

40. 低物質・低炭素型都市圏構築に向けた 最適な人口規模と人口分布の検討

奥岡桂次郎¹・大西暁生²・白川博章¹・谷川寛樹¹

¹正会員 名古屋大学大学院 環境学研究科 (〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町)
E-mail:okuoka@nagoya-u.jp

²正会員 東京都市大学環境学部 (〒224-8551 神奈川県横浜市都筑区牛久保西3-3-1)

低物質かつ低炭素な地域の実現に向けた施策としては多種多様にあるが、都市の特性は単一で決定されるだけではなく周辺の都市との関係が重要である。そこで、本研究では仮想的な都市を想定し、その地域の環境負荷を定量化するモデルを提案する。本研究では、仮想都市圏モデルを構築することで、地域の環境負荷の定量化について汎用性の高いモデル化を行った。現在の日本の都市をもとに仮想都市モデルを構築し、仮想的な都市における人口の分布を決定し、民生部門の活動量を推計し、地域特性により異なる地域別原単位を利用することで環境負荷量を推計した。結果として、一人あたりのマテリアルストック需要量や一人あたりの二酸化炭素排出量を用いており、適した人口規模を検討した。マテリアルストック需要量では、人口規模がおおよそ300万人あたりで最小となった。二酸化炭素排出量では、二段階の結果となり、10万人あたりか、100万人辺りで、より減少することが示された。

Key Words : Low-Carbon Society, Material stock, Population distribution

1. はじめに

低物質かつ低炭素型の社会の実現に向けて、現在の環境負荷を定量化し、その把握をすることは非常に重要である。我が国では、全国や都道府県などスケールで、多くの環境統計を整理されており、その利用による環境負荷量の把握が可能である。一方で、政策実行は市町村スケールであり、具体的に地域で対策を行う際の環境情報が十分であるとは言えない。低物質かつ低炭素な地域の実現に向けた施策としては多種多様にあるが、先駆的な事例として環境モデル都市(2008)や低炭素都市づくり(2009)などがある。これらの事例では、都市の特性に応じたパイロットケースの確立に向けて、集中的に施策を実施することでその効果を評価されている。しかし、都市の特性は単一で決定されるだけではなく周辺の都市との関係が重要である。また、前述したように、環境統計については市町村スケールでは十分であるとは言えず、具体的に施策の効果を都市の特性との関係とするには情報が不足していると考えられる。そこで、本研究では仮想的な都市を想定し、その地域の環境負荷を定量化するモデルを提案する。

また、地域の環境負荷量を推計する際に、地域特性の他に人口分布や就業構造など多くの具体的な情報が必要となる。しかし、全国の地域を一律に評価するには汎用性の高い推計モデルが必要であるため、できうる限り外生的な変数を限定する必要がある。

人口の総数やその分布が変化するなど、将来の変化に対応できるモデルであることが望ましいことから、少ない外生変数による、一方でその地域の特徴を捉えた推計モデルの必要性が理解できる。また、施策の実地の効果を把握するためには、そのシナリオ選択に応じた推計フローを含める必要がある。以上を満たすために、外生変数の選択と施策シナリオ、また地域特性を評価できる、モデルの構成について十分な吟味が必要である。

以上の点をふまえ、本研究では、仮想都市モデルを構築することで、地域の環境負荷の定量化について汎用性の高いモデル化を行った。現在の日本の都市をもとに仮想都市モデルを構築し、仮想的な都市圏における人口の分布を決定し、民生部門の活動量を推計し、地域特性により異なる地域別原単位を利用することで環境負荷量を推計する。また、構築したモデルを利用することで、環境負荷量を最小とする人口規模と人口分布の検討を行った。

2. 仮想都市圏モデル

仮想都市モデルでは、汎用性の高い推計モデル構築のために、都市の特徴を損なわない範囲内で、モデルの外生変数の数を極力少なくするよう仮定をした。特に、その特徴を表す仮定としては、人口密度により大きく影響を受けるモデル化を行ったことで

ある。また、それを補足する変数として地域を示すダミー変数を設定した。業務部門については通常の人口分布(夜間人口)とは異なる、昼間人口を基盤にモデル化をする必要があるため、昼間人口比についても外生的に inputs する仮定をした。以上から、本モデルでは以下の5の外生変数による推計を行うと仮定した。5の外生変数は、人口、面積、周辺の数、地域ダミー、昼間人口比である。その推計フローの概要を図-1に示した。

