ヨーロッパ全体でも QoL ランキングで 3 位になっている。2000 年での空家は 60,000 棟以上であった。2010 年には最も経済成長を遂げている都市であり、その成長率は年 2.0～2.5%である。東ドイツで唯一人口増を経験している都市である。ヨーロッパ全体でもライプチヒとリバプールのみがこのような現象を経験している。

ライプチヒに人口変動の歴史は大きく以下の 5 つに区分される (図 6)。

第二次世界大戦期

北部や東部に発達した工業都市への人口流出が進む。

漸減期

人々がより魅力的な住環境を求めたため、住環境悪化が進む。

ドイツ統合期

1989 年から 1998 年にかけて、100,000 人(20%)が西ドイツへ流出した。工業の衰退によって 90,000 もの職が失われ、その結果出生率は 0.77 まで落ち込み、出生数より死亡数が 20,000 人超過した。

再都市化期

1999 年に周辺の小州が統合され、西ドイツの財政投資が行われ (表 2)、民間部門の開発が進んだ。

漸増期

低額な住コストによって人口流入が進み、Porsche、BMW、DHL、Amazon といった主要企業が立地した。

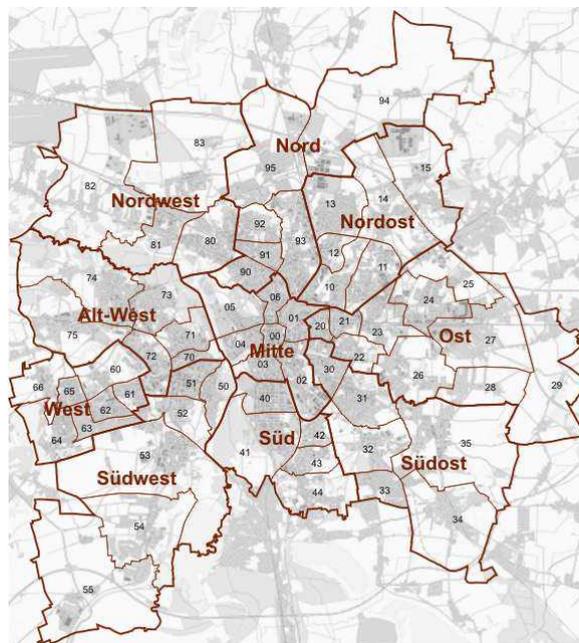


図 19 ライプチヒの地図

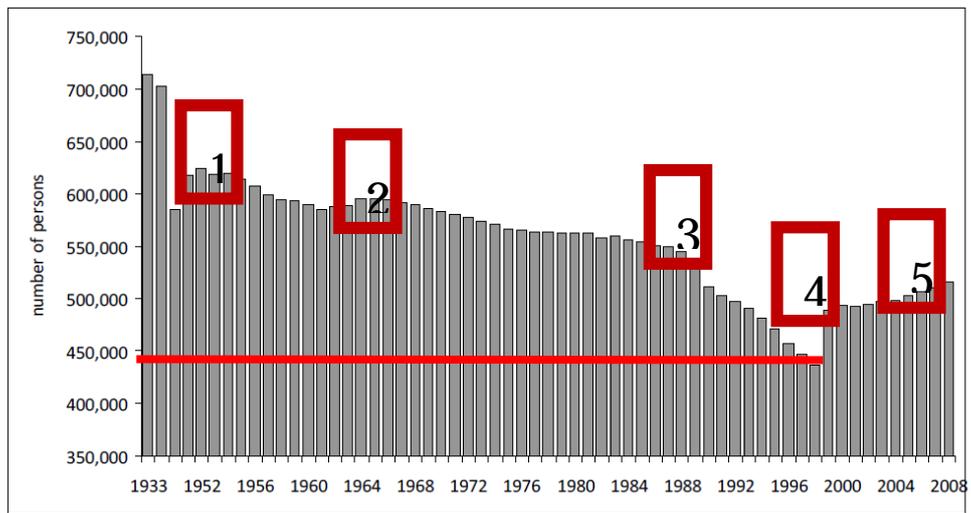


図 20 ライチヒの人口推移

表 5 ライプチヒ市の主要プロジェクト

Project	Time period	Estimated total investment in Mio. €
Mainly public investments (urban fringe)		
Medical Scientific Centre including Heart Clinic	1992-1996	1,500
New Leipzig Fair	1993-1995	2,060
Leipzig airport	1993-2007	1,340
Mainly private investments (urban fringe)		
Quelle mail-order warehouse	1992-1995	500
Central German Office and Administration Centre, Schkeuditz	1992-1996	500
Porsche/car production	2000-2009	280
BMW/car production	2002-2005	1,400
DHL Logistics	2006-2008	300
Investments in inner Leipzig		
Deutsche Telekom, including district office	1992-1995	580
Technical infrastructure (gas, electricity, water)	1993-1994	1,000
Redevelopment and preparation of enterprise areas	1993-1996	1,200
Various media-related projects of urban renewal	1993-1996	900
Main station, Leipzig Mall	1996-1998	260
Media-city/MDR	1998-2002	250
University Leipzig, hospital	2004-2014	214
City-tunnel	2005-2012	900

○Rink 先生へのヒアリング

今回の視察ではヘルムホルツ環境研究センターRink 氏へヒアリングを実施した。その内容は以下の通りである。

- ・ライプチヒに再生は強固な戦略によって実施されている。
 - ・ドイツ統合後、東側ドイツの発展の必要性が認識された。
 - ・ライプチヒの3分の1の職業が工業関連であり、3分の1が専門性を必要としないもの、残り3分の1が一般職である。
 - ・ライプチヒは高い技能を必要とする仕事が発展しないだろう。
 - ・ライプチヒの住居費は手ごろで魅力的なまま維持されるだろう。
 - ・人口の9%は外国人である。
- また提案として下記の事項が挙げられた。
- ・ライプチヒの役割はドイツ国内の発展した都市へ工業の労働力を供給することにある。
 - ・ライプチヒは難民を受け入れる役割を有している。
 - ・ライプチヒ成功は明らかに資金融資によるものである。

○各エリアの再生の状況

ライプチヒ市では主にグリューナウ地区（ライプチヒ南西部）とアイゼバーン通り（ライプチヒ駅より東へ2km）において都市再生の状況について調査を実施した（図）。

グリューナウ地区（ライプチヒ南西部）

築年数が古い住宅エリアとして有名であり、高齢化率が他の地区と比較して増加傾向にある（外付けでエレベーターを付けている建物も見られた）。外観は廃れているものの、ストックや周辺環境の状態が良く、リノベーションをかけることで今後、多くの人々に受け入れられ住宅エリアになると考えられる。

アイゼバーン通り（ライプチヒ駅より東へ2km）

建物の劣化により、居住不能になっている建物も多く見られた（落書き・ガラス割等）。一方で、リノベーションが盛んに行われており、人口が微増傾向にある（リノベーションが行われている建築物とそうでない建物が混在している状況）。ドイツ人に限らず、多種多様な国籍の方が住んでいる地域（難民の受け皿として機能）。



図 21 ライプチヒでの調査箇所



図 22 グリューナウ地区（ライプチヒ南西部）の様子



図 23 アイゼバーン通り（ライプチヒ駅より東へ 2km）の様子

ONPO へのヒアリング及び活動に関する調査

ライプチヒでは「日本の家」と「ハウスハルテン」という空家再生を目的とした NPO が活動しており、これらの NPO へのヒアリング及び活動内容に関する調査を実施した。

「日本の家」は空家のリノベーションのための創造的なアイデアの創出を理念としており、2011 年に設立された。このプロジェクトは地方都市であるライプチヒでの自主的なリノベーションを目指しており、空家を活用した日本食パーティーや地域祭り、日本文化ワークショップ等を開催している。その目的は“ Use of the bottom-up type lots , vacant house by the citizen”の相互学習である。



図 24 「日本の家」の様子

一方“ハウスハルテン”は住居の仲介や管理を行う NPO であり、その方針は“Interim use of vacant houses”である。ユーザーがメンテナンスを行うことで、その建物のオーナーはメンテナンスコストを抑えることができるというメリットがあり、ユーザーはレンタルコスト無しにそのフリースペースを使用することができるメリットがある。ハウスハルテンはその仲介役として機能し、β-plan または f-plan の不十分なところを補う役割を担っており、かつ地域の人々のセイフティネットワークとしても機能している。リノベーションや取り壊しの費用は 50%を財団が残り 50%をオーナーが支払うことになっており、個人によるリノベーションに使用する材料費の半分は市が負担している。



図 25 「ハウスハルテン」の様子

e) ワイマール市

○都市の特徴

ワイマール市は Thuringia (東ドイツ) に位置し、面積は 84.42 km² (約 10km x 8.4km) である。Bauhaus 運動 (1919) が有名で、文化的都市として知られている。1945 年には第二次世界大戦で市街地が壊滅的な被害を受け、住宅の不足、市街地の消失がすすみ、毎月 1,000 人もの人口流出があった。1990 年のドイツ統合後は、最初の財政援助を受け、都市の再生がすすんだ。近隣の 11 の村が統合され、交通、農業、旧市街地の再生が行われた。そして 1996 年にはバウハウスが、1998 年には旧市街地が UNESCO 世界遺産に選定され、1999 年にはヨーロッパ文化都市として指定されている。2015 年現在では 64,000 人の人口 (学生が 5000 人) を抱え、2005 年には 20% だった失業率が 2013 年には 8% まで回復した。人口 1 人あたりの面積は 41m² であり十

分な住居面積を有しているが、近年では他のドイツ都市と同様、難民問題（13人/週）に直面している。現在は2030年に向けたマスタープランが運用されている。

ワイマール市はリノベーション補助を最大30%負担しており、住環境の保全・再生に力を入れている。西部ニュータウン地区（1960年代に開発）には、全人口の約33%が居住しているが、70㎡で月6万円という低家賃も相まって（テラスハウスエリアでは1200ユーロ/月）、人気が高く新規居住は非常に困難な状況となっている（受け入れに2~3年）。ニュータウンの中央部は、Green space となっており、子供からお年寄りまでの癒し・コミュニティの場として機能しており、その住環境は高い。

一方、市内の高級住宅街では、固定資産税があまりかからないため日本と比較して場所の移動があまりおこっておらず、リノベーションへの対応などはオーナーに依存している。



図 26 ワイマール市内の様子（上：ニュータウン、下：高級住宅街）

○ワイマール市都市局へのヒアリング

今回の調査ではワイマール市都市局へヒアリングを実施した。

ワイマールは明確の都市開発方針を有しており、その内容は以下の通りである。

「住宅政策は、『屋根』を提供することが目的ではありません。それによって生み出される『雰囲気 (atmosphere) 』こそが重要なのです。ワイマールは人々にとって美しく、文化度の高い都市です。合わせて、観光や交通、企業活動に対しても親切で健全な都市である必要があります。気候変動や社会的格差などへの速やかな対処も必要です。これらがワイマールの『都市の精神 (the Soul of this City) 』です。すべての都市は『精神』を持っています。そして都市プランナーの仕事はこの『精神』を読み取り、理解することにあります。」

“ Tradition heißt nicht, die Asche zu bewahren, sondern das Feuer weiterzureichen.“

Tradition means to keep the fire burning and not preserving the ash.

また、将来人口に関する方針として、「現在の人口は64000人でありこれは適切な人口サイズである。私たちはこれ以上の増加は望まない。都市再生のアプローチは財政の増加よりもQoL（特に個人の住居面積）を都市の価値として捉えて実施している」とのことだった。また均一的な建物スタイルを維持するための規制とし

ては「Regulation includes concept, colours, lines, material, etc. The main decision will be competition between professional architectures to get the rights in building or refurbishing the stock in Weimar's city center.」と述べ、一定の規制を設けながら建築家の競争を促す方針を持っている。税制優遇、財産税、所得税に関しては「Owner will definitely get supports upon request for assistance. If the scale is big, there will be subsidies from Germany government and the city will provide minimum of 30% as well. The figures for the former one are not disclosed.」との回答であった。さらに都市再生の資金に関しては、「Weimar receive a huge portion directly from the government (West Germany)」と、その多くを政府からの融資に頼っているとのことであった。



図 27 ワイマール市都市局でのヒアリングの様子

f) 本調査による得られた QoL モデルの改良方針

以上のように、都市再生に向けてはただ単に住居そのものの供給を行うのではなく、住居とそれを取り囲む住環境 (atmosphere) の再生が重要であり、かつその実施に向けては市民参加を行うことでのコミュニティ強化など、空間的・社会的コベネフィットを戦略的に生み出すことが重要であると言える。

現在の QoL モデルは交通利便性、住居快適性、災害安全性の 3 要素からなる「生活環境質向上機会 (Life Prospects: LPs)」を定義し、この LPs に居住者の価値観を表す重みを乗じたものとして計測されている。しかし今回の調査を通して、既存のモデルに対して、主に緑地、街区の統一性、建物の高さ、色彩、建物の配列、そしてリノベーションを考慮する必要があることが示唆され、さらにリノベーションについては経時的な積分値としてコストと QoL を評価する必要があることが示されたと言える。(図 14)

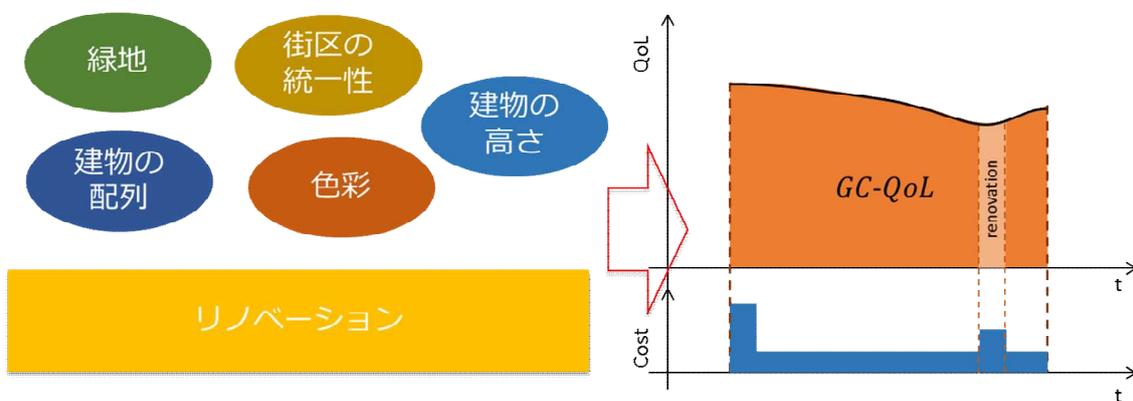


図 28 QoL モデルの改良方針

・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

「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」では、都市・地域縮退策の主な効果としての「CO₂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い、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ことを目的としている。本年度は、気候変動の適応策 緩和策の実施を都市・地域縮退がもたらすコベネフィットの駆動力としてとらえ、図 15 のようなコベネフィットモデルを考案し、各アローが示す「災害リスク最小化」、「コンパクト化」、「ライフスタイル変革」、「CO₂削減」という 4 要素について研究事例の調査を実施した。またインドネシアバンドンで開催された 3rd PC and 10th SSMS Int'l Conference、およびパリで開催された COP21 に参加し、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。バンドンでの意見交換に用いた発表資料を付録に収録した。

