

既成市街地の漸次的な低炭素化を支援する
街区群の環境性能評価システム

森田 紘圭

要 旨

現在，世界全体においては地球環境問題，とりわけ気候変動への対応が大きな課題となっている．IPCC 第 4 次評価報告書は、気候システムの温暖化にはもはや疑う余地がなく，その要因は温室効果ガス（Green House Gas：GHG）排出量の増加である可能性が高いこと，1980 年～1989 年までを基準とした場合の 2090 年～2099 年の気温上昇を 2℃以下に抑えるためには，先進国（附属書 I 締約国）において 2050 年に 80%以上の CO₂ 排出量削減が求められることが明記され，2009 年ラクイラサミットでは同年までに先進国全体で 80%以上削減する目標が支持されるなど，気候変動の取り組みは特に先進国において重要な責務となっている．また，日本では 1950 年代～1970 年代の高度経済成長期における急速な都市化によりスプロール化が進行し，古くからの中心市街地・集落から郊外へと人口の拡散が進んできた結果，既成市街地の魅力低下，都市を維持・管理するためのインフラ・建物維持費用の急増など課題が顕在化している．

その打開策として，現在，多くの自治体では集約型都市構造への転換を掲げている．その基本的な考え方は，スプロール化により郊外に広がった環境的にも経済的にも非効率な地区から，効率性の高い都心・近郊部へと人口や都市機能の集約を進めるものである．しかし，人口を集約する地区をどのように再デザインしそれを実現していくべきかについては，議論が十分なされていない．地区の将来デザインがないまま，単に高層化や高密化によって人口集約の受け皿を用意しても，日照や景観の悪化，居住スペースの狭小化などにより，居住者が享受できるアメニティが悪化するために，人口が集まらない可能性もある．近年においては Smart City や Smart Community といったキーワードをもとにした都市や街区の低炭素化対策が進められているものの，これは，高効率機器や ICT 技術をはじめとした環境・エネルギー技術の積極的導入や開発により都市の低炭素化を目指すものである．現状では大規模な再開発や新市街地開発におけるプロジェクトが中心であり，都市の 90%以上を占める既成市街地への適用はほとんど見られないとともに，生活環境の改善やインフラの維持等に係るコスト縮減など，市街地改善の総合的な取り組みであるとは言いがたい．集約型都市構造への転換を無理なく進めるには，建築物や市街地の更新スケジュールに応じて，漸次的に地区レベルでの環境性能が向上する空間戦略を目指すことが必要である．

以上の背景を踏まえ，本研究では，既成市街地の漸次的な低炭素化を支援するため，「街区群」のスケールで低炭素技術導入や土地利用・交通システムを統合的に検討し，その環境性能をトリプルボトムライン（TBL：Triple Bottom Line）の観点から漸次的に予測評価できるシステムを構築した．このシステムを用いて，名古屋都市圏に位置する 3 地区を対象に将来予測分析を実施し，システムの妥当性を検証するとともに，地区の特性に応じた空間デザインや低炭素技術導入の方法論と，社会実装手法について検討した．

本論文は以下の 6 章により構成される。

第 1 章では、まず地球温暖化問題への取り組みの国際的な背景について整理し、都市の低炭素化を進めるための都市構造再構築の必要性を再確認した。さらに、現在進められている低炭素都市に関連した代表的な 2 つの取り組み——集約型都市構造とスマートシティ——について、それぞれの取り組み状況を整理し、空間的な広がりを持った街区群（Neighborhood）のスケールで環境性能の漸次的変化を評価・検討するシステムの必要性を述べた。

第 2 章では、都市計画や環境政策の分野における本研究の位置付けを明らかにすることを目的に、これまでの街区群の環境形成の考え方について、4 つの側面から整理を行った。1 点目は都市レベルの計画規範の議論であり、都市化の進んだ 19 世紀から現在までの変遷の整理から、人口減少期における市街地再構築の方向性と課題を抽出した。2 点目は地区レベルでの計画手法であり、近年、国内外で積極的に取り組まれている既成市街地の再生への取り組みを概観した上で、日本で今後展開すべき方向性について明らかにした。3 点目は低炭素まちづくりのシナリオデザインに関する考え方、4 点目は現在取り組まれている国内外の低炭素まちづくりに関する取り組みであり、世界各国の事例から、その特徴と日本における課題を論じた。以上の整理から、今後の持続可能な街区群形成に向けた本研究が目指すまちづくりについて整理した。

第 3 章では、都市や建築を対象とした Greenhouse Gas (GHG) 排出量の計測評価に関する既往研究を概観し、知見と課題を明らかにした。また、国内外で開発されている地区開発を対象とした環境アセスメントツールの現状について、既成市街地への適用における課題を抽出した。その結果、a)要素技術や建築単体による GHG 排出量評価、あるいはよりマクロ的な都市全体の排出量評価が多い一方で、街区群レベルでの評価手法が十分ではないこと、b)近年における環境アセスメントツールでは、定量的なアウトカム指標評価ではないことから、効果量の把握や既成市街地の地域特性に応じた多様な市街地整備への対応が困難であること、などが明らかとなった。その上で、本研究が達成すべき評価手法の要件を、1)アウトカム指標による評価とすること、2)空間構成や環境技術、それによるライフスタイルの変化の相互関係を記述できること、3)漸次的かつ統合的な評価が可能であること、と位置づけた。

以上を踏まえ、第 4 章において街区群の環境性能を漸次的に評価できるシステムを構築した。システムは、既成市街地の環境性能を環境負荷の観点だけでなく、社会的、経済的観点も含めたトリプルボトムラインを用いて漸次的に評価するものである。4 つのサブモデルからなり、1)建物寿命と更新を 1 年単位で予測する漸次的更新シミュレーション、2)街区群の住民構成・ライフスタイルと、街区群内における建物や低炭素技術の導入状況から、エネルギー消費量を月別 1 時間単位で推計するモデル、3)街区群の空間デザインや交通モードの性能から住民の交通行動を予測するシミュレーション、そして 4)街区群の環境性能を環境、社会、経済の 3 つの側面から評価する TBL 評価モデルで構成される。これらのモデルを組み合わせることで、本研究の目的である街区群の空間デザインや低炭素技術導入のロードマップを統合的に評価することが可能となった。

第 5 章では、開発したシステムを用いて名古屋都市圏の 3 つの異なる街区群においてケースス

タディを実施した。まず、都心部の商業街区群（名古屋市中区錦二丁目）を対象に、地区まちづくりにおける本システムの活用可能性と都心部における街区群デザインについて検討を行った。次に、近郊部の木造住宅密集街区群（名古屋市瑞穂区御劔小学校区）を対象に、空間デザインと低炭素技術導入の組み合わせ効果を検証するとともに、増加する空地の有効利用による施策効果を検討した。最後に、郊外部の農地転用街区群（愛知県豊山町志水小学校区）を対象に、人口減少時の土地利用の方向性について検討を行った。以上のケーススタディを通して、構築したシステムが既成市街地の低炭素計画立案のための有用なツールとして活用できること、関係者の合意形成やまちづくりの科学的検証にも有効であることが確認できた。さらに3地区の施策検討結果から、今後の低炭素まちづくりの方向性についても知見を得た。具体的には、環境技術の導入はそれ単独では、街区群の魅力を向上することは難しく、またコストメリットを創出することも難しいこと、それを可能とするためには、受け皿である空間デザインも合わせて検討することが街区群のバランスの良い環境性能向上に必要不可欠であることが明らかとなった。また、日本では建物の密度に関わらず、駐車場や空き家など低未利用地が多く存在している。これらをコントロールすることで、魅力的な公共空間（歩道、公園など）の創出が可能であり、人口密度を高めながらこれらの空間を確保していくことが必要不可欠であることが明らかとなった。

第6章においては、本研究で開発された評価システムの有用性と本研究で得られた知見について述べた。加えて、社会実装に向けた提案と今後の展望を整理し、本研究のまとめとした。

目 次

第 1 章	緒言	1
1-1	都市と環境問題のかかわり	1
1-2	スマートシティ事業に関する動向	2
1-3	集約型都市構造への挑戦	3
1-4	街区群単位での漸次的な空間再編手法の必要性	4
1-5	本研究の目的	5
1-6	研究の構成	6
第 2 章	持続可能な地区形成の展開と課題	11
2-1	概説	11
2-2	都市の計画規範に関する議論と現状	12
2-3	地区の計画規範に関する現状と課題	14
2-4	低炭素社会のシナリオデザインに関する議論	17
2-5	国内外における低炭素まちづくりの取り組み	19
2-6	これからの持続可能な地区形成に向けての課題と方針	21
第 3 章	都市環境評価の既往研究と本研究の位置付け	29
3-1	概説	29
3-2	住宅・設備における温室効果ガス計測評価手法に関する既往研究	30
3-3	都市を対象とした温室効果ガス計測評価手法に関する既往研究	31
3-4	総合環境評価手法開発における近年の動向	34
3-5	求められる要件と本研究の位置づけ	36

第 4 章	街区群環境性能評価システムの構築	43
4-1	システム全体構成の概要	43
4-2	社会的寿命を考慮した漸次的更新シミュレーション	45
4-3	ライフスタイルを考慮したエネルギー消費量推計モデル	49
4-4	沿線環境を考慮した距離別交通手段分担率モデル	60
4-5	トリプルボトムラインを用いた街区群環境性能評価システム	70
第 5 章	実街区群を対象としたデザイン検討・評価	
	—密度の異なる 3 街区群を対象として—	83
5-1	デザイン検討の概要	83
5-2	都心街区群における地区まちづくりの評価	85
5-3	近郊街区群における環境技術と空間デザインの相互評価	92
5-4	郊外街区群における土地利用方針の評価	98
5-5	ケーススタディ結果のまとめ	104
第 6 章	結論	109
6-1	本研究により得られた知見の整理	109
6-2	社会実装に向けた提案と課題	111
6-3	今後の課題と期待される展開	113
謝辞		115

第1章 緒言

1-1 都市と環境問題のかかわり

都市政策における環境への関心は、産業の急速な発展による公害問題や、人口集中による劣悪な生活環境への懸念からはじまった（花木 2005）。これらは直接的に居住者の健康被害を引き起こし、経済成長期においては深刻な社会問題となっていたが、社会基盤が整うことで徐々に解消した。しかしそれ以降、都市と環境のかかわりに対する注目は、更に重要視され、その内容は多様かつ広範となっている。より豊かな生活を享受するための住環境の向上、開発により荒廃する自然環境の保全など、都市と環境とのかかわりへの関心は健康被害から快適性や自然へ、そして身近な環境から都市の外へと拡大している。21 世紀の現在においては、その関心は温暖化問題、生物多様性、資源循環など地球規模に広がっている（田路 2003）。

特に深刻な課題として挙げられているのが、地球温暖化に端を発した気候変動である。IPCC（気候変動に関する政府間パネル：Intergovernmental Panel on Climate Change）が公表した第 4 次評価報告書（2007）では、気候システムの温暖化にはもはや疑う余地がなく、その要因は温室効果ガス（Green House Gas：GHG）排出量の増加である可能性が高いこと、1980 年～1989 年までを基準とした場合の 2090 年～2099 年の気温上昇を 2℃以下に抑えるためには、先進国（附属書 I 締約国）において 2050 年に 80%～95%の CO₂ 排出量削減が求められるとされている。さらに IPCC 第 5 次評価報告書第 1 作業部会報告書（2013）では、人為的な温室効果ガスの増加が気候変動の要因としてもはや確実であると検証され、第 3 作業部会報告書（2014）では、2100 年にはゼロ排出を達成する必要があるとされている。そのような流れを受け、1997 年の京都議定書採択を皮切りに、2008 年洞爺湖サミットでは 2050 年までに世界全体で CO₂ 排出量 50%削減が合意され、2009 年ラクイラサミットでは同年までに先進国全体で 80%以上削減する目標が支持されるなど、気候変動の取り組みは特に先進国においては重要な責務となっている。

日本においては京都議定書採択と同時に、「低炭素社会」をキーワードに（環境省 2007）、これまで各分野において様々な取り組みが実施されてきた。とりわけ産業部門においては、京都議定書基準年である 1990 年には CO₂ 排出量が 482 百万 t-CO₂ であったのに対し、2012 年（速報値）においては 431 百万 t-CO₂ と 12 年間で 10.7%削減しており、設備更新や技術革新による環境効率の向上を進めてきた結果が出始めている。しかしその一方で、運輸部門、業務その他部門、家庭部門は 1990 年比でそれぞれ 4.5%増、57.9%増、59.5%増となっており、大幅な増加を示している。

こうした動向は、単に 2011 年以降の電力排出原単位の増加による影響だけではなく、自家用自動車の需要の増加、業務の IT 化、家庭内でのエネルギー需要増加などライフスタイルやプロダクトスタイルによる需要増加が、個別機器の技術革新による環境効率向上の効果を卓越した要因も大きい（国立環境研究所 2013）。今後は、産業分野や発電分野などマクロな供給側での取り組みだけでなく、家庭や業務、交通といった個々の生活に根差したよりミクロな範囲での分野での努力が求められている。また、その実現にはこれまでのような、自動車や家電など個別機器による対策のみでは難しいことも明らかである（IPCC 2014）。

そのような背景から、現在、都市分野においても、CO₂ 排出量の少ない都市空間構造への転換をめざす「低炭素まちづくり」への取り組みが注目を集めている。都市化の時代にはヒューマンスケールの課題として端を発した環境問題が、1 世紀を経てグローバルスケールの問題として、再び都市や地域が直面する課題へと戻りつつある。これらへの対応は今後の都市計画にとって重要な課題であり、低炭素かつ持続可能な都市形成が求められる。

1-2 スマートシティ事業に関する動向

都市の低炭素化のために進められている取り組みの一つとして、東日本大震災により引き起こされた電力ひっ迫や、新たな環境市場の開拓などを背景とした Smart City, Smart Community 事業が挙げられる。これは 2008 年に米国の「グリーン・ニューディール」政策の一環として投資対象に挙げられた Smart Grid に端を発し（林・岡本 2010）、それが電力網（Grid）からすでに進められている交通や建築、熱利用までを含めた都市政策（City）へ、さらには住民の行動変化やライフスタイルの提案（Community）へと展開したものである。その経緯から、実施される施策は再生可能エネルギーなどのエネルギー創出や情報通信技術（ICT）によるエネルギーの有効活用に関する技術開発・導入がほとんどである。日本における先導的なプロジェクトとしては、経済産業省が選定した次世代エネルギー・社会システム実証地域（横浜市、豊田市、けいはんな、北九州市）が展開されている（柏木 2010, 経済産業省 2010）ほか、内閣官房地域活性化総合事務局（2014）による環境モデル都市や環境未来都市構想（村上 2012）、国土交通省（2014a）によるまち・住まい・交通の創蓄省エネルギー化モデル構築支援事業などがあげられる。また、民間事業者においても、特にハウスメーカーやディベロッパーが中心となって、環境技術を積極導入した都市再開発や新規住宅地開発（例えばパナホーム株式会社 2014, 積水ハウス株式会社 2014）を進めている。

しかし、これらの取り組みは太陽光発電や電気自動車、スマートハウスや ICT を活用したエネルギー管理システムなど、いずれも技術導入に特化しているものが多く、土地利用や住宅・インフラストックの管理など、市街地の空間デザインに着目した事業や計画はほとんど見られない。また、事業が面的な取り組みであっても、その対象は大都市における再開発や新市街地開発がほ

とんどである。高度経済成長期に大幅に都市化が進んだ我が国においては、国土全体の低炭素化を進めるためには都市の90%以上を占める既成市街地への展開が必要であり、そのためには現在の実証事業から、徐々に既成市街地への展開を見据えた普及方法の検討が求められる。既成市街地への展開を検討する上で、新規開発地区と大きく異なる点は、技術導入先となるインフラや建物が既に建設されていることが挙げられる。既成市街地ではこれまでのモデル事業のように導入技術にとって望ましい環境がすべて整っている保障はなく、現在のように単に技術導入のみを推し進める方法では効率的な低炭素化は困難である。既成市街地を低炭素化していくためには、地域の特性に応じて導入する技術の組み合わせの検討や、技術の受け皿となるインフラや建物、さらにその総体である空間構成の改変を含めた計画が必要である。

1-3 集約型都市構造への挑戦

都市の低炭素化のために進められているもう一つの取り組みとして、集約型都市構造への転換が目指されている。

日本においては、1950年代から1970年代の急激な都市化によりスプロール化が進行し、古くからの中心市街地から郊外へと人口の拡散が進んできた。その結果、商店街の衰退などの中心市街地空洞化（鈴木 2007）、モータリゼーションとそれに伴う交通混雑の発生（北村 2005）、維持管理に必要なインフラ整備面積の拡大による市街地維持管理費用の増加（TRB and NRC 2002, Carruthers and Ulfarsson 2003, 小瀬木ら 2010）、交通における自家用車需要の増大をはじめとした環境負荷増加（Kennedy et al. 2009, 伊藤ら 2011）など、環境面に留まらない様々な課題が顕在化している。今後は人口が本格的に減少することが予想されており、2010年において約128百万人であった人口が2050年には97百万人、およそ25%減少するとされている（国立社会保障・人口問題研究所 2013）。現在の低密な都市構造のまま、市場のなりゆきに任せていけば、今よりもさらに低密な市街地が広がる可能性があり、環境的、経済的に一層非効率となることが懸念される。

その打開策として、欧米から議論の始まった Compact City（EC 1990, 海道 2001）や Smart shrink（林 2011）、集約型都市構造（社会資本整備審議会 2009）など、都市の高密化と再編への取り組みが注目されている。この定義は国や地域、分野によって様々であるが、主な特徴は共通しており、1)高密度で近接した開発パターンによって、2)公共交通でつながった市街地を形成し、3)地域のサービスや職場までの到達しやすさが高い都市を実現するものである（OECD 2012）。つまり、スプロール化が進んだ環境的にも経済的にも非効率な地区から、利便性の高い都心・近郊部へと人口や都市機能の集約を進めるものであり、日本でも多くの自治体（例えば青森市 1999, 富山市 2008, 名古屋市 2011）が都市マスタープランへの位置づけや、そのための政策実施を進めている。さらに、2014年7月に公表された国土のグランドデザイン（国土交通省 2014b）においても、こ

れからの国土構造のキーワードを「コンパクト＋ネットワーク」とし、地域の多様性や地域性、コミュニティの再生を軸とした集約と連携による地域づくりを目指すものとしている。

しかし、こうした取り組みが都市レベルで進められているにも関わらず、人口を集約する、あるいは撤退する地区をどのようにデザインし実現していくべきかについては、十分な議論がされていない。現在、大都市圏の一部地域においては、不動産市場の主導により超高層マンションの開発や、ミニ開発の展開による人口の都心回帰が進んでいる（出口ら 2014, 国土技術政策総合研究所 2007）ものの、こうした市場に任せた開発には防災やコミュニティ、日照などの住環境の質の低下が懸念されている（日端 2005, 長島 2005）。林ら（2009）は将来の集約地区のビジョンを Quality Stock とし、「社会的価値観に基づいて、都市空間として質が高く、将来世代にわたって長期間共有でき、社会的資産となること」、すなわち「都市の社会資産化」(Social Capitalization of the City)と定義しているが、その具体的な空間構成については明らかとしていない。国土交通省(2014c)は、都市再生特別措置法の改正により、立地適正化計画を進めているが、その内容は都市施設の配置や開発のコントロールに限定されており、都市機能誘導区域や居住誘導区域において、具体的にどのような空間を形成すべきかの提案は行われていない。また郊外地域においても、戦略的に人口移転を図ることが提案されているものの、撤退後の土地利用においては、小さな拠点として集約すべきか（秋田 2013）、あるいはゆとりある田園住宅地を形成すべきか（野嶋 2013）多様な意見が存在しており、その適材適所の議論は進んでいない。地区の将来空間構成がないまま、単に高層化や高密度化によって人口集約のための受け皿を用意しても、日照や景観の悪化、居住スペースの狭小化など居住者が享受できる生活の質（QOL：Quality of Life）の悪化により、思うように人口が集まらない可能性もある。集約型都市構造への転換を着実に進めるためには、高い生活の質を確保しながら、環境負荷を低減し、持続可能性が高い空間形成を目指す必要がある。

1-4 街区群単位での漸次的な空間再編手法の必要性

以上のような取り組みを進めるためには、新たに理想的な開発を繰り返すのではなく、都市の大多数を占める既成市街地の中で地区レベルの協調的な再構築を進めることが重要である。そのためには、1)個々の地域特性に応じてより効率的な技術や空間構成の組み合わせを統合的に計画し、2)具体的なデザインと効果を同時に提示することで、3)行政や市民が足並みをそろえて議論、合意形成を図ること必要であり、その適切な計画規模として「街区群」の空間スケールによるまちづくりが求められる。

さらに、現在の日本の経済状況や土地の権利関係では、これまで多数行われてきた行政や企業・組合等による大規模再開発事業は、多くの地区では実現が難しい。実際、木造密集市街地等において実施されてきた敷地の集約化においては合意形成に長期の時間や行政等の労力を要するため

に、取り組みが停滞している例も散見される。また、昨今のまちづくりでは地域性やコミュニティも重要視されており、クリアランス型の事業は地域のニーズと逆行した取り組みへとなりかねない。さらに、気候変動抑制のためには、将来一時点ではなく、現在から将来にかけての累積の GHG 排出量削減が重要であり、事業が実現した将来の目標設定（Visioning）だけでなく、時間進行に合わせた漸次的な移行パスが求められる（Transition, Yamaguchi et al. 2007）。そのため、いつ実現できるかわからない大規模再開発を志向するよりも、地区内の各建物レベルでの更新やその組み合わせに従って少しずつ、かつ着実に地区の環境を改善することが望ましく、地区計画等の都市計画的手法を用いて市街地の再構築を誘導していくほかない。特に日本においては建物の建て替えサイクルが早いため、個別更新を前提とした再構築シナリオでも、欧米と比較してより短期的に環境負荷が小さく、かつ居住環境の高い市街地を構築できる可能性が期待される。近年においては、また建物の二酸化炭素排出原単位を既成の対象に含めるなど、環境に配慮した地区計画制度の導入例もある（千代田区 2009）ことから、漸次的な再構築手法が構築できれば、日本型の改善型まちづくりの発展として普及する可能性もある。

しかしながら、こうした手法の発展普及を進めるためには、現在の地区計画制度が、その実効性が期待されているにもかかわらず、既成市街地においてあまり普及していない（高見沢・日端 1992）点に注目する必要がある。この 1 つの要因として、地区計画が土地利用に対する強制力の大きい制度でありながら、それが将来もたらすメリットが明確でなく、また不確実であることが挙げられる。これは、地区計画の導入が将来の地区環境にどのような影響をもたらすのか、また住民や行政にとって長期的、具体的にどのような便益をもたらすのかが共有、約束されていないためである。この課題をクリアするためには、地区計画など長期的な既成を前提とした政策が将来どのような環境性能をもたらすか明確化し（居住環境保障型街区、林 2005）、目標とする将来像にいつ、どのように到達するかといったプロセスを提示する必要があるが、現状においてはそれを定量的に示せる方法論はほとんど開発されてない。

今後、既成市街地における低炭素まちづくりの展開を実現するためには、長期的将来を目標としながら、その漸次的な達成を実現できるまちづくりの展開が求められる。そのためには、地区計画を含むまちづくりの取り組み全体が将来達成する性能やその漸次的変化を評価するシステムと、それを社会に反映するための仕組みが求められる。

1-5 本研究の目的

以上を踏まえ、本研究は既成市街地の漸次的な低炭素化の実現を支援するツールとして、低炭素技術の導入や 3 次元的な土地利用、交通システムを統合的に検討することができる環境性能評価システムを構築することを目的とする。その際、長期にわたるまちづくりのマネジメントにお

いては、予定通りに取り組みが進まない可能性も予見されることから、目指す将来像が実現された将来一時点のみを検討するのではなく、それに至るまでの計画プロセス全体における環境性能の漸次的変化を評価できる仕組みとする。加えて、気候変動といった地球規模の課題を居住環境などのローカルな課題と接続し居住者や関係者との合意形成を円滑とするため、市街地の漸次的変化をボリュームモデルとして「見える化」とするとともに、街区群の環境性能を CO₂ 排出量だけでなく、住民が享受する生活の質、市街地維持費用の3つの観点から評価できるシステムとする。

構築したシステムを用いて名古屋都市圏における特性の異なる3つの地区を対象に将来予測と政策分析を実施することで、構築したシステムの妥当性や政策検討における有用性を検証するとともに、地区の特性に応じた空間デザインや低炭素技術導入の方向性について検討する。さらに、構築した評価システムの活用可能性と、社会実装に向けた制度的な提案を行う。

1-6 研究の構成

本論文は以下の6章により構成される。

本章では、まず地球温暖化問題への取り組みの国際的な背景について整理し、都市の低炭素化を進める必要性について整理した。さらに、現在進められている低炭素都市に関連した代表的な2つの取り組み——集約型都市構造とスマートシティ——について、それぞれの取り組み状況を整理し、空間的な広がりを持った街区群（Neighborhood）のスケールで環境性能の漸次的変化を評価・検討するシステムの必要性を述べた。

第2章では、これまでの都市計画や環境政策における本研究の位置付けを明らかにすることを目的に、これまでの街区群の環境形成の考え方について、4つの側面から整理を行う。1点目は都市レベルの計画規範の議論であり、都市化の進んだ19世紀から現在までの計画規範の変遷の整理から、人口減少期における市街地再構築の方向性と課題を抽出する。2点目は地区レベルでの計画手法であり、近年、国内外で積極的に取り組まれている既成市街地の再生への取り組みの概観から、日本で今後展開すべき方向性について明らかにする。3点目は低炭素まちづくりのシナリオデザインに関する考え方、4点目は現在取り組まれている国内外の低炭素まちづくりに関する取り組みであり、世界各国の事例から、その特徴と日本における課題を論じる。以上から、今後の持続可能な街区群形成に向けた本研究が目指すまちづくりについて整理する。

第3章では、都市や建築を対象とした GHG 排出量の計測評価に関する既往研究を概観し、これまで行われてきた研究における知見と課題を明らかにする。また、国内外で開発されている地区開発を対象とした環境アセスメントツールの現状について、既成市街地への適用における課題を抽出する。その上で、本研究が達成すべき評価手法の要件を、1)アウトカム指標による評価とすること、2)空間構成や環境技術、それによるライフスタイルの変化の相互関係を記述できること、

3)漸次的かつ統合的な評価が可能であること、と位置づける。

第4章においては、前章までの位置づけや要件を踏まえて、街区群の環境性能を漸次的に評価できるシステムの構築について述べる。構築するシステムは、既成市街地の環境性能を環境負荷の観点だけでなく、社会的、経済的観点も含めたトリプルボトムラインを用いて漸次的に評価するものである。システムは4つのサブモデルからなり、1)建物寿命と更新を1年単位で予測する漸次的更新シミュレーション、2)街区群の住民構成やライフスタイルと、街区群内における建物や低炭素技術の導入状況からエネルギー消費量を月別1時間単位で推計するモデル、3)街区群の空間デザインや交通モードの性能から住民の交通行動を予測するシミュレーション、そして4)街区群の環境性能を環境、社会、経済の3つの側面から評価するトリプルボトムライン評価モデルで構成される。これらのモデルを組み合わせることで、本研究の目的である街区群の空間デザインや低炭素技術導入のロードマップを統合的に評価することが可能とする。

第5章では、開発したシステムを用いて名古屋都市圏の3つの異なる街区群においてケーススタディを実施する。まず、都心部の商業街区群（名古屋市中区錦二丁目）を対象に、地区まちづくりにおける本システムの活用可能性と都心部における街区群デザインについて検討を行う。次に、近郊部の木造住宅密集街区群（名古屋市瑞穂区御劔町）を対象に、空間デザインと低炭素技術導入の組み合わせ効果を検証するとともに、増加する空地の有効利用による施策効果を検討する。最後に郊外部の農地転用街区群（豊山町志水）を対象に、人口減少時の土地利用の方向性について検討を行う。以上のケーススタディを通して、構築するシステムの、既成市街地の低炭素計画立案のための活用可能性、関係者の合意形成やまちづくりの科学的検証への適用性について考察するとともに、今後の低炭素まちづくりの方向性について知見を得る。

第6章においては本研究で開発した評価システムの有用性と本研究で得られた知見について述べる。加えて、社会実装に向けた提案と今後の展望を整理し、本研究のまとめとする。

<参考文献>

- Carruthers J. I. and Ulfarsson G. F.: *Urban sprawl and the cost of public services*, Environment and Planning B: Planning and Design 2003, Vol.30, No.4, pp.503-522, 2003.
- EC (Commission of the European Communities): *GREEN PAPER ON THE URBAN ENVIRONMENT – Communication from the Commission to the Council and Parliament*, 1990,
http://ec.europa.eu/environment/urban/pdf/com90218final_en.pdf
- Elkington J.: *Cannibals with Forks -The Triple Bottom Line of 21st Century Business*, New Society Publishers, 1997.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) : *Climate Change 2007: Synthesis Report – Summary for Policymakers*, 2008, http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf
(文部科学省・気象庁・環境省・経済産業省（訳）：IPCC 第4次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約, 2009, http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th/syr_spm.pdf)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): *Climate Change 2013: The Physical Science Basis –Summary for Policymakers*, 2013,
http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf
(気象庁（訳）：IPCC 第5次評価報告書 第1作業部会報告書 政策決定者向け要約, 2014, http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/ipcc_ar5_wg1_spm_jpn.pdf)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change –Summary for Policymakers*, 2014,
http://report.mitigation2014.org/spm/ipcc_wg3_ar5_summary-for-policymakers_approved.pdf
(環境省（訳）：第5次評価報告書(AR5) 気候変動の緩和に関する第3作業部会(WGIII)報告書政策決定者向け要約のポイント, 2014,
http://www.env.go.jp/earth/ipcc/5th/pdf/ar5_wg3_outline.pdf)
- Kennedy C., Steinberger J., Gasson B., Hansen Y., Hillman T., Havranek M., Pataki D., Phdungsilp A., Ramaswami A. and Mendez G. V.: *Greenhouse gas emissions from global cities*, Environmental Science and Technology, Vol.43, No.19, pp.7279-7302, 2009.
- OECD: *Compact City Policies –A Comparative Assessment (Japanese version)*, OECD Green Growth Studies, OECD Publishing, 2013.
- TRB (Transportation Research Board) and NRC (National Research Council): *Costs of sprawl: 2000*, TCRP Report, No. 74, National Academies Press, 2002.
- Yamaguchi Y., Takahashi Y., Hara K., Yabar H., Saito O. and Morioka T.: *Transition management model with backcasting approach: Case studies of the development of a low carbon society*, Proceedings of EcoDesign 2007, OS1-1, pp.1-9, 2007.
- 青森市: 青森都市計画マスタープラン, 1999, <http://www.city.aomori.aomori.jp/view.rbz?cd=1277>

- 秋田典子: 非集約化エリアにおける土地利用の方向性, 都市計画, Vol.62, No.3, pp.36-39, 2005.
- 伊藤圭, 加藤博和, 柴原尚希: 日本における地域内旅客交通 CO₂ 大幅削減のための乗合輸送機関導入必要量の算定, 土木計画学論文集 D3 (土木計画学), Vol.67, No.5 (土木計画学研究・論文集 Vol.28), pp.I_389-I_398, 2011.
- 小瀬木祐二, 戸川卓哉, 鈴木祐大, 加藤博和, 林良嗣: 大都市圏スケールでのインフラ維持管理・更新費用の将来推計手法の開発, 土木計画学研究・論文集, Vol.27, No.2, pp.305-312, 2010
- 海道清信: コンパクトシティー持続可能な社会の都市像を求めて, 学芸出版社, 2001.
- 柏木孝夫: スマート革命ー自動車・家電・情報通信・住宅・流通にまで波及する 500 兆円市場, 日経 BP 社, 2010.
- 環境省: 環境・循環型社会白書, 2007, <http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h19/index.html>
- 北村隆一: 脱自動車の都市モデル, 『都市のアメニティとエコロジー』(岩波講座「都市の再生を考える」第5集), 岩波書店, pp.69-97, 2005.
- 経済産業省: 「次世代エネルギー・社会システム実証地域」の選定結果について(ニュースリリース), 2010, <http://www.meti.go.jp/press/20100408003/20100408003-1.pdf>
- 国土技術政策総合研究所: 建て替え誘導を通じた郊外既成ミニ開発住宅地の居住環境整備論, 国土技術政策総合研究所研究報告, No.32, 2007.
- 国土交通省: まち・住まい・交通 創蓄省エネルギー化の総合的な支援について～低炭素・循環型社会の構築に向けて～, 国土交通省 HP, 2014a, http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_fr_000119.html
- 国土交通省: 国土のグランドデザイン 2050, 国土交通省 HP, 2014b, <http://www.mlit.go.jp/common/001047113.pdf>
- 国土交通省: みんなで進める, コンパクトなまちづくり～いつでも暮らしやすいまちへ～(「都市再生特別措置法」に基づく立地適正化計画概要パンフレット), 2014c, <http://www.mlit.go.jp/common/001050341.pdf>
- 国立環境研究所: 2012 年度(平成 24 年度)の温室効果ガス排出量(速報値)について(プレスリリース), 2013, <http://www.nies.go.jp/whatsnew/2013/20131119/honbun.pdf>
- 国立社会保障・人口問題研究所: 日本の地域別将来推計人口ー平成 22(2010)～52(2040)年ー(平成 25 年 3 月推計), 人口問題研究資料, No.330, 2013, <http://www.ipss.go.jp/syoushika/bunken/data/pdf/208521.pdf>
- 社会資本整備審議会都市計画・歴史的風土分科会都市計画部会: 都市政策の基本的な課題と方向検討小委員会報告, 2009, <http://www.mlit.go.jp/common/000043480.pdf>
- 鈴木浩, 日本版コンパクトシティー地域循環型都市の構築, 学陽書房, 2007.
- 積水ハウス株式会社: 積水ハウスのスマートタウンースマートコモンシティー, 積水ハウス株式会社 HP, 2014, <http://www.sekisuihouse.co.jp/bunjou/smarttown/>
- 高見沢邦郎, 日端康雄: 地区計画の運用実態について, 日本建築学会計画系論文報告集, No.435,

pp.69-75, 1992.

田路貴浩: 「環境」ということ、「解釈学」ということ, 『環境の解釈学』, 学芸出版社, pp.7-26, 2003.

千代田区: 千代田区環境モデル都市行動計画, 2009,

http://www.city.chiyoda.lg.jp/koho/machizukuri/kankyo/ondanka/documents/d0010539_1.pdf

出口敦, 宋俊ワン, 吉田宗人, 岡田雅代: 群化する超高層の時代—超高層建築の動向から見る21世紀初頭の東京都心—, 都市計画, Vol.63, No.1, pp.4-15, 2014.

富山市: 富山市都市計画マスタープラン, 2008,

<http://www.city.toyama.toyama.jp/toshiseibibu/toshiseisakika/toshikeikaku/toshimasutapuran.html>

内閣官房地域活性化統合事務局: 「環境未来都市構想」とは, 環境未来都市構想 HP, 2014,

<http://futurecity.rro.go.jp/about/>

長島孝一: 低層・コンパクトな都市像を探る, 都市計画, Vol.54, No.3, pp.28-31, 2005.

名古屋市: 名古屋市都市計画マスタープラン, 2011,

<http://www.city.nagoya.jp/shisei/category/53-10-9-4-0-0-0-0-0-0-0.html>

野嶋慎二: 田園の暮らしから考える地方都市周縁部のまちづくり, 都市計画, Vol.62, No.3, pp.44-47, 2005.

花木啓祐: 地球環境問題と都市, 『都市のアメニティとエコロジー』(岩波講座「都市の再生を考える」第5集), 岩波書店, pp.45-68, 2005.

パナホーム株式会社, 三井不動産レジデンシャル株式会社: 『Fujisawa サスティナブル・スマートタウン』戸建住宅街区(ニュースリリース), パナホーム株式会社 HP, 2014,

<http://www.panahome.jp/company/news/release/2014/0213.html>

林泰弘, 岡本浩: 第1章 スマートグリッド構築に向けたこれまでの動き, 『スマートグリッド学—戦略・技術・方法論』, 日本電気協会新聞部, pp.11-32, 2010.

林良嗣: 経済教室 都市の未来3 郊外撤退と市街地再生, 日本経済新聞, 2005.08.04.

林良嗣, 土井健司, 加藤博和, 加知範康: 第5章 土地利用の集約化とストック化の実現手法, 『都市のクオリティ・ストック—土地利用・緑地・交通の統合戦略』, 鹿島出版会, pp.189-218, 2009.

林良嗣: 日本が生活の豊かさを築くラスト・チャンス—クオリティ・ストック&スマート・シユリンク, 安寧の都市研究, Vol.2, pp.23-30, 2011.

日端康雄: 都市計画における密度論の三十年, 都市計画, Vol.54, No.3, pp.11-15, 2005.

村上周三: スマート&スリム未来都市構想, エネルギーフォーラム, 2012.

第2章 持続可能な地区形成の展開と課題

2-1 概説

本章では、これまでの地区の空間形成に関する議論を整理したうえで、これからの地区の低炭素まちづくりについて検討し、本研究の評価システムが想定する事業を概説する。

まず、2-2 節では 19 世紀の都市化から現在に至るまでの都市計画における望ましい密度と空間形成に関する議論や事例について整理し、これからの都市計画研究に必要な議論と課題を概観する。2-3 節においては、地区レベルでの計画規範や制度を整理し、国内外で取り組まれている既成市街地の再生事例について各国における事業対象の違いを明らかにすることで、日本における問題点を挙げる。2-3 節においては、主に国や都市レベルにおける低炭素社会のシナリオデザインに関する議論について整理を行い、地区スケールの取り組みへの適用の必要性について述べる。2-4 節においては、国内外における低炭素まちづくりやスマートシティ事業について概観し、日本、欧州今後の展望、米国それぞれで取り組まれている事業の特徴の違いから、現在の日本の取り組みにおける問題点と、既成市街地への展開のために解決すべき課題を抽出する。その上で、日本において地区の環境性能を高めるために必要な既成市街地の低炭素まちづくりの方向性について論じる。以上の整理から、2-5 節では現在の各取り組みにおける課題を整理したうえで、持続可能な地区を形成するための今後の課題と展開方法を提案する。

2-2 都市の計画規範に関する議論と現状

(1) 都市計画規範の変遷

都市における密度（人口または住宅戸数）の議論は、19世紀における産業革命を背景とした急激な都市化と、それが引き起こした居住地区の過密化（overcrowding）、スラム化への対応からはじまった。居住地区の過密は、水不足やコレラの流行などを引き起こし、それが田園地帯へ転出できない貧しい労働者階級に対し、著しい困難を招いていた（Schoenauer 1981）。これに対し、Howard（1902）は田園都市（Garden Cities）を提案し、「都市の農村の結婚」により居住環境を改善しようという計画を提唱した。田園都市は、人口3万人程度に限定された規模において、職住近接型のゆとりある市街地を形成しようというものであり、当時としては、過密化している都心よりも低密度で優良な——しかし、現在の日本の郊外住宅地よりは高密な——市街地を目指していた。つまり、都市規模のコントロールにより市街地の境界拡大と人口の過密を抑制しようという計画であった。こうした境界管理型の市街地形成の理論は、イギリスのレッチワース（1903）やウェルウィン（1918）において実現し、そのキーワードは欧州をはじめとした諸外国に広がった。

1947年にはCorbusierが高密度と合理化を徹底的に進める別の都市計画のビジョンを提案している。具体的には、巨大な高層ビル（およびピロティ）を建設しオープンスペースを確保すること、自動車と歩道を分けることなどを提案しており、これを「300万人のための都市」（1922）、「ヴォアザン計画」（1925）、として具体化している（後藤 1997）。この高層化・巨大化による高密市街地の形成理論は、ヨーロッパにおいては郊外の住宅団地や都心のスラムクリアランス事業に適用されたが、イギリスやオランダでは不人気であったため、困窮層の集中的居住や災害への対応不足が発生し、実計画からは徐々に撤退した（大方 2008a）。しかし、この高層化・合理化の徹底は、1960年代以降における日本のメタボリズム運動に係る各種提案（八束 2011）、さらにはARCHGRAMの「Walking City」（1964）など、大地からの開放を進める都市計画論につながった（しかしこれらの計画はいずれも実現していない）とともに、大都市を中心とした大規模な再開発事業を進める誘因となった。近年のプロジェクトにおいては森ビルの一連の再開発や、近年においてアジア大都市や中東においてこの思想による開発が見られている。

1980年代頃にはコンパクトシティ論が脚光を浴びる。コンパクトシティは、当初、オペレーションリサーチの分野で提案された概念である（Dantzig and Saaty 1973）。その定義は国や研究者によって様々であり、一概には定義できない。しかしながら、OECD（2010）は多くの研究で共通点として挙げられる性質を、1)高密度で近接した開発パターン、2)公共交通機関でつながった市街地、3)地域のサービスや職場までの到達しやすさ、と整理しており、単に高密であるだけでなく、個々の機能の連携と都市サービスの近接性を含めた概念として提示している。

コンパクトシティは当初は移動コストの最小化を元とした理念的な都市像であったが、地球環境問題などグローバルな都市課題が注目されるにつれて、交通ネットワークや拠点に関する議論

とその複合的な効果に関する認識が深まり、1987年の国連報告やECによる「都市環境緑書」(1990)において、持続可能な都市のビジョンとして採用された。また、グローバル化する社会の中で拠点の高密度性や集約性こそが対抗しうる都市の方向性であるとの指摘 (Sassen 2001) もあり、世界中の大都市から小都市に至るまでその実現に向けた取り組みが進められている。アメリカにおいては、同様の議論が1980年代初頭にニューアーバニズム理論として急速に発展した。これは、これまでの田園都市論や都市美運動、漸進主義などを統合した理論であり (Talen 2005)、歩いて暮らせるコンパクトなまちの創造、TOD (Transit-Oriented-Development)、住宅タイプの混合やコミュニティの再生、エコロジカルデザインなどが掲げられている (佐々木・斎木 2010)。

日本においては、90年代に欧州との比較研究 (例えば Hayashi et al. 1992) をはじめとした都市域の集約化に関する研究が注目され (谷口 2013)、2000年代前半には様々な論者からコンパクトシティ (およびそれに類する提案) の紹介や提案がなされた (例えば中村ら 2004、海道 2001 など)。一方、都市政策への実装においては、当初は郊外化により衰退した中心市街地の再活性化といった中心部の局所的な課題からはじまった (鈴木 2007)。具体的には1998年に策定された「まちづくり三法」をはじめとした中心市街地への政策が挙げられる (大木 2010)。しかし、これらの政策は単独では機能せず、インフラや公共施設老朽化、京都議定書への調印などから、より包括的な政策が求められることとなり、欧州から遅れて2007年に国土交通省都市・地域整備局から「集約型都市構造」を進める方針が明示された (谷口 2010)。現在は、各地方自治体にも集約型都市構造や Smart Shrink (林 2009) の概念が広がっている。全国都市交通特性調査の対象都市40都市では、2001年に集約型都市構造を目標とする都市はわずか3都市 (7.5%) であったのに対し、2011年には22都市 (55%) に増加しており (谷口ら 2012)、今後は日本全国でこのような動きがより加速化するものと考えられる。

(2) 都市の高密度化に関する議論の課題

これまでの都市の高密度化に関する議論の概観では、19世紀末から都市化の過程として過密から高密へ転換するための計画規範が起こったこと、1940年代には、更に急速な都市化と自動車社会への対応としての合理性を重視した高密度都市像への関心が高まったこと、そして1980年代以降は、より広範かつグローバルな課題として地球環境問題や財政問題、郊外化を解決しうる高密度な都市形成の議論が進んだことを論じた。しかし、現在のコンパクトシティにおいては、20世紀前半に議論された高密度地区形成論では対象とする空間的スケールが異なっている。田園都市が産業革命と都市化に伴う新都市建設において地区レベルでの空間構成に踏み入っていた一方で、現在のコンパクトシティに関する議論は、すでに成立している都市を対象に、都市全体の構造と各地区の役割の議論が中心であり、拠点や交通ネットワークの配置、マクロ的な土地利用に関する提言が多い。その一方、中心市街地活性化などコンパクトシティを実現するための拠点 (点) を除き、面的に広がる既成市街地の空間デザインに関する研究はほとんどおこなわれていない (谷口ら 2007)、地区レベルでの空間構成は提示されていない。しかし、地区の将来デザインがない

