

名古屋市における民生部門のCO₂排出量の 推計に関する基礎的研究

高平 洋祐¹・大西 暁生²・東 修³・谷川 寛樹⁴・
井村 秀文⁵・村山 顕人⁶・平野 勇二郎⁷

¹非会員 名古屋大学大学院環境学研究科 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)
E-mail: ytaka@urban.cnv.nagoya-u.ac.jp

²正会員 博士(工学) 名古屋大学大学院環境学研究科 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

³正会員 博士(環境) 名古屋大学大学院環境学研究科 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

⁴正会員 博士(工学) 和歌山大学システム工学部環境システム学科 (〒640-8510 和歌山市栄谷930番地)

⁵正会員 工学博士 名古屋大学大学院環境学研究科 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

⁶非会員 博士(工学) 名古屋大学大学院環境学研究科 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

⁷正会員 博士(工学) 名古屋大学大学院環境学研究科 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

環境問題の中でも、とりわけ温暖化は世界が直面する喫緊の課題である。特に、人間活動の中心地である都市は温室効果ガスの主な排出源であるため、ここでの対策が重要である。そのため、低炭素型都市の実現に向け、具体的な施策が国や自治体によって検討されはじめている。しかし、自治体によって策定されてきた多くの行動計画は、短期的な情報提供、事業者指導などが中心であり、エネルギー消費・温室効果ガス削減を目指した長期的かつ総合的な計画としては不十分であった。その大きな理由は、都市整備が温暖化対策に及ぼす長期的な効果を分析・評価する手法が確立していなかったためである。本研究では、都市整備が温暖化に及ぼす影響を分析・評価するため、名古屋市を対象に、1991年から2005年の民生部門(家庭部門及び業務部門)におけるエネルギー消費量とCO₂排出量を500m格子で推計した。この結果、名古屋市におけるエネルギー消費量とCO₂排出量の時空間的な特徴を明らかにした。

Key Words : Nagoya city, energy consumption, CO₂ emission, urban planning

1. はじめに

京都議定書の目標を達成するため1998年に施行された温暖化対策推進法は、各自治体に環境基本計画の策定を促した。さらに、2007年の「クールアース50」では、世界の温室効果ガスの排出量を半減させることを目標に掲げ、「低炭素社会の実現」に向けた長期的なビジョンを示した¹⁾。この「低炭素社会の実現」には、各自治体における徹底したCO₂排出量の削減が求められる。殊に、CO₂排出量が最も増加している民生部門では、その削減が必要不可欠となり、住民や事業者に近い市町村では、この対策に真剣に取り組む必要がある。

しかし、今まで自治体によって策定されてきた多くの行動計画は、短期的な情報提供、事業者指導などが中心であり、エネルギー消費・温室効果ガス削減を目指した

長期的かつ総合的な計画としては不十分であった。その大きな理由は、都市整備が温暖化対策に及ぼす長期的な効果を分析・評価する手法が確立していなかったためである。

しかし現在、温暖化対策の一環として、都市空間の再編が提案されはじめている。名古屋市も、「低炭素でも快適な都市」の形成を目標に、公共交通機関の駅の周辺に住宅や利便施設を誘導・集約する都市空間再編の方針を提示している²⁾。

そのため本研究では、都市整備が温暖化に及ぼす長期的な効果を分析・評価するため、名古屋市を対象に、1991年から2005年の民生部門(家庭部門及び業務部門)におけるエネルギー消費量とCO₂排出量を500m格子で推計する。この際、都市における人間の活動量を表す家庭部門の建て方別(一戸建住宅、集合住宅)の世帯数や業

このようにして、時空間において、エネルギー消費量やCO₂排出量を把握することによって、今後の温暖化対策に向けた具体的な都市整備のあり方が検討可能となる。

図-11に、名古屋市の行政区界図を示す。また、表-11に、名古屋市が公表している活動区分別のCO₂排出量を示す。名古屋市の総CO₂排出量は、2004年で16,501千t-CO₂となっており、同市が2001年に策定した「地球温暖化防止行動計画」の基準年である1990年の値と比較すると、25%増となっている。さらに、2004年の部門別のCO₂排出量をみると、民生部門では基準年値の2351千t-CO₂を大きく上回る3068千t-CO₂を排出しており、2020年の目標値の2634千t-CO₂に対し16.5%高くなっている。一方、産業部門では、基準年の値を下回っているものの、2020年の目標値には届いていない。特に、業務部門からの排出量は、3927千t-CO₂と基準年値の36.9%増となっており、目標量の3059千t-CO₂に対し28.4%高くなっている。総じてみると、家庭部門及び業務部門ともに、排出量は小幅ながら減少傾向にあるものの、総排出量に占める割合は依然として高い傾向にある。