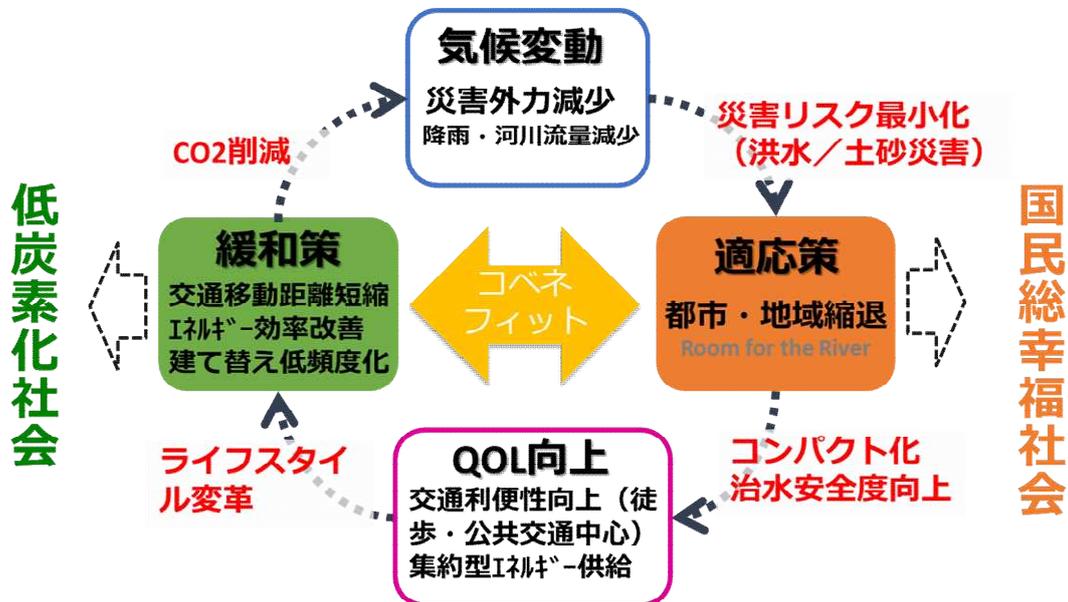


図 29 災害安全度の向上をドライビング・フォースとする都市・地域縮退

(1) 災害リスク最小化

気候変動による災害リスク変化に関する研究は、主にグローバルスケールで実施されており、例えば、Y. Hirabayashi et.al(2013)は、11 の最新気候モデル出力と最先端の河川・氾濫モデルを用いることによって、2100 年までの世界の洪水リスクの変化を推計し、地球温暖化の進展に伴う洪水リスクの増大は、アジア・アフリカの湿潤地域において顕著であることを明らかにしている。一方、日本スケールでは、例えば佐藤ら(2009)が挙げられ、河川域を対象に日本全土において整備された現在気候と将来気候の降雨極値データを用い、河川の外水氾濫による被害の定量化を行っている。一方で、堤防破堤の考慮や気候外力そのもの持つバイアスの計画論的解釈など、実際の適応策立案に耐えうる気候変動下での災害リスク評価は現在も発展途上であると言える。

池永ら¹²⁾は、地震・洪水・土砂災害の 3 つを対象として、全国を俯瞰した視点から災害リスク曝露人口の分布状況の分析を行っている。その上で、災害リスクと将来人口の減少率の関係性の地域特性を分析

している。災害リスク及び人口減少率がともに高い地域は、安全な土地への土地利用の集約などの選択と集中という効率的な防災対策へのニーズが高い地域であると考えられるとしている。

大原ら¹³⁾は、今後人口が減少する我が国の防災政策として、災害危険度の低い安全な地域へと長期的な人口誘導を図ることが重要であると考え、全国の活断層型地震に着目し、活断層近傍の土地利用誘導策に関する研究を行っている。活断層タイプ等に応じた人口・建物の分布傾向を分析し、活断層情報の周知や土地利用規制などの土地利用誘導策によって影響を受ける人口の将来推計を行い、施策の効果を検討している。

陳ら¹⁴⁾は、南海・東南海・東海地震の防災対策立案のための基礎的資料の構築を行うため、将来人口の推計と重要社会基盤施設により地域暴露特性を明らかにしている。震度6以上の揺れに見舞われる紀伊半島と四国圏では、2030年には消滅集落と限界集落が多く存在することになり、救援活動に困難をきたす可能性があることや中部圏で将来曝露人口の増加が継続し、発電施設の停止など社会に大きな影響を与えることが予想されると指摘している。

森田ら¹⁵⁾は、東北地方太平洋沖地震・津波により甚大な被害を受けた宮城県南三陸町を対象に、復興計画の地域構造について生活面と防災性の視点から評価を行っている。その結果、現状の復興計画の地域構造は防災性を高めるが、生活面で問題があることを示している。また、集約型の地域構造にすることによって、生活面の問題が軽減する可能性を示している。

武田ら¹⁶⁾は、甚大な津波被害が想定されている高知市を対象に、震災前の移転に対する浸水地域に居住する住民の意識を明らかにし、約75%の回答者が地震前かつ個別の移住に関心を見せていることを示している。また、被災前の移転は被災額よりも低費用になることを明らかにしている。

井若ら¹⁷⁾は、持続が危ぶまれている地域での事前復興まちづくり計画立案に資する資料とすることを目的に、徳島県美波町を対象に、計画立案初動期の課題と対策や地域敬称意欲の現状と課題を明らかにしている。

(2) コンパクト化・治水安全度向上

都市のコンパクト化（コンパクトシティ）に関する政策的な議論は、2007年の社会資本整備審議会第二次答申、2012年の都市の低炭素化の促進に関する法律、2014年の都市再生特別措置法の改正などを通じて行われてきている。また、富山市などいくつかの自治体ではコンパクトシティを基調として都市構造の再編についての取組みも行われている（富山市は、経済協力開発機構（Organization for Economic Co-operation and Development : OECD）の報告書「Green Growth Studies Compact City Policies（2012）」でも紹介されている）。一方、コンパクトシティに関する学術的な研究は、土木学会、日本都市計画学会など多くの学会において、環境負荷やインフラ維持費用などとの関係について多数の報告されている。一方、浸水被害を考慮した住宅の再配置については、水野ら(2015)があり、神奈川県内の町丁・字等を対象に、2050年までの人口や世帯数、また住宅のライフサイクルと空間配置の推計をすることによって、浸水が予想される地域の人々や住宅を安全な地域へ移動させたとき、どの程度浸水被害額が軽減されるのかを推計している。

一方で我が国の治水安全度の向上については、平成9年の河川法改正後に全水系において河川整備基本方針が立案され、多くの河川では河川整備計画が策定され、1級河川ではおおむね200年～100年の安全度を目指して整備が進んでいる状況である。

a) 生活サービス機能の維持に関する国の政策

現在、国や地方自治体において、どのようなコンパクトシティ政策が進められているのかについて、「都市部」「中山間部」という2つの観点から整理した。

○都市部における生活サービス機能の維持のための施策

現在、国土交通省は、地方都市においては、「多極ネットワーク型コンパクトシティ」を目指す方針³⁾を打ち出している。これは、以下の3つを満たす都市形態である。

- 1) 医療施設・福祉施設、商業施設や住居等がまとまって立地している。
- 2) 高齢者をはじめとする住民が自家用車に過度に頼ることなく公共交通により医療・福祉施設や商業施設等にアクセス可能である。
- 3) 日常生活に必要なサービスや行政サービスが住まいなどの身近に存在する。

このような「多極ネットワーク型コンパクトシティ」の形成を推進するために、都市再生特別措置法が、平成26年2月に改正された。これは、図31に示すように市町村が、住宅及び都市施設（医療施設、福祉施設、商業施設その他の都市の居住者の共同の福祉又は利便のため必要な施設）の立地の適正化を図るため、立地適正化計画を作成することができるというものである。

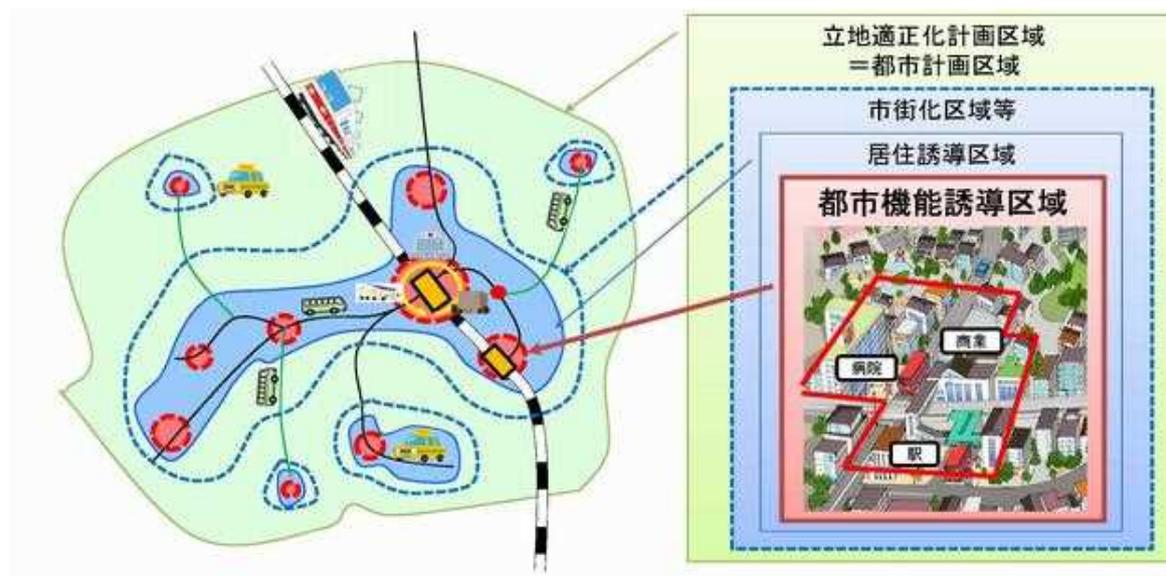


図 30 立地適正化計画概要図

立地適正計画では、都市機能誘導区域、居住誘導区域を定めることができる。都市機能誘導区域、居住誘導区域については図32の通りである。また、都市機能誘導区域に誘導すべき都市施設の目安として表8のように高齢化・行政サービス・子育て集客に関するものが挙げられている。

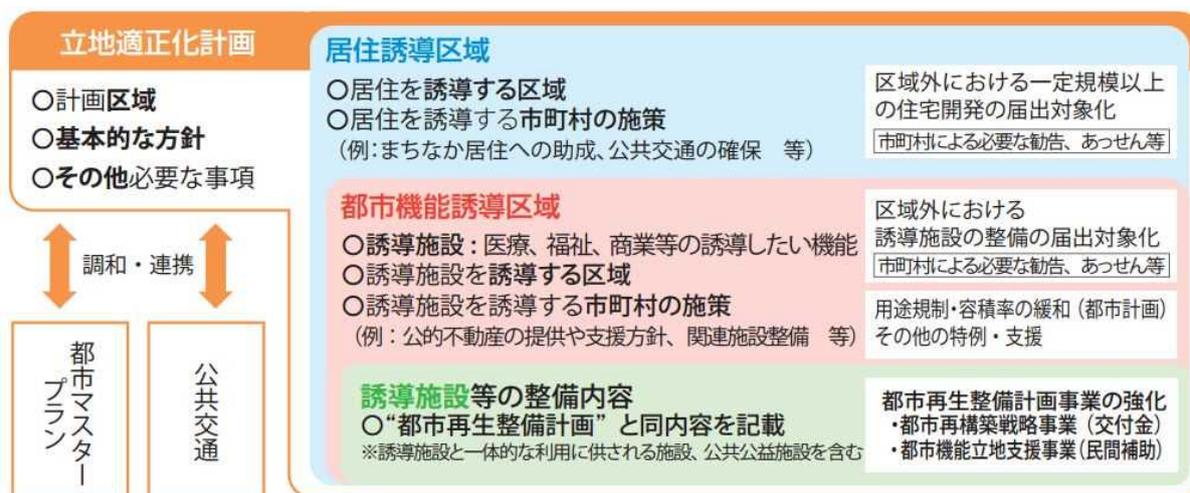


図 31 居住誘導区域と都市機能誘導区域について 4)

表 6 中心拠点誘導施設についての詳細

	機能	都市施設
誘導施設	高齢化	病院・診療所・老人デイサービス
	行政サービス	市役所・支所、公民館等
	子育て	幼稚園・保育所・小学校
	集客	図書館・博物館・スーパーマーケット

○中山間地域・離島におけるコンパクトシティ政策

中山間部の集落でも地方都市と同様に、多極ネットワーク型拠点を形成する「小さな拠点」づくり²⁾が始まっている。中山間部の中でも過疎地域は、都市部に比べて、人口減少や高齢化が急速に進み、食料品や日用品を扱う商店や診療所が閉鎖するなど、日常生活に必要なサービスを受けることが困難になるとともに、コミュニティ機能が低下している。

こういった状況を防ぐために、「小さな拠点づくり」が推進されている。これは図 33 に示すように、小学校区など複数の集落が集まる地域(集落地域)において、買い物や医療・福祉など複数の生活サービスを歩いて動ける範囲に集め、各集落との交通手段を確保することによって、車が運転できない高齢者などであっても一度に用事を済ませられる生活拠点をつくり、地域の生活サービスを維持していこうという取り組みである。



図 32 小さな拠点の取り組みの例²⁾

b) 生活質の向上及び防災力の向上のための都市構造の集約に関する先行研究のレビュー

生活質の向上及び防災力の向上のための都市構造の集約に関する先行研究論文と「小さな拠点」に関する先行研究論文をレビューした。学術雑誌に掲載されている先行研究論文をレビューした結果を「生活質の向上または防災力の向上」、及び、「小さな拠点」の2つの視点で関連ある論文の整理を行った。

