

街区群環境性能統合評価モデル構築と 既成市街地の計画的更新への適用

後藤 良太¹・森田 紘圭²・高野 剛志³・加藤 博和²・林 良嗣⁴

¹正会員 清水建設株式会社 土木事業本部 (〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目16番1号)

E-mail: r.goto@shimz.co.jp

²正会員 名古屋大学大学院 環境学研究科 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

E-mail:hmorita@urban.env.nagoya-u.ac.jp

³学生会員 名古屋大学大学院 環境学研究科 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

⁴フェロー 名古屋大学大学院 環境学研究科 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

既成市街地における将来空間計画の実施プロセス全体における地区の環境性能を時系列的に評価するため、地区の現況空間構成から建て替え動向を予測し、住民の享受するQuality of Life (QOL)、CO₂排出量、市街地維持費用を総合的に評価するモデルを開発した。開発したモデルを用いて、名古屋市内の住宅地域に位置する御劔地区を対象としたケーススタディを実施した結果、低炭素技術の導入だけでなく、空間構成を含めた施策導入が、地区のCO₂排出量や市街地維持費用を削減するとともに、住民の享受するQOLの向上にも寄与することが明らかとなった。また、将来一時点だけでなく、将来計画に至るプロセス全体を考慮する場合、施策の組合せだけでなく、施策の導入時期もまた、街区群の環境性能に大きく影響することが明らかとなった。

Key Words : *Low Carbon City, District Planning, Quality of Life, Triple-Bottom-Line, CO₂ emission,*

1. はじめに

低炭素社会を実現する方向性の一つとして、集約型都市構造への転換が注目されている。その基本的な考え方は、費用的・環境的に非効率な地区から効率的な地区へ集約を進めるものであるが、集約する地区をどのようにデザインするかについては、その実行可能性や有効性を決定する重要な要因であるものの議論は必ずしも十分ではない。また、個々の地区はそれぞれ特有の課題——例えば、空き家や空き地の発生、ヒートアイランド現象など——を抱えており、集約地区を魅力あるものとしていくためには、これらの課題を解決しながら都市圏全体として集約型の都市構造を実現することが求められる。

他方、太陽光発電や電気自動車等を中心に、エネルギーや建築、交通などの分野において、低炭素社会実現に資する要素技術の発展が進んでおり、それを集中的に配備した街区や建築物のスマート化に関する技術開発が日本においても進められている。例えば経済産業省では、次世代エネルギー・社会システム実証地域を4つ（横浜市、豊田市、北九州市、けいはんな（京都府））、次世

代エネルギー技術実証地域として7つの地域を選定した上で、地域に応じた様々な技術の実証事業を展開している¹⁾。しかし、これらの地域実証は、既存市街地を前提とした単独の技術導入であるか、新たな市街地開発であり、既存市街地の今後の更新過程を考慮した普及展開を視野に入れたものとはなっていない。今後も低炭素技術導入をうたった市街地開発が進むことが予想されるが、現在より市街地を拡大すれば、結果として既存市街地の衰退を招き、その地区の非効率化をもたらす可能性を孕んでいる。そのため、地域の低炭素化と都市構造の集約を同時に達成していく必要がある。

さらに、まちづくりに必要な施策——例えば、敷地の統廃合や住宅水準の引き上げなど——と、地区の低炭素化のために必要な技術や施策とは、それぞれ独立したのではなく相互に関連していることに注意が必要である。これらの施策・技術をどのように組み合わせることが効率的であるか、あるいは組み合わせることによりかえって問題が生じる可能性がないか、まちづくりと低炭素化を統合的に考え、評価していくことが求められる。

本研究では、集約型都市構造等の議論が進む「都市

と、各技術の開発や導入が進められている「建築」「街区」の間の空間スケールとして、関係性の強い複数街区を一体として扱う「街区群」に着目し、既報²⁾により開発されたトリプルボトムライン評価システムを、安全安心などより幅広い施策目的に対応できるよう拡張を行ったうえで、既存住宅地を対象に詳細なケーススタディを実施し、その有効性について検討を行う。さらには、将来的に人口の集約を進める街区群が目指すべきデザインを検討し、低炭素性能を評価することで、将来まちづくりのあり方に示唆を与える。

