

コンパクトシティ化による CO₂削減効果の住宅建設・移動・居住エネルギーに基づく評価 — 転入者の中心市街地への誘導の効果とその要因分析 —

環境デザイン学科 山川研究室 水町優志

1. 研究の背景と目的

近年、地球温暖化・少子高齢化・中心市街地の空洞化への対策として、生活機能が近接した効率的で持続可能な都市形態であるコンパクトシティが注目されている。そして中心市街地の活性化・環境負荷低減を目指して、都市機能を中心部に集積することが提唱されている。

既往研究では「建設」「移動」「冷暖房負荷」などの要素に着目し、都市のコンパクト化による環境負荷低減効果の検討が行われている¹⁻³⁾。しかしながら都市の全体の住宅建設の環境負荷を検討するには郊外の住宅更新も考慮する必要があるが、既往研究は中心市街地の住宅建設のみしか考慮していない。また「建設」「移動」「居住(家庭エネルギー)」の負荷削減への寄与や、それらへの種々の要因の影響についても検討されていない。

そこで本研究では、コンパクトシティ化の程度により郊外の住宅更新も含む「住宅建設」及び「移動」「居住エネルギー」の CO₂ 排出量が全体としてどの程度変化するかを明らかにするとともに、その変化に対する主な影響要因を明らかにすることを目的とする。

なお本研究では転入者の誘導に注目するため、現存の住宅の転移及び都市施設の集約化は考慮していない。

2. 研究方法

2.1 シナリオの選定

2040年までの転入者について、①すべて中心市街地に居住、②現存の居住者の割合⁴⁾のもと、中心市街地に55%、郊外に45%居住、③すべて郊外に居住、の3つのシナリオにおける1年あたりCO₂排出量を比較する。なお本研究では愛知県長久手市⁴⁾を対象とし、簡易化のため2040年までの予測増加人口が最初に1度に転入することとした。また増加人口は2040年までの自然増加数⁵⁾を用いた。

2.2 CO₂排出量の算出方法

2.2.1 住宅建設によるCO₂排出量

転入した人のうち中心市街地に居住する人はRC造集合住宅、郊外に居住する人は木造戸建住宅に居住することとする。各住宅は住宅平均寿命の経過後、同様の住宅に建て替えられるものとして、住宅の建設による1年あたりのCO₂排出量C[kg-CO₂/年]を以下の式で計算する。

$$C = \sum_i \left[\frac{\text{床面積}_i \times \text{CO}_2 \text{ 排出係数}_i \times \text{増加世帯数}_i}{\text{住宅平均寿命}_i} \right]$$

(i: 住宅種類)

床面積_iは長久手市の戸建・集合住宅別1世帯あたりの延べ床面積⁶⁾、床面積あたりのCO₂排出係数_i⁷⁾及び住宅平均寿命_i⁸⁾は構造・用途別の既往研究の値を用いる。

2.2.2 移動によるCO₂排出量

商業施設の集積した市内の鉄道駅を拠点とする。移動によるCO₂排出量は「買物」と「通勤」を考える。中心市街地居住者は毎日バスで、郊外居住者は週2日自動車で、拠点に買物に行くこととする。また、中心市街地居住者はバスと電車で、郊外居住者は自動車で年間260日通勤するものとする。以下に移動による1年あたりのCO₂排出量T[kg-CO₂/年]の算出式を記す。

$$T = \sum_{i,j,k} \left[\text{日走行距離}_{i,j,k} \times \text{CO}_2 \text{ 排出係数}_k \right] \times \text{年間移動日数}_{i,j} \times \text{増加世帯数}_i$$

(i: 小学校区, j: 買物通勤, k: 乗り物種類)

日走行距離_{i,j,k}のうち、買物距離は小学校校区ごとに小学校から拠点までの距離とした。また、通勤距離は全地区共通とし、統計を用いて平均通勤時間⁹⁾に平均通勤速度¹⁰⁾を乗じたものとした。

2.2.3 居住エネルギーに関するCO₂排出量

中心市街地に建設する集合住宅に関しては屋上面積のうち50%の屋上緑化をするものとする。その冷房負荷低減効果を考慮した1年あたりのCO₂排出量G[kg-CO₂/年]の計算式¹¹⁾は以下で求める。

$$G = \sum_{i,j} \left[\text{冷房エネルギー消費量}_i \times (1 - \text{冷房負荷低減率}_i) + \text{他のエネルギー消費量}_i \right] \times \text{エネルギー源別利用率}_{i,j} \times \text{CO}_2 \text{ 排出係数}_j \times \text{増加世帯数}_i$$