○生活質の向上または防災力の向上のための都市構造の集約に関する先行研究論文

戸川ら⁵⁾は、環境・経済・社会のトリプルボトムライン(TBL)の観点から、環境、経済、社会の各要素の定量指標をCO₂排出量、市街地維持費用、QOLとして都市・地域の持続可能性を評価するシステムを用いて、名古屋都市圏を対象に小学校区単位での分析を行っている。その結果、今後2050年にかけてTBL各指標の都市圏全体平均値はいずれも悪化する方向に推移することが明らかとしている。また、TBL各指標の空間分布を定量的に明らかにすることで都市圏全体の持続可能性を損なうリスク要因を分析している。分析結果からは、特に団塊の世代が多く居住する郊外住宅地区や農業地区・山林地区において経済・環境指標に顕著な悪化が生じ非効率化していくことを示し、経済・環境指標の小学校区間格差は拡大する方向に推移することを明らかとしている。さらに、都市構造改変に関するシナリオ(BAU、集約シナリオ、合併シナリオ)を設定し、TBL各指標への影響を分析した結果、全体の4%程度の人口を移転させることで、市街地維持費用を1割以上削減できる可能性があることを明らかとしている。

長尾ら⁶⁾は、都市的利用を中止する地区および集結する地区の選定を、QOL(Quality Of Life)指標および市街地維持費を評価値として選定し、遺伝的アルゴリズムを用いて最適化を行っている。新潟県旧上越市に適用した結果、QOL最大化の場合、郊外から郊外へ移転し、特に大型病院のある地区や緑地の豊富な地区への集結が最適であることが示している。一方、市街地維持費最小化の場合、地価が低く築年数が経過している住宅の多い地区から消滅し、鉄道駅周辺や商業施設の充実した幹線道路沿線へ集結するこ

とが最適であることが示している。さらに、QOL と市街地維持費を共に考慮する両立モデルでは、市街地維持費削減効果の大きい地区から先に消滅し、その後 QOL の向上につながる移転を行うことが最適であることが明らかとしている。

水野ら⁷⁾は、人口減少下で集落・居住地の持続可能性を高めるためには空間的な集約が必要であるとし、利用を中止（消滅）する地区と促進（集結）する地区の選定を多目的遺伝的アルゴリズムにより最適化を行っている。地域の QOL（Quality Of Life）向上と市街地維持費の削減を目的とし、中山間地域と都市地域を分けた最適化（部分最適）と全地域を一括で対象とした最適化（全体最適）している。三重県松阪市・多気町に適用した結果、QOL 向上には災害安全性の低い地区からの消滅が、市街地維持費削減には地価が低く人口あたりインフラ設備が過剰な地区からの消滅が効果的であることを明らかとしている。また、中山間地域において老朽化した公共施設の設置を仮定し最適化した結果、市街地維持費を削減しながら地域の QOL を向上させることができることを明らかとしている。

宮田ら⁸⁾は、過疎化の進む日本の中山間地域においては、持続が可能もしくは必要な集落に住民を集約することが迫られているとし、各集落をインフラ維持費用と得られる QOL（Quality Of Life）の観点から定量評価し、集約すべき集落を選定する方法を構築している。ケーススタディとして三重県松阪市・多気町の中 山間地域を対象に、各集落の QOL 値とインフラ維持費用を算出している。その結果、全体として QOL は都市地 域に比べて中山間地域が低いものの、中山間地域より低い都市地域も沿岸部に存在していることが明らかとなっている。また、インフラ維持費用は、総額では松阪市中心部などで高いが、人口 1 人あたりに換算すると中山間地域において高く、特に末端に向かうにつれて高くなる傾向が把握している。

加知ら⁹⁾は、生活環境質(QOL)が高い都市空間構造を実現するための居住地立地誘導の方向性を見いだす指標として、都市内各地区における居住から得られる生活環境質の評価指標を「余命」を尺度として定義している。定義した指標を用いて財政的持続性および社会的公平性制約下での都市全体の生活環境質最大化問題を定式化し、さらに、これを都市の居住地立地施策に適用するために、生活環境質を市街地維持費用で除した社会的費用効率(S 値)を用いた消滅・再集結地区選定の枠組みに展開した。本手法を実際の地方都市に適用した結果、生活環境質自体は中心部より郊外部の方が高いものの、S 値は市街地が拡大する前の既存集落部で高くなり、分散集中型への誘導が望ましいことが示した。

谷口ら¹⁰⁾は、人口減少などに伴う各種都市サービスの消滅によって居住者に生活上の負担が発生することを懸念し、都市圏の中でどのような特性を有する地区において、このような都市構造リスクが顕在化する可能性について、定量的な検討を行っている。地方中心都市である岡山県倉敷市を対象に、まずはアンケート調査により居住者の実際の居住パターンおよび交通行動を配慮して、地区を 10 個の分類に分けている。次に「鉄道駅徒歩圏外のスーパーが全て消滅した」という状況を仮定し、地区内において交通行動の変化が必要となる人の割合を都市構造集約化によって居住者にかかる負荷として、都市構造リスクの発生パターンを分析している。分析の結果、商業施設の消滅が進むことによって、都市構造リスクが深まる地区は駅から最も遠い地区ではなく、その地区よりも駅に近く自動車への依存が低い場所で都市構造リスクが高くなることを明らかとしている。

安立ら¹¹⁾は、都市サービスが消滅する都市構造リスクに着目してどのような都市サービスで構成される地区において、このリスクが顕在化する可能性が高いかの考察を行っている。その結果、快速停車駅のような都心部から少し離れた地区の自動車に依存していない人に多く負荷がかかるという、従来の郊外からの消滅という考え方からは外れた地区・人においてリスクが高いということを示している。

清水ら¹²⁾は、都市郊外部における高齢化および人口減少が進展しつつある住宅団地からの消滅の考え

方、消滅に伴う様々な費用（例えば、引っ越しに伴う金銭的・非金銭的費用に対する住民への補償金）と便益（例えば、消滅団地の住宅やインフラの維持管理費用および建て替え・大規模更新費の節約）を整理し、消滅の条件および消滅の最適タイミングの算出方法を提案している。提案した方法を千葉県船橋市の2つの郊外住宅団地に適用したケーススタディの結果、一方の住宅団地の住宅建て替えのタイミングに、当該団地の全住民がもう一方の住宅団地に移住することが社会的に望ましいこと等が示している。

谷口ら¹³⁾は、都市のコンパクト化による防災上の諸課題への影響について、整備・政策メニューを検討するためのシステムである SLIM CITY を実際の都市に適用し、水害軽減のシナリオを盛り込むことで、都市コンパクト化政策と水害軽減方策の連携可能性について検討し、その有効性を明らかにしている。

千原ら¹⁴⁾は、地域の QOL の維持・向上を目的とし、将来の人口減少による生活サービス施設の消滅を考慮しながら、居住地の集約先の選定と集約を行うタイミングの算出を行っている。熊本県山都町のケーススタディの結果、基本的には QOL の低い郊外部から移転すべきとなるが、QOL が比較的高い地域であっても、生活サービス施設消滅に伴う QOL 低下が大きければ移転すべきと結論付けている。

■「小さな拠点」に関する先行研究論文

「小さな拠点」に関する論文としては、以下の2つの論文が挙げられる。

森尾ら¹⁵⁾は、今後の「小さな拠点」の検討における示唆を得るために、全国を対象に現状の施設配置で「小さな拠点」の数とその分布、「小さな拠点」が成立する人口規模等を把握するとともに、「小さな拠点」及び周辺地域の人口動態と人口維持機能について分析を行っている。また、「小さな拠点」とバス路線や「道の駅」との位置関係、バス路線がある地域の人口動態についても分析を行っている。

谷口ら¹⁶⁾は、「小さな拠点」の事例である地域が、生活サービス施設の種類等からどのような特徴があるかを整理している。谷口らの結果では、「小さな拠点」の類型化で全体の6割を占めた F. 公的施設型拠点や G. 低集積拠点では生活利便性施設数が少なく、これらの拠点が将来的にも拠点と呼べるだけの客観的妥当性を有しているかは改めて吟味すべきであると結論付けており、拠点に必要な生活利便施設を確保できるように拠点を形成すべきだと考えられる。

(3) ライフスタイル変革

ライフスタイル変革に関する具体的な取り組みは、公共交通の利用促進、エコ通勤などのように、1人1人のモビリティ（移動）を、社会的にも個人的にも望ましい方向（過度な自動車利用から公共交通等を適切に利用する等）に変化することを促す、コミュニケーションを中心とした交通政策であるモビリティ・マネジメントを中心に行われている。国土交通省では、モビリティ・マネジメントの基本的な考え方や各地での取組事例を紹介するパンフレットを作成している。また、一方、ライフスタイル変革に関する学術的な研究は、土木学会、日本都市計画学会、日本モビリティ・マネジメント会議（Japanese Conference On Mobility Management : JCOMM）など多くの学会において多数報告されている。例えば、土木学会からは書籍「モビリティ・マネジメントの手引き」、日本モビリティ・マネジメント会議では、モビリティ・マネジメントの「実務発展」と「技術発展」を目指して、国内の様々な取り組みや研究を JCOMM 賞として毎年表彰している。

(4) CO₂削減

CO₂削減（気候変動の緩和）に関する政策的な議論は、気候変動に関する政府間パネル

(Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC) の第 3 作業部会の評価報告書 (最新の報告書は、第 5 次評価報告書 (Fifth Assessment Report : AR5) 「 気候変動 2014 - 気候変動の緩和 (Climate Change 2014 - Mitigation of Climate Change) 」)、低炭素まちづくりを促進するために 2012 年度に成立した「 都市の低炭素化の促進に関する法律 (エコまち法) 」などを通じて行われている。また、低炭素まちづくり計画の作成を支援するツールとして「 二酸化炭素削減効果シミュレーション・ツール (CO₂-Reduction Effect Simulation Tool : CREST) 」などが、国交省から自治体向けに配布されている。しかし、エコまち法による低炭素まちづくり計画を作成した自治体は、2016 年 1 月 1 日現在 21 自治体 (2014 年 11 月 1 日現在 16 自治体) にとどまっており、現時点では大きな広がりを見せていない。一方、CO₂ 削減 (気候変動の緩和) に関する学術的な研究は、土木学会、日本都市計画学会など多くの学会において、交通行動・都市構造の変化、技術革新といった視点から多数報告されている。

以上の調査結果から、現在では図 15 のアローごとの研究や政策は数多く存在するものの、コベネフィットに着目した研究は見当たらなかった。特にコベネフィットの統合的な定量評価は環境政策立案の上で必要性が高いと考えられる。

参考文献

- 1) Yukiko Hirabayashi, Roobavannan Mahendran, Sujan Koirala, Lisako Konoshima, Dai Yamazaki, Satoshi Watanabe, Hyungjun Kim & Shinjiro Kanae, Global flood risk under climate change, Nature Climate Change 3, 816-821, 2013.
- 2) 佐藤歩, 川越清樹, 風間聡, 森杉壽芳, 気候モデルを利用した日本列島洪水リスク評価, 水工学論文集, 53, 847-852, 2009.
- 3) 社会資本整備審議会, 新しい時代の都市計画はいかにあるべきか。(第二次答申), 2007.
- 4) 国土交通省, 2012 年の都市の低炭素化の促進に関する法律, http://www.mlit.go.jp/toshi/city_plan/eco-machi.html (参照: 2016 年 3 月 26 日)
- 5) OECD, Green Growth Studies Compact City Policies, 2012.
- 6) 水野伶那, 佐尾博志, 大西 暁生, 神奈川県における浸水発生に適應した住宅の再配置による被害額の軽減効果, 水文・水資源学会誌 28(5), 245-260, 2015.
- 7) 国土交通省, モビリティ・マネジメント, <http://www.mlit.go.jp/common/000234997.pdf>, (参照: 2016 年 3 月 26 日)
- 8) 土木学会土木計画学研究委員会土木計画のための態度・行動変容研究小委員会, モビリティ・マネジメントの手引き, 土木学会, 2005.
- 9) IPCC, Climate Change 2014 - Mitigation of Climate Change, 2014.
- 10) 国土交通省 都市局 都市計画課, 二酸化炭素削減効果シミュレーション・ツール利用マニュアル, 2014.

(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

「(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」では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を目指し、(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。CO₂ 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、既存モデルをもとに改良する。

次に土地利用・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を目指し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、CO₂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、CO₂排出量等とも合わせた縮退戦略検討が可能となる。

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

近年様々な政策を「生活の質」や「豊かさ」を表す指標で評価する試みが多数行われている。日本における先駆けとして、1974年に国民生活審議会から「社会指標 よりよい暮らしへのものさし」が公表された。その後、1985年には、経済企画庁(現内閣府)から「国民生活指標」が、1992年には「新国民生活指標(PLI)」が策定された。この指標は活動領域に「住む」、「費やす」、「働く」、「育てる」、「癒す」、「学ぶ」、「交わる」の8項目を、生活評価領域に「安全・安心」、「公正」、「自由」、「快適」の4項目を設定し、人々の生活の豊かさを評価した。これらは項目間の統合がされていないため、項目間のトレードオフの関係や、施策代替案による効果の優劣の評価を行うことが困難である。

都市の空間的環境から生活の質を定量的に計測する研究も多数現れた。例として、吉田ら(1992)は、環境特性、個人属性などの客観的変数から、生活の質を評価する方法を提示した。加知ら(2006)は、生活環境質を居住者の価値観によって重み付けしつつ、人間の余命に換算することで、生活環境を小地区単位で定量的に評価する手法を構築した。また、社会資本整備について生活の質から評価する研究も存在する。その例として、林ら(2004)はPLIを参考にして生活質に基づく評価方法で、仮想の社会資本整備による効果を計測した。土井ら(2006)は、海岸整備をQOL概念に基づいて評価した。しかし、これら生活の質に基づく評価手法では、道路整備の実事業を評価するに至っていない。

本研究では、Myers(1998)および加知ら(2006)に従い、生活環境質(Quality Of Life : QOL)が、施設の充実度などの居住環境の物理量を表す生活環境質向上機会(Life Prospects : LPs)と、住民の主観的な価値観から決定されるものとする。

以上で定義した生活環境質の評価式を、加知らを参考に式(2.1)のように定義する。

$$QOL_{ig} = \mathbf{w}_g^T \cdot \mathbf{LPs}_i \quad (2.1)$$

ここで、 QOL_{ig} は個人属性グループ g の地区 i での QOL 値、 \mathbf{w}_g は個人の主観的な価値観、 \mathbf{LPs}_i は地区 i での生活環境質向上機会とした。