2. 本研究における評価システムの視点

都市の低炭素性能を評価する方法はこれまでも国内外で研究・開発が進められてきた。日本のCASBEE-まちづくり³⁾や北米のLEED for neighborhood development⁴⁾、英国のBREEAM⁵⁾が代表例である。これらは、地区デザインを決定する上で想定される居住性能や環境性能について、詳細なチェックリストを設けて評価・認証する仕組みであり、実際の開発計画の許認可や格付けと連動している点で大変有効に機能している。しかし、これらは計画・設計レベル——つまり、開発・施策実施が決定している段階——で適用されることが想定された評価システムであるため、個々の技術導入やデザイン上の配慮などの設計上の配慮事項を中心としており、その結果としてもたらされるアウトカムの把握ができない。

また、既存市街地における長期的な導入・更新を検討する上では、将来一時点における開発の結果のみならず、そこに至るまでのプロセスの評価も重要である。将来のある一時点における低炭素性能が優れていても、そこに至るまでのプロセスによっては、一時的に居住地としての魅力が大きく損なわれ、居住者の引き戻しが困難となる可能性や、プロジェクト期間全体における累積CO₂排出量が結果として大きくなる可能性も懸念される。

これらの課題を踏まえ、本研究においては、1)各施策

をどの段階で行うべきか、それらをどのように組み合わせるべきか、といった判断をアウトカムの観点から可能とするとともに、2)低炭素性能を時系列的に評価することが可能となるシステムを構築する。

3. 街区群評価・デザインシステムの構築

(1) システムの全体構成

本研究で開発される環境性能統合評価モデルの全体構成を図-1に示す。システムは、1)住宅地図の経年データから個々の建物の1年単位での更新シミュレーションを実施し、1年単位での地区の空間記述データを作成した上で、2)データをもとに街区群の低炭素性能を、社会・経済・環境の観点から評価する。

(2) 建物更新シミュレーション

現在から将来にわたって、時系列で環境性能の評価を実施するためには、現在存在している建物の更新時期を予測する必要がある。しかし、実際の個別建築物の建替時期を正確に予測することは困難であるため、本研究ではモンテカルロ法を利用した更新予測モデルを構築した。具体的には、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⁶⁾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、小松ら⁷⁾による区間残存率の調査データを用い、地区内における個々の建物の建築年代については、10年単位の住宅地区経年データから1件ずつ建築年代を割り出し用いる。

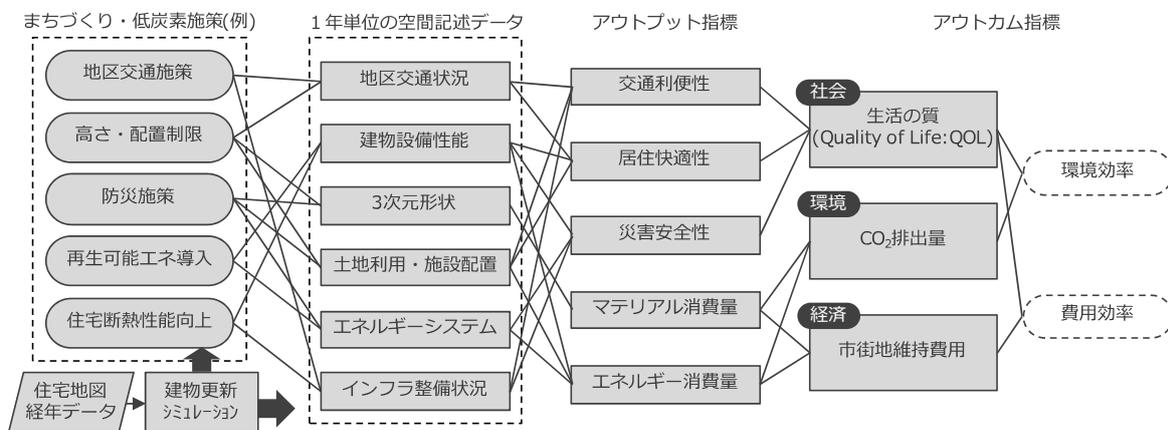


図-1 評価モデルの全体構成

(3) 低炭素性能の評価

以上で予測された1年単位での地区の空間記述データから、生活を営む上で必要な資源量を、社会的側面を住民の享受するQOL、経済的側面を市街地維持費用、環境的側面をCO₂排出量として統合化する低炭素性能評価システムを構築する。

