

28.名古屋市における交通部門の 低炭素化に関する研究

岩本 明大^{1*}・大西 暁生¹・奥岡 桂次郎¹・西野 慧¹
・戸川 卓哉¹・加藤 博和¹・井村 秀文¹

¹名古屋大学環境学研究科 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町D2-1 (510))

* E-mail: iwamoto.akihiro@e.mbox.nagoya-u.ac.jp

低炭素都市を実現するための一施策として、都市の空間構造の変更によって交通部門からのCO₂排出量を削減することが考えられる。この問題意識にたって、従来からコンパクトシティなど集約化された都市空間構造が提唱されてきたが、CO₂排出量の定量的な分析はさほど行われてこなかった。本研究では名古屋市を対象に、500mメッシュ単位の人口や住宅・建物などのデータを用い、2050年において現状トレンドを反映した都市空間構造、駅周辺または主要区に住宅・建物を立地させた場合の自動車及び公共交通（電車・地下鉄・ガイドウェイバス）からのCO₂排出量の違いを比較した。このような分析によって、都市を機能的に集約することによるCO₂排出量の削減が可能であることが分かった。

Key Words : low carbon city, urban constraction, accessibility, transport sector, Nagoya city

1. はじめに

国際社会において気候変動への対策が急務となっている現在、世界各国においてポスト京都議定書に関する議論が活発になされている。しかし中国を中心としたアジア地域では、急速な発展に伴う活発な経済活動により、現在も都市部を中心にCO₂排出量が増加している。この状況において、都市に対する需要側からの削減の取り組みとして、低炭素都市づくりという概念が注目されている。

日本においても、多くの都市で低炭素都市に向けた計画が作成されており、その一つとして政府が推進する「環境モデル都市」計画がある。13都市が2009年1月現在モデル都市として選定されており、各都市の規模風土に合わせた低炭素化への方策が示されている。¹⁾

交通部門におけるCO₂排出源の削減はそれらの都市においても重要な課題であると捉えられており、都市部への自動車交通削減を目的としたTDM (Transportation Demand Management : 交通需要マネジメント) や高効率車両への転換、またコンパクトシティなどの都市の空間構造に関する施策が展開されている。

しかし、現在自治体によって策定されている行動計画の多くは、目標やビジョンに重点が置かれており、その

有効性や実現性の検証が十分なされているとは言い難い。そのため低炭素都市づくりの計画において、具体的且つ定量的な到達道筋を都市の特性に応じて提示することが重要であると考えられる。

そこで本研究では、大西ら²⁾が作成を進めている低炭素都市づくりに関する政策評価ツール（都市シミュレータ）を拡張する目的から、このツールに交通部門の推計フローを追加することで都市空間構造とCO₂排出量の関係を定量的に分析する。

2. 都市空間構造モデルの概要

本研究は、名古屋市を対象に、2000年から2050年までの時間単位において、交通部門におけるCO₂排出量を500mメッシュごとに推計する。この際の都市空間構造を決定するモデルとして大西ら²⁾の推計方法を用いる。ここでは、そのモデルの概要を説明し、研究全体のフロー図を示す。（図-1）