3.分析方法と使用データ

家庭部門のエネルギー消費量とCO₂排出量を推計するため、まず1995年、2000年、2005年の国勢調査⁴⁾のデータから、建て方別でまとめられた500m格子ごとの一戸建、長屋建、集合住宅（共同住宅）の世帯数を得た。この際、長屋建については、居住形態を考慮し、一戸建に含むこととした。次に、エネルギー消費原単位については、エネルギー経済研究所の1993年と1997年の民生部門エネルギー消費実態調査⁵⁾のデータから、建て方別及びエネルギー種類別（電気・都市ガス・LPガス・A重油・灯油）の原単位を整備した。

表-1 名古屋市における活動区分別のCO₂排出量 (千t-CO₂)

主体	活動区分	1990	2002	2003	2004	2010年目標値
市民	家庭生活	2351	3371	3170	3068	2634
	自動車（家庭）	1366	2046	2088	2014	1837
	廃棄物（家庭）	276	95	103	121	62
	電気・ガス事業者	220	94	85	91	162
	工場など	5206	4252	4058	3981	3720
事業者	オフィス・店舗など	2868	4205	3952	3927	3059
	自動車（事業）	2678	2339	2276	2295	2104
	その他の交通機関	814	946	896	862	802
	廃棄物（事業）	325	149	146	142	113

(事業者)「電気・ガス事業者」…発電。都市ガス製造。「工場など」…製造業などにおけるエネルギー消費(9割以上が製造業。そのほか、建設業・農業も含む)。「オフィス・店舗など」…オフィス・店舗のほか、ホテル、学校、病院。官公庁などの業務部門全般におけるエネルギー消費。「自動車(事業)」…貨物自動車、バス・タクシーなどの走行。「その他の交通機関」…鉄道、船舶の運行(運航)。「廃棄物(事業)」…事業系一般廃棄物、産業の焼却(廃油・廃プラスチック)。

画基礎調査⁹⁾に基づく建物データから、建物用途別の延床面積を500m格子ごとに集計した。次に、エネルギー消費原単位については、家庭部門の場合と同様に、2002年の実態調査から建物用途別及びエネルギー種別の原単位を整備した。ただし、ここで整備した原単位が、名古屋市の都市計画基礎調査に基づく建物の分類と異なるため、都市計画基礎調査の建物用途を実態調査の項目と一致するように修正した。これによって、建物用途は、事務所ビル、卸小売業、飲食店、ホテル・旅館、学校・試験研究機関、病院、その他サービス業の7分類となった。ここで、名古屋市の都心部には、比較的広大な地下街が存在する。そのため、ここを考慮することとした。まず、地下街の空間的な位置とその延床面積については、Z-Map⁷⁾と名古屋市のホームページ⁸⁾を参考に500m格子ごとにまとめた。この際、延床面積は店舗面積と通路面積とし、駐車場の面積は除くこととした⁹⁾。次に、地下街のエネルギー消費原単位については、空調設備の稼働率の関係から地上の建物よりも高いと言われている¹⁰⁾。しかし、地下街のエネルギー消費原単位を時系列で得ることは一般的には難しい。そのため、環境省のヒートアイランド調査報告書⁹⁾から、地下街のエネルギー消費原単位と地上の卸小売などの原単位が同程度であると仮定し、上記の報告書の調査年と同じ年の卸小売の原単位の比率を用いて、地下街の卸小売の原単位を得た。ただし、この推計方法については、今後検討が必要である。

以上のようなデータを用いることによって、民生部門のエネルギー消費量を推計する。

さらに、CO₂排出量を推計するためには、CO₂排出係数が必要となる。そこで、エネルギー種別ごとのCO₂排出係数を整備した。電気に関しては、中部電力が公表している時系列のCO₂排出係数¹¹⁾を用いた。また、これ以外の燃料のCO₂排出係数については、「地球温暖化対策の推進に関する法律施行令：第3条に基づく政令」¹²⁾の値を用いた。ただし、このCO₂排出係数は単一年次の値であるため、これを全年次に適用した。

