

低炭素社会実現を支援する 街区群評価・デザインシステムの提案

名古屋大学大学院 環境学研究科	森田 紘圭
国立環境研究所 社会システム環境センター	戸川 卓哉
名古屋大学大学院 環境学研究科	加藤 博和
名古屋大学大学院 環境学研究科	飯塚 悟
名古屋大学大学院 環境学研究科	村山 顕人
名古屋大学大学院 環境学研究科	林 良嗣

An Evaluation System of City Blocks Reconstruction Design for Realizing a Low-Carbon Society

Hiroyoshi MORITA

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Takuya TOGAWA

National Institute for Environmental Studies

Hirokazu KATO

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Satoru IIZUKA

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Akito MURAYAMA

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Yoshitsugu HAYASHI

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Abstract:

Focusing on “city blocks” which is between city and block as spatial resolution level, this study constructs a model system which can evaluate low carbon performance level, and we examine how to reconstruct city blocks under the boundary conditions such as residential population, worker population, CO2 emissions cap and so on, which are set

著者連絡先 森田 紘圭

〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町 C1-2(651)

名古屋大学大学院 環境学研究科 都市環境学専攻

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

on a macro level urban structural studies.

Firstly, we define carbon serviceability index which is based on LCA and quality of life index of city blocks from the viewpoint of architecture, energy and transportation. And we construct a model system which can propose spatial designs and technology packages to improve the index in response to regional features and existing urban stocks. Applying it to a real city blocks in the city center, and we analyze the design to achieve the reduction of CO₂ emissions under the cap and to maintain QOL/Cost by the year 2050. As a result, the importance of combination between spatial design and technology package which complement each other in city blocks level is revealed.

Keywords: *City Blocks, Low-carbon society, Quality of Life, Wind Environment*

1. はじめに

低炭素社会を実現する一つの方法として、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、費用的にも環境的にも非効率な地区から利便性の高い都心部や近郊部へと移転を進めるものであるが、集約する地域をどのようにデザインするかについては、いまだ議論が十分となっていない。個々の地区においては、その地区特有の課題——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、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には、都市圏各地区においてマクロな都市構造の目標と、ミクロなまちづくりの課題解決を同時に達成することが求められる。

他方、東日本大震災以降、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いる。しかし、実社会において様々な技術が同時に有効性を発揮する保証はない。地域の低炭素化と都市構造集約を同時に達成していくためには、各技術をどのように組み合わせることが効率的であるか、あるいは各技術がその性能を十分に発揮できる都市構造とは何かを建物の更新時期に合わせて検討する必要がある。

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、関連の深い複数街区

を一体として扱う「街区群」に着目し、その低炭素化実現を支援する評価・デザインシステムを提案する。具体的には、2050年までの建築物の更新状況を予測し、現在開発が進められている低炭素技術のデータベースを作成した上で、将来のまちづくりに合致した低炭素街区群をデザインするプロセスを提案する。提案したデザインについて、都心部における大きな課題の1つであるヒートアイランド現象を「鉛直方向の風の道」からシミュレーションし、さらに各活動におけるCO₂排出量や費用、生活の質を評価できるモデルを開発する。また、名古屋市都心地区を対象としたケーススタディにより、人口の集約を進める街区群において目指すべきデザインを立案し、低炭素性能を評価することで、将来のまちづくりのあり方について検討を行う。

2. 街区群評価・デザインシステムの構築

2-1 システムの全体構成

街区群評価・デザインシステムの全体構成を図1に示す。本研究で開発される低炭素性能評価・デザインシステムは、街区群内の時系列的な建物更新をデザインする1)低炭素街区群プロセスデザイン、都心部におけるヒートアイランド現象を解析する2)暑熱環境シミュレーション、街区群の低炭素性能を、社会・経済・環境の観点からそれぞれを評価する2)トリプルボトムライン（TBL）¹⁾評価システムから構成される。