(1) 空間構造の推計方法

家庭部門の推計は2000年の男女別・5歳階級別人口を国勢調査のデータより整理し、人口コーホートを適用す

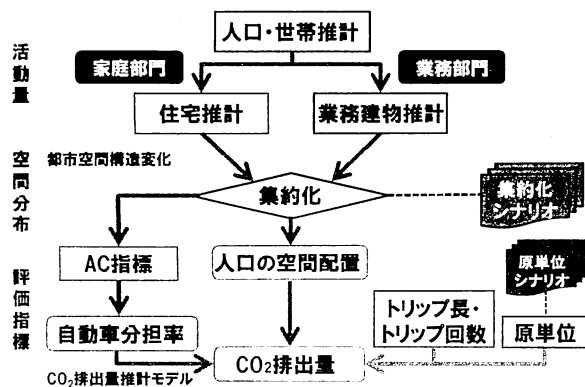


図-1 研究全体のフロー

ることで推計する。そこから年齢階層ごとの世帯主の割合から世帯数を求める（世帯主率法）。

次に、名古屋市の都市計画基礎調査のデータを用いて、住宅の建て方別・構造別のデータをメッシュごとに整理する。このデータから住宅の廃棄を残存率曲線を用いた建物コーホートにより求め、確率分布に従い廃棄される減失数を推計する。ここで住宅の減失が発生した世帯に対して、転出するか、その場で建て替えるかの判断を与え、その場で建て替えを選択した世帯は減失したタイプと同様のタイプの住宅を建設し、流入した世帯に関してはそのメッシュ内で最も居住する世帯が多いタイプの住宅を建設する。集約化シナリオを適用した場合は、これまでの作業で使われなかった未利用地を算出し、そこに集約する世帯を収容できるサンプル住宅を新築する。ここでサンプル住宅とは一律の建築面積を持ち、集約世帯を収容できるような非木造集合住宅を意味する。この時の集約化の概略図を図-2に示す。

また業務部門においては 2001 年の名古屋市の都市計画基礎調査から用途別に業務用建物の棟数、延床面積を 500m メッシュで整備する。ただし業務建物数の推計では、用途建物の寿命推計が難しいため、2000 年時点での人口と用途建物の比率から必要となる建物数を決定することとした。

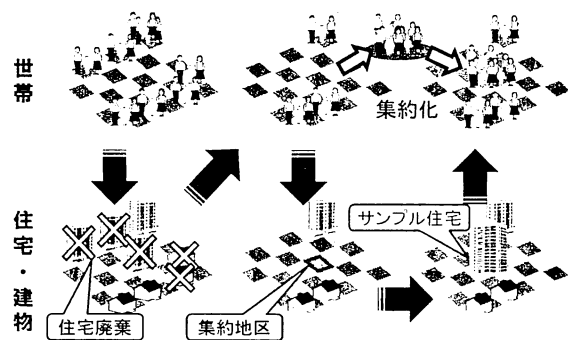


図-2 集約化の世帯移動と住宅供給

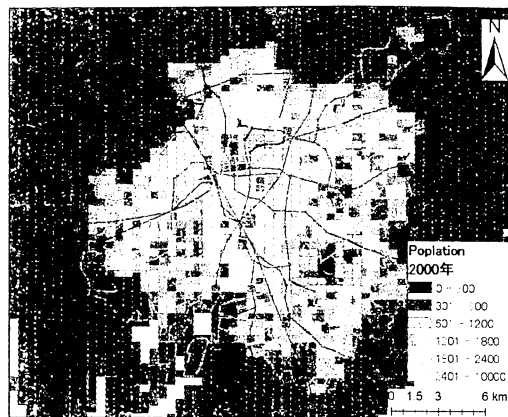


図-3 2000年の人口配置

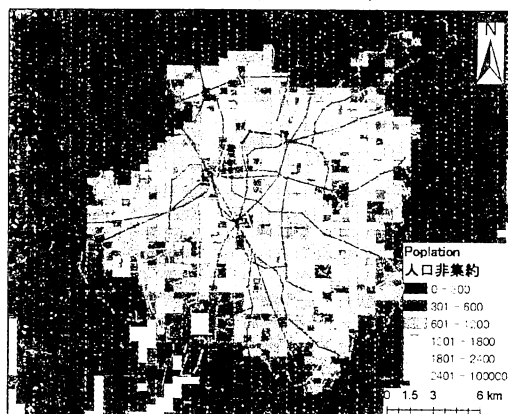


図-4 非集約シナリオの人口配置 (2050年)

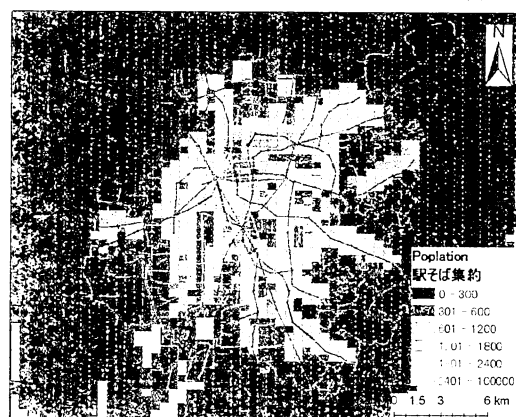


図-5 駅そば集約シナリオの人口配置 (2050年)