また、集約化都市構造の名のもとに単に現状の市街地から高層化や高密度化によって人口集約のための受け皿を用意しても、日照や景観の悪化、居住スペースの狭小化などから（日端 2005，長島 2005），居住者が享受できる生活の質（QOL：Quality of Life）が悪化するために（戸川ら 2012，佐藤・吉川 2008），人口が集まらない可能性もある。集約型都市構造への転換を着実に進めるためには、それを担う地区レベルでの空間構成との連携，統合が必要であり，既成市街地からの再構築を前提とした地区レベルでの空間形成ロードマップ検討の方法論が求められる。

2-3 地区の計画規範に関する現状と課題

(1) 地区形成論の変遷

地区レベルでの計画規範では、田園都市に着想を得た Perry (1929) による近隣住区論（The neighborhood unit）が近代初期の理論として挙げられる。これは前述した田園都市に着想を得た Perry が自動車社会を前提とした地区レベルのデザイン規範を示したものであり、各コミュニティが立地する市街地の密度を踏まえたうえで、小学校区をコミュニティの基礎的単位とし、通過交通を排除するための街区構成を提案するなど、街区デザインについてより詳細な指針を示している。特に歩車分離の基本的考え方を持つラドバーンシステムは自動車の普及が先んじていたアメリカから欧州に逆輸入され、1950 年代の欧州のニュータウン計画でも取り入れられ（岸井 1997），後のブキャナンレポート（HMSO 1963）でも紹介されており、現在の住宅地デザインにおいてもその考え方が用いられている。また、日本においては、東京の田園調布（1918），大阪の大美野田園都市など、田園都市を参考とした都市の建設が多く出現した。これらの都市建設は、いずれも私鉄沿線駅を核とした TOD による開発であり、近隣住区論を踏まえた空間デザインを持つものである。しかし、当初ハワードが重要視していた職住近接や自立性，土地の共同所有の考え方は踏襲しておらず（岡田 2004），その後さらに都市化が進む中でかえってディベロッパやハウスメーカーによる郊外型住宅地開発化やスプロール化を許したとの指摘もみられる（川手 1974，村上 1996，山田 2009）。

こうした、都市化に伴うスプロール化，あるいはスラムクリアランス型の再開発の反省から、1960 年代には、漸近主義に代表される既成市街地の再生論が多く発生した。Jacobs (1961) が発表した「アメリカ大都市の死と生」(Jacobs 1961) では、前出の田園都市や輝く都市（輝く田園都市）を、合理性や規則性が生活を縛っていると批判したうえで、大都市における都市の望ましい姿は、高密的（concentration）かつ多様であることだと指摘した。さらに多様性を確保する上での必須条件（必要条件）について、1)地区の構成が混合一次用途により成り立っていること、2)街区が短く小さいこと、3)古さや条件が異なる建物が混在していること、4)十分な密度で人が住んでいる、または存在していること、を挙げることで、当時のスラムクリアランスや大規模再開発を否

定した。加えて、限定された地区に短期間で大量に投入される不動産資本を「怒涛の資金」と表現し、たとえ物理的に開発を進めなくとも、大規模再開発と同様であるとみなし、地区の多様性にとって望ましいものではないと論じた。同書が果たした役割は、1)アメリカや東京における、いわゆる大都市を、近代以前の「町」や「都市」からはっきりと峻別したこと（岩元ら 2011）や、2)政府や企業による大規模開発ではなく、市民主体のまちづくりの基礎を作り上げたこと（Flint 2011）、3)モダニズムからの脱却（Zukin 2010）を果たすきっかけとなったことなどが挙げられている。さらに、地区形成論の観点から果たした役割は、4)都市の創造を中心とした地区形成論から既成市街地への再生論への転換の契機となったこと、5)開発（投資）の規模やスピードがもたらす都市再生への影響を指摘したことなどがある。後者は、Glass（1964）の定義した「ジェントリフィケーション」、つまり地区に資金が流入することで環境が改善する一方、高級化により地価や家賃が高騰し、結果として従前の居住者を追い出してしまうことと同様の指摘である。

また、これを数理的に裏付けたものとして Alexander（1965）が挙げられる。Alexander は、都市の機能の階層構造を分析し、前出の「輝く都市」やメタボリズム運動で生まれた丹下健三の「東京計画 1960」（1961）など人工的に計画された都市が「ツリー構造」、自然発生的な都市を「セミラチス構造」であることを明らかにした。そのうえで、「ツリー構造」を、人の生活を縛るものとして批判した。さらに 1977 年には、「パタン・ランゲージ」における都市の共通言語として、「町の分布」や「フィンガー状の都市と田園」など適正な密度管理を挙げるとともに、「モザイク状のサブカルチャー」「仕事場の分散」「7000 人のコミュニティ」など多様性と混在についても、地区形成の必要条件として挙げ、これ以降先進国では積極的に既成市街地の環境改善の取り組みが進められてきた。

日本においても、1980 年の都市計画法改正に伴いドイツの B プランを参考にして成立した地区計画制度によって、既成市街地において段階的に市街地を誘導していくための制度が整備されている。これにより、既成市街地においても用途地域よりもきめ細やかな建築制限をかけること、街並み誘導型など工作物に至るまでの制限により地区の居住環境を改善できることが可能となり、その実践例も散見される（国土政策総合研究所 2007）。しかし、こうした居住環境改善型の地区計画は、その実効性が高く評価されているにもかかわらず、適用事例はあまり多くない（高見沢・日端 1992）。この 1 つの要因として、住民や行政にとって土地利用の規制を強いるものでありながら、それが将来もたらすメリットが明確でなく、また不確実であることが挙げられる。これは歴史的街並みのようなその地区の価値を形成する（つまり、将来価値のために守るべき）要素が明確でない地区においては、地区計画の導入が将来の地区環境にどのような影響をもたらすのか、また住民や行政にとって長期的、具体的にどのような便益をもたらすのかが担保されておらず、規制強化や土地の処分しやすさの低下などの短期的なデメリットに引きずられるためである。まちづくり活動と一体となった取り組み事例などへの活用が期待されることから、居住環境を改善するための方法論として今後も活用できる可能性がある。

(2) 現在における既成市街地再生の取り組みと日本における課題

現在、先進諸国で主流となっている都市開発のうち、いわゆる「ベスト・プラクティス」と呼ばれるものは、これまでのような郊外開発や団地開発の反省（Glass 1964, Munoz 2008）から、古くなった市街地を再構築するものが主流となっている。こうした開発では、一部の都心やブラウンフィールドの再生を除いて大規模な再開発ではなく、（まさに Jacobs に従って）部分的、段階的に行う事業形態をとっている（大方 2008a）。

東京大学 cSUR-SSD 研究会（2008）が収集した国内外の都市再生 100 事例（日本 33 事例、アメリカ 8 事例、ヨーロッパ 38 事例、その他 20 事例）では、その取り組みは 1) 跡地利用や再開発（ブラウンフィールド再生を含む）、2) 都市拠点や水辺、街路などの公共空間、3) 保全やリノベーションなど既存の都市構造保全、そして 4) 地区の空間構成の見直し、に分類できる。特に 1) から 3) については、短期的に（5～10 年程度）効果が表れること、権利関係が比較的容易であることから、各地域において事例が多く、その成果が既に共有されている。しかし、4) については、事業に時間がかかり、さらに国によっては関係者が非常に多岐にわたることから、事例はあまり多くない。地域ごとの特徴としては、例えばヨーロッパでは、日本よりいち早く工業の衰退が進んだことから、大規模なブラウンフィールドや倉庫街の再生事例は多い（例えばドイツのハンブルグ、スイスのチューリッヒなど）。特に都市化初期に開発された比較的中心部に近い工場地帯においては、土壌汚染の解決とともに住宅や商業施設等による多用途化が進められている。それに対して既成市街地では、街路、水辺の再生や、建物の保全・リノベーションが多くを占める。一方、アメリカにおいては、公共空間の見直しや保全・リノベーションとともに、空間構成も含めた街区の見直しを行なっている事例もある（例えばニューヨークにおけるコンテクスチャルゾーニングなど）。これは住民参加により決定されたゾーニングによる長期的な規制により、建物更新に従って徐々に地区の将来構成が実現されていくものである。こうした事業の傾向の違いは、ヨーロッパの多くの都市が、街路幅員や敷地・建物構成などの基本的な街区基盤が整っている上で再生事業を行っているのに対し、アメリカにおいては建物構成そのものに改善の余地があることによる（大方 2008b）。

日本においては密集市街地や戦前からの市街地など、見直しの必要性が高い空間が多く残っている。しかし、細分化した敷地やその権利関係によりアメリカのように地区の空間構成の見直しは進んでいない。実際、共同更新を 1 か所行うにあたっても 10 年近くの月日を要することも多く、そのため地区全体の包括的な計画が継続しないなどの事例も見られる。このような問題の解消として、前述した地区計画が有効活用できる可能性があるが、その合意の難しさから、大規模な再開発を除いてほとんど策定実績はない（日端・藤家 1993）。国土交通省は現在、「大街区化」の推進を図ろうとしている（2013）が、これは敷地集約を比較的短い期間で達成することが可能になるものの、古くからの一般市街地への展開には課題も大きい。

さらに、地区レベルでの再生事業はもともとローカルな課題の解決が中心であったため、住環境やコミュニティへの関心に限定された取り組みが多く、低炭素や持続可能性といった長期かつ

広域における課題に対するアプローチはほとんど見られない。行政の主導により事業を進めようとしても、住民の合意が得られないものも多い。この要因の1つとしては、こうしたグローバルな課題に対して、関係者間でイメージ共有がされにくい点が挙げられる。しかし現在、政策としてエコまち法の制定や地球温暖化対策地方公共団体実行計画（区域施策編）（環境省 2009）など、気候変動対策といったグローバルな課題に対して、ローカルレベルでの取り組みでも対応することが求められており、地区の単位でこうした取り組みを推進するための方法論が求められる。

近年、環境面も含めた地区の将来像を描くとともに、制度ではなく事業や仕組みの組み合わせによりその実現を目指す事例がいくつか見られる。山本理顕ら（2010）は住まい方の観点から「1住宅=1家族」にこだわらないコミュニティとして「地域社会圏」を提案するとともに、都心高密度市街地や木造密集市街地における段階的な整備手法、それによる定量的な効果や環境負荷についてケーススタディを実施している（山本ら 2012）。また、地元不動産会社と協力して木造集合住宅の再利用を図る「モクチン企画」（2012）、地区内で発生する廃材で地区内の商店をリノベーションする「403architecture」（2011）など、地区やその関係者が主体となって持続可能な空間デザインへと転換していこうという試みもみられる。名古屋市中区錦二丁目地区（長者町地区）では、住民主体により地区の将来空間構造を策定する（錦二丁目まちづくり連絡協議会 2011）など、地区レベルでの長期的なまちづくりへの挑戦も始まりつつある。今後、これらの取り組みを継続するにあたっては、地域の将来像を長期的に共有し続け、住民の入れ替わりに関係なくその取り組みを維持し続けられる体制と PDCA を含むモニタリングの仕組みを確立していく必要がある。

2-4 低炭素社会のシナリオデザインに関する議論

他方、環境政策からのアプローチによる計画規範としては、長期的将来に向けたシナリオデザインの研究が進められている。気候変動をはじめとする地球環境問題解決のための将来社会像とその実現方法を描く試みは、これまでも世界中で実施されてきたが、一般的に地球環境問題の解決には、1)大胆な将来目標の設定とその実現が迫られるとともに、2)その道筋は多様であり、さらには 3)社会や経済、物質収支など横断的な対応が求められる。そのため、実現方法の検討には、現在から将来までの施策や社会システムと環境負荷を、定性的な社会システム変化と定量的な根拠による効果量の組み合わせとして描く Scenario Planning と呼ばれる手法（Schwartz1992）が着目され、議論されてきた（松岡ら 2001）。また、そのシナリオの作成には望ましい将来像を先に検討・共有し、それを現在の時間軸まで巻き戻す Backcasting が有効であることが指摘されている。具体的には、IPCC による SRES（排出シナリオに関する特別報告書）の排出シナリオ（2000）、国連環境計画による GEO（UNEP 2002）、ミレニアム・エコシステム・アセスメント（MEA 2005）などが挙げられる。また、日本においても中央環境審議会地球環境部会の「2013 年以降の対策・施策に関する報告書」（2012）において 5 つの将来社会像を設定したうえで、各社会像に対応でき

る施策や技術・地域のビジョンとそのシナリオを総合的に検討している。こうした近年の議論は1960年代にすでに浅田孝がマスター・プログラム（浅田1964）として提案したものであり、その内容は将来の「目標」を明確化したうえでその経路を複数用意する多数のオルタナティブを持った計画の提案である（笹原2014）。当時は地域計量モデルがようやく開発された時代であり、それを裏付ける定量的な評価手法が存在しなかった（浅田1969）が、現代においては増井ら（2007）、Nakamura et al.（2013）などシナリオデザインを定量的な視点から支援、担保するための動的モデルの開発が進められている。これらのモデルは現在から将来までの道筋を時系列で評価でき、実際に将来ビジョンとマイルストーン、それを達成するための施策の実施量やタイミングを検討できることから、特に都市レベルの計画においては精度の高い分析による長期的シナリオや経路の検討が可能となりつつある。しかし、定量的アプローチが中心となるため、人々の生活が具体的にどのように変容するのか、まちがどのように変化するのかを現象として記述する、ないしは「見える化」することは難しい。

また、低炭素社会のシナリオデザインに関する別の手法としては、Transition Management（Geels 2005, Rotmans et al. 2001）も多く研究されている。これは大胆な社会システム（およびレジーム: Regime）の構造的変化を実現する上での変化過程の管理を示すものであり、システムを技術開発や経済的トレンドなど外生的要素であるマクロレベル、各レジームを構成する技術イノベーションや人々の嗜好変化を表すミクロレベル、そしてレジームを示すメソレベルの3層構造で表現したうえで、既存レジームからの構造変化を促すためにマクロレベルからの圧力（社会環境変化への対応）とミクロレベルからのイノベーションの相互作用を引き出すことを求めている（Loorbach and Yamaguchi 2008）。また、Morioka et al.（2006）は社会システム、とりわけ技術システムの構造変化に必要な8つの原則を、4つの側面（Common, Supply Side, Demand Side, Institutional Design）に分けて定義している。実際にTransition Managementを用いた取り組みとしては、オランダの治水事業（Van der Brugge et al. 2005）やエネルギーシステムへの適用（Taskforce-Energy Transition 2006）があり、国や都市といったマクロレベルでの取り組みにおいては、その有用性が期待されている。こうした議論から、Transition Managementはマルチスケールでの関係を記述するとともに、その到達パスをnarrative（語り）として提示でき、社会システムとしてのベンチマークの設定を行うことが可能である一方で、Backcasting Approachと比べ定量的アプローチを可能とする方法論の開発があまり進められておらず、将来目標達成のためのマイルストーンの設定や各断面における空間的变化の記述には向いていない。そのため、後述するトランジション・タウン運動やロッテルダム（Wittmayer et al. 2012, 2013）などのコミュニティレベルでの適用においては、定量的観点からの評価が行われておらず（Quist et al. 2014）、取り組みによる数値目標の変遷を、住民をはじめとした関係者に提示することが難しい。

街区群レベルでの政策実現に向けては、その漸次的パスを定量的に評価・モニタリングしていくためのマイルストーン設定型のアプローチと、住民や関係者がそのパスを共有し、議論するためのnarrativeな（つまり物語としての）アプローチの双方が求められる。これを支えるためには

定量的な目標指標の漸次的変化と、具体的な空間構成変化や社会システムを同時に提示できる手法の開発が必要である。

2-5 国内外における低炭素まちづくりの取り組み

(1) スマートシティ事業の現状と課題

地区レベルでの環境政策的な取り組みでは、現在、再生可能エネルギーや未利用エネルギー、ICTを活用したエネルギー管理技術、電気自動車などエネルギー技術を主軸とした Smart City または Smart Community 事業の展開が広く実施されている。これは 2008 年にリーマン・ショックを契機として始まった米国の「グリーン・ニューディール」政策で挙げられた Smart Grid を起源としており（林・岡本 2010）、それが東日本大震災により引き起こされた電力ひっ迫や、新たな環境市場の開拓などを背景として日本においても展開が始まったものである。もともとは、アメリカの脆弱な電力網（Grid）の高度化を目的としたものであり、それが需要側の交通や建築、熱利用までを含めた都市政策（City）へ、さらには住民の行動変化やライフスタイルの提案（Community）まで展開している。現在、これらの事業は世界各国で国際標準化を含む技術競争として進められており、米国の SGIP（Smart Grid Interoperability Panel）、EU の SGCG（Smart Grid Coordination Group）、日本の JSCA（Japan Smart Community Alliance）などの業界団体、クリーンエネルギー大臣会合において設置が決定した政府間検討組織 ISGAN（International Smart Grid Network）などが主導している。各国のプロジェクトは、EU で 281 プロジェクト（2012 年末時点、JRC-IET 2014）、米国で 200 プロジェクト（2013 年末時点、SGIC 2014）となっており、多くの都市がプロジェクトに参画している。日本における先導的なプロジェクトは、経済産業省が選定した次世代エネルギー・社会システム実証地域として横浜市、豊田市、けいはんな、北九州市で展開している（柏木 2010、経済産業省 2010）ほか、内閣官房地域活性化総合事務局（2014）による環境モデル都市や環境未来都市構想（村上 2012）、国土交通省（2014a）によるまち・住まい・交通の創蓄省エネルギー化モデル構築支援事業などがあげられる。民間事業者においては、特にハウスメーカーやディベロッパーが中心となって、環境技術を積極導入した新規住宅地開発（例えばパナホーム株式会社 2014、積水ハウス株式会社 2014）を進めている。これらの取り組みは太陽光発電や電気自動車、スマートハウスやエネルギー管理システムなど、いずれも技術導入に特化しているものが多く、土地利用や住宅・インフラストックの管理など、市街地の空間デザインに着目した事業や計画はほとんど見られない。また、事業が面的な取り組みである場合であっても、大都市における再開発や新市街地開発がほとんどであり、既成市街地を想定した事業は実施されていない。既成市街地においてはそれぞれの技術導入に望ましい環境がすべて整っているはずはなく、全ての技術が個々の既成市街地の環境で効率的に機能する保証はない。さらに、個別設備のライフサイクルよりも建

物やインフラのライフサイクルのほうが大幅に長く、一度建て替われれば数十年は変更が難しくなる。これらの取り組みを今後発展させていくためには、環境技術だけでなく、空間構成の再構築を含めた総合的なまちづくりとしての推進が求められる。

(2) 国内外における既成市街地を含めた低炭素まちづくりの現在

既成市街地を対象とした低炭素化の取り組みについて、日本においては 2009 年に地球温暖化対策地方公共団体実行計画（区域施策編）のマニュアルが配布され、2014 年には手引きが発行されるなど、行政主導とした面的な低炭素まちづくりの推進が進められている。これらは、都市計画マスタープラン等で進められている集約型都市構造との関連性もあり、策定義務のある特例市以上を中心に、計画策定とそれに伴う事業の推進が進められている。一方、地区レベルでの取り組みについては 2012 年に「都市の低炭素化の促進に関する法律」（エコまち法）が施行され、技術導入だけでなく土地利用や空間構造および交通の面も合わせたまちづくりを進める方針を提示した（経済産業省 2012）。現段階では同法律に沿った低炭素まちづくり計画は 7 事例（国土交通省 2014b）であり、今後も策定する自治体は増加するものと考えられる。しかしながら、現在のところいずれも区画整理や拠点整備、インフラの再構成を取り上げたものが中心であり、既成市街地における面的な展開には至っていない。また、技術導入については建築物の性能向上や、再生可能エネルギー設備の導入など、建物単位での取り組みに限られているものが多い。地区レベルの取り組みとしては、二酸化炭素排出量原単位を前述した地区計画制度に盛り込んだ千代田区（2009）の例が見られ、既成市街地の低炭素化を推進する有効方策として注目されているが、適用されている市街地は再開発に指定されている地区が多く、建設需要が大きい地区ならでなければ適用しにくい事例である。

海外での事例に目を向けると、アメリカではポートランドから始まった Ecodistricts の展開が始まっている。これは、2009 年にポートランド市議会によって設立された非営利組織「ポートランド・サステナビリティ機構（Portland Sustainability Institute、以下「PoSI」）」が、"We Build Green Cities." というスローガンの下、地区スケールのハード及びソフトのプロジェクトを通じて環境負荷の小さい都市をつくる取り組みであり、住民、地権者、ディベロッパー、電力・ガス等供給者、市役所等の協働の下に事業を実施している。また、国際会議等を通じて、専門教育や普及啓発も実施しており、これにより全米全体での活動展開を進めている（村山 2012, 吹田 2010）。建物の個別開発（更新）とともに、カーシェアなどの交通システム、オープンスペースと緑化などのハード対策と交通安全やコミュニティづくりなどのソフト対策が総合的に取り組まれており、技術導入と空間形成に総合的に取り組んでいる事例である。ロンドン市（GLA）においては、個別開発の規制と面的開発への対応を組み合わせる取り組みであり、燃料困窮層への対応を主眼とした、既成市街地への熱導管整備プロジェクト（イズリントン区、村木 2012）や、地区全体で CO₂ 排出量を削減する取り組みを集中的に導入する事業（マスウェル地区、室田 2012）が展開している。さらに、Dunster et al.ら（2008）は農村型、郊外型、縮住近接型など各都市の特性や人口密度にあわ

せた低炭素なまちの方向性を環境技術と空間デザインをパッケージとして提案し、既成市街地へ展開を行っている。

また、2005 年ごろから英国をはじめとした世界各地にパーマカルチャー（Mollison and Holmgren 1979）の流れを組むトランジション・タウン（Transition-Town: TT）あるいは Transition-initiative の取り組みもまた世界各国に展開する取り組みの 1 つである。これは、ピークオイルと気候変動の危機を契機として、脱石油型社会を目指した市民の草の根活動（Hopkins 2011）でありながら、前節の Transition-management の考え方をうけ、地域の将来ビジョンと目標を作成したうえで、それを遡ることでロードマップを作成するアプローチをとることを掲げている（関根・糸長 2010）。地区レベルでの取り組みにおいて長期的な視野から環境性能向上に向けた取り組みを進めるものであり、今後の展開に期待される。パーマカルチャーの源流である農業を主体とした取り組みが中心ではあるが、まちづくりや環境技術の導入に対する取り組みも増えつつある。2014 年現在、世界で 371 プロジェクトが確認されており（Transition Network 2014）、日本においても藤野町など 14 地域で活動が確認されている（トランジション・ジャパン 2010）ほか、福生市においてこの手法を参考としたバックキャスト型まちづくり計画の検討が実施されている（糸長ら 2012）。こうした草の根活動と、マクロレベルでの都市戦略や制度と統合することが必要であり、そのためには取り組み実施期間においてその効果が発現されているか、あるいは当初立てたビジョンに対してどの程度取り組みが進捗しているかなどの進捗確認を行うプロセスや都市全体の戦略と各地区での取り組みをつなぐことが可能な検討手法が求められる。

2-6 これからの持続可能な地区形成に向けての課題と方針

これまで持続可能な都市の形成に向けての現在の取り組みを 4 つの観点から整理し、それぞれにおける課題を述べた。その結果、1)マクロレベルの都市形成においては、集約型都市構造をキーワードに、環境政策と都市計画の統合と具体的な政策展開が進んでいる一方、具体的な空間デザインが明確でなく、地区レベルでのバランスの良い環境整備についての議論が十分でないこと、2)地区レベルでの計画規範では空間構成の再構築を前提とした改善型まちづくりが進められているが、建物や敷地を対象とした再構築が進まないこと、気候変動をはじめとしたマクロ的かつ長期的な課題を対象とした取り組みが十分に進んでいないことが明らかとなった。一方、低炭素まちづくりの動向では、3)低炭素社会実現のためのシナリオデザインとして、Baccasting approach や Transition Management など、将来像だけでなくその実現のための経路のデザインが重要視される一方で、具体的な数値目標とそれが実現されている空間構造を同時に提示（見える化）することが困難であること、4)日本においては新規開発、技術導入を前提とした Smart-City 事業と、省エネ活動など草の根的活動を中心とした既成市街地での活動がつながっていないことが明らかと

なった。

都市全体の低炭素化を進め、持続可能性を向上するためには、既存市街地への展開が必要不可欠である。マクロレベルでは都市計画との統合、連携が図られるとともに、長期的将来における目標設定から現在までのロードマップを描く取り組みも進められている。しかし、地区レベルにおいては、大規模開発かつ技術導入を中心としたスマートシティ事業や、改善型まちづくりの発展による短期的な取り組みが中心であり、既存市街地においては長期的視野に基づいた戦略の検討も、技術導入や空間構成の一体的な取り組みも、まだまだ不十分と言わざるを得ない。その結果、マクロレベルでの都市戦略とミクロレベルでのまちづくり活動との間に大きな空間的・時間的ギャップが存在している。

今後、日本において持続可能な既存市街地を形成するためには、1)マクロ的な都市計画と地区まちづくりの連携（村山 2011）によるスケール間の統合、2)環境技術の導入と空間デザインの相互補完と統合、3)低炭素化だけを目的とするのではなく、福祉や商業など総合的な地区再生としてのまちづくりの推進（室田 2012）、さらには 4)定量的な情報によるモニタリングとそれを実現する空間構造の提示が求められる。つまり、需要（都市・ライフスタイル）と供給（環境技術・エネルギーインフラ）、長期的目標と短期的事業、都市全体の戦略と地区単位での取り組み、具体的な空間構成の記述とその定量的評価の統合・補完が必要である（図 2-1）。また、それらの取り組みを実現するためには、低炭素社会に向けた地区の明確な将来像の設定と、それを実現する取り組みパッケージの組み合わせを検討し、それに対して長期的かつ漸次的に取り組みを継続するためのシナリオやその検討手法が必要不可欠である。

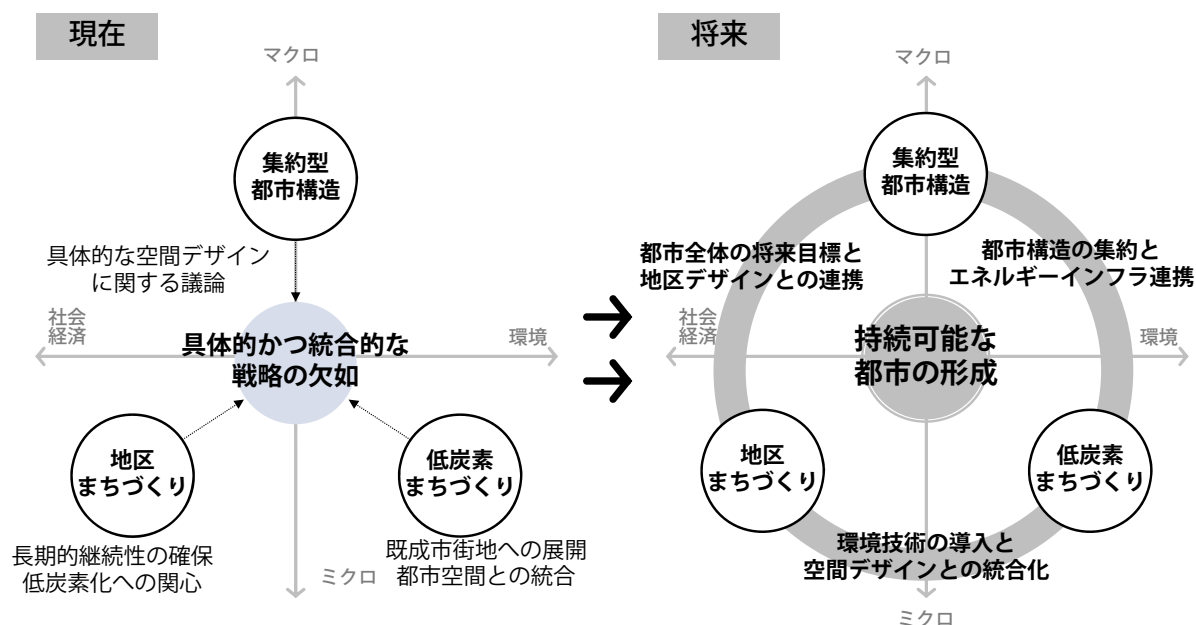


図 2-1 持続可能な都市形成実現のための課題

<参考文献>

403architecture: <http://www.403architecture.com/>

Alexander C.: *A City is not a Tree*, Harvard University Press, 1965.

(押野見邦英 (訳) : 都市はツリーではない, 『形の合成に関するノート／都市はツリーではない』, 鹿島出版会, pp.215-244, 2013.)

Alexander C.: *A Pattern Language*, Oxford University Press, 1977.

(平田翰那 (訳) : パタン・ランゲージ 町・建物・施工, 鹿島出版会, 1984)

ARCHIGRAM: *Walking City*, The Archigram Archival Project, No.64, 1964,

<http://archigram.westminster.ac.uk/project.php?id=60>

Dantzig G. B. and Saaty, T. L.: *Compact City: Plan for a Liveable Urban Environment*, W. H. Freedman, 1973.

Dunster B., Simmons C. and Gilbert B.: *THE ZEDbook: Solutions for a Shrinking World*, ZED factory, 2008.

(高口洋人, 中島裕輔 (訳) : ZED Book ゼロエネルギー建築 縮小社会の処方箋, 鹿島出版会, 2010)

EC (Commission of the European Communities): *GREEN PAPER ON THE URBAN ENVIRONMENT – Communication from the Commission to the Council and Parliament*, 1990,

http://ec.europa.eu/environment/urban/pdf/com90218final_en.pdf

Ecodistricts: *City Makers. Unite.*, 2014, <http://ecodistricts.org/about/#>

European Commission Joint Research Centre – Institute for Energy and Transport (JRC-IET): *Number of smart grid projects by country*, 2014, <http://ses.jrc.ec.europa.eu/number-smart-grid-projects-country>

Flint A.: *Wrestling with Moses: How Jane Jacobs Took On New York's Master Builder and Transformed the American City*, Random House, 2011.

(渡邊泰彦 (訳) : ジェイコブズ対モーゼス—ニューヨーク都市計画をめぐる闘い, 鹿島出版会, 2011.)

Geels F.: *Technology transitions and system innovations*, Edward Elgar Publishing, 2005.

Gehl J.: *Life Between Buildings –Using Public Space (translated by Koch J.)*, Van Nostrand Reinhold, 1987.

(北原理雄 (訳) : 建物のあいだのアクティビティ, 鹿島出版会, 2011.)

Grass R.: *Introduction*, Aspect of Change, in Center for Urban Studies, 1964.

Hayashi Y., Tomita Y., Doi K. and Suparat R.: *An International Comparative Study on Land Use – Transport Planning Policies as Control Measure of the Urban Environment*, The 6th World Conference on Transport Research, Vol.1, pp.255-266, 1992.

Her Majesty's Stationary Office (HMSO): *Traffic in Towns – A study of the long term problems of traffic*

- in urban areas*, HMSO, 1963.
- Hopkins R.: *The Transition Handbook: From Oil Dependency to Local Resilience*, Chelsea Green Pub Co, 2008.
- Howard E.: *Garden Cities of To-morrow*, S. Sonnenschein & Co., Ltd., 1902.
(長素連 (訳) : 明日の田園都市 (SD 選書 28) , 鹿島出版会, 1968.)
- IPCC: *Emissions Scenarios*. Cambridge, 2000.
- Jacobs J.: *The Death and Life of Great American Cities*, Random House, 1961.
(山形浩生 (訳) : [新版] アメリカ大都市の死と生, 鹿島出版会, 2010)
- Le Corbusier: *Manière de Penser L'urbanisme (in French)*, L'architecture d'Aujourd'hui, 1947.
(坂倉準三 (訳) : 輝く都市, 鹿島出版会, 1968.)
- Loorbach D. and Yamaguchi Y.: *Transition Management for Sustainable Development: Theory and Practices from Europe*, Environmental Information Service, Vol.37, No.1, pp.51-55, 2008.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA): *Ecosystems and human well-being*, Vol.2 Scenarios, Island press, 2005.
- Mollison B. and Holmgren D.: *Permaculture One: A Perennial Agricultural System for Human Settlements*, Tagari Publications, 1979.
- Morioka T., Saito O. and Yabar H.: *The pathway to a sustainable industrial society – initiative of the Research Institute for Sustainability Science (RISS) at Osaka University*, Sustainability Science, Vol.1, No.1, pp.65-82, 2006.
- Munoz F.: *Urbanalization*, Gustavo gili, 2008.
(竹中克行, 笹野益生 (約) : 俗都市化—ありふれた景観 グローバルな場所, 昭和堂, 2013)
- Nakamura K., Hayashi Y. and Kato H.: *Microscopic Design of Measures to Realise Low-Carbon Land-Use Transport System in Asian Developing Cities*, Global Environmental Research, Vol.17, No.1, pp.47-60, 2013.
- OECD: *Compact City Policies –A Comparative Assessment (Japanese version)*, OECD Green Growth Studies, OECD Publishing, 2013.
- Perry C. A.: *The Neighborhood Unit in Regional Survey of New York and its Environs*, Neighborhood and Community Planning, Monograph One, Vol.7, 1929.
(倉田和四生 (訳) : 近隣住区論—新しいコミュニティ計画のために, 鹿島出版会, 1975.)
- Quist J., Wittmayer J. M., van Steenbergen F. and Loorbach D.: *Combining backcasting and transition management in the community arena a bottom-up participatory method for visions & pathways for sustainable communities and consumption*, SCORAI Europe Workshop Proceedings, pp.33-54, 2014.
- Rotmans J, Kemp R., van Asselt M.: *More evolution than revolution: Transition management in public policy*, Foresight, Vol.3, No.1, pp.1-17, 2001.
- Sassen S.: *The Global City: New York, London, Tokyo.*, Princeton University Press; 2 edition, 2001.

- Schoenauer N.: *6,000 Years of Housing Volume.3 - The occidental urban house*, Garland STPM Press, 1981.
- (阿部成治 (訳) : 世界のすまい 6000 年 (3) 西洋の都市住居, 彰国社, 1985.)
- Schwartz P.: *The Art of the Long View: Scenario Planning - Protecting Your Company Against an Uncertain Future, Random House*, 1992.
- (埜本一雄, 池田啓宏 (訳) : シナリオ・プランニングの技法, 東洋経済新報社, 2000.)
- Smart Grid Information Clearinghouse: *Smart Grid Projects Project List*, 2014,
<https://www.sgiclearinghouse.org/ProjectList>
- Talen E.: *New Urbanism and American Planning* 'The Conflict of Cultures', Routledge, 2005.
- Taskforce Energy Transition: *More with Energy. Opportunities for the Netherlands*, 2006.
- Transition Network: *Transition Project Map*, 2014, <https://www.transitionnetwork.org/projects/map>
- UNEP: *Global Environment Outlook 3*, Earthscan, 2002.
- Van der Brugge R., Rotmans J., Loorbach D.: *The transition in Dutch water management*, Journal of Regional Environmental Change, Vol.5, No.4, pp.164-176.
- Wittmayer J., van Steenbergen F., Baasch S., Feiner G., Omann I., Quist J. and Loorbach, D.: *Pilot projects on a roll. Year 2 pilot specific reports*, InContext, 2012,
<http://www.incontext-fp7.eu/sites/default/files/Pilot%20projects%20on%20a%20roll%2C%20Year%20Two%20Status%20Report.pdf>
- Wittmayer J., van Steenbergen F., Baasch S., Feiner G., Mock M. and Omann I.: *Pilot projects rounding up. Year 3 Pilot-specific report*, InContext, 2013,
<http://www.incontext-fp7.eu/sites/default/files/Pilot%20projects%20rounding%20up%2C%20Year%203%20Pilot-Specific%20Report.pdf>
- World Commission on Environment and Development (WCED): *Our Common Future*, 1987,
<http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>
- Zukin S.: *Naked City: The Death and Life of Authentic Urban Places*, Oxford University, 2010.
- (内田奈芳美, 真野洋介 (訳) : 都市はなぜ魂を失ったかージェイコブス後のニューヨーク論, 講談社, 2013.)
- 浅田孝: 都市開発とヒューマンリニューアル, 都市問題, Vol.55, No.2, 1964.
- 浅田孝: 環境開発論, 鹿島出版会, 1969.
- 糸長浩司: 平成 22 年度環境研究総合推進費終了成果報告書「低炭素社会における市民社会・都市政策に関する提案」, E-0808(3), 環境省, 2011,
http://www.env.go.jp/policy/kenkyu/suishin/kadai/syuryo_report/pdf/E0808-3.pdf
- 岩元真明, 石田遼 (LATs: Library for Architectural Theories) : 第 2 回 大都市のゴッドマザー
ジェイン・ジェイコブス『アメリカ大都市の死と生』書評, 10+1web site, 2011,
<http://10plus1.jp/serial/lats/lats03/>

- 大方潤一郎: サステナブル・サイト・デザイン (SSD) 事始め, 『世界の SSD100 都市持続再生のツボ』, 彰国社, pp.12-14, 2008a.
- 大方潤一郎: 都市再生の歴史、そしていま, 『世界の SSD100 都市持続再生のツボ』, 彰国社, pp.482-498, 2008b.
- 岡田愛: 田園都市はなぜまるい?, 10+1, No.37, pp.108-109, INAX 出版, 2004.
- 海道清信: コンパクトシティー持続可能な社会の都市像を求めて, 学芸出版社, 2001.
- 柏木孝夫: スマート革命—自動車・家電・情報通信・住宅・流通にまで波及する 500 兆円市場, 日経 BP 社, 2010.
- 川手昭二: E・ハワードの「田園都市論」と日本の都市建設について, 建築雑誌, Vol.89, No.1086, pp.875-879, 1974.
- 岸井隆幸: 20 世紀「都市と自動車」の思想—ブキャナン・レポート (1963 年) を中心に—, 都市計画, Vol.45, No.6, pp.32-39, 1997.
- 経済産業省: 「次世代エネルギー・社会システム実証地域」の選定結果について (ニュースリリース), 2010, <http://www.meti.go.jp/press/20100408003/20100408003-1.pdf>
- 経済産業省, 国土交通省, 環境省: 都市の低炭素化に関する基本的な方針 (平成 24 年経済産業省・国土交通省・環境省告示第 118 号), 2012, <https://www.mlit.go.jp/common/000231744.pdf>
- 経済産業省, 国土交通省, 環境省: 低炭素まちづくり計画作成マニュアル, 2012, <https://www.mlit.go.jp/common/000231744.pdf>
- 国土交通省: 大街区化ガイドライン (第 1 版), 2013, <http://www.mlit.go.jp/crd/city/sigaiti/materials/images/daigaiku.pdf>
- 国土交通省: まち・住まい・交通 創蓄省エネルギー化の総合的な支援について～低炭素・循環型社会の構築に向けて～, 国土交通省 HP, 2014a, http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_fr_000119.html
- 国土交通省: 低炭素まちづくり計画策定事例, 2014b, https://www.mlit.go.jp/toshi/city_plan/eco-machi-case.html
- 国土交通省都市・地域整備局: 集約型都市構造の実現に向けて—都市交通施策と市街地整備施策の戦略的展開—, 2007, <https://www.mlit.go.jp/common/000128510.pdf>
- 国土技術政策総合研究所: 建て替え誘導を通じた郊外既成ミニ開発住宅地の居住環境整備論, 国総研研究報告, No.32, 2007.
- 小玉徹: 田園都市運動とギルド社会主義, 都市計画, Vol.45, No.6, pp.12-17, 1997.
- 後藤哲男: 建築と都市計画—ル・コルビュジェの輝く都市—, 都市計画, Vol.45, No.6, pp.18-23, 1997.
- 佐々木宏幸, 斎木崇人: ニューアーバニズム理論の特徴と変容に関する研究 —アワニー原則とニューアーバニズム憲章の比較を通して—, 芸術工学会誌, No.53, 2010.
- 笹原克, 浅田孝: つくらない建築家, 日本初の都市プランナー, オーム社, 2014.

- 佐藤栄治, 吉川徹: コンパクトシティの実証モデル, 『コンパクトシティ再考—理論的検証から都市像の探求へ』, 都市科学叢書 2, 学芸出版社, pp.51-85, 2008.
- 積水ハウス株式会社: 積水ハウスのスマートタウン—スマートコモンシティ, 積水ハウス株式会社 HP, 2014, <http://www.sekisuihouse.co.jp/bunjou/smarttown/>
- 関野菜恵, 糸長浩司: トランジション・イニシアチブの世界的展開動向と運動手法の検討, 日本建築学会関東支部研究報告集, Vol.80, II, pp.345-348, 2010.
- 高見沢邦郎, 日端康雄: 地区計画の運用実態について, 日本建築学会計画系論文報告集, No.435, pp.69-75, 1992.
- 谷口守, 中道久美子, 松中亮治: ありふれたまちかど図鑑—住宅地から考えるコンパクトなまちづくり, 技報堂出版, 2007.
- 谷口守: コンパクトシティの「その後」と「これから」, 日本不動産学会誌, Vol.24, No.1, pp.59-65, 2010.
- 谷口守: 都市計画マスタープランに見る低炭素化のためのコンパクトシティ政策の現状, 土木学会論文集 G (環境), Vol.68, No.6 (環境システム研究論文集 Vol.40), II_395-II_402, 2012.
- 谷口守: コンパクトシティを再考する—最近の動向を踏まえて—, 土地総合研究, Vol.1, No.2, pp.1-8, 2013.
- 丹下健三: 東京計画 1960—その構造改革の提案, 新建築, Vol.36, pp.79-120, 1961.
- 中央環境審議会地球環境部会: 2013 年以降の対策・施策に関する報告書 (地球温暖化対策の選択肢の原案について), 2012, <http://www.env.go.jp/earth/report/h24-03/main01a.pdf>
- 千代田区: 千代田区環境モデル都市行動計画, 2009, http://www.city.chiyoda.lg.jp/koho/machizukuri/kankyo/ondanka/documents/d0010539_1.pdf
- 東京大学 cSUR-SSD 研究会: 世界の SSD100 都市持続再生のツボ, 彰国社, 2008.
- 戸川卓哉, 加藤博和, 林良嗣: トリプルボトムライン指標に基づく小学校区単位の地域持続性評価, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.68, No.5 (土木計画学研究・論文集 Vol.29), pp.I_383-I_396, 2012.
- トランジション・ジャパン: 地域の活動, 2010, <http://www.transition-japan.net/action/>
- 内閣官房地域活性化統合事務局: 「環境未来都市構想」とは, 環境未来都市構想 HP, 2014, <http://futurecity.rro.go.jp/about/>
- 長島孝一: 低層・コンパクトな都市像を探る, 都市計画, Vol.54, No.3, pp.28-31, 2005.
- 中村秀夫, 林良嗣, 宮本和明: 都市交通と環境—課題と政策, 運輸政策研究機構, 2004.
- 錦二丁目まちづくり連絡協議会/マスタープラン策定委員会, マスタープラン作成企画会議: これからの錦二丁目長者町まちづくり構想 (2011-2030), 錦二丁目まちづくり連絡協議会, 2011, <http://www.kin2machi.com/archive.html>
- パナホーム株式会社, 三井不動産レジデンシャル株式会社: 『Fujisawa サステイナブル・スマー

- トタウン』戸建住宅街区（ニュースリリース）、パナホーム株式会社 HP, 2014,
<http://www.panahome.jp/company/news/release/2014/0213.html>
- 林良嗣, 土井健司, 加藤博和: 都市のクオリティ・ストック ―土地利用・緑地・交通の統合戦略, 鹿島出版会, 2009.
- 日端康雄: 都市計画における密度論の三十年, 都市計画, Vol.54, No.3, pp.11-15, 2005.
- 日端康雄, 藤家寛: 地区を単位とした計画規制の実効性について ―地区計画制度決定地区を事例として, 都市計画論文集, No.28, pp.295-300, 1993.
- 吹田良平: グリーンネイバーフッド―米国ポートランドにみる環境先進都市のつくりかたとかいかた, 織研新聞社, 2010.
- 増井利彦, 松岡譲, 日比野剛: バックキャスティングによる脱温暖化社会実現の対策経路, 地球環境, Vol.12, No.2, pp.161-169, 2007.
- 松岡譲, 原沢英夫, 高橋潔: 地球環境問題へのシナリオアプローチ, 土木学会論文集, No.678/VII-19, pp.1-11, 2001.
- 村上暁信: ハワード「田園都市論」における都市農村計画思想, 都市計画論文集, Vol.31, pp.115-120, 1996.
- 村木美貴: 低炭素都市づくりにおける都市計画の役割―英国都市計画から考える課題, 日本不動産学会誌, Vol.26, No.1, pp.81-85, 2012.
- 村山顕人: 名古屋における次世代の都市計画のイメージ, アーバン・アドバンス, No.56, 名古屋都市センター, pp.12-19, 2011.
- 村山顕人: これからの都市計画とまちづくりを考える3 エコディストリクト: グリーンシティを作る, ARCHITECT, Vol.2013.1, pp.8-9, 2013.
- 村上周三: スマート&スリム未来都市構想, エネルギーフォーラム, 2012.
- 室田昌子: 既成市街地における面的アプローチによる低炭素化の推進―ロンドン・マスウェル地区の試みを参考にして, Vol.26, No.1, pp.112-118, 2012.
- 八束はじめ: メタボリズム・ネクサス, オーム社, 2011.
- モクチン企画: <http://www.mokuchin.jp/>
- 山田良治: 都市再生とコンパクトシティ論, 経済理論, No.350, pp.137-154, 2009.
- 山本理顕, 中村拓志, 藤村龍至, 長谷川豪: 地域社会圏モデル, INAX 出版, 2010.
- 山本理顕, 金子勝, 平山洋介, 上野千鶴子, 仲俊治, 末光弘和, 松行輝昌: 地域社会圏主義, LIXIL 出版, 2012.

