

既成市街地を対象とした 街区群デザインの低炭素性評価

森田 紘圭¹・高野 剛志²・加藤 博和³・村山 顕人⁴・林 良嗣⁵

¹正会員 大日本コンサルタント株式会社 中部支社技術部 (〒451-0044 名古屋市西区菊井2-19-11)
E-mail: morita_hiroyoshi@ne-con.co.jp

²正会員 大日本コンサルタント株式会社 大阪支社技術部 (〒541-0058 大阪市中央区南久宝寺町3-1-8)

³正会員 名古屋大学准教授 大学院環境学研究科 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

⁴非会員 東京大学准教授 大学院工学系研究科 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

⁵フェロー 名古屋大学教授 大学院環境学研究科 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

既成市街地において将来空間計画の実施プロセスを通じた環境性能を評価するため、4D-GIS上の地区建物データを用いて建替動向をシミュレートし、住民が享受するQuality of Life (QOL)、CO₂排出量、市街地維持費用を時系列的に評価するモデルを開発した。さらに、モデルを用いて、名古屋市都市圏において人口密度の異なる3地区を対象としてケーススタディを実施した。その結果、1)空間デザインと環境技術を統合的に進めることが、地域の自立的な低炭素化に必要な不可欠であること、2)人口減少地区では地区レベルでの土地利用方針の検討も低炭素化に重要な取り組みとなることが明らかとなった。

Key Words : low carbon city, district planning, quality of life, triple bottom line, 4D-GIS

1. はじめに

(1) 集約型都市構造実現のための課題

日本では高度経済成長期以降の都市化により、面的開発や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。その結果、既成市街地の魅力低下、インフラ・建物維持費用の急増、環境負荷の増大が課題となっている。さらに、今後は多くの都市で人口が減少することが予想されており、低密な都市構造のままでは、環境的にも経済的にもより一層非効率となることが懸念される。

その打開策として、集約型都市構造への転換を掲げる自治体が増加しつつある。その基本的な考え方は、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る。しかし、これらの自治体においても、人口を集約する地区をどのようにデザインしそれを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。地区の将来デザインがないまま、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により、

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、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、着実に環境負荷を低減し、地区レベルでの環境性能がバランス良く向上する空間形成を目指すことが重要である。

(2) 現在の低炭素まちづくりの動向と課題

一方、現在日本において進められている低炭素な都市形成のための取り組みは、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に、Smart-CityまたはSmart-Communityがキーワードとして挙げられる。例えば、経済産業省は横浜市、豊田市、けいはんな、北九州市を次世代エネルギー・社会システム実証地域に選定し、積極的に支援を行っている。また、内閣官房地域活性化総合事務局は、環境モデル都市に続く環境未来都市構想を掲げており、被災地域で6件、その他の地域で5件を選定している。国土交通省は、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として、平成24・25年度で10件を選定し、「創エネ」、「蓄エネ」、「省エネ」を活用したまちづくりを

進めている。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を中心に、環境技術を積極導入した大都市再開発や新規住宅地開発を進めている。

しかし、これらの取り組みは、太陽光発電や電気自動車、あるいはスマートハウスやICTを活用したエネルギー管理システムなど、いずれも新たな技術の導入が中心である。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（東日本大震災における被災地域を除けば）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、既成市街地を対象とした事業は実施されていない。

一方、国土交通省は低炭素な集約地区形成支援のため、2012年に「都市の低炭素化に関する法律（通称：エコまち法）」を制定、施行しており、それに基づき愛知県長久手市や長野県小諸市などいくつかの自治体が計画策定を行っている。施設や区画整理を対象とした取り組みに偏ってはいるものの、既成市街地を対象として地区の空間デザインを含めた取り組みを進めようとしている試みである。

また、海外に目を向けると、欧州や米国など先進国においても、すでに既成市街地を対象として地区の空間デザインも包括した取り組みが始まっている。米国オレゴン州ポートランドを中心に組み込まれているEcodistrictでは、既存市街地を対象として、建物やインフラストラクチャーにかかわるハードウェアと人々や生活行動にかかわるソフトウェアに対して総合的に取り組むプログラムが実施されている。また、オランダのアムステルダムにおいても、既存市街地を対象に参加型のまちづくりを展開しており、その中には、古くからの商店街に対して、その地区の風土を壊さぬよう、技術的な導入を進めている地区もある。英国においては個別技術のみではなく、住宅躯体、地区の空間デザインを含めた総合的なデザインをZED（Zero Energy Development）として目標とする市街地の住宅密度別に計画を検討し、その一部が既存市街地において導入されているほか、個別更新を利用して熱導管ネットワークを既存市街地に展開しようという事業も存在している。

今後、我が国において都市全体の低炭素化を進めるためには、既存市街地への展開が必要不可欠である。しかし個々の技術性能はそれが適用される状況に伴って大きく変化し、現在のように単にそれぞれの技術導入のみを推し進めても、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、今後、建物やインフラの老朽化が進む中で、どのような空間デザインへと転換するべきかも合わせて検討される必要がある。そのためには、個々の技術や建物単体ではなく、交通や

より広範な面的環境も含めた「街区群」の空間スケールで、環境技術導入と空間デザインを統合的にとらえ、検討・評価することが重要である。

既成市街地を低炭素型へ転換するための手法としては、行政や企業・組合等が事業として一斉再開発を行う場合と、地区全体で合意されたルール（地区計画等）に従い、地区内の土地・建物所有者が各建物を更新していく場合などが考えられる。しかし、現在の日本の経済状況や土地制度では、一部の大都市圏における都心部を除き一斉再開発を進めることは困難であり、地区内の土地・建物所有者が所有する建物の更新時期を活用して段階的に空間の再構築を誘導していくほかない。その場合、将来デザインの実現には多大な時間がかかり、その途中段階で環境性能が低下する可能性もある。目指す将来像が実現された将来一時点のみならず、それに至るまでの計画プロセス全体を通して評価するとともに、実際のまちづくりへの取り組みがどの程度効果を発揮しているかを、定量的にモニタリング、進捗評価できるシステムが求められる。