(i: 住宅種類, j: エネルギー源種類)

各エネルギー消費量¹²⁾は戸建住宅・集合住宅別の統計値¹²⁾、エネルギー源別利用率¹²⁾、同CO₂排出係数¹³⁾¹⁴⁾、冷房負荷低減率¹⁵⁾は文献による。

2.2.4 屋上緑化・水道に関するCO₂排出量

屋上緑化・水道は住宅建設や居住の一部であるが、やや異なる要素のため本研究では分けて算出した。前述の屋上緑化の設置および維持にともなうCO₂排出量と集合住宅の屋上や各階まで水道水を供給することに伴うCO₂排出量Aを以下の算出式により求める。

$$A = (\text{屋上緑化の設置・維持に関する面積あたり年間CO}_2 \text{ 排出量}^{16}) + \text{散水に伴う面積あたり年間CO}_2 \text{ 排出量}^{17}) \times \text{建築面積} \times \text{建物棟数} + (\text{水道供給による1棟あたり年間CO}_2 \text{ 排出量}) \times \text{建物棟数}$$

3. コンパクトシティ化によるCO₂排出量の削減効果

2章の算出式に基づき愛知県・長久手市を想定して算出したシナリオ別の1年あたりCO₂排出量を図1に示す。

シナリオ別の1年あたりのCO₂排出量を比べると、転入者全員が中心市街地に居住するシナリオ1は転入者全員が郊外に居住するシナリオ3と比べて1年あたり33.4

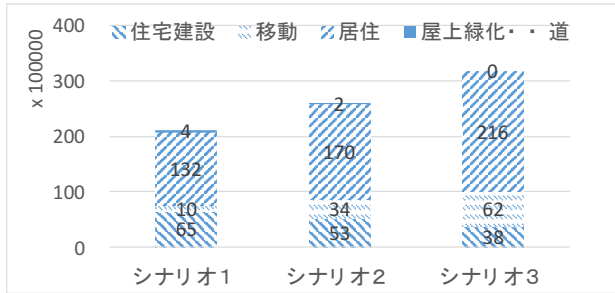


図1 各シナリオのCO₂排出量：愛知県長久手市の場合

、現状の人口分布で転入した場合（シナリオ2）と比べても18.4%のCO₂排出量削減となった。内訳を見ると、削減量が大いなのは居住で、シナリオ3と1の間の負荷削減量に対して約80%、移動は約50%となった。また1年あたりの住宅建設の負荷は集合住宅の方が大きいため、郊外の住宅更新を考慮しても負荷増加要因となったが、負荷削減量に対して約26%の増加で、移動による削減よりも小さくなった。屋上緑化は、製造・維持を考慮しても全削減量に対して10%弱に相当する効果があった。

4. コンパクトシティ化によるCO₂削減効果の影響要因

4.1 分析方法

本章では2章の設定値を変化させて分析を行うことで、負荷削減量に対して影響が大きな要因を明らかにする。変化させる設定値は人口比率、集合住宅寿命、集合住宅床面積、買物移動距離、地域、地域別屋上緑化率とした。ここではシナリオ3からシナリオ1に変化させたときのCO₂排出量削減率（以下、負荷削減率）に注目した。

4.2 集合住宅の寿命の影響

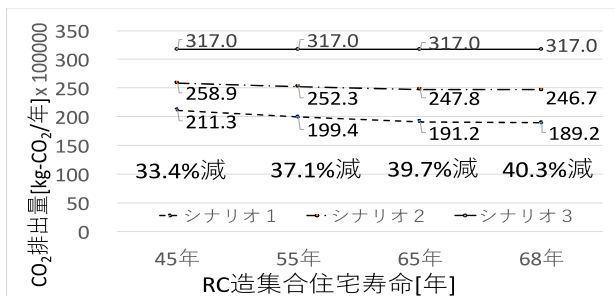


図2 集合住宅の寿命別CO₂排出量 [kg-CO₂/年]

RC造集合住宅の寿命を45年から68年に増加させることで6.9%の負荷削減率の増加が見込まれた。集合住宅の高寿命化はコンパクトシティによる環境負荷低減効果を向上させるための1つの方法と言える。

4.3 集合住宅の床面積の影響

RC造集合住宅の床面積が現状平均値45.11m²から80m²に増加すると負荷削減率は33.4%から20.2%へ13.2%小さくなる。このため中心市街地で転入者が居住する建物の床面積が大きくなり過ぎないように注意する必要がある。