a) 生活の質 (QOL) 評価

居住者が居住地から享受できる都市サービスを、「生活の質 (QOL: Quality of Life)」指標によって評価する。QOL 指標は居住地区における環境の物理量と、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、その構成要素を加知ら⁹⁾を参考に、「生活環境向上機会 (LPs: Life Prospects)」と定義した (表-1)。

このLPsに、居住者の価値観を表す重みwを乗じたものをQOL値と定義し、式(2)のとおり定式化した。

$$QOL_i = f(\mathbf{w}, \mathbf{LPs}_i) = \sum_j w_j \cdot LPs_{j,i} \quad (2)$$

重みパラメータwは、コンジョイント分析により推定した。具体的には、表-2に示す住民アンケート調査によって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の選好結果を取得した上で、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を特定した。なお、アンケート調査において各居住地の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した。これにより、QOL値を医療分野において多くの適用事例

がある「生活の質により調整された生存年数(Quality Adjusted Life Year: QALY)」⁹⁾の単位に統合して用いる。

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^e_{CO₂}を、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けるCO₂排出量E^b_{CO₂}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⁹⁾¹⁰⁾。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と考え、式(7)を用いて算出できるものとする。

$$E_{CO_2} = E_{CO_2}^b + E_{CO_2}^e = \sum_{i,k} e_k^b \cdot M_{i,k} + \sum_{h,i,m} e_m^e \cdot EC_{i,h,m} \quad (7)$$

ここで、e^b_k: 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^e_m: エネルギー種別mの単位消費量あたりに発生するCO₂排出量、である。建築、インフラ材料消費量については、毎年発生する建物更新量について、建物構造の標準的な設計事例から必要な材料を材料ごとに積み上げた原単位を用いて算出し、エネルギー消費量については建物用途ごとの時間帯別エネルギー需要原単位¹¹⁾から、再生可能エネルギー量や設備の変換効率を用いて算出する。

表-1 QOLの測定指標および重みの推定結果

| | 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) | 住宅ミスマッチ解消、住宅タイプの変更 など | 3.66E-03 | 21.7 | *** |
| | | 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 | -2.22E-03 | -9.87 | ** |
| | | AM3:敷地の緑の多さ | 庭の有無 | 中庭式住宅の展開、戸建住宅割合の増加 など | 2.23E-04 | 1.64 | * |
| | | 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 | 1.01E-02 | 13.3 | *** |
| | 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、ソーニングなど | 2.05E-03 | 15.0 | *** |
| | | AM6:景観の美しさ | 建物連続性(%) | 高さ・ファザードの統一 など | 2.96E-02 | 8.67 | *** |
| | | 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 | 3.08E-01 | 10.5 | *** |
| | | 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 | -1.25E-02 | -24.4 | *** |
| 生活利便性 M | 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 | -2.00E-03 | -21.0 | *** |
| | | 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 | -1.09E-03 | -11.5 | *** |
| | | 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 | -1.34E-03 | -14.1 | *** |
| | | 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 | -3.06E-03 | -32.2 | *** |
| | 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 | 7.09E-03 | 11.5 | *** |
| | | AC6:歩行者利用環境 | 歩道幅(m) | 歩道整備 など | 2.84E-02 | 18.4 | *** |
| | | 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 | -7.88E-03 | -25.6 | *** |
| | | 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 | 1.88E-04 | 21.20 | *** |
| 災害安全性 S | 防災機能性 | SS1:地震リスク | 地震時死亡率(%) | 液状化対策 など | -1.00E-00 | -22.3 | *** |
| | | 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 | 4.68E-02 | -34.7 | *** |
| | | 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 | -8.48E-03 | 14.0 | *** |
| | | 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 | -2.90E-03 | -23.9 | *** |
| | 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 | -3.30E-05 | -37.1 | *** |
| | | 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 | 2.60E-03 | 17.2 | *** |
| | | 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、コジェネレーションの導入 など | 8.08E-03 | 12.5 | *** |
| | | 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 | 1.93E-02 | 18.0 | *** |