(3) 本研究の目的

以上の問題意識に基づき、筆者らはこれまで都心地区における居住行動を対象とした評価手法の構築¹⁾²⁾、居住世帯の属性を考慮したエネルギーシステムの検討³⁾を行ってきた。本研究ではこれらの既往研究をもとに、住宅地に対応した建物更新モデルとして拡張し、空間デザインと環境技術を統合的に評価するシステムの開発を行ったうえで、異なる特性を持つ3つの地区にそのシステムを適用し、汎用性と有効性の確認を行う。

2. 地区統合環境性能評価モデルの構築

(1) 評価モデルの全体構成

地区統合環境評価システムの全体構成を図-1に示す。本研究で開発される環境性能評価モデルは、地区の4D-GISデータベースを入力データとして、マクロな人口等のシナリオから1)各建物の更新を建物更新シミュレーションモデルにより把握し、2)それによる世帯構成とそれに伴うエネルギー需給の変化をエネルギー消費量推計モデルにより算出する。また、3)地区の土地利用や交通インフラ整備に伴う交通行動の変化を交通手段分担率モデルから算出する。以上から、4)地区の環境性能を社会・経済・環境（トリプルボトムライン（Triple Bottom Line: TBL））の観点から時系列的、統合的に評価する。

(2) 建物更新の将来予測

現在から将来にわたる時系列で環境性能の評価を実施

するためには、将来の建物更新状況を予測する必要がある。そのため、本研究では既存の建物の滅失時期について、モンテカルロ法を利用した更新シミュレーションモデルを構築し予測に用いる。また、更新後の建物用途・規模は、マクロ的な人口予測に従って需要量（床面積）を決定し、個々の敷地における建替は現状の用途地域や地区計画等による更新パターンによって設定される。

建物更新シミュレーションモデルは、建築年代 t_i^0 を説明変数とする建物構造 c の滅失率関数 $f_i(t, t_i^0, c)$ を正規分布関数形を用いて式(1)のとおり設定⁴⁾し、それを用いて1年ごとのシミュレーションを実施する。

$$f_i(t, t_i^0, c) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_c} \exp\left\{-\frac{((t-t_i^0)-l_c)^2}{\sigma_c^2}\right\} \quad (1)$$

なお、滅失率関数における平均寿命 l_c および標準偏差 σ_c^2 は、小松⁵⁾による区間残存率の調査データを用いて設定する（表-2）。

(3) エネルギー消費量の推計

エネルギー消費量は、筆者ら³⁾による生活スケジュールによる推計モデルを用いる。具体的には、統計調査結果から世帯を構成する各個人の時間帯別生活スケジュールを得たうえで、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、地区の世帯・土地利用構成を踏まえたうえで、地区全体の世帯起源CO₂排出量を推計する。

(4) 街区群再構成による交通行動の変化把握

交通行動の変化を把握するために、距離別交通手段分担率予測モデルを用いる。モデルは、目的地を居住地からの距離により表現し、各交通手段の分担率曲線の重ね合わせであると仮定し、アンケートを用いて街区群の環境変化に伴う交通手段選択行動の変化を推計する。

具体的にはまず、選択可能交通手段集合 M （徒歩、自転車、自動車、バス・鉄道）を2つの群 s, t に分けた場合に居住地 i に住む個人 p が距離 l を移動するときに交通手段群 s を選択する確率 $P_i^p(s|l)$ を、式(2)のとおりロジスティック曲線によって近似する。

$$P_i^p(s|l) = \frac{1}{1 + \exp(c_s^p(a_{is}^p - l))} \quad (2)$$

ここで、 c_s^p ：距離低減パラメータ、 a_{is}^p ：それぞれの交通手段群の分担率が50%となる距離である。ここで、 a_{is}^p を平均限界トリップ長と定義する。これは、平均的な人が移動をするときに、どの距離まではその交通手段を利用するか（限界距離）を示すものであり、各交通手段別の平均移動距離とは異なる点に留意が必要である。その上で、 a_{is}^p は目的地までの距離と地区 i の土地利用、沿道環境に影響されると想定し、ある交通手段群 s, t を想定した時の a_{is}^p は式(3)で表されるものとする。

$$a_{is}^p = \beta_{ik}^p X_{ik} + \gamma_s^p \quad (3)$$

ここで、 X_{ik} は地区 i における影響要因 k の説明変数、 β_{ik}^p と γ_s^p はパラメータである。交通手段群 s, t の組み合わせを変えてそれらを重ね合わせることで、距離別分担率曲線を得ることができる。

(5) トリプルボトムラインによる環境性能評価

以上で求められた居住環境要素から、TBLの概念を用いて地区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り⁶⁾、現在は企業CSR活動だけでなく、都市や地域を持続可能性評価にも多く用いられている。本研究では社会的側面に関する指標を住民の享受する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、TBL評価システムを構築する。