生活環境質向上機会の評価要素は既往研究を参考に表 9 のように設定できる。

表 7 生活環境質向上機会の評価項目

構成要素	評価項目
経済・雇用機会	通勤利便性
	雇用継続機会
	住宅資産価値
生活・文化機会	医療機会
	余暇機会
	買物機会
居住・移動快適性	居住快適性
	走行快適性
	周辺快適性
安心安全性	ネットワーク信頼性
	災害危険性
	事故危険性
環境負荷性	景観調和
	大気環境
	音環境

アンケートより、価値観 w の重みを表すパラメータの推定を行う。居住地の選択確率は、二項ロジットモデルで表現できるものとし、構成式を式(2.3)、(2.4)に示す。

$$P_k^X(m) = \frac{\exp(\boldsymbol{\beta}^X \cdot \mathbf{x}_m^X)}{\exp(\boldsymbol{\beta}^X \cdot \mathbf{x}_m^X) + \exp(\boldsymbol{\beta}^X \cdot \mathbf{x}_n^X)} \quad (2.3)$$

$$U_{ik}^X = \boldsymbol{\beta}^X \cdot \mathbf{x}_i^X + \varepsilon_{ik} = \beta_1^X x_{i1}^X + \beta_2^X x_{i2}^X + \beta_3^X x_{i3}^X + \varepsilon_{ik} \quad (2.4)$$

ここで、 $P_k^X(m)$ は個人 k が構成要素 X によって居住地 $i(m$ または $n)$ に m を選択する確率、 $\boldsymbol{\beta}^X$ は構成要素 X の評価指標の係数ベクトル、 \mathbf{x}_i^X は構成要素 X の評価指標ベクトル、 U_{ik}^X は個人 k の構成要素 X による居住地 i に対する好ましさである。式(2.4)におけるパラメータ $\boldsymbol{\beta}$ は居住地選択に関する部分効用であり、生活環境に対する価値意識を示す。このパラメータを最尤推定法を用いて推定する。

重みパラメータは LPs 各要素のパラメータと、基準とした計測指標のパラメータの相対的な重みとして換算される。住宅賃料を基準とした際の評価項目 j の重みパラメータ w_{mj} と、地震による損失余命を基準とした際の評価項目 j の重みパラメータ w_{Lj} を算出する式を、それぞれ式(2.5)、(2.6)とする。

$$w_{mj} = \frac{\beta^j}{\beta^{money}} \quad (2.5)$$

$$w_{Lj} = \frac{\beta^j}{\beta^{LLE}} \quad (2.6)$$

ここで、 β^j を評価項目 j のパラメータとし、 $money$ は住宅賃料、 LLE は災害危険性による損失余命とする。

本年度は、福島県沿岸域を対象に住民の生活環境の定量的評価のための基礎となる GIS データベースを構築するとともに QOL 構成要素の算定を実施した。ここでは、住民の QOL を定量的に評価するため、先行研究で作成した QOL 評価システムを援用する。このシステムは、QOL 値を社会資本や公共・民間施設へのアクセス性を表す交通利便性 (AC)、居住性や景観の良好度を表す居住快適性 (AM)、および災害や事故・犯罪に対する災害安全性 (SS) の 3 分類からなる、居住地区における環境を左右する物理量 LPs と、そこに居住する住民の主観的な価値観を表す重み (w) との積和によって決定されると定義する。表 10 にその概要を示す。

また、小地区単位でのエネルギー利用特性の把握を目的として、再生可能エネルギーや未利用エネルギーの GIS データベースを整備した。今後は、バイオマス等も含めて評価対象を拡張し、既存の QOL 評価との統合を目指す予定である。

さらに、対象地域における将来の人口分布に関するシナリオ構築に着手した。コーホートモデルを用いた自治体単位でのマクロ推計からは、津波被災者の高台移転・再定住化が完了後も新地町・相馬市・南相馬市の 3 市町で約 14,000 人が避難生活を続けることとなる共に、定住人口に対して急速な高齢化が進展する可能性があることが明らかになった。次年度は、自治体が公表している復興計画に関する情報収集や避難者の中長期的な居住地選択傾向の分析に基づき、マクロ推計値をダウンスケールし人口分布に関する中長期シナリオを設計する。その上で、代替的なシナリオ間を QOL の観点から比較評価することにより、中長期の復興プロセスに対する計画支援情報を提供することを目指す。

表 8 QOL 各評価要素

分類	評価要素	LPs 算出の考え方
交通 利便性 Accessibility (AC)	就業利便性	就業地までの所要時間で評価。今回は各メッシュから最寄の駅までの所要時間(徒歩(4km/時)と自動車(20km/時)の平均速度(12km/時)での移動を想定)で評価。交通行動モデルのアウトプットである通勤にかかる期待最小費用を時間価値(40円/分)で割戻すことにより算出。
	教育・文化利便性	最寄の小学校と中学校までの平均所要時間(徒歩(4km/時)での移動を仮定)で評価。また、通学路の特性を考慮して道路ネットワークを考慮せず、目的地まで直線での移動するものと仮定。
	健康・医療利便性	最寄の一般病院までの所要時間(徒歩(4km/時)と自動車(20km/時)の平均速度(12km/時)での移動を想定)で評価。
	買物・サービス利便性	最寄の商業施設までの所要時間(自動車(20km/時)での移動を仮定)で評価。道路ネットワークを考慮せず、目的地まで直線で移動するものと仮定。交通行動モデルのアウトプットである私事交通にかかる期待最小費用を時間価値(40円/分)で割戻すことにより算出。
居住 快適性 Amenity (AM)	居住空間使用性	国勢調査 H22 から市町村毎で人口 1 人あたり居住延床面積を算出。世帯の平均延床面積を推計し、平均世帯人数で除算した。
	建物景観調和性	周辺の建物の統一感で評価する。対応するデータが存在しないため基本的には 0.5 と設定。シナリオ分析ではオプションとして変化した場合を分析。
	周辺自然環境性	徒歩圏内に緑地が存在しているかどうかで評価。800m 圏内に 1 ヘクタール程度のまとまりがある森林がある場合 1、農地(田畑)がある場合 0.5 と設定。森林・農地は国土数値情報の土地利用細分メッシュより作成。
	局地環境負荷性	交通騒音レベルで評価する。対応するデータが存在しないため基本的には 0.5 と設定。シナリオ分析ではオプションとして変化した場合を分析。
災害 安全性 Safety & Security (SS)	地震危険性	地震によるリスク。耐震設計基準にもとづいて、表層地盤における地震の主要動(S波)の伝わる速度が 0~200m(沖積層・軟弱地盤相当)で 1、200~400m で 0.5、400m 以上(洪積層相当)で 0 とする。データソースは地震ハザードステーション。
	洪水危険性	ハザードマップより得られるデータに基づき、100 年に 1 度の確率で発生する豪雨により床上浸水のリスクがある場合 1、床下浸水のリスクがある場合 0.5、洪水リスクが全くない場合は 0 と設定。
	犯罪危険性	年間街頭・侵入犯罪件数。対応するデータが存在しないため基本的には 0.5 と設定。シナリオ分析ではオプションとして変化した場合を分析。
	交通事故危険性	年間人身事故発生件数。対応するデータが存在しないため基本的には 0.5 と設定。シナリオ分析ではオプションとして変化した場合を分析。

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

(災害レジリエンスを高める縮退戦略がもたらすコベネフィット)

本年度は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ために津波避難困難者の推計及び津波避難困難者対策(防災集団移転と津波避難タワー建設)の費用便益分析を実施した。

平成23年3月11日の東日本大震災は未曾有の被害をもたらした。現在、4県28市町村135地区¹⁾において復興の高台移転事業が計画・実施されている。また震災後、国が発表した南海トラフ地震の想定²⁾によると死者数32万3千人という東日本大震災をかるかに上回る被害想定となっている。国は南海トラフ巨大地震の対策として、高台移転も含めた安全な都市立地の重要性を指摘している。また、甚大な被害が想定されている9県³⁾は、国に対し高台移転の補助として東日本大震災被災地と同等の特例措置の適用、もしくは国庫負担の拡充を要請している。このように、津波対策として事前の防災移転を希望する自治体もあるが、被災前に防災移転を実施した例は未だ存在しない。

災害と土地利用に関する先行研究として、森田ら⁴⁾は、東日本大震災の被災地の高台移転事業を対象に集約型の都市構造を提案している。また、大原ら⁵⁾は南海トラフ沿岸域において将来的な人口減少を見据えたうえで人口誘導や土地利用規制といった対策の必要性を指摘している。武田ら⁶⁾は、高知市を対象に多くの住民が移住に関心があることや移転費用が地震による被害額よりも低いことを示している。しかし、南海トラフ巨大地震の津波避難困難者の対策として、全国を対象に防災集団移転を地域ごとに検討・比較した研究はない。

そこで、本研究は、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する。まず、津波避難困難者の詳細な立地場所や人数、将来人口を推計する。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する。この時、事防防災集団移転が有利となる地域の特性を明らかにする。

a) 津波避難困難者の推計

○研究対象地域

南海トラフ巨大地震の津波避難困難者を推計する対象地域は、南海トラフ巨大地震の津波で甚大な被害が想定されている地域とする。具体的には、「南海トラフ地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法」で『南海トラフ地震津波避難対策特別強化地域』に指定された地域¹⁾において、内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会より提供頂いた津波浸水深データ(津波断層モデルに関するもの(11)陸域における津波浸水深データ(11ケース))²⁾がある地域とする。全国で12県114市町村を推計対象となる。各県の津波浸水ケースは、各地域の津波到達時間が最短のケースとした。津波避難困難者推計の対象とする都道府県および市町村と津波浸水ケースを表11に示す。

表 9 研究対象地域と津波浸水ケース

都道府県	市町村	津波浸水ケース
神奈川県	藤沢市,真鶴町,湯河原町	ケース 06_堤防 03 分破壊
静岡県	浜松市,沼津市,熱海市,伊東市,富士市,磐田市,焼津市,掛川市,袋井市,下田市,湖西市,伊豆市,御前崎市,牧之原市,東伊豆町,河津町,南伊豆町,松崎町,西伊豆町,吉田町	ケース 06_堤防 03 分破壊
愛知県	豊橋市,田原市,南知多町	ケース 09_堤防 03 分破壊
三重県	津市,四日市市,伊勢市,松阪市,鈴鹿市,尾鷲市,鳥羽市,熊野市,志摩市,川越町,明和町,大紀町,南伊勢町,紀北町,御浜町,紀宝町,洲本市,南あわじ市	ケース 06_堤防 03 分破壊
兵庫県	洲本市,南あわじ市	ケース 03_堤防 03 分破壊
和歌山県	和歌山市,海南市,有田市,御坊市,田辺市,新宮市,湯浅町,広川町,美浜町,日高町,由良町,印南町,みなべ町,白浜町,すさみ町,那智勝浦町,太地町,古座川町,串本町	ケース 06_堤防 03 分破壊
徳島県	徳島市,鳴門市,小松島市,阿南市,牟岐町,美波町,海陽町,松茂町	ケース 03_堤防 03 分破壊
愛媛県	宇和島市,八幡浜市,西予市,伊方町,愛南町	ケース 03_堤防 03 分破壊
高知県	高知市,室戸市,安芸市,南国市,土佐市,須崎市,宿毛市,土佐清水市,四万十市,香南市,東洋町,奈半利町,田野町,安田町,芸西村,中土佐町,四万十町,大月町,黒潮町	ケース 03_堤防 03 分破壊
大分県	大分市,佐伯市,臼杵市,津久見市	ケース 05_堤防 03 分破壊(太平洋),ケース 11_堤防 03 分破壊(瀬戸内海)
宮崎県	宮崎市,延岡市,日南市,日向市,串間市,高鍋町,新富町,川南町,都農町,門川町	ケース 05_堤防 03 分破壊
鹿児島県	志布志市,大崎町,東串良町,肝付町	ケース 05_堤防 03 分破壊

○ 推計方法

推計方法は、2段階に分けて行う。1段階目を1次推計とする。1次推計の避難先を既存の避難施設または津波浸水想定区域外とした。この時、避難可能時間よりも避難時間(=避難距離/避難速度)が長い場合、または、避難先到着時に避難先が収容可能人数を超えている場合は、その避難者は避難困難者とし、1次避難困難者とする。

次に、1次避難困難者を対象に、避難先を津波浸水想定区域内の避難可能建物(非木造で80年代以降建築の3階以上の建物)および津波浸水想定区域外として、避難可能性を推計した。避難困難の基準は1次推計と同様であり、この推計を2次推計とし、この時の避難困難者を2次避難困難者(以下、避難困難者)とする。推計に使用した項目やデータや出典を表12に、計算式は式(2.1)と式(2.2)に示す。

表 10 津波避難困難者推計に用いたデータ

項目		計算法	データ	出典	年
避難可能時間 T2		避難先の津波到達時間 T1-300 秒	津波浸水深データ	南海トラフの巨大地震 モデル検討会	
避難先	1 次推計	避難施設	避難施設	国土数値情報	2012
		浸水域外	津波浸水想定地域内の津波境界線と道路の交点より作成		
	2 次推計	避難可能施設	建物ポイントデータ	秋山ら ³⁾	
		浸水域外	1 次推計と同じ		
避難距離	人口	建物の居住人口 pop	建物ポイントデータ	秋山ら ³⁾	
	道路	道路距離 L1	open street map	GEODFABRIK ⁴⁾	2015
	勾配	標高差 H1	津波浸水深データ	南海トラフの巨大地震 モデル検討会	
	階段	避難先の津波浸水深 H2	津波浸水深データ	南海トラフの巨大地震 モデル検討会	
避難速度	徒歩	V1=0.62m/秒	5)	国土交通省	2013
		V2=0.46m/秒 (乳幼児や高齢者同伴時)	5)	国土交通省	2013
	階段	V3=0.21m/秒	6)	内閣府	2005