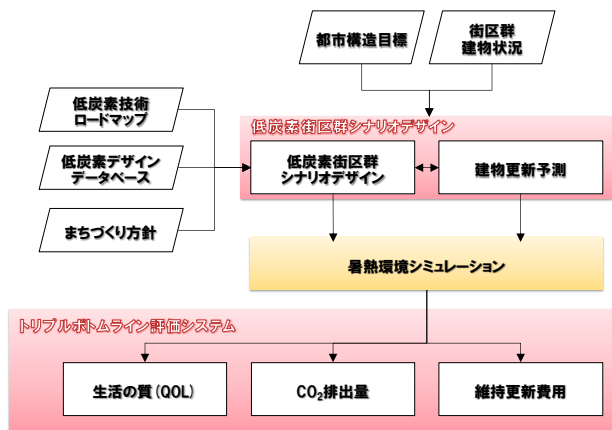


図1 評価・デザインシステムの全体構成



図2 街区群プロセスデザインシステムの概要

2-2 低炭素街区群プロセスデザイン

(1) 環境技術・デザインデータベース

低炭素街区群をデザインする上で必要な施策や導入技術、デザインに関する様々なメニューを、CASBEE-まちづくり²⁾や LEED for ND³⁾で高評価を得られた開発事例、自治体等で実施・検討されている事業内容から整理⁴⁾⁵⁾した。また、将来的に技術革新が予想されている技術について、既往の技術ロードマップ等⁶⁾⁷⁾⁸⁾から動向を整理し、各技術の導入タイミングを検討できるものとした。

(2) 街区群デザインプロセス

マクロな都市構造の目標とミクロなまちづくりの方針を同時達成するための、時系列的なデザインプロセスを構築した(図2)。まず、都市構造の目標(収容すべき人口)を達成するために対象街区群において供給が必要となる総延床面積を導出した後、地区において適用が可能な用途別容積率別の街区デザインと低炭

表1 各AM要素の概要と算出方法

機能	環境要素	評価内容	測定指標
空間 使用性	私的空間	住宅のゆとり	1人あたり占有延べ床面積
	公的空間	街路の柔軟性	ln(飲食店・商店数)
景観 調和性	公的空間	街並みの連続性	第一建築タイプ面積割合
自然 環境性	私的空間	敷地内の緑	緑地占有性
	公的空間	屋外の開放感	オープンスペース率
局地 環境性	私的空間	日あたりのよさ	平均日照時間
	公的空間	外の過ごしやすさ	8月の外気温度

素技術を、まちづくり方針と適合するように配置した。その後、現況建物の築年数分布から、共同更新を実施する単位と時期の設定により、街区群全体の空間構成と更新プロセスを決定した。

(3) 建物更新シミュレーション

既存建物の更新予測には、実際の個別建築物の建替時期を予測することは困難であるため、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、小松ら⁹⁾が算出した、築年数 a を説明変数とする建物構造 c の残存率関数 $R_c(t, a)$ から、 t 年において建物 i が残存している確率 $P_{i,c}(t, a)$ を式(1)のとおり算出し、1年ごとのシミュレーションを実施することで、地区内の建物更新状況を予測できるモデルとした。

$$P_{i,c}(t+1, a+1) = R_c(t, a) \cdot P_{i,c}(t, a) \quad (1)$$

2-3 暑熱環境シミュレーションモデル

前節に従って設定した街区群デザインについて、「鉛直方向の風の道」を CFD (Computational Fluid Dynamics: 計算流体力学) シミュレーションにより解析するモデルを構築した。解析条件は飯塚らの先行研究¹⁰⁾に従い、単位は 1/4 街区 (50 m (x₁) × 50 m (x₂) × 各高さ)毎の建物ブロックで表現する解析モデルとした。

2-4 トリプルボトムライン評価システム

(1) 生活の質 (QOL) 評価システム

本研究では、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)」によって評価する。QOL 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¹¹⁾を参考に、「居住環境向上機会（AM: Amenity）」と定義した（表1）。

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

$$QOL = f(\mathbf{w}, \mathbf{AM}) \quad (2)$$

また、居住者の価値観を表す重みパラメータは、コンジョイント分析により推定した。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、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 $\mathbf{w}$ を特定した。

（2）CO₂排出量評価システム

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、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 $E_{CO_2}^b$ 、民生（家庭、業務）におけるCO₂排出量 $E_{CO_2}^e$ 、交通活動におけるCO₂排出量 $E_{CO_2}^t$ を対象とし、標準的な設計や統計データによるそれぞれの原単位¹²⁾¹³⁾から、式(3)により算出できるものとした。

$$E_{CO_2} = E_{CO_2}^b + E_{CO_2}^e + E_{CO_2}^t \\ = \sum_x \sum_l e_{x,l}^b \cdot X_{x,l} + \sum_y e_y^e \cdot A_y + \sum_z e_z^t \cdot L_z \quad (3)$$