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

表-2 アンケートの概要

| 実施時期 | 実施方法 | 実施地域 | サンプル数 | 実施対象 | アンケート実施内容 |
|---------------|----------|-----------|-----------|----------|---------------------------|
| 2012/12/19~21 | WEBアンケート | 名古屋20km圏内 | 1,000サンプル | 20-60代男女 | ●一対比較法による居住地選好調査 ●個人属性 |

※アンケート調査は株式会社マクロミルにより実施

c) 市街地維持更新費用評価モデル

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¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾、式(8)を用いて算出できるものとする。

$$C = C^b + C^e = \sum_{i,k} c_k^b \cdot M_{i,k} + \sum_{h,i,m} e_m^e \cdot EC_{i,h,m} \quad (8)$$

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。

3. 既成市街地を対象としたケーススタディ

(1) 対象地域の概要

構築したモデルシステムを用いて、名古屋市の近郊部に位置する御劔地区（瑞穂区御劔町）を対象に、ケーススタディを実施した（図-2）。第二次世界大戦時に被災を免れた地域であり、西端には名古屋高速道路が並走する広い道路が接している一方、古くからの狭い長屋が立ち並ぶ地域と、狭あい道路が連続する地域とが共存している。今後、名古屋市が集約型都市構造を目指していく上では、居住地としても魅力を向上させるとともに、防災面の強化が求められる地域である。



図-2 御劔地区の概要

表-3 導入施策及びシナリオ一覧

| 施策の分類 | シナリオ | 施策名 | 施策概要 |
|---------------------|------|-----------------------|---|
| — | BAU | なりゆき | 建物が前の建物と同様のものに更新されると想定 |
| 低炭素技術導入 (建物) | T1 | LED照明の導入 | 建替時にLED照明を導入 |
| | T2 | T1+ ヒートポンプ性能の向上 | 建替時に新たなヒートポンプ(冷暖房)機器を導入 |
| | T3 | T2+ 電気自動車の普及 | 自動車更新(寿命を10年と想定)時に電気自動車に転換 |
| | T4 | T3+ 住宅断熱性能の向上 | 建替時に次世代エネルギー基準(断熱係数:Q値=19)に対応した建物を建築 |
| | T5 | T4+ 太陽光発電の導入 | 建替時に太陽光発電を導入(住宅の場合35kW、それ以外の用途では建物面積×1/4規模(屋上の1/4)) |
| | T6 | T5+ コージェネレーションの導入 | 建替時に燃料電池コージェネレーションを導入(住宅の場合発電能力0.75kW+蓄熱槽) |
| まちづくり施策 | P7 | T6+ 土地利用のゾーニング | 幹線道路沿いに商業・業務用途を集約 |
| | P8 | P7+ 住宅床面積の調整 | 住宅タイプのミスマッチの解消と減築 |
| | P9 | P8+ 道路の拡幅 | 狭あい道路の拡幅 |
| | P10 | P9+ 歩道の拡幅 | 拡幅した道路に対する歩道設置 |
| | P11 | P10+ 自転車道の拡幅 | 拡幅した道路や幹線道路沿いに対する歩道設置 |
| | P12 | P11+ 建物・敷地の共有化 | 長屋建住宅を建替え時に1つの集合住宅へと建替 |
| | P13 | P12+ 建物の再配置 | 商業・住戸混在型街区を中庭式中層街区、長屋建街区をテラスハウス型街区とし、オープンスペースを創出 |
| 低炭素技術導入 (街区・街区群) | TA14 | P13+ 地域内エネルギー融通 | 地区内のエネルギー管理をスマートグリッド化し、余剰電力や排熱融通を可能とする |
| | TA15 | TA14+ 生ゴミ・メタン発酵・発電の導入 | 地区内で発生する廃棄物について、メタン発酵発電を導入し、地区内で活用できるよう展開 |