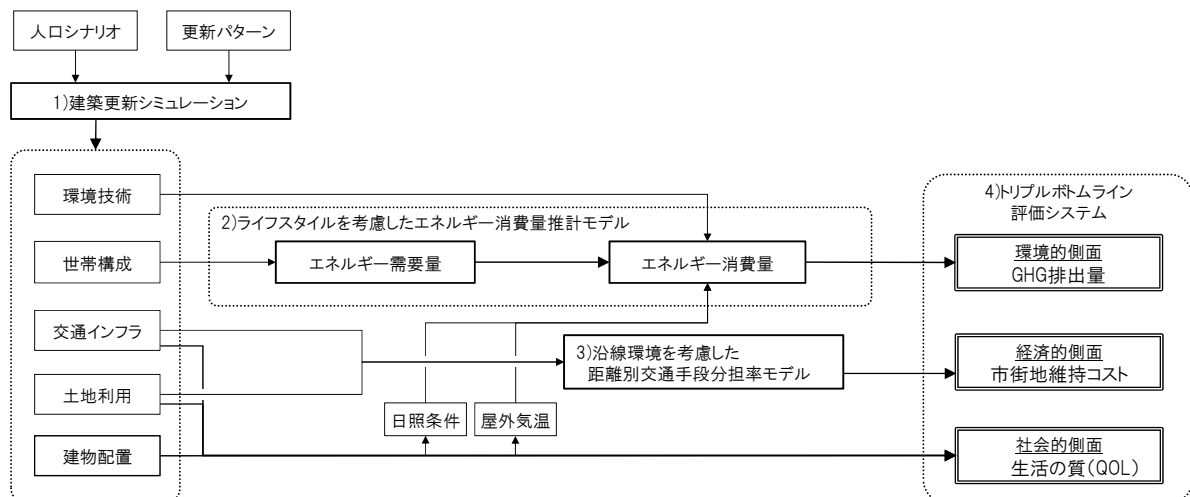


図-1 地区統合環境性能評価モデルの全体構成

a) 生活の質 (QOL) 評価モデル

居住者が享受できる居住環境の良さを、居住環境の物理的な性能とそこに居住する個人の主観的な価値観によって決定されるとし、それらを統合した「生活の質 (QOL: Quality of Life)」指標で評価する。QOLは交通利便性、居住快適性、災害安全性からなるものとし、加知ら⁷⁾を参考に計24指標を抽出した (表-2)。

これらの指標に、その指標に対する価値観を表す重み w を乗じたものの線形和をQOL値と定義し、式(4)に示すように定式化する。

$$QOL = f(w, LPs) = \sum_j w_j \cdot LPs_j \quad (4)$$

また、居住者の価値観を表す重みは、コンジョイント分析により推定した。アンケート調査 (表-1) において、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んでもらった。これによって得られたデータを用い、二項ロジットモデルを仮定してパラメータの最尤推定により w を特定する。さらに、居住地属性プロファイルの中に地震による死亡リスクを合わせて提示することで、LPsの各要素と生存年数との相対的な重みを推定する。これにより、QOL値を「質により調整された生存年数(Quality Adjusted Life Year: QALY)」²³⁾の単位で表すことができる (表-2)。QALYは、もともと医療分野において手術や治療等における費用効果分析を行うために開発、定義された尺度であり、同じ人でもその健康状態により、その人が過ごす時間そのものの効用が異なるという前提のもと、健康な人の時間を1.0として基準化したものである。本研究では、居住環境の質 (QOL) により、居住者が過ごす時間そのもの

の効用が異なると仮定し、これをQOL値として評価指標に用いる。

b) CO₂排出量評価モデル

環境面では、対象地区内で生活・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でのCO₂排出量を評価の対象とする。具体的には、前節で算定したエネルギー消費量から民生 (家庭、業務) におけるCO₂排出量 $E_{CO_2}^e$ を、建設資材などのマテリアル消費量から、インフラや建物の建設から廃棄までの各段階において排出されるCO₂排出量 $E_{CO_2}^b$ を算出し、統計データを用いてそれぞれの原単位を整理する^{8) 9)}。また、建築物・インフラのライフサイクル各段階の活動年次にそのまま環境負荷が発生するものとし、式(5)を用いて算出できるものとする。

$$E_{CO_2} = E_{CO_2}^b + E_{CO_2}^e = \sum_{i,k} e_k^b \cdot M_{i,k} + \sum_{h,i,m} e_m^e \cdot EC_{i,h,m} \quad (5)$$

ここで、 e_k^b : 建築、インフラ材料 k の単位消費量あたりに発生するライフサイクルCO₂排出量、 e_m^e : エネルギー種別 m の単位消費量あたりCO₂排出量、である。

c) 市街地維持更新費用評価モデル

表-1 アンケートの概要

項目	概要
実施時期	2012年12月19日~21日
実施方法	WEBアンケート
実施地域	名古屋都心部から20km圏内の市町村
サンプル数	1,000サンプル
実施対象	20代~60代の男女 (それぞれ100サンプルずつ)
アンケート実施内容	●一対比較法による居住地選好調査 ●個人属性