避難距離 L2

$$L2 = \sqrt{L1^2 + H1^2} \text{----- (2.1)}$$

避難時間 T3

$$T3 = \frac{L2}{V1 \text{ or } V2} + \frac{H2}{V3} \text{----- (2.2)}$$

V1：世帯に乳幼児(0-4 歳)か高齢者(65 歳以上)の住民がいる場合

V2：世帯に乳幼児(0-4 歳)か高齢者(65 歳以上)の住民がいない場合

○避難困難者の判断

避難困難者の判断は、時間と収容可能の 2 つの面で評価する。

1. 時間

時間評価では、以下の通りに避難困難、避難可能の判断をした。

T2-T3<0...避難困難

T2-T3 0...避難可能

2. 収容可能

収容可能評価では、以下の通りに避難困難、避難可能の判断をした。

Pop(t)を、地震発生後に避難先に到着する時間(避難時間 T3)の津波浸水想定区域内の住民の人数とする。すなわち、 $\sum_{t=T3}^{\infty} Pop(t)$ は、住民が避難先である避難施設に到達したときの、避難住民の累計人数である。POPcap を避難施設の収容可能人数とする。POPcap は、1 次推計の避難施設の場合において、収容可能人数データがある施設はそのデータを用い、データがない施設は最寄りの建物ポイントデータの Area(建物ポリゴンの面積

m²)を用いた。建物の屋上に1m²あたり1人避難可能として、Areaを収容可能人数とした。また、2次推計の避難可能施設の場合において、先ほどと同様にAreaの値を収容可能人数POP_{cap}とした。

$$\sum_{t=0}^{T-1} POP(t) > POP_{cap} \dots \text{避難困難}$$

$$\sum_{t=0}^{T-1} POP(t) < POP_{cap} \dots \text{避難可能}$$

本研究の津波避難困難者の推計のイメージ図を図34に示す。

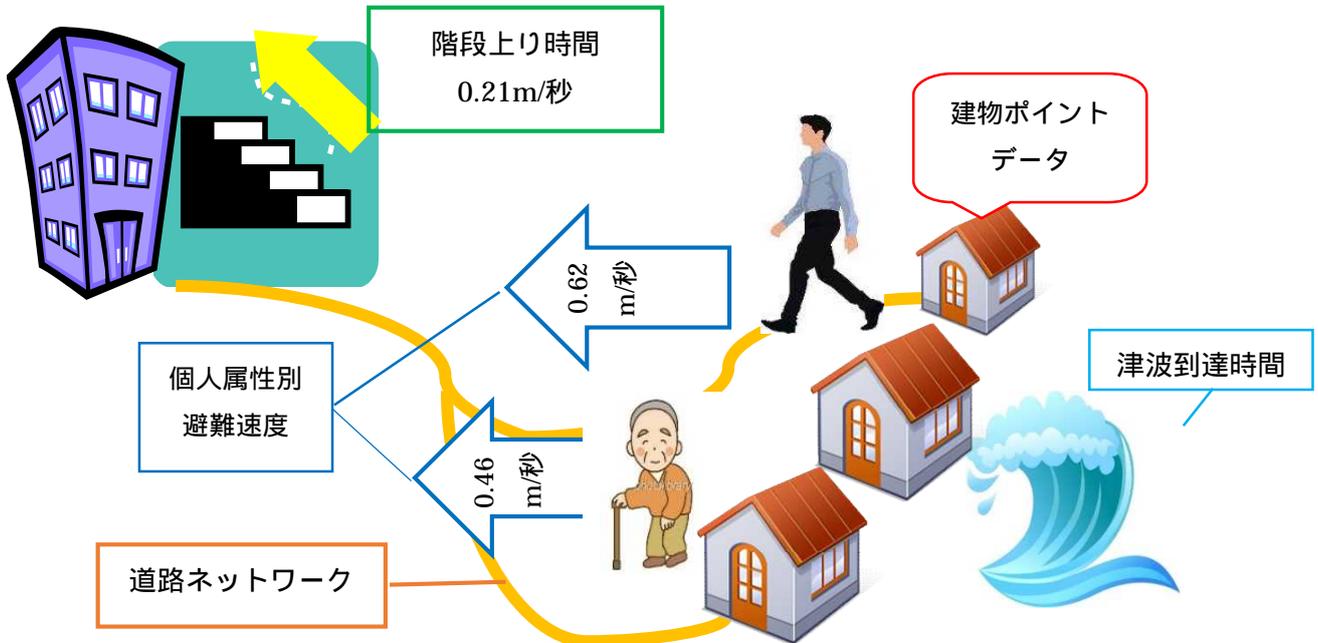


図 33 本研究の津波避難困難者推計手法のイメージ

行政の津波避難困難者の推計手法として、中央防災会議⁷⁾と宮崎市⁸⁾の推計手法を取り上げる。

1. 中央防災会議との比較

中央防災会議の津波避難困難者の推計は、図35のように津波浸水想定区域のメッシュから想定区域外メッシュへの避難可能性を評価している。避難距離はメッシュ中央間の直線距離の1.5倍であり、避難速度は0.74m/秒と全員一律である。避難距離の1.5倍も避難速度0.74m/秒も東日本大震災の実績から設定している。しかし、避難速度に関しては、後に、より遅い0.62m/秒⁹⁾と分かっている。

また、避難施設への避難可能性評価は2005年の「津波避難ビル等に係るガイドライン(案)」を参考に、避難施設の収容可能人数と周辺の人口密度より避難可能範囲を選定し、その範囲外を避難困難地域としている。

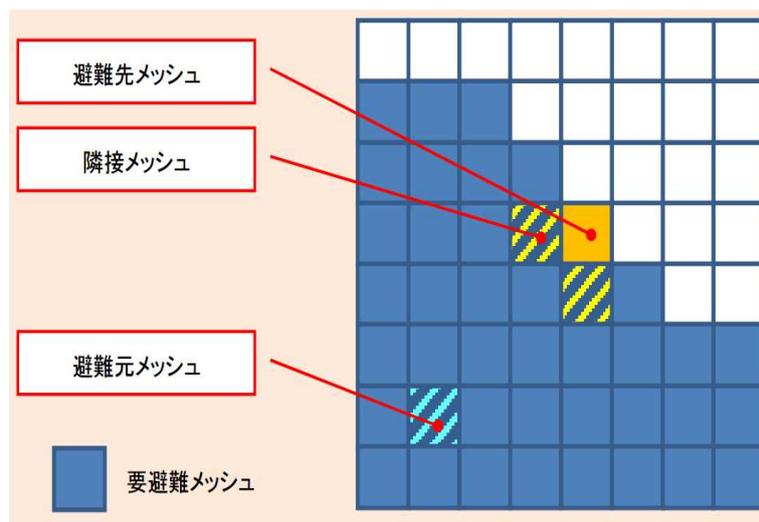


図 34 中央防災会議の津波避難困難者推計 7)

2. 宮崎市との比較

宮崎市の津波避難困難者の推計は、図 36 のように避難可能地域と避難困難地域より避難困難者を推計している。図 2.3 では、赤色の地域が避難困難地域である。住民の避難歩行速度は全員一律の 0.75m/秒であり避難可能時間を 10 分としている。そのため、津波浸水想定区域の津波境界線から海側に 450m は避難可能地域としている。また、避難施設への避難可能性評価は、中央防災会議同様、避難施設の収容可能人数と周辺の人口密度より算出している。このとき、避難施設を中心店として避難可能地域の最大半径は 450m であり、海側のみの半円としている。

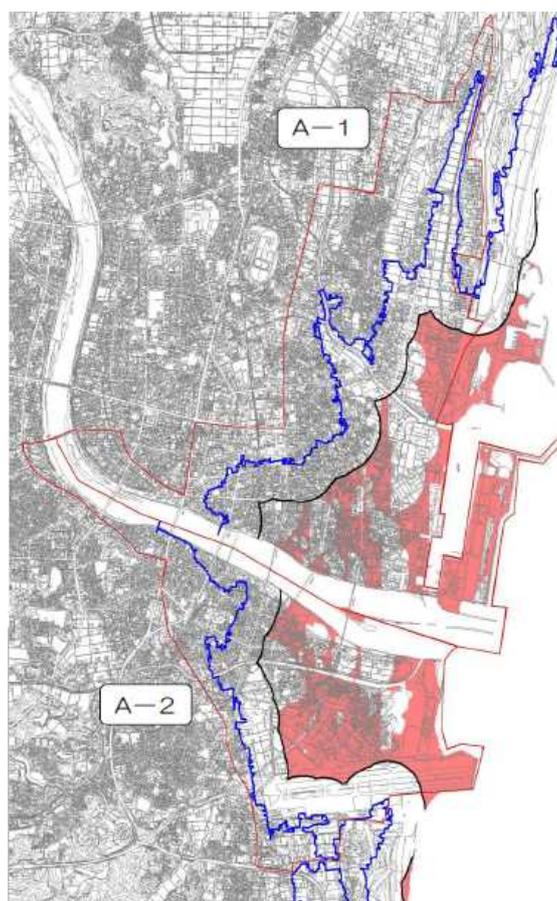


図 35 宮崎市の津波避難困難者推計⁸⁾

本研究は、住民は建物ポイントデータを用い、建物ごとに避難開始スタート地点としている。また、個人属性により避難歩行速度が異なっている。すなわち、乳幼児（0-4 歳）や高齢者（65 歳以上）の住民が同居している世帯は、避難速度が遅く 0.46m/秒であり、乳幼児や高齢者がいない世帯は 0.64m/秒である。この値は、東日本大震災の平均の避難歩行速度である。また、避難先（1 次推計：指定の避難施設と津波浸水想定区域外、2 次推計：避難可能施設と津波浸水想定区域外）への避難距離は、open street map より、実際の道路ネットワークを使用している。また、このとき、自宅から避難先への標高差も考慮に入れている。避難先では、その地点の津波浸水深以上への階段上り時間も避難時間に含めている。また、避難先が、1 次推計では避難施設、2 次推計では避難可能施設の場合、収容可能人数を超えた場合、後から来る避難者は避難施設・避難可能施設に入れないとし、避難困難者とした。

このように、本研究では、実際の道路ネットワークや標高差、避難者の避難先への到達時間より避難可能性が分かれる収容可能人数の判断など現実の津波避難の想定になっている。

本研究と中央防災会議・宮崎市の津波避難困難者推計の違いを表 13 にまとめた。

表 11 本研究と行政（中央防災会議・宮崎市）の津波避難困難者の推計の違い

項目		本研究	中央防災会議 ⁷⁾	宮崎市 ⁸⁾
避難可能時間		避難先の津波到達時間 T-300秒	T - 300秒, 900秒	10分
避難先	1次推計	避難施設・浸水域外	避難施設	避難施設
	2次推計	避難可能施設・浸水域外	浸水域外	浸水域外
避難距離	人口	建物の居住人口	メッシュ	メッシュ
	道路	道路距離 (Open Street Map)	直線距離×1.5倍	直線距離×1.5倍
	勾配	標高差	未考慮	未考慮
	階段	避難先の津波浸水深	未考慮	未考慮
避難速度	徒歩	0.62m/秒	0.74m/秒	0.75m/秒
		0.46m/秒 (乳幼児や高齢者同伴時)		
	階段	0.21m/秒	未考慮	未考慮
避難困難者の判断	時間	避難可能時間 < 避難時間	避難可能時間 < 避難時間	10分 < 避難時間
	収容可能	到達時に収容可能人数以上	避難施設周りの面積外	避難施設周りの面積外

本研究の津波避難困難者の1次推計と2次推計の結果を表14に示す。また、同時に避難困難者数の比較を内閣府中央防災会議の推計数¹⁰⁾を比較する。ただし、内閣府の場合は県全域を推計対象としているのに対して、本研究は「2.1 研究対象地域」で示した地域であり、推計対象地域が完全に一致していない。これは、内閣府の推計結果を都道府県別のみで公表しており、市町村別の津波避難困難者数を公表していないためである。しかし、本研究は、南海トラフ地震津波避難対策特別強化地域かつ内閣府より頂いた津波浸水想定地域を研究対象としている、本研究と内閣府の推計対象地域において大きな違いはないと思われる。

表2.3において、内閣府の推計数よりも多い値は赤字で示している。

表 12 津波避難困難者の推計結果と内閣府推計との比較（人）

県名	1次推計	2次推計	内閣府
神奈川県	6	6	2,900
静岡県	101,243	44,658	95,000
愛知県	5,145	920	6,400
三重県	85,375	25,773	32,000
兵庫県	1,248	439	4,100
和歌山県	49,385	19,563	72,000
徳島県	71,052	21,418	25,000
愛媛県	2,819	221	4,400
高知県	41,652	7,576	37,000
大分県	26,725	5,415	17,000
宮崎県	57,612	13,448	39,000
鹿児島県	584	453	1,200
合計	442,846	139,890	336,000

1次推計において、内閣府の推計よりも多く推計された県は6県、少なく推計された県は6県となった。これは、個人属性によって避難速度が異なることや実際の道路ネットワーク、標高、階段上り時間などを用いたことにより地域の特性が表れたためである。

また、2次推計では全ての県で内閣府よりも少なく推計された。これは、内閣府が住民の避難先を既存の避難施設および津波浸水想定区域外のみとしているのに対して、本研究では避難施設に指定されていないが、津波避難が可能な施設である避難可能施設を避難先として推計しているためである。

全国の津波避難困難者の分布状況を図 37 に示す。



図 36 全国の津波避難困難者の分布

図 37 は、全国の津波避難困難者を表している。赤い点が津波避難困難者であり、緑の点が避難可能者である。この図より津波対策強化地域の津波浸水想定区域において、全国において津波避難困難者が分布していることがわかる。

- 1) 国土交通省 HP：南海トラフ地震防災対策推進地域・南海トラフ地震津波避難対策特別強化地域，
<http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/>, 2016/01/20 アクセス
- 2) 内閣府：南海トラフの巨大地震モデル検討会，
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/data_teikyou.html, 2016/01/20 アクセス
- 3) 秋山祐樹・小川芳樹・仙石裕明・柴崎亮介・加藤孝明：大規模地震における国土スケールの災害リスク・地方災害対応力評価のためのミクロな空間データの基盤整備，第 47 回土木計画学研究発表会・講演集，pp.1-19, 2013.6
- 4) open_street_map オープン・ストリート・マップ
geodfabrik： <http://www.geofabrik.de/index.html>
Download OpenStreetMap data for this region：Japan
<http://download.geofabrik.de/asia/japan.html>
2015/10/01 アクセス
- 5) 国交省：津波避難を想定した避難路,避難施設の配置及び避難誘導について（第 3 版）,2013