ここで、 $e_{x,l}^b$ ：インフラ・建物種別 x の段階 l （建設、維持管理、廃棄）における単位量あたりCO₂排出量、 e_y^e ：民生におけるエネルギー種別 y の単位量あたりCO₂排出量、 e_z^t ：交通機関 z のトリップ1kmあたりCO₂排出量、 $X_{x,l}$ ：各インフラ・建物の段階 l の存在量、 A_y ：エネルギー種別ごとの使用量、 L_z ：対象地区内において発生する交通機関別年間トリップ長。

（3）維持更新コスト評価システム

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の各段階における費用 C^b 、民生（家庭、業務）における費用 C^e を対象とし、原単位を整理したうえで¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾、式(4)により算出できるものとした。

$$C = C^b + C^e \\ = \sum_x \sum_l c_{x,l}^b \cdot X_{x,l} + \sum_y c_y^e \cdot A_y \quad (4)$$

ここで、 $c_{x,l}^b$ ：インフラ・建物種別 x の段階 l （建設、維持管理、廃棄）における単位建設・存在量あたり費用、 c_y^e ：民生におけるエネルギー種別 y の単位活動量あたり費用。

3. 名古屋都心部を対象としたケーススタディ

3-1 対象地域の概要

構築したモデルを用いて、名古屋市の都心地域である長者町地区（中区錦二丁目）を対象に、ケーススタディを実施した。長者町地区は、古くは繊維問屋として栄えた一方、近年においてはスモールビジネスや飲食店、マンションが増加している地域である。しかし、小さな敷地に建物がひしめき合っていることから、現状においては居住地域として必ずしも望ましい状態とはなっていない。今後、名古屋市が集約型都市構造を目指していく上では、居住地としても望ましい状態への転換が求められている。

3-2 再構築デザインプランの立案

分析を行う上では、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」と、以下の街区群プロセスデザインを通じて設定された「共同更新シナリオ」の2ケースを設定した。

- ①2050年までの名古屋市の目指す集約型都市構造への目標設定として、世帯数変化は2010年比で1.8倍、就業者人口は1.4倍とした。
- ②導入する環境技術・デザインを対象地域の現状や街づくり方針から、表2のとおり選定した。但し、建築物や交通単体に導入できる技術については、なりゆきシナリオでも同様とした。
- ③対象地域のまちづくり方針に従い、幹線道路の面

表2 各シナリオで導入する施策

分野	なりゆきシナリオ	共同更新シナリオ
建築設備	○断熱性、通風性能 ○コジェネレーション ○太陽光発電、蓄電池	同左
土地利用	—	○土地利用のゾーニング ○平均世帯人員の増加（2～3人世帯割合増加）
空間構成	—	○1/4街区単位での共同更新 ○北側建物の高層化 ○オープンスペース等の確保
交通	○電気自動車	○電気自動車 ○カーシェアリング