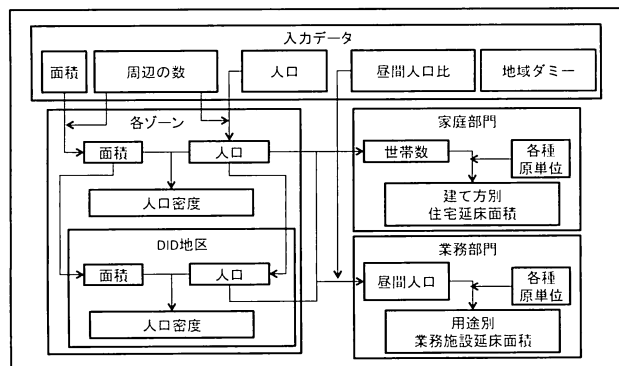


図-1 仮想都市圏モデルの概要

2.1 都市圏内における人口分布の推計

仮想都市モデルでは、都市を対象にモデル化を行うが、より広域での推計を可能にするために、都市群を対象とした仮想都市圏モデルについても作成を行った。仮想都市圏モデルは、都市圏内の人口分布を推計するモデルである。

奥岡ら(2010)の都市圏を仮想都市圏モデルのサンプルとして利用する。その際に、都市圏内の最上層に位置する都市を都市圏における中心として「コア」と定義する。また、それ以外の都市を都市圏における郊外として「周辺」と定義することにする。以下、「コア」、「周辺」はこの定義に基づくものとする。また、仮想都市圏モデルにおいては単純化を行うために、都市圏においてはコアが1つと仮定する。周辺については、新たな外生変数「周辺の数」を定義することでその数を設定する。しかし、大きな都市圏では数多く存在するものすべてをひとつひとつ認識することによりモデルが複雑になるので、都市圏の規模等に応じて、ある程度まとめた周辺都市群が1から3の数だけ、コアの周りに分布しているものとした。さらに、人口密度の大きい地域と小さい地域を分けるために、人口集中地区(Densely Inhabited District: DID, 以下 DID)をコアと周辺内でそれぞれ設定した。以上から、仮想都市モデルにおいては、都市圏をコア DID、コア非 DID、周辺 DID、周辺非 DID の4つのエリアに分割した。また、コアの昼間人口比を設定することで、都市圏内で昼夜間の人口移動が完結するとの過程から、コア・周辺それぞれの昼間人口を推計する。

以上から、仮想都市圏モデルにおいては、人口、面積、地域ダミー、昼間人口比、及び周辺の数 の5の外生変数を設定することで、その圏域内の人口分

布を示した。なお、周辺の数とは都市圏域における周辺都市の個数であり都市圏域の規模を示す指標となり、地域ダミーは地域における違いを表現するコードであり、北海道地方、東北地方、関東地方、北陸地方、中部地方、関西地方、中国地方、四国地方、九州地方、沖縄地方の10とした。

2.2 コアと周辺への配分

まず、都市圏全体の人口と面積をコアと周辺に配分する。都市圏人口と都市圏面積をコアと周辺に配分する際、コア人口比・コア面積比を設定しており、以下の式でコアと周辺の人口・面積は示される。

$$\begin{aligned} Pop^{core} &= Pop \times Rp^{core} \\ Pop^{peri} &= Pop - Pop^{core} \\ Area^{core} &= Area \times Ra^{core} \\ Area^{peri} &= Area - Area^{core} \end{aligned} \quad (1)$$

ただし、 Pop^i : ゾーン i の人口、 $Area^i$: ゾーン i の面積、 Rp^i : ゾーン i の人口比率、 Ra^i : ゾーン i の面積比率、 $i: \{core, peri\}$ 、である。

コア人口比は、都市圏人口をコアに振り分ける比率であり、反対に述べるとコアにどれだけの周辺人口が引きつけられているかの指標でもある。都市圏規模を示す指標の代替として周辺の数を利用する。周辺の数に応じてコア人口を都市圏人口で回帰した傾きをコア人口比とする。

次に、人口比の時と同様に、面積比を見てみると、都市圏面積が大きくなるほどにコア面積比が小さくなっており、人口比の時と同様に周辺の数が大きくなるとコア面積比は小さくなることから、中心地として機能する面積には限りがあるため、都市圏域が大きくなってもコア面積はあまり大きくならないためであると考えられる。

以上のことから、コア面積比を以下の式で推計した。

$$Ra^{core} = \frac{1}{1 + EXP(\alpha \ln(N) + \beta \ln(Area) + \gamma)} \quad (3)$$