4.4 その他の設定値の影響

同様に他の設定値についても検討したところ、郊外の

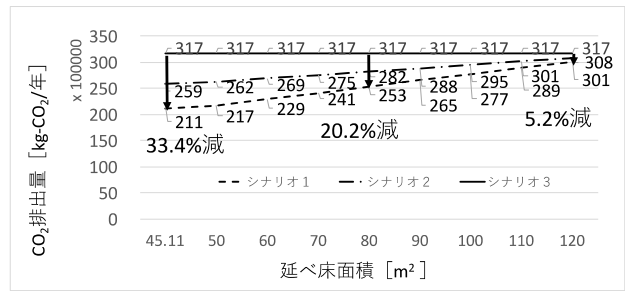


図3 集合住宅の床面積別のCO₂排出量 [kg-CO₂/年]

人口集中点(3ヶ所)の距離を5kmずつ遠くする(5km、10km、15km)と負荷削減率は35.2%減と削減率が約2%大きくなった。地域別の負荷削減率は北日本で48.3%、中日本33.4%、南日本34.0%と北日本の削減率が14.9%大きい。屋上緑化率を50%から100%にすると負荷削減率は北日本で0.05%減少、中日本で0.03%増加、南日本で0.07%増加となり、北日本では屋上緑化率を上げるとCO₂排出量がやや増加するが、全体への影響は小さい結果となった。

以上、地域による違いは大きいですが、これを除くと集合住宅の床面積と寿命の影響が大きいという結果となった。

5. 結論

本研究で得られた結論は以下の2点である。

- 1) 愛知県長久手市をモデルとし、郊外の住宅の更新も考慮して分析したところ、中心市街地への転入者誘導による居住と移動のCO₂排出削減量は、住宅建設による負荷増加量よりも大きく、コンパクトシティ化により環境負荷低減が見込めることが明らかとなった。
- 2) 都市のコンパクト化によるCO₂排出量に対して、「集合住宅の寿命」と「集合住宅の床面積」の影響が大きいことが明らかとなった。集合住宅の高寿命化はコンパクトシティにとって有効である一方、中心市街地に建設する集合住宅の床面積にも十分配慮しなければならない。

【参考文献】

- 1) 十二村佳樹・水野紋奈:岐阜市における最適な都市形態のあり方に関する研究(買物・通勤・建設に起因するCO₂排出量の推計日本建築学会大会学術講演梗概集, 799-800, 2013/2) 坂本京太郎・北村隆一:交通エネルギー・建設エネルギーから見たコンパクトシティの是非, 土木計画学研究・講演集 29 巻 VIII (3), 2004/3) 和田夏子・大野秀敏:都市のコンパクト化のCO₂排出量評価, 日本建築学会環境系論文集, 第76巻, 第668号, 935-941, 2011/4) 長久手市ホームページ, 人口・世帯数/5) 人口増加自治体・総合ランキング 2010-2015 全TOP50・人口規模・都道府県別/6) 平成27年度ながくての統計 7) 木本慶介:住宅の建設・改修・解体に起因するCO₂排出量の2050年までの予測, 第4回日本LCA学会研究発表会講演要旨集, 139, 2009/8) 小林幸夫:建物は何年もつか, 住宅問題研究 vol. 16, No. 2, 2000/9) 総務省統計局:住宅・土地統計調査(平成25年)/10) 国土交通省, 道路企画課:平成27年度全国道路・街路交通情勢調査(一般交通量調査概要について)/11) 21世紀環境共生型モデル住宅, 勉強会. 住まいのLCCO₂/12) 平成24年度エネルギー消費状況調査/13) 環境省・経済産業省:電気事業者別排出係数(特定排出者の温室効果ガス排出量算定用), 平成28年度実績-H29. 12. 21/14) 環境省:二酸化炭素排出量等の推計方法/15) 水谷章夫:屋上・壁面緑化による冷暖房負荷削減効果, 日本建築学会技術報告集, 第15巻, 第29号, 155-158, 2009/16) 山口和貴:ヒートアイランド対策の効果とLCCO₂, コンクリート工学会, コンクリート学, 48(9), 9.29-9.32, 2010/17) 平野勇二郎:屋上緑化建築における屋根面蒸発散量とCO₂削減効果の数値シミュレーション, 土木学会論文集B1(水工学) Vol. 71, No. 4, I_439-I_444, 2015