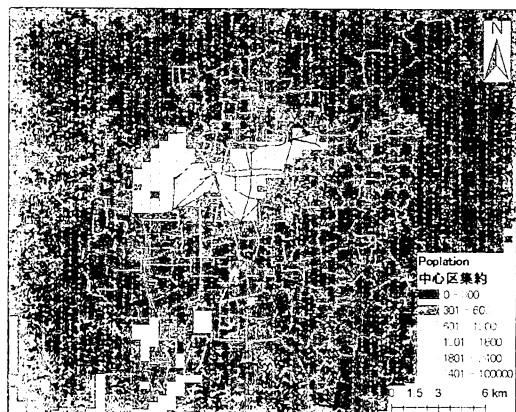


図-6 中心区集約シナリオの人口配置 (2050年)

(2) 集約化シナリオの設定

集約化シナリオとして2つの集約地区を考えるシナリオと、現状の都市空間構造を反映した非集約シナリオの3つのシナリオを設定する。

まず一つ目の集約化シナリオは、名古屋市の環境モデル都市提案書の中で提唱されている「駅そば居住」の概念に基づき、鉄道、地下鉄及び名古屋ガイドウェイバス（ゆとりーとライン）の駅から半径500m圏内への集約を行う。これは駅勢圏への集約化を進めることにより、市内交通における公共交通利用分担率を向上させることを目的としている。このシナリオを「駅そば集約型シナリオ」とする。

二つ目の集約化シナリオでは繁華街や商業施設が多く存在する中村区、中区、東区の3区を対象として、これらの区への集約を行う。このシナリオを「中心区集約型シナリオ」とする。

三つめのシナリオとして集約世帯を発生させず、現状の都市空間構造を反映したシナリオを設定し、これを「非集約型シナリオ」とする。2000年における人口とこれらの三つのシナリオを行った場合の2050年の人口を図-3,4,5,6に示す。

3. 交通部門からのCO2排出量推計モデルの構築

(1) ポテンシャル型アクセシビリティ指標

アクセシビリティ（Accessibility；以降ACと表記）指標は様々な方法で定義が行われており、日本の地域交通計画においては、都心部や駅・公共施設等への所要時間や駅勢圏を描いて公共交通空白地域を抽出する方法により定義されることが一般的である。しかし、この定義では移動目的地の施設の魅力度及び交通ネットワークの移動のしやすさである交通抵抗の大小を評価できるものになっていない。

そこで本研究では都市施設の空間配置と交通ネットワークに関するデータから、他都市での適用も可能かつ空間構造の変化を包括することのできる形として、ポテンシャル型アクセシビリティ指標を加知ら³⁾の方法に基づき定式化する。ポテンシャル型アクセシビリティ指標とは、加知ら³⁾によると地点別・交通機関別の都市内施設への行きやすさを定量的に表す指標であり、以下の式(1)によって表わされる。

$$AC_{ik} = \sum_j AT_j \exp(-\alpha c_{ijk}) \quad (1)$$

AC_{ik} : アクセシビリティ指標、 i : 評価対象地区、 j : 近隣地区、 k : 交通機関、 AT_j : 地区 j における魅力度、 J : 地区数、 c_{ijk} : 地区 i から地区 j へ移動する際の一般化費用、 α : パラメータ

本研究では対象とする交通機関を、徒歩を含む公共交通機関と自動車とした。それぞれの交通機関における AC_{ik} を求めるために交通抵抗の推計が必要となる。

まず、公共交通機関利用の交通抵抗を求めるために、名古屋市における鉄道、地下鉄及び名古屋ガイドウェイバスの駅・路線図のデータを整備する。さらに各路線において各交通機関のホームページに記載されている時刻表及び運賃表から、時刻別に乗車時間、距離、平均待ち時間、初乗り運賃及び距離により加算される運賃のデータを整備する。一般化費用 C_{ij} は以下の式(2)によって表わされる。

$$c_{ij}^* = TC * \left\{ (d_{ac,i} + d_{eg,j}) * v + t_r \right\} + \sum_l (F_{m,l} + f_l * d_l) \quad (2)$$

c_{ij}^* : あるトリップにおける地区 i から地区 j へ移動する際の一般化費用、 TC : 時間費用係数、 $d_{ac,i}$: 地区 i から駅までの距離、 $d_{eg,j}$: 駅から地区 j までの距離、 v : 徒歩の速度、 t_r : 待ち時間を含めた公共交通の乗車時間、 F_m : 初乗り運賃、 l : 路線、 f : 単位距離当たりの加算運賃、 d : 公共交通の乗車距離