ただし、 Ra^{core} : コア面積比、 N : 周辺の数、 $Area$: 都市圏面積、 α, β, γ : 各係数、である。

2.3 DID 地区への配分

次に各ゾーンで同様の配分フローを仮定することで、DID と非 DID の人口・面積の推計を行った。基本的には都市圏の人口と面積をコアと周辺に配分したのと同様に、人口比率と面積比率を内生的に決定し、それにより DID 地区と非 DID 地区に分配する。ここでいう全域とはコアないしは周辺に相当する。よってコアであれば、全域人口はコア人口であり、全域面積はコア面積である。比率は人口の集中度によって異なると考えられるので、人口密度により決定するものとする。

DID 比率を用いることで、各ゾーンの人口・面積は以下のように示される。

$$\begin{aligned} Pop_{DID}^i &= Pop^i \times Rp_{DID}^i \\ Pop_{non-DID}^i &= Pop^i - Pop_{DID}^i \\ Area_{DID}^i &= Area^i \times Ra_{DID}^i \\ Area_{non-DID}^i &= Area^i - Area_{DID}^i \end{aligned} \quad (3)$$

ただし、 Pop_j^i : ゾーン i の j 地区の人口、 $Arcd_j^i$: ゾーン i の j 地区の面積比率、 Rp_j^i : ゾーン i の j 地区の人口比率、 Ra_j^i : ゾーン i の j 地区の面積比率、 $i: \{core, peri\}$, $j: \{DID, non-DID\}$, である。

2.4 家庭部門における環境負荷量の推計

家庭部門では人間活動の単位として世帯数や住宅の面積があり、それらに活動量あたりの原単位を乗じることで環境負荷を推計することが可能である。単位あたり環境負荷は、居住の様々な形態によって異なり、それに応じた原単位が整理される必要がある。居住の形態とは、戸建てや集合といった建物の建て方や、建築物の構造などである。エネルギー消費については、世帯あたりの消費量や延床面積あたりの消費量を用いることが一般的である(住環境計画研究所, 2009)が、本研究では世帯の規模も含めた世帯あたりの消費量を用いた。これにより、地区の人口密度が変化した際の世帯あたりの延床面積を考慮したエネルギー消費量推計を可能とした。資源蓄積量については、延床面積あたりの資源投入量を用いることが一般的で(長岡, 2010)、本研究では構造別の資源投入量を用いた。以上のことから、対象地区における人口・面積をもとに、世帯構成人数により世帯数を決定し、建て方・構造別の延床面積を推計した。また、規模別の世帯数に世帯あたりエネルギー消費原単位を乗じることでエネルギー消費量を、構造別の延床面積に単位面積あたりの資源投入原単位を乗じることで資源蓄積量を推計した。

家庭部門で主要となるのは世帯数であり、以下の式で推計した。

$$Hh_{i,j} = Pop_{i,j} / PpH_{i,j} \quad (4)$$

ただし、 Hh_{ij} : ゾーン i の j 地区の世帯数, Pop_{ij} : ゾーン i の j 地区の人口, PpH_{ij} : ゾーン i の j 地区の世帯構成人数, $i: \{core, peri\}$, $j: \{DID, non-DID\}$, である. 世帯構成人数については各ゾーン各地区において回帰分析により推計を行った.

次に、家庭部門の活動量として主となる住宅延床面積を以下の式により推計した。

$$\begin{aligned}TFHh_{i,j} &= \sum_{type} \sum_k (Hh_{i,j}^{type,k} \times FApH^{type,k}) \\ Hh_{i,j}^{type,k} &= Hh_{i,j} \times RhT_{i,j}^{type} \times RhF_{i,j}^{type,k}\end{aligned}\quad (5)$$

ただし, $TFHh_{ij}$: ゾーン i の j 地区の住宅延床面積 [m^2], $Hh^{\text{type},k}_{ij}$: ゾーン i の j 地区の建て方 type 世帯あたり面積範囲 k の世帯数, $F\text{Ap}H^{\text{type},k}$: 建て方 type 世帯あたり面積範囲 k の平均面積, $RhT^{\text{type},k}_{ij}$: ゾーン i の j 地区の建て方 type の世帯割合, $RhF^{\text{type},k}_{ij}$:

ゾーン i の j 地区建て方 $type$ における世帯あたり面積範囲 k の世帯割合, $i: \{core, peri\}$, $j: \{DID, non-DID\}$, $type: \{Detached, Collective\}$, $k: \{0-30, 30-50, 50-70, 70-100, 100-150, 150-\}$, である. なお, $type$ の $Detached, Collective$ はそれぞれ戸建て, 集合住宅を示し, 面積 k の単位については $[m^2]$ である.

建て方別世帯割合は世帯の住み方を示す割合であり、人口分布が集約した地域では戸建ての割合が小さく、分散した地域では戸建ての割合が大きいことから、人口密度を説明変数に以下の式で推計した。

$$RhT_{i,j}^{Detached} = f(Dns_{i,j}) \quad (6)$$

ただし, $RhT^{Detached}_{ij}$: ゾーン i の j 地区の戸建て世帯割合, Dns_{ij} : ゾーン i の j 地区の人口密度, $i: \{core, peri\}$, $j: \{DID, non-DID\}$, である.