- 6) 内閣府：津波避難ビル等に係るガイドライン(案), 2005.2.7
- 7) 中央防災会議：資料 2 - 2 建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要, 2012.8.29
- 8) 宮崎市：「宮崎市地震津波対策インフラ構想」～“安全・安心を未来につなぐ、緑と大地のスクラム構想～（第 1 版）, 2013.10
- 9) 国土交通省：津波避難を想定した避難路、避難施設の配置 及び避難誘導について（第 3 版）, H25.4
- 10) 中央防災会議：南海トラフ巨大地震の被害想定について（第一次報告）, 2012.8.29

b) 津波避難困難者対策の分析の方法

○津波避難困難者の対策

2章で推計された2次避難困難者（以下、避難困難者）の津波避難対策として、防災集団移転と津波避難タワー建設の2つの対策を検討する。2つの対策の費用便益分析を行い、地域別に便益の大きくなる対策を明らかにする。表 15 に各対策のステークホルダーおよび費用・便益項目を示す。表の○で示す項目が各対策の評価項目である。

表 13 避難困難者対策の費用便益項目

評価項目		防災集団移転			避難タワー建設		
		国	自治体	住民	国	自治体	住民
便益	人命保持額			○			○
	被災軽減額	○	○	○			
	QOL 向上			○			
費用	建設費	○	○	○	○	○	
	維持管理費	○	○			○	

○対策の評価対象期間

各対策の事業開始年は 2016 年とする。費用便益分析の評価対象期間は、事業の整備に要する期間である事業期間と事業完成後の評価期間の合計期間である。評価期間は 50 年間とする。

避難タワー建設の場合は、2016 年に建設し、評価対象期間は 2016 年から 50 年後の 2066 年までである。また、防災集団移転は、事業年数を 5 年間とし、評価対象期間を 2021 年から 50 年後の 2071 年までとする。すなわち、防災集団移転の評価対象期間は 2016 年から 2071 年までである。

表 14 各対策の評価対象期間

対策	事業期間	評価期間	評価対象期間
津波避難タワー建設	1 年	50 年	2016～2066 年
防災集団移転	5 年	50 年	2016～2071 年

○将来人口・世帯の推計

津波避難困難者を地域に分ける。地域割りの基準は「3.2.1 津波避難タワー建設の立地場所」で記述する。

・コーホート要因法

将来人口推計の手法は、2010 年から 2040 年までの将来人口推計はコーホート要因法を用いた。コーホート

要因法を用いた理由として、我が国の全体人口は2005年を前後に人口増加から人口減少に転換しており、2010年から2040年は、地域の人口変化の転換点が期間中に含まれる可能性がある。コーホート変化率法は過去の人口変化をもとに将来推計するため、人口変化の転換期には適切な推計法ではない。そこでコーホート要因法を用いた。コーホート要因法の仮定値は、人口問題研究所の値を用いた。また、仮定値は地域の中心地である津波避難タワー建設の立地場所の市町村の仮定値である。コーホート要因法の方法を図38に示す。

仮定値は、地域の中心地の市町村データ

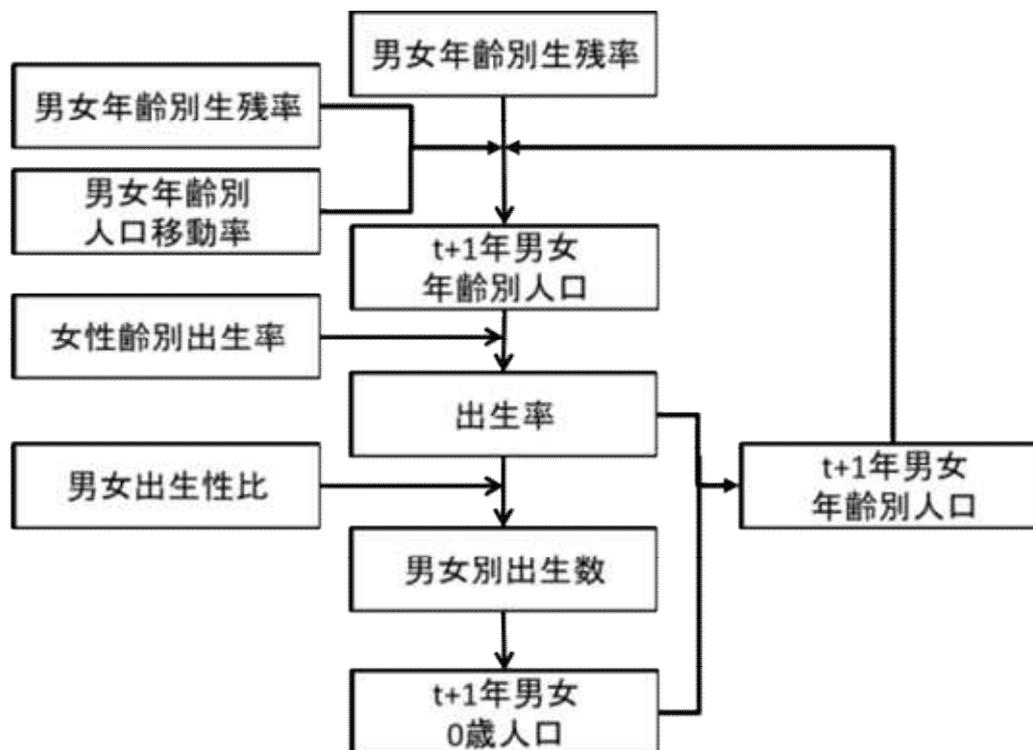


図 37 コーホート要因法の概要

・コーホート変化率法

2040年から2071年までの将来人口推計は、コーホート変化率法を用いた。2040年から2071年は、我が国が人口減少時代に突入してからかなりの期間がたっており、人口変化の転換期ではないと思われる。そのため、過去の人口変化の傾向が将来も続くことと予測されるため、コーホート変化率を用いた。コーホート変化率の計算式を式(3.1)に示す。

$$\text{pop}(t+1) = \text{pop}(t) \times \text{pop}(t) / \text{pop}(t-1) \text{ ----- (3.1)}$$

pop(t) : t年の地域の総人口

・将来世帯数の推計

将来人口推計の結果を用いて、将来世帯数を推計する。将来世帯数は2010年時点での1世帯あたりの人数より算出する。計算式を式(3.2)に示す。

$$\text{setai}(t) = \text{pop}(t) / (\text{pop}(2010) / \text{setai}(2010)) \text{ ---- (3.2)}$$

setai(t) : t 年の地域の世帯数

pop(t) : t 年の地域の総人口

全地域の将来人口および世帯の推計結果を図 3.2 に示す。

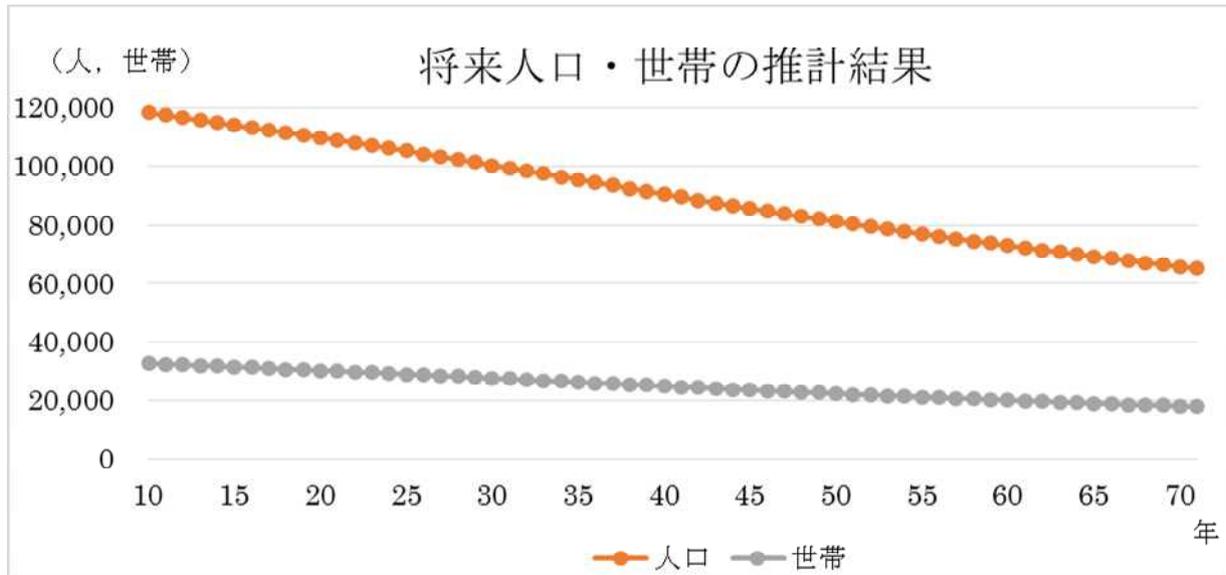


図 38 将来人口および世帯の推計結果

図 39 より津波避難困難者の人口も世帯も年々減少することがわかる。

次に地域ごとに見る。表 17 は、2010 年から 2040 年までの期間で 5 年間ごとに人口が増加する地域と減少する地域の数を表している。

表 15 2010 年から 2040 年の人口変化の地域数

	10～15年	15～20年	20～25年	25～30年	30～35年	35～40年
人口増加	25	21	10	7	11	9
人口減少	310	314	325	328	324	326

表 17 より多くの地域で人口減少することがわかる。このことから、2040 年以降の人口変化の推計は、コーホート変化率法を用いても問題ないことがわかる。

○津波避難タワー建設

津波避難タワー建設において、津波避難困難者が避難可能圏内であり、より多くの避難困難者が利用可能な場所に立地させるため、表 18 の条件のもと以下の集合被覆問題を解き、立地場所を選定した。立地候補地は、

公有地とするため既存の公共施設の場所とする。ただし、避難可能時間がマイナス(津波到達時間が 300 秒未満)の避難困難者に関しては、今回考慮していない。

表 16 津波避難タワー建設の立地条件

対象者	2 次避難困難者
道路	道路距離 L1(Open Street Map)
勾配	標高差 H1
立地候補地	既存の公共施設地
避難可能時間 T5	自宅の津波到達時間 T4-300 秒
避難速度	徒歩：V1=0.62m/秒
	徒歩：V2=0.46m/秒（乳幼児や高齢者同伴時）
避難可能距離 L2	避難可能時間/避難速度
立地条件	避難タワーに避難可能な対象者数の最大化

集合被覆問題の式

$$\min z(x) = \sum_{j \in N} c_j x_j \text{ ----- (3.3)}$$

$$\text{s.t. } \sum_{j \in N} a_{ij} x_j \geq 1 \text{ (} i \in M \text{) ----- (3.4)}$$

$$x_j \in \{0,1\} \text{ (} j \in N \text{) ----- (3.5)}$$

要素集合 $i \in M = \{1, \dots, m\}$: 津波避難困難者

集合 $S_j \text{ (} j \in N = \{1, \dots, n\} \text{)} : \text{地域 (} n \text{ は地域の数)}$

a_{ij} : 集合 S_j が要素 i をカバーするなら 1、そうでなければ 0

c_j : 集合 S_j の重み ($c_j = 1$)

x_j : 集合 S_j が解に含まれるのなら 1、そうでなければ 0

集合被覆問題は、津波避難タワーに避難可能な津波避難困難者が最大化するような立地場所を選定した。これは、すなわち、津波避難タワー数の最小化である。この計算は GIS のロケーション・アロケーションの「施設数の最小化」を用いて算出したものである。

津波避難タワー建設の便益は、津波避難困難者を助けられることによる人命の価値である。また、費用は津波避難タワーの建設費と年間の維持管理費である。表 19 に評価項目やステークホルダー、評価額を示した。

表 17 津波避難タワー建設の費用便益項目と評価額

評価項目		ステークホルダー	評価額(万円)	単位
便益	人命 ²⁾ *P(T)	住民	24,451.8	/人
費用	建設費 ³⁾⁴⁾	国 ³⁾	5,266.7	/棟
		自治体 ³⁾	2,633.3	/棟
		総額 ⁴⁾	7,900.0	/棟
	維持管理費 ⁵⁾	自治体	39.5	/棟・年

人命の貨幣価値は、内閣府が推計した交通事故による人命の損失価値²⁾を参考に、1人あたり2億4,451.8万円とした。また、津波避難タワーの建設費は朝日新聞の記事より1棟あたり7,900万円とした。また、「南海トラフ地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法」³⁾より『南海トラフ地震津波避難対策特別強化地域』に指定されている地域では、津波避難タワー建設費の3分の2は国が負担し、3分の1を地方自治体(市町村)が負担することとなっている。維持管理費は、毎年建設費の0.5%がかかるものとした。

P(T)は、南海トラフ地震の年間の生起確率を表している。P(T)の詳細は、「3.4 南海トラフ地震の発生確率」で示す。

○防災集団移転

防災集団移転の対策に関して、地域の住民全員で移転とする。防災集団移転促進事業⁶⁾では、住宅団地の規模が10戸以上という事業要件がある。しかし、今回推計する移転対象の地域は335地域の全地域とし、世帯数の制限を設けないものとする。

移転先として、各地域の中心地(津波避難タワー建設の立地場所)から最寄りの市区町村の本庁または支所、出張所、連絡所とした。これは、コンパクトシティ実現のため地域の拠点である市区町村役場が集約の拠点として適切であると考えたためである。市区町村役場データは国土数値情報のデータである。

防災集団移転の便益は、移転により津波被害を受けないことより助かる人命の価値や被災しない住宅やインフラといった被害軽減額である。また、移転に伴い住民の住居周辺環境が変化することによる生活環境質(QOL: Quality of Life、以下QOL)の変化を貨幣換算する。また、費用は移転費や移転先の維持管理費である。年間の維持管理費は移転費の0.5%とする。表20に防災集団移転の評価項目やステークホルダー、評価額を示している。

表 18 防災集団移転の費用便益項目と評価額

	評価項目	ステークホルダー	評価額(万円)	単位
便益	人命 ²⁾ *P(T)	住民	24,451.8	/人
	被害軽減額*P(T)	国・自治体	総額-住民	/人
		住民	式(3.7)	/人
		総額 ^{7),8)}	3,600.0	/人
	QOL向上	住民	式(3.6)	/地域
費用	建設費 ⁹⁾ (移転費)	国 ¹⁰⁾	1,726.5	/世帯
		自治体	2,453.0	/世帯
		住民	1,000.0	/世帯
		総額	5,179.5	/世帯
	維持管理費 ⁵⁾	国・自治体	25.9	/世帯・年

被害軽減額の総額は東日本大震災の1人あたりの被害額を使用する。東日本大震災の被害額総計⁷⁾は、約16兆9千億円である。一方、避難者数⁷⁾は約47万人である。すなわち、16兆9千億円/47万人=3,600万円/人を被害軽減額の総額とした。東日本大震災はL2地震であり、岩手県沖から茨城県沖までの南北約500km、東西約200キロメートルのおよそ10万km²という広範囲全てが震源域¹⁰⁾であり、津波被害も青森、岩手、宮城、