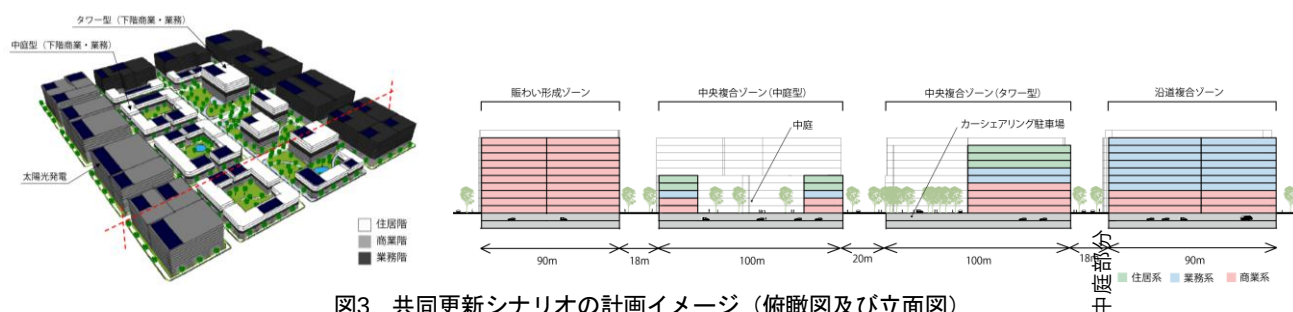


図3 共同更新シナリオの計画イメージ（俯瞰図及び立面図）

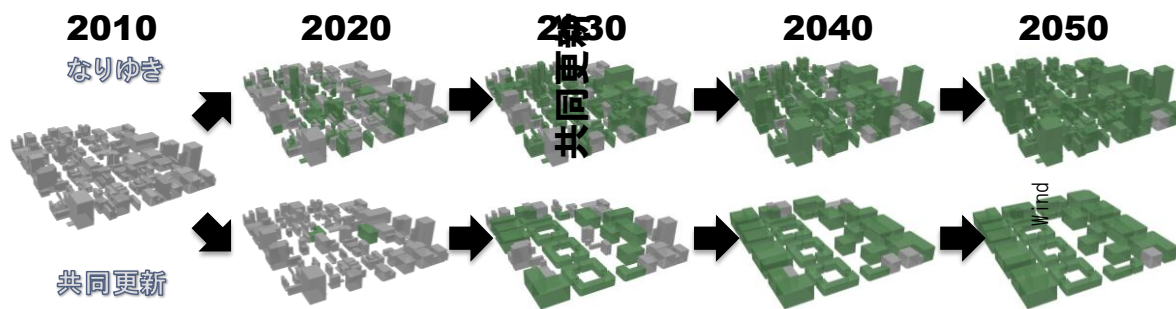


図4 建物更新の予測結果(10年単位)

する南北西の外側街区（10街区）に商業・業務用途，中心部（6街区）に住商混在の用途を配した。

- ④住商混在地域においては，必要な延床面積から，容積率300%以下を中庭型（4街区），300%を超える建物をタワー型（2街区）として計画した。

- ⑤築年数の近い建物は最少1/4街区の単位で，共同で更新されるものと想定した。更新時期は，予定敷地内の過半数の建物が消失した時とした。

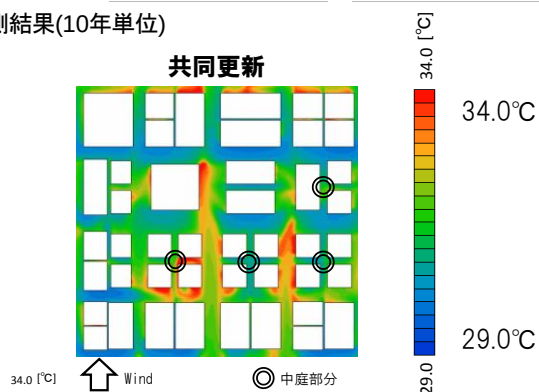
以上により共同更新シナリオ（図3）を設定し，2050年までの計画的な建物更新が行われるものとした。

3-3 建物更新の予測結果

各シナリオにおける更新予測結果を10年間隔で表示した例を図4に示す。なりゆきシナリオでは，更新後も同一の場所に建物が建設されるため，40年を通じて段階的に建替が発生する一方，共同更新シナリオでは，まとまった敷地を確保するために一定の時期を要することから，2020年までの10年間においては建物の消失のみが発生し，2020年から2030年頃にかけて建物の更新が集中することが予測された。

3-4 暑熱環境シミュレーションの結果

共同更新シナリオにおける暑熱環境シミュレーション結果（夏期の日中）を図5に示す。共同更新シナリオでは，南側の高い建物の配置により，その周辺が

図5 居住域（ $X_3=1.75$ ）における温度分布

やや高い温度となっている一方，北側の屋外空間においては温度が低下している。また，中庭部分の気温が周辺の屋外環境よりも1℃ほど低下しており，良質な屋外空間の形成が可能となっている。

3-5 低炭素性能の評価結果

各シナリオにおける1人あたりQOL値，CO₂排出量，維持更新費用の時系列的な変化を図6～図8に示す。

なりゆきシナリオでは延床面積増加に伴い，日照や景観の悪化からQOL値が低下する。一方，共同更新シナリオでは日照やオープンスペース率が改善する。また，低炭素技術の導入により，CO₂排出量や維持更新費用はなりゆきシナリオにおいても大幅に低下し，共同更新シナリオではエネルギー需要平準化，カーシェアリングなどにより更なる減少が期待される。

4. おわりに

本研究では、既存街区群に対して、建物更新を予測するとともに、暑熱環境シミュレーションを取り込んで、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するためのプロセスデザインが可能となった。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。

- ・高度利用地区においては、敷地ごとの建替よりも、街区単位での建替のほうが住民のQOL向上に寄与し、CO₂排出量や費用削減も可能となる。
- ・中庭式街区により、都心におけるTBL向上に資するオープンスペースが創出できる可能性がある。