世帯あたり面積別世帯割合は、世帯あたりの面積に応じた世帯数の割合で、確率密度関数により以下の式で推計した。

$$\begin{aligned} RhF_{i,j}^{type,k} &= f(k_2) - f(k_1) \\ f(x) &= \frac{1}{1 + EXP(a \ln(x) + b)} \\ a &= \alpha_1 Dns_{i,j} + \beta_1 \\ b &= \alpha_2 Dns_{i,j} + \beta_2 \end{aligned} \quad (7)$$

ただし、 $RhF^{type,k}_{ij}$: ゾーン i の j 地区の戸建て世帯割合、 Dns_{ij} : ゾーン i の j 地区の人口密度、 $i: \{core, peri\}$, $j: \{DID, non-DID\}$, $type: \{Detached, Collective\}$, $k: [k_l: k_r]$, α, β : 各係数, である。

以上の方法で、世帯数から住宅延床面積を推計する際に世帯あたり床面積の規模を考慮することで、詳細な推計を行った。推計された住宅延床面積に、エネルギー消費原単位とエネルギー種別二酸化炭素換算係数を乗じることで家庭部門二酸化炭素排出量を、構造別資源投入原単位を乗じることで資源蓄積量を推計する。エネルギー消費原単位は日本エネルギー経済研究所エネルギー計量分析センター(2000)より地域別機器別住宅規模別に整理した消費量の値を利用した。二酸化炭素換算係数については図-2に示したフローで計算した。資源投入原単位については長岡ら(2009)の値を利用した。

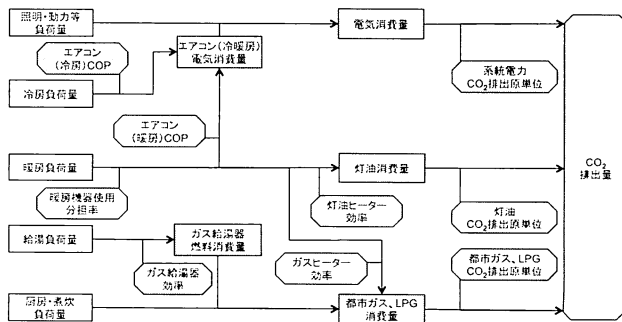


図-2 二酸化炭素排出量推計フロー

2.5 業務部門における環境負荷量の推計

業務施設は、通常、日中の経済活動が行われている時間において利用される施設であるので、昼間人口1人あたりに必要となる面積を推計することで、その値を昼間人口に乗じて推計する。また、用途別の業務施設とは事務所、卸小売店舗、飲食店、ホテル・旅館、学校・研究機関、病院、その他の7種類である。国土交通省による法人建物調査(2008)より業務施設の面積をサンプルとして、「昼間人口密度」1単位に必要な「面積当たりの業務施設の延床面積」を推計した。この用途区分を用いたのは、後にエネルギーを推計する際にその原単位が用途別に異なるためである。

次に、推計された業務建物延床面積に、エネルギー消費原単位とエネルギー種別二酸化炭素換算係数を乗じることで家庭部門二酸化炭素排出量を、構造別資源投入原単位を乗じることで資源蓄積量を推計する。エネルギー消費原単位は日本ビルエネルギー総合管理技術協会(2008)の地域別機器別消費量の値を利用した。二酸化炭素換算係数については家庭部門で示した図-2のフローと同様に計算した。資源投入原単位については家庭部門と同様に長岡ら(2009)の値を利用した。

2.6 仮想都市圏モデル

以上に示した推計過程によって、仮想都市モデルの構築を行った。本論文では、仮想都市モデルをVUAM(Virtual Urban Area Model)として以下の分析に用いた。各フローについては、随時改善がなされており、現在はVUAM ver2.5.4である。図-3にVUAM ver.2.5.4の概要を示した。本章以下の分析では、図中左にある初期入力値のみについて、外生変数とした。

3. 最適都市圏の検討

都市圏の環境負荷量は人口を含めて、面積、昼間人口比、地域ダミー、周辺の数という初期設定によって、構築した仮想都市圏モデルを利用することで、

推計可能である。また、人口分布については、都市圏内をいくつかのゾーンに分配した場合の人口配分によって決定している。そのため、モデルによる推計された人口分布から、集約または分散させた際の環境負荷量を検討することによって、最適な人口分布を検討することが可能である。そこで、以下の3種の人口規模・分布の変化によって、一人あたり二酸化炭素排出量とマテリアルストック需要量の最小化について分析した。