表-2 QOLの測定指標一覧

	評価要素	評価項目	計測指標	向上施策の例	余命換算係数 (年/単位:年)	t値	判定
居住環境性 AM	住宅環境 快適性	AM1:住宅の広さ	1人あた延床面積 (m ² /人)	住宅ミスマッチ解消、住宅タイプの変更 など	366E-03	217	***
		AM2:住宅の静けさ	交通騒音レベル (dB)	自動車流入削減、幹線道路沿線への騒音緩衝帯設置 など	-222E-03	-987	***
		AM3:敷地内の緑の多さ	庭の有無	中庭式住宅の展開、戸建住宅割合の増加 など	223E-04	164	*
		AM4:日あたりのよさ	日照時間	建物高さの規制、建物間隔の確保 など	101E-02	133	***
	周辺環境 快適性	AM5:地域の使いやすさ	徒歩圏商業施設数	施設配置、土地利用転換、ゾーニングなど	205E-03	150	***
		AM6:景観の美しさ	建物連続性 (%)	高さファザードの統一 など	296E-02	867	***
		AM7:周辺の緑の多さ	オープンスペース率 (%)	公園整備、駐車場減少、公共空地の確保 など	308E-01	105	***
		AM8:夏季の過ごしやすさ	8月の平均最高気温 (°C)	風の道の確保、屋上・壁面緑化 など	-125E-02	-244	***
交通利便性 OV	都市交通 利便性	AC1:通勤利便性	会社までのAC	交通サービスレベルの向上、道路整備 など	-200E-03	-210	***
		AC2:通学利便性	学校までのAC	交通サービスレベルの向上、道路整備 など	-109E-03	-115	***
		AC3:通院利便性	病院までのAC	交通サービスレベルの向上、道路整備、病院移転 など	-134E-03	-141	***
		AC4:買い物利便性	買い物施設までのAC	交通サービスレベルの向上、道路整備、商店街の再生 など	-306E-03	-322	***
	地区内交通 利便性	AC5:自転車利用環境	自転車道の整備率 (%)	自転車道の整備 など	709E-03	115	***
		AC6:歩行者利用環境	歩道幅 (m)	歩道整備 など	284E-02	184	***
		AC7:公共交通利用環境	駅・バス停まで所要時間 (分)	バス路線の見直し など	-788E-03	-256	***
		AC8:自動車利用環境	自動車占有時間 (h)	カーシェアリング導入 など	188E-04	2120	***
災害安全性 SS	防災機能性	SS1:地震リスク	地震時死亡率 (%)	液状化対策 など	-100E-00	-223	***
		SS2:火災リスク	隣棟間隔 (m)	建物間隔の確保、道路の拡幅 など	468E-02	-347	***
		SS3:洪水リスク	洪水時浸水深 (m)	浸透ますの設置、貯水槽整備 など	-848E-03	140	***
		SS4:救急リスク	救急搬送時間 (min)	病院移転、道路整備、拡幅 など	-290E-03	-239	***
	減災機能性	SS5:物資確保性	災害時物資到達日数 (日)	道路拡幅 (寸断道路の減少)、避難所物資備蓄 など	-330E-05	-371	***
		SS6:衛生環境確保性	給水備蓄量 (L/人)	貯水槽の確保、供給ラインの整備 など	260E-03	172	***
		SS7:エネルギー確保性	自立可能エネルギー量 (%)	再生可能エネルギーの導入、コージェネの導入 など	809E-03	125	***
		SS8:避難空間確保性	1人あたり避難面積 (m ² /人)	避難所施設の確保 など	193E-02	180	***

* ...10% ** ...5% *** ...1%

経済面では、対象地区内で活動を行うにあたりライフサイクル全体で発生する費用を評価の対象とする。CO₂排出量と同様に、インフラや建物の建設から廃棄までに係る費用 C^b 、民生（家庭、業務）における毎年のエネルギー消費に係る費用 C^e を対象とし、原単位を整理したうえで^{10),11),12)}、式(6)を用いて算出できるものとする。

$$C = C^b + C^e \quad (6)$$

$$= \sum_{i,k} c_k^b \cdot M_{i,k} + \sum_{h,i,m} c_m^e \cdot EC_{i,h,m}$$

ここで、 c_k^b ：建築、インフラ材料 k の単位消費量あたり費用、 c_m^e ：エネルギー種別 m の単位消費量あたり費用、である。

4. 名古屋都市圏を対象としたケーススタディ

(1) ケーススタディ地区の概要

構築したモデルを用いて、名古屋市都市圏の3街区群（図-2）を対象に、ケーススタディを実施した。都心部においては、今後住宅の誘導による商住混在を目指している長者町地区、近郊部では木造密集市街地である御劔地区、郊外では豊山地区を対象とした。

(2) 検討シナリオの設定

それぞれの街区群における検討シナリオを表-3に示す。本研究ではそれぞれの街区群で異なるテーマを設定し、それに応じたシナリオを設定している。長者町地区においては、もともと地域にまちづくり方針¹³⁾があることから、それに基づいた施策パッケージを適用することで、どの程度環境性能が向上するかを確認する。また、御劔

地区においては、環境技術と空間デザインの相互影響を把握するため、技術のみを導入した場合と空間デザインをコントロールした場合の2つのシナリオを設け、それぞれが寄与するポイントについて明らかとする。豊山地区は、今後集約型都市構造を進めた場合に人口減少が進む可能性のある農地転用地区であり、人口減少下においてどのような土地利用方針を進めていくべきかについて、拡散型と集約型の土地利用を検討することで、「小さな集約化」が環境性能に影響をもたらすかの検証を行う。

(3) 長者町地区でのケーススタディ結果

長者町地区のまちづくりシナリオにおける施策パッケージを図-3に示す。施策パッケージは、S:空間デザイン、T:交通システム、L:物流システム、E:エネルギーシステム、A:建築システムそれぞれにおける技術や空間デザインの導入を検討した。