以上をまとめると、ある年次における各格子のCO₂排出量は次式のように表される。

$$TE_i = RE_i + CE_i \quad (1)$$

$$RE_i = \sum_{j=1}^I \sum_{k=1}^K H_{j,k} \times Er_{j,k} \times C_k \quad (2)$$

$$CE_i = \sum_{j=1}^I \sum_{k=1}^K A_{j,k} \times Ec_{j,k} \times C_k \quad (3)$$

TE：総CO₂排出量 (kg-CO₂)，RE：家庭部門CO₂排出量

(kg-CO₂)，CE：業務部門CO₂排出量 (kg-CO₂)，H：世帯数，Er：家庭部門エネルギー原単位 (MJ/世帯数)，Ec：業務部門エネルギー原単位 (MJ/m²)，C：CO₂排出係数 (kg-CO₂/MJ)，A：建物延床面積 (m²)，i：メッシュ番号，j：建て方（一戸建住宅，集合住宅），k：エネルギー種類（電気，都市ガス，LPGなど），l：建物用途（事務所ビル，卸・小売，飲食店など）

4.分析結果

(1) 名古屋市におけるエネルギー消費量

図-2に、名古屋市全域における民生部門全体のエネルギー消費量の推移を示す。家庭部門の排出量は、若干の増加傾向にある。これに対し、業務部門の排出量は1991年から1993年にかけて高い値を示したのち一旦減少し2005年にかけて再び増加傾向に転じている。

図-3に、名古屋市全域における家庭部門のエネルギー消費量の内訳を示す。この結果、戸建住宅と集合住宅のエネルギー消費量は、年を経るごとにその消費量が等しくなっている。これは、集合住宅におけるエネルギー消費量の増加に起因しているためである。この原因として、通常、戸建住宅のエネルギー消費原単位は集合住宅のそれより高い値をもつが、この両者の値の差に対して、集合住宅の世帯数がより加速的に増加しているためであると考えられる。この期間の総世帯数は78万世帯から95万世帯へと20%増加したのに対し、総人口は216万人から222万人と2%の伸びに留まっている¹³⁾。つまり、1世帯当たりの人数が2.7人から2.3人へ減少したことを意味しており、核家族化と集合住宅への居住指向が進んだことが考えられる。

図-4に、名古屋市全域における業務部門のエネルギー消費量の内訳を示す。この結果、1991年から1993年までの総エネルギー消費量が異常に高くなっていることが分かる。この原因は、使用した電力消費原単位によるものであり、この妥当性については今後検討する必要がある。ただし、全体的な傾向として、事務所ビルや卸小売などは、その延床面積が大きくエネルギー消費に占める電力割合が多いことから、エネルギー消費量が大きくなっていると考えられる。これが、業務部門におけるエネルギー消費量全体の増加に起因していると考えられる。そのため今後、例えば、電力消費の多い設備機器などの更新と省エネ化などが、エネルギー消費を削減していく大きな鍵となると推察される。しかし、本研究では、原単位の項目に合わせ、建物用途ごとの延床面積を設定した。その際、これらの用途項目に該当しないすべての建物を、その他サービス業として分類した。そのため、全建物の