(2) 分析シナリオの設定

分析を行う上では、1つ1つのまちづくり・低炭素施策における効果を把握するため、2050年まで現在の建物がそれぞれ自由に建替を行う「なりゆきシナリオ」をベースに、対象地域に導入が効果的と想定されるまちづくり・低炭素施策を比較的導入が容易なものから1つずつ積み上げ、その都度評価を実施した。具体的には、表-3に示す15施策について、建物単体に対する低炭素技術の導入(6施策)、街区の再構築などのまちづくり施策(7施策)、地区全体に対する低炭素技術の導入(2施策)の順で積み上げた。

なりゆきシナリオおよびすべての施策を導入したシナリオ(TA15)における10年間隔での建物更新予測結果を10年間隔で示した一例を図-3に示す。なりゆきシナリオではまばらに更新が進んでいく一方、TA15シナリオでは長屋建が集中している地域で優先的に建替えが行われ、2030年から2040年にかけて建替が多く発生する傾向となっている。

(5) 低炭素性能の評価結果

a) 各指標の算出結果

各シナリオにおける2050年のQOL値増減量、CO₂排出量、市街地維持費用の算出結果を図-4に示す。全ての指標において、BAUシナリオに対して全ての施策を導入した場合(TA15)には改善することが期待される。

指標別では、QOL値については、低炭素技術の導入では、自立電源の確保による防災性の向上の他は顕著な上

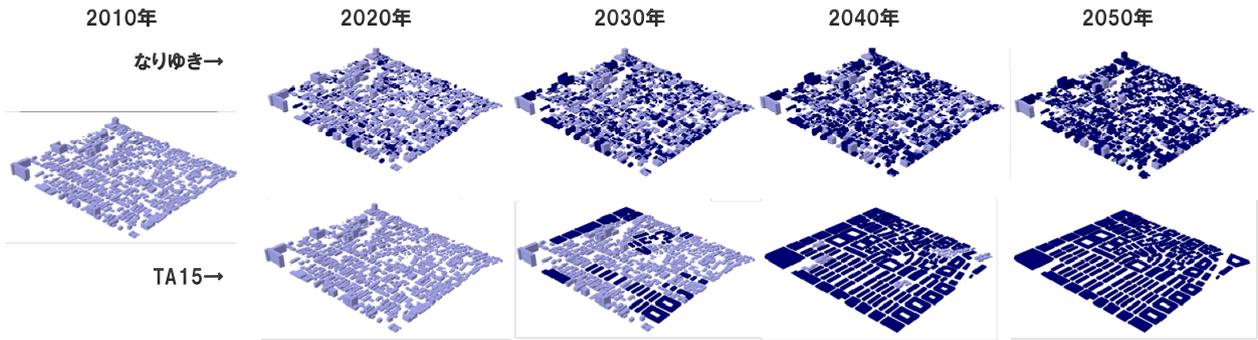


図-3 建物更新予測結果の例（2010年から2050年，10年間隔）

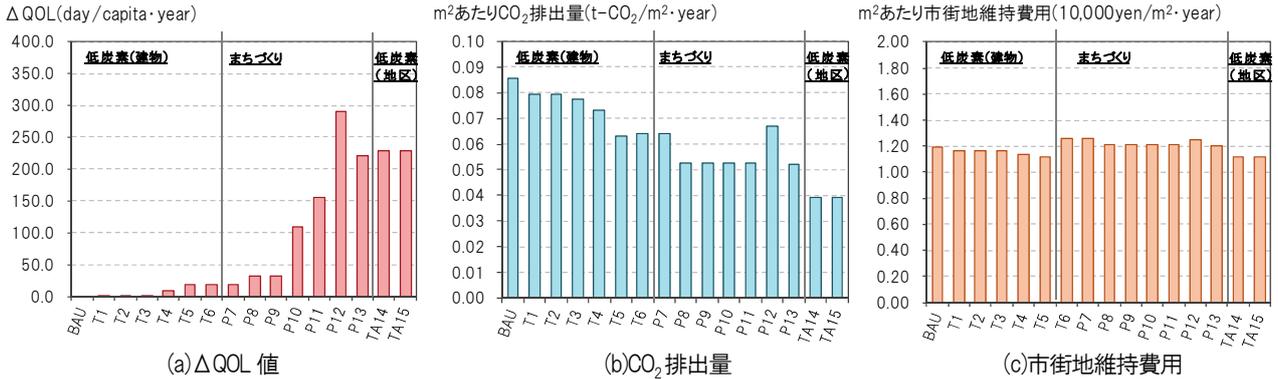


図-4 2050年における各シナリオのQOL, CO₂排出量, 市街地維持費用の算出結果

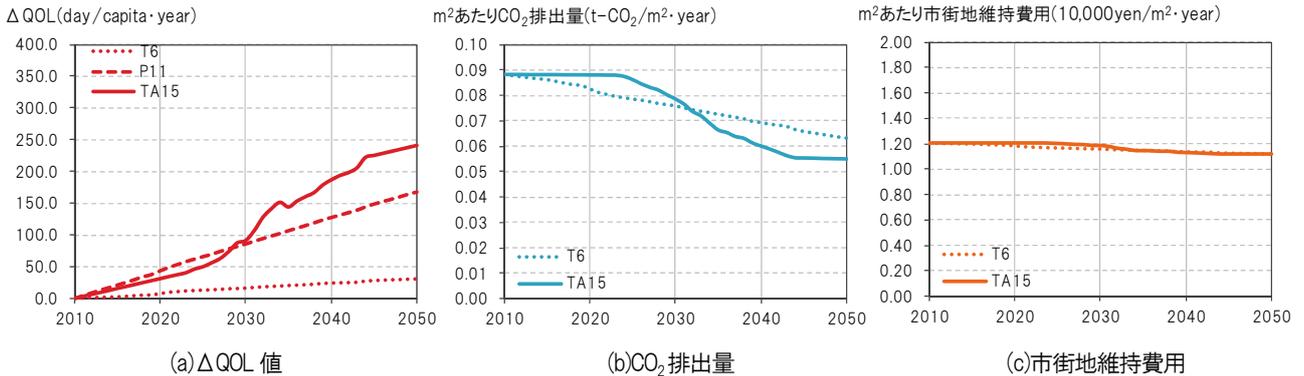