福島、茨城、千葉の6県62市町村で浸水範囲全体約535km²(11)と広大である。このため、津波浸水地域は都市部も田舎も含んでいる。南海トラフ巨大地震も東日本大震災同様、都市部や田舎も含む広大な津波浸水域が想定されている。このため、東日本大震災の1人あたりの被害額を適用することとした。

移転に伴うQOLの変化を貨幣換算する。QOLの評価項目として、加知らの研究(12)より表3.7のように交通利便性(AC)・居住快適性(AM)・災害安全性(SS)が挙げられている。表21に項目と評価要素を示す。

表 19 QOLの評価項目

項目	評価要素
交通利便性 Accessibility (AC)	就業利便性
	教育・文化利便性
	健康・医療利便性
	買い物・サービス利便性
居住快適性 Amenity (AM)	居住空間使用性
	建物景観調和性
	周辺自然環境性
	周辺環境負荷性
災害安全性 Safety&Security (SS)	地震危険性
	洪水危険性
	犯罪危険性
	交通事故危険性

交通利便性(AC)に関して、就業利便性や買い物・サービス利便性は今回考慮せず、教育・文化利便性と健康・医療利便性を評価する。居住快適性(AM)に関して、今回の移転は、移転先が最寄りの市区町村役場であることから、居住快適性(SS)は移転の前後で変わらないものとする。また、災害安全性(SS)は、移転により向上するが、移転の便益評価項目として被害軽減を貨幣換算しているため、QOLの評価では再度計算しないこととした。すなわち、今回のQOL評価は移転に伴う交通利便性(AC)の教育・文化利便性と健康・医療利便性のみに着目した。

交通利便性(AC)の教育・文化利便性と健康・医療利便性のQOL貨幣換算は、西野らの研究(14)を参考に、表22と式(3.6)より算出した。

$$QOL_t = qolt \cdot pop = (LP_s - LP_{s0}) \cdot w \cdot pop \quad \text{---- (3.6)}$$

QOL_t : 各地域におけるQOL

qolt : t年に得られる1人あたりの生活の質

pop : 地域の人口

w : 個人の価値観

LP_s : 移転後の環境による物理量

LP_{s0} : 移転前の環境による物理量

表 20 QOL の評価項目および貨幣換算

評価要素	教育・文化利便性	健康・医療利便性
対象施設	図書館、博物館、学校、 幼稚園など	病院、診療所、保育所、 老人ホームなど
算出方法 LPs	最寄りの対象施設までの 距離/速度	最寄りの対象施設までの 距離/速度
速度	4km/h	12km/h
支払い意思額 w	¥820/min・month	¥779/min・month

各地域の1年間に得られる1人あたりの生活の質 qol(¥/人)の分析を表 23 に示す。

表 21 各地域の qol(¥/人・年)の分析

個数		335
qol(¥/人・年)	平均	53,912
	最大	970,975
	最小	-339,076
	標準偏差	140,576

住民の被災額軽減額の算出方法は、治水経済調査マニュアル¹⁵⁾を参考に、表 24 および表 25 の評価項目と評価額、また式(3.7)より算出した。

$$W = W_h \cdot \text{Area} + W_g + W_c \cdot 30 \text{ ----- (3.7)}$$

W : 1世帯の被災額

Area : 1世帯の家屋床面積

表 22 住民の被災額の評価項目と評価額

項目	評価額(万円)	単位
家屋 W _h	表 3.11 参照	/m ²
家庭用品 W _g	1,400	/世帯
清掃労働対価 W _c	1.043	/日

家屋の評価額は都道府県ごとに異なる。評価額は表 3.11 にまとめた。この数値は治水経済調査マニュアルの平成 26 年度の数値である。

表 23 都道府県別家屋の評価額

都道府県名	評価額(万円/m ²)
神奈川県	19.98
静岡県	18.41
愛知県	18.22
三重県	18.04
兵庫県	17.46
和歌山県	18.00
徳島県	17.61
愛媛県	16.27
高知県	17.17
大分県	15.94
宮崎県	14.35
鹿児島県	15.51

○南海トラフ地震の発生確率

便益の人命と被害軽減額において、南海トラフ地震の生起確率式を乗ずることにより被害軽減額の期待値を算出する。地震発生の生起確率は地震調査研究推進本部¹⁶⁾の評価手法を参考に、BPT分布の確率密度関数 $f(t; \mu, \alpha)$ を式(3.8)より、2015年まで発災していない条件のもと各年1年間の生起確率 $P(T)$ を式(3.9)より算出した。

BPT分布の確率密度関数 $f(t; \mu, \alpha)$

$$f(t; \mu, \alpha) = \left\{ \frac{\mu}{2\pi\alpha^2 t^3} \right\}^{\frac{1}{2}} \exp \left\{ - \left(\frac{(t-\mu)^2}{2\mu\alpha^2 t} \right) \right\} \text{ ----- (3.8)}$$

T : 西暦年

$\mu=90.1$: 地震発生間隔 (時間予測モデル)

$\alpha=0.24$: 活動間隔のばらつき

$t=T-1946$: 1946年からの経過年数

各年1年間の生起確率 $P(T)$

(現在2015年までの地震が発生していない条件のもと、各年1年間に地震が発生する確率)

$$P(T) = \frac{f(t)}{\sum_{t'=1}^{t'} f(t')} \text{ ----- (3.9)}$$

$t'=T-2015$: 2015年からの経過年数

BPT分布について、地震調査研究推進本部の「長期的な地震発生確率の評価手法について」¹⁶⁾の pp.8-9 よ

り抜粋して、説明する。(引用の一部編集)

-----以下引用-----

BPT 分布

Brownian Passage Time 分布 (以下「BPT 分布」という。)は、プレート運動による定常的な応力蓄積過程において、着目する震源域周辺での地震やスローイベントの発生等ブラウン運動として表現される応力場の擾乱が加わる中で、応力蓄積が一定値に達し、断層が活動する(地震が発生する)、という物理的過程(ブラウン緩和振動過程)を踏まえたモデルである。これを式で表現すると、次のとおり

$$Y(t) = \mu \cdot t + \sigma \cdot W(t)$$

ここで、 $Y(t)$ は状態変数、 t は最後に Y_f に達してからの経過時間。 $Y(t)$ が Y_f に達すると地震が発生し、 Y_0 という状態に落ちるといふものである。 $\mu \cdot t$ が定常的な応力蓄積による項であり、 $\sigma \cdot W(t)$ が応力場の擾乱による項である。 $W(t)$ は標準的なブラウン運動であり、 σ は負でない定数であり、 D は拡散係数と呼ばれる。

最後に Y_f に達してから(地震が発生してから)の経過時間 t の分布関数を、Brownian passage time 分布と物理学では呼ぶ。この分布の確率密度関数は式(3.8)の分布に従う。この分布の平均は μ となり、分散は $(\mu \cdot t)^2$ となる。また、 $\mu = (Y_f - Y_0) / t$ 、 $\sigma = \sqrt{(Y_f - Y_0) / t}$ 、及び分散 $= (Y_f - Y_0)^2 / t^3$ である。なお、BPT 分布は、統計学では、逆ガウス分布やワルド分布とも呼ばれ、株価の変動、製品の寿命、作付面積等に適用されている。

-----引用終了-----

地震調査研究推進本部は、以上の判断により BPT 分布を用い、南海トラフ地震の生起確率を算出している。本研究も、地震調査研究推進本部と同様に BPT 分布を用いて算出した。

各年における南海トラフ地震の発生確率の計算結果を図 3.5 と表 3.12 に示す。防災集団移転の評価対象機関である 2016 年から 2071 年までを推計対象とする。

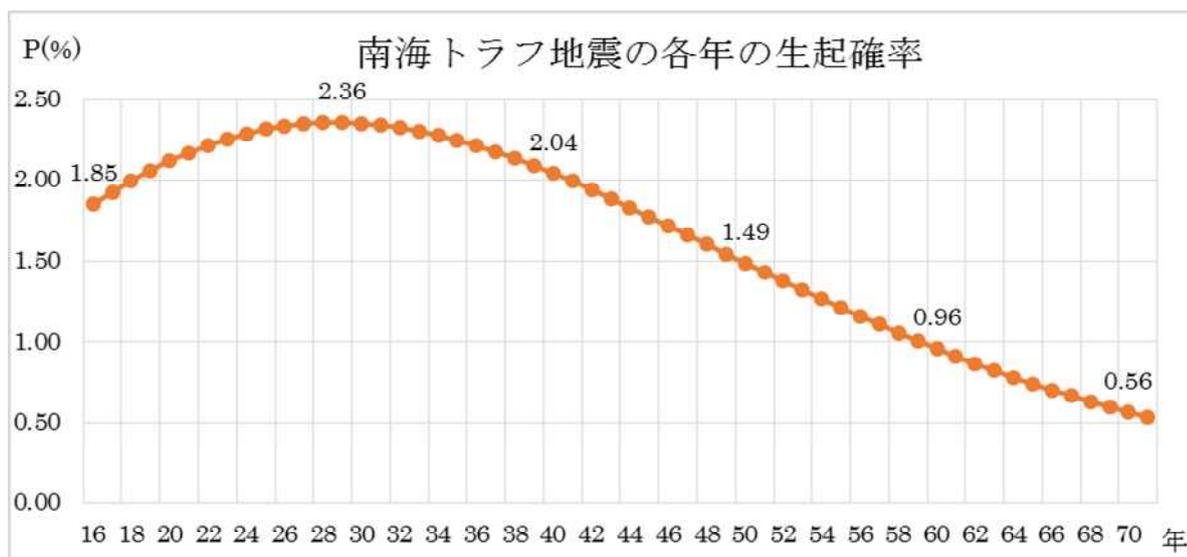


図 3.5 各年の南海トラフ地震の発生確率

表 3.12 各年の南海トラフ地震の発生確率

年	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
P(%)	1.85	1.93	2.00	2.06	2.12	2.17	2.22	2.26	2.29	2.32	2.34	2.35	2.36	2.36	2.35
年	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
P(%)	2.34	2.33	2.30	2.28	2.25	2.21	2.17	2.13	2.09	2.04	1.99	1.94	1.89	1.83	1.78
年	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
P(%)	1.72	1.66	1.60	1.55	1.49	1.43	1.38	1.32	1.27	1.21	1.16	1.11	1.06	1.01	0.96
年	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71				
P(%)	0.91	0.87	0.82	0.78	0.74	0.70	0.66	0.63	0.59	0.56	0.53				

推計結果より、各年 1 年間の南海トラフ地震の発生確率は、2016 年から 2029 年までは増加し続け、2029 年の 3.36% をピークにして、その後減少することがわかる。

○費用便益分析の方法

地域ごとに津波避難タワー建設と防災集団移転の費用便益分析を行う。費用便益分析は、式(3.10)の順現在価値 NPV(Net Present value)と式(3.11)の費用便益比 CBR(Cost Benefit Ratio)で評価する。

純現在価値：NPV

$$NPV = B - C = \sum_{t=1}^n \frac{bt - ct}{(1+r)^t} \text{ ---- (3.10)}$$

財源の制約を考えず、できるだけ効果の大きいプロジェクトを評価する場合に用いる。

費用便益費：CBR

$$CBR = B/C = \sum_{t=1}^n \frac{bt}{(1+r)^t} / \sum_{t=1}^n \frac{ct}{(1+r)^t} \text{ ---- (3.11)}$$

財源の制約を考えて、できるだけ効率的なプロジェクトを評価する場合に用いる。

NPV と CBR の社会的割引率 r は 4%である。

評価対象期間 n は、第 3 章の「3.1.1 対策の評価対象期間」で示した通りである。

- 1) 国立社会保障・人口問題研究所：将来の生残率、純移動率、子ども女性比と 0-4 歳性比--『日本の地域別将来推計人口』(平成 25 年 3 月推計)
- 2) 内閣府：平成 23 年度交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査報告書, 2012.3
- 3) 中央防災会議：南海トラフ地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法概要, 2014.3.28
- 4) 朝日新聞 DIGITAL：「宮崎）宮崎市に津波避難タワー完成 2 0 0 人収容可能」, 2015.4.8,
<http://www.asahi.com/articles/ASH4746M6H47TNAB00F.html>, 2016/02/01 アクセス
- 5) 国土交通省：治水経済調査マニュアル(案), 2015.2
- 6) 国土交通省：防災集団移転促進事業及び都市防災総合推進事業について, 2012.6
- 7) 内閣府：東日本大震災における被害額の推計について, 2011.6.24

- 8) 警察庁：平成 23 年 回顧と展望 東日本大震災と警察, 2012.3
- 9) 南海トラフ地震による超全国災害への備えを強力に進める 9 県知事会議：政策提言書, 2015.4.21
- 10) 国土交通省：防災集団移転促進事業及び都市防災総合推進事業について, 2012.6
- 11) 気象庁 HP, <http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/13b/201103131255.html>,
2016/02/15 アクセス
- 12) 国土交通省 HP, <http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/h22/hakusho/h23/html/k1112000.html>
2016/02/15 アクセス
- 13) 加知範康,加藤博和,林良嗣,森杉雅史：余命指標を用いた生活環境質(QOL)評価と市街地拡大抑制策検討への適用,土木学会論文 D,Vol.62,No.4,pp.558-573,2006.
- 14) 西野慧ら：郊外居住者の価値観を考慮した大都市圏における都市コンパクト化の評価,第 43 回土木計画学研究発表会,2011.
- 15) 国土交通省：治水経済調査マニュアル(案),2015.2
- 16) 地震調査研究推進本部：長期的な地震発生確率の評価手法について,2001.6

c) 津波避難困難者対策の費用便益分析

○宮崎市の各地域における費用便益分析結果

始めにケーススタディとして、南海トラフ地震津波により九州で最大の被害が想定されている宮崎市を対象に費用便益分析を行った。

宮崎市の津波避難困難者を対象に、津波避難タワー建設の立地場所の集合被覆問題を解き、共通の避難タワーを使用する避難困難者で地域割りをした。その結果、図 40 のように 6 つの地域に分かれた。