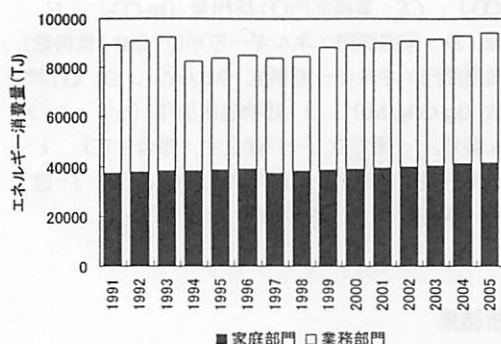


図-2 名古屋市全域における民生部門全体のエネルギー消費量
注) 業務部門には地下街の値が含まれている

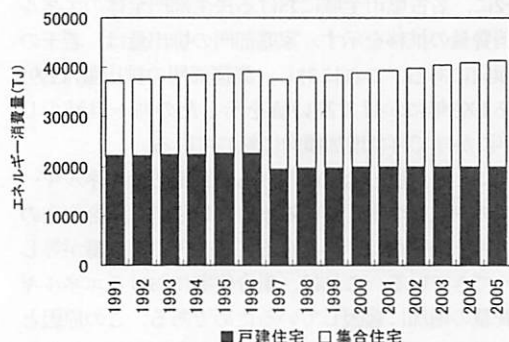


図-3 名古屋市全域における家庭部門のエネルギー消費量

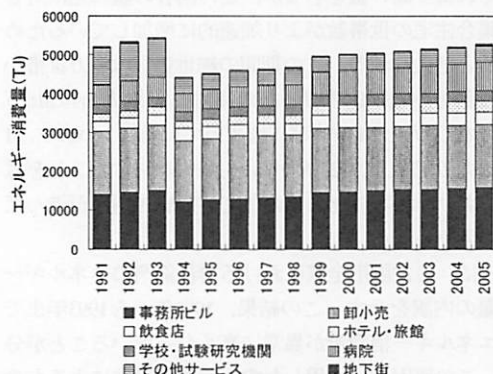


図-4 名古屋市全域における業務部門のエネルギー消費量

総延床面積の10%程度がその他サービス業の延床面積となった。今後、この項目の再編もしくは細分化などを行うことによって、さらに厳密に建物用途の分類を行う必要がある。

図-5に、名古屋市における家庭部門のエネルギー消費量の空間分布を示す。この結果、エネルギー消費量は、都心部周辺にドーナツ状に広がっており、この地域でのエネルギー消費量が多いことが分かる。また特に、こうしたエネルギー消費量の広がり、外延部に向かって徐々に低下しながら広がっていることが分かる。全体として、北西から南東に向かって分布していることが分か

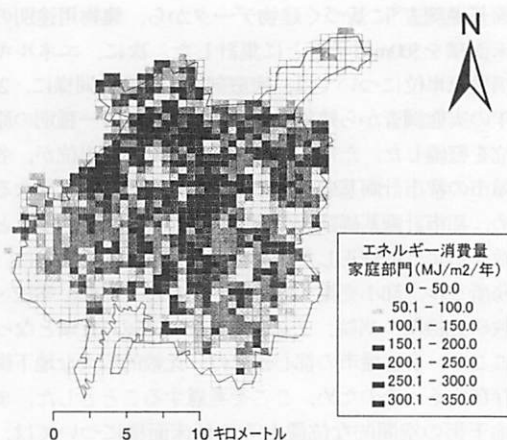


図-5 名古屋市における家庭部門のエネルギー消費量
(全年次の平均値)

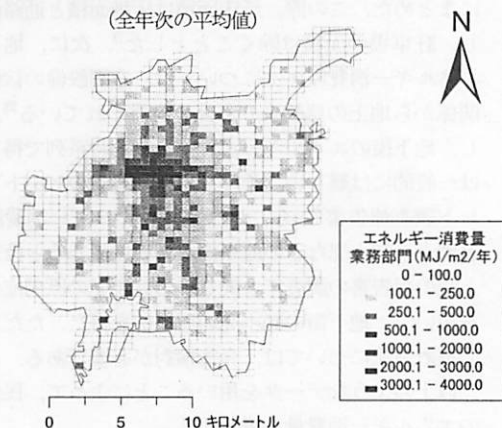


図-6 名古屋市における業務部門のエネルギー消費量
(全年次の平均値)

る。これは、高速道路や基幹道路、鉄道網の発達による住宅地域のスプロール化が影響していると考えられる。

図-6に、名古屋市における業務部門のエネルギー消費量の空間分布を示す。この結果、業務部門では、名古屋駅や栄駅、また金山駅などの都心部に建物が密集することによって、エネルギー消費量が大きくなっていることが分かる。これは、これらの駅に乗り入れする鉄道会社の路線数が多く、交通などの利便性の高さから、情報や産業が密集し、多くの建物が立地していることが原因であると考えられる。

(2) 名古屋市におけるCO₂排出量

図-7に、名古屋市全域における民生部門全体のCO₂排出量を示す。この結果、1991年から1993年のCO₂排出量は、エネルギー消費量に準じて大きくなっているものの、1994年から減少した後、1998年から2001年をピークに増加に転じていることが分かる。このため、エネルギー消費量の場合に比べ、凹型の傾向がみられることが分かる。