- 1) 都市圏全体の人口規模を変化させる
 - 2) 都市圏内のDID地区の人口比率を変化させる
 - 3) 都市圏内のDID地区の面積比率を変化させる
- これらの変化はそれぞれ以下に示す都市圏の形態を分析することを可能とする。1)は都市圏そのものの最適規模を検討しており、地域別にその傾向を把握することを可能とする。2)と3)はDID地区の規模変化を検討しており、DID地区に人口の集約が発生した場合や、DID地区が分散・拡大した場合の環境負荷量把握を可能とする。

以上の方法で、都市圏における環境負荷量の最小化について検討を行った。

3.1 マテリアルストック需要量の最小化

仮想都市圏モデルで推計された資源蓄積量は、域内に存在する人口やその分布によって推計されたマテリアルストックの需要量であり、低物質社会を目指すためにも、その低減が望まれる。人口規模・人口分布の変化に応じて、マテリアルストック需要量の最小化について検討を行った。

1) 人口規模変化

仮想都市モデルにおける推計結果を図-4に示した。全体としては、人口規模が大きいほど一人あたりマテリアルストックは小さくなる傾向があり、都市圏規模が大きいほど、コアあるいはDID地区への集中による人口密度の増加から、効率が低いことが示唆された。しかし、人口がおよそ300万人(グラフ上では6.5程度)を超えた辺りから大きい部分では、その傾向は少ない。ここから、現在の都市圏の規模を対象とすると、大都市圏は効率という点ではやや

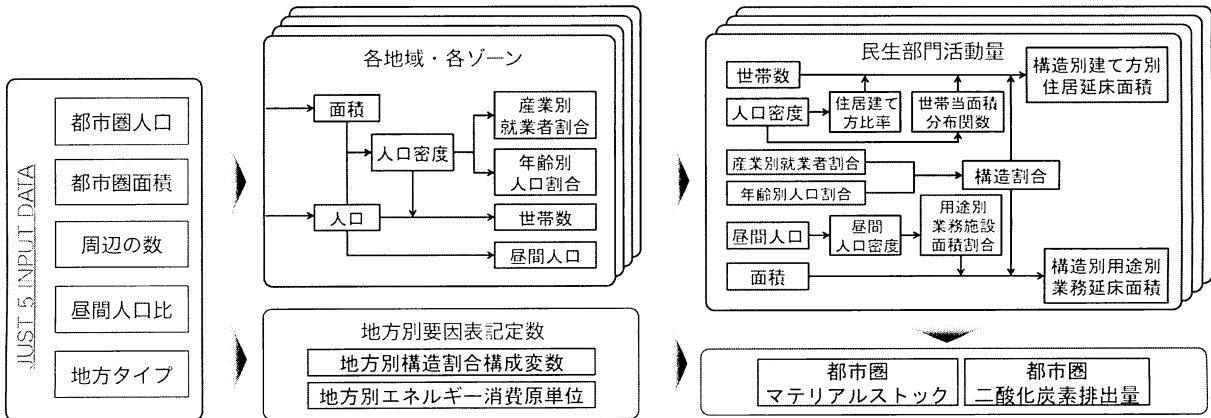


図-3 VUAM ver.2.5.2 フローチャート

過剰である可能性が示された。

また、地方別に見ると、九州や関東は全体から見て下方に推移しており、北陸は上方に推移している。どの地方の傾向からも、人口規模が小さい段階では規模の増加による一人あたりマテリアルストック需要量の減少が見込めるが、人口規模が大きい段階ではあまり見込めないことがわかる。その段階については、地方によって、およそ 30 万人(グラフ上では 5.5 程度)のあたりであるか、およそ 100 万人(グラフ上では 6.0)のあたりであるか、異なっている。