図-5 2010年から2050年にかけてのQOL, CO₂排出量, 市街地維持費用の推移（T6およびTA15）

昇が見られない一方，地区内道路の拡幅や土地利用，空間構成の見直しにより大幅に増加が期待できる。

CO₂排出量では，低炭素技術導入時に特に減少が期待できる一方，土地利用や空間構成の転換（P7, P13）によっても大きく変動が見られ，P12のようにただ建物を統合するだけでなく，周辺環境を考慮した建物配置を行うことによっても，CO₂排出量の削減が可能となることが明らかとなった。

市街地維持費用については，インフラや建物の更新に係る費用がほとんどを占めるため，エネルギー関連の施策や技術を導入しても変動が小さい。また，長屋建など既存の木造家屋の集約化を行った場合には，鉄筋コンクリート造の割合が増加するため，かえって費用が増加する可能性があることが明らかとなった。

2010年から2050年にかけての各指標の推移を図-5に示す。低炭素技術のみを導入しているT6シナリオでは，

建物の更新がなだらかであり，比較的線形に近い形で推移しているのに対し，建物の共同更新を含むTA15シナリオでは，2025年ごろまでの変化がなだらかであり，この間にかえってCO₂排出量や市街地維持費用がT6シナリオよりも大きくなっているのに対し，更新が進む2025年から2035年頃に逆転することとなり，40年間の合計ではほぼ同等の排出量および費用となっている。低炭素街区群の構築には，導入する施策の組合せのみならず，導入時期もまた重要な要素であることが示唆された。

b) 環境効率，費用効率の評価結果

シナリオ別のCO₂排出量1単位で得られるQOL値（環境効率（day/t-CO₂））および市街地維持費用1単位で得られるQOL値（day/10million-yen）の推移を図-6に示す。環境効率，費用効率ともに，導入施策が増加するにつれ，増加の傾向にある。CO₂排出量や市街地維持費用に影響の大きいT1からT6にかけての増加が環境効率で0.4程度，