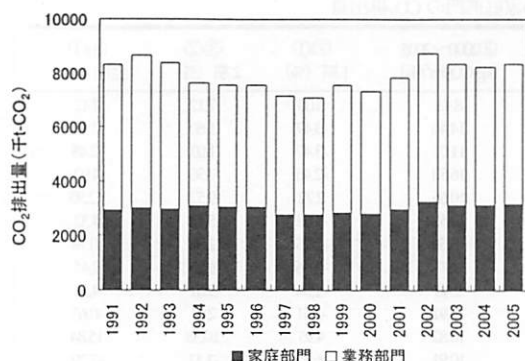


図-7 名古屋市全域における民生部門全体のCO₂排出量
注) 業務部門には地下街の値が含まれている

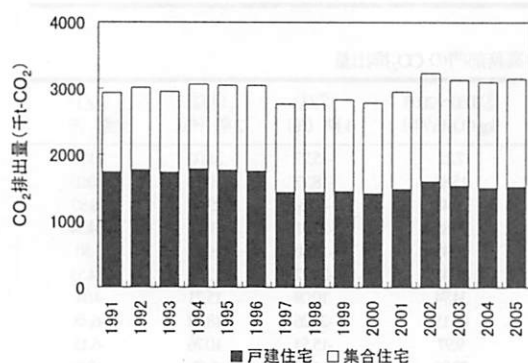


図-8 名古屋市全域における家庭部門のCO₂排出量

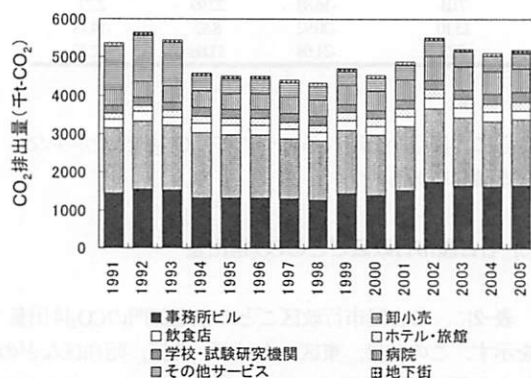


図-9 名古屋市全域における業務部門のCO₂排出量

これは、電力のCO₂排出係数の変化に起因しているものと考えられる。

図-8に、名古屋市全域における家庭部門のCO₂排出量の内訳を示す。この結果、エネルギー消費量の場合と同様に、戸建住宅と集合住宅のCO₂排出量が、徐々に等し

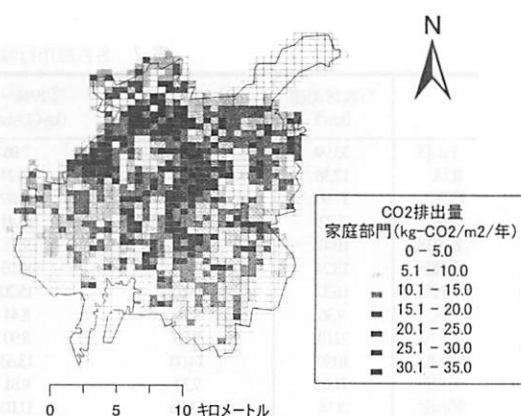


図-10 名古屋市における家庭部門のCO₂排出量
(全年次の平均値)

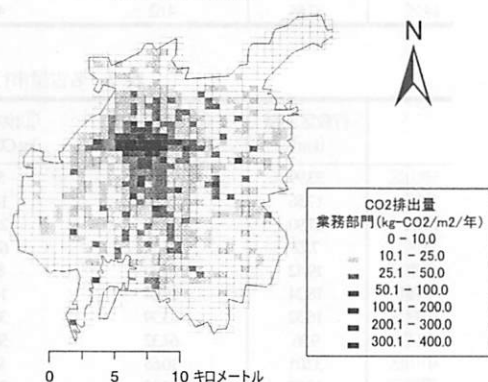


図-11 名古屋市における業務部門のCO₂排出量
(全年次の平均値)
注) 業務部門には地下街の値が含まれている

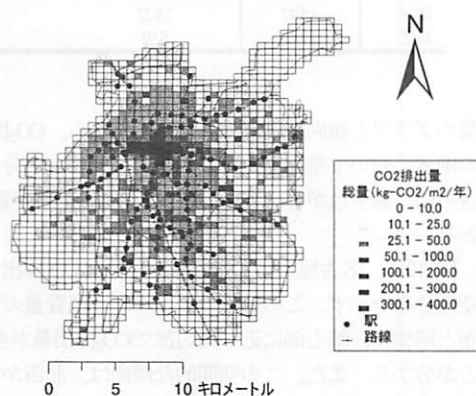


図-12 名古屋市における民生部門全体のCO₂排出量
(全年次の平均値)