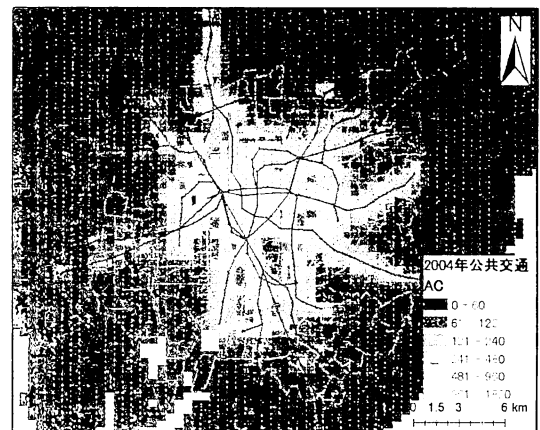


図-7 2004年公共交通ACの分布

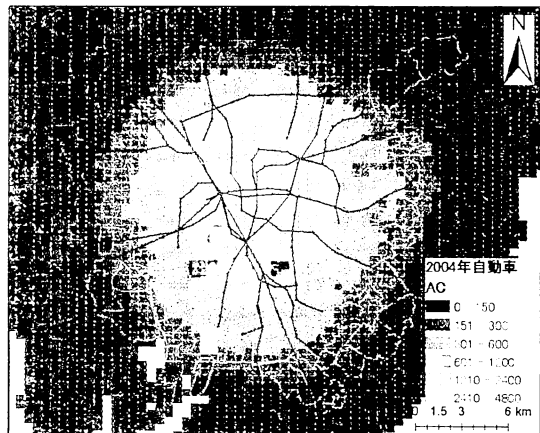


図-8 2004年自動車交通ACの分布

式 (2) で求めた c_{ij}^* のうち最少の一般化費用となるものを、地区*i* から地区*j* へのトリップにおける c_{ij} とする。また、自動車利用の場合は名古屋都市圏における主要道路のGISデータから地区間距離を求め、平均速度で除することでトリップ時間を求める。これにTCをかけることで一般化費用へと変換する。

また、都市施設の魅力を示す値としてAT (attract) を定義する。ATの値として、例えば事業所であればその従業員数や売上高など、施設の求心力を表わす値を用いるが、本研究では都市空間構造モデルで出力されるメッシュ別事業所の延床面積を全体の面積で割った無次元量をATとする。

これらにより求められた 2004 年における名古屋市の交通手段別 AC を図-7, 8 に示す。

(2) 分担率の推計

上記の方法で求められた AC 指標を用いることで交通分担率の推計を行う、

竹下ら⁴⁾は公共交通の AC を自動車交通のもので除したアクセシビリティ比を説明変数として用いているが、本研究では AC 指標を効用の代替関数としてロジットモデルに適用することで、変化する都市空間構造における

公共交通及び自動車交通の分担率推計を行う。推計式を以下の式(3)に示す。

$$Pr_{car,i} = \frac{1}{1 + \exp(\beta_1 AC_{transit,i} - \beta_2 AC_{car,i})}$$
 (3)

$Pr_{car,i}$: 自動車の交通分担率, α, β : パラメータ

表-1 パラメータ推定結果

	推定値	t 値
β_1	-0.00087	-9.208
β_2	-0.00013	-3.631
R^2 値	0.484	

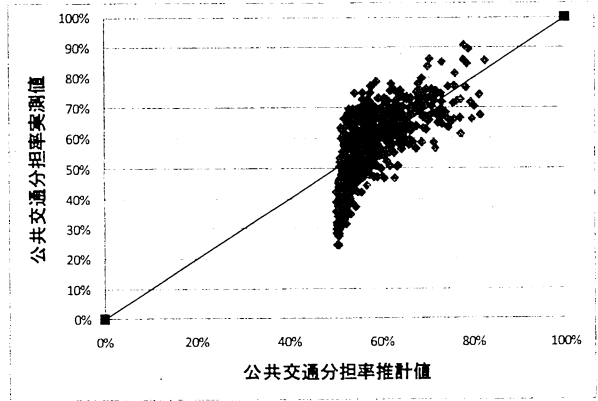


図-9 分担率の実測値と理論値の比較

このパラメータは現在の自動車交通の分担率から重回帰分析を行うことで求める。2003 年に実施された中京都市圏パーソントリップ調査のデータを、居住ゾーン別、トリップ目的別、交通手段別にトリップ回数を整理して分担率を計算し、これを 500m メッシュに落とし込むことで各メッシュの分担率を求める。但し本研究では、転居に伴い最も交通手段が変化すると考えられ、交通行動が把握しやすい通勤交通を対象としている。