謝辞

本研究は、環境省地球環境研究推進費 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る。

引用文献

- 1) John E.(1998) : Cannibals with Forks, New Society Publishers
- 2) 日本サステナブル・ビルディング・コンソーシアム(2007) : 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
- 3) The U.S Green Building Council Inc.(2011) : LEED 2009 for Neighborhood Development
- 4) 永田斎記, 宮田将門, 村山顕人, Ayyoob Sharifi(2012) : 低環境負荷型地区開発の計画・デザインの分析-越谷レイクタウンとサウスイースト・フォールス・クリークを事例として-, 土木計画学研究, 講演集, Vol.45, CD-ROM(95)
- 5) 鈴木雄三, 宮田将門, 村山顕人(2012) : 地区まちづくりにおける環境技術の導入可能性に関する研究-, 土木計画学研究, 講演集, Vol.45, CD-ROM(96)
- 6) 経済産業省(2008) : Cool-Earth エネルギー革新技術計画
- 7) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(2009) : NEDO 次世代自動車用蓄電池技術開発ロードマップ 2008
- 8) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(2009) : 太陽光発電ロードマップ (PV2030+)
- 9) 小松幸夫, 加藤裕久, 吉田倬郎, 野城智也(1992) : 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, p.101-110
- 10) 加知範康, 加藤博和, 林良嗣 : 汎用空間データを用いて

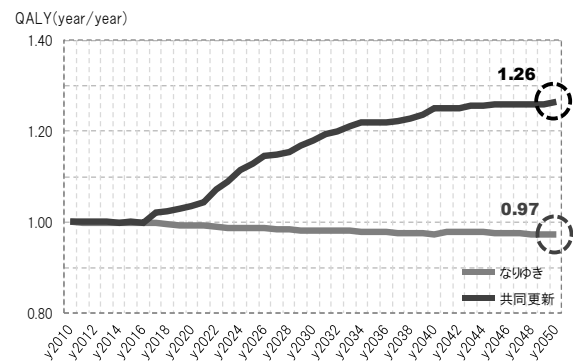


図6 1人あたりQOL値の推移

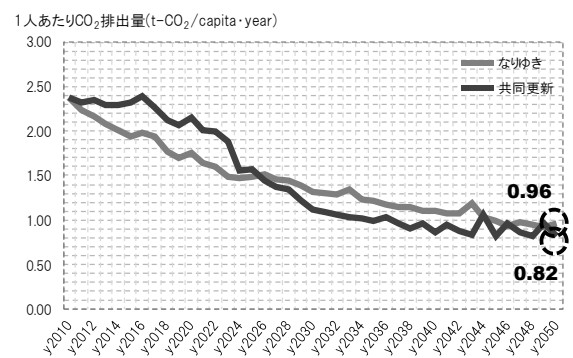


図7 1人あたりCO₂排出量の推移

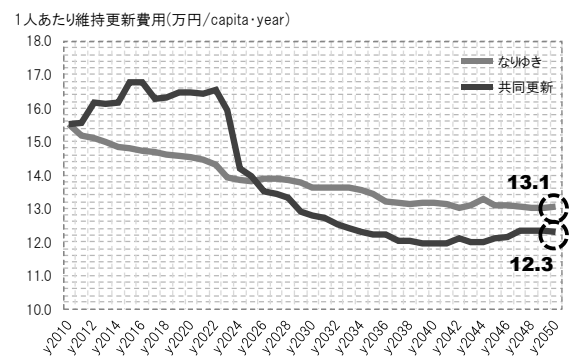


図8 1人あたり維持更新費用の推移

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.43-3, pp.19-24, 2008.

11) 加藤隆矢, 飯塚悟, Bui Manh Ha(2012) : 最大建物高さが街区スケールの風環境に及ぼす影響評価シミュレーション, 土木計画学研究, 講演集, Vol.45, CD-ROM(98)

12) 産業環境管理協会(2007) : JLCA-LCA データベース

13) 後藤直紀, 柴原尚希, 加知範康, 加藤博和(2008) : 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

14) 国土交通省(2011) : 建築着工統計調査

http://www.mlit.go.jp/statistics/details/jutaku_list.html

15) 国土交通省(2010) : 不動産市場データベース

http://tochi.mlit.go.jp/toocchi/fudousan_db/index_03300.html

16) 環境省(2007) : 生活排水処理施設整備計画策定マニュアル