このシナリオとなりゆきシナリオそれぞれについて、トリプルボトムラインでの評価を行った結果を図-4に示

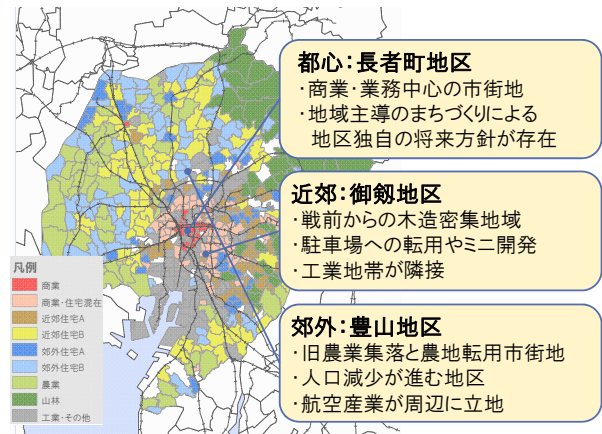


表-3 対象街区群別の検討シナリオ

対象地域	都心：長者町地区	近郊：御劔地区	郊外：豊山地区
土地利用図			
検討シナリオ	①なりゆきそのまま建物更新が進んだ場合(なりゆきシナリオ) ②地区のまちづくり方針に合った場合(まちづくりシナリオ)	①なりゆきそのまま建物更新が進んだ場合(なりゆきシナリオ) ②環境技術を積極導入した場合【太陽光、OGS、蓄電池、面的利用、工場廃熱利用】(技術シナリオ) ③空間デザインをコントロールした場合【空き家対策、住宅ミスマッチ、交通空間、建物再配置】(空間シナリオ) ④両方を組み合わせて導入した場合(統合シナリオ)	①なりゆきそのまま建物更新が進んだ場合(なりゆきシナリオ) ②居住域を農地全体に広げた場合(拡散シナリオ) ③居住域を旧集落に集約した場合(集約シナリオ)
QOL評価内容	AMのみ	AM, AC, SS	AM, AC, SS
なりゆき時の開発パターン	個別更新による容積率割増し ・前提となる定住人口や就業人口のシナリオ(2050年に2010・前提となる定住人口シナリオ)に従って、住宅が新規立地年比18倍に達して、それぞれの建物が更新時に床面積のいずれも建ぺい率80%、3階建、建物面積50㎡程度の割増しを進める	ミニ開発型更新 ・前提となる定住人口シナリオに従って、住宅が新規立地年比18倍に達して、それぞれの建物が更新時に床面積のいずれも建ぺい率80%、3階建、建物面積50㎡程度の住宅が立地(これまでの住宅が消失後)にその大きさに従って敷地を2~4程度に分割)	農地転用型更新 ・前提となる定住人口シナリオに従って、住宅が新規立地年比18倍に達して、それぞれの建物が更新時に床面積のいずれも建ぺい率80%、3階建、建物面積50㎡程度の農地に集約的に住宅が建設される ・商業などは現状と同様とする

す。CO₂排出量は、全体で65%削減できる可能性が明らかとなっている。太陽光等の導入など、建築設備による削減量が24%と大きい。その他の取り組みによって41%程度追加的に削減効果が期待でき、総合的な取り組みの必要性が明らかとなっている。特に共同更新や建物配置の変更など、空間デザインによる削減効果は、資源消費量削減等による直接的な削減は10%程度であるが、交通手段分担率の変化や周辺気温変化による冷暖房効率向上など、他の部門に対する相乗効果も大きい。一方、QOL値については、なりゆきでは個別の容積率のばらつきが大きくなることにより、日照や景観などの悪化が発生する。しかし、計画的な更新を進めることにより、床面積が増えても現在以上に居住環境の向上が期待でき、商住混在が望ましい魅力ある地域へと転換できる可能性

がある。市街地維持費用についても、エネルギー消費量の削減や、効率的な共同更新による建設費用の削減により、なりゆきのまま以上に費用削減の可能性があり、環境面、経済面、社会面それぞれの性能がバランスよく向上できる可能性が期待できる。

(4) 御剣地区でのケーススタディ結果

御剣地区でのなりゆきシナリオにおける2010年と2050年の建物立地状況を図-5に示す。現在のようにミニ開発が進んだ場合、2030年までの住宅需要の多い年代には現在以上の建て詰まりが進む一方、2030年代以降には空き家が増加し始め、その結果、地区全体としては用地があるにもかかわらず、住宅の狭小さが解決されない一方で、余剰地には空き家が数多く立地する非効率な市街地とな