こうして求められた各メッシュにおける分担率と各交通手段の AC から重回帰分析の結果を表-1, 図-9 に記載する。重決定係数は 0.484 とサンプル数が 994 大きいことを加味したとしても、十分な再現性を得ることが出来なかった。比較から公共交通分担率の低い地域での精度向上が必要であると考ええる。

(3) CO₂排出量推計方法

分担率の推計と同様に中京都市圏パーソントリップ調査のデータから通勤目的のメッシュ別トリップ長を求める。また、交通手段別の CO₂排出原単位および上記のシナリオ別に求めたメッシュ内人口を用いることによって各メッシュからの CO₂排出量を求める。ここで用いる原単位は国土交通省総合政策局情報管理部の交通関係エネルギー総覧(2000-2007)⁵⁾の値を用いている。表-2 にその原単位を示す。また、CO₂ 排出量の推計式を以下の式(4)に示す。

$$E_{trans,i} = \sum_k e^k \cdot Pr_i^k \cdot l_i \cdot c \cdot pop_i \cdot 365.25$$
 (4)

$E_{trans,i}$: *i*地区における交通部門からの CO₂排出量, e_k : 交通手段 *k* の CO₂排出原単位 (kg-CO₂/人・km), l_i : *i* 地区に居住する人のトリップ長(km), pop_i : *i*地区の人口, c : トリップ生成原単位

但し、通勤交通を仮定しているため、トリップ生成原単位を行きと帰りの2回とする。また本研究でのCO2排出量はトリップを行う人が居住するメッシュで計算を行っているため、ルート計算を行う場合とCO₂ 排出量の空間分布が異なる。

(4) 技術革新シナリオの導入

本研究では2000年から2050年までの長いタイムスパンを扱うため、現在普及が始まったハイブリッド車や電気自動車が一般的に普及することや新技術の開発が進むことが考えられ、これらの結果都市空間構造が変化した際

表-2 CO₂排出原単位

	2000年	普及率(%)	排出原単位
ガソリン車		100	0.1720
鉄道			0.0183

表-3 技術革新シナリオでのCO ₂ 排出原単位		
2000年	普及率(%)	排出原単位
ガソリンHEV	60	0.09
EV	40	0.025
鉄道		0.0183

のCO₂排出量変化が影響を受けることが考えられる。この革新を予測することは困難であるため、簡便なシナリオを与えて考察を行う。本研究では大聖ら⁹⁾の予測を参考に、普及シナリオを設定することで将来にわたるCO₂排出原単位を求める。この時の普及シナリオとその時のCO₂排出原単位を表-3に示す。

4. 結果

技術革新シナリオを考慮しない場合について、名古屋市全体のCO₂排出量をシナリオ別に示し（図-10），空間分布を図-11,12,13に示す。

まず、2000年における名古屋市のCO₂排出量は113.5万tと推計された。名古屋市環境局によって行なわれた二酸化炭素排出量調査では、名古屋市の2002年における家庭自家用車部門における排出量が204.6万t，公共交通機関からの排出量が94.6万tと推計されていることを考えると、本研究で得られた値は全体的に過小評価であると考えられる。この過小評価の理由としては、本研究では名古屋市内に居住する市民が行う、名古屋市内へのトリップを対象としており、他市からの流入出トリップを考慮していないこと、また通勤交通のトリップのみを対象とし買い物、業務、余暇等におけるトリップを考慮していないことが挙げられる。

2050年におけるCO₂排出量の推計値は、非集約シナリオでは112.6万t，駅そば集約シナリオで109.9万t，中心区集約シナリオで102.0万tとなった。名古屋全体市