費用効率では0.1程度であるのに対し、P10以降の増加のほうが大きく、TA15時点では0.32、0.16であり、T6からそれぞれ8倍、5倍程度に増加している。効率性の向上には、CO₂排出量や費用を低減するだけでなく、QOLを増加させる施策を含めた総合的検討が重要となることが明らかとなった。

4. おわりに

本研究では、既存街区群に対して、TBLの観点から環境性能を評価するモデルを構築し、地区の計画検討における有効性を確認した。これにより、既存街区群を魅力的かつ低炭素な街区群へと転換していくための検討に活用することが可能となった。また、ケーススタディにより得られた知見は以下のとおりである。

- ・ 施策導入によるCO₂排出量への影響として、各建物への技術導入により約26%、空間構成の再構築や地区全体への技術導入を組み合わせることで50%以上の削減が可能となった。
- ・ 地区道路網を含むインフラや建物配置の再構築は、特に居住者が享受できるQOLの向上に効果的である一方、CO₂排出量や市街地維持費用に対してもその影響は大きく、削減余地が期待できる一方で、増加する可能性もあることから、これらを総合的に検討することが望ましい。
- ・ 長期的な計画の検討のためには、施策の組合せのみならず、各施策の導入時期や建物の更新時期も重要な要素であり、街区群の再構築のためには長期的かつ詳細なロードマップの作成が必要不可欠である。

謝辞：本研究は環境省環境研究総合推進費 E-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」を受けて実施した。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 経済産業省：次世代エネルギー・社会システム協議会（第14回）- 配付資料，2012。
http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004633/014_haifu.html
- 2) 森田紘圭，戸川卓哉，加藤博和，村山顕人，飯塚悟，林良嗣：低炭素まちづくりを支援する街区群評価・デザイン

環境効率(day/kg-CO₂・year)
費用効率(day/10million-yen・year)

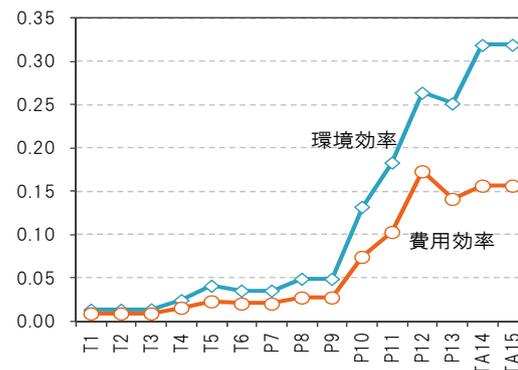


図-6 シナリオ別の環境効率および費用効率 (2050年)

ンシステムの提案，土木計画学研究講演集，Vol46，CD-ROM(24)，2012。

- 3) 日本サステナブル・ビルディング・コンソーシアム（建築物の総合環境評価研究委員会）：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。
- 4) The U.S Green Building Council Inc.：LEED 2009 for Neighborhood Development，2011。
- 5) BRE Global Ltd.：BREEAM Refurbishment Domestic Buildings Technical Manual SD5072-1.0，2012。
- 6) 小松幸夫，加藤裕久，吉田倬郎，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。
- 7) 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，No.632，pp.2197-2205，2008。
- 8) 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。
- 9) 産業環境管理協会：JLCA-LCA データベース，2007。
- 10) 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。
- 11) 柏木孝夫，日本エネルギー学会：天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル，日本工業出版，2008。
- 12) 国土交通省：建築着工統計調査，2011。
http://www.mlit.go.jp/statistics/details/jutaku_list.html
- 13) 国土交通省：不動産市場データベース，2010。
http://tochi.mlit.go.jp/tocchi/fudousan_db/index_03300.html
- 14) 環境省：生活排水処理施設整備計画策定マニュアル，2007。

AN EVALUATION SYSTEM OF ENVIRONMENTAL PERFORMANCE FOR DISTRICT AND APPLICATION IN BUILT-UP AREA

Ryota GOTO, Hiroyoshi MORITA, Tsuyoshi TAKANO,
Hirokazu KATO and Yoshitsugu HAYASHI