第3章 都市環境評価の既往研究と本研究の位置付け

3-1 概説

本章では、都市環境評価手法に関する既往研究の特徴について整理し、前章で整理した既成市街地の段階的な低炭素化を支援するうえでの課題と、求められる評価システムの要件を抽出する。

3-2 節では、環境技術に対する GHG 排出量の計測と評価に関する研究について整理する。また、3-3 節において都市全体における GHG 排出量の計測と評価に関する研究、さらには持続可能性評価指標について整理を行い、持続可能な都市形成の検討に必要な評価の考え方について明らかにする。3-4 節においては、街区群スケールにおける 2 つの環境総合評価手法、Environmental Assessment Tool および Urban Metabolism における近年の動向とその課題を整理する。最後に、3-5 節において既成市街地の環境性能を評価するうえでの課題と、本研究の位置づけを明らかにする。

3-2 住宅・設備における温室効果ガス計測評価手法に関する既往研究

住宅・設備を対象とした温室効果ガス（Green House Gas: GHG）排出量を評価する研究は、これまで多く行われてきた。個別の住宅を対象としたものでは、石田（1997）や阿部ら（2002）がアンケート調査や家計調査から地域、家族類型、延床面積ごとにエネルギー消費量の集計を行っている。これらの研究では実測データを扱っており値の精度が高いが、将来的な住宅性能の向上やライフスタイルの変化による影響は予測できない。また、省エネ住宅の計画や設計、性能評価を目的とした一連の研究として、吉野ら（2005）や西尾ら（2010）がある。これらはいずれも個人の生活スケジュールから各行為で使用するエネルギーを積み上げ式で求める手法であり、省エネ住宅を対象に導入効果を算出している。さらに、近年では ICT 技術の進展により、近年ではハウスメーカーや電力会社、都市ガス供給会社などが実証実験や販売実績を用いて測定調査を実施しており、実際の計測データが蓄積されつつある（イビケン 2010、積水ハウス 2010）。また、Norman et al.（2006）は LCA 分析を用いて密度の異なる市街地において住宅と交通から発生する CO₂ 排出量を行っているが、これは各地区の代表的な住宅タイプを取り出して原単位的に算出を行っているものであり、日照や気温などの環境特性や世帯属性に応じた影響は把握していない。

個別低炭素技術を対象とした環境評価では、みずほ情報総研（2008、2009）が太陽光発電や定置用蓄電池について、LCA（Life Cycle Assessment）を用いて製品の素材や廃棄方法別の CO₂ 排出量を算出している。また、櫻井（2011）も太陽光発電システムについて比較検討を実施している。コージェネレーションにおいては加藤ら（2003）や武田ら（2003）が効果を明らかにしている。

さらに、スマートグリッドなどに代表されるエネルギーの面的利用についての研究についても近年、多数の研究が実施されている。坂東ら（2008）、樋口ら（2012）、天野ら（2012）は住宅地でのマイクログリッドを想定した上で、エネルギー需要特性やシステム設計を変化させた場合における感度分析を行っている。また、谷口ら（2011、2012）は住宅地を対象に、街区特性（世帯構成、土地利用、交通特性）に応じた太陽光発電、蓄電池、電気自動車を含めた電力融通システムの導入適性を余剰電力の活用可能量から判断している。さらに、地域の土地利用や建物の更新を考慮したエネルギーの面的利用を検討しているものとして、横井ら（2010）がある。これは、対象地区の土地利用や建物更新を考慮したうえで、エネルギーの面的利用の効果を算出しているものである。エネルギーの面的利用における研究は、まとまった地区を対象にその世帯構成や住宅構成（戸建および住宅）を考慮して環境負荷を推計するものであるが、日照や気温など街区群の空間的な特性は考慮されていない。

以上から、技術や住宅を対象とした GHG 排出量に関する研究では居住者行動や世帯構成は反映されているが、各技術や設備、住宅性能が建物分布やその空間的な特性から受ける影響は考慮されていない。街区群スケールにおいて土地利用や空間デザインとの関連を分析するためには、生活の諸機能が集約される、まとまった空間単位での評価をより詳細に分析する方法が必要である。

3-3 都市を対象とした温室効果ガス計測評価手法に関する既往研究

(1) GHG 評価に関する既往研究

都市全体の GHG 排出量を対象とした研究として、例えば中口ら（2011）は統計資料から整理した家庭の消費エネルギー量を、松橋ら（2011）は旅客運輸部門の CO₂ 排出量を算出している。これらはともに市町村での推計であり、市町村ごとの傾向や特性は反映されてはいるものの、その立地分布や世帯分布による排出構造の差異を表現していない。伊香賀（2007）や下田ら（2009）は、地域ごとの住宅単位の計算から得られた原単位を用いて都道府県および市町村単位での CO₂ 排出量の算出を行っている。同様に気候の違いや世帯構成、住宅タイプの違いは表現しているが、交通起源の CO₂ 排出量を対象としておらず、施策分析も難しい。大西ら（2009）、鈴木ら（2009）は都市内 500m メッシュでの CO₂ 排出量の推計を実施しているが、その原単位は延床面積で与えられており、異なる世帯構成や住宅タイプ、空間的な特性は表現できない。

都市全体を対象とした GHG 評価の研究は、主に立地や交通特性による CO₂ 排出量の差異に注目した分析が中心であり、街区群への適用を行うには、いずれも日照や屋外気温といった建物相互、あるいはまとまった空間としての CO₂ 排出量の評価はできず、多様な施策オプションを検討できる仕組みとはなっていない。

(2) 都市における持続可能性評価

都市レベルでの環境評価においては、前述の GHG 排出量の評価だけでなく、持続可能性を総合的に評価する既往研究も多い。これらの指標は、その考え方や目的に応じて 3 つに分類することが可能であり（坪郷 2009）、その一例を表 3-1 に示す。

1 つ目は、人工資本（＝経済）と自然資本（＝環境）とが代替可能という前提のもと、それらを統合的に勘定可能とする指標（弱い持続可能性）である。グリーン GDP（Reppet et al. 1989）やジェニユイン・セイビング（World Bank）などが例として挙げられ、経済活動水準や、人工資本ストックから環境汚染や資源減耗等による費用を控除したものが代表的である。また、人間開発指数（HDI；UNDP）は平均余命や教育など、将来世代と現在世代の公平性に着目した指標であり、環境汚染等の影響は考慮していない。これらの指標は貨幣価値を用いることで、一元的に持続可能性の評価を可能とする一方、経済活動の増加が環境汚染や資源減耗を上回るとき、環境汚染が進んでいてもその影響を考慮できず、結果として将来世代に取り返しのつかないリスクを残す可能性がある。インフラの整備や都市開発など、現実的な都市政策においては、人工資本と自然資本がトレードオフとなる場合がほとんどであり、市民生活や経済活動による環境影響が大きい場合であっても、これらの制限が困難になる。これは街区群スケールでの評価においても同様である。さらに、現時点においては環境負荷に対する価値づけ（貨幣換算値）が矮小化されている点もあり、環境影響を正確に市場評価するための枠組みが不足している点も課題である。

表 3-1 都市の持続可能性評価指標の例

分類	名 称	算入項目				規模	統合化	概 要
		環境	経済	社会	制度			
①	グリーン GDP	○	○			国	貨幣 換算	経済活動水準について、環境劣化や資源減耗等を 控除したもの。環境・経済統合勘定。
	Genuine Progress Indicator (GPI)	○	○	○		国	貨幣 換算	個人消費を元にしながら、都市化に伴う費用や環 境維持費用、環境汚染帰属費用、市場外活動の算 入等を試みたもの。
	ジェニユイン・ セイビング	○	○			国	貨幣 換算	人工資本ストックと枯渇性資源ストックが代替 可能という前提に立ったうえで、国民総貯蓄と教 育支出から、自然資源ストックを控除したもの。
	人間開発指数 (HDI)		○	○		国	得点化	1人当たり GDP 指標、教育指標、平均余命指標の 3 指標から、算術平均で得点化したもの。
②	Environmental Performance Index (EPI)	○				国	得点化	環境衛生の観点と大気・水環境、生物環境、資源 管理に関する項目を、目標値と現状値とのかい離 から得点化したもの。
	National Biodiversity Index (NBI)	○				国	得点化	国レベルの生物多様性の指標であり、陸生脊椎動 物及び維管束植物の豊富さと固有性から評価す るもの。
	エコロジカル・ フットプリント	○				国 地域	gha	経済活動を含めた人間活動を支えるのに必要な 土地面積として算出するもの。
③	Composite Index of Sustainable Development (CISD)	○	○	○	○	国	得点化	持続可能な発展の定義にしたがい、将来世代と現 在世代に関連する指標を合成したもの。将来世代 に関する指標として、ジェニユイン・セイビング やエコロジカル・フットプリント等が内挿。
	World Development Indicators (WDI)	○	○	○	○	国	統合化 なし	ミレニアム開発目標に対応するため、世界銀行が 設定した指標群であり、600 以上の経済、社会、 環境、制度に関する指標により構成。
	サステナブル シアトル	○	○	○	○	地域	統合化 なし	環境、人口・資源、経済、若者・教育、健康・コ ミュニティの 5 分野、40 項目で構成された客観指 標に基づく評価指標群。主要な指標間の因果関係 の連鎖とストーリー化。
	JFS 指標	○	○	○		国 地域	4 項目 統合化	社会・経済・環境的側面に加え、個人の 4 分類、 20 指標で構成されており、代表的な指標をあては めて国や地域の持続可能性を測定したもの。
	CASBEE-都市	○	○	○	○	地域	2 項目 統合化	都市の環境性能評価や都市政策を検討するため に作成された指標であり、環境負荷は 12 指標、 環境品質はトリプルボトムラインである社会・経 済・環境の 3 分類 26 指標で構成される。

2 つ目は、人工資本と自然資本は代替不可能であるとした前提のもと、自然循環を上回る速度での環境汚染や資源減耗を全く許さない指標（強い持続可能性）である。具体的には、EPI (Esty et al. 2006) やエコロジカル・フットプリント (Ecological Footprint) 等の指標が挙げられる。人工資本が自然資本を代替できないため、自然資本が減少しない場合のみが持続可能であるという仮説のもと、大気環境や水環境、生物環境、資源管理といった環境的側面のみで構成されているものが多い。これらの考え方では、技術進捗による自然資本の効率的消費は認められているが、それらが自然循環を上回る速度で行われてはならないことが制限として課されるため、経済・社会活動において、現在の人間活動が大幅に制限される。都市活動は多様な主体が多様な観点からそれぞれの活動を展開するものであるため、これらの指標を根拠とした都市および地区政策の合意形成を図ることは事実上困難であり、政策的な運用性に欠けることが課題である。

3 つ目は、以上の 2 つの考え方を踏まえ、都市を多面的な機能から評価するものである。経済活動・社会活動は環境資源に立脚しているという考えのもと、これら 3 つの側面を統合的に考えるアプローチを用いている。これらの指標例としては、サステナブルシアトル (Sustainable Seattle 1998) や欧州の都市監査 (恒川 2009)、日本において開発された CASBEE-都市 (都市の環境性能評価ツール開発委員会 2010) などが挙げられるほか、交通行動に的を絞った評価指標としては金・新田 (2009) が開発されている。また、CISD (Composite Index of Sustainable Development; 佐々木 2008) においてはその指標 (構成要素) の中にジェニユイン・セイビングやエコロジカル・フットプリントなどが含まれており、前出の 2 つを包含するものとしても位置付けられる。これらの指標の考え方は、現在の日本の行政計画や環境政策の成果指標等にも反映されており、都市政策において実際に有効活用されている指標も多く存在する。その一方で、幅広い都市活動を網羅的に指標化しているため、総花的・羅列的になりやすく、結果として何を表現しているのか、それをどのように評価・活用すればよいかの分かりやすさに乏しい点が問題である。

最後に、「環境効率」 (Eco-Efficiency) が挙げられる。これは、製品・サービスの価値 (例えば電力・ガスの供給量) を、その製品・サービスを生み出すために発生した環境負荷 (例えば CO₂ 排出量) で除した値であり、単位環境負荷当たりの製品・サービスの価値を示す。さらに、技術革新等に伴う環境効率の向上の度合いを示す「ファクター」もよく用いられる。経済・社会活動と環境との両立を非常にシンプルな形で統合的に表現することが可能であり、目指すべき方向性が分かりやすい。しかし、環境効率はある一時点に着目して評価されることが多く、将来予測を行っている例は少ない。製品レベルでの評価においては特に問題はないが、長期のライフタイムを持つストックの集積である都市や既成市街地を対象とした持続可能性を表現する上では、現在時点の状態のみならず、将来どのように推移していくかを含めた評価を行うことが求められる。

以上の持続可能性評価手法から、街区群レベルでの評価を実施するにあたっては、主に 3 つの課題が挙げられる。具体的には、1) 将来世代の持続可能性を損なう環境的側面の適正かつ定量的な把握、2) 経済・社会活動と環境との両立を目指した統合的な評価体系の確立、3) 既成市街地の漸次的再構築を評価するための時系列評価の可能性である。

3-4 総合環境評価手法開発における近年の動向

前節までの問題意識を踏まえ、街区群レベルでの総合環境評価手法に関する研究も進みつつある。また、環境面と合わせて、居住者の得る居住環境や公平性といった社会面、街区群を維持するために必要な費用や建設費用などの経済面を統合的に評価するシステムの開発が行われている。本節では、これらの研究として2つの手法——Environmental Assessment Tool および Urban Metabolism——を取り上げ、それぞれの概要を整理し、本研究が対象とする既成市街地の段階的な低炭素化に適用するうえでの問題を検討する。

(1) Environmental Assessment Tool の開発動向

街区群の環境性能を総合的に評価するためのツールは2000年代後半から世界各国で検討されており、代表的なものとしては日本のCASBEE-まちづくり(JSBC 2007, 村上 2007)や北米のLEED for neighborhood development (2009)、英国のBREEAMなど、すでに実用化しているものも多い。これらのツールはグリーン建築の認証ツールを元に、大規模な再開発や新規開発への適用ができるように拡張したものであり、その特徴は、街区群の空間構成を決定する上で想定される個々の技術導入有無やデザイン上の配慮などの指標を用いていること、各指標をスコア換算により総合得点化し評価・認証する仕組みを持つことなどが挙げられ、主に計画・設計段階で評価が適用されることが想定された評価方法となっている。これらの多くは一定の研修を受けた実務者が客観的に評価できる仕組みである。現在すでに、各国内で環境性能認証制度として運用・普及が進んでいるとともに、これらの評価結果が将来的には不動産価値向上に寄与することも予想されている(国土交通省 2010, 内田 2011)。

Sharifi and Murayama (2012, 2013) は、これらの評価項目や指標を比較評価するとともに、他の評価ツールで高い性能を示したプロジェクトを別のツールで評価する相互評価を実施し、各ツールの特性の違いやその課題を明らかにしている。その結果、例えばCASBEE-まちづくりでは建築性能や設備、及び建物内の快適性について評価項目が充実し、LEED-NDやBREEAMが重視している立地や土地利用の混在性、経済機会については評価しないなど、ツールごとに重視している項目が異なること、重みづけや点数化にあいまいさが残ることなどが課題に挙げられている。さらに相互評価においては、あるツールで評価が高いプロジェクトが、別のツールでは低く評価されるなど、ツールによって街区群の環境性能評価が異なることも明らかにしている。これは、裏を返せば各ツールによって評価の視点に偏りがあり、地区固有の特性やユニークな取り組みが考慮されないために、画一的な取り組みや空間デザインが増加する懸念があることを示している(Whelan 2014a)。また、これらのシステムでの高評価が、必ずしも環境負荷の低減や生活・執務者の過ごしやすさに好影響を与えないとの調査結果も報告されている(Whelan 2014b, Stefano and Sergio 2014)。これらの要因として、各ツールにおける評価項目の多くがアウトプット

指標、つまり取り組みを行っているかどうかを問う指標が多く、その結果もたらされる効果についての評価指標（アウトカム指標）が取り扱われていないことが挙げられる。本来、同程度の環境性能を達成するための空間構成や、取り組み分野の比重は、地区特性に応じて多様であるべきであるが、そのような施策パッケージを検討するためには、実施量を問うアウトプットではなく、その施策がもたらす成果、アウトカムを評価する枠組みが必要である。また、これらのツールの対象は大規模な再開発における性能設計段階であり、本研究が対象とする既成市街地における漸次的個別的な開発において、施策を行うべきか否か、どのような施策を組み合わせるべきか、いつ施策を行うべきか、など構想段階の検討を支援するための手法としては活用できない。

また、別のアセスメントツールとして、計画策定プロセスに統合されて運用される手法群もある。Ecodistrict Toolkit (PSI 2011) では、定量的なパフォーマンス評価はないものの、実施主体の組織化や資金調達を含めた実現可能性をトータルで支援するツールであり、市民参加型の都市計画が多く実施されているアメリカにおいては活用しやすい。また、開発事業者の環境不動産への投資を促進することを目的とした評価ツールとして、エネルギー消費量削減による光熱費削減に加え、CO₂削減量や企業のBCP (Business Continuity Planning: 事業継続計画) 支援、健康への効果などを間接効果 (NEB: Non Energy Benefit) として計上した地区開発プロジェクトの費用便益分析手法が開発されている (工月ら (2008), 水石ら (2013))。これらは、空間デザインの影響を考慮し、居住や交通による GHG 排出量の評価を経済的、社会的な観点から可能としている。しかし、現状または将来の 1 時点のみを取り上げた評価であり、既成市街地を評価対象とする上で (特に建築寿命が短く、更新内容の規制が少ない日本においては) 必要な建物やインフラの更新を含めた時系列的なロードマップの検討には活用できない。

(2) Urban Metabolism 分野における既往研究

都市の新陳代謝 (Urban Metabolism) に関する研究 (Wolman 1965) は、もともと都市活動に伴うエネルギーや資源の消費量を LCA 分析やマテリアルフロー分析を用いて計量しようという試みからはじまっている。盛岡ら (2002) は都市の物質代謝として、都市から地区スケールにおける空間代謝マネジメントの施策オプションと代替案評価システムを構築しており、更には既成市街地の建物更新マネジメントによる効果の分析を実施している (藤田ら 1998)。さらに、近年においては、衛星写真の解像度向上や GIS データの精度向上から、街区群スケールを対象とした研究も多数実施されている。Christen et al. (2011), Kellet et al. (2013) は、交通、居住、(人間の) 呼吸および緑地の吸収量を対象に CO₂ 排出量を予測するとともに、渦相関法 (EC: eddy-covariance approach) を用いて実測データと比較し、街区群単位での総合的な物質収支の分析を行っている。ヒートアイランド現象の解析から出発した Colombert et al. (2011) は、建物の形状や被覆、交通量から屋外気温の変化を通してエネルギー消費量を算出している。こうした分析方法の獲得は、従来の物質収支計測 (Urban Metabolism1.0) から、更に生態系サービスや Ecosystem, 都市の社会経済的評価にまでその評価分野を拡大 (Urban Metabolism2.0) を実現している (Pincetl et al. 2013)。

中でも、欧州各国の研究者による project BRIDGE (sustainaBle uRban plannIng Decision support accountinG for urban mEtabolism) は EC データのダウンスケーリングモデルと化学輸送モデルを用いることで、現状だけでなく街区群の計画代替案評価を社会や経済影響も合わせて評価する、地区計画の意思決定支援システムを構築している (Chrysoulakis et al. 2013, Gonzalez et al. 2013)。これらの研究は、CO₂ 排出量の測定精度が高く、またその解像度も細かいが、モデル構築に計測が必要となること、政策変数が限られ、政策がシナリオにより与えられていることから、多様な街区群への適用や、街区群の空間構成変化に伴う行動変化の把握が困難である。

3-5 求められる要件と本研究の位置づけ

以上により都市、建築およびインフラを対象とした GHG 排出量計測や持続可能性評価に関する研究を概観した。要素技術や建築単体を対象とした評価では、対象技術に対する評価は詳細であるが、それを利用する居住者のライフスタイルによる影響や、建物相互や都市システムとしての複合的な効果が把握できていない。また、都市全体の排出量評価においては、マクロレベルの交通や土地利用、居住分布についての評価が研究されているが、技術に関する評価は原单位的に扱われており、建物相互間の影響や、地区の詳細な空間特性と技術との関連性はあまり研究されていない。持続可能性評価についてはその定義の議論から具体的な測定方法まで様々な観点から研究が進められてきたが、いずれもストックとしての都市や街区空間の評価を一時点から評価することが前提であり、長期的な持続性を評価しきれていないと言え難い。

また、地区レベルの持続可能性の総合評価指標として汎用化が進んでいる環境アセスメントツールについては、実務的な汎用性が高く、広く普及していることから、認証システムとして認知が進んでおり、その結果、建物や地区開発が持つ環境価値を、地価を通じて内部化しつつある。しかし、定量的なアウトカム指標を用いていないことから、地域特性の反映や施策の多様性の許容範囲が狭く、画一的な取り組みの評価に絞られる可能性があることや、取り組みによる効果の程度が予測できないこと、地区間の相対評価に留まるため、気候変動といったグローバルな課題に対して、マルチスケールでの対応が難しい。また、Urban Metabolism 分野の研究では、LCA やマテリアルフロー解析によるシナリオ評価から、さらに複雑かつ精緻なモデルを用いて定量的に地区の環境性能評価を行う研究が進んでいる。しかしながら、建て替えや交通、生活行動といったライフスタイルに係る変数がシナリオ化されていることから、空間構成と環境技術の導入がもたらすライフスタイルへの影響や、その相互的な分析が困難であることが課題である。さらに、いずれの評価手法においても、長期的将来に向けた時系列での取り組みによる市街地の漸次的変化を定量的に評価する枠組みではなく、すべての事業が実現した将来一時点のみでしか評価ができない。そのため、時間進行に伴う取り組みの展開に合わせて漸次的に GHG 排出量削減や居住環

境向上を進めるための移行パスを検討・評価することができない。

本研究では、第2章で述べたとおり、既成の街区群における低炭素化への長期的かつ漸次的な取り組みを、1)各地域の特性に合った空間構成と環境技術の統合的な方策として検討し、2)将来一時点だけでなくそこに至るまでの経路を合わせて描くことで、3)低炭素化だけではない総合的なまちづくりのパッケージとして提案することを目的としている。その実現のためには、定量的なアウトカム指標による評価システムを前提としたうえで、1)空間構成や環境技術、それによるライフスタイルの変化の相互関係を明確化し、2)時系列で、3)まちづくりの環境的、社会的、経済的側面を評価できる方法論を開発する必要がある。

<参考文献>

BREEAM: *Homepage of BREEAM*, <http://www.breeam.org/index.jsp>

Christen A., Coops N. C., Crawford B. R., Kellett R., Liss K. N., Olchovski I., Tooke T. R., van der Laan M. and Voogt J. A.: *Validation of modeled carbon-dioxide emissions from an urban neighborhood with direct eddy-covariance measurements*, *Atmospheric Environment*, Vol.45, pp.6057-6059, 2011.

Chrysoulakis N., Lopes M., Jose R. S., Grimmond C. S., Jones M. B., Magliulo V., Klostermann J. E., Synnefa A., Mitraka Z., Castro E. A., Gonzalez A., Vogt R., Vesala T., Spano D., Pigeon G., Smith P. F., Stazewski T., Hodges N. and Mills G.: *Sustainable urban metabolism as a link between bio-physical sciences and urban planning: The BRIDGE project*, *Landscape and Urban Planning*, Vol.112, pp.100-117, 2013.

Colombert M., Diab Y., Salagnac J. L., Morand D.: *Sensitivity study of the energy balance to urban characteristics*, *Sustainable Cities and Society*, Vol.1, pp.125-134, 2011.

Environment Department of World Bank: *Manual for Calculating Adjusted Net Savings*, 2002.

<http://siteresources.worldbank.org/INTEEI/1105643-1115814965717/20486606/Savingsmanual2002.pdf>

Esty D. C., Levy M. A., de Sherbinin A., Kim C. H., Anderson B.: *Pilot 2006 Environmental Performance Index*, Yale Center for Environmental Law and Policy, 2006.

Ewing B., Moore D., Goldfinger S., Oursler A., Reed A., Wackernagel M.: *Ecological Footprint Atlas 2010*, Global Footprint Network, Oakland, Vol.110, 2010.

Gonzalez A., Donnelly A., Jones M., Chrysoulakis N. and Lopes M.: *A decision-support system for sustainable urban metabolism in Europe*, *Environmental Impact Assessment Review*, Vol.38, pp.109-119, 2013.

Kellett R., Christen A., Coops N. C., van der Laan M., Crawford B. R., Tooke T. R. and Olchovski I.: *A systems approach to carbon cycling and emissions modeling at an urban neighborhood scale*, *Landscape and Urban Planning*, Vol.110, pp.48-58, 2013.

Norman J., MacLean H. L. and Kennedy C. A.: *Comparing High and Low Residential Density: Life-Cycle Analysis of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions*, *Journal of Urban Planning and Development*, Vol.132, pp.10-21, 2006.

Pincetl S., Bunje P. and Holmes T.: *An expanded urban metabolism method: Toward a systems approach for assessing urban energy processes and causes*, *Landscape and Urban Planning*, Vol.107, pp.193-202, 2012.

Portland sustainability institute (PSI): *The Ecodistricts Toolkit Version 1.1*, PSI, 2011.

Repetto R., Magrath W., Wells M., Beer C., Rossini F.: *Wasting Assets: Natural Resource in the National Income Accounts*, World Resource Institute, Vol.120, 1989.

- Sharifi A. and Murayama A.: *A critical review of seven selected neighborhood sustainability assessment tools*, Environmental Impact Assessment Review, Vol.38, pp.73-87, 2013.
- Sharifi A. and Murayama A.: *Neighborhood sustainability assessment in action: Cross-evaluation of three assessment systems and their cases from the US, the UK, and Japan*, Building and Environment, Vol.72, pp.243-258, 2014.
- Stefano S. and Sergio A.: *Influence of factors unrelated to environmental quality on occupant satisfaction in LEED and non-LEED certified buildings*, Building and Environment, Vol. 77, pp. 148–159, 2014.
- Sustainable Seattle 1998: Sustainable Seattle 1998: Indicators of Sustainable Community, Sustainable Seattle, 1998.
- The U.S Green Building Council (USGBC): *LEED for Neighborhood Development*, 2009.
- UNDP: Human Development Report 2011, United Nations Development Programme, 2011.
- Whelan J.: *Study Shows Green Office Buildings Don't Make Happier Workers*, ArchDaily, 2014a, <http://www.archdaily.com/?p=509690>
- Whelan J.: *Competition for LEED: GBI's Green Globes Shakes Up Building Certification*, ArchDaily, 2014b, <http://www.archdaily.com/?p=506031>
- Wolman A.: *The metabolism of cities*, Scientific American, No.213, pp.179-190, 1965.
- 阿部成治, 三浦秀一, 外岡豊: LCA データベースによる家庭生活からの CO₂ 排出特性に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, No.551, pp.93-98, 2002.
- 天野浩史, 樋口恭弘, 斎藤篤史, 千田二郎: コージェネ, 太陽光発電, およびヒートポンプ給湯器を主軸とした住宅地型マイクログリッドにおける CO₂ 排出量の評価, 日本機械学会論文集 (B 編) , Vol.78, No.787, pp.680-685, 2012.
- 石田建一: 戸建住宅のエネルギー消費量, 日本建築学会計画系論文集, No.501, pp.29-36, 1997.
- イビケン: GREENY 岐阜, 2010, <http://www.ibieco-gifu.com/>
- 内田輝明: 環境不動産の現状と展望, 不動産調査, N0.382, pp.1-9, 2011, http://www.reinet.or.jp/pdf/lib_382.pdf
- 大西暁生, 高平洋祐, 谷川寛樹, 井村秀文: 低炭素都市実現に向けたシミュレータの開発—名古屋市の民生部門を対象として—, 日本都市計画学会都市計画報告集, No.8, pp.84-87, 2009.
- 加藤征三, 丸山直樹, 小島義正, 高井秀和, Widiyanto A., 上角好孝: コージェネレーションシステムの LCA 環境評価 (燃料種別分析と経済性) , 環境工学総合シンポジウム講演論文集, No.00-7, pp.317-320, 2000.
- 金希津, 新田保次, 本村信一郎: 都市レベルにおける交通関連サステナビリティ評価指標についての考察, 土木計画学研究・論文集, Vol.25, No.1, pp.185-192, 2008.
- 工月良太, 村上周三, 佐土原聡, 市川徹, 青笹健, 長谷川巖, 柳井崇, 元アンナ, 三井所清史: 分散型エネルギーシステムの面的な活用による街区のサステナビリティ向上に関する研究, 日

- 本建築学会技術報告集, Vol.14, No.28, pp.497-502, 2008.
- 国土交通省 土地・水資源局 土地市場課: 不動産投資市場における環境不動産の普及推進に向けた検討調査報告書, 2010, <http://tochi.mlit.go.jp/kankyo/info/data/h21Report.pdf>
- 佐々木健吾: 続可能な発展に関する合成指数の構築, 環境情報科学, Vol.36, No.4, pp.66-75, 2008.
- 佐々木健吾, 植田和弘: KSI Communications 2009-004 持続可能な発展指標の課題と展望, KSI 企画戦略室, Vol.27, 2009.
- 櫻井啓一郎: 太陽光発電の動向と LCA (特集 太陽光発電とスマートグリッド), 日本 LCA 学会誌, Vol.7, No.2, pp.124-129, 2011.
- 鈴木祐大, 加知範康, 戸川卓哉, 柴原尚希, 加藤博和, 林良嗣: 環境・経済・社会のトリプル・ボトムラインに基づく都市域の持続可能性評価システムの構築, 地球環境研究論文集, Vol.17, pp.93-102, 2009.
- 積水ハウス: 新築戸建住宅における「グリーンファースト」の推進, 2010, http://www.sekisuihouse.co.jp/sustainable/2012/theme/earth/habitation_03.html
- 武田晃成, 柴田理, 横尾昇, 岡建雄: コージェネレーションシステム導入効果の LCA, 日本建築学会技術報告集, Vol.17, pp.275-278, 2003.
- 谷口守, 落合淳太: 住宅街区のスマートグリッド導入適性に技術革新が及ぼす影響, 不動産学会学術講演会論文集, No.28, pp.29-38, 2012.
- 谷口守, 落合淳太: 住宅街区特性から見たスマートグリッド導入適性、不動産学会誌, Vol.25, No.3, pp.100-109, 2011.
- 恒川篤史: 指標を用いた都市の持続可能性の定量的評価, 都市計画, Vol.58, No.3, pp.21-24, 2009.
- 坪郷實: 環境政策の政治学—ドイツと日本, 早稲田大学出版部, 2009.
- 中口毅博, 外岡豊, 国府田諭, 関本葉月, 阿部将統: 業務部門・家庭部門における 2007 年度市区町村別 CO₂ 排出量の推計, エネルギーシステム・経済・環境コンファレンスプログラム講演論文集, Vol.27, pp.611-614, 2011.
- 日本サステナブル・ビルディング・コンソーシアム (JSBC): CASBEE-まちづくり評価マニュアル, 建築環境・省エネルギー機構, 2007.
- 西尾健一郎, 浅野浩志: 世帯の多様性を考慮した家庭部門エネルギー需要生成ツールの開発, 電力中央研究所報告, No.Y05008, 2010.
- 坂東茂, 渡邊裕己, 浅野浩志, 辻田伸介: 電力・熱負荷特性がマイクログリッドにおける電源システム機器容量設計に与える影響について, 電気学会論文誌 B (電力・エネルギー部門誌), Vol.128, No.1, pp.67-73, 2008.
- 樋口恭弘, 斎藤篤史, 千田二郎: 住宅地型マイクログリッドの地域的な優位性の把握及び予測モデルの構築 (運用段階における CO₂ 排出量の評価), 日本機械学会論文集 (B 編), Vol.78, No.787, pp.425-429, 2012.
- 藤田壮, 中原智哉, 鈴木斉, 盛岡通: 都市更新にともない発生する環境負荷のライフサイクル評

- 価に関する研究,地球環境シンポジウム講演論文集, Vol.6, pp.57-62, 1998.
- 松橋啓介, 米澤健一, 有賀敏典: 市町村別乗用車 CO₂ 排出量の中長期的動向を踏まえた排出量削減率の検討.日本都市計画学会都市計画論文集, Vol.46, No.3, pp.805-810, 2011.
- 水石仁, 伊香賀俊治, 村上周三, 工月良太, 山田航也: 間接的エネルギー便益 (NEB) を考慮したステークホルダー別の費用便益分析と NEB の再配分に関する考察—分散型エネルギーシステムによる都市・地域の低炭素化に関する研究—, 日本建築学会環境系論文集, Vol.78, No.684, pp.175-181, 2013.
- みずほ情報総研株式会社: 平成 19 年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務成果報告書 定置用燃料電池システム及び燃料電池自動車のライフサイクル評価に関する調査, 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO), 2008.
- みずほ情報総研株式会社: 平成 19~20 年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務成果報告書 太陽光発電システム共通基盤技術研究開発 太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究, 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO), 2009.
- 村上周三, 山口信逸, 浅見泰司, 伊加賀俊治, 蕪木伸一, 松隈章, 内池智広, 橋本崇: CASBEE-まちづくりツールの概要 建築物総合環境性能評価システムの開発その 5, 日本建築学会技術報告集, Vol.13, No.25, pp.191-196, 2007.
- 盛岡通, 藤田壮, 吉田登: 都市環境の統合的な計画と評価システムについて, 地球環境シンポジウム講演論文集, Vol.10, pp.103-111, 2002.
- 横井隆志, 山本祐吾, 東海明宏, 盛岡通: 低炭素都市の形成に向けた街区更新およびエネルギー計画の統合を支援するシステム開発, 土木学会論文集 G, Vol.66, No.1, pp.17-34, 2010.
- 吉野博, 湯浅和博, 長谷川兼一, 石田建一, 室恵子, 三田村輝章, 千葉智成, 井上隆, 村上周三: 住宅内エネルギー消費量予測モデルの構築, 日本建築学会技術報告集, No.22, pp.359-362, 2005.

第4章 街区群環境性能評価システムの構築

4-1 システム全体構成の概要

(1) システムの全体構成

本章では既成市街地における漸次的な市街地の低炭素化を支援するための街区群環境性能評価システムを構築する。具体的には市街地の空間構成の変化を1年単位で長期的に予測するとともに、それに対応して生活行動や交通行動の変化を推計し、その結果居住者が獲得できる住みやすさや、排出される環境負荷、維持更新に必要な費用を時系列で評価するものである。

システムの全体構成を図 4-1 に示す。街区群の環境性能を統合的に評価するためには、街区群の空間特性を起点として、それに伴う住民等の活動特性を把握したうえで、生活行動に伴う環境負荷量や獲得する生活の質を把握する必要がある。これを時系列でシミュレートおよび評価するため、本研究ではまず、都市圏スケールにおける将来の人口予測や施策と、その街区群でトレンドとなっている市街地の更新パターン（ミニ開発、農地転用など）を前提として、毎年の市街地の漸次的更新のシミュレートとそれに伴う建設分野の環境負荷量を予測するモデルを構築する。さらに、居住者の生活に伴うエネルギー消費量を予測するため、生活スケジュールに応じた民生側のエネルギー消費量推計モデルと交通行動に伴うエネルギー消費量モデルを構築し、それぞれを連携・統合することで、街区群レベルでの政策導入に対する相互関連効果をトリプルボトムラインを用いて総合的に評価できるシステムとした。

4-2 節では、個々の建物の寿命を動的に予測し市街地の漸次的変化をシミュレートするモデルについて述べる。建物の寿命の推定には、物理的な耐用年数だけでなく、周辺環境の変化を含む建物機能の劣化や陳腐化の影響を考慮し、それをアンケート調査により同定した。これにより、街区の環境変化による建物の長寿命化を表現できる。

4-3 節では、居住者のライフスタイルと環境技術の導入を考慮したエネルギー消費量の推計モデルについて述べる。住宅への滞在時間や交通頻度などはライフステージや個人属性（性別や就業状況）により異なる。そのため、ライフステージ別の生活スケジュールを集計したうえで、生活に付随する家電・照明、冷暖房、給湯需要をそれぞれ時間帯別に積み上げ計算できるモデルを構築した。さらに、需要量から消費量を算出する上で、太陽光発電や燃料電池などの個々の建物性能や設備と、スマートグリッドや未利用熱利用など、エネルギーの面的利用技術双方を考慮する

ことで、建物や設備の影響、日照条件や屋外気温など周辺環境の影響、さらにはテレワークやシェアハウスなどの新たなライフスタイルの普及や、デマンドレスポンスサービス（DR）などの消費者行動変化を促す施策の分析を同一のプラットフォームとして分析できるモデルとした。

4-4節では、沿道土地利用や街区群の地理的特性等を考慮した距離別交通手段分担率モデルについて述べる。街区群の周辺環境を変数として組み込んだロジスティック曲線を交通手段ごとに推定することで、トリップ距離に応じた交通手段分担率を予測するモデルを構築した。街区群のトリップ長分布の違いに応じてCO₂排出量が最小となる交通施策の違いや、土地利用や沿道環境の違いによる住民の交通行動の変化を表現できる。

4-5節では前節までのモデルより明らかとなった交通手段別の総移動距離や建物更新、インフラ整備による街区群環境の変化、エネルギー消費量、資源消費量から、街区群の環境性能を時系列で評価するシステムを構築する。持続可能性の3側面であるトリプルボトムライン(Elkington 1997)の考え方を採用し、環境面としてCO₂排出量、社会面として生活の質（Quality of Life: QOL）、経済面として市街地維持費用を指標として用いている。

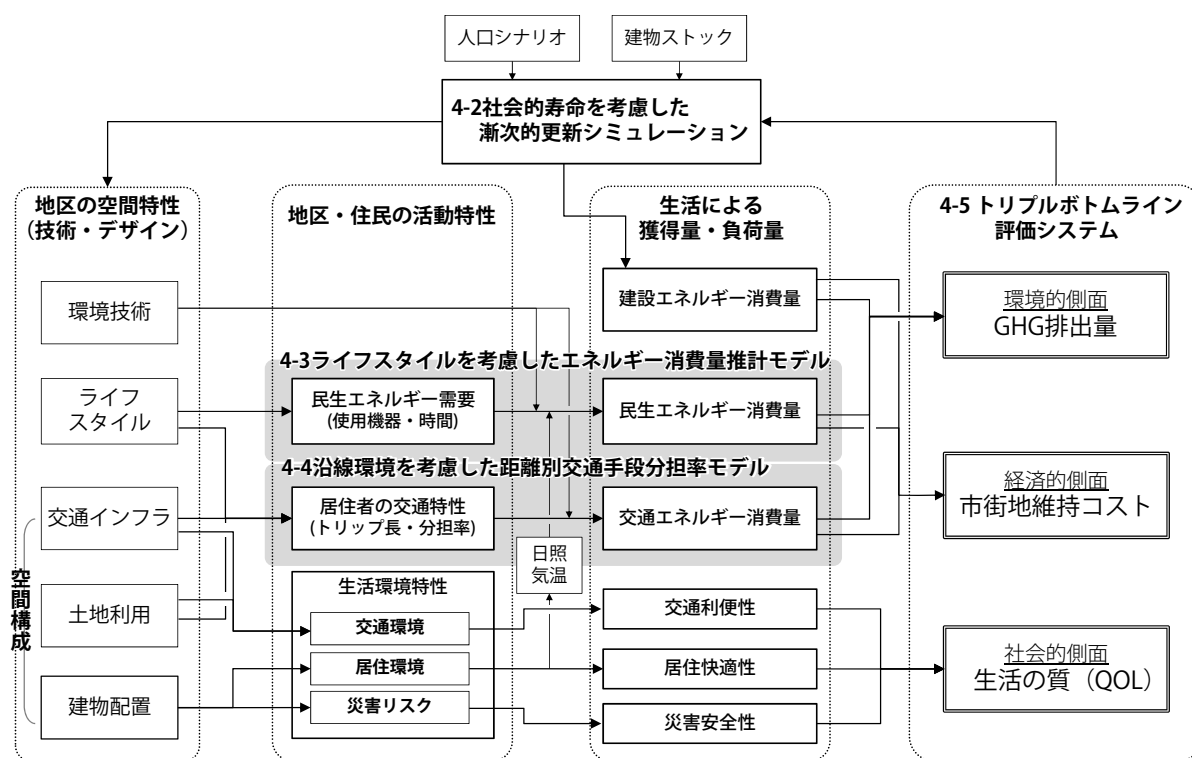


図 4-1 街区群環境性能評価システムの全体構成

(2) 評価対象範囲および評価スケールの考え方

本システムが対象とする空間スケールは、建物単位での想像（計画）が可能であり、かつ交通行動や建物相互間の影響が把握できるまとまりをもった単位とし、それを街区群と定義する。具体的には、日本における地縁的まとまりにも配慮し、町丁目から小学校区程度の空間スケールでの評価を対象とする。

また、評価に用いる時間や空間スケールにより評価が可能となる施策や関係性は大きく異なる。これまでの建築や都市分野の環境評価に関する既往研究と比較し、表 4-1 に示すスケールに統合し、各サブモデルを定式化する。建築分野においては、個人のライフスタイルや内部空間については詳細レベルで解析できる一方で、広がりのある関係は考慮できない。反対に都市分野においては、交通行動についてはトリップ単位で分析が可能である一方、建物は床面積を用いて原単位的な分析となっている。本研究では、各分野の既往研究を参考に、街区群レベルでの政策との対応から、それぞれについて分析が可能となる最小スケールを検討する。

表 4-1 本研究で評価に用いるスケールの整理

項 目	建築分野	都市分野	本研究
個人属性	個人の詳細属性	性年代別原単位	ライフステージ別 性年代別原単位
建築物計測単位	間取りを含む 3次元形状	床面積原単位	3次元箱モデル
評価時間単位	日～月単位	1～5年単位	1年単位
建物・設備性能把握単位	断熱性：部材単位 設備：個別設備	考慮しない (原単位に内包)	断熱性：建物単位 設備：種別単位
エネルギー計測時間単位	1～5分単位	1年単位	月代表日における 1時間単位
日照、屋外気温計測単位	部屋単位	メッシュ～町丁目単位	相互影響を考慮した 建物単位
交通行動計測単位	—	OD 単位	交通手段別距離帯分布

4-2 社会的寿命を考慮した漸次的更新シミュレーション

建築物の寿命に関する研究は、特に建築構造や材料の観点から様々な研究が進められている。しかし、建築物の寿命は必ずしも物的要因だけで決まるものではない。事実、日本の住宅寿命は約 30 年程度（2005 年）であり、物理的に対応できると言われている寿命よりも短いのが実情である（小松 2005, 2011）。田村（1969）は建築物の存在価値を、物的存在、実用機能的存在、情報機能的存在、環境的存在、経済的存在の 5 つに分類し、時間経過に伴う存在価値の変化によって、建築物の寿命が決まるものと論じている。また、建築物は「周辺の状況の総体としての環境