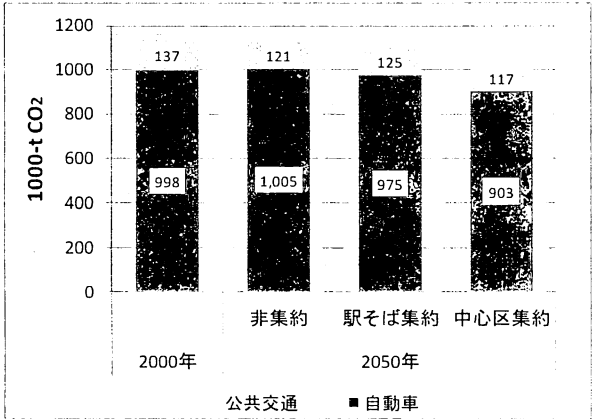


図-10 名古屋市のシナリオ別 CO₂排出量

における人口の推計値は2050年に2000年比8%の減少であるのに対して、非集約シナリオでは全体で0.8%の減少に留まった。現在開発が進んでいる名古屋市東部は公共交通機関の空白地域であり、このにおいて人口が増加するため、自動車利用が増加し、一人当たりのCO₂排出量が増加すると考えられるためである。

同様に削減率を比較すると、駅そば集約シナリオにお

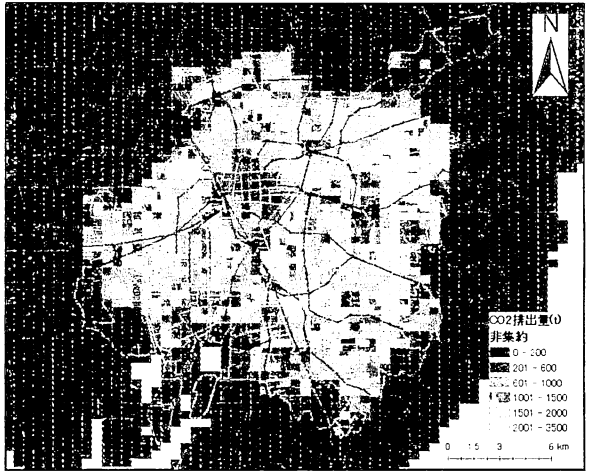


図-11 2050年非集約シナリオの CO₂排出量

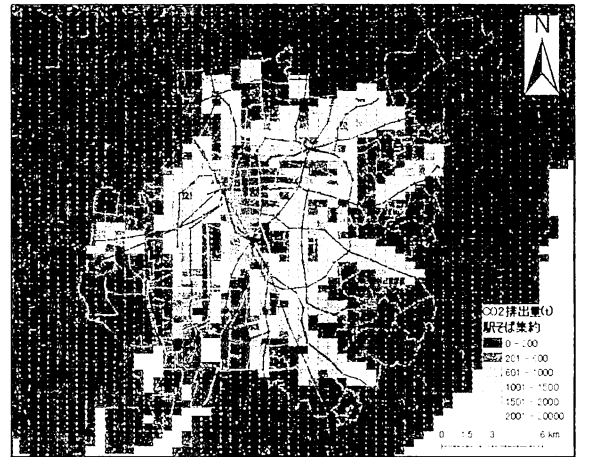


図-12 2050年駅そば集約シナリオの CO₂排出量

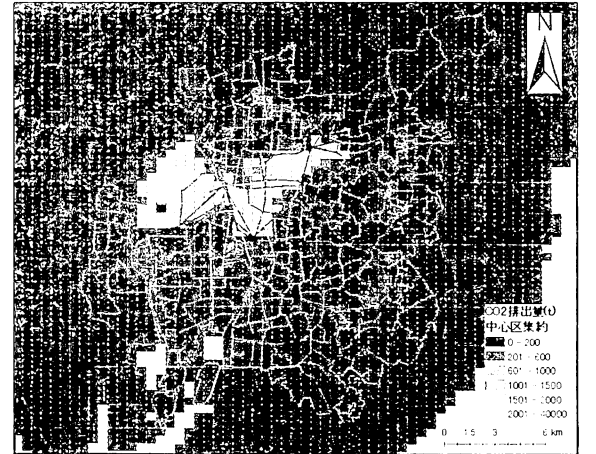


図-13 2050年非中心区集約シナリオの CO₂排出量

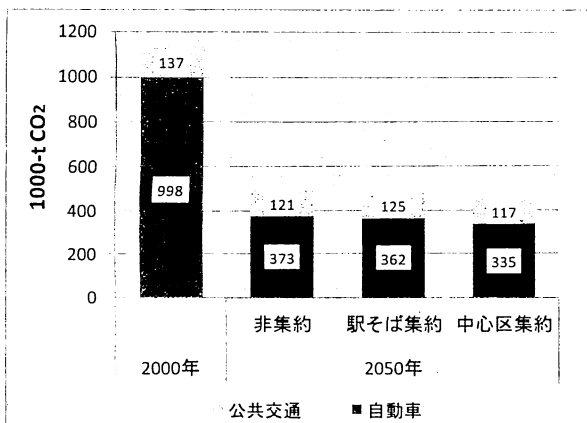


図-14 技術革新を含めたシナリオ別CO₂排出量

いては、CO₂排出量が3.1%削減され、中心区集約シナリオでは10.1%となった。これにより、住み替えにより公共交通の利用が増加し、CO₂排出量が削減されることが示された。しかし、本研究における中心区集約シナリオは駅そば集約シナリオと比較するための非現実的なシナリオであることを考えると、現実的に可能な施策として集約化単体では大きな削減効果を上げることが難しいと考えられる。

次に技術革新シナリオを導入した際のCO₂排出量を図-14に示す。2050年におけるCO₂排出量は非集約シナリオで49.5万tで2000年比56.4%の減少、駅そば集約シナリオで48.7万tで57.1%の減少、中心区集約シナリオでは45.2万tで60.1%の減少となった。技術革新の導入では集約のみの場合と比較すると、大きな削減効果が認められることが分かった。その際も集約化によるCO₂の削減効果は認められるものの、その削減量は技術革新を含めないシナリオと比較すると小さなものとなった。しかしこの場合においても、最も削減が大きいシナリオにおいても6割の削減効果であり、名古屋市が2050年に目標として掲げていたCO₂排出量の80%削減は、交通部門においてはシナリオ以上の技術革新や施策が必要であることが分かった。