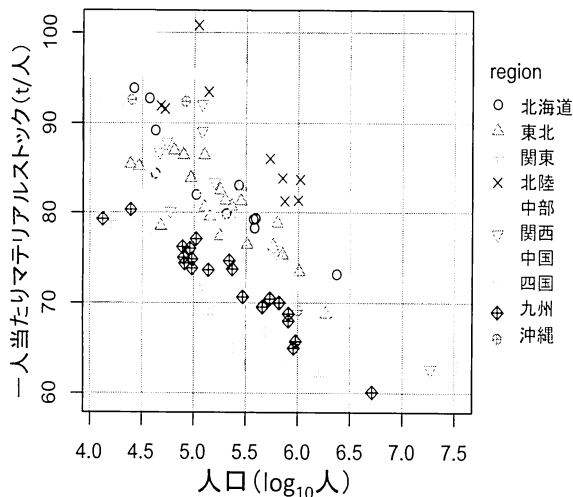


図-4 人口と一人あたりマテリアルストック

2) DID 地区人口比率の変化

3) DID 地区面積比率の変化

次に、DID 地区の人口比率と面積比率を変化させて、一人あたりマテリアルストック需要量の変化を検討した。DID 人口比率、DID 面積比率をそれぞれ 0.8 倍から 1.2 倍と変化させることで、都市内の人口分布が集約・分散した場合の結果を示した。DID 人口比率が 1.0 より大きいと DID 人口が増大し、集約したケースを示し、1.0 より小さい場合は分散したケースを示す。一方、DID 面積比率が 1.0 より大きい場合は、DID 地区が拡大するため分散したケースを示し、1.0 より大きいと集約したケースを示す。DID 人口比率と DID 面積比率の組み合わせにより、集約・分散の多様なケースを想定することを可能とした。

図-5 に名古屋市圏の結果を示した。名古屋市圏では、DID 人口比率を 1.05 倍、DID 面積比率を 1.2 倍とした時が一人あたりマテリアルストック需要量が最小となった。DID 地区を拡大し DID 人口を増加させることで、都心部の拡大により一人あたりマテリアルストック需要量の効率が大きくなった。一方で、DID 人口比率を 1.2 倍、DID 面積比率を 0.8 倍とした時が一人あたりマテリアルストック需要量が最大となった。このケースは、いわゆるコンパクト指向の人口分布の形態を示す場合であるが、名古屋市圏においては、その場合のマテリアルストック需要量が大きくなることが示された。理由としては、DID 地区の人口密度が過剰になり業務建物の需要量

が増大したことがあげられる。

次に、図-6 に富山市圏の結果を示した。富山市圏では、DID 人口比率を 0.95 倍、DID 面積比率を 0.8 倍とした時が一人あたりマテリアルストック需要量が最小となった。DID 地区を縮小し DID 人口をやや減少させることで、都心部の高密度化かつシュリンクにより一人あたりマテリアルストック需要量の効率が高くなった。このケースは、適切にシュリンクした人口分布により、マテリアルストック需要量の効率が高くなることが示された。一方で、DID 人口比率を 0.8 倍、DID 面積比率を 1.2 倍とした時が一人あたりマテリアルストック需要量が最大となった。

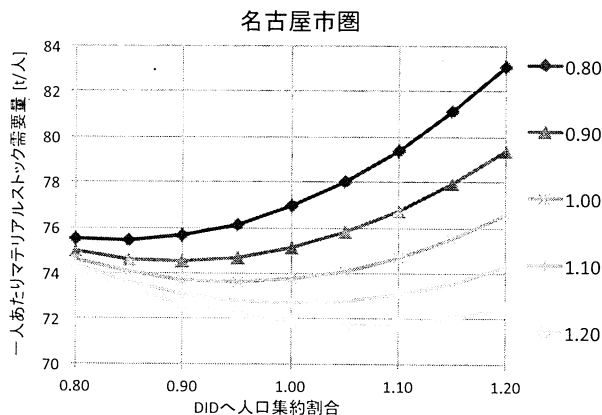


図-5 名古屋市圏における一人あたりマテリアルストック需要量

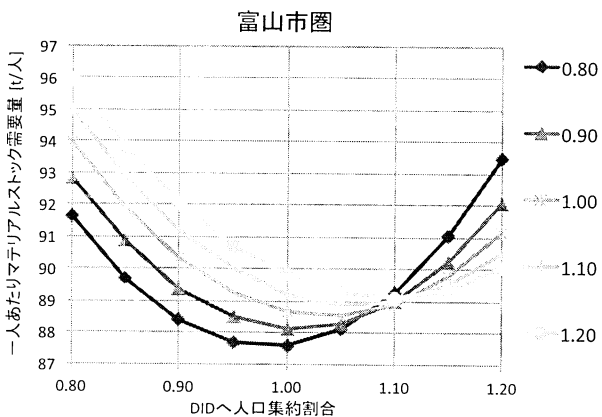


図-6 富山市圏における一人あたりマテリアルストック需要量

3.2 二酸化炭素排出量の最小化

二酸化炭素排出量は、対象域内の人間活動により消費されたエネルギー消費量による結果であり、低炭素社会の実現へ向けて、削減することが望まれる。コンパクトシティの概念などから、集約した都市構造でその削減が期待されているが、マテリアルストック需要量に見られたように、必ずしも集約の効果が大きいわけではない。マテリアルストック需要量の場合と同様に、人口規模・人口分布の変化に応じて、二酸化炭素排出量の最小化について検討を行った。