くなってきていることが分かる。

図-9に、名古屋市全域における業務部門のCO₂排出量の内訳を示す。この結果、エネルギー消費量の結果に従い、事務所ビルや卸小売においてCO₂排出量が大きくなっていることが分かる。また、民生部門全体のCO₂排出

表-2 名古屋市行政区ごとの家庭部門のCO₂排出量

	行政区面積 (km ²)	①1991～1993 (kg-CO ₂ /m ² /年)	②1994～1999 (kg-CO ₂ /m ² /年)	③2000～2005 (kg-CO ₂ /m ² /年)	②/① 1期 (%)	③/② 2期 (%)	③/① 全期 (%)
守山区	33.99	7.86	7.86	8.41	0.00	7.12	7.12
北区	17.56	14.75	14.24	14.46	-3.47	1.60	-1.93
西区	17.90	11.28	10.89	11.01	-3.47	1.03	-2.48
東区	7.72	15.80	15.41	16.58	-2.46	7.56	4.92
名東区	19.42	9.47	9.73	10.66	2.72	9.52	12.50
千種区	18.24	10.14	10.03	10.58	-1.08	5.46	4.32
中村区	16.32	15.63	15.20	15.50	-2.75	2.02	-0.78
中区	9.36	8.76	8.44	8.97	-3.66	6.33	2.44
中川区	32.01	9.00	8.90	9.40	-1.04	5.61	4.51
昭和区	10.93	14.00	13.63	13.91	-2.61	2.01	-0.65
天白区	21.62	9.34	9.81	10.82	4.95	10.38	15.84
熱田区	8.16	11.76	11.03	10.91	-6.25	-1.11	-7.29
瑞穂区	11.23	11.04	10.77	10.69	-2.42	-0.83	-3.23
港区	45.67	3.35	3.20	3.26	-4.58	2.05	-2.61
南区	18.47	8.61	8.18	8.07	-5.03	-1.32	-6.29
緑区	37.85	4.62	4.89	5.57	5.71	14.05	20.57

表-3 名古屋市行政区ごとの業務部門のCO₂排出量

	行政区面積 (km ²)	①1991～1993 (kg-CO ₂ /m ² /年)	②1994～1999 (kg-CO ₂ /m ² /年)	③2000～2005 (kg-CO ₂ /m ² /年)	②/① 1期 (%)	③/② 2期 (%)	③/① 全期 (%)
守山区	33.99	6.53	5.50	7.21	-15.77	31.02	10.36
北区	17.56	17.60	14.29	15.83	-18.77	10.76	-10.03
西区	17.90	22.29	21.45	26.48	-3.76	23.44	18.80
東区	7.72	93.52	68.26	70.85	-27.01	3.80	-24.24
名東区	19.42	10.30	8.75	10.45	-15.00	19.41	1.50
千種区	18.24	19.24	14.58	16.45	-24.22	12.78	-14.53
中村区	16.32	33.39	30.02	34.74	-10.09	15.71	4.04
中区	9.36	64.32	50.64	60.15	-21.26	18.78	-6.48
中川区	32.01	10.65	9.00	9.97	-15.54	10.76	-6.45
昭和区	10.93	25.25	21.68	22.05	-14.13	1.69	-12.68
天白区	21.62	9.30	7.63	8.14	-17.91	6.67	-12.44
熱田区	8.16	30.27	22.92	22.92	-24.29	0.00	-24.29
瑞穂区	11.23	15.14	12.02	12.56	-20.59	4.44	-17.06
港区	45.67	6.88	5.71	7.03	-16.88	22.99	2.23
南区	18.47	15.27	12.07	13.10	-20.92	8.52	-14.18
緑区	37.85	5.97	4.68	5.23	-21.68	11.86	-12.39

量のグラフと傾向がほぼ一致することから、CO₂排出量の削減において業務部門の役割が大きいことが分かる。さらに、若干ながら地下街のCO₂排出量の影響が顕著である。

図-10に、名古屋市における家庭部門のCO₂排出量の空間分布を示す。この結果、エネルギー消費量の空間分布と同様に、都心部に近い周辺部でCO₂排出量が多いことが分かる。また、この空間的な傾向は、北西から南東に向かって斜めに分布していることが分かる。