5. 結論と今後の課題

本研究により交通分担率の定量的な推計を行い、都市の空間構造の変化に伴う交通部門からのCO₂排出量を定量的に評価することが可能となった。

これから集約地区への住み替えに伴う都市空間構造の集約化により、地域内交通によるCO₂排出量が削減されることが分かった。またその削減量は技術革新による削減量と比較した場合、それ単独では大きな削減が期待できないと考えられる。

さらに定量的な分析の為、分担率推計の精度の向上が必要であり、またトリップ長についても実際の交通を反映させるため、手段別で整理するなど詳細な検討を行う必要がある。

また、本研究では集約した際に最も効果が大きい通勤トリップを考えたが、それ以外の通学や買い物のトリップについても考察が必要である。

謝辞：本研究を実施するにあたり、名古屋市環境局環境都市推進部地球温暖化対策室から、多大なるご協力を得た。関係各位に謝意を表する。

また、本研究は環境省の地球環境研究総合推進費（研究課題番号E-0806）「低炭素型都市づくり施策の効果とその評価に関する研究」の一環として行われたものである。記して深謝する。

参考文献

- 1) 地域活性化統合本部会合：環境モデル都市構想，<http://ecomodelproject.go.jp/>
- 2) 大西暁生，高平洋祐，谷川寛樹，井村秀文（2009）低炭素都市実現に向けたシミュレータの開発—名古屋市の民生部門を対象として—，都市計画報告集，No.8-2，pp.351-358，2009
- 3) 加知範康，岑貴志，加藤博和，大島茂，林良嗣：ポテンシャル型アクセシビリティに基づく交通利便性評価指標群とその地方都市への適用，土木計画学研究・論文集，Vol.23 No.3，pp.675-686，2006.9.
- 4) 竹下博之，加藤博和，林良嗣（2009）ポテンシャル型アクセシビリティ指標を用いた交通機関分担率推計に関する研究，土木計画学研究・講演集，Vol.40，CD-ROM(145)，2009.11.
- 5) 国土交通省総合政策局情報管理部(2000-2007)：交通関係エネルギー要覧
- 6) 大聖泰弘，森口祐一（2009）低炭素社会に向けた交通システムの評価と中長期戦略，http://2050.nies.go.jp/index_j.html