図 39 宮崎市の津波避難困難者と地域割り

まず、津波避難タワー建設の費用便益分析の評価項目やステークホルダーごとの内訳を表 4.1 に示す。表の (%) は、全体の合計値に対する値である。

表 24 宮崎市の避難タワー建設の費用・便益の内訳（億円）

地域	B		C									
	人命	建設費						維持管理費		合計		合計
	住民	国	(%)	自治体	(%)	合計	(%)	自治体	(%)	自治体	(%)	
	440.59	0.53	59.93	0.26	29.96	0.79	89.89	0.09	10.11	0.35	40.07	0.88
	433.82	0.53	59.93	0.26	29.96	0.79	89.89	0.09	10.11	0.35	40.07	0.88
	104.10	0.53	59.93	0.26	29.96	0.79	89.89	0.09	10.11	0.35	40.07	0.88
	1.54	0.53	59.93	0.26	29.96	0.79	89.89	0.09	10.11	0.35	40.07	0.88
	8.17	0.53	59.93	0.26	29.96	0.79	89.89	0.09	10.11	0.35	40.07	0.88
	5.22	0.53	59.93	0.26	29.96	0.79	89.89	0.09	10.11	0.35	40.07	0.88

表 26 より地域の費用は同じであることがわかる。これは、1つの地域に1つの津波避難タワーを建設し維持管理しなくてはならないためである。また、「南海トラフ地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法」より『南海トラフ地震津波避難対策特別強化地域』に指定されている地域では、津波避難タワー建設費の3分の2は国が負担し、3分の1を地方自治体（市町村）が負担することとなっている。そのため、国は5,300万円であり、自治体は建設費・維持管理費を含めても3,500万円であるため、国のほうが大きな負担をしていることがわかる。津波避難タワー建設のコストは、国が約6割、自治体は約4割である。

次に、表 27 に示された便益と費用の順現在価値と費用便益比を見してみる。表中の(%)はNPV合計値に対する各ステークホルダーのNPVの割合である。

表 25 宮崎市の避難タワー建設の費用便益分析の内訳（億円）

地域	NPV							CBR
	(B-C)							(B/C)
	国	(%)	自治体	(%)	住民	(%)	合計	合計
	-0.53	-0.12	-0.35	-0.08	440.59	100.20	439.71	501.36
	-0.53	-0.12	-0.35	-0.08	433.82	100.20	432.94	493.65
	-0.53	-0.51	-0.35	-0.34	104.10	100.85	103.22	118.45
	-0.53	-79.12	-0.35	-52.90	1.54	232.02	0.67	1.76
	-0.53	-7.22	-0.35	-4.83	8.17	112.05	7.29	9.30
	-0.53	-12.14	-0.35	-8.12	5.22	120.26	4.34	5.94

表 4.2 に示された結果より費用は全ての地域で一定なので、津波避難タワー建設により助かる住民の人命価値の便益によりNPVとCBRは変化する。より多くの住民が助かる地域、すなわち現在および将来にわたって人口の多い地域において便益が大きくなる。(%)は、NPV合計値に対する各ステークホルダーのNPV値の割合なので、CBRの値が1に近い地域ほどNPV合計値がゼロに近づき、(%)の値が大きくなっている。

次に、宮崎市の地域ごとの防災集団移転の費用便益分析の評価項目やステークホルダーごとの内訳を示す。まず、便益の内訳を表 28 に示す。表の(%)は便益全体の合計に対する各ステークホルダーの割合である。

表 26 宮崎市の防災集団移転の便益の内訳（億円）

B											
地域	人命		QOL 向上		被災軽減額						合計
	住民	(%)	住民	(%)	行政	(%)	住民	(%)	合計	(%)	
	344.68	85.71	6.73	1.67	38.61	9.60	12.14	3.02	50.75	12.62	402.16
	341.21	85.70	6.70	1.68	37.81	9.50	12.42	3.12	50.24	12.62	398.14
	80.30	85.71	1.56	1.67	8.50	9.07	3.32	3.54	11.82	12.62	93.69
	1.12	85.83	0.02	1.53	0.10	7.72	0.06	4.92	0.16	12.64	1.30
	5.38	85.83	0.10	1.54	0.46	7.42	0.33	5.22	0.79	12.64	6.27
	3.44	85.84	0.06	1.52	0.34	8.55	0.16	4.08	0.51	12.64	4.01

表 4.3 より宮崎市の各地域の防災集団移転による便益の内訳が分かる。人命はどの地域においても 85%以上と非常に大きい割合を占めている。移転に伴う QOL の向上は、どの地域においても 1.5%から 1.7%であった。QOL 向上の便益額は、6.73 億円から 0.02 億円と地域によって大きく異なっているが、便益全体に対する割合が近い値を示した理由は、地域の QOL 向上が人口に大きく左右されたためである。また、被害軽減額全体の割合は、どの地域も 12.6%を示した。被害軽減額は住民よりも行政（国と自治体の合計値）のほうが大きいことがわかる。しかし、地域 では行政の災害軽減額が 9.60%を占めているのに対して住民は 3.02%であり、行政側が住民側の約 3 倍である。一方、地域 では、行政側が 7.42%で住民側は 5.22%と、行政側は住民側の 1.5 倍もない。これは、都市部で人口が集中している地域はインフラや公共施設が多いため、行政の被害額が大きくなるが、田舎で人口が少なくインフラや公共施設があまり存在しない地域は、行政側の被害額が小さいためだと思われる。

次に、費用の内訳を表 29 に示す。表の(%)は費用全体の合計に対する各ステークホルダーの割合である。

表 27 宮崎市の防災集団移転の費用の内訳（億円）

C											
地域	移転費								維持管理費		合計
	国	(%)	自治体	(%)	住民	(%)	合計	(%)	行政	(%)	
	20.29	30.62	28.82	43.50	11.75	17.73	60.86	91.85	5.40	8.15	66.26
	20.28	30.56	28.82	43.41	11.75	17.70	60.85	91.67	5.53	8.33	66.38
	5.12	30.73	7.27	43.66	2.96	17.80	15.35	92.18	1.30	7.82	16.66
	0.15	31.39	0.21	44.60	0.09	18.18	0.44	94.17	0.03	5.83	0.47
	0.83	31.77	1.18	45.13	0.48	18.40	2.49	95.30	0.12	4.70	2.62
	0.52	31.82	0.74	45.21	0.30	18.43	1.55	95.45	0.07	4.55	1.63

表 29 より費用全体に対して、国は約 3 割、自治体は約 4 割、住民は約 2 割の移転費があり、維持管理費に約 1 割という割合になっている。

次に、表 28 と表 29 で示された便益と費用より NPV ならびに CBR を算出する。表 30 に示す。表中の(%) は NPV 合計値に対する各ステークホルダーの NPV の割合である。

表 28 宮崎市の防災集団移転の費用便益分析の内訳（億円）

地域	NPV					CBR		
	(B-C)					(B/C)		
	行政	(%)	住民	(%)	合計	行政	住民	合計
	-15.90	-4.73	339.66	101.12	335.90	0.71	29.91	6.07
	-16.82	-5.07	336.16	101.33	331.76	0.69	29.61	6.00
	-5.19	-6.74	78.90	102.43	77.03	0.62	27.62	5.62
	-0.28	-33.80	1.05	126.12	0.84	0.26	13.38	2.78
	-1.67	-45.72	5.00	136.76	3.65	0.22	11.38	2.40
	-0.99	-41.34	3.20	134.47	2.38	0.26	11.68	2.46

表 4.5 より、すべての地域において行政の NPV 値はマイナス値を示している。しかし、住民の NPV を含めた全体の NPV 値は、全ての地域においてプラス値を示しており、社会全体の NPV は便益が大きいことが示された。一方、CBR を見てみると、人口の少ない地域（2人）地域（15人）地域（9人）は2~3の値を示しているのに対して、人口の多い地域（443人）地域（242人）地域（115人）は5~6の値を示している。これは、防災集団移転も津波避難タワー建設と同様、人口の多い地域の事業のほうが効率的であるといえる。また、NPV も地域 ~ のほうが地域 ~ よりも大きく、事業効果が大きいことがわかる。

宮崎市の地域ごとに津波避難タワー建設と防災集団移転の費用便益分析の結果を比較する。

まず、純現在価値 NPV の比較を表 31 に示す。表中の“差”は津波避難タワー建設の NPV 値から防災集団移転の NPV 値を差し引いた値である。

表 29 宮崎市の各地域の各対策の NPV 比較（億円）

地域	行政			住民			合計		
	タワー	移転	差	タワー	移転	差	タワー	移転	差
	-0.88	-15.90	15.02	440.59	339.66	100.93	439.71	335.90	103.81
	-0.88	-16.82	15.94	433.82	336.16	97.66	432.94	331.76	101.18
	-0.88	-5.19	4.31	104.10	78.90	25.20	103.22	77.03	26.19
	-0.88	-0.28	-0.60	1.54	1.05	0.49	0.67	0.84	-0.17
	-0.88	-1.67	0.79	8.17	5.00	3.18	7.29	3.65	3.64
	-0.88	-0.99	0.11	5.22	3.20	2.01	4.34	2.38	1.95

次に、費用便益比 CBR の比較を表 32 に示す。表中の“除”は津波避難タワー建設の CBR 値から防災集団移転の CBR 値を除いた値である。除の値で 1 以下の値を赤色としている。

表 30 宮崎市の各地域の各対策の CBR 比較

地域	タワー	移転	除
	501.36	6.07	82.60
	493.65	6.00	82.30
	118.45	5.62	21.06
	1.76	2.78	0.63
	9.30	2.40	3.88
	5.94	2.46	2.41

地域 は NPV においても CBR においても津波避難タワー建設よりも防災集団移転のほうが有効であることがわかる。NPV は事業効果を示し、CBR は事業効率を示すので、地域 は、事業効果においても事業効率においても防災集団移転が有効である。また地域 は、行政側は差がマイナス値であり防災集団移転のほうが津波避難タワー建設よりも事業効果が大きい、住民側は差がプラス値なので津波避難タワー建設のほうが防災集団移転よりも事業効果が大きい。つまり、地域 では、行政は防災集団移転が、住民は津波避難タワー建設がメリットの大きい対策である。また、行政と住民を合わせた社会全体では、差がマイナス値となったため、防災集団移転が有効であることがわかる。

宮崎市の各地域において、地域 以外の地域は津波避難タワー建設が有効な対策であることを示したが、地域 のみは防災集団移転が有効な対策であると示された。地域 と他の地域の違いを検討する。他の地域(地域 、地域 、地域 、地域 、地域)の代表地域として、地域 を挙げる。地域 と地域 の各事業の評価対象期間の費用・便益をグラフにまとめる。

まず、地域 の津波避難タワー建設の評価対象期間の費用・便益を図 41 に示す。

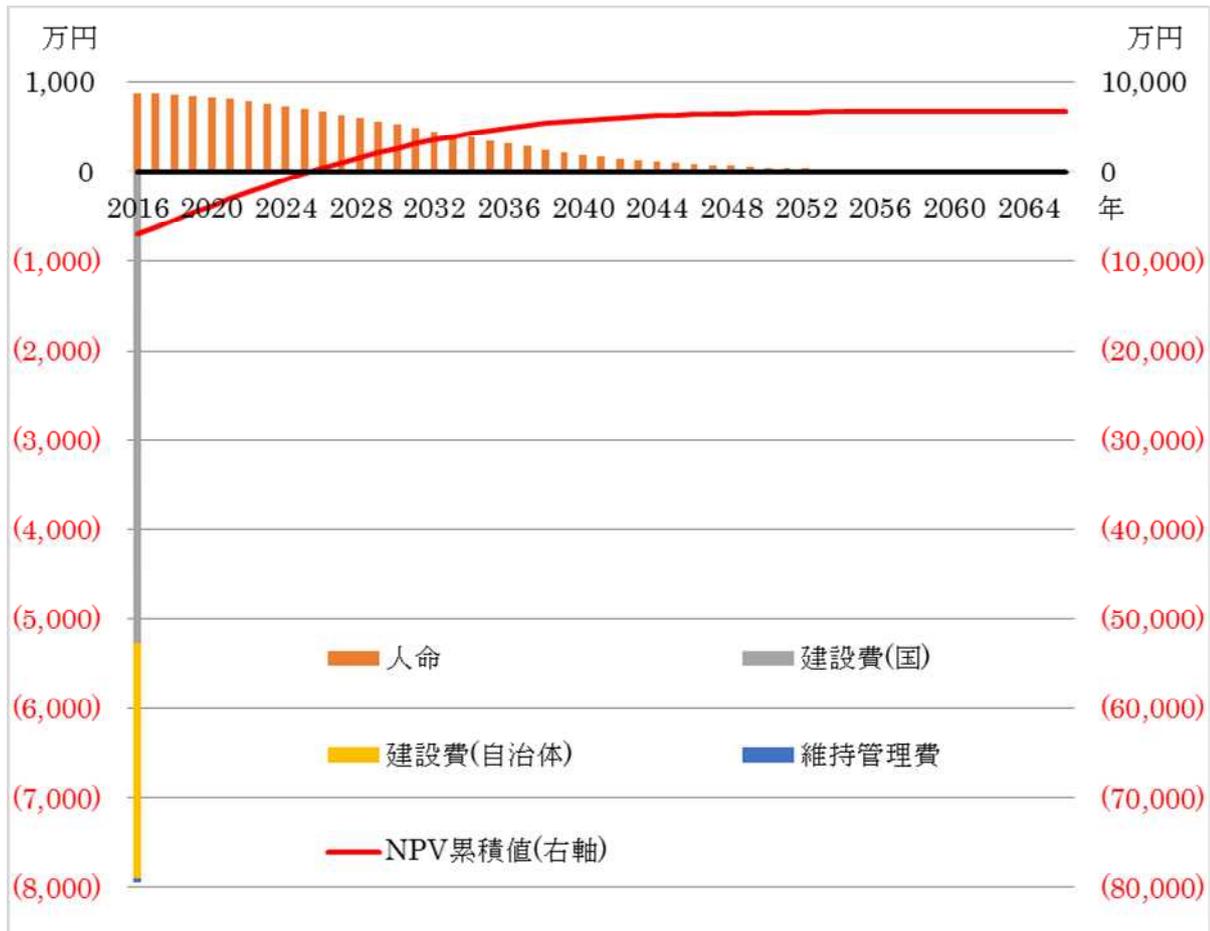


図 40 宮崎市地域 の津波避難タワー建設の事業評価期間の費用・便益

図 41 の NPV 累積値はゼロになる年は 2025 年である。

図 41 より人命救助の便益よりも津波避難タワー建設費用のほうがはるかに大きいことがわかる。

次に、地域 の防災集団移転の評価対象期間の費用・便益を図 42 に示す。