図-11に、名古屋市における業務部門のCO₂排出量の空間分布を示す。この結果、エネルギー消費量の分布と同様に、都心部でCO₂排出量が圧倒的に多いことが分かる。

図-12に、名古屋市における民生部門全体のCO₂排出量の空間分布を示す。この結果、都心部と周辺部を比較すると、CO₂排出量の差が非常に大きいことが分かる。また、鉄道路線の沿線にCO₂排出量が多いことが分かる。

さらに、都心から離れるにつれて、CO₂排出量が少なくなる傾向にある。

(3) 名古屋市行政区ごとのCO₂排出量

表-2に、名古屋市行政区ごとの家庭部門のCO₂排出量を示す。この結果、東区、中村区、北区、昭和区などの都心部周辺の行政区で、CO₂排出量が多いことが分かる。また、その伸び率をみると、緑区、天白区、名東区、守山区などで増加が著しいことが分かる。いずれも名古屋市の外延部にあたる東側の行政区であり、スプロール化によって住宅開発が行われた地域である。

表-3に、名古屋市行政区ごとの業務部門のCO₂排出量を示す。この結果、東区や中区などの商業・業務地域においてCO₂排出量が圧倒的に大きいことが分かる。また、その伸び率をみると、第一期では用いた原単位の問題から全ての区で大幅な低下傾向をみせ、第二期では守山区、

西区、港区などで大幅な増加傾向にあることが分かる。また全期の結果をみると、西区、守山区において大幅な増加傾向にあることが分かる。

5.まとめ

都市は、温室効果ガスの主要な排出源である。そのため、エネルギー消費・温室効果ガス削減を目指した長期的且つ総合的な都市計画が求められる。本研究では、このような背景をもとに、名古屋市を対象に、1991年から2005年の民生部門（家庭部門及び業務部門）におけるエネルギー消費量とCO₂排出量を500m格子で推計した。この結果、時空間においてエネルギー消費量とCO₂排出量の状況を明らかにした。

ただし、本研究で使用したエネルギー消費源単位のデータは、気候・気象条件や、地形・地理の状態、また経済状況などによって変わるものである。そのため、他の調査結果などを参考に、さらに詳しく吟味する必要がある。また、今回用いた延床面積のデータは、建築面積に建物階数を乗じて簡易に求めている。そのため実際に比べ、過大評価している可能性が高い。そのため、他のデータや資料などを参考に、これを補正していく必要がある。

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。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Hc-086）「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」（代表：井村秀文）と、文部科学省・日本学術振興会科学研究費補助金（萌芽研究）「土地利用と『水みち』に着目した田園都市空間の分析・計画・デザイン手法の

創出」（代表：清水裕之）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) 外務省：地球温暖化問題にかかる新提案「クールアース50」,
<http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kankyo/kiko/coolearth50/index.html>, 2008.
- 2) 名古屋市：環境モデル都市提案書, 2008.
- 3) 名古屋市：NAGOYA ライフ データで見る名古屋の暮らし, 2008,
http://www.city.nagoya.jp/_res/usr/52646/all2008.pdf.
- 4) 総務局国勢調査：名古屋市環境局環境都市推進部地球温暖化対策室から提供.
- 5) 新エネルギー・産業技術総合開発機構, (財) 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, 1993, 1998, 2005.
- 6) 名古屋市：名古屋市都市計画基礎調査（1991年, 1996年, 2001年）.
- 7) 株式会社ゼンリン：Z-Map.
- 8) 名古屋市：事業向け情報
<http://www.city.nagoya.jp/jigyuu/kenchiku/gaiou/nagoya00009148.html>.
- 9) 環境省：都市における人工排熱抑制によるヒートアイランド対策調査報告書 巻末資料 3. 地下街における人工排熱実態把握の調査結果, 2004.
- 10) 尾島俊雄研究室：建築の光熱水原単位, pp.140-147, 1995.
- 11) 長野県：「長野県地球温暖化防止県民計画」改訂版,
<http://www.pref.nagano.jp/kankyo/kansei/ondan/keikaku/>, 2008.
- 12) 環境省：温室効果ガス排出量の算定に用いる排出係数について,
http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santei_keisuu/.

STUDY ON ESTIMATION OF CO₂ EMISSION FROM RESIDENTIAL AND COMMERCIAL SECTORS IN NAGOYA CITY

Yosuke TAKAHIRA, Akio ONISHI, Osamu HIGASHI, Hiroki TANIKAWA,
Hidefumi IMURA, Akito MURAYAMA and Yujiro HIRANO

It is now essential to devise long term and comprehensive urban planning toward sustainable development, especially