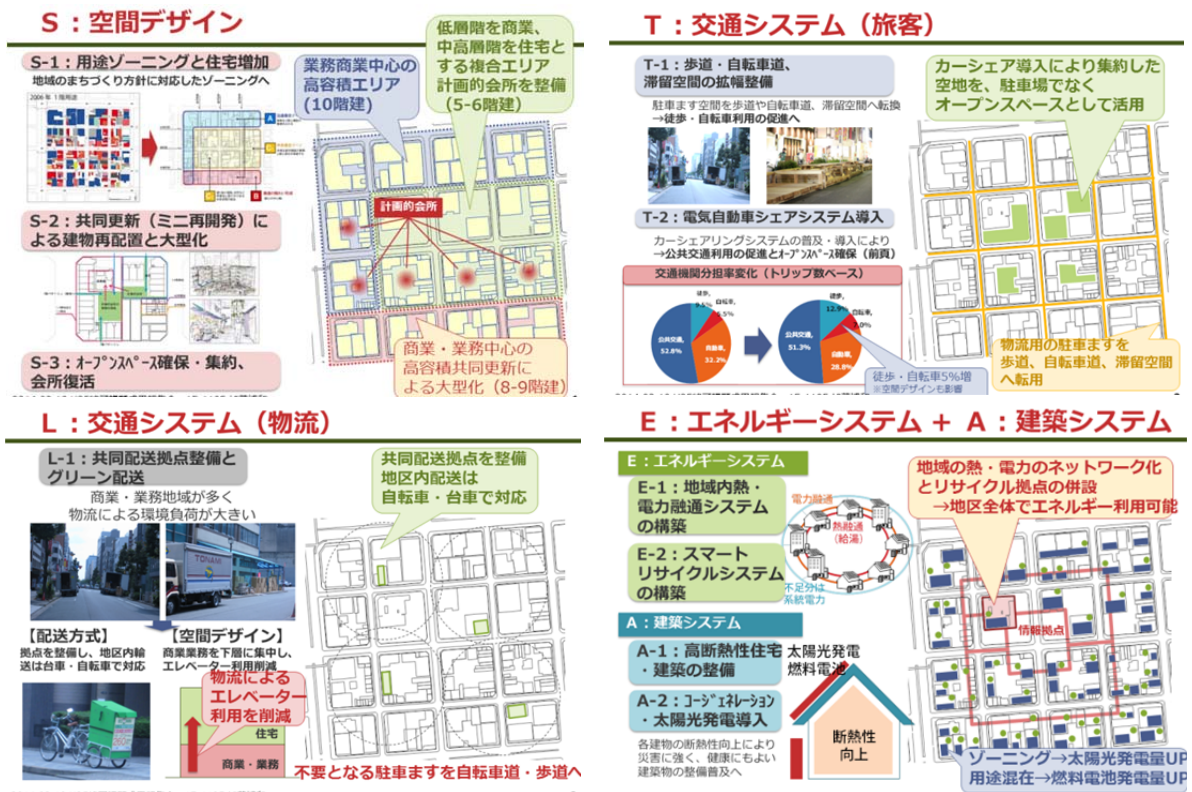


図3 長者町地区における施策パッケージ

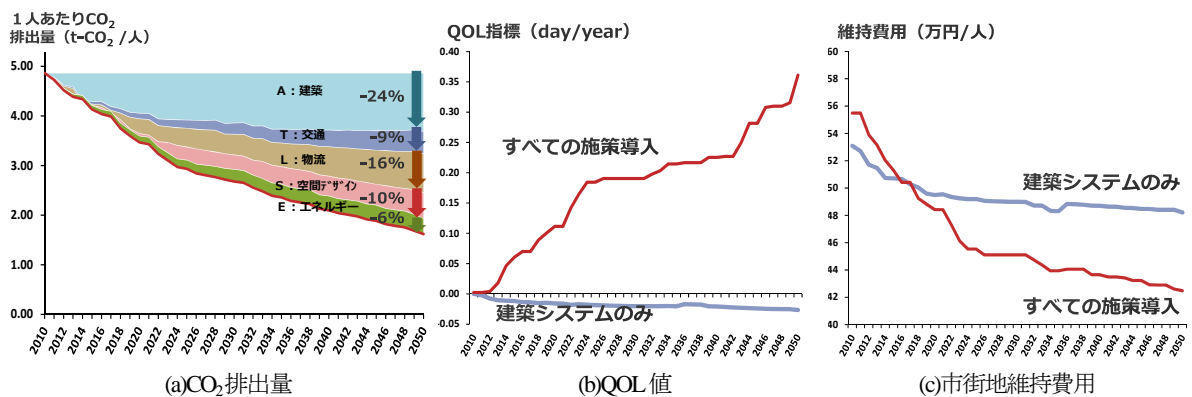


図4 長者町地区における施策パッケージ

る可能性がある。このシナリオのトリプルボトムライン評価結果を見ると（図-6），今後も人口が増加する一方で，延べ床面積はあまり増加しないことから，CO₂排出量や市街地維持費用は微減傾向ではあるものの，オープンスペースや火災リスクなど，QOL値が大幅に低下する。

これに対し，技術，空間，統合シナリオによる評価結果を図-7に示す。空間デザインのコントロールを行った場合には，生活の質は大幅に向上するとともに，市街地維持費用も削減できることがわかる。一方で環境技術導入のみを行った場合には，CO₂排出量は大幅に削減できるものの，生活の質はあまり向上しない。また，市街地維持用についても，現在の技術水準では，エネルギー削減による費用低減効果を設備導入による増加分が相殺し

てしまい，減少する可能性は小さい。前述したとおり，CO₂排出量の削減のみでは，既存市街地での低炭素化に向けた取り組みはなかなか進まない。バランスのよい環境性能の向上には，空間デザインと環境技術の統合的な取り組みが必要であることが明らかとなった。

(5) 豊山地区でのケーススタディ結果

豊山地区でのなりゆきシナリオにおける2010年と2050年の建物立地状況を図-8に示す。このまま農地転用が進んだ場合，古くからの住宅が存在する旧集落（北東部）は建て替えが進む一方で，より外延部に住宅立地が進み，市街地の拡散と農地の混合が現在以上に進むことが明らかとなった。このシナリオのトリプルボトムライン評価