1) 人口規模変化

仮想都市モデルにおける推計結果を図-7に示した。全体としては、人口規模が大きいほど一人あたり二酸化炭素排出量は小さくなる傾向があるが、その傾向は地方により大きく異なり、北海道や東北などの気温の低い地方では、人口規模の増加による一人あたり二酸化炭素排出量の減少効果が大きく示された。関東や関西など、大都市圏を抱える比較的温暖な地方では、規模による影響はそれほど示されていない。この原因としては、エネルギー消費原単位が考えられる。エネルギー消費原単位は地方別に整理しており、また機器別エネルギー源別に整理していることからその影響が結果に表れたと考えられる。

また、マテリアルストックの場合とは異なり、10万人から30万人の範囲(グラフ上では5.0から5.5程度の範囲)ではほぼ一定であり、30万人から100万人の範囲(グラフ上では5.5程度から6.0の範囲)で減少の傾向が見られる。そして100万人を超えた辺りから、また減少の傾向は小さくなることが示された。

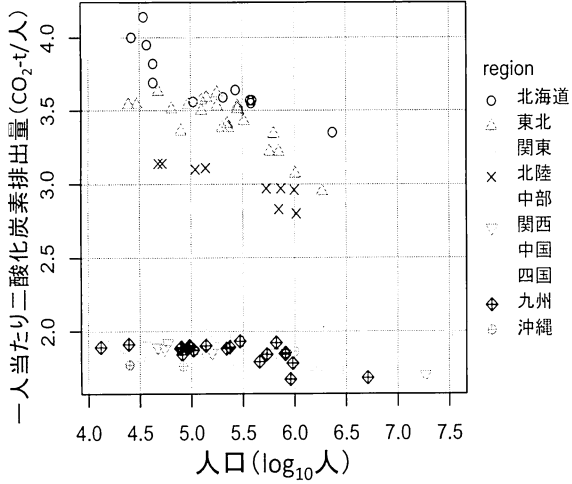


図-7 人口と一人あたり二酸化炭素排出量

2) DID 地区人口比率の変化
3) DID 地区面積比率の変化

次に、DID 地区の人口比率と面積比率を変化させて、一人あたり二酸化炭素排出量の変化を検討した。DID 人口比率、DID 面積比率をそれぞれ 0.8 倍から 1.2 倍と変化させることで、都市内の人口分布が集約・分散した場合の結果を示した。各値の変化はマテリアルストック需要量の場合と同様に、DID 人口比率が 1.0 より大きいと DID 人口が増大し、集約したケースを示し、1.0 より小さい場合は分散したケースを示す。一方、DID 面積比率が 1.0 より大きい場合は、DID 地区が拡大するため分散したケースを示し、1.0 より大きいと集約したケースを示す。DID 人口比率と DID 面積比率の組み合わせにより、集約・分散の多様なケースを想定することを可能とした。

図-8 に名古屋市圏の結果を示した。名古屋市圏では、DID 人口比率を 0.95 倍、DID 面積比率を 1.2 倍

とした時が一人あたり二酸化炭素排出量が最小となった。DID 地区を拡大し DID 人口をやや減少させることで、都心部の拡大により一人あたり二酸化炭素排出量の効率が大きくなった。一方で、DID 人口比率を 1.2 倍、DID 面積比率を 0.8 倍とした時が一人あたり二酸化炭素排出量が最大となった。このケースは、いわゆるコンパクト指向の人口分布の形態を示す場合であるが、名古屋市圏においては、その場合の二酸化炭素排出量が大きくなることが示された。理由としては、DID 地区の人口密度が過剰になり業務建物の需要量が増大したことがあげられる。

次に、図-6 に富山市圏の結果を示した。富山市圏では、DID 人口比率を 0.9 倍、DID 面積比率を 0.8 倍とした時が一人あたり二酸化炭素排出量が最小となった。DID 地区を縮小し DID 人口をやや減少させることで、マテリアルストック需要量の時と同様に都心部の高密度化かつシュリンクにより一人あたり二酸化炭素排出量の効率が高くなった。このケースは、適切にシュリンクした人口分布により、二酸化炭素排出量の効率が高くなることが示された。一方で、DID 人口比率を 1.2 倍、DID 面積比率を 0.8 倍とした時が一人あたり二酸化炭素排出量が最大となった。