に支配され」ることを免れず、周辺環境が環境的存在としての建築物の価値に大きく影響を及ぼすことを指摘している。平成20年度住生活総合調査によれば、建て替えや住み替えの意向を示している居住者は、住宅環境（広さや快適性、安全性など）や住宅周辺の環境における安全性や快適性の満足度がリフォーム意向や居住継続意向の世帯よりも低いことが示され、住宅や周辺環境の性能と住宅の建て替えや住み替えに対する意向に相関がみられる。また、飯田ら（2010）によれば、住宅以外の建築物における取り壊し要因は、「建築物の老朽化陳腐化」に次いで「建物の存在自体」や「社会環境の変化」、つまり建物の「使い道」が無くなったことや立地条件の変化が挙げられており、現実の建て替えにおいては、建築物の物的な老朽化よりもその他の建て替え要因——社会環境の変化による建築へのニーズ変化や、景観や日照などの周辺環境との調和——が建築物の寿命に大きく影響をもたらしていることが示唆される。建物を含む街区群の社会基盤ストックをより少ない資源と費用で維持していくためには、単に1つ1つの建物の構造や材料を強化だけでなく、街区群全体として建物更新を必要としない環境への転換が求められる。

以上を踏まえ、本研究で構築する建物更新のシミュレーションは、物理的な耐久性に加え、建築性能に対するニーズや周辺環境の調和を踏まえた「社会的寿命」を推計し、それに基づいて建物更新をシミュレートするモデル構造とする。街区群内のどれかの建物の建て替えが起こるたびに、周辺環境は少しずつ変化する。これを1年単位で繰り返すことで、周辺環境の変化と個々の建物の更新を動的に予測することが可能となり、周辺環境変化による建物寿命変化を記述できる。

(1) 社会的寿命の定式化

社会的寿命については、様々な要因が既往研究により提示されているが、それを定量的に示した研究は多くない。本研究では、林ら（2002）が提案したストック化度指標を参考に、躯体の物理的な寿命を最大寿命として、それが建物性能に対するニーズの変化や周辺環境の影響により低減すると仮定したうえで、式(4.1)～(4.3)として定義した。

$$L_s^t = L_f \cdot ((k_a^t + k_b^t) / 2) \quad (4.1)$$

$$k_a^t = \sum \alpha_j \cdot x_j^t \quad (4.2)$$

$$k_b^t = \sum \beta_j \cdot y_j^t \quad (4.3)$$

ここで、 L_s^t は t 年における建物 L_s の社会的寿命、 L_f は物理的寿命 (=80 年) であり、 k_a^t と k_b^t (ともに 0~1) は建物と周辺環境とによる機能的な社会的影響係数である。社会的影響係数は、建物性能と周辺環境の寿命によるそれぞれの影響度 α_j 、 β_j とその指標 x_j^t 、 y_j^t の総和とし、寿命への影響要因とその計測指標については、表 4-2 に示す項目とした。

表 4-2 社会的寿命への影響要因と計測指標

影響要因		計測指標	本研究における設定値
建物	利用柔軟性	容積率消化率	容積率に対する建築容積の比率。
		用途転換構造	既存建物の RC 造及び新築建物を 1 とし、それ以外を 0 とした。
	居住快適性	日照時間	各建物に対する日照時間。日照シミュレーションより、8 時間～0 時間の間で基準化した。
	安全性	耐震性能	新耐震基準を目安とし、1983 年以前の建築を 0、1983 年以降及び新築建物を 1 とした。
	環境調和性	断熱性能 (Q 値)	旧省エネ法 (1980 年) 以前を 0、改正 (2009 年) 以降を 1 として基準化した。
	バリアフリー性	バリアフリー設計	ハートビル法 (1994 年) 以前を 0、それ以降および新築建物を 1 とした。
	維持管理水準	維持管理実施率	2010 年以降は維持管理水準が充足しているとし、それ以前の建築年数との割合とした。
周辺環境	利用柔軟性	容積率消化率	街区群全体の容積率に対する建築容積の比率。
	居住快適性	オープンスペース率	対象地域内の面積に対する歩道、公園、公開空地等の割合。30%を 1 として基準化した。
		景観調和性	街区群内で最も多い建築物タイプが占める敷地面積を、街区群全体の面積で除したもの。
	安全性	隣棟間隔	建築構造別延焼限界距離 (RC 造: 3m、木造: 6m) により基準化した隣の建物との距離。
	環境調和性	街区群エネ技術導入	熱融通やカーシェアの導入比率。
	バリアフリー性	街路バリフリ設計	道路に対する歩道設置率。

(2) パラメータ推計

前項で設定した各指標に対する影響度の算出するにあたっては、本来であれば建物の実寿命と過去から現在までの周辺環境や建物性能に関する実証データをもとに推定されることが望ましい。しかし、それぞれの建物の実寿命と周辺環境に関する経年データについて、十分なサンプル数を確保することは非常に困難が伴うことから、本研究ではハウスメーカーや行政、研究者など建築に関わる専門家を対象に実施された周辺環境による建物寿命への影響に対する意向についてのアンケート調査 (Kato et al. 2003) を用い、それを AHP (Analytic Hierarchy Process) を用いて算出した (表 4-3)。その結果、建物性能に関する影響項目では、耐震性や維持管理水準および建物のエネルギー消費に関わる断熱性などの影響が大きい。一方で、周辺環境に関する影響項目では、隣棟間隔が突出して大きいほか、街区全体での利用柔軟性や、居住快適性の影響も大きく、地域全体での環境水準が個々の建物の寿命に影響することが明らかとなっている。

表 4-3 パラメータ推計結果

影響要因		計測指標	影響度	影響要因		計測指標	影響度
建物	利用柔軟性	容積率消化率	0.065	周辺環境	利用柔軟性	容積率消化率	0.125
		用途転換構造	0.103		居住快適性	オープンスペース率	0.101
	居住快適性	日照時間	0.100			景観調和性	0.156
	安全性	耐震性能	0.245		安全性	隣棟間隔	0.336
	環境調和性	断熱性能 (Q 値)	0.195		環境調和性	街区群エネ技術導入	0.196
	バリアフリー性	バリアフリー設計	0.083		バリアフリー性	街路バリフリ設計	0.085
	維持管理水準	維持管理実施率	0.209				

(3) 建物滅失時期のシミュレーション

以上で推計した社会的寿命を踏まえ、まずは既存の建物滅失を1年単位で推計するためのシミュレーションを定式化する。個々の建物は、実際にはそれぞれ個別の事情により建て替えが行われるため、推計した社会的寿命により確定的に決定されるものではない。したがって、各建物の築年数 a_i に応じた残存率関数 $f_s^{i,t}(t, a_i)$ を、正規分布関数形を用いて式(4.4)のとおり設定した。

$$f_s^{i,t}(t, a_i) = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{t-a_i}^t \exp\left\{-\frac{(x-L_s^{i,t})^2}{\sigma_s^2}\right\} dx \quad (4.4)$$

ここで、正規分布関数の平均値は機能寿命 $L_s^{i,t}$ を、標準偏差 σ_s は、調査データから構造・用途による分類 s に応じた値を用いた。 σ_s^2 は小松(2008)による区間残存率の調査データから推定を行った。この残存率関数を用いることで、各建物が1年単位で滅失(空家)するか存続するかをモンテカルロ法によりシミュレートする。

(4) 更新建物の建設時期及び規模のシミュレーション

既存の建物の滅失予測を行うと同時に、新たに建設される建物の時期や規模の予測を行う。建設予測は、例えば住宅であれば、街区群全体での人口の将来予測やシナリオと既存の建物の滅失量から、各年における街区群全体での建物需要量を算出し、それをトレンドまたはシナリオによる開発パターンに当てはめ、モンテカルロ法により立地の配分を行う。したがって t 年における用途 s の街区群全体での開発量 ΔA_t^s は、式(4.5)のとおり定式化される。

$$\Delta A_t^s = \frac{p_t}{p_{t-1}} \cdot A_{t-1}^s - A_t^s \quad (4.5)$$

ここで、 p_t および p_{t-1} は対象年およびその前年の人口、 A_t^s および A_{t-1}^s は同じ用途の建物床面積である。用途が商業および業務の場合には人口のかわりに就業者人口を用い、それ以外の場合(工場、公益施設など)には、寿命以外の要因による計画的な更新が実施されることが多いことから、直接的なシナリオを与える。また、新たに建設される建物の規模については、シナリオにより与えるものとする。戸建住宅など1つの建物の容積にばらつきが小さいものについては、開発数により開発量を満たし、商業施設や集合住宅においてはモンテカルロ法による開発シミュレーションを実施する。

4-3 ライフスタイルを考慮したエネルギー消費量推計モデル

街区群内で消費されるエネルギー（電力、熱など）には、その街区群内の環境技術の導入状況も影響を与えるが、街区群内の土地利用によるエネルギー需要の特性も大きな影響を与える（大西 2013）。特に住宅地においては、居住する世帯の生活様式によってもエネルギー需要特性は大きく変化し、さらにはそれにより環境技術の導入効果も変動することが予想される。また、ICT技術の進展により、生活様式そのものが変化することも考えられる。テレワークやネットショッピングなどの普及が進んでいるほか（日本テレワーク協会 2012, 総務省 2011）、若年層を中心にカーシェアリング、シェアハウスなど、これまでとは異なった消費スタイルも発生しつつある（三浦 2012）。こうした変化によるエネルギー需要への影響についてはすでに研究が行われているものの（金子ら 2011, 植田ら 2011）、その場合には反対に環境技術の進展が考慮されていない場合が多い。低炭素な街区群形成を検討するためには、技術導入だけでなく、世帯構成や生活様式、さらには街区群の空間構成や世帯構成とその相互関係に基づくエネルギー消費量を推計できるモデルが必要である（小澤 2010）。以上を踏まえ、本研究で構築するエネルギー消費量の推計モデルは、建築分野で行われてきた居住者の生活スケジュールの違いを考慮できるモデルを参考に、詳細な世帯属性に基づき、立地特性や環境技術による影響を考慮したモデルを構築する。これにより、立地特性や空間構成、居住者の生活スケジュールによる、低炭素技術の導入効果への影響が把握できる。

(1) モデルの概要と世帯の設定

エネルギー消費量推計モデルの構成を図 4-2 に示す。まず、統計調査結果から世帯を構成する各個人の時間別生活スケジュールを整理し、照明・家電、冷暖房、給湯、交通それぞれのエネルギー需要量を算出する。さらに想定する環境技術やエネルギーシステムに応じてエネルギー消費量を算出し世帯・土地利用構成を踏まえたうえで、街区群全体のエネルギー消費量を推計する。

生活スケジュールの規定要因としては、主に世帯属性を取り上げ、それを家族類型、住宅タイプの組み合わせと定義して、表 4-4 のとおり設定する。既存の統計調査における家族類型を基本としながら、生活スケジュールの違いの小さいものについては統合し、生活スケジュールへの影響が大きいと想定される高齢世帯や共働き世帯を抽出し、7 分類とする。また、この家族類型を構成する生活スケジュールの作成基本単位となる世帯構成員については 11 分類とする。住宅種別は戸建と集合の2分類とし、その住宅延床面積を平成 22 年国勢調査から表 4-5 のとおり設定する。

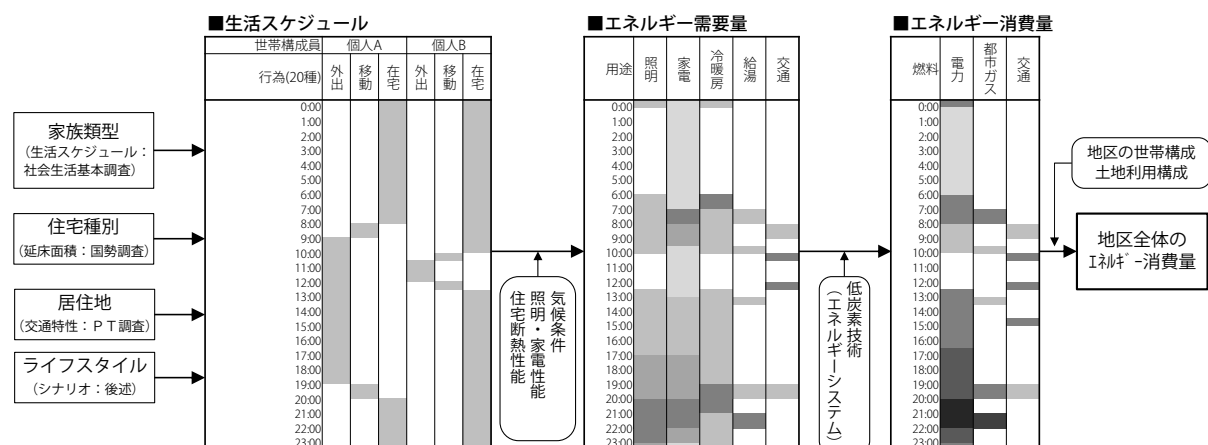
図4-2 生活スケジュールに基づく世帯起源CO₂排出量推計モデルの構成

表4-4 世帯属性とエネルギー需要特性への影響項目

項目	分類	エネルギー需要特性への影響要因			
		照明家電	冷暖房	給湯	交通
家族 類型	1) 単身世帯－男性【a】、2) 単身世帯－女性【b】、3) 夫婦のみ－共働き【c, d】、4) 夫婦のみ－片働き【c, e】、5) 夫婦のみ－高齢者【j, k】、6) 夫婦と子－共働き【f, g, i × 2】、7) 夫婦と子－片働き【f, h, i × 2】	照明箇所	冷暖房箇所	必要湯量	—
世帯員 属性	a) 男性有業者－単身、b) 女性有業者－単身、c) 男性有業者－子どものいない夫、d) 女性有業者－子供のいない妻、e) 女性無業者－子供のいない妻、f) 男性有業者－子育て期の夫、g) 女性有業者－子育て期の妻、h) 女性無業者－子育て期の妻、i) 教育を受けている時期、j) 65歳以上男性無業者－夫婦、k) 65歳以上女性無業者－夫婦	照明家電 使用時間	冷暖房 時間	—	トリップ 数
住宅 タイプ	1) 戸建住宅、2) 集合住宅	照明面積	冷暖房 面積	—	—

表4-5 住宅種別と世帯人員ごとの住宅延床面積（平成22年国勢調査）

戸建住宅（㎡／戸）				集合住宅（㎡／戸）			
1人	2人	3人	4人	1人	2人	3人	4人
98.7	113.9	119.3	121.9	32.8	51.1	56.5	62.1

(2) 世帯のエネルギー消費行為スケジュールの作成

世帯のエネルギー消費行為スケジュールの生成は、世帯構成員それぞれの生活スケジュールを推定したうえで、その組み合わせから在宅時における住宅内でのエネルギー消費行為を1時間単位で設定する。世帯構成員の生活スケジュールは、平成23年社会生活基本調査における行動項目（20種）別の平日の行動者平均時間、行動者率、時間帯別行動者率の調査結果から、空気衛生調和工学会の手法（2000）を用いて設定する。以下に手法の概要を記す。

- ①日行動者率から1週間1回以上、つまり20%以上（平日対象のため）の行動項目を抽出する。
 - ②各行動項目の1日あたりの行動時間と各行動に伴う移動回数を行動者平均時間から設定する。
 - ③時間帯別行動者率のピーク時間を中心に、項目を1日24時間帯に15分単位で割り付ける。
 - ④世帯構成員の生活スケジュールに対して、各行動時の部屋、使用機器の関係を設定する。
 - ⑤交通については生活スケジュールから世帯構成員の1日あたりの目的別移動回数を整理する。
- なお、世帯エネルギー消費行為スケジュールを生成する際は、SCHEDULE Ver.2.0を使用する。

(3) エネルギー需要量の推計

住宅内での生活に伴うエネルギー需要量は前項で設定した生活スケジュールをもとに、月代表日における時間帯 h に応じて照明・家電、冷暖房、給湯の3項目に分けて推計する。

照明・家電エネルギー需要量

照明を除く家電機器によるエネルギー需要量 Q_{ce}^h は、機器別 k の利用時間・回数 n_k^h とそれに対応したエネルギー需要原単位 e_k から算出する。また、照明によるエネルギー消費量 Q_{light}^h は部屋 l の床面積 a_l 、在室時間 n_{light}^h に、部屋用途ごとのエネルギー需要原単位 e_l を乗じることで算出し、それぞれを合算することで照明・家電エネルギー需要量 Q_e^h とする（式(4.6)）。

$$\begin{aligned} Q_e^h &= Q_{ce}^h + Q_{light}^h \\ &= \sum_k n_k^h \cdot e_k + \sum_l n_{light}^h \cdot a_l \cdot e_l \end{aligned} \quad (4.6)$$

冷暖房エネルギー需要量

冷暖房エネルギー需要量 $Q_{cs+heat}^h$ 、 $Q_{hs+heat}^h$ は、佐藤（2005）の手法を参考に、住宅の熱損失係数 Q と人体発熱と家電機器からの発熱（＝照明・家電エネルギー消費量）の合計 $Q_{heat,l}^h$ から、式(4.7)、(4.8)により算出する。

$$Q_{cs+heat}^h = \sum Q \cdot \Delta T^h \cdot a_l + Q_{heat,l}^h \quad (4.7)$$

$$Q_{hs+heat}^h = \sum Q \cdot \Delta T^h \cdot a_l - Q_{heat,l}^h \quad (4.8)$$

ここで、 ΔT^h は月別の時間帯 h における外気温度と室内温度との差である。

給湯エネルギー需要量

給湯エネルギー需要量 Q_w^h は、世帯人員 m による必要湯量 L_m に応じ、式(4.9)により算出する。

$$\begin{aligned} Q_w^h &= q_w^h \cdot L_m \\ &= (T_w - T_c^h) \cdot \mu \cdot L_m \end{aligned} \quad (4.9)$$

ここで、 q_w^h は 1m^3 あたりの加熱負荷、 T_w 、 T_c^h はそれぞれ給湯温度、給水温度である。 μ は kcal から Wh への換算係数 ($=1.163 \times 10^3$) である。給水温度 T_c^h は外気温 T_o^h を用いて、石田 (1997) が推定した式(4.10)により求める。

$$T_c^h = 0.7T_o^h + 7.0 \quad (4.10)$$

(4) エネルギー消費量の推計

前項で求めたエネルギー需要量に対し、導入する環境技術に応じたエネルギー供給手法を設定したうえで、各システムの構成に合わせてエネルギー消費量を推計する。本研究では既往研究（樋口ら 2012, 天野ら 2012, 横井ら 2010）を参考に、検討するエネルギーシステムを設定する。各設備が現状のままと想定する現状システムを基準とし、将来的に導入が想定されるエネルギーシステムについて、個々の住宅や建築物が個別にエネルギーを制御するシステムと、街区群内でエネルギーを面的に連携、融通制御するシステムの2つを想定し、さらに実際の導入事例や実証実験事例等から表4-6のとおり5ケースに細分化したシステムについて条件を設定し、分析を行う。

まず、個別制御システムとしては、断熱材や二重サッシなど従来技術による住宅断熱性の向上と、現在より高効率な家電や冷暖房・給湯機器（中央環境審議会地球環境部会 2012）を全ての建築物に導入した家電冷暖房省エネ化システム、太陽光発電・燃料電池・蓄電池を全て建築物に導入したスマートハウスシステムの2ケースを設定した。面的利用システムでは現状において住宅地での導入事例はまだ見られないものの、実証実験や住宅地以外（主に大型施設や都心）で導入が試行検討されているエネルギーシステムを参考に、太陽光発電の余剰電力を建築物間で融通する電力融通システム、燃料電池排熱の融通を加えた熱融通システム、街区群内すべてのエネルギー需給を集中管理する分散型エネルギーシステムの3ケースを設定した。さらに、それぞれの設備性能等を既存資料（空気調和衛生工学会 2000, 中央環境審議会地球環境部会 2012, 東京ガス 2013）を参考に表4-7のとおり設定した。

表 4-6 本研究で検討するエネルギーシステムの概要と設備構成

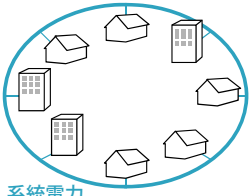
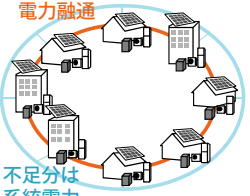
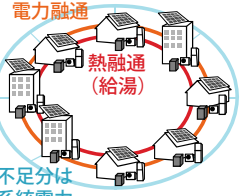
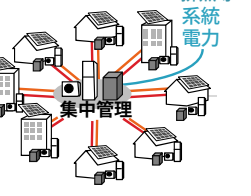
システム	現状、家電冷暖房省エネ化、スマートハウス	電力融通システム	熱融通システム	分散型エネルギーシステム
システム概念図				
エネルギーフロー	<p>個別エネルギー需要量</p> <p>↓</p> <p>個別エネルギーシステム</p> <p>↓</p> <p>個別エネルギー消費量</p> <p>↓</p> <p>地区のエネルギー消費量</p>	<p>個別エネルギー需要量</p> <p>↓</p> <p>個別エネルギーシステム</p> <p>↓</p> <p>余剰電力の融通</p> <p>↓</p> <p>個別エネルギー消費量</p> <p>↓</p> <p>地区のエネルギー消費量</p>	<p>個別エネルギー需要量</p> <p>↓</p> <p>個別エネルギーシステム</p> <p>↓</p> <p>余剰電力・排熱の融通</p> <p>↓</p> <p>個別エネルギー消費量</p> <p>↓</p> <p>地区のエネルギー消費量</p>	<p>個別エネルギー需要量</p> <p>↓</p> <p>地区のエネルギー需要量</p> <p>↓</p> <p>地区エネルギーシステム</p> <p>↓</p> <p>地区のエネルギー消費量</p>
設備構成	現状/省エネ	面的利用（分散型）	面的利用（半分散型）	面的利用（集中型）
電力	系統電力	系統電力、蓄電池、太陽光電池	系統電力、蓄電池、太陽光電池	系統電力、蓄電池、太陽光電池
給湯	給湯器	燃料電池、蓄熱槽	燃料電池、蓄熱槽（融通は熱導管）	燃料電池、蓄熱槽、熱導管およびヒートポンプ（融通）
冷暖房	ヒートポンプ	ヒートポンプ	ヒートポンプ	工場排熱等

表 4-7 設備性能・容量の設定値

項目		単位	現状システム	将来システム	項目		単位	現状システム	将来システム
照明	トイレの照明消費電力	W/m ²	20.0	8.5	冷暖房	住宅熱損失係数	W/(m ² ・K)	4.2	1.9
	食堂の照明消費電力	W/m ²	4.0	1.7		カタログCOP 冷房	-	3.0	6.0
	上記以外の照明消費電力	W/m ²	5.0	2.1		暖房	-	2.0	4.0
家電	冷蔵庫	W	60.0	26.4	給湯	設定室内温度 冷房	℃	27.0	27.0
	電気ポット	W	66.0	43.6		暖房	℃	22.0	22.0
	電子レンジ	W	200.0	132.0		ガス給湯器 効率	-	0.85	0.95
	温水洗浄便座	W	35.0	23.1	給湯	ヒートポンプ給湯器	-	-	3.0
	洗濯機	W	126.0	83.2		給湯温度（冬期）湯はり	℃	44.0	44.0
	炊飯器	W	225.0	148.5	交通	自動車CO ₂ 排出量	g-CO ₂ /人km	169.0	76.1(EV)
	ドライヤー	W	450.0	297.0		鉄道CO ₂ 排出量	g-CO ₂ /人km	18.0	18.0
	換気扇	W	20.0	13.2	その他	太陽光発電 容量 戸建	kW/戸	-	3.5
	スタンド	W	30.0	19.8		集合	kW/戸	-	3.5
	掃除機	W	200.0	132.0		燃料電池 容量(発電)	kW/戸	-	0.75
	アイロン	W	500.0	330.0		発電効率（排熱効率）	-	-	0.36(0.51)
	テレビ（待機電力）	W	121.0 (0.4)	79.9 (0.3)		蓄電池 容量	kWh/戸	-	3.0
	ラジオ（待機電力）	W	74.0 (0.5)	48.8 (0.3)		放電損失率	-	-	0.05
	パソコン	W	86.6 (6.2)	57.2 (4.1)		熱導管損失率	-	-	0.05

現状及び家電冷暖房省エネルギー化システム

現状及び家電冷暖房省エネルギー化システムについては、世帯*i*ごとに各用途に必要なエネルギー需要量をそれぞれに対応した機器で供給するものとし、必要な電力は全て系統から供給されるものと想定した。したがって、住宅内の時間帯別電力、都市ガスの消費量 $EC_i^{e,h}$ 、 $EC_i^{g,h}$ は式(4.11)、(4.12)で推計する。

$$EC_i^{e,h} = Q_{e,i}^h + \frac{Q_{cs+heat,i}^h}{COP_{cs,i}} + \frac{Q_{hs+heat,i}^h}{COP_{hs,i}} \quad (4.11)$$

$$EC_i^{g,h} = \frac{Q_{w,i}^h}{COP_{w,i}} \quad (4.12)$$

ここで、 $COP_{cs,i}$ 、 $COP_{hs,i}$ 、 $COP_{w,i}$ は冷暖房および給湯機器の効率である。このうち冷暖房についてはカタログ COP（成績係数）を、気温条件によって補正することで、気温の変動に伴う機器効率の変動を表現することが可能となる（佐藤 2005）。

スマートハウスシステム

スマートハウスシステムでは、個々の建物に太陽光発電、燃料電池、蓄電池、電気自動車を装備する。そのため、時間帯別の太陽光発電による発電量 $eg_i^{solar,h}$ および燃料電池による都市ガス消費量 $C_i^{g,cgs,h}$ と給湯に対する供給電力量 $eg_i^{cgs,h}$ および供給熱量 $H_i^{cgs,h}$ 、蓄電池および蓄熱槽による充放電量 $eg_i^{strg,h}$ 、充放熱量 $H_i^{strg,h}$ 、電気自動車への給電 $Q_{g,i}^{ev}$ を考慮し、電力、都市ガス消費量を式(4.13)、(4.14)のとおり推計する。

$$EC_i^{e,h} = Q_{e,i}^h + \frac{Q_{cs+heat,i}^h}{COP_{cs,i}} + \frac{Q_{hs+heat,i}^h}{COP_{hs,i}} + Q_{g,i}^{ev} \quad (4.13)$$

$$EC_i^{g,h} = \frac{Q_{w,i}^h - H_i^{cgs,h} - H_i^{strg,h}}{COP_{w,i}} + C_i^{g,cgs,h} \quad (4.14)$$

なお、電力消費量については、まず必要な電力需要に対して燃料電池による発電量、太陽光発電による発電量の順で充当するものとし、その総量が需要を上回る場合（ $EC_i^{e,h} < 0$ ）においては、蓄電池への充電、売電の順で消化するものとする。また、 $Q_{g,i}^{ev}$ については街区群の交通挙動により大きく変動することから、次節で述べる。また、太陽光発電については、山田ら（2009）を参考に日射量 R_A^h と発電容量 V_i^{solar} から式(4.15)により算出する。

$$eg_i^{solar,h} = R_A^h \cdot V_i^{solar} \cdot \eta_{pc} \cdot \kappa_{pt} \cdot \kappa \quad (4.15)$$

ここで、 η_{pc} はパワコンの運転効率(=0.95)、 κ_{pt} は月別温度補正係数(夏期:0.80, 中間期:0.85, 冬季:0.90)、 κ はシステム出力係数(=0.90)である。

燃料電池による発電および熱供給は、各時間帯の電力需要と蓄電池の容量、給湯需要と蓄熱槽の容量を超えないものとし、発電効率 η_{cgs}^e 、排熱効率 η_{cgs}^{hs} から、式(4.16)により求められる。

$$C_i^{g,cgs,h} = \frac{eg_i^{cgs,h}}{\eta_{cgs}^e} = \frac{H_i^{cgs,h}}{\eta_{cgs}^{hs}} \quad (4.16)$$

蓄電池および蓄熱槽の運転は、燃料電池による余剰熱供給および太陽光発電の余剰電力が発生した場合には、それぞれの容量に達するまで熱および電力を回収し、反対に電力・給湯需要を太陽光発電や燃料電池のみで賄えない状態には放熱・放電することで、熱及び電力需要を賄うものとする。これら機器によるエネルギー供給により電力・給湯需要をすべて充足することが困難となる場合には、系統電力やガス給湯器による給湯により、エネルギー不足分を賄うものとする。

面的利用（電力融通、熱融通、分散型エネルギー）システム

面的利用システムについては、街区群内で余剰電力を融通する場合（電力融通）、燃料電池による熱供給を融通する場合（熱融通）、街区群内のエネルギー需給を集中して制御する場合（分散型エネルギーシステム）の3ケースを想定する。電力融通は余剰電力が発生する建物から不足する建物へ融通を行うため、式(4.13)に調整電力量 $eg_i^{c,h}$ を、熱融通は給湯について同様の融通を行うため、さらに式(4.14)に調整熱量 $H_i^{c,h}$ を加算することで求める。なお、調整電力量と調整熱量それぞれについて、街区群全体での合計は0となる（式(4.17)、(4.18)）。

$$\sum_i eg_i^{c,h} = 0 \quad (4.17)$$

$$\sum_i H_i^{c,h} = 0 \quad (4.18)$$

分散型エネルギーシステムについては街区群全体の需要を合わせて管理し、その上で燃料電池の運転で不足する熱量は全てヒートポンプにより賄うものと想定する。この際、燃料電池による熱供給 $H_{A,u}^{cgs,h}$ は、給湯、暖房、冷房の順で充当する。また、工場廃熱等、街区の外側から供給される未利用エネルギー等 $eg_i^{ex,h}$ 、 $H_{A,u}^{ex,h}$ については外生的に与えるものとする。したがって、街区群Aの電力、都市ガス消費量は式(4.19)、(4.20)により推計する。

$$EC_A^{e,h} = Q_{e,A}^h + Q_{g,A}^{ev,h} + \sum_u \frac{Q_{A,u}^h - H_{A,u}^{cgs,h}}{COP_{A,u}} - eg_A^{solar,h} - eg_A^{cgs,h} - eg_A^{strag,h} - eg_i^{ex,h} \quad (4.19)$$

$$EC_A^{g,h} = EC_A^{g,cgs,h} = \frac{eg_A^{cgs,h}}{\eta_{cgs}^e} = \frac{\sum_u^{cs,hs,w} H_{A,u}^{cgs,h} - H_{A,u}^{ex,h}}{\eta_{cgs}^{hs}} \quad (4.20)$$

以上に示す各エネルギーシステムのエネルギー消費量算出方法を図 4-3 に整理する．省エネ化においては設備効率の向上のみを対象としており，スマートハウスは新たな設備の導入，電力融通・熱融通システムは各需要家間の負荷を調整するプログラムが追加されている．なお，分散型エネルギーシステムにおいては負荷追従する需要自体を地域で一括して扱う．

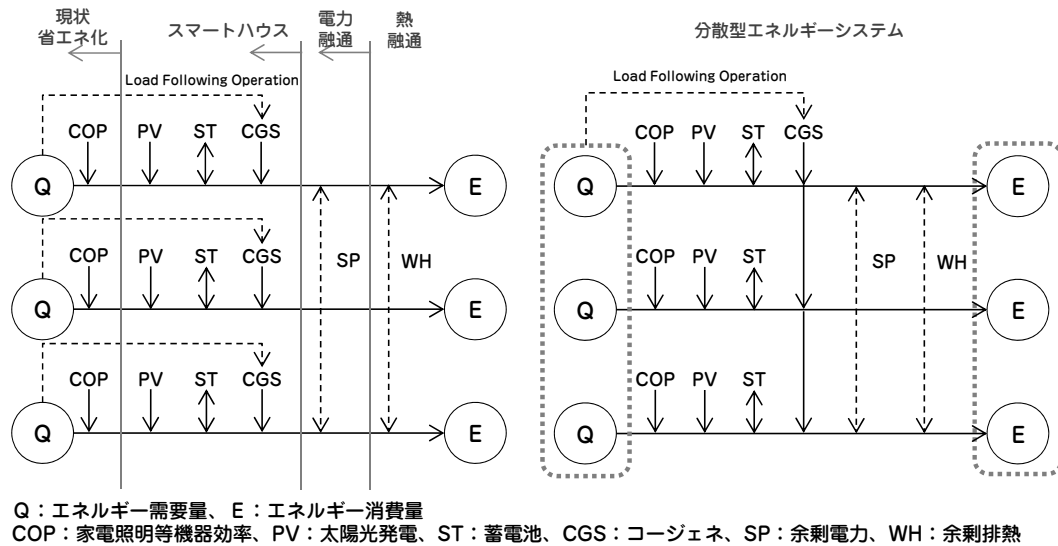


図 4-3 各エネルギーシステムにおけるエネルギー需給メカニズムの模式図

(5) 世帯属性に応じたエネルギー消費量原単位の推計結果

以上のモデルを用い，設定した 7 世帯属性における時間帯別燃料別エネルギー消費量原単位を推計する．図 4-4 は，共働き夫婦と高齢夫婦における推計例である．共働き夫婦の場合，日中はともに外出しているために，エネルギー消費量は家電の待機電力のみとなり，電力消費量は小さい．しかし，入浴や炊事を短い時間で済ませることから，18 時台から 19 時台にエネルギー消費量が集中する．反対に高齢者夫婦は，日中に家に少なくとも夫婦の一方が在宅している時間が多いため，日中でもエネルギー消費が発生する．しかし，夕方以降には日中に家事等の用事を済ませていることから，共働き夫婦と比べてエネルギー消費量のピークが小さくなっている．以上より，世帯人員が同じであっても，生活スケジュールの違いにより，時間帯別燃料別エネルギー消費量の特性の違いが大まかに把握できる．

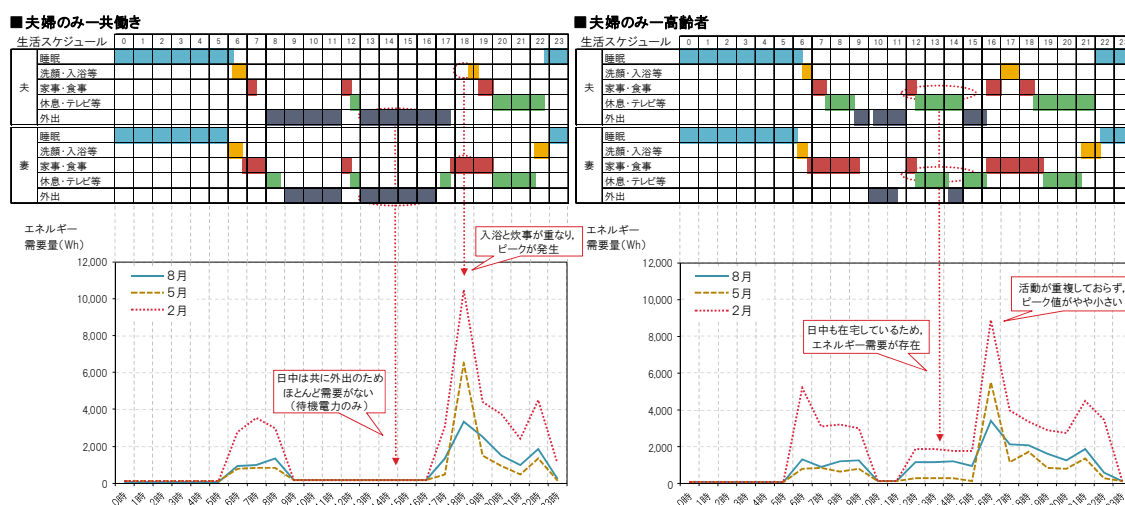
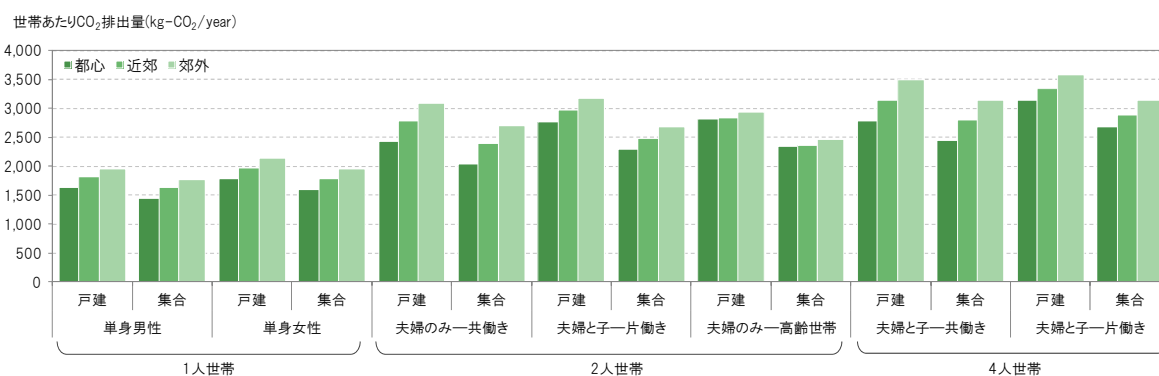


図 4-4 共働き夫婦，高齢夫婦における時間帯別エネルギー消費量の例

次に都心，近郊，郊外における世帯属性別の世帯あたり CO_2 排出量の推計結果を図 4-5 に示す。直、推計の際、住宅の設備は現状とし、交通については第 5 回中京都市圏パーソントリップ調査 (2011) から得られたトリップ距離と交通機関分担率を用いて算出している。

推計結果では、単身世帯と 4 人世帯とでは CO_2 排出量が 2 倍となっている。これは反対に、1 人あたり CO_2 排出量では 4 人世帯は単身世帯の半分程度であることを示しており、同じ居室に過ごしている場合には照明や冷暖房が単身世帯より少なく済むこと、給湯や炊事などのエネルギー消費が効率的であることが反映されている。また、同じ世帯人員であっても、その構成員と地域により大きく CO_2 排出量が異なっている。都心部では、共働き夫婦世帯のほうが高齢者世帯より大幅に CO_2 排出量が小さく、郊外ではそれが逆転している。都心の場合には、通勤距離や利用交通機関から、通勤による CO_2 排出量が小さいために、在宅時の照明や冷暖房の利用が多い高齢者世帯の CO_2 排出量が多いが、郊外では通勤距離が長く自動車の利用が多いことから、通勤による CO_2 排出量が大きくなっているためである。同一都市圏内であっても、街区群の人口構成と交通特性により、世帯起源のエネルギー消費量は大きく異なる。

図 4-5 世帯属性別，居住地別の年間 CO_2 排出量の推計結果

(6) 環境技術導入による街区群別のエネルギー消費量変化の推計結果

環境技術導入によるエネルギー消費量の違いを図4-6に示す。この際、太陽光発電による余剰電力は、CO₂排出量から差し引かない。現状システムにおけるCO₂排出量がほとんど変わらない都心、近郊、郊外の3街区群において各システムを導入した場合、住宅のみを対象としたシステムでは、システムの融通程度が上がるにつれて、都心より郊外のCO₂排出量が小さくなる。これは、電気自動車の導入により交通起源のCO₂排出量の違いが想定的に小さくなること、戸建比率が多く、太陽光発電の設置率が高いことなどが挙げられる。住宅のみを対象とした場合、特に建築単体に関する設備導入のみでは、郊外効果が大きいことが明らかとなった。

次に、周辺の商業・業務を含めた面的利用システムを導入した場合の推計結果を図4-7に示す。その場合、近郊で最も削減効果が大きく、次いで都心、郊外と、住宅のみを対象とした場合と比べて結果が逆転している。これは、都心や近郊のほうが商業・業務の割合が高く、コージェネレーション等により発生する排熱が有効利用でき、太陽光発電による余剰電力が吸収できるためである。反対に郊外は商業・業務の割合が低く、面的利用の効果は期待できない。

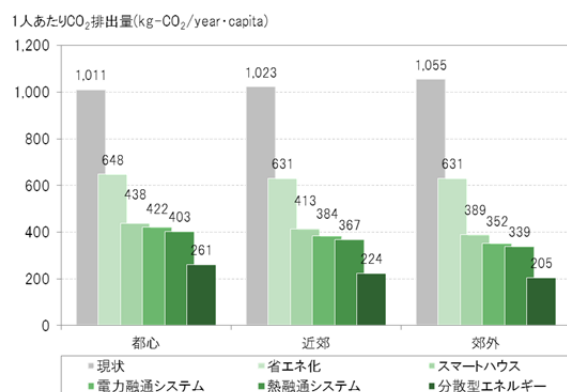


図4-6 住宅のみによる想定システムごとのCO₂排出量推計結果

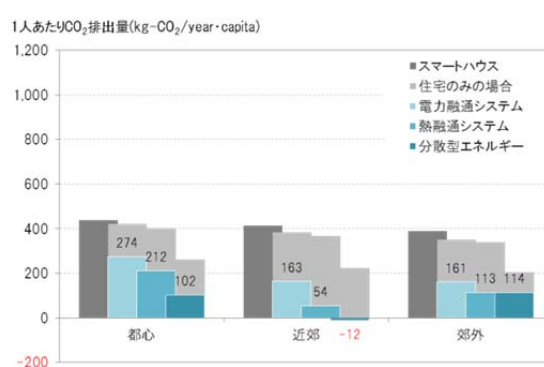


図4-7 商業事務所を含めた想定システムごとのCO₂排出量推計結果（住宅分）

さらにそれぞれの街区群について、新しいライフスタイルの普及や、居住施策を講じた場合の分析を行う。分析する施策の概要を表4-8に、結果を図4-8に示す。

都心では、単身世帯のシェアハウス導入を検討した。都心街区群では50%以上が単身世帯であることから、シェアハウス導入により現状システムのままで25%の削減効果が得られた。しかし、面的利用システムが導入されることにより削減は小さくなり、集中型ではシェアハウス普及有無によるCO₂排出量はほとんど変わらない。近郊では、戸建住宅に住む単身・夫婦世帯と、集合住宅に住むファミリー世帯の街区群内住み替えを検討した。世帯人員が少ない世帯が、延べ床面積が必要以上に大きい戸建住宅から集合住宅へ住み替えるものであり、現状システムでの削減効果は大きくない。しかしながら、面的利用システムに移行するにつれ削減効果は大きくなっている。これは太陽光発電が設置できる戸建住宅に、日中に在宅しているファミリー世帯が住むことで、余剰電力がより有効活用できるようになったためである。郊外では、テレワークの普及による効

果を検討した。現状システムでは CO₂ 排出量は通勤の減少により微減するものの、電気自動車の普及が進めば反対に照明や家電による CO₂ 排出量が大きくなり、面的利用システムに移行しても、CO₂ 排出量はテレワーク導入前のほうが小さくなる。

以上から、世帯構成や土地利用、ライフスタイルの違いにより、環境技術の導入効果が大きく変化することが明らかとなった。低炭素まちづくりを進めるためにはこれらを全体でデザイン、検討する必要があることが明らかとなっている。

表 4-8 各街区群において想定する世帯構成と生活スケジュール変化の想定

対象地域		都心：長者町街区群				近郊：御親街区群				郊外：豊山街区群			
対策案		都心において割合の大きい単身世帯へのシェアハウス（3人居住）導入				戸建住宅単身・夫婦世帯と集合住宅ファミリー世帯の街区群内住み替え				戸建住宅夫婦・ファミリー世帯へのテレワーク導入			
世帯構成		現状		対策案		現状		対策案		現状		対策案	
戸建住宅	単身ー男性	3%	→	シェアハウス		8%	→	0%		8%	→	現状と同様	
	単身ー女性	3%	→	（戸建）を導入		5%	→	0%		3%	→	現状と同様	
	夫婦のみー共働き	0%	→	現状と同様		1%	→	0%		3%	→	テレワーク導入	
	夫婦のみー片働き	0%	→	現状と同様		0%	→	0%		1%	→		
	夫婦のみー高齢者	8%	→	現状と同様		12%	→	6%		11%	→	現状と同様	
	夫婦と子ー共働き	4%	→	現状と同様		12%	→	25%		22%	→	テレワーク導入	
	夫婦と子ー片働き	2%	→	現状と同様		7%	→	14%		9%	→		
集合住宅	単身ー男性	25%	→	シェアハウス		15%	→	23%		13%	→	現状と同様	
	単身ー女性	23%	→	（集合）を導入		10%	→	15%		6%	→	現状と同様	
	夫婦のみー共働き	3%	→	現状と同様		4%	→	5%		3%	→	現状と同様	
	夫婦のみー片働き	1%	→	現状と同様		2%	→	現状と同様		1%	→	現状と同様	
	夫婦のみー高齢者	8%	→	現状と同様		5%	→	11%		2%	→	現状と同様	
	夫婦と子ー共働き	14%	→	現状と同様		13%	→	0%		13%	→	現状と同様	
	夫婦と子ー片働き	6%	→	現状と同様		7%	→	0%		5%	→	現状と同様	

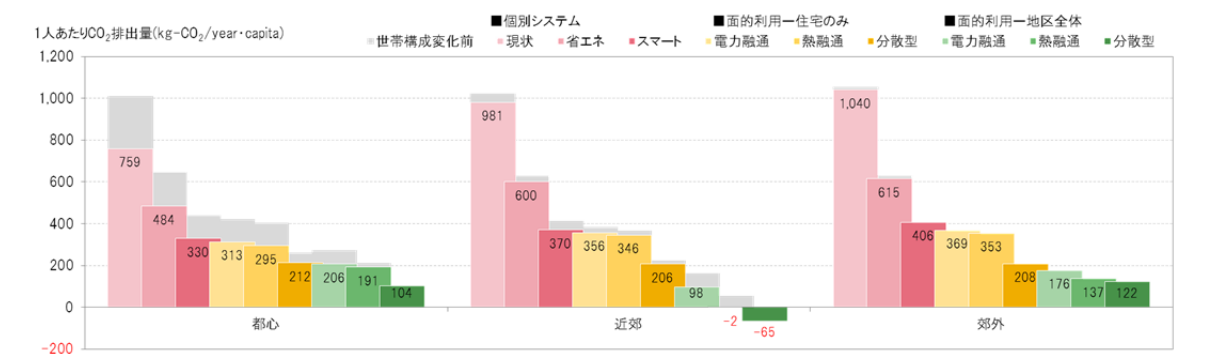


図 4-8 ライフスタイル普及や居住政策導入による CO₂ 排出量の違い

4-4 沿線環境を考慮した距離別交通手段分担率モデル

高度経済成長期の日本においては、旅客交通政策は増加する自動車交通需要への対応や、経済成長に対応したより早くより大量に輸送できる交通手段の整備、つまり幹線道路ネットワークをはじめとした基幹交通ネットワークの整備がほとんどであった。しかし、自動車排ガスによる都市環境の悪化やコンパクトシティへの関心、地方の鉄道廃線問題が表れだした 1990 年代以降は、公共交通へのモーダルシフトや交通需要管理（TDM）政策が注目され始め、より面的な交通政策について検討が進められてきた。さらに、現在においては、気候変動への対応や、少子高齢化に伴う交通弱者の発生、まちなかの活性化など、交通を取り巻く問題は一層多様化しており、政策もまた、これまでのような都市スケールでの取り組みだけでなく、より居住地に近い取り組み—例えば、道路空間再配分による歩道・自転車道の面的整備、ゾーン 30 など—が検討、導入されている状況である。加えて、第 2 章で紹介したスマートシティ事業における交通分野の取り組みでは、Personal Mobility Vehicle（PMV）や EV、PHV 等の次世代自動車の普及などの新しい交通手段の導入、駐車場集約やカーシェアリングなど交通手段の使い方の提案など、ライフスタイルの変化を促す施策が検討されている。都市交通施策の方向性は幹線交通ネットワークから面的対策へ、そしてコミュニティスケールの対策へ移りつつある。

こうした取り組みについては、これまで多くの実証実験・事業によってその効果検証がなされており、導入による利用者の声や利便性の把握、そして事業としての実現性など幅広い観点から検討がされてきた。しかしながら、多くの実証事件はごく一時的であり、かつ関心を持つ限られた利用者層への提供が行われてきたことから、それらの継続的な実施が居住者の交通行動にどのように影響を及ぼすかについてはあまり検討されていない。たとえば、自転車道整備に関する評価では、その安全性や快適性を評価する研究や、経路選択への影響を評価する研究（例えば、三輪ら 2011）などはあるが、環境面への影響には経路よりも交通手段が重要となる。また、カーシェアリングについては矢野ら（2011）が実際のデータをもとに、カーシェアリング利用前後の自動車トリップ長の変化を分析しているが、それは自動車利用に関する変化のみを分析したものであり、交通行動の変化全体を把握できるものではない。また、これらの研究は、いずれも 1 つの交通手段あるいは政策に着目した分析であり、将来的なシナリオとしていくつかの施策を組み合わせ導入した際の効果は把握できない。安田（2012）はゾーン 30、歩道拡幅、自転車道設置位置、駐輪スペース、景観等を考慮した都心街区群の道路空間デザインについて各交通手段の観点から評価を行っているが、これは定性的な分析である。

本研究では街区群まちづくりの効果を包括的、定量的に評価するため、交通施策による居住地周辺環境や交通手段の性能の変化から、居住者の交通手段分担率を予測するモデルを構築する。

(1) 交通手段分担率モデルの定式化

一般的な非集計型の交通行動モデルでは、トリップインターチェンジ（ある目的のもとでの出発地から目的地までの移動，すなわち OD）が分析単位として用いられる．これは RP を用いてトリップを行う個人の属性と交通環境を同時に定式化することが可能であるが，現在のパーソントリップ調査ではデータ整理が困難であるとともに，まだあまり実施されていない施策の分析が難しい．また，居住地の周辺環境による影響を中心に分析する上では，目的地側の情報はあまり必要でなく，そのためより簡易的なモデルのほうが適当であると考えることができる．したがって，本研究では対象街区群のトリップエンド（対象街区群を発着とするトリップ）を単位として，交通行動がトリップ数，トリップ長分布，距離別交通手段分担率により説明でき，それぞれが独立である街区群単位での集計モデルを想定する．この想定下では，トリップ数は主に世帯構成やライフスタイルの変化に，トリップ長分布は主に交通ネットワークや施設立地に，トリップ長別分担率は主に居住地周辺の土地利用，沿道環境などの街区群デザインや交通手段の性能から決定される．その上で，本研究では居住地の周辺環境と交通手段の性能の分析のため，距離別交通手段を対象に予測モデルを定式化する．

具体的には，まず目的地を居住地からの距離で表現し，選択可能な交通手段集合 M を徒歩，自転車，自動車，公共交通であると限定すると，居住者が M を 2 つに分けた交通手段群 s ， s^c のどちらかを選択する割合は，距離を主変数とした分担率曲線 $P_i^p(s_j|l)$ により表現することができる．さらに，異なる交通手段群の組み合わせによる分担率曲線を組み合わせることで，距離別の各交通手段の分担率を算出することができる． $P_i^p(s|l)$ を，式(4.21)のとおりのロジスティック曲線を用いて定式化する．

$$P_i^p(s|l) = \frac{1}{1 + \exp(c_s^p(l_{i,s}^p - l))} \quad (4.21)$$

ここで， c_j^p ：距離低減パラメータ， $l_{i,s}^p$ ：各交通手段群の分担率が 50% となる距離である． $l_{i,s}^p$ は，ある交通手段を利用する最大距離平均（以下、限界距離とする）であり，各交通手段の平均移動距離はこれにトリップ長構成比率をかけたものとなる． $l_{i,s}^p$ は目的地までの距離と居住地周辺の沿道環境，各交通手段群の性能に影響されると想定し，式(4.22)で表されるものとする．

$$l_{i,s}^p = \delta_{i,k}^p \cdot X_{i,k} + \gamma_s^p \quad (4.22)$$

ここで， $X_{i,k}$ は影響要因 k の説明変数， $\delta_{i,k}^p$ は，各変数による限界距離への影響係数， γ_s^p は交通手段群固有のパラメータである．交通手段群 s ， s^c の組み合わせを変えてそれらを重ね合わせると，図 4-9 のような各交通手段の距離別分担率曲線を得ることができる．なお，公共交通については，その下の階層に端末交通に関する分担率曲線（徒歩・自転車および自動車）を想定した．

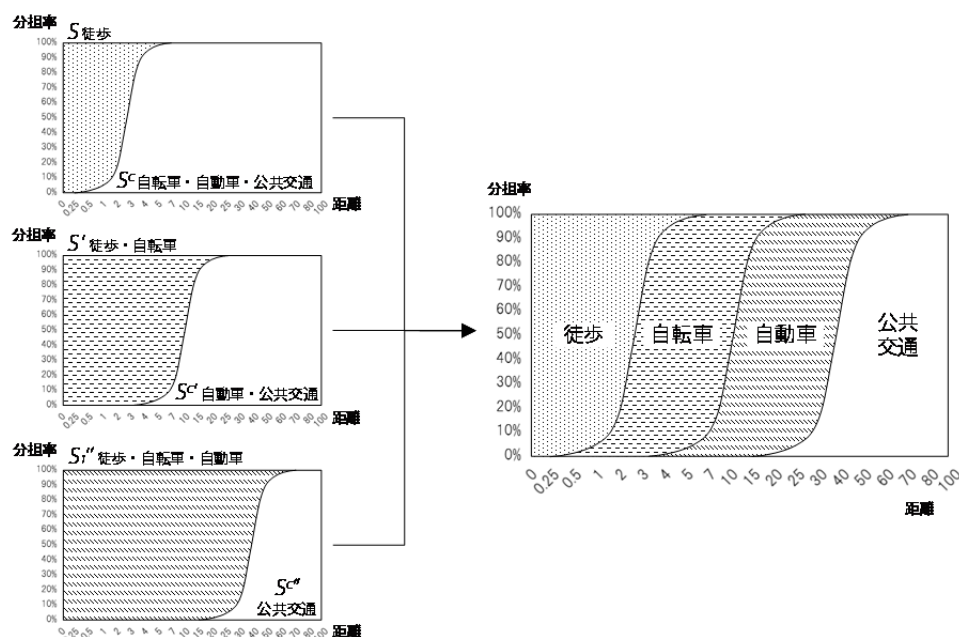


図 4-9 分担率曲線の重ね合わせによる距離別交通手段分担率の考え方

(2) 各交通手段の分担率曲線における変数設定

以上で定式化した分担率曲線を特定化するため、式(4.22)における影響要因の指標 $X_{i,k}$ を、分析を行う施策感度と、実際の選択行動への影響可能性を考慮し、表 4-9 のとおり設定する。設定においては、距離増加に伴い交通手段は徒歩、自転車、自動車、公共交通の順に選択されること、移動距離が短い場合は居住地周辺の土地利用・沿道環境の影響が大きく、距離が長くなるにつれて交通手段の性能による影響が大きくなるものと仮定した。なお、公共交通（ s'' ）における駅やバス停までの距離については、端末交通手段に関する分担率曲線のパラメータから基準化されたものを用いる。

表 4-9 各街区群において想定する世帯構成と生活スケジュール変化の想定

交通手段群	影響要因	測定指標	関連施策の例
【代表交通手段】 S : 徒歩 S' : それ以外	歩きやすさ	歩道幅 (m)	歩道整備
	沿道風景	沿道の立ち寄り可能箇所 (公園・商業) の多さ (%)	土地利用変化
	快適性	緑の多さ (街路樹の本数・枝の広がり) (%)	緑化政策
	坂道の多さ	目的地までの高低差 (m)	—
【代表交通手段】 S' : 徒歩, 自転車 S'' : 自動車, 公共交通	自転車の利用しやすさ	自転車走行空間の明示率 (%)	自転車道整備
	坂道の多さ	坂道の多さ (m)	—
	自転車の性能	1 人用移動車両のアシスト率 (%)	PMV、電動アシスト
	自動車の利用方法	自動車がいつでも利用できるか (%)	カーシェア
	自動車の利用方法	自動車がいつでも利用できるか (%)	カーシェア
【代表交通手段】 S'' : それ以外 S''' : 公共交通	最寄りの公共交通機関	最寄りの公共交通機関が鉄道かバスか (鉄道 dummy)	公共交通整備
	公共交通機関のサービス水準	公共交通の待ち時間 (分)	サービス向上
	公共交通機関までの距離	鉄道駅やバス停までの距離 (km)	住宅立地変化
		※端末交通性能による基準化	バスルート再編
【端末交通手段】 S''' : 徒歩・自転車 S''' : 自動車	歩きやすさ	歩道幅 (m)	歩道整備
	自転車の利用しやすさ	自転車走行空間の明示率 (%)	自転車道整備
	坂道の多さ	目的地までの高低差 (m)	—
	コミュニティサイクルシェア	コミュニティサイクルシェアの導入有無 (dummy)	サイクルシェア

(3) アンケート調査を用いたパラメータ推定

パラメータ推定方法の概要

前項で設定した指標について、それぞれの指標に対する平均限界距離への影響係数を、居住者へのアンケート調査（表-1）によって推定する。パラメータの推定にあたっては、各交通手段群の分担率曲線（式(4.21)）がロジットモデルの効用差に見立てられる（式(4.23), (4.24)）ことを利用し、アンケート調査により得られる個人の選択データを用いて、最尤法により推定した。

$$P_i^p(s_l | l) = \frac{\exp V_i^p(s, l)}{\exp V_i^p(s, l) + \exp V_i^p(s^c, l)} = \frac{1}{1 + \exp \{V_i^p(s^c, l) - V_i^p(s, l)\}} \quad (4.23)$$

$$\begin{aligned} V_i^p(s^c, l) - V_i^p(s, l) &= c_s^p (l_{i,s}^p - l) \\ &= c_s^p \cdot (\delta_{i,k}^p \cdot X_{i,k} + \gamma_s^p) - c_s^p \cdot l_{i,s}^p \\ &= \delta_{i,k}^p \cdot X_{i,k} + \gamma_s^p - c_s^p \cdot l_{i,s}^p \end{aligned} \quad (4.24)$$

ここで、 $V_i^p(s^c, l) - V_i^p(s, l)$ は、交通手段群 s 、 s^c の効用差である。

アンケート調査の内容

アンケート調査は、名古屋都市圏（都心部から 20km 県内に属する市町村）在住者の合計 1,000 人に対して実施し、年代（20 代～60 代）及び性別（男性、女性）ごとの割り付けは同率とした（表 4-10）。アンケート調査は、影響要因の測定指標についてそれぞれ 2 水準、目的地までの距離については 3 水準を設定し、直行配列表により作成した組み合わせで提示した各仮想条件（プロファイル）下で、提示する 2 つの交通手段群のどちらを利用したいかを選択する形式（二項選択）とした（図 4-10）。

表 4-10 実施したアンケート調査の概要

調査期間	2013年12月19日～21日
実施対象	名古屋20キロ圏に居住する住民
抽出方法	性・年代別に同数を割付したうえで無作為抽出（100サンプルずつ）
割り付け区分	年代：20代～60代（5区分） 性別：男性、女性（2区分） の計10区分
回収数	1,000サンプル
実施形式	アンケートモニターを活用したWEB調査 ※株式会社マクロミルに委託し、実施

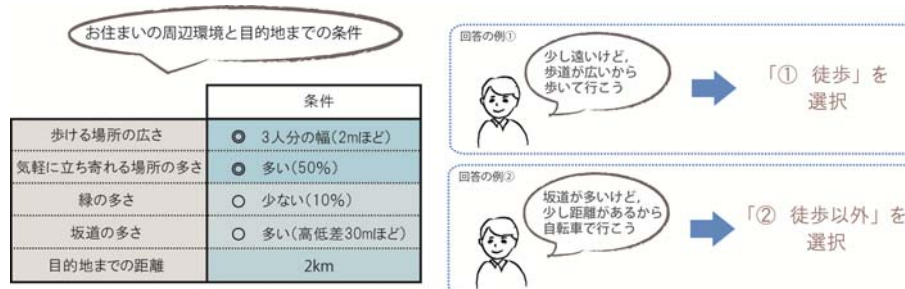


図 4-10 アンケート設問のイメージ（アンケート票解答例の抜粋）

パラメータの推定結果

得られた選択結果をもとに、式(4.23)、(4.24)を用いて条件付きロジットモデルの最尤推定法によりパラメータを推定したパラメータを表-2に示す。

代表交通手段に関するモデル (a)～(c) では、公共交通の固有変数以外は全て t 値が 1.96 (有意確率 5%) を上回っている。端末交通手段(d)では 3 つの変数で t 値が 5%有意となっていない。尤度比は、(a)～(c)において 0.2 を下回っており、モデルの適合性が十分に高いとは言えない。

パラメータの推定結果では、各変数のパラメータから交通手段選択の限界距離に影響する値が算出できている。坂道が及ぼす徒歩や自転車の限界距離への影響は、徒歩については高低差が 10m 増加することにより限界距離が 230m 減少、自転車では 670m 減少し、坂道の影響は自転車利用への影響が大きいことが示される。一方、道路幅 1m の活用を考えたとき、歩道整備を行った場合には、徒歩の限界距離が 240m 増加 (に加え端末交通の徒歩・自転車も 80m 増加) し、自転車道では自転車の限界距離が 1.5km 増加する。以上から、同じ移動距離でも、街区群の周辺環境や交通手段の性能の特性により、その居住者が利用する交通手段の割合が変化することが示されており、コミュニティスケールでの交通施策による交通行動変化の可能性が示されている。

表 4-11 パラメータ推定結果

モデル区分	変数	パラメータ	t 値	限界距離への影響
(a) 【代表交通手段】 S:徒歩 S':それ以外	歩道幅 (m)	0.122	2.90	+240m/歩道幅 1m
	沿道の立ち寄り可能箇所 (公園・商業) の多さ (%)	0.00631	4.42	+120m/立ち寄り場所 10%
	緑の多さ (街路樹の本数・枝の広がり) (%)	0.00566	3.59	+110m/街路樹 10%
	目的地までの高低差 (m)	-0.0117	-3.66	-230m/高低差 10m
	目的地までの距離 (km)	-0.514	-23.0	—
	徒歩(固有変数)	0.766	5.75	全て 0 の場合: 1.5km
	サンプル数	5814		
	修正 ρ^2	0.183		
(b) 【代表交通手段】 S:徒歩,自転車 S':自動車,公共交通	自転車走行空間の明示率 (%)	0.437	7.79	+1.5km/自転車道設置
	坂道の多さ (m)	0.0187	-6.66	-670m/高低差 10m
	1 人用移動車両のアシスト率 (%)	0.738	6.56	+2.6km/電動アシスト率 50%
	自動車がいつでも利用できるか (%)	-0.101	-8.24	-360m/自家用車を利用可能
	目的地までの距離 (km)	-0.279	-20.2	—
	徒歩・自転車(固有変数)	0.907	8.87	全て 0 の場合: 3.2km
	サンプル数	5814		
	修正 ρ^2	0.0854		
(c) 【代表交通手段】 S'':それ以外 S''':公共交通	自動車がいつでも利用できるか (%)	-0.142	-11.6	+3.4km/自家用車を利用可能
	最寄りの公共交通機関が鉄道かバスか (鉄道 dummy)	0.176	3.14	-4.3km/最寄り公共交通が鉄道
	公共交通の待ち時間 (分)	-0.0580	-10.3	-1.4km/待ち時間 1 分短縮
	鉄道駅やバス停までの距離 (km) ※端末交通性能による基準化	-0.455	-12.1	+11km/1km 遠くなる
	目的地までの距離 (km)	0.0413	3.46	—
	公共交通(固有変数)	0.0251	0.22	全て 0 の場合: -600m
	サンプル数	5784		
	修正 ρ^2	0.0839		
(d) 【端末交通手段】 S''':徒歩・自転車 S''':自動車	歩きやすさ	0.0635	1.52	+80m/歩道幅 1m
	自転車の利用しやすさ	0.0857	1.38	+110m/自転車道設置
	坂道の多さ	-0.0238	-7.57	-310m/高低差 10m
	コミュニティサイクルシェア	0.111	1.78	+140m/サイクルシェア
	最寄りの公共交通機関までの距離	-0.779	-33.8	—
	徒歩・自転車 (固有変数)	2.45	22.7	全て 0 の場合: 3.2km
	サンプル数	5784		
	修正 ρ^2	0.203		

(4) 現況再現性の確認

現況再現性確認における設定条件

得られたパラメータを用いてモデルを特定し、名古屋都市圏について小学校区単位で交通手段分担率の現況再現性を確認する。現況再現を確認する実際値としては、2011年に実施された第5回中京都市圏パーソントリップ調査のマスターデータを小学校区単位で集計したものを使用し、推定値としては前項で得られたパラメータと、第5回中京都市圏パーソントリップ調査から得られたトリップ数、移動距離構成を用いて推計した値を用いた。小学校区単位での各計測指標は、表4-12に示す通り、住宅地図や道路網地図など、既存の地図情報から、GISを用いて計測した。

表 4-12 名古屋都市圏全域における計測指標の導出方法

影響要因	計測指標	単位	計測手法	利用データ・出典
歩きやすさ	歩道幅	m	住宅地図より、歩道の総面積を算出し、道路総延長で除す	zmap2009 ESRI 道路網 2011 全国版
沿道風景	沿道土地利用割合	%	住宅地図より抽出した商業建物および公園に面する道路延長を算出し、道路総延長で除す	z map2009 ESRI 詳細地図道路路面 電話帳 Telepoint 都市公園国土数値情報
緑（街路樹）の広がり	街路樹の整備率	%	道路交通センサスより、歩道幅 3.5m 以上の道路延長を算出し、道路総延長で除す	H22 年度道路交通センサス
坂道の多さ	標高差	m	街区群内の建物それぞれの標高差を平均	50m メッシュ（標高） 土地利用細分メッシュ
自転車の利用しやすさ	歩行者自転車道・自転車道・自転車レーン設置率	%	道路交通センサスより、歩行者自転車道・自転車道・自転車レーン設置道路延長を算出し、道路総延長で除す	H22 年度道路交通センサス ESRI 道路網 2011 全国版
自転車の性能	電動アシスト自転車普及率	%	文献より	市場開発研究所 調査資料
自動車の利用方法	自動車保有率 カーシェアリング普及率	%	市区町村自家用車登録台数を市区町村別 20 歳以上人口で除すことで自動車保有率を算出 カーシェアリングが普及することで自動車保有率が下がると仮定	H22 市区町村別・車種別 自動車保有台数 H22 人口動向調査結果
最寄り公共交通機関	鉄道/バスの効用の大小		鉄道/バスの効用値をそれぞれ算出し、効用値の大きいものを採用	
公共交通機関サービス水準	鉄道/バス頻度（待ち時間）	分	(10)の駅/バス停の運行本数より、平均待ち時間を算出	鉄道：各社 HP 時刻表 バス：バス停留所・時刻表データ
最公共交通機関までの距離	駅・バス停までの距離	m	小学校区重心点から最寄り駅/バス停までの距離を計測	鉄道駅：国土数値情報 バス停：バス DB ESRI 道路網 2011 全国版

交通手段分担率による現況再現性の確認結果

図 4-11 に交通手段別のトリップ数を用いた各交通手段分担率の現況再現性を, 図 4-12 に交通手段別の総移動距離を用いた各交通手段分担率の現況再現性を示す。

トリップ数基準での交通手段分担率ではいずれの交通手段においても実際値 (PT の集計結果) と推計値の相関係数は 0.70 以下となっており, 再現性はあまり高くない。一方で, 総移動距離を基準とした交通手段分担率では, 徒歩と公共交通で 0.70 を超えており, 自転車以外の現況再現性は比較的確保できている。徒歩に着目すれば, どの街区群でも 10%以下ではあるが, 実際値のばらつきよりも推計値のばらつきのほうが大きく, SP データの使用により実際の街区群間の分担率の違いよりも変数による感度が強くなっている傾向がある。一方で, 公共交通や自動車では実際値のばらつきのほうが推計値のばらつきよりも大きく, 距離の長いトリップに関しては居住地周辺の環境や一部の交通手段性能変数だけでは説明できないばらつきが存在していると考えられる。

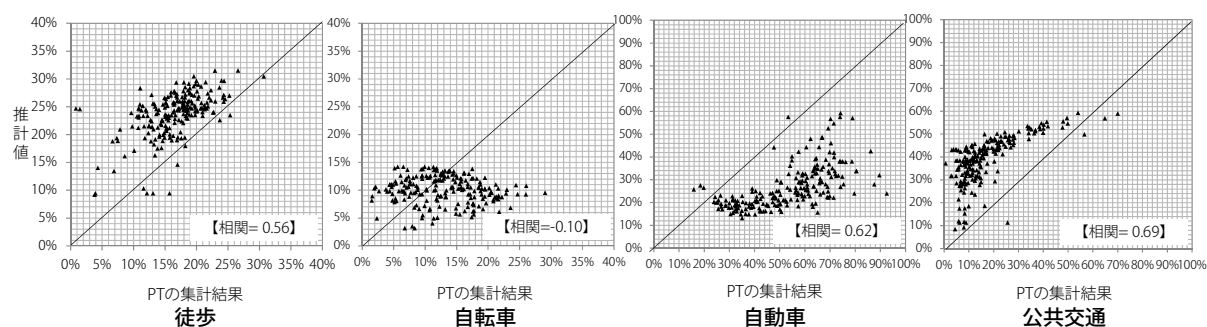


図 4-11 交通手段別のトリップ数を用いた各交通手段分担率の現況再現性

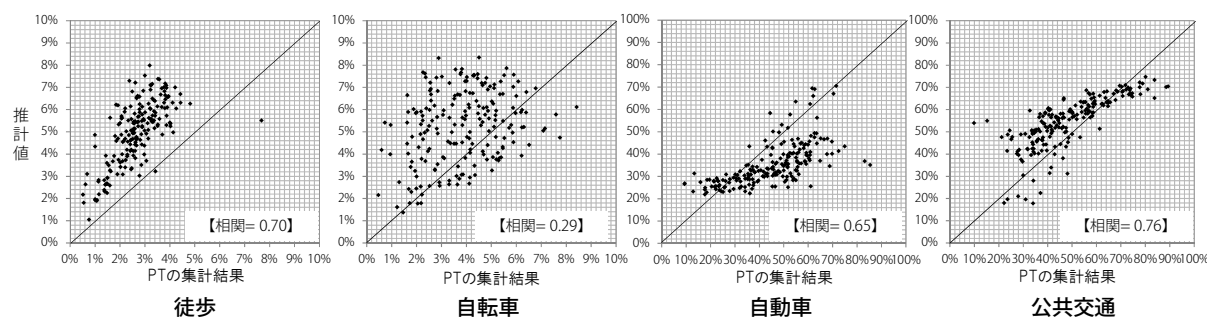


図 4-12 交通手段別の総移動距離を用いた各交通手段分担率の現況再現性

(5) 交通施策による感度分析

感度分析の設定シナリオ

構築したモデルを用いて、都市圏全域での交通・土地利用施策の感度分析を実施する。

対象とする施策の概要を表 4-13 に、そのうち人口再配置を行う場合の人口シナリオを図 4-13 に示す。歩行者系の施策としては、歩道の拡幅、沿道土地利用再編、街路樹整備を、自転車系の施策としては、自転車道の整備、電動アシスト自転車の普及を対象とした。また、PMV については、電動アシスト自転車のアシスト率 100%（自走可能）に相当する車両を想定した。なお、人口の再配置を行った場合、通常は都市施設立地も変化するため、トリップ長分布が変化するが、ここでは変化しないと仮定した。

表 4-13 分析対象とする街区群交通・土地利用施策

施策		設定条件
No.1	歩道の拡幅	全街区群平均 2m（2m 以上は一定）
No.2	沿道土地利用整備	沿道土地利用のうち商店・公園を 2 倍
No.3	街路樹の整備	全街区群 2 倍
No.4	自転車道の設置	2 車線以上の道路にすべて設置
No.5	電動アシスト自転車（アシスト率 50%）普及	普及率 50%
No.6	PMV（電動バイク）の普及	電動アシスト自転車 25%、PMV25%普及
No.7	カーシェアリングの普及	1 世帯当たり 1 台分をカーシェアリングに転換
No.8	バスのサービス水準の増加	バスの運行本数 2 倍
No.9	鉄道のサービス水準の増加	鉄道運行本数 1.5 倍
No.10	鉄道駅周辺への人口再配置	鉄道駅勢圏（駅 800m 以内）への人口集約
No.11	No.1～9 を合わせて導入（No.5 を除く）	
No.12	No.1～10 を合わせて導入（No.5 を除く）	

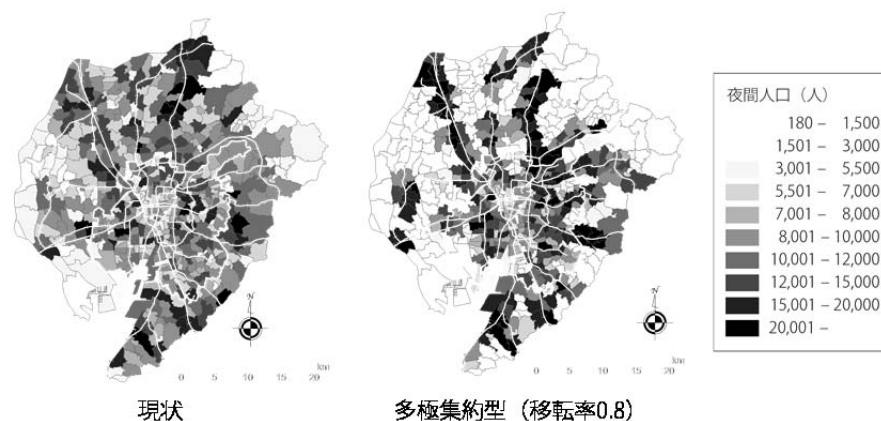


図 4-13 人口再配置シナリオ

表 4-14 各交通手段の CO₂ 排出原単位

交通手段	g-CO ₂ /人・km	出典
電動アシスト自転車	1.8	独) 国立環境研究所：平成 20 年度社会系セミナー 電気自転車の環境負荷削減効果
PMV（電動バイクを想定）	10	
自動車	170	国土交通省：国土交通白書 2011
バス	51	
鉄道	21	

感度分析においては各交通手段のCO₂排出原単位は表4-14に示す値を用い、各交通手段の総移動距離にそれぞれの原単位を乗じることで算出した。最寄りの公共交通機関がバスの街区群においても、10km以上のトリップは鉄道に乗り換えるものとしてCO₂排出量を算出した。

感度分析の結果

各施策の導入による総移動距離基準の交通手段分担率を図4-14に、CO₂排出量および削減率を図4-15に示す。歩行者系施策では、いずれも徒歩の分担率が0.1%前後増加し、その分自転車の分担率が減少しているが、CO₂排出量への影響はほとんどない。一方、自転車系の施策では、自転車道導入により自転車の分担率が2.2%増加、PMV導入では1.7%増加しており、その反対に自動車分担率が減少しているため、CO₂排出量もそれぞれ4.6%、3.5%減少している。すべての施策を実施した場合（No.11）では自動車の分担率が6.9%減少、CO₂排出量は12.2%の削減であり、更に駅周辺への集約を図った場合には、公共交通利便性の高い街区群の人口比重が高まるため、都市圏全体ではCO₂排出量が17.8%削減できる。

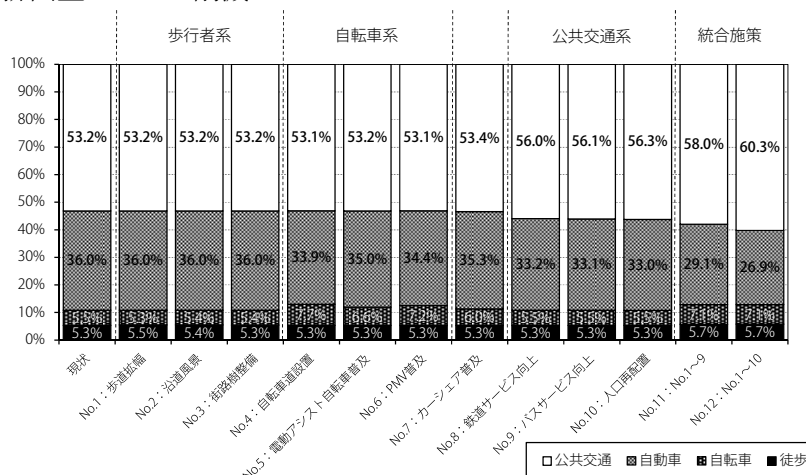


図4-14 交通施策導入による総移動距離基準分担率の変化

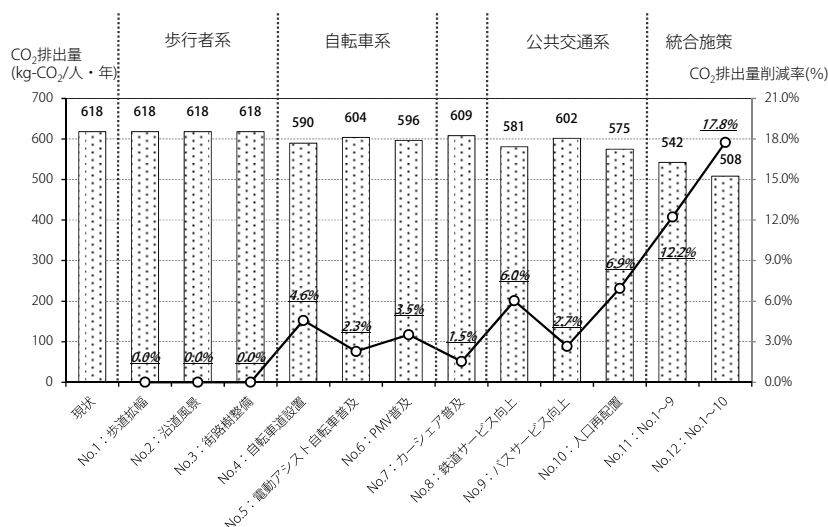


図4-15 交通施策導入によるCO₂排出量の変化

さらに上記結果を小学校区別に確認すると（図 4-16）、歩道拡幅では都心部で削減率が高い。これは、歩行者系施策はおもに 1～2km 範囲での分担率変化を促すことから、比較的トリップ長の短い動きが多い都心部での効果が大きくなったためである。また、自転車道設置や PMV 導入では小牧周辺や知多地域など郊外の一部の鉄道沿線地域で効果が大きい。これは、もともと周辺に工場が集積し、3～5km 程度の通勤行動が多い地域であり、自転車系の施策により通勤行動が自動車から自転車に変わりやすい街区群であったためと考えられる。一方、カーシェアリングの導入では、名古屋市内近郊街区群での削減率が高い。もともと利便性が高い地域にもかかわらず自動車利用が高かった地域が、カーシェアの導入により、比較的長い距離の移動が地下鉄に、短い距離の移動が自転車に転換したためである。

以上のように、それぞれの街区群の立地特性や、それに伴う現在のトリップ長の分布により、交通手段分担率の変化や CO₂ 排出量の削減に効果的な施策は異なる。モデル構築により、街区群の特性に応じた交通施策の選択が可能となることが明らかとなった。

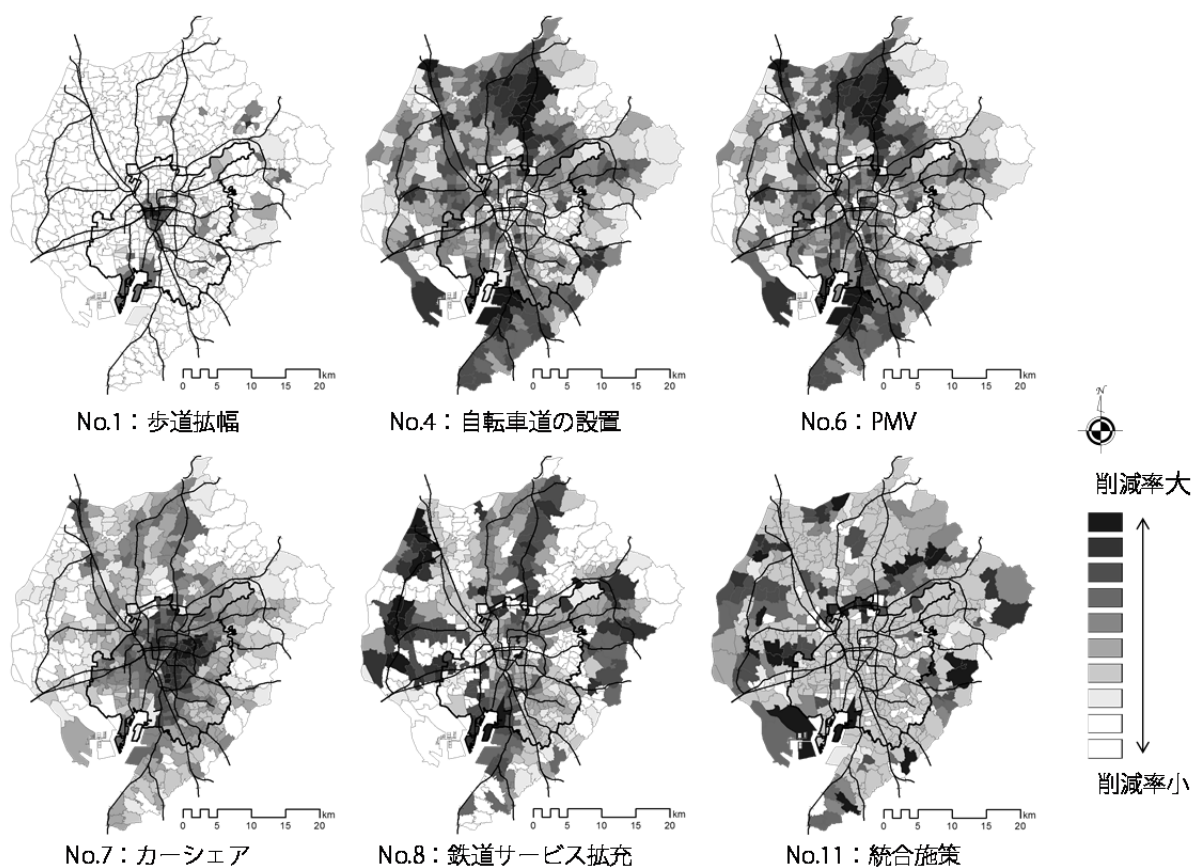


図 4-16 交通施策導入による小学校区別の CO₂ 排出量削減率

4-5 トリプルボトムラインを用いた街区群環境性能評価システム

これまでに構築したモデルから求められる時系列での建物更新動向やエネルギー消費量、交通行動変化から、トリプルボトムライン（Triple Bottom Line: TBL）の概念を用いて街区群の環境性能を評価するシステムを構築する。TBL はもともと、企業活動の評価について経済面だけでなく、社会や環境に与える影響も含めようというものである（John1997）。環境評価の分野では、むしろ環境面から経済面、社会面を含めた評価へと逆の展開を見せており、現在は企業 CSR 活動だけでなく、都市や地域の持続可能性評価にも多く用いられている（鈴木ら 2009, 川久保ら 2011）。本研究では社会的側面に関する指標を住民の享受する生活の質（QOL）、経済的側面を市街地維持費用、環境的側面を CO₂ 排出量とした街区群環境性能の TBL 評価システムを構築する。

(1) 生活の質(QOL)の評価モデルの構築

生活の質（QOL）という考え方が用いられたのは、産業革命以降のイギリスが最初だといわれており（中西ら 2005）、それ以降、都市政策の分野や医療分野で多く用いられている。Sen（1985）は厚生経済学の観点から「ある人が達成できる機能（の量または質）」と定義している一方で、Sirgy（1986）はマズローの段階欲求説との関係から QOL を位置付けている。学術分野や、それを用いる対象に応じてその定義は多岐に渡っているが、人々が社会や環境、身体から享受できる幸福の程度であることはおよそ共通の認識としてとらえることができる（三重野 2013）。Myers（1988）は、環境の物理量と個人の主観的価値評価の両面から計測される「住みよさ」とであると定義し、都市環境との関わりの観点から QOL を定式化している。また、Ulegin et al.（2001）はイスタンブールを対象に、具体的な指標を設定したうえで、コンジョイント分析により価値観の推定を行っている。居住環境に係る具体的な指標を、価値観を表す係数によって統合化する構造は、すでに公共事業分野で実施されてきた費用便益分析等と構造が類似しており、政策分析にも活用可能であることから、ほかにも類似の研究が実施されている（例えば Preuss and Vemuri（2004）、Eck（2005）など）。日本においては、林ら（2002）が、充足度に伴う居住者の価値観変化を組み込んだ評価モデルを構築しているほか、吉田ら（1998）は共分散構造分析を用いて住民の満足度と都市の物理的環境の関係を記述している。しかし、これらの研究はいずれも都市全体を対象としたものであり、より詳細な居住空間を評価するものではない。加知ら（2006, 2008）は 500m メッシュ程度の規模を評価単位として、生活環境質向上の機会（Life Prospects：LPs）と住民の価値観により QOL を定式化したうえで評価を実施しているが、都市圏全域を対象としていることから、本研究が目的とする街区群の空間デザインがもたらす環境変化への影響把握に対応していない。

したがって本項では、加知ら（2006）の定式化した QOL 評価手法を参考に、建物更新動向や世帯構成等の変化、環境技術の導入やインフラの整備による街区群環境の違いや変化による住民の QOL を計測評価できるモデルを構築する。

生活の質の定式化

QOL は加知ら（2006）に従い、生活環境質向上機会（Life Prospects：LPs）と住民の価値観により決定されるとする。LPs は、居住環境評価に関する既往研究（浅見 2001）を参考に、交通利便性（ACcesibility: AC）、居住快適性（AMenity: AM）、災害安全性（Safety & Security: SS）からなるものとし、計 24 指標を抽出した。各指標および計測、算出方法を表 4-15 に示す。各指標に対する住民の価値観を表す重み w を乗じたものの線形和を QOL 値とし、式(4.25)に定式化する。

$$QOL = f(w, LPs) = \sum_j w_j \cdot LPs_j \quad (4.25)$$

式(4.25)は QOL を無次元量として評価するものであり、評価結果について価値判断を行うことが難しい。本研究では QOL 値を「質的に調整された生存年数(Quality Adjusted Life Year：QALY)」で表現する。QALY は医療分野において費用効果分析のために開発された尺度であり、健康な人の 1 年を 1.0 (year/year) としている。本研究では、QOL により、居住者が過ごす時間の効用が異なると仮定し、式(4.26)のとおり、価値観を表す重みを余命換算値へと変換したもの w^L を用いる。

$$QALY = f(w^L, LPs) = \sum_j w_j^L \cdot LPs_j \quad (4.26)$$

表 4-15 LPs の測定指標と算出方法

評価要素	評価項目	測定指標	計測・算出方法
交通利便性：AC	都市交通利便性	AC1 通勤利便性	勤務先までの AC
		AC2 通学利便性	通学先までの AC
		AC3 通院利便性	通院先までの AC
		AC4 買物利便性	買物先までの AC
	街区群交通利便性	AC5 自転車交通環境	自転車道整備率(%)
		AC6 徒歩交通環境	歩道の整備幅(m)
		AC7 公共交通環境	駅までの距離(分)
		AC8 自動車交通環境	自動車使用可能時間(hour)
居住快適性：AM	住宅環境快適性	AM1 住宅の広さ	1人あたり延床面積(m ² /人)
		AM2 住宅の静けさ	交通騒音レベル (dB)
		AM3 敷地内の緑の多さ	庭の有無(dammy)
		AM4 日あたりのよさ	日照時間(hour)
	周辺環境快適性	AM5 地域の使いやすさ	Ln(徒歩圏商業施設数)
		AM6 景観の美しさ	建物連続性(%)
		AM7 周辺の緑の多さ	オープンスペース率(%)
		AM8 夏季の過ごしやすさ	8月の平均最高気温(℃)
災害安全性：SS	防災機能性	SS1 地震リスク	地震時損失余命(year)
		SS2 火災リスク	隣棟間隔(m)
		SS3 洪水リスク	洪水浸水深(m)
		SS4 救急リスク	救急搬送時間(min)
	減災機能性	SS5 物資確保性	災害時物資到達日数(日)
		SS6 衛生確保性	給水可能率(L/人)
		SS7 エネルギー確保性	エネルギー供給率(%)
		SS8 避難空間確保性	1人あたり避難面積(m ²)

アンケート調査の内容

住民の価値観を表す余命換算値 w^L を推計するため、アンケート調査を実施した。アンケート調査は、名古屋都市圏（都心部から 20km 県内に属する市町村）在住者の合計 1,000 人に対して実施し、年代（20 代～60 代）及び性別（男性、女性）ごとの割り付けは同率とした（表 4-16）。アンケート調査は、コンジョイント分析を実施することを念頭に、住民に 2 つの属性プロファイルを有する居住地を示し、どちらがより好ましいかを選択するものとした（図 4-17）。属性プロファイルは、評価要素ごとに各測定指標についての 2 水準を直行配列表により組み合わせて作成した。

表 4-16 実施したアンケート調査の概要

調査期間	2012年12月21日～28日
実施対象	名古屋20キロ圏に居住する住民
抽出方法	性・年代別に同数を割付したうえで無作為抽出（100サンプルずつ）
割り付け区分	年代：20代～60代（5区分） 性別：男性、女性（2区分） の計10区分
回収数	1,000サンプル
実施形式	アンケートモニターを活用したWEB調査 ※株式会社マクロミルに委託し、実施

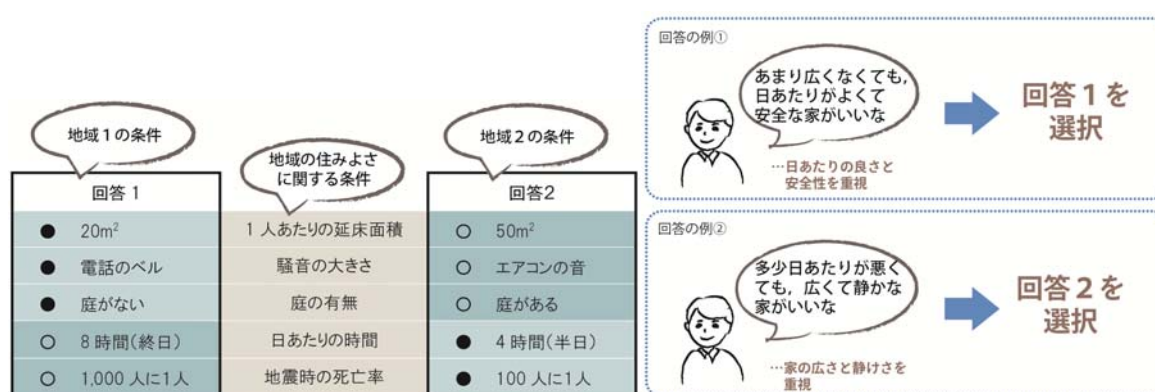


図 4-17 アンケート設問のイメージ（アンケート票解答例の抜粋）

重みパラメータの算出

得られた選択結果を用いて、コンジョイント分析により重みを推定する。まず、二項ロジットモデルによる式(4.27)，(4.28)を仮定したうえで、最尤推定によりロジットモデルのパラメータを求めた。

$$P(m) = \frac{\exp(\beta \cdot \mathbf{x}_m)}{\exp(\beta \cdot \mathbf{x}_m) + \exp(\beta \cdot \mathbf{x}_n)} \quad (4.27)$$

$$U_m = \beta \cdot \mathbf{x}_m + \varepsilon_m \\ = \sum_j \beta_j \cdot x_{j,m} + \varepsilon_m \quad (4.28)$$

ここで、 $x_{j,m}$ はロジットモデルにおける各変数(= LPs_j)、 β_j は各測定指標に対するパラメータ、である。さらに、居住地属性プロファイルの中に地震による死亡による余命損失量(SS1)を合わせて提示し、余命損失量に対するパラメータ β_L を得ることで、各要素と生存年数との相対的な重みを式(4.29)により推定する。この値を式(4.26)に用いることで、QOL 値を算出することができる。

$$w_j^T = \frac{\beta_j}{\beta_L} \quad (4.29)$$

パラメータの推定結果

アンケート回答結果を用いて性年代共通としてパラメータを推計した推計結果を表4-17に示す。単位が異なるため、一概には比較が難しいが、例えばアクセシビリティであれば、通勤の利便性に対する比重が最も高く、次いで買物利便性、通院利便性が高い。これは、通学を必要とする10代や60代の回答者割合が実際の人口よりも低いためである。実際の評価を行う上では、性年代別のパラメータを算出したうえで、街区群の人口構成に合わせた推計を実施する必要がある。

表 4-17 余命換算値の推定結果

評価要素		評価項目	測定指標	余命換算係数 (年/単位・年)	t 値	判定
交通利便性 : AC	都市交通利便性	AC1 通勤利便性	勤務先までの AC	-0.00200	-21.0	***
		AC2 通学利便性	通学先までの AC	-0.00109	-11.5	*
		AC3 通院利便性	通院先までの AC	-0.00134	-14.1	***
		AC4 買物利便性	買物先までの AC	-0.00306	-32.2	***
	地区交通利便性	AC5 自転車交通環境	自転車道整備率(%)	0.00709	11.5	***
		AC6 徒歩交通環境	歩道の整備幅(m)	0.0284	18.4	***
		AC7 公共交通環境	駅までの距離(分)	-0.00788	-25.6	***
		AC8 自動車交通環境	自動車使用可能時間(hour)	0.000188	212	***
居住快適性 : AM	住宅環境快適性	AM1 住宅の広さ	1人あたり延床面積(m ² /人)	0.00366	21.7	***
		AM2 住宅の静けさ	交通騒音レベル (dB)	-0.00222	-9.87	***
		AM3 敷地内の緑の多さ	庭の有無(dammy)	0.000223	1.64	***
		AM4 日あたりのよさ	日照時間(hour)	0.0101	13.3	***
	周辺環境快適性	AM5 地域の使いやすさ	Ln(徒歩圏商業施設数)	0.00205	15.0	***
		AM6 景観の美しさ	建物連続性(%)	0.0296	8.67	***
		AM7 周辺の緑の多さ	オープンスペース率(%)	0.308	10.5	***
		AM8 夏季の過ごしやすさ	8月の平均最高気温(℃)	-0.0125	-24.4	***
災害安全性 : SS	防災機能性	SS1 地震リスク	地震時損失余命(year)	-1.00	-22.3	***
		SS2 火災リスク	隣棟間隔(m)	0.0468	-34.7	***
		SS3 洪水リスク	洪水浸水深(m)	0.00848	14.0	***
		SS4 救急リスク	救急搬送時間(min)	0.00290	-23.9	***
	減災機能性	SS5 物資確保性	災害時物資到達日数(日)	0.0000330	-37.1	***
		SS6 衛生確保性	給水可能率(L/人)	0.00260	17.2	***
		SS7 エネルギー確保性	エネルギー供給率(%)	0.00809	12.5	***
		SS8 避難空間確保性	1人あたり避難面積(m ²)	0.0193	18.0	***

(2) CO₂ 排出量及び市街地維持費用の評価手法

本研究の目的は低炭素化の達成を検討することであり、そのため環境面の評価指標は CO₂ 排出量を、経済面の指標は市街地維持費用を採用する。なお、指標については、原単位の整備を行えば他の GHG 排出量や環境負荷に関する指標への変更や、更には環境影響評価を実施することも可能である。また、算出範囲は対象街区群内で生活・維持管理する上で必要な活動を行う上で発生するライフサイクル全体を対象とする（表 4-18）。具体的には、まず各エネルギーや資源、燃料の消費に伴う CO₂ 排出量 E や必要費用 C に関する原単位データベース e , c を整備し、その上でこれまでのモデルから推計された時間 h あたりの各エネルギー源 m の消費量 $EC^{m,h}$ 、インフラや建物の建設から廃棄までの各段階における資源 k の消費量 $M_{i,k}$ 、居住者の（旅客）交通行動による交通手段 s ごとの総移動距離 $l \cdot P(s|l) \cdot p$ を用いて、それぞれ式(4.30)、(4.31)を用いて算出する。

$$\begin{aligned} E_{CO_2} &= E_{CO_2}^b + E_{CO_2}^e + E_{CO_2}^t \\ &= \sum_k e_k^b \cdot M_k + \sum_{h,m} e_m^e \cdot EC^{m,h} + \sum_{l,s} e_s^t \cdot l \cdot P(s|l) \cdot p \end{aligned} \quad (4.30)$$

$$\begin{aligned} C &= C^b + C^e + C^t \\ &= \sum_k c_k^b \cdot M_k + \sum_{h,m} c_m^e \cdot EC^{m,h} + \sum_{l,s} c_s^t \cdot l \cdot P(s|l) \cdot p \end{aligned} \quad (4.31)$$

なお、太陽光発電等による発電の扱いについて、CO₂ 排出量、市街地維持費用ともに街区群内で回収されない余剰電力については評価せず、2014 年時点で実施されている FIT（Feed in Tariff）制度による料金変更も、反映しないものとする。

表 4-18 CO₂ 排出量および市街地維持費用の評価範囲と原単位作成に用いた資料

分野	内容	CO ₂ 排出量 原単位の出典	費用原単位の出典
建設（インフラ 及び建物）	建物やインフラの更新（建設）、維持管理、修繕、廃棄に係る排出量及び費用の全て。また、追加的な設備が生じる場合はそれも含む（太陽光発電、燃料電池、蓄電池及び熱導管）	日本建築学会（2006） 産業環境管理協会（2007） 後藤ら（2008） みずほ情報総研（2008,2009） 環境省（2007）	日本建築学会（2006） 国土交通省（2011a,2011b） 東京ガス（2013） 経済産業省（2013） 環境省（2007）
民生（住宅及び 業務エネルギー）	住宅及び業務において消費するエネルギー消費量の全て。具体的には電力および都市ガス消費量を指す。	環境省（2012, 2013）	中部電力（2014） 東邦ガス（2013）
交通（居住者の 旅客交通）	街区群内居住者の交通行動による排出量及び費用の全て。ただし、業務交通は対象としない。	国土交通省（2011） 国立環境研究所（2008）	資源エネルギー庁（2012） 名古屋市交通局（2013）

(3) 施策や技術との対応関係の整理

以上により構築された街区群の環境性能評価システムを用いた場合の、各施策や技術の導入により予想される評価指標の変化を表 4-19 に整理する。

環境技術の導入では、エネルギーや資源消費の削減を通して、CO₂ 排出量や市街地維持費用の低減が期待される。同時に設備の追加導入による資源消費量の増大などのトレードオフの発生も考慮され、導入技術の効果が環境的、費用的に十分でない場合には、それが評価結果に反映されるものとなっている。また（効果の大小はあるものの、緑化によるアメニティの向上や再生可能エネルギーの導入による被災後のエネルギー確保など、環境技術導入によってもたらされる居住者の QOL 向上も合わせて考慮され、各側面からの相互連関的效果が確認できる評価システムとなっている。

一方、まちづくりを中心とした都市政策の例では、各取り組みが QOL にどの要素にどの程度寄与しているかが評価できる。加えて、敷地の統合や用途混在によるエネルギー消費効率の向上、建物高さのコントロールによる太陽光発電効率の向上など、市街地の空間デザインを通したエネルギー消費量や資源消費量、交通行動の変化の予測が可能であり、まちづくり的施策を環境面から定量的に評価できるモデルとなっている。さらに、建物と道路とを面的に検討できることから、建物用地や交通空間の整備によるトレードオフ検討や、シェアハウスやミスマッチ解消など QOL への影響を定量的に評価し難いコミュニティへの影響についても、環境面から評価することを可能としている。

表 4-19 分析対象とする技術・施策の例と評価指標との関係

技術・施策			生活の質 (QOL)			CO2 排出量			市街地維持費用		
			交通 利便性	居住 快適性	災害 安全性	交通 起源	エネルギー 起源	建設 起源	交通 起源	エネルギー 起源	建設 起源
環境技術	躯体性能	建物断熱性能向上					-	+		-	+
		建物の木質化						-			-
		屋上・壁面緑化		+	+		-			-	
	建築設備	家電冷暖房省エネ化			+		-			-	
		太陽光発電			+		-	+		-	+
		小型風力発電			+		-	+		-	+
		コージェネレーション					-	+		-	+
		蓄電池、蓄熱槽					-	+		-	+
		スマートハウス			+		-	+		-	+
	交通技術	電気自動車			+	-	+		-	+	
		電動アシスト自転車				-			-		
		PMV				-			-		
		電動バス				-			-		
	面的インフラ	熱融通システム			+		-	+		-	+
		電力融通システム					-	+		-	+
		地区コージェネ導入			+		-			-	
		分散エネルギーシステム			+		-			-	
		工場排熱利用／ごみ発電					-	+		-	+
都市政策	地区計画	敷地の統合化		+			-	-		-	-
		商住用途の混合		+		-	-	-	-	-	-
		建物高さの統一		+			-			-	
		空家除却・用地活用		+			-			-	
		市街地の集約化	+	+		-	-		-	-	
		建物配置コントロール	+	+							
	交通施策・インフラ整備	道路や空地の緑化		+	+	-	-		-	-	
		透水性舗装			+		-			-	
		オープンスペース整備		+			-			-	
		駐車場の集約化	+	+							
		カーシェアリング	+			-			-		
		サイクルシェアリング	+			-			-		
		自転車走行空間確保	+			-			-		
		歩行空間拡幅	+			-			-		
		通過交通の排除		+		-			-		
	居住政策	シェアハウス整備		+			-			-	
		住宅ミスマッチ解消					-			-	
		世帯構成バランス整理					-			-	

<参考文献>

- Eck J. R., Burghouwt G. and Dijst M.: *Lifestyles, spatial configurations and quality of life in daily travel: an explorative simulation study*, Journal of Transport Geography, Vol.13, pp.123-134, 2005.
- Elkington J.: *Cannibals with Forks -The Triple Bottom Line of 21st Century Business*, New Society Publishers, 1997.
- Kato H., Yu M. and Hayashi Y.: *Proposing social capitalization indices of street blocks for evaluation of urban space quality*, Built Environment, Vol.29, No.1, pp.25-35, 2003.
- Myers D.: *Building Knowledge about Quality of Life for Urban Planning*, Journal of the American Planning Association, Vol.54, No.3, pp.347-359, 1998.
- Preuss I. and Vemuri A. W.: *"Smart growth" and dynamic modeling: implications for quality of life in Montgomery County, Maryland*, Ecological Modelling, Vol.171, pp.415-432, 2004.
- Sen A.: *Commodities and Capabilities*, Elsevier, 1985.
- (鈴木興太郎 (訳) : 『福祉の経済学—財と潜在能力』, 岩波書店, 1988.)
- Sirgy M. J.: *A Quality-of-Life Theory Derived from Maslow's Development Perspective : 'Quality' Is Related to Progressive Satisfaction of a Hierarchy of Needs, Lower Order and Higher*, American Journal of Economics and Sociology, Vol. 45, No. 3, pp.329-342, 1986.
- Ulengin B., Ulengin F. and Guvenc U.: *A multidimensional approach to urban quality of life: The case of Istanbul*, European Journal of Operational Research, Vol.130, pp.361-374, 2001.
- DHC 名古屋株式会社: 地域冷暖房のネットワーク化, <http://www.dhc-nagoya.co.jp/network.html>
- 浅見泰司 (編) : 住環境—評価方法と理論, 東京大学出版, 2001.
- 天野浩史, 樋口恭弘, 斎藤篤史, 千田二郎: コージェネ, 太陽光発電, およびヒートポンプ給湯器を主軸とした住宅地型マイクログリッドにおける CO₂ 排出量の評価, 日本機械学会論文集 (B 編) , Vol.78, No.787, pp.680-685, 2012.
- 飯田恭一, 吉田倬郎: 建物の取壊し理由とその存続期間等に関する研究, 日本都市計画学会計画系論文集, Vol.75, No.652, pp.1573-1579, 2010.
- 石田建一: 戸建住宅のエネルギー消費量, 日本建築学会計画系論文集, No.501, pp.29-36, 1997.
- 植田拓磨, 山室寛明, 谷口守: サイバースペースへの空間代替が自動車 CO₂ 排出量と都市内滞留時間に及ぼす影響—買い物行動に着目して—, 日本都市計画学会都市計画論文集, Vol.46, No.3, pp.763-768, 2011.
- 大阪ガス株式会社: 実験集合住宅「NEXT21」において新たに第4フェーズ居住実験を開始します (2013年3月7日プレスリリース) , 2013,
- http://www.osakagas.co.jp/company/press/pr_2013/1201415_7831.html
- 大西隆: 低炭素都市と計画課題(特集 エネルギーが変える都市の未来), 都市計画, Vol.59, No.6, pp.61-64, 2010.

- 小澤一郎: 低炭素都市づくりと空間エネルギー計画～オープン都市計画によるグリーン・ニューアーバニズムの推進～(特集 エネルギーが変える都市の未来), 都市計画, Vol.59, No.6, pp.29-32, 2010.
- 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, 土木学会論文集 D, Vol.62, No.4, pp.558-573, 2006.
- 加知範康, 加藤博和, 林良嗣: 汎用空間データを用いて居住環境レベルの空間分布を QOL 指標で評価するシステムの開発, 都市計画論文集, Vol.43, No.3, pp.19-24, 2008.
- 金子貴代, 伊坪徳宏: テレワークの環境負荷軽減策としての可能性, 日本テレワーク学会誌, Vol.9, No.2, pp.56-65, 2011.
- 川久保俊, 伊香賀俊治, 村上周三: 都市・地域評価ツールの空間軸・評価軸・時間軸別整理, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.895-896, 2011.
- 環境省: 温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル(Ver3.4) 算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧, 2013, <http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/itiran.pdf>
- 環境省: 電気事業者別の CO₂ 排出係数(2010 年度実績), 2012, http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/h24_coefficient.pdf
- 環境省: 生活排水処理施設整備計画策定マニュアル, 2007.
- 北九州スマートコミュニティ創造協議会: 次世代エネルギー・社会システム実証北九州スマートコミュニティ創造事業マスタープラン, 2010, <http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004633/masterplan004.pdf>
- 空調調和衛生工学会: SCHEDULE Ver.2.0—生活スケジュール自動生成プログラム—, 2000.
- 経済産業省: 太陽光発電システム等の普及動向に関する調査, 2013, http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2013fy/E002502.pdf
- 国土技術政策総合研究所: 国総研版騒音・振動シミュレーター, 2005, <http://www.nilim.go.jp/lab/ddg/naiyo/shindou/downsite/index2.html>
- 国土交通省: 建築着工統計調査, 2011a, http://www.mlit.go.jp/statistics/details/jutaku_list.html
- 国土交通省: 不動産市場データベース, 2011b, http://tochi.mlit.go.jp/tocchi/fudousan_db/index_03300.html
- 国立環境研究所: 平成 20 年度社会系セミナー, 電気自転車の環境負荷削減効果, 2008.
- 後藤直紀, 柴原尚希, 加知範康, 加藤博和: 都市域縮退策による環境負荷削減可能性検討のための推計システム, 第 16 回地球環境シンポジウム講演集, pp.97-102, 2008.
- 小松幸夫: 1997 年と 2005 年における家屋の寿命推計, 日本建築学会計画系論文集, Vol.73, No.632, pp.2197-2205, 2008.
- 小松幸夫: 建物寿命の現状, 総合論文誌, Vol.9, pp.23-26, 2011.
- 佐藤春樹: 冷蔵庫・エアコンの実際の電力消費量推定法, 第 4 回住宅エネルギーシンポジウム,

- 2005, <http://tkkankyo.eng.niigata-u.ac.jp/HP/HP/sympo4/sinpo04.htm>
- 産業環境管理協会: JLCA-LCA データベース, 2007.
- 資源エネルギー庁: 石油製品価格調査, 2012,
- http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum_and_lpgas/pl007/results.html
- 鈴木祐大, 加知範康, 戸川卓哉, 柴原尚希, 加藤博和, 林良嗣: 環境・経済・社会のトリプルボトムラインに基づく都市域の持続可能性評価システムの構築, 地球環境研究論文集, Vol.17, pp.93-102, 2009.
- 総務省: 平成 23 年版 情報通信白書, 2011,
- <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h23/html/nc213310.html>
- 田村明: 建築の寿命と建築経済, 建築雑誌, Vol.73, No.632, pp.2197-2205, 1969.
- 中央環境審議会地球環境部会: 2013 年以降の対策・施策に関する報告書（地球温暖化対策の選択肢の原案について）《別冊 3 各 WG の検討内容について》, 2012.
- 中部電力株式会社: 料金単価表（2014 年（平成 26 年）4 月 30 日まで）, 2014,
- http://www.chuden.co.jp/ryokin/home_menu/home_pricelist2/hpr_basic/index.html
- 東京エネルギーサービス株式会社: 恵比寿地区の地域冷暖房,
- <http://www.tokyo-energy-service.jp/service/index.html>
- 東京ガス: エネファーム スペシャルサイト, 2013,
- http://home.tokyo-gas.co.jp/enefarm_special/enefarm/specific.html
- 東邦ガス株式会社: 全国初、賃貸集合住宅でスマートエネルギーハウス実証試験を開始（2012 年 7 月 10 日プレスリリース）, 2012,
- http://www.tohogas.co.jp/corporate-n/press/1188851_1342.html
- 東邦ガス株式会社: 各月の適用料金（一般ガス供給約款・家庭用選択約款）, 2013,
- http://www.tohogas.co.jp/home-n/gas-fee/monthly/_icsFiles/afieldfile/2013/05/30/KATEIYO.pdf
- 中西仁美, 土井健司, 柴田久, 杉山郁夫, 寺部慎太郎: イギリスの政策評価における QoL インデキータの役割と我が国への示唆, 土木学会論文集, No.793/IV-68, pp.73-83, 2005.
- 名古屋市交通局: 料金のご案内, 2013, http://www.kotsu.city.nagoya.jp/ticket/price_info/index.html
- 日本音響学会: 建設工事騒音の予測モデル"ASJ CN-Model 2002"日本音響学会建設工事騒音予測調査研究委員会報告（建設工事騒音の予測モデル）, 日本音響学会誌 Vol.58, No.11, pp.711-731, 2002.
- 日本建築学会: 建物の LCA ツールマニュアル（戸建住宅含む）, 2006,
- <http://news-sv.aij.or.jp/tkankyo/s0/site/arc08.html>
- 日本テレワーク協会: 世界のテレワーク事情, 2012,
- http://www.japan-telework.or.jp/abroad/pdf/telework_world.pdf
- 橋本一輝, 飯塚悟, ブイハンマー: 鉛直方向の風の道を活用する街区形態の検討（その 3）鉛直方向の建物形態パラメータが街区内居住域の温熱環境・風環境に及ぼす影響評価, 日本建築

- 学会学術講演梗概集（環境工学 II）, pp.771-772, 2013.
- 林良嗣, 兪玫, 加藤博和, 山本剛司, 五十島忠: 都市ストック化の視点から見た都市計画および税制等関連制度の検討, 土木計画学研究・論文集, Vol.19, No.1, pp.145-152, 2002.
- 林良嗣, 土井健司, 杉山郁夫: 生活質の定量化に基づく社会資本整備の評価に関する研究, 土木学会論文集, No.751/IV-62, pp.55-70, 2004.
- 樋口恭弘, 斎藤篤史, 千田二郎: 住宅地型マイクログリッドの地域的な優位性の把握及び予測モデルの構築（運用段階における CO₂ 排出量の評価）, 日本機械学会論文集（B 編）, Vol.78, No.787, pp.425-429, 2012.
- 日立株式会社: 六ヶ所村スマートグリッド実証, 2012,
http://www.hitachi.co.jp/Div/omika/product_solution/energy/smatrgrid/business/rokkasyo.html
- 平野勇二郎, 藤田壮, 文屋信太郎, 井上剛: 低炭素都市への展開を目指した都市・街区単位の種類施策導入効果 —川崎市における冷房エネルギー消費削減に関する検討—, 環境科学会誌, Vol.24, No.4, pp.255-268, 2011.
- 三浦展: 第四の消費 つながりを生み出す社会へ, 朝日新聞出版, 2012.
- 三重野卓: 「生活の質」概念の再構築に向けて—その現代的意義—, 応用社会学研究, No.55, pp.175-185, 2013.
- みずほ情報総研株式会社: 平成 19 年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務成果報告書 定置用燃料電池システム及び燃料電池自動車のライフサイクル評価に関する調査, 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）, 2008.
- みずほ情報総研株式会社: 平成 19～20 年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務成果報告書 太陽光発電システム共通基盤技術研究開発 太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究, 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）, 2009.
- 三輪富生, 山本俊行, 森川高行: 名古屋市における自転車走行空間の利用意向調査と整備効果の分析, 都市計画論文集, Vol.46, No.3, pp.793-798, 2011.
- 安田克博: 都心における道路空間のデザインについて, 名古屋都市センター, 平成 23 年度自主研究報告書, No.100, 2012.
- 矢野晋哉, 高山光正, 仲尾謙二, 藤井聡: カーシェアリングへの加入が交通行動に及ぼす影響分析, 土木学会論文集 D3（土木計画学）, Vol.67, No.5（土木計画学研究・論文集第 28 巻）, pp.I_611-I_616, 2011.
- 山田興一, 高橋伸英: 都市への燃料電池と太陽電池導入によるエネルギー削減効果, 環境省地球環境研究総合推進費 S-3「脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案手法の確立に関する総合研究プロジェクト」最終報告書, pp.S-3-3-65 - S-3-3-89, 2009, <http://www.env.go.jp/earth/suishinhi/wise/j/pdf/J08S0003340.pdf>
- 横井隆志, 山本祐吾, 東海明宏, 盛岡通: 低炭素都市の形成に向けた街区更新およびエネルギー計画の統合を支援するシステム開発, 土木学会論文集 G, Vol.66, No.1, pp.17-34, 2010.

吉田朗, 鈴木淳也, 長谷川隆三: 近隣環境における「生活の質」の計測に関する研究, 都市計画学会論文集, Vol.33, pp.37-42, 1998.

第5章 実街区群を対象としたデザイン検討・評価

—密度の異なる3街区群を対象として—

5-1 デザイン検討の概要

名古屋都市圏内で人口密度をはじめとした土地利用、立地特性の異なる3街区群（都心、近郊、郊外）で、第4章で構築したモデルを用いて、街区群の低炭素化を推進するためのデザインを、その定量的評価とともに実施する。図5-1に各街区群の位置を、表5-1に各街区群での検討目的とシナリオ概要、なりゆきシナリオにおける建物更新パターンについて記載する。それぞれの街区群において異なる検討テーマを設定し、多角的にシステムの有用性と汎用性を確認するとともに、低炭素街区群デザインについて、一般的な知見を得ることを目的とする。

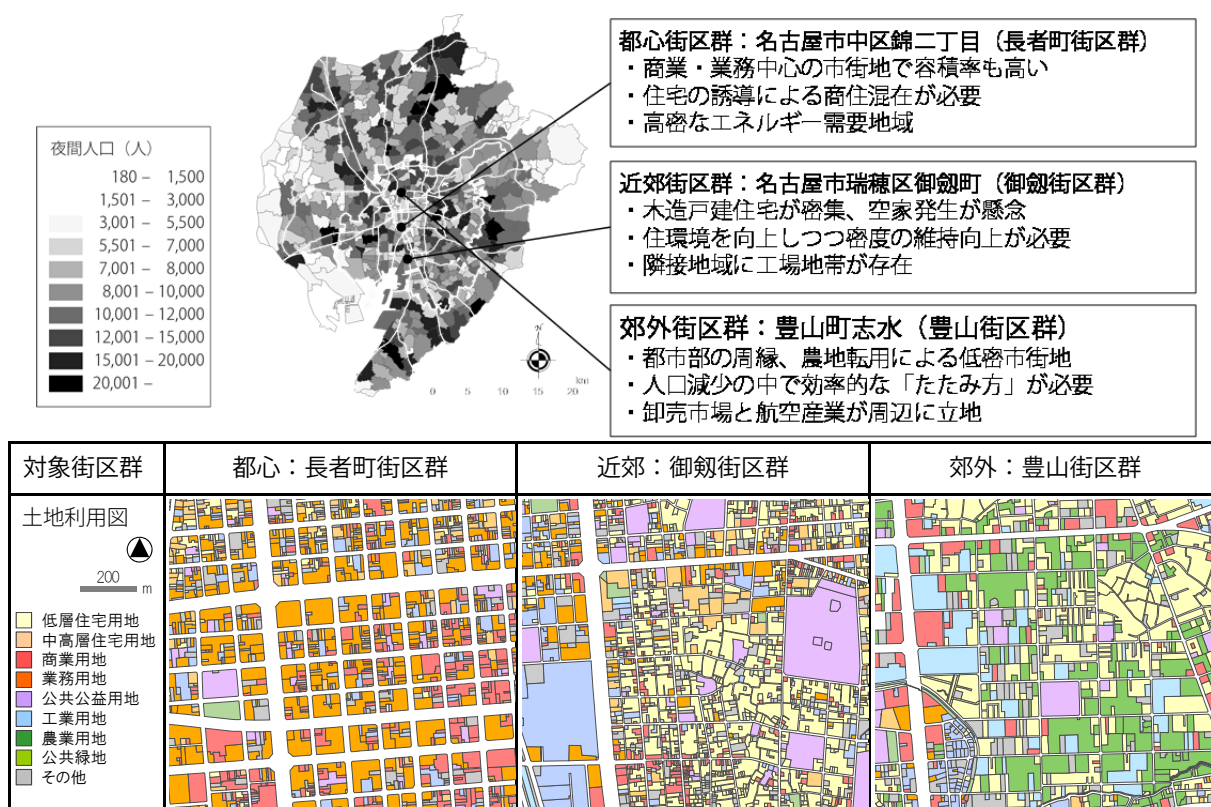


図 5-1 対象街区群の位置及び概要

表 5-1 対象街区群の土地利用特性および検討シナリオの考え方

対象街区群	都心：長者町街区群	近郊：御劔街区群	郊外：豊場街区群
土地利用（％） 【業務：商業：居住】	80％：15％：5％	10％：30％：60％	3％：7％：90％
居住者構成（％） 【単身：夫婦：ファミリー】	64％：27％：9％	40％：47％：13％	33％：52％：15％
住宅構成（％） 【戸建：集合】	10％：90％	40％：60％	50％：50％
交通機関分担率（％） 【自動車：鉄道：バス：二輪：徒歩】	11％：7％：11％ 8％：63％	29％：11％：14％ 26％：20％	58％：4％：6％ 20％：12％
平均トリップ長（km）	4.5km	6.5km	10.6km
検討の目的	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地区住民が策定したまちづくり計画を評価し、地区まちづくりへの実装可能性を判断する。 ・ 都心街区群における商住混在を進めるうえでの空間デザインを検討する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 環境技術と空間デザインの組み合わせにより、トレードオフや相乗効果の評価可能性を検証する。 ・ 住宅密集地における更なる人口密度の向上を、環境改善しながら導入する組み合わせを検討する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 人口減少（非集約化）街区群における土地利用方針の違いによる環境性能の違いを検討する。
QOL評価内容	AMのみ	AM, AC, SS	AM, AC, SS
なりゆきシナリオの建物更新パターン	個別更新による容積率割り増し <ul style="list-style-type: none"> ● 前提となる定住人口や就業者人口のシナリオ（2050年に2010年比1.8倍）に従って、それぞれの建物が更新時に床面積の割り増しされる。 ● 敷地間の変更や合併はなく、更新後の床面積減少もない。 	ミニ開発型更新 <ul style="list-style-type: none"> ● 前提となる定住人口シナリオに従って、住宅が新規立地する。 ● いずれも建ぺい率80％、建物面積40m²程度（延床面積100～120m²）の住宅が立地する。 ● これまでの住宅が滅失後にその大きさに従って敷地を2～4程度に分割される。 ● その他用途は現状と同様とする。 	農地転用型更新 <ul style="list-style-type: none"> ● 前提となる定住人口シナリオに従って、住宅が新規立地する。 ● 農地一筆を単位として、完全に空地・空地となった住宅街区か農地に複数（2～9）の住宅がまとめて建設される。 ● 旧農村街区群は、これまでの複数家屋（母屋、離れ、蔵など）型から、敷地分割された一般的な建売戸建住宅に更新される。 ● その他用途は現状と同様とする。

具体的には、5-2 節における都心でのデザイン検討では、対象街区群は名古屋市中区錦二丁目街区群（長者町街区群）とし、街区群住民が策定したまちづくりシナリオを評価検証することで、本研究で開発したシステムの地区まちづくり政策に対する実装可能性について検証する。また、合わせて都心部における商住混在の効果についても知見を得る。また、5-3 節における近郊でのデザイン検討では、対象地域は木造密集市街地である名古屋市瑞穂区御劔小学校区（御劔街区群）とし、環境技術と空間構成再構築の組み合わせ効果の妥当性を検証する。また、木造密集市街地において、人口密度を高めながら、居住環境を改善する空間構成についての知見を得る。さらに5-4 節においける郊外でのデザイン検討では、対象街区群は愛知県豊山町志水小学校区（豊山街区群）とし、集約型都市構造を進めるうえで人口が将来的に減少する（させる）街区群において、街区群レベルでのミクロな土地利用のコントロールが環境性能にどのような影響をもたらすかについて検討し、人口減少下の郊外における市街地マネジメントの方法論を検討する。

5-2 都心街区群における地区まちづくりの評価

(1) 街区群の概要

都心街区群の検討対象街区群である長者町街区群（図 5-2）は、名古屋駅と栄駅の間に位置している街区群である。戦後区画整理事業により基盤の目のスーパーブロックとして整備され、高度経済成長の隆盛期には木造から開発面積の増大により鉄骨造、RC 造の繊維問屋ビル群が並ぶ一大繊維問屋街を形成していた。しかし、産業構造の変化から徐々に衰退が進み、空地や空ビル、駐車場の増加などが目立ち始めている（図 5-3）。また、小さな敷地に建物がひしめき合っていることやコントロールがないままに住宅と商業が混在していること、通過交通が依然として多いことなど、居住地としては望ましい状態とはなっていない。しかしながら、近年はスモールビジネスやマンションの増加や、愛知県が進めるあいちトリエンナーレ（2013）の主要会場の 1 つになるなど、まちづくりの機運が高まっているとともに、2011 年には「これからの錦二丁目まちづくり構想」（錦二丁目まちづくり連絡協議会）を地区が主体となって策定し、今後 20 年をかけて街区群の住環境向上をはじめとしたまちづくりを進めることを宣言している。名古屋市においても、周辺地区（駅そば）への居住を推進しており（名古屋都市センター2011、名古屋市 2011）、快適な住環境の整備による居住人口増加が期待されている。

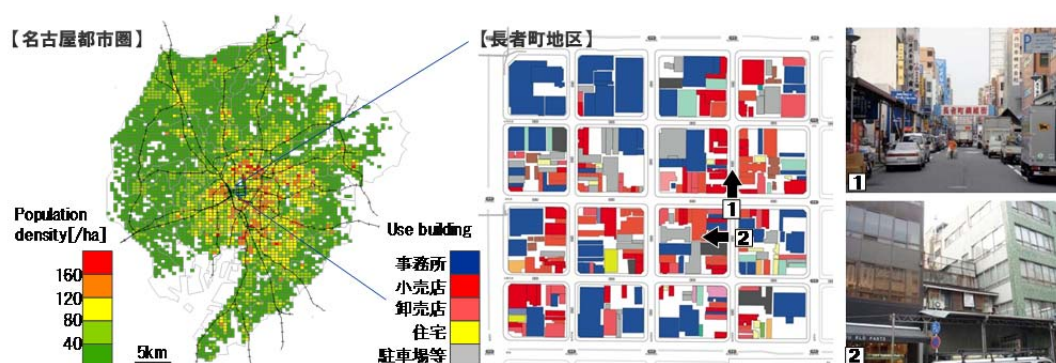


図 5-2 長者町街区群の位置と概要

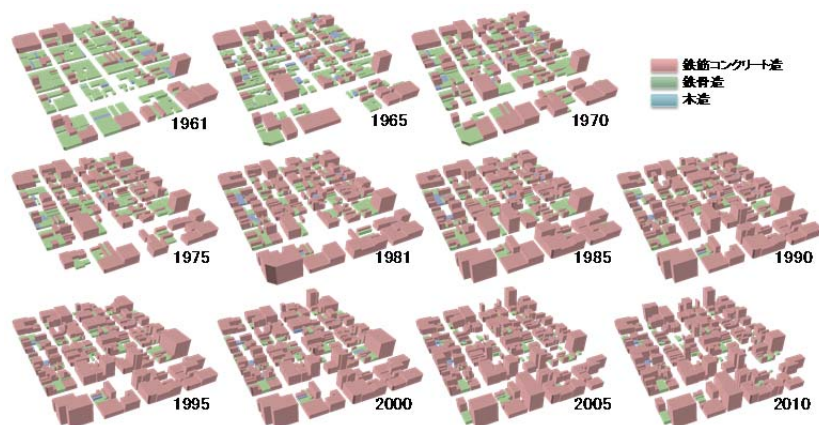


図 5-3 長者町街区群における建物の変遷

(2) 検討シナリオの設定

検討は2010年（現状）から2050年までとし、a)現在の建物がこれまで通りに建て替えを行う「なりゆきシナリオ」と、b)まちづくり構想に従い、建物同士の更新を街区単位でまとめて実施する「まちづくりシナリオ」を設定する。各設定条件を表5-2に、まちづくりシナリオの将来地区像を図5-4に示す。対象街区群の将来人口・世帯数・就業人口は、名古屋市（2011）が都市計画マスタープランで提示する駅そば居住の考え方に従い名古屋都市センター（2011）が実施した将来予測を参考に、人口は2010年比で1.8倍、就業者人口は1.4倍とし、建物滅失後は空地が生じないと想定する。以上により、単に建物単位での環境技術導入を進めた場合（a）と、それに加えて街区群全体でまちづくり計画に従い街区群空間の再構築を協力的に行った場合（b）で、街区群の環境性能にどのような変化が生じるか比較分析する。

表 5-2 都心街区群における検討シナリオの設定

設定条件	なりゆきシナリオ	まちづくりシナリオ
建築設備	全ての建物は、建て替え後に太陽光発電、コージェネレーションシステム、蓄電池を備える。各設備や建物の断熱性能は高水準値を採用する。	同左
土地利用	現在の建物用途を維持する。	将来計画に合わせ、外側10街区を業務商業用途、内側6街区を商住混合用途とする。
建て替え規模	それぞれの建物が個別に建て替えを実施する。	共同で建て替えすることを想定し、建築年の違いに留意して、1/4～1街区単位で建替を実施する。
建て替え時期	建物更新予測モデルの結果に従う。	建物更新予測結果を踏まえ、共同で建替を行う建物の滅失中間年とする。全体の建替時期到達まで建物は維持する。
住宅用途の配置	現在の共同住宅を建て替え後もそのまま利用し、居住者増加に合わせて建替時に階数を増加する。	日あたりなどの居住環境を確保できる住居・商業混合用途に配置された建物3階以上を住宅用途とする。
オープンスペース	現状と同様とする。	容積率300%以内の建物は囲い型、300%以上の建物はタワー型とし、建ぺい率40～60%とする。
街路	現状と同様とする。（全ての内側道路は一方通行）	歩道を1mずつ拡張することで、車道幅を半減する。

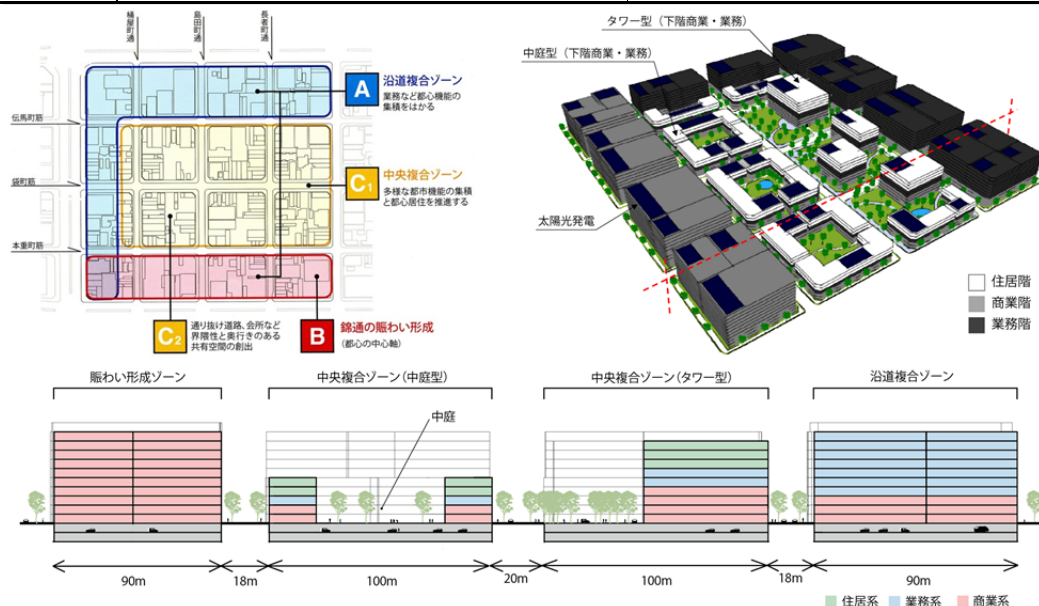


図 5-4 都心街区群における検討シナリオの設定

(3) 評価結果と考察

建物更新のシミュレーション結果

図 5-5 は各シナリオにおける更新予測結果の例を 10 年間隔で示したものである。なりゆきシナリオでは個々の建物がそれぞれの寿命に従い更新されることから、40 年を通じて段階的に建て替えが発生する。しかし、いずれの建物も延床面積が増加し、互いに協調することがないため、建物のボリュームについてはこれまで以上に高さのばらつきが生じ、凹凸の大きい空間構成となる。一方、まちづくりシナリオでは、共同更新を行うためには、個別の更新時期を調整するために一定の時期を要することから、2020 年までの 10 年間ににおいては建物の滅失が中心的に進み、反対に 2020 年から 2030 年にかけては建物の更新が集中することが予測される。更新後は敷地が統合化され、各街区でのゾーニングに従うことから、用途や高さが調和する街区群へと移行する。

図 5-6 に各シナリオにおける社会的寿命係数の変化を示す。どちらのシナリオも 2010 年においては約 0.3 であったものが、なりゆきシナリオでは建物の更新による建物機能の向上により係数が 0.6 程度に向上し、まちづくりシナリオでは係数が 0.9 程度まで向上している。これは、なりゆきシナリオでは建物の機能更新は進むが、景観や日照、省エネ性などの街区群としての環境が向上しないために寿命の延びが抑えられるためである。一方、まちづくりシナリオでは建物の更新に伴い街区群環境も合わせて向上するために建物寿命の大幅な向上が期待できる。計画的な市街地更新が、ある一時点での居住環境向上につながるだけでなく、建物の長寿命化を通じて環境に貢献できる可能性があることが示唆されている。

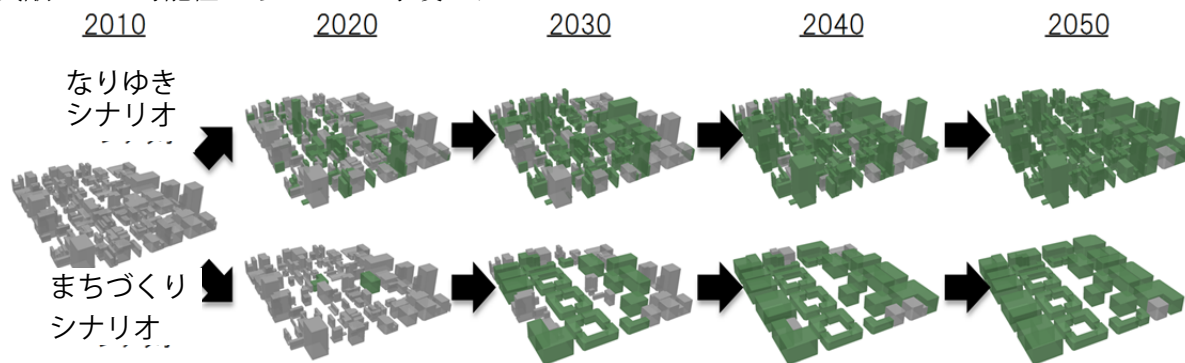


図 5-5 都心街区群における建物更新シミュレーションの結果例（2010-2050，10 年間隔）

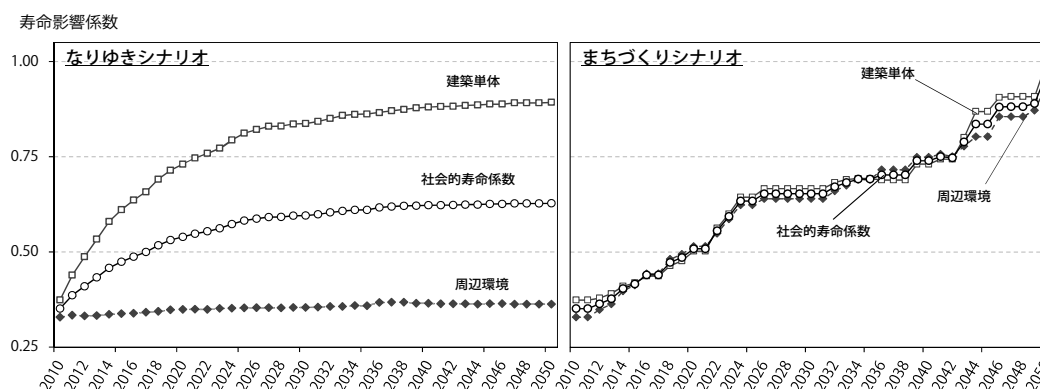
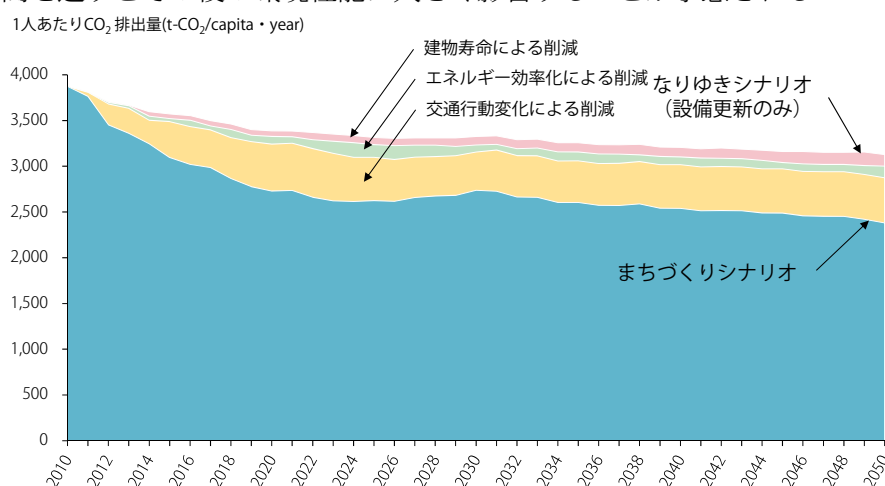


図 5-6 各シナリオにおける社会的寿命係数の変化

CO2 排出量の評価結果

各シナリオにおける CO₂ 排出量の時系列的な変化を図 5-7 に示す。なりゆきシナリオでは、建物更新に伴い、設備や建物性能が向上し、2050 年には 19%程度削減される。都心部においては集合住宅が中心となり、また今後さらに単独世帯の増加が見込まれることから、設備更新のみでは 5-3 節で示すほどの CO₂ 排出量削減は期待できない。一方、まちづくりシナリオでは、周辺環境整備が進むことによる建物寿命の増加による削減量、建物の集約と多用途化によるエネルギー効率の向上、歩道整備やカーシェアリング導入による交通行動変化による削減により、CO₂ 排出量は現状比で 39%の削減となる。特にまちづくりシナリオでは、建物更新が大きく進む 2010 年から 2020 年と 2040 年から 2050 年の 2 期間において特に削減率が高い。これは地区内に残存する 1960 年代から 70 年代の建物の建て替えが 2000 年から 2020 年に集中しやすいことによるものであり、2010 年からの 10 年間では 2010 年において残存している建物の更新が急激に進み、2040 年から 2050 年においては 2010 年までに更新が進んでしまった建物の再更新が進むためのと考えられる。対象街区群の低炭素化を実現するためには、早期における市街地のコントロールが必要であり、当初の 10 年を逃すとその後の環境性能に大きく影響することが予想される。

図 5-7 都心街区群における CO₂ 排出量の評価結果

生活の質および市街地維持費用の評価結果

各シナリオにおける街区群居住者の QOL 値の 1 人あたり平均増減量の推移とその内訳を図 5-8 に示す。なりゆきシナリオでは、徐々に低下し、2010 年から 2050 年にかけて 0.03 (day/year) 減少するが、共同更新シナリオでは、2020 年頃から大幅に向上し 2050 年には 2010 年に比べ 0.36 (day/year) 増加する。なりゆきシナリオにおける QOL 低下は特に日照時間による影響が大きく、無秩序な更新が街区群全体の住みよさを損なうことが反映されている。一方、まちづくりシナリオでは、計画的に空間が再構成されることによりオープンスペースや緑の確保、景観、日照時間が向上し、QOL 値全体として増加している。街区群内の人口密度や商業業務床面積が増加しても、適切な空間構成により居住環境を十分に整えることが可能であり、都心部における商住混在の可能性が示されている。

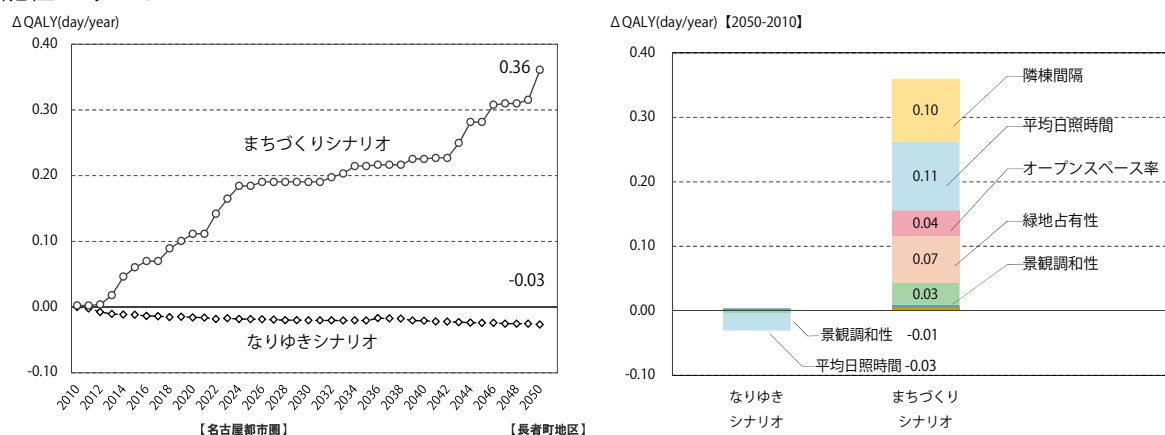


図 5-8 各シナリオにおける 1 人あたり QOL 値の推移 (左) および 2050 年の QOL 値内訳 (右)

一方、2010 年から 2050 年にかけての各シナリオの市街地維持費用算出結果（商業・業務に関するものを除く）を図 5-9 に示す。

市街地維持費用については、概ね CO₂ 排出量と同様の傾向で推移しているが、なりゆきシナリオでは 2020 年ごろから再び増加に転じており、2050 年には 2010 年比で 6% 程度の減少に留まっている。また、まちづくりシナリオにおいても減少幅が小さい。これは CO₂ 排出量と比べて、民生・交通において生じる費用よりも建設による費用が占める割合が大きいこと、太陽光発電やコージェネレーションなど追加的な建築設備の 1 年あたりの費用が、現段階ではエネルギー削減を完全には回収できないためと考えられる。

さらに、各シナリオにおける CO₂ 排出量および市街地維持費用の 2010 年、2050 年（単年）、2040

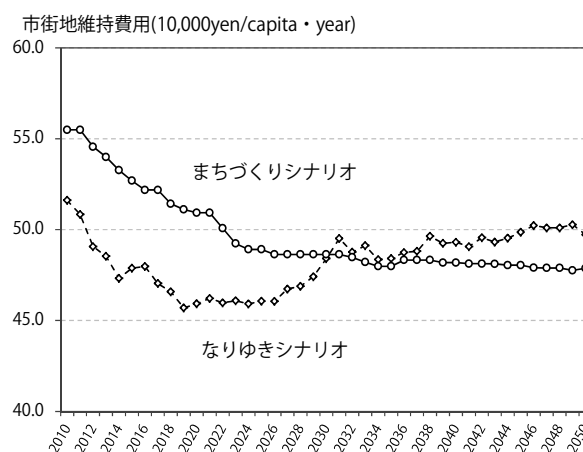


図 5-9 各シナリオの 1 人あたり市街地維持費用

年から2050年までの平均、2010年から2050年までの平均を図5-10に示す。CO₂排出量では、いずれの場合も2010年時点と比較して大幅に削減されている。40年間平均でも両シナリオで3割近くの削減率が見込め、経年的な削減効果が大きく期待できる。シナリオ間の比較では、2050年では0.17t-CO₂の差がある一方で、10年平均では0.13、40年平均では0.02と差が小さくなる。これは、共同での更新を促進している2010年から2030年までの建設分のCO₂排出量が影響しているためであり、同様の影響が市街地維持費用にも現れている。特に費用面では建設分の寄与が大きいことから、40年平均では他の集計期間と異なってなりゆきシナリオとまちづくりシナリオの結果が逆転している。まちづくりシナリオでは新たに建設された建物寿命が大幅に伸びているため2050年以降も含めた評価であれば削減も期待でき、長寿命化の環境負荷低減効果はより長期の評価期間で判断する必要があることが明らかとなっている。

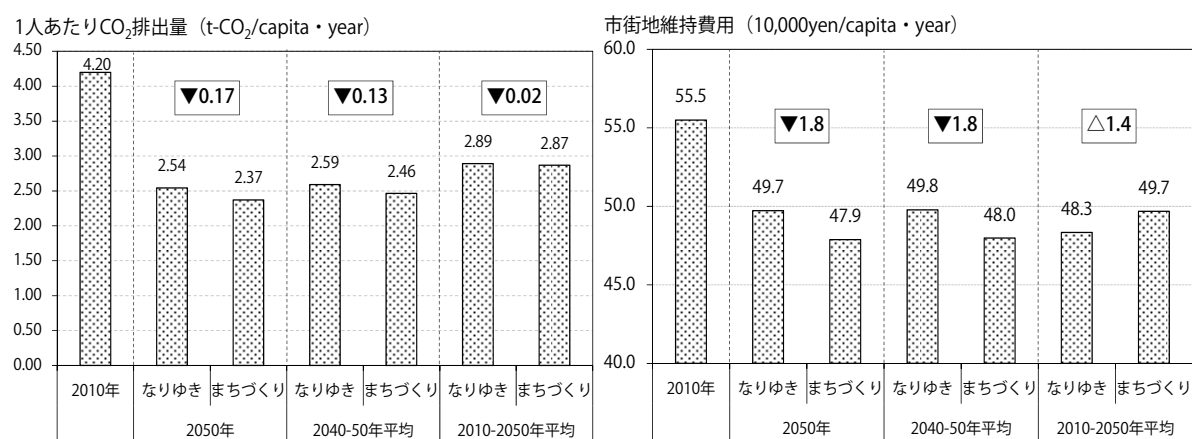


図5-10 集計方法による1人あたりCO₂排出量および1人あたり市街地維持費用の変化

環境効率および費用効率の評価結果

環境効率 Ef および費用効率 Cf は、街区群が提供するサービス、すなわち QOL 値に対する環境的、経済的な効率を示す指標として、それぞれ式(5.1)、(5.2)で定義される。

$$Ef = QALY / E_{CO_2} \quad (5.1)$$

$$Cf = QALY / Cf \quad (5.2)$$

各シナリオにおける環境効率および生活の質、CO₂排出量の推移を図5-11に、費用効率および生活の質、市街地維持費用の推移を図5-12に示す。環境効率は2010年から2050年にかけてどちらのシナリオも増加傾向にあるが、QOLの増加が大きいまちづくりシナリオの増加率が大きく、2050年には2010年の2倍以上となる。経路を確認してみると、CO₂排出量の減少が大きい2030

年まではともに環境効率の伸び率が高くなっているが、年あたりのCO₂排出量削減率が鈍化する2030年以降はなりゆきシナリオではQOL低下も重なり、環境効率は横ばいとなっている。一方、まちづくりシナリオではCO₂排出量の削減率が鈍化してもQOLが向上するため、2030年以降も環境効率は引き続き増加する経路をたどっている。

費用効率では、まちづくりシナリオでは2050年時に2010年時と比較して約1.6倍となり増加するものの、なりゆきシナリオは1.1倍程度の伸びである。経路を確認すると、まちづくりシナリオは環境効率と同様に、費用削減とQOL向上が補完しあいながら、40年を通じて上昇傾向を示しているが、なりゆきシナリオでは2030年までは市街地維持費用は増加するものの、2030年以降は増加するために、2020年代をピークとして費用効率が減少する。効率の観点からみると、街区群全体として更新することが、街区群の環境性能を大幅に高めていることを確認できる。

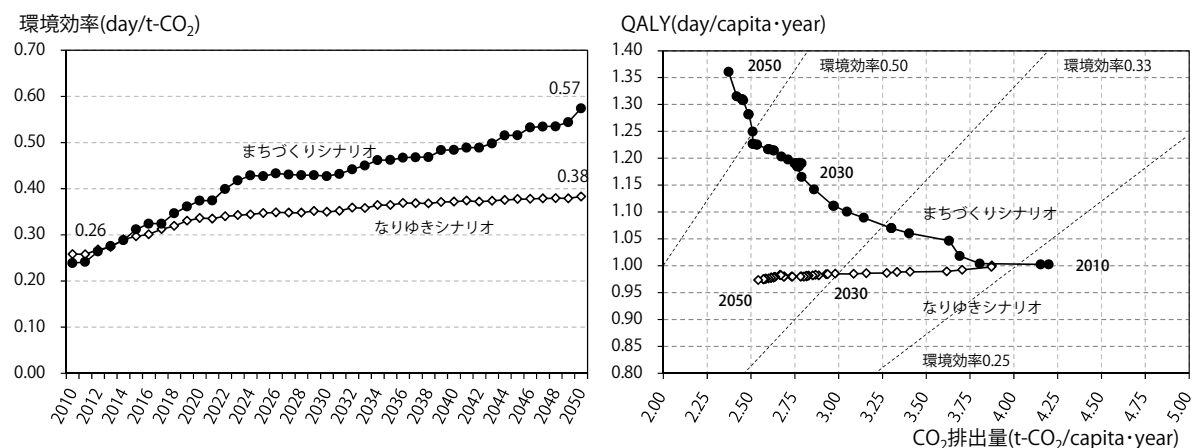


図 5-11 各シナリオの環境効率および生活の質，CO₂排出量の推移

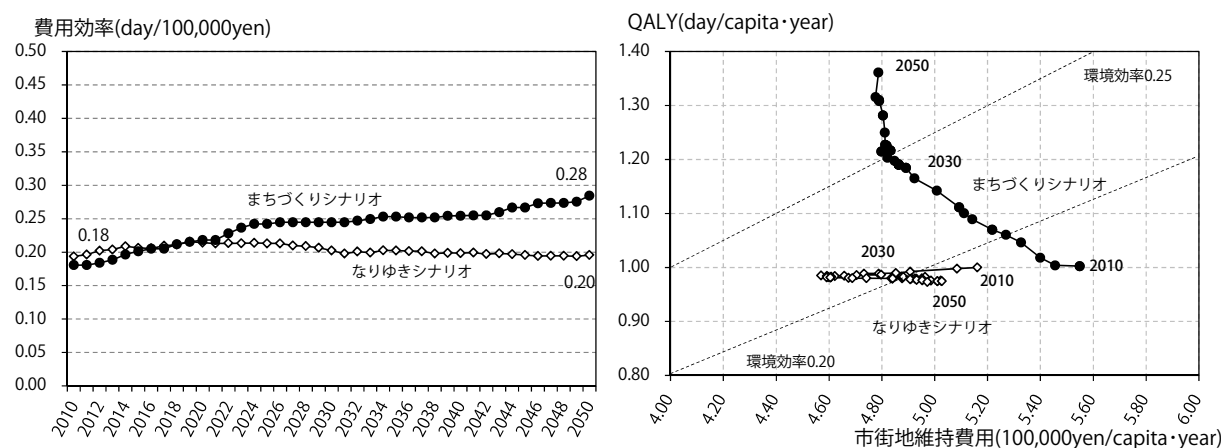


図 5-12 各シナリオの環境効率および生活の質，市街地維持費用の推移

5-3 近郊街区群における環境技術と空間デザインの相互評価

(1) 街区群の概要

近郊街区群の検討対象街区群である御劔街区群は、前節の都心街区群から 3km 程度南下した箇所に位置しており、中心部にほど近い住宅中心の市街地である。街区群西側は幹線道路及び都市高速道路が南北に走っており、その西側は材料科学系の工場が立ち並んでいる（図 5-13）。

市街地は名古屋市では少ない戦争で焼失していない街区群であり、そのため古くからの木造の長屋や住宅が立ち並び、自動車が通過できない狭い道路も数多く残っている。そのため、火災リスクが高く、地震時においても安全性が低い。また、近年においては狭い敷地の住宅が空家や空地、駐車場化する一方で、比較的広い住宅であった場所は敷地分割され、3 階建ての戸建住宅が新築されており、平屋と 3 階建て戸建住宅、幹線道路沿いには高層の集合住宅など、様々なタイプの住宅が混在し始め、景観や日照の悪化が進んでいる。

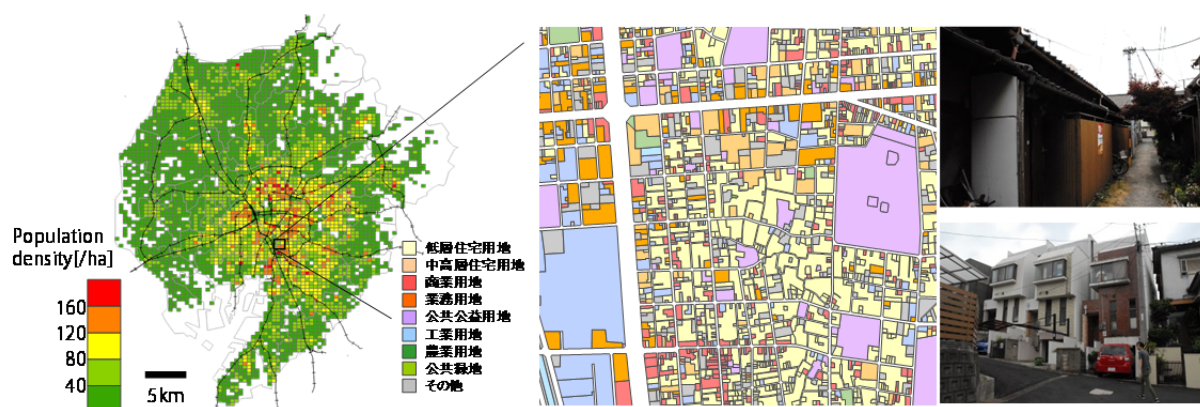


図 5-13 御劔街区群の位置と概要

今後の街区群の人口予測では、2050 年には 2010 年の 7 割程度に減少するとされているが、名古屋市の都市計画マスタープランにおいては、駅そば街区群に位置付けられており、今後も可能であれば人口を増加させていくことが期待されている。したがって、本研究の検討においては、2050 年の将来人口がトレンド予測時の 1.5 倍（2010 年の 1.1 倍）となるよう図 5-14 のとおり設定し、将来のなりゆきシナリオにおける環境性能変化の予測と、デザイン検討を行う。

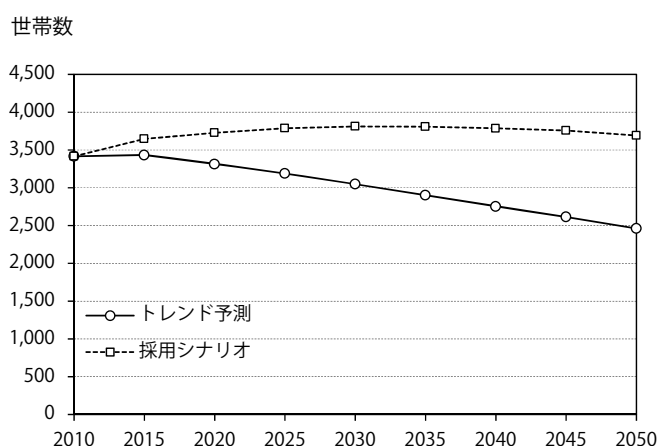


図 5-14 将来予測人口と採用シナリオ

(2) なりゆきシナリオの評価結果と考察

建物更新のシミュレーション結果

なりゆきシナリオにおける人口増減率および住宅残存率（ともに5年前に対する割合）を図5-15に、建物更新シミュレーションの結果の一部を図5-16に示す。

住宅の残存率を見ると、2015年から2040年ごろまでは、5年前の住宅数のうち1～2割が滅失している一方で、人口は2035年までは増加傾向にあり、この間は新築需要が多く発生する。一方、2040年以降は人口の減少も始まるため、新築需

要が徐々に減少し始める。そのような新築需要の動向を踏まえたうえで、市街地変化をみると、2010年から2030年まではもともと少ない空地や駐車場用地にミニ開発が進むため、空地や空家は主に長屋や集合住宅など、更新できない位置にのみ存在している。一方、2030年以降は新築需要が減少するため、空地や空家として放置されることが予想される。しかし2000年代以降に建てられたミニ開発住宅の多くは2050年になっても残存するため、余剰空間があるにもかかわらず、狭あいな住宅が立ち並び、現在よりも非効率な空間が形成される可能性がある。

人口増減率／住宅残存率

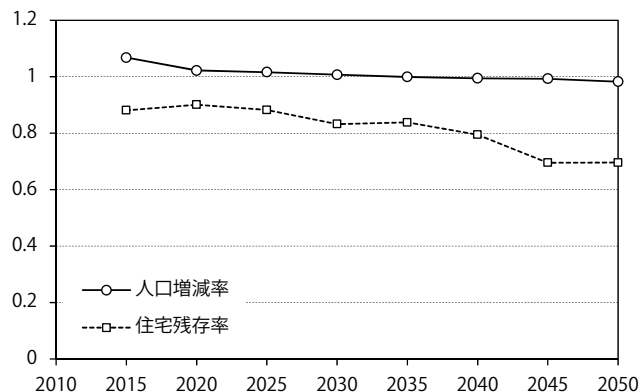


図5-15 人口増減率と住宅残存率

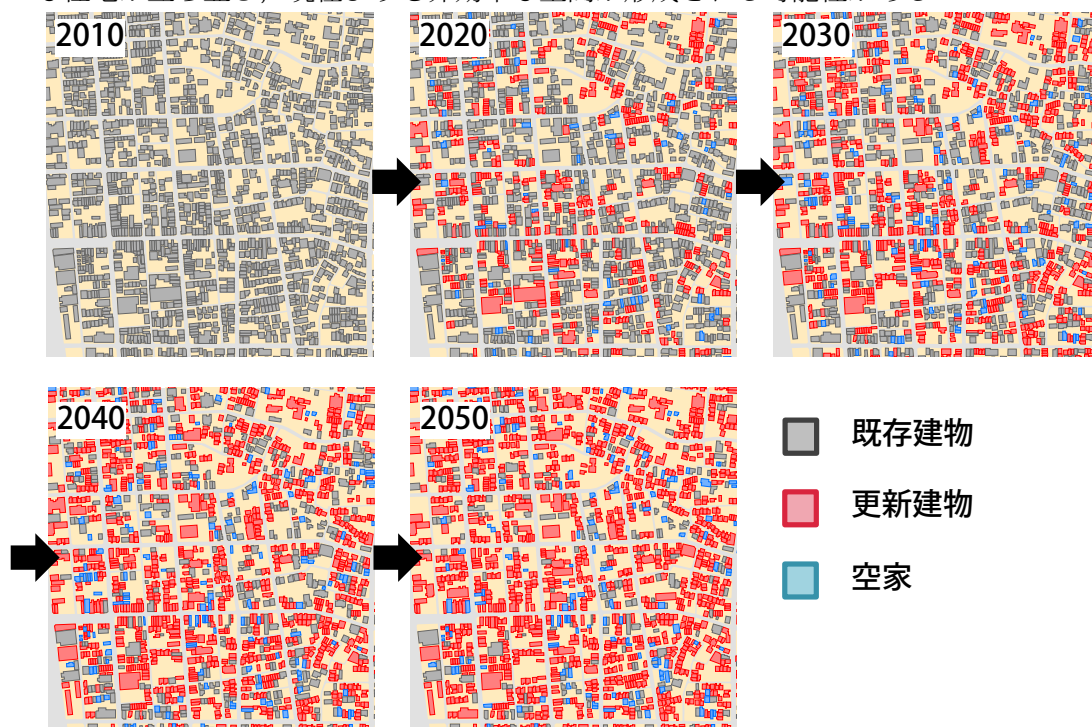


図5-16 近郊街区群における建物更新シミュレーションの結果例（2010-2050，10年間隔）

街区群の環境性能評価結果

対象街区群の2010年から2050年までの環境性能評価の推移を図5-17に示す。

まず、人口が増加し、共同住宅の増加やインフラ効率の向上などが期待され、CO₂排出量については、現状と比較して2050年には11%ほど削減することが期待される。これは、市街地維持費用も同様であり、人口密度が高まることによるインフラや建物の維持効率増加がこれらの削減の主要因となっている。一方で、居住者のQOL変化は、2050年にかけて現在よりも低下傾向となっている。その要因は、建込みが進むことによるオープンスペースや日あたりの減少、火災リスクの増加などがある。また、2010年代は古くからの狭い木造長屋の滅失が多いため、住宅の広さは低下することはないが、2010年以降は山の手の広い住宅がミニ開発により分割されるため、平均では低下してしまうことが予想される。いずれも2040年代以降は是正されるが、空地空家の増加を見れば、現状よりも良好な環境を築けるはずであり、適切な住宅供給が望まれる。

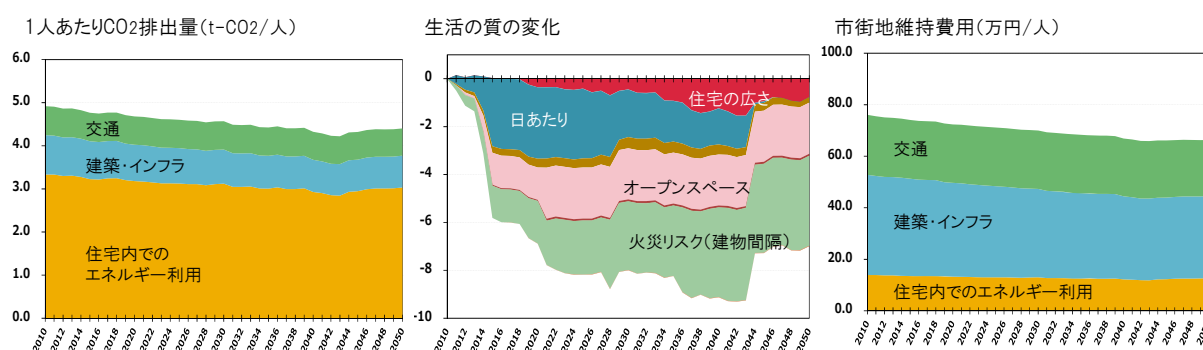


図 5-17 近郊街区群におけるなりゆきシナリオの環境性能評価の推移

(3) 施策シナリオの設定

なりゆきシナリオの予測結果を踏まえ、以降で分析する施策シナリオを設定する。本節では、特に環境技術と空間デザインの相互影響の把握を目的としていることから、環境技術シナリオと空間デザインシナリオそれぞれを単独で評価するとともに、双方を組み合わせた両方導入シナリオの評価も行う。環境技術シナリオの設定条件を表5-3に、空間デザインシナリオの設定条件を表5-4に、2050年時点の空間デザインシナリオの市街地の姿を図5-18に示す。

環境技術シナリオでは、建物の躯体性能の向上、太陽光発電などの設備の導入のほか、エネルギーシステムなどの面的政策と、工場排熱の活用を想定した。工場排熱利用では、杉本ら(2013)の素定式を用いて街区群に供給できる排熱量を推定し、検討に用いた。一方、空間デザインシナリオでは、なりゆきシナリオの将来予測から懸念された空家対策や住宅ミスマッチの解消、交通空間の確保、そしてより効率的な空間利用のためのデザイン再構築を想定した。

上記の条件で2050年までのシミュレーションを実施した場合、なりゆきでは空き家が多く発生する一方、空間デザインシナリオでは、街区内や道路沿いにオープンスペースが集約され、建物数が変わらなくとも、隣棟間隔や緑地が広く確保できる空間形成が実現できる。

表 5-3 環境技術シナリオの設定

導入技術	項目	設定条件および算出方法
①建物性能	断熱性向上	新築住宅の断熱性（Q値）をすべて1.9とする。
	屋上・駐車場緑化	屋上面積及び駐車場面積の1/4を緑化とする。
	省エネ家電	各種省エネ家電を導入する。導入条件は4-3節を参照。
②建物設備	太陽光発電	新築建物の全てに導入する。戸建住宅は3.5kW、その他用途は、建物面積の1/4に導入する。
	燃料電池CGS	新築建物の全てに導入する。住宅は0.75kW、その他用途は100m ² あたり1kWを導入する。
	蓄電池	新築建物の全てに導入する。住宅は世帯あたり5kW、その他用途は100m ² あたり1kWを導入する。
③エネルギーネットワーク	熱融通	熱導管により燃料電池CGS等による余剰熱を街区群内の建物間で融通するネットワークを構築する。ただし、熱損失は考慮しない。
	電力融通	街区群内電力で余剰電力や燃料電池CGSによる電力を融通できる管理システムを構築する。
④未利用エネルギー活用	工場排熱利用	西側の工場地帯からの排熱を熱導管ネットワークに供給し、市街地で活用する。排熱量は杉本ら（2013）から年間の排熱量を推定したうえで、工場排熱のうち、低温（500℃以下）ガス媒体の排熱の30%が回収されるものとした。また、供給は365日24時間同率で供給され、時間帯別の需給とした。

表 5-4 空間デザインシナリオの設定

導入技術	項目	設定条件および算出方法
①空家対策	空家の除却	建物滅失時期となった建物はすべて除却する。残地は駐車場需要がある場合は駐車場に、ない場合はオープンスペース（公園）とする。
②住宅ミスマッチ対策	集合住宅と戸建住宅の住替施策	建物更新に応じて単身・夫婦世帯で戸建住宅に居住している世帯は集合住宅に、集合住宅に居住するファミリー層は戸建住宅に住替るとし、戸建・集合の住宅供給数も将来の世帯構成比に合わせる。
③交通インフラ整備	歩道・自転車道整備	すべての道路について、歩道幅を1m拡幅する。また、街区群内の補助幹線道路については、すべて自転車レーンを設置する。
	カーシェアシステム導入	全ての世帯について、現在保有している自動車のうち1台をカーシェアリングに変更する（街区群平均では世帯自動車保有率－1）。さらに駐車場をオープンスペースとする。
④空間デザイン再構成	建物のセットバック	各建物の更新時に1mセットバックを行い、歩行空間を拡幅。これまで歩行者専用となっていた道路については、引き続き歩行者のみで使用。
	敷地統合化とオープンスペース集約	街区単位で敷地内での建物配置をコントロール。分散している敷地を集約化し、ミニ開発ではなくテラスハウス型住宅とすることで、オープンスペースを拡大。
	用途の混在化	商店街周辺や幹線道路沿いについては、街区単位で共同住宅、商業、業務用途を共同更新し、用途複合型の建物を整備。

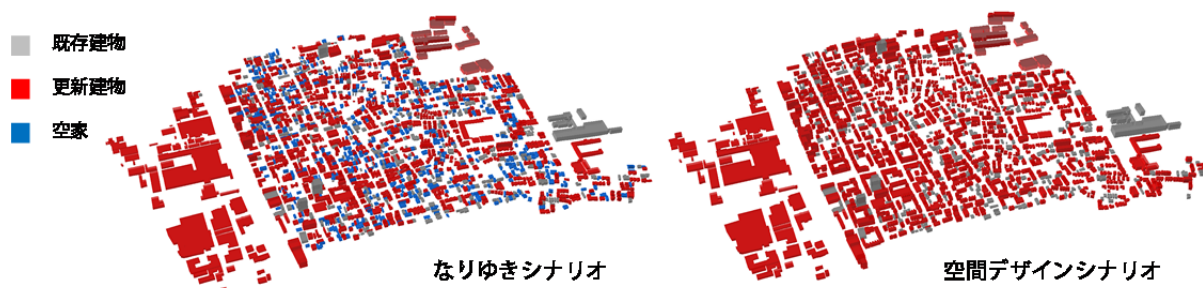


図 5-18 なりゆきシナリオと空間デザインシナリオの 2050 年での空間デザイン

(4) 施策分析結果と考察

トリプルボトムライン評価指標の評価結果

前項で設定したシナリオごとの環境性能評価結果（2050年）を図5-19に示す。

環境技術シナリオでは、CO₂排出量はなりゆきシナリオと比較して34%削減が可能であり、特に受託内でのエネルギー利用についての削減量大きい。QOLは緑化による水害リスク低減や再生可能エネルギー導入による災害対応性の向上により、わずかになりゆきシナリオより増加している。しかし、市街地維持費用については、環境技術導入によるエネルギー利用の削減分を、設備等の導入による増加分が相殺しており、削減効果はほとんど見られない。

空間デザインシナリオでは、建物セットバックにより道路空間拡幅が可能となり、火災リスク低減や歩行空間の確保からQOLが増加している。また、セットバックにより街区面積は減少するが、カーシェア導入による駐車場削減と建物再配置を行うことで、なりゆきシナリオよりも大きいオープンスペースを確保することが可能となっており、自動車の保有率削減が歩行者や安全性のための交通空間確保とオープンスペース拡大の両立に大きく寄与している。また、CO₂排出量についても、複合用途化による資源消費量の削減や、自動車分担率の削減などにより、10%の削減を実現している。さらには基本的には追加的なコスト負担が生じないことから、市街地維持費用についても、18%の削減が可能となる。さらに両方導入シナリオでは、QOL向上とCO₂排出量及び市街地維持費用の削減が同時に達成できることが明らかとなった。環境技術のみの推進ではQOL向上や市街地維持費用削減効果は小さく、住民や関係者の動機づけにはなにくい。空間デザインと合わせて総合的に実施することで、QOLや市街地維持費用も大きく改善することから、バランスの良い低炭素化を実現できることが確認できる。

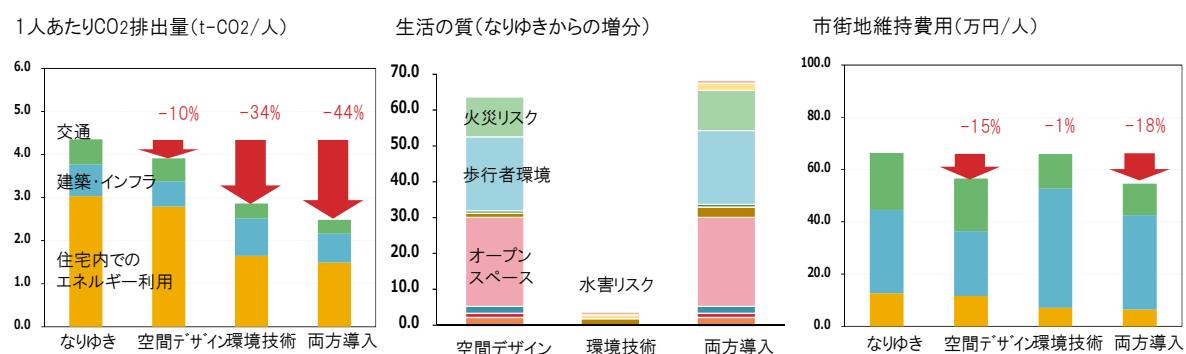


図5-19 各シナリオにおける環境性能評価結果（2050年）

環境効率および費用効率の評価結果

環境効率の推移とその経路を図 5-20 に、費用効率の推移とその経路を図 5-21 に示す。

環境効率は、なりゆきシナリオでは微増であるが、その他のシナリオではいずれも増加傾向を示しており、両方導入シナリオにおいては 2050 年には 2010 年比で約 2.2 倍に向上している。環境技術シナリオが約 1.7 倍、空間デザインシナリオが約 1.4 倍であり、空間デザインシナリオよりも環境技術シナリオのほうが環境効率の向上効果は大きい。経路を確認すると、環境技術は CO₂ 削減量が大きくそれにより環境効率が向上している一方、空間デザインシナリオでは QOL 向上が環境効率向上の主要因となっている。両方導入シナリオでは、相乗効果により双方がバランスよく向上しているため、環境効率の伸びが大きくなっている。

費用効率においても両方導入シナリオの向上が大きい。環境効率と異なり空間デザインシナリオのほうが環境技術シナリオよりも向上し、両方導入シナリオと近接している。経路においても、両方導入シナリオと空間デザインシナリオ、なりゆきシナリオと環境技術シナリオが近接した経路をたどっており、空間技術の導入のみでは、現在の技術水準では費用効率の向上が期待できないことが明らかとなった。

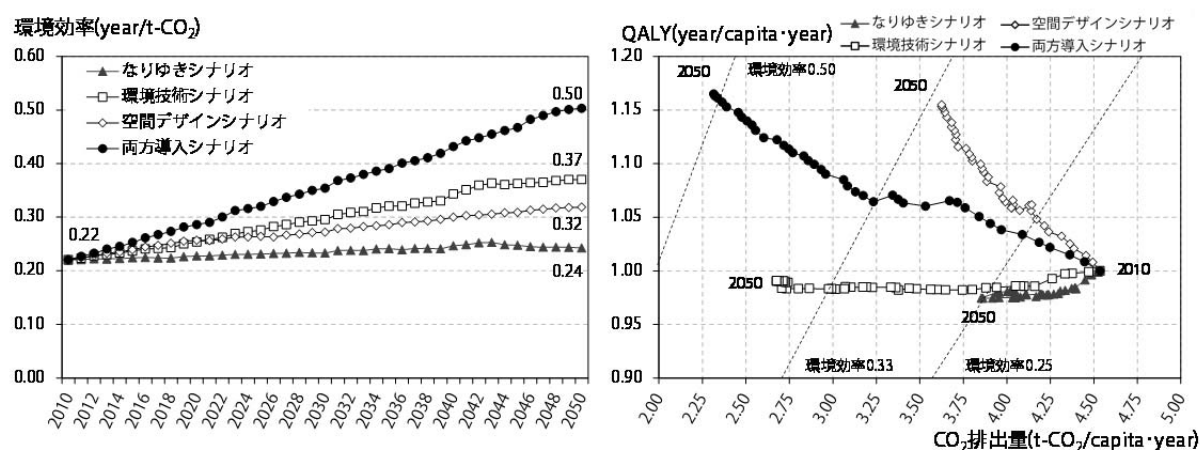


図 5-20 各シナリオの環境効率および生活の質、CO₂ 排出量の推移

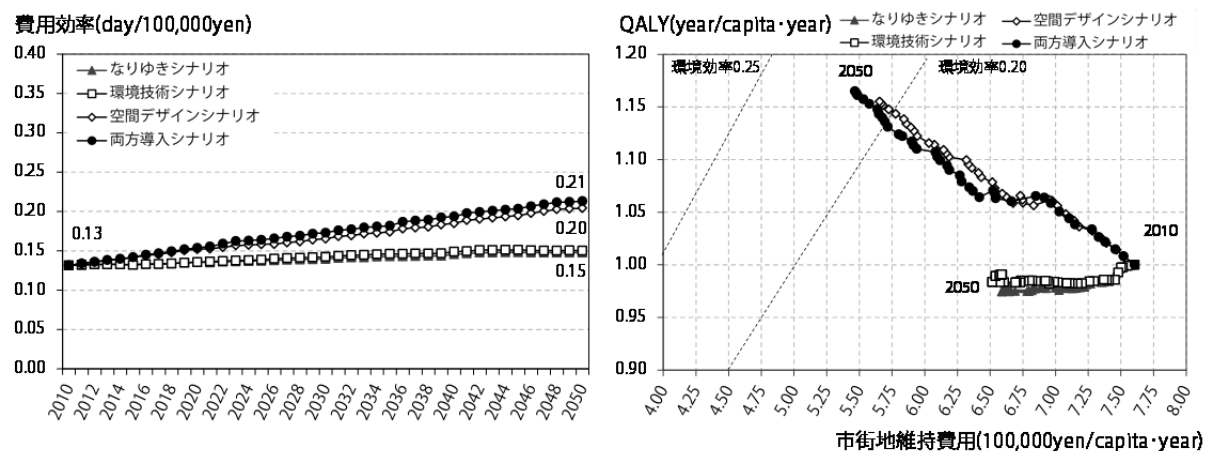


図 5-21 各シナリオの環境効率および生活の質、市街地維持費用の推移

5-4 郊外街区群における土地利用方針の評価

(1) 街区群の概要

郊外街区群の検討対象街区群である豊山街区群は、都心街区群から7km北上した箇所に位置しており、住宅中心の市街地である。もともと街区群の北東部は農村集落が形成されており、そこから放射状に農地が広がる地域であったが、街区群西側の幹線道路が1970年代に整備され、空港や航空産業が集積しはじめ、農地が徐々に宅地や工場へと転用している街区群である（図5-22）。

市街地は、農村集落であった北東部については、曲がりくねった入り組んだ街区に、昔ながらの大きな農家住宅（母屋、離れ、蔵および農具置き場などが一体となった敷地）が今も残っている街区群である。それ以外の街区群については、耕地整理された農地が広がっているが、旧農業集落に近い区域や、南部、幹線道路沿いから徐々に農地転用が進んでおり、街区群中心部に近づくにつれ農地と建物用地との混在が進んでいる。そのため、街区群には利用率の低下した農業水路と生活排水とがそれぞれ2重に整備されているなど、インフラ多重化も見られる。

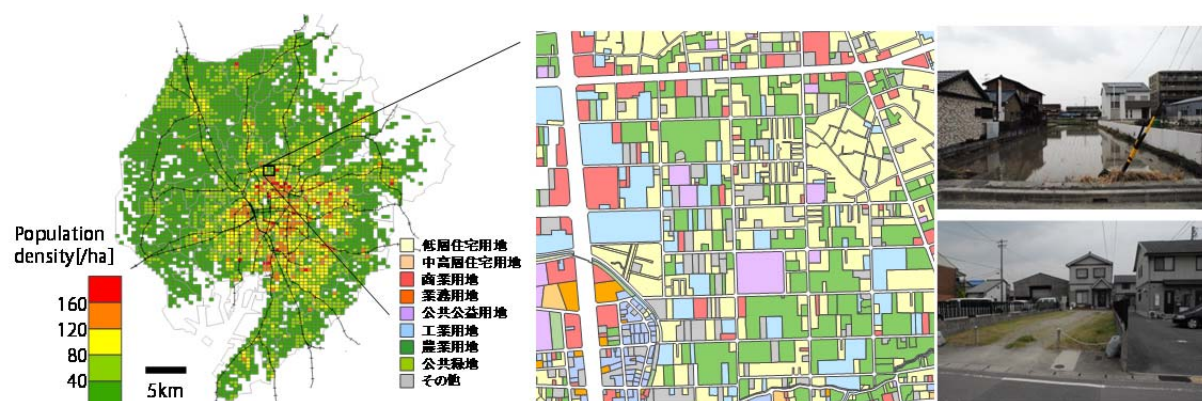


図 5-22 豊山街区群の位置と概要

将来の見通しとしては周辺に航空産業が集積しているため、豊山町全体としては今後も人口が増える可能性はあり、トレンド予測からしても2050年の人口は2010年と比較しても微増傾向である。しかし、今後集約型都市構造を目指すうえでは、都市圏全体からの位置づけとしては人口をあまり増加させない位置づけであり、また他の農地転用街区群への知見を得ることも目的としているため、本研究では人口が半減するとしてデザイン検討を行う（図5-23）。

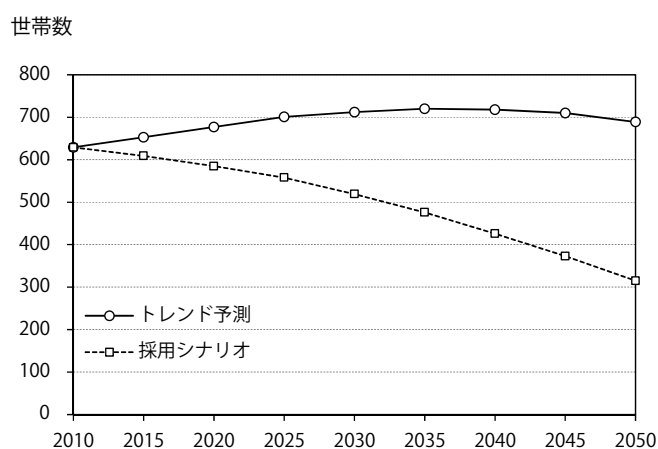


図 5-23 将来予測人口と採用シナリオ

(2) なりゆきシナリオの評価結果と考察

建物更新のシミュレーション結果

なりゆきシナリオにおける人口増減率および住宅残存率（ともに5年前に対する割合）を図5-24に、建物更新シミュレーションの結果の一部を図5-25に示す。

住宅の残存率を見ると、期によって前後はあるものの概ね前5年の8割程度が残存する推移をたどっている。人口については、2030年までは0.95程度であるものの、それ以降は住宅の残存率とほとんど

人口増減率／住宅残存率

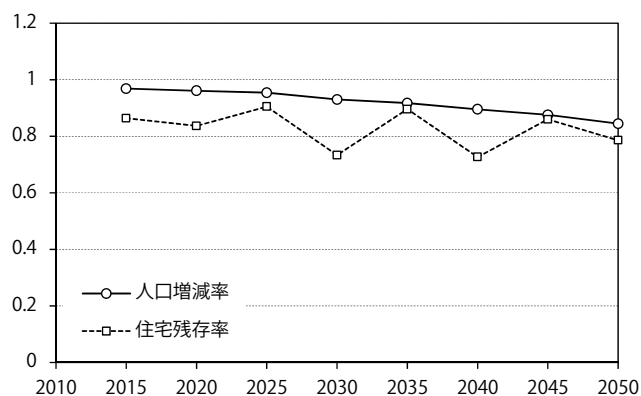


図5-24 人口増減率と住宅残存率

ど近い値をとっており、2030年以降はほとんど新築需要が期待できないことが明らかである。そのような動向を踏まえたうえで市街地変化をみると、2010年から2030年までは、まだ新築需要が多いため、旧農業集落が更新され、さらには農地転用もより外側へ広がっている。しかし、2030年以降は新築需要があまり発生しないことから、建物の更新が行われず、その時期に滅失が進む旧農業集落のすぐ外側のエリアが空地空家に変化する。2000年代以降の農地転用住宅や旧農業集落の更新住宅は残存するため、中心部と外延部に住宅が残る、その間が空地空家化する逆ドーナツ化が進む結果となっている。

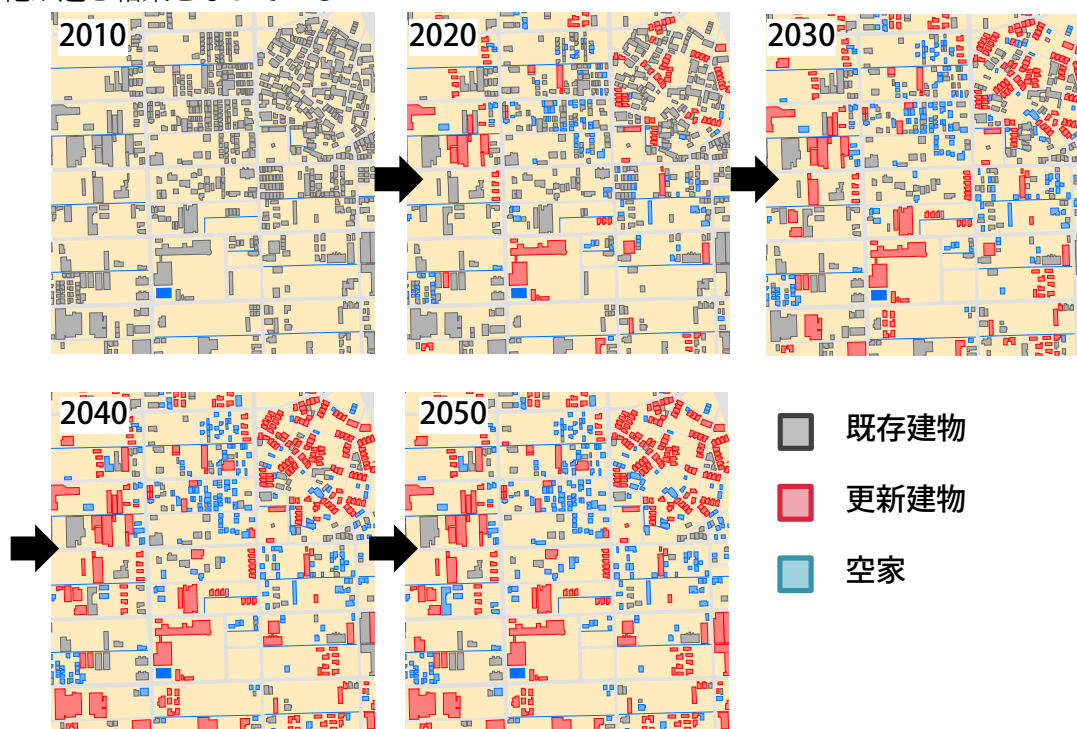


図5-25 郊外街区群における建物更新シミュレーションの結果例（2010-2050，10年間隔）

街区群の環境性能評価結果

対象街区群の2010年から2050年までの環境性能評価の推移を図5-26に示す。

まず、人口が大幅に減少し、もともと多重化しているインフラの利用効率が低減することから、CO₂排出量は、現状と比較して30%ほど増加する可能性がある。これは、市街地維持費用も同様であり、人口密度の低下に伴うインフラや建物の効率低下が主要因となっている。一方で、居住者のQOL変化は、2050年にかけて現在よりも増加傾向である。人口減少に伴い、建物の数も減少することで、日あたりや景観が平均としては向上する可能性がある。また、郊外化初期の狭い住宅が更新されることによる住宅広さの向上や、農地転用が幹線道路まで広がることにより、反対に幹線道路沿いの商業施設にアクセスしやすくなるなど、商業利便性も向上している。しかし、旧農業集落を中心としている公共交通へのアクセスは市街地の拡大に伴い低下しており、中心性が失われる傾向となっている。住みよさは向上しても、費用やCO₂がより非効率となるのは、従前からの郊外と同様の問題を今後も引きずるものであり、人口減少に対応した環境的、経済的に効率的な街区群への転換が求められる。

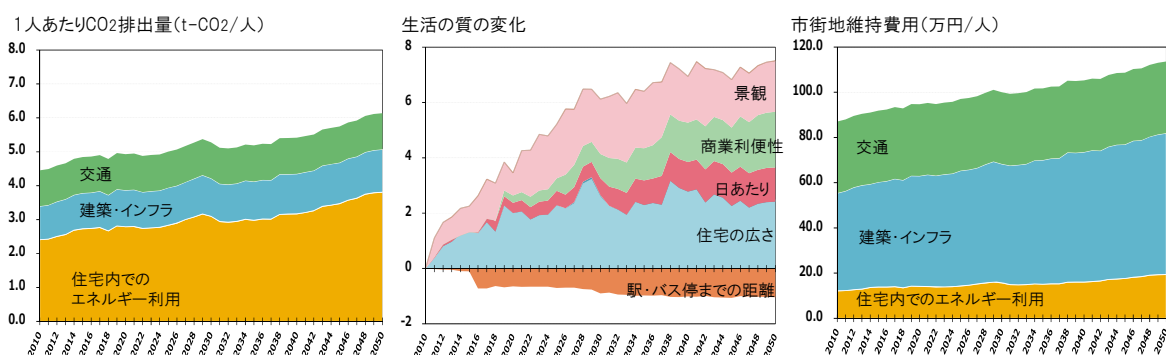


図5-26 郊外街区群におけるなりゆきシナリオの環境性能評価の推移

(3) 施策シナリオの設定

なりゆきシナリオの予測結果を踏まえ、以降で分析する施策シナリオを設定する。本節では、特に土地利用方針の違いによる環境性能の違いを分析することを目的としているため、拡散型と集約型の2つの土地利用シナリオを設定する。拡散型のシナリオでは、残存している農地を宅地化することを前提として、1世帯あたり敷地面積300㎡以上の戸建住宅が面的に広がるシナリオとし、集約型シナリオでは建替に応じて旧農村集落およびその近傍区域に更新後の住宅を集中させるシナリオとした。各シナリオの設定条件を表5-5に、2050年時点の空間デザインシナリオの市街地の姿を図5-27に示す。住宅を中心部に集中した場合においても、効率的な配置が可能となれば、旧集落とその周辺1街区で戸建住宅は収まり、集約的な立地は可能である。

表 5-5 各シナリオの設定条件

設定条件	拡散型シナリオ	集約型シナリオ
住宅立地	新たに建設する住宅については、優良田園住宅（国土交通省1998）を参考に、敷地面積300㎡以上、建蔽率30%、容積率50%の住宅（延床面積180㎡）を街区群全体で均等に開発を進める。	新たに建設する住宅については、通常の郊外型戸建住宅（延床面積150㎡）を、旧農村集落およびその近傍の空地空家発生地に集約的に立地させる。住宅配置は、オープンスペースの集約化を基本とした配置とする。
住宅以外の立地	現状と同様の地点に建替を行う。	幹線道路沿いを中心に現在より集約させる。 学校については更新タイミングで旧農村集落に移転する。
交通インフラ	歩道、自転車道の整備を行う。	歩道、自転車道の整備を行う（整備量は拡散型と同様とする）とともに、カーシェアの導入を図る（2台目保有車両を転換する）。
公共交通	現状と同様とする。	街区群内をめぐるバスルートを短縮し、便を増やす。

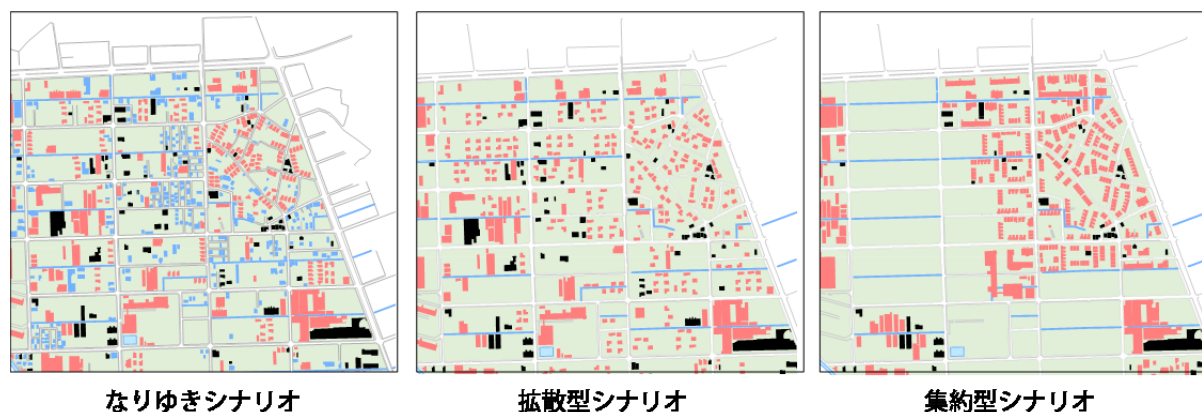


図 5-27 各シナリオの2050年での空間デザイン

(4) 施策分析結果と考察

トリプルボトムライン評価指標の評価結果

前項で設定したシナリオごとの環境性能評価結果（2050年）を図5-28に示す。

拡散型シナリオでは、CO₂排出量はなりゆきシナリオと比較して更に6%増加する。住宅が広くなり、エネルギー利用が増加するとともに、市街地の拡散により公共交通の利便性が下がり、自動車の交通分担率も増加することが原因と考えられる。市街地維持費用についてはなりゆきシナリオよりも6%減少しているが、これは空家の除却によるものと考えられる。一方、集約型シナリオでは4%の減少となっている。これは主に交通によるものであり、集約化によって公共交通の利便性が高まったほか、歩道や自転車道の整備密度が拡散型と比較して高いことから、徒歩や自転車への転換にも結び付いている。インフラについても減少しており、宅地エリアが小さくなることから、宅地に係るインフラ維持管理費用（住宅排水や道路管理レベル）の削減が可能となっているためである。

一方、住民のQOLに関する変化では、どちらのシナリオも増加しているが、内訳は大きく異なる。拡散型シナリオでは、住宅広さや日あたりなど、主に住宅に関するアメニティの向上によるものであり、集約型シナリオはオープンスペースなどの公共空間によるものと、歩きやすさや公共交通の利便性など、交通利便性に係る要因となっている。全体としてはやや集約型シナリオのほうが増分が大きく、拡散型シナリオに対してもなりゆきシナリオに対しても環境性能が高くなることが明らかとなっている。今後人口の増加が望めない都市フリンジ部においても、街区群レベルでの土地利用構成が街区群の環境性能に大きく影響している。

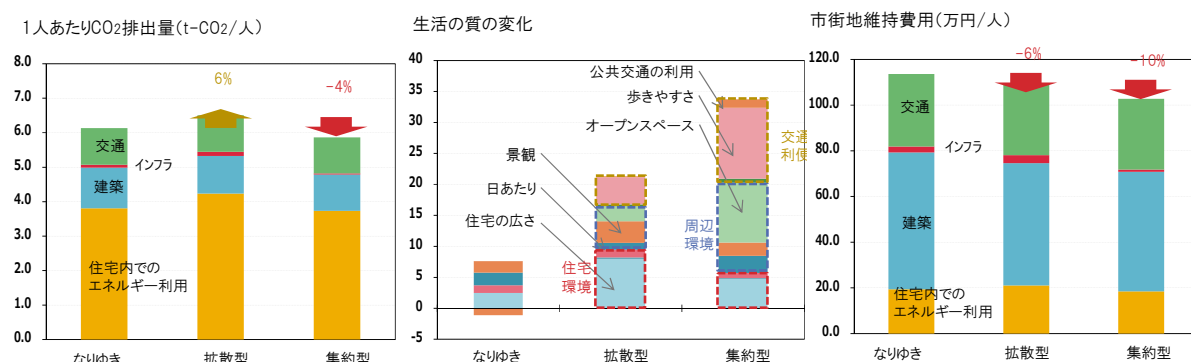


図5-28 各シナリオにおける環境性能評価結果（2050年）

環境効率および費用効率の評価結果

環境効率および費用効率の結果を図 5-29 に示す。環境効率では、なりゆきが 0.17 であるのに対し、拡散型では 0.16 と低下しており、反対に集約型では 0.19 と向上している。ともに QOL 値は増加していることから、CO₂ 排出量の増減が環境効率に大きく影響があることがわかる。また、集約型シナリオであっても、2050 年には 2010 年の現況と比較して環境効率は 1 割以上低下している。人口減少による環境面での街区群性能の非効率化は、土地利用の再編を実施し QOL 向上を図っても抑制できず、結果として環境効率が低下したと考えられる。土地利用再編のみでは環境効率の向上は難しく、前節における近郊街区群の検討結果を踏まえれば、技術導入と合わせた街区群の再編により環境効率の改善を図る必要がある。

費用効率も同様に、なりゆきが最も低く、拡散型シナリオのほうが集約型シナリオよりも小さい。ただし、環境効率とは異なり、集約型シナリオにおける 2050 年の費用効率は 2010 年の現況を上回っており、土地利用の再編により向上する可能性がある。これは、土地利用再編により現況よりも市街地を集約したことでインフラ維持管理費用や建設コストを抑えることが可能となったためである。以上の結果から、人口が大きく減少する街区群においては、土地利用再編を積極的に図っても、費用や環境負荷増大は抑えられず、街区群全体が非効率化する恐れがある。都市圏全体での人口配置を見直したうえで、減少が著しい地域においては撤退の可能性も視野に入れた検討の必要があるとともに、撤退が難しい地域においては環境技術と合わせた街区群のデザインを検討することにより、環境的にも費用的にも効率的な市街地の形成を目指す必要がある。

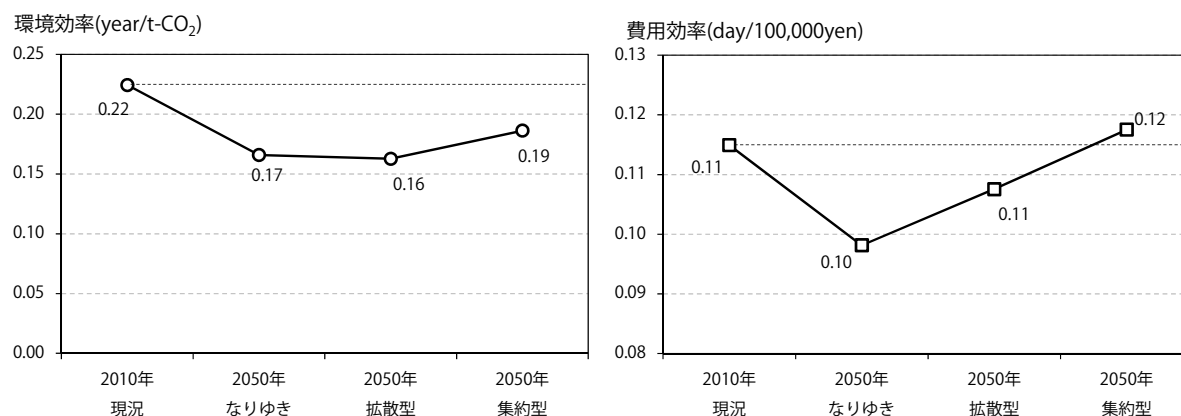


図 5-29 環境効率及び費用孤立の評価結果（2010 年及び 2050 年）

5-5 ケーススタディ結果のまとめ

(1) モデルの有用性に関する検証

以上の3地区におけるケーススタディを踏まえ、モデルの有用性について検証を行う。

まず、3地区に共通する分析として、なりゆきシナリオを用いた将来空間構造の変化と、それによるトリプルボトムライン指標の算出が可能となった。これにより、都心部においては、建物高さのばらつき増加による居住環境の悪化、近郊街区群においては、ミニ開発がもたらす3階建戸建て住宅の建て詰まりと空地・空家の同時発生による地区空間利用の不均質化、郊外街区群においては建物の需要発生時期と滅失集中時期のギャップによるいびつな空間分布の形成など、各地区においてなりゆきのままに建物が更新した場合に発生が予見される現象が具体的に提示できるとともに、それによる空間性能の変化が総合的かつ定量的に提示できた。地区の空間再構築を検討する場合においては、現状およびそれによる将来変化の認識は計画立案の上で重要な基礎資料となる。開発したシステムを用いることで、発生する現象とその帰結を同時に確認することが可能であり、将来計画立案のための有用な基礎資料として、分かりやすい情報を提示できることが明らかとなった。

また、各ケーススタディにおいて異なるパターンの検証を行い、モデルの有用性を多面的に検証した。都心地区では、市民主体による地区まちづくりにおける環境性能の評価を実施した。その結果、地区の居住環境向上により、市民の享受する生活の質が大幅に増加することが定量的に明らかになるとともに、ゾーニングや共同更新による用途複合化が建物寿命の増加に寄与することが明らかとなった。さらに、地区内の建物が2020年代に多くたて替わることから、将来ビジョンの実現には2020年までに共同更新やゾーニングのルール化を具体的に設定する必要があること、会所の確保がQOL増加に大幅に貢献していることなどが明らかになった。これにより、住民主体でのまちづくりにおいて、定量的科学的な根拠を示すことが可能となるとともに、将来ビジョンの実現や低炭素化を両立するために必要な施策や、その実施時期（クリティカルポイント）をフィードバックすることが可能となる。市民ベースでの地区まちづくりにおいては、合意形成の議論が中心となることから、取り組みの実現性や実効性は担保されない場合が多く、取り組みの長期継続性が確保できないこともある。本評価システムを用いることで、市民参加によるまちづくり方針について、取り組み効果の見える化が可能であり、科学的な情報から具体的な議論を進めることが可能となる。

郊外街区群においては、空間デザインと環境技術の相互効果についての分析評価を実施した。その結果、環境技術のみではコスト効率や住みやすさがあまり向上しないことから、住民との合意形成や、エネルギー事業を担う事業者の参入が難しく、反対に空間デザインのみでは低炭素化を促せない可能性が明らかとなった。本評価システムを用いることで、事業者における採算性や

市民の合意形成など低炭素まちづくりを担う各事業の組み合わせをそれぞれの側面から総合的に検討することが可能であり、エネルギー及び建設需要の小さい近郊や郊外部においても事業性の高い計画を検討することが可能となる。

最後に郊外街区群における検討では、人口減少地域における土地利用の検討を行った。集約型都市構造を実現する上では、環境的、経済的に非効率な地域において、徐々に人口移転を促すことが挙げられている。しかしながら、社会的地理的な観点から、すべての候補地域において完全に人口を撤退することは難しく、人口が少ない中で効率的な土地利用が求められる。本研究では、地区レベルでのミクロな土地利用政策について、具体的かつ包括的な評価を実施することができ、郊外地区において適切な都市の折りたたみ方を検討するためのツールとしても活用できることを検証した。

本研究で開発したシステムは、市民主体の地区まちづくり支援だけでなく、エネルギー需要密度の小さい地区における複合的な事業実現性の検討、郊外における将来方針の検討など、多様な政策検討に実現できるツールであると考えられる。

(2) ケーススタディによる低炭素街区群の方向性に関する知見の整理

各ケーススタディを通じた、低炭素な街区群を実現するためのデザインについての知見を以下に整理する。

全体的な知見として、環境技術の導入はそれ単独では、街区群の魅力を向上することは難しく、またコストメリットを創出することも難しいこと、それを可能とするためには、受け皿である空間デザインも合わせて検討することが街区群のバランスの良い環境性能向上に必要不可欠であることが明らかとなった。また、日本においては、都心部では駐車場、近郊・郊外部においては空地や空き家など、建物の密度に関わらず低未利用地が多く存在し、今後も増加する。これらをコントロールすることで、人口密度を高めながら魅力的な公共空間（歩道、公園など）の創出と、それによる市街地の環境改善や低炭素化の実現が可能となることが明らかとなった。

また、個別のケーススタディにおける市街地のデザインについての知見を以下に整理する。まず都心街区群では、街区群レベルでのゾーニングを行いながら、共同更新による敷地の集約化や住宅と商業などの用途混在を進めることが環境的にも住民の QOL 向上にも有効であることが明らかとなった。地区環境の改善が結果として、建物寿命の向上にもつながり、より長期的な将来における建設資源消費量の低減とそれによる低炭素化の実現にも寄与することが明らかとなり、住環境改善が低炭素につながる事が検証できた。

近郊街区群においては、今後未利用地が増加する可能性が高いことから、これらをどのようにコントロールするかを検討することが必要不可欠である。街区群の立地特性に応じてその配分は異なるが、低未利用地のコントロールにより生まれた余裕を、交通空間と居住空間に適切に配分

することによって、徒歩や自転車など、ヒューマンスケールの交通環境と、ゆとりのある居住空間の確保が同時達成できる。それにより自動車分担率の低減や、世帯人数に適した住宅の選択がなされ、単にハード面の改良だけでなく、ライフスタイルの変化をも含めた環境負荷低減が可能となることが明らかとなった。

最後に郊外街区群について、人口が減少する街区群においては、地区内において小さく集約する土地利用が環境的にも効果的であり、居住者の QOL 向上も期待できることが明らかとなった。旧農業集落においては、従来の農家型住宅（母屋、離れ、倉などから構成される敷地の大きい住宅地）から、核家族化による通常の戸建て住宅への転換は逃れられない。鉄道駅が周辺に存在しない市街地においても、旧農業集落等において、現在の地区特性を活かした集約化を図ることで、従前よりも高密度でかつ公共交通利便性の高い地区へと転換できる可能性がある。一方で人口減少による環境面や経済面での非効率化を、土地利用のみでは完全に吸収できない可能性も示唆された。そのため、市街地の集約化とエネルギーの面的利用を同時に実施することで、追加コストをなるべく低減した漸次的な低炭素まちづくりが求められる。

＜参考文献＞

あいちトリエンナーレ実行委員会: あいちトリエンナーレ 2013 開催報告書, 2013,

<http://aichitriennale.jp/item/260326report.pdf>

名古屋市: 名古屋市都市計画マスタープラン, 2011,

<http://www.city.nagoya.jp/shisei/category/53-10-9-4-0-0-0-0-0.html>

名古屋都市センター: 名古屋都市圏におけるエコ・コンパクトな市街地形成, 名古屋都市センター研究報告, No.091, 2011.

錦二丁目まちづくり連絡協議会／マスタープラン編集会議: これからの錦二丁目・まちづくり構想 (2011-2030) 手引き編, 2011, <http://www.kin2machi.com/archive.html>

第6章 結論

6-1 本研究により得られた知見の整理

(1) 本研究の成果の概要

本研究では、マクロな人口シナリオを前提として、街区群で生じる建物更新を時系列で予測し、それに伴う生活行動や交通行動を推計したうえで、街区群の環境性能を TBL（環境，社会，経済）の観点から総合的に評価するシステムの構築を行った。また、開発したシステムを用いて、名古屋都市圏の立地特性の異なる 3 街区群を対象にデザイン検討を実施し、それぞれの街区群において低炭素街区群を実現するためのデザインを検討した。

その結果、開発した評価システムは、施策シナリオと将来像の設定から、半自動的に市街地において発生する現象の漸次的変化の記述と、定量的な性能評価を同時かつ漸次的に提示できることが明らかとなった。これは、これまで分断されてきた長期的目標と短期的取り組み、合意形成と市街地の品質管理、都市スケールでの戦略と地区スケールでの個別事業を総合的観点から検討し、統合できるものであり、多様な市街地の持続可能性向上のための取り組み検討に活用できるものである。

また、ケーススタディの検討から、実街区群におけるまちづくりの環境性能を検証でき、環境技術と空間デザインの相互効果、交通空間と居住空間のトレードオフ、土地利用方針など、それぞれの目的に応じた検討ができることが確認できた。また、なりゆきシナリオの予測分析では、いずれの街区群においても、いつ、どこで、どのような課題が生じるかを詳細に記述できるとともに、それが環境性能に与える影響を評価することが可能であり、街区群の将来がどのように変化するかを、視覚的、定量的に情報提供することができる。これらは実際の街区群まちづくりににおいても有効に活用できるものである。

(2) 各サブモデル構築により得られた知見の整理

建物更新を予測するモデルの構築では、単に物理的寿命だけでなく、周辺環境や建物の要求性能の変化を踏まえた予測モデルの構築が可能となった。個々の建物の容積率充足率だけでなく、街区群全体での容積率の充足が重要となること、街区群全体での景観や日照の確保が受網に影響する可能性があることなどが明らかになるとともに、ケーススタディからは、単に建物の水準の

みを引き上げても、周辺環境の性能が向上しなければ物的要因以外の要因で寿命前に更新が発生することが示唆された。

生活スケジュールを考慮したエネルギー消費量推計モデルでは、世帯のライフステージや就業状況等によって、エネルギー需要が大幅に異なることが明らかとなった。世帯人員が多い世帯のほうが一般的には1人あたりのエネルギー消費量が小さくなるが、ともに就業していない高齢夫婦と共働き夫婦では消費量に大きな差があるなど、在宅時間と居住している街区群のバランスでエネルギー消費量は異なることが示唆された。また、テレワークやシェアハウスなどICTを利用したライフスタイル変化もまた、世帯のエネルギー消費量に影響を与え、特にテレワークにおいては郊外ではエネルギー消費量削減可能性があるものの、都心部においてはもともとの通勤に必要なエネルギーが少ないことから、在宅に伴うエネルギー消費量の増加が優越し、かえってエネルギー消費量が大きくなる可能性があることが確認できた。さらに、スマートグリッドなど、エネルギーの面的利用効果については、世帯属性の多様性や土地利用の多様性が担保できる近郊部で最も効果がある可能性も明らかとなった。

沿線環境を考慮した距離別交通手段分担率モデルでは、歩道の整備や街路樹など居住地周辺の環境の違いが交通手段選択に大きく影響を与えることが示唆された。具体的には、歩道整備や街路樹、沿線の商業施設の数が大きいほど徒歩での移動距離が増加すること、自転車での移動距離は居住地周辺の標高差の影響があること、カーシェアリングシステムやパーソナルモビリティなど、端末側の交通施策が自動車の分担率を抑制できる可能性があることが明らかとなった。また、地区の立地特性とそれに伴うトリップ長の分布から、例えば都心部においては歩行者関連施策、近郊部においては自転車施策、郊外においては公共交通施策によるCO₂排出量削減効果が大きいことが明らかとなり、現在の地区特性に応じて交通行動変化やCO₂排出量に影響の大きい施策の選定・抽出が可能となった。

最後に、以上のサブモデルから得られるデータを用いて、低炭素まちづくりを空間構成と環境技術双方の観点から評価できるトリプルボトムライン評価システムを構築した。このシステムにより、街区群の環境性能をQOL値、CO₂排出量、市街地維持費用の観点から評価することが可能となり、個々の住宅における環境技術の導入から、エネルギーの面的な利用、土地利用や居住施策による効果を、単独ではなく複合的に時系列で評価できるモデルの構築が可能となった。さらに、QOL値の算出を行う上では、アンケートを用いた推計により、居住環境を示す指標に対する住民の価値観が明らかになるとともに各指標の余命換算値を得ることが可能となった。

6-2 社会実装に向けた提案と課題

(1) 長期的将来を目指したまちづくり展開への活用

これまでの日本における地区環境形成のための取り組みは、市民参加の改善型まちづくりが多く、短期的視野に基づいた取り組みの推進が中心であった。地区計画のような長期にわたって地区環境に影響を持つ施策を講ずる取り組みの事例は少なく、また実施される場合においても、その効果は将来像実現時点における定性的、感覚的な把握にとどまり、定量的かつ時系列でその効果を管理するアプローチはあまりとられてこなかった。気候変動や減災といった日常生活の実感から距離のあるテーマをいかに市民に引き寄せ、まちづくりに実装するかはこれからのまちづくりにおける重要な課題であり、そのためには「低炭素」に示される望ましい社会像を分解し、より具体的な現象として記述する術が求められている。また、近年における地区マスタープランの策定やトランジション・タウンなど、長期的目標に向かって取り組みを積み上げるまちづくりのアプローチについては、長期的目標と短期的取り組みの整合や継続性が問われている。これらの取り組みにおいては、将来像検討（Visioning）の段階においては定量的なアプローチをとっているが、ロードマップの検討段階においては実現性や取り組み実施順序などから定性的な検討に留まることが多く、計画の途中段階においてどの程度取り組みの効果が発揮されているかが明らかではなく、現在実施している取り組みが継続的に実施できるか、またそれが将来目標に近づいているかを担保するPDCAサイクルの確立はまだ達成されていない。

本システムでは取り組みによる効果を、単にCO₂排出量やQOL値などの指標だけでなく、地区の建て替えを中心とした現象として提示でき、市民や行政などまちづくりに携わる関係者に対して実感しやすい情報を提供できる。それにより、市民参加型まちづくりへの科学的、客観的な情報の実装が可能であり、実効性や実現性を含めた取り組み（特にロードマップ）議論における基礎情報として活用できる。また、計画により確保できる環境性能を時系列で評価することができることから、地区レベルでのまちづくりについて、長期的な視野を持った目標設定（Visioning）とその実現のためにやるべき事業や計画、実施時期（Roadmap）を統合的に評価検討することが可能になる。さらに、取り組み内容や実施時期の変更も随時入力条件として対応できることから、取り組みの途中段階において環境性能がどうなっているか、取り組み進捗の把握や見える化を図ることが可能となる。

(2) システムを活用した地区計画制度の改善提案

具体的な社会実装手法として、地区計画策定への活用が期待される。

現在の地区計画制度は、第2章に整理したとおり、再開発等の予定がない既成市街地においては、歴史的まちなみを有するなど特別な価値共有が進んでいる地区以外では適用事例は少ない。これは、建築自由の原則が成り立つ我が国において、地区計画の策定による敷地活用の制限が、

地区計画により得られるメリットよりも卓越する（と住民や不動産事業者に判断される）ことによるものである。

他方、低炭素まちづくりにおいて重要な事業となるエネルギーの面的利用においても、地区計画の活用が期待される。面的利用事業においては供給事業者の存在が必要不可欠であるが、例えば現在の熱供給事業においては、事業を実施することによる供給義務が発生する一方で、地区内の住宅や事業者に接続義務が存在せず、必ずしも地区の熱需要ポテンシャルに見合った収益が生まれない。そのため、都心部の大型建築物が集中する地区（すなわち熱需要が十分に大きく接続の合意形成が容易な地区）においては事業が進む一方で、小規模な住宅や建物が集中する地区においては事業の実現が困難となっている。こうした地区においては、供給事業の成立と住民のメリットが双方満たせる限りに関して接続率の義務化などの制限をかけることが有効と考えられるが、現状の地区計画制度においてはこうした地区の低炭素化に資するメニューが提案されていない上に、前述のとおり、例えゆるやかな規制であっても、その必要性が十分に認識されない社会環境にある。

こうした現状を打破するためには、地区計画が実現する環境性能を前もって担保される必要がある。本システムは地区計画導入による市街地の変化とその効果を明らかにすることが可能であり、得られる効果が明確であれば、住民や事業者との検討や説明においてその効果を共有することが可能である。また、LEED や CASBEE などの建築物環境性能認証ツールが不動産投資分野において認知され始めており、認証された建築物や不動産の資産価値向上に繋がっているとの調査結果もあることから、地区計画においても、それがもたらす定量的な効果の認証が進めば、将来価値の顕在化が期待でき、現在よりも地区計画の活用を促すことが期待される。なお、現在の地区計画制度においては、地区単位である程度自由に規制内容を定めることが可能である。こうした枠組みに、低炭素化を支援する規制メニューの追加や、それに対する行政のインフラ基盤整備等による支援などが可能となれば、環境配慮型の地区計画として活用することが可能である。

現在、名古屋市が公募している「環境モデル地区事業」は、上記の考え方をもとに低炭素化を進める地区を、定量的な根拠に基づきモデル地区として認定しようとする動きである。現段階においては、認証に対する努力に対し、その支援メニューは充分とはいえないものの、一定の要件を満たす地区のまちづくりに対して、行政が積極的に支援する枠組みの拡充は必要不可欠であり、本システムはこうした仕組みを科学的側面からフォローできるものと考えられる。

6-3 今後の課題と期待される展開

最後に本研究に残された課題を述べる。まず課題として挙げられるのが、地区レベルでのミクロな挙動に対する再現性である。本研究で構築したモデルにおいては全体量としての再現性は確認しているものの、個々の挙動に対する再現性が十分であるわけではない。これは経年的な地区の周辺環境と滅失に係るデータ、個々の建物における時間帯別エネルギー消費量データ、トリップ単位の交通行動データ（特にゾーン内々交通）など、ミクロな挙動の再現性を確認するために必要な地区レベルの詳細情報が入手困難なことによるものである。近年においては、スマートメーターの普及や携帯電話位置データやプローブデータの活用や住宅地図などの基盤情報の蓄積などが進みつつあるが、フレキシブルな利活用が可能となる制度的、技術的な対応にはまだ時間がかかることが予想される。

また、技術イノベーションや突発的事象によるライフスタイルの長期的変化も織り込まれていない。本研究で示した通り、地区の環境性能は、その地区に導入される環境技術や空間構成だけでなく、ライフスタイルの影響も大きい。スマートフォンのように、技術イノベーションが人の行動を大きく変える可能性もある。こうした変化に対しては、本研究はシナリオ分析をしているに過ぎず、今後ライフスタイルの変化やその影響についても検討していく必要がある。

さらに成熟経済の現在における実際のまちづくりでは、立案してすぐにハード整備を行うことは難しく、社会実験や仮設による検証から規模を拡大するステップを踏むことが多い。こうしたスタートアップの取り組みの結果を、評価や次の展開につなげるための手法が求められており、更なる社会実装のためには、取り組みを進めながら、その効果の検証を行う実証的な研究や、それと長期的なシナリオを接続するための方法論も求められる。

以上の課題を踏まえ、今後の展望として評価システムの精度や信頼性向上と実際のまちづくりの進捗管理への社会実装を両立した内包型のまちづくりの展開を進める必要がある。これは、実際の地区において社会実装を図りながらそのPDCAサイクルを確立するとともに、並行してモニタリングの実施とモデルの精度の向上を図ることで、評価システム自体のPDCAサイクルを描くものである。低炭素化に向けた早期の行動開始と柔軟な対応確保のためには、取り組みだけでなく、それを評価するシステム全体を包括したPDCAサイクルを設計することで、科学的学術的な知見向上と実地区における取り組み展開を連携した展開が求められる。

謝辞

本論文をまとめるにあたって、まず主査である加藤博和准教授（名古屋大学大学院環境学研究科）に深く感謝を申し上げます。また、副査をお受けいただいた林良嗣教授（名古屋大学大学院環境学研究科）、竹内恒夫教授（名古屋大学大学院環境学研究科）、藤田壮客員教授（国立環境研究所社会環境システム研究センター長、名古屋大学大学院環境学研究科連携大学院客員教授）、盛岡通教授（関西大学環境都市工学部、大阪大学名誉教授）、村山顕人准教授（東京大学工学系研究科）には、貴重なご助言を頂きました。深く感謝いたします。

加藤准教授には、まず、本論文の基礎となる研究プロジェクトへの参画の機会を頂きましたことに深く感謝を申し上げます。さらには博士前期課程の2年間では副指導教員として、研究員の2年間では上司であり、研究課題代表者としてご指導を賜りました。丁寧な観察と深い洞察からくるご助言にはいつも感嘆するばかりではありましたが、課題設定から方法論の選択、結果の考察に至るまで、研究者としてのイロハを叩き込んでいただきました。真面目で優秀であったと言いつつもわたしに対して、根気強く接し、指導して頂きましたこと、重ねて感謝を申し上げます。

林教授におかれましては、博士前期課程の2年間では指導教員として、また研究員として在籍していた当時も、様々なご指導ご助言を頂きました。広い経験と知見に裏打ちされた先生の様々なアイデアには大変、刺激を受けました。時々、先生の部屋で様々なテーマについてアイデアや意見を交換できたことは貴重な体験であるとともに、本論文の端々に生きております。林先生の存在なしでは、本論文は完成しませんでした。

竹内教授におかれましては、エネルギー政策の観点からご助言を賜り、ありがとうございます。エネルギービジネスや事業の観点から近年の動向のご紹介を交えたご助言を頂いたことで、現在進んでいる政策や事業との関連性をより明確にすることができました。

藤田客員教授におかれましては、研究プロジェクトを通じて環境都市政策のこれからの方向性を示していただいたとともに、副査として論文の構成や視点、社会実装に向けての方法論など様々な観点からご助言を賜りました。本論文の完成度を高めるうえで大変重要な指摘を頂いたとともに、これからのわたしの研究・実務にも活用できる示唆を頂き、感謝しております。

盛岡教授におかれましては、学術的な大きな流れから重要な指摘をいくつも賜りました。シナリオデザインの観点を含めた計画論や、長期将来に向けて必要な視点など、本論文に留まらないこれからの都市環境研究において重要なご助言を頂きました。合わせて、尾崎平准教授（関西大学環境都市工学部）も交えての意見交換の場もいただき、誠にありがとうございました。これからの研究活動に大変有意義であり、楽しい機会を頂きました。

村山准教授におかれましては、研究プロジェクトを通じて、副査として、特に都市政策やまちづくりの観点から、具体的かつ的確なご助言を賜りました。村山先生とのご議論は、いつも大変

面白く、ためになるものばかりでした。ともすれば数値解析に偏りがちになる研究課題に対して、政策的制度的な観点から示唆を頂いたことで、実政策や実社会における位置づけを明確にするうえで大変参考となりました。また、海外の事例にあまり明るくないわたしにとって、アメリカを中心とした事例をいくつもご紹介いただきました。

また、前述したとおり、本論文の基礎は専任研究員として参画させて頂かせていただいた研究プロジェクト、環境省環境研究総合推進費 1E-1105「低炭素社会を実現する街区群の設計と社会実装プロセス」(FY2011-FY2013, 研究代表者：加藤博和准教授)において築いたものであり、研究分担者の先生方をはじめとした様々な先生方との議論から生まれたものです。研究メンバーであった林教授、村山准教授、飯塚悟准教授(名古屋大学大学院環境学研究科)【以上サブテーマ 1】、中根英昭教授(高知工科大学環境理工学群)、藤井実主任研究員、平野勇二郎主任研究員、戸川卓哉研究員(国立環境研究所)【以上サブテーマ 2】、成瀬一郎教授(名古屋大学エコトピア科学研究所)、小林敬幸准教授、加藤丈佳准教授(名古屋大学工学研究科)、谷川寛樹教授(名古屋大学環境学研究科)、杉本賢二研究員(名古屋大学環境学研究科)【以上サブテーマ 3】、伊香賀俊治教授(慶応義塾大学理工学部)【以上サブテーマ 4】、井村秀文特任教授(横浜市立大学、名古屋大学名誉教授)、大西暁生准教授(東京都市大学環境学部)、中野綾子研究員(公益財団法人地球環境戦略研究機関)【以上サブテーマ 5】の皆様に深く感謝を申し上げます。また、研究プロジェクトのプロジェクト・オフィサー及びアドバイザーであります福山研二先生(一般社団法人国際環境研究協会)、架谷昌信特任教授(愛知工業大学工学部)、中上英俊会長(株式会社住環境計画研究所)、島田幸司教授(立命館大学経済学部)におかれましては、研究プロジェクトのご助言を通じて、本論文にも重要なご指摘を頂きました。感謝申し上げます。

研究室の諸先輩方および卒業した学生の皆様にも大変お世話になりました。加知範康助教(九州大学、元・名古屋大学大学院環境学研究科研究員)には、博士前期課程において何もわからなかった私に対して、研究の進め方を一から丁寧に指導いただきました。生活の質(QOL)に関する研究の先陣として、卒業後も時間を見て意見交換をさせて頂いており、お世話になりました。中村一樹助教(香川大学工学部、元・名古屋大学大学院環境学研究科研究員)とは、研究員としての在籍時にモデリングをはじめとして様々な意見交換をさせて頂きました。研究テーマは違えど、共通する認識も多く、時に鋭い意見を頂きました。中村先生との議論はいつも刺激になりました。また、戸川研究員においても、研究室の先輩として、研究プロジェクトの前任者として、テクニカルな内容を中心にご指導いただきました。ありがとうございました。杉本研究員(名古屋大学大学院環境学研究科)には、研究プロジェクトを一緒に進めるパートナーとして、大変お世話になりました。わたしの雑な仕事のフォローもしていただき、大変ご迷惑をおかけしました。

さらに、先輩方である柴原尚希先生(一般社団法人産業環境管理協会、元・名古屋大学大学院環境学研究科助教)、福本雅之主任研究員(一般社団法人豊田都市交通研究所、元・名古屋大学大学院環境学研究科研究員)にも大変お世話になりました。生意気な後輩ですいませんでした。服

部友里技術補佐員，台信尚子事務補佐員には，事務手続きをはじめとして様々なフォローをしていただきました。林・加藤研究室の卒業生・在学生である金岡芳美さん（現・独立行政法人都市再生機構），後藤良太君（現・清水建設株式会社），高野剛志君（現・大日本コンサルタント株式会社），石田千香さんはともに研究を行い，わたしとともに本論文の基礎を築いていただきました。色々とう無理を言いましたが，大変感謝しています。

在籍する大日本コンサルタント株式会社の上司および諸先輩方にも大変お世話になりました。4年間のコンサルタントとしての実務経験がなければ，この短い期間で論文をまとめることは難しかっただろうと考えております。特に上司として，担当する業務の管理技術者としてご指導いただいた田口勝則室長には大変感謝しております。実務を進めるうえでのストーリーづくり，業務工程の管理，文章の洗練など，入社時から様々なことを教えていただきました。これらの経験は研究プロジェクトを進め，本論文をまとめるにあたっても欠かせなかったものです。また急な話にも関わらず，今回の出向についてご理解いただいた伝谷恵一支社長，酒井康弘事業統括，富田学室長にも深く感謝申し上げます。色々とうご心配とうご迷惑をおかけしました。今後は大学での研究経験を活かしたうえで，わたしにできる貢献をしたいと考えています。

その他，学会でご助言を頂いた各先生方，対象地域の関係者をはじめ，ここには書ききれない多くの方々にお世話になり，助けていただきました。ありがとうございました。

最後に，これまでわたしの勝手な言動につきあい，一番近くで支え，応援してくれた妻・慶子，陰ながら応援し続けてくれた両親，友人に感謝し，本論文の謝辞とします。

ありがとうございました。