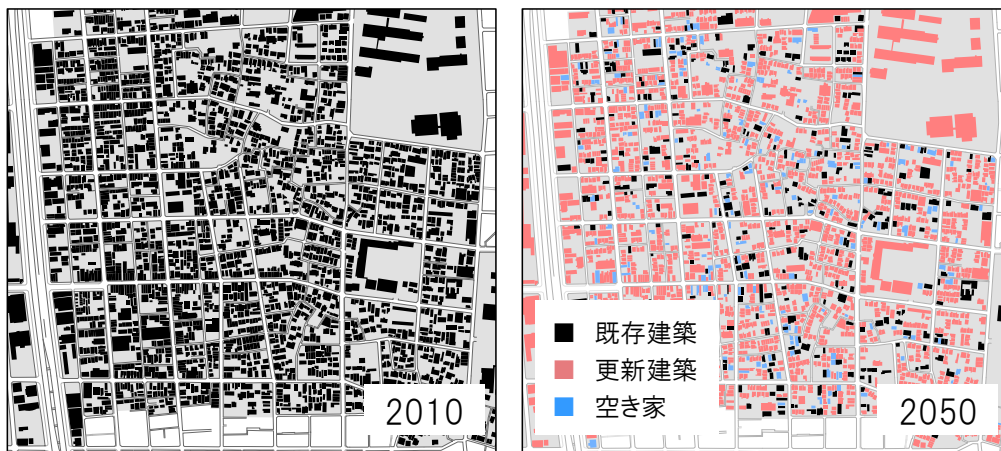


図-5 なりゆきシナリオにおける御剣地区の市街地変化

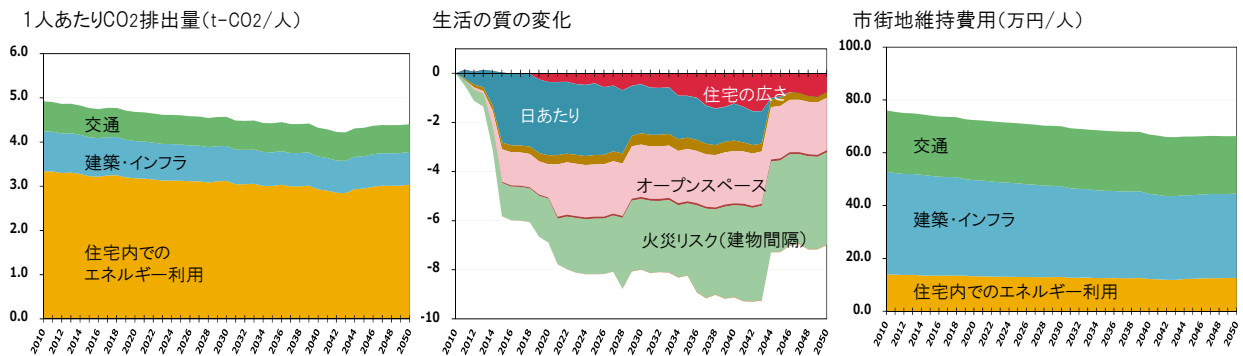


図-6 なりゆきシナリオにおける御剣地区のトリプルボトムライン評価結果（2010～2050年）

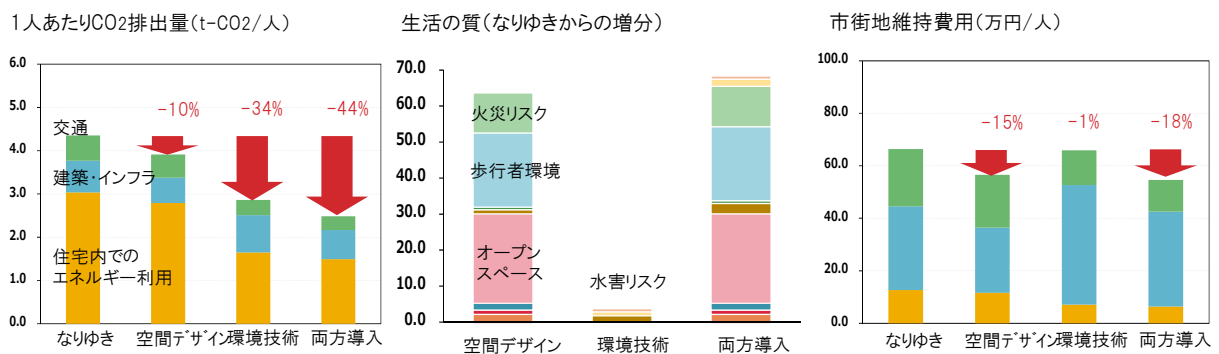


図-7 対策導入時のトリプルボトムライン評価結果（御剣地区、2050年次）

結果を見ると（図-9），建物数の減少と，スプロール初期の狭小住宅の更新が進むことにより，QOL値は向上する可能性がある一方で，非効率な交通やエネルギー利用が促進され，CO₂排出量や市街地維持費用は現在以上に増加する可能性がある。

これに対し，広い住宅を供給する分散シナリオと旧集落に住宅を集める集約シナリオによる評価結果を図-7に示す。分散シナリオでは，住宅広さや日あたりなど，住宅に関する性能の向上により，QOL値の増加が期待できるが，CO₂排出量はなりゆきよりも増加する可能性がある。一方で，集約シナリオでは，公共空間交通利便性などの性能向上によるQOL値の向上に加え，CO₂排出量や

費用についてもなりゆきシナリオより削減できる可能性がある。郊外の農地転用地域においては，もともとの集落に小さいスケールで集約していくことで，低炭素な街区群を達成できる可能性があり，都市圏全体での集約化だけでなく，街区群スケールでの土地利用の検討も重要であることが明らかとなった。

5. おわりに

本研究では，築年数などの実データから建物更新を1年間隔でシミュレートし，エネルギー消費や交通行動を

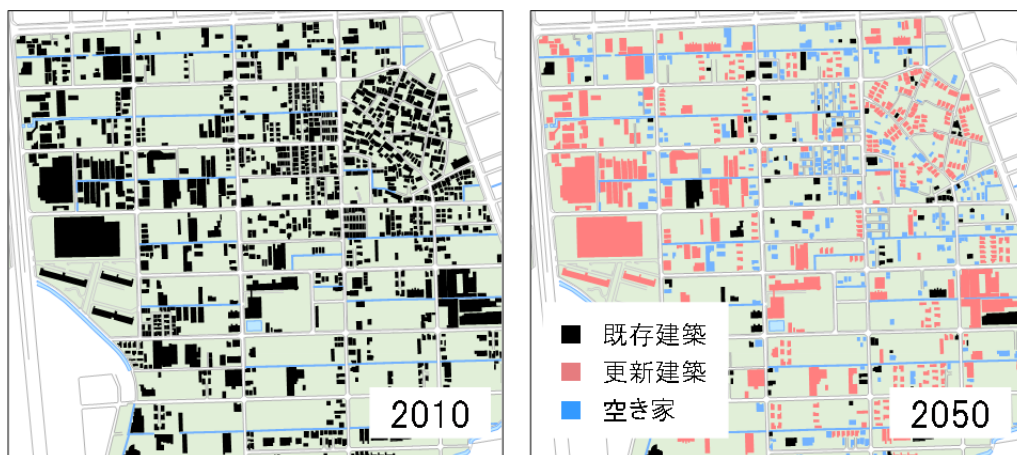


図-8 なりゆきシナリオにおける豊山地区の市街地変化

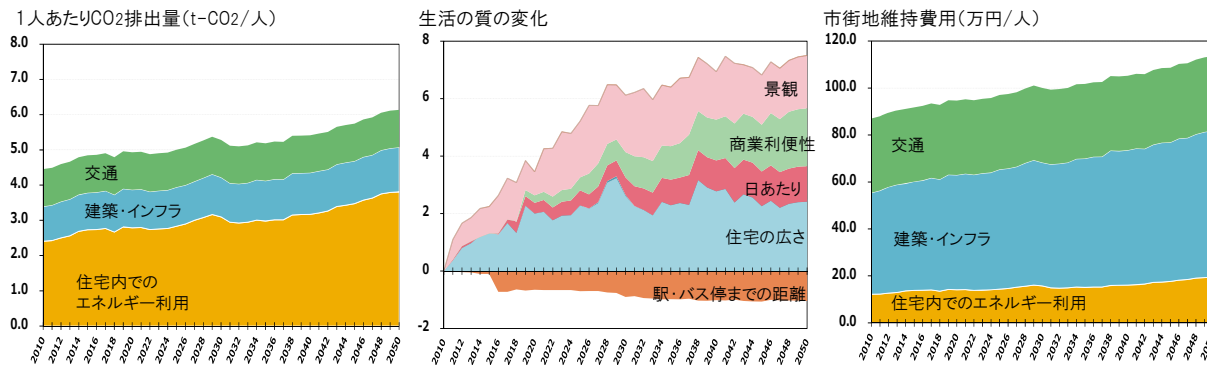


図-9 なりゆきシナリオにおける豊山地区のトリプルボトムライン評価結果（2010～2050年）

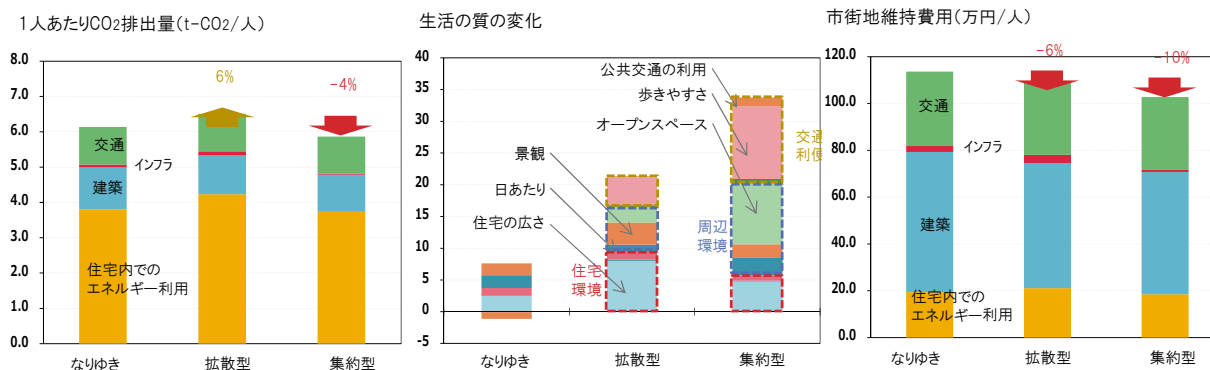


図-10 土地利用転換後のトリプルボトムライン評価結果（豊山地区、2050年次）

予測することで、地区の環境性能をTBLの観点から評価するモデルを構築した。これにより、既存街区群を計画的に低炭素化していくために必要な時系列でのデザインの計画や、地区計画を検討する上での効果把握を定量的に明らかにすることが可能となった。

ケーススタディにより得られた知見を以下に示す。

- ・都心地区においては、個々の建物が個別に床面積を増大させる場合、日照時間や景観などの悪化により、居住者のQOLが低下する可能性がある。一方、地域のルールに従ってそれぞれの建物が更新を進めた場合には、人口や床面積を増加することとなっても、QOLの向上が期待できる。
- ・一般に住宅地では、環境技術導入のみによる費用削減は期待できず、そのため事業者や住民による自律的な低炭素化を望むことは望ましい。住民や事業者へのメリットを創出するためには、空間デザインと合わせた施策導入が必要不可欠である。
- ・今後、都市圏での集約化の取り組みを進めた場合、郊外では大幅に人口減少が進む可能性があり、その際に残された住民は非効率な生活を強いられる可能性がある。人口減少地区においては地区レベルでの集約化もまた重要な取り組みである。
- ・今後は人口減少に伴い、特に近郊や郊外部では住宅需要量が大きく減少する。こうした市街地で、環境性能の維持向上を目指すには、現在だけでなく将来の市街地像を踏まえ、街区群レベルでも計画的に市街地を管理することが必要不可欠である。

謝辞：本研究は、環境省地球環境研究推進費 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」及び2-1414「地域インベントリ解析による環境成長拠点の計画と評価モデルの開発」を受けて実施した。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 森田紘圭, 杉本賢二, 加藤博和, 村山顕人, 飯塚悟, 柴原尚希, 林良嗣：4D-GIS を用いた地区統合環境性

能評価モデルの構築、土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.69, No.5 (土木計画学研究・論文集第 30 卷), pp.I_297-308, 2013.

- 2) 森田紘圭, 加藤博和, 村山顕人, 柴原尚希, 林良嗣：クオリティ・ストックの実現に向けた街区群の動学的更新・評価モデルの構築—名古屋市中区錦二丁目地区を対象として—, 都市計画論文集, Vol.48, No.3, pp.1071-1076, 2013.
- 3) 森田紘圭, 金岡芳美, 加藤博和, 柴原尚希, 林良嗣：個人の生活スケジュールを考慮した低炭素技術導入による CO2 排出量への影響分析, 土木学会論文集 G(環境), Vol.69, No.5, pp.I_33-I_43, 2013.
- 4) 小松幸夫, 加藤裕久, 吉田俊郎, 野城智也：わが国における各種住宅の寿命分布に関する調査報告, 日本建築学会計画系論文報告集, No.439, pp.101-110, 1992.
- 5) 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報告集, Vol.73, No.632, pp.2197-2205, 2008.
- 6) John, E. : *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*, Oxford, New Society Publishers, 1997.
- 7) 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.
- 8) 産業環境管理協会：JLCA-LCA データベース, 2007.
- 9) 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.
- 10) 国土交通省建築着工統計調査 (2011), http://www.mlit.go.jp/statistics/details/jutaku_list.htm (最終閲覧 2014.4.1)
- 11) 国土交通省不動産市場データベース, http://tochi.mlit.go.jp/tochi/fudousan_db/index_03300.html (最終閲覧 2014.4.1)
- 12) 環境省：生活排水処理施設整備計画策定マニュアル, 2007.
- 13) 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> (最終閲覧 2014.4.1)

AN ENVIRONMENTAL PERFORMANCE EVALUATION OF NEIGHBORHOOD DESIGN IN BUILT-UP AREAS

Hiroyoshi MORITA, Tsuyoshi TAKANO, Hirokazu KATO,
Akito MURAYAMA and Yoshitsugu HAYASHI