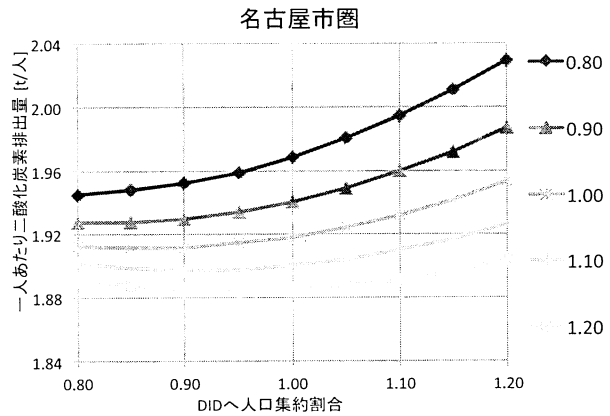


図-8 名古屋市圏における一人あたり二酸化炭素排出量

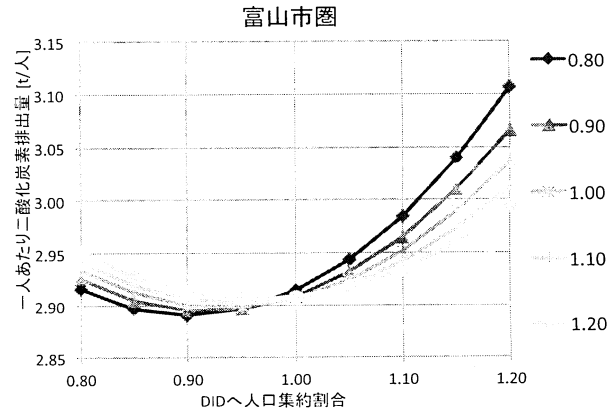


図-9 富山市圏における一人あたり二酸化炭素排出量

4. 終わりに

本研究では、仮想都市モデルを利用した、低物質かつ低炭素な都市圏の人口規模や人口分布について検討を行った。特に人口規模において、マテリアルストック需要量では、人口規模がおおよそ 300 万人あたりで最小となった。二酸化炭素排出量では、二段階の結果となり、10 万人あたりか、100 万人辺りで、より減少することが示された。既存の知見においては、集積による効果が大きいことが示されていたが、本分析では、その傾向は地域によって異なることが示された。また、同じ地域においても、マテリアルストック需要量と二酸化炭素排出量では、その構造が異なり、一定のトレードオフがあることが示された。ただし、資源投入原単位や省エネ機器の導入など、高効率化による将来の動向をふまえることで、その結果が異なる可能性がある。今後の課題として、これらの高効率化を考慮に入れた分析が求められる。また、本分析では、地域内を DID 地区とその他の地区にしか分けていないため、モデル内の計算フローにおいて、さらなる検討が必要である。

謝辞：本研究の一部は環境省環境研究総合推進費（S-6-4, IE-I105, 3k113002）の助成を受けて行われたものである。ここに感謝の意を記します。

参考文献

- 1) 地域活性化統合本部会合：環境モデル都市提案書，2009.
- 2) 総務省統計局：平成 17 年度国勢調査，2010.
- 3) 奥岡桂次郎・大西暁生・白川博章・東修・谷川寛樹・井村秀文：都市圏における人口配分と二酸化炭素排出構造の関係，環境システム研究論文集，Vol.38, pp.277-288, 2010.
- 4) 国土交通省：平成 15 年度法人建物調査，2003.
- 5) 住環境計画研究所：2009 年版家庭用エネルギーハンドブック，2009.
- 6) 長岡耕平・稲津亮・東岸芳浩・谷川寛樹・橋本征二：全国の都道府県における地上と地下のマテリアルストック推計に関する研究，環境システム研究論文集，Vol.37. pp.213-219, 2009.
- 7) 日本エネルギー経済研究所 エネルギー計量分析センター民生部門エネルギー消費実態調査 No13, No14, 2000.
- 8) 長岡耕平・谷川寛樹・吉田登・東修・大西暁生・石峰・井村秀文：全国都道府県・政令都市における建設資材ストックの集積・分布傾向に関する研究，環境情報科学論文集 23, pp83-88, 2009.
- 9) 日本ビルエネルギー総合管理技術協会：平成 19 年度版建築物エネルギー消費量調査報告書，2008.

The Evaluation of the size and the Distribution of Population in Urban Area toward Dematerialization and Low-carbonization

Keijiro OKUOKA, Akio ONISHI, Hiroaki SHIRAKAWA, and Hiroki TANIKAWA

There are a lot of policies forward dematerialized and decarbonized society. Yet it is important to consider not only an aspect of characteristics of mono city but also the relation among periphery cities. This study proposes the estimation model of quantifying environmental load in virtual urban area. The “Virtual Urban Area Model” can estimate the population allocation and total floor areas of residential and commercial sectors, which can calculate material stock and CO2 emission. The result shows the proper size of urban area to minimize the material stock per person and the CO2 emission per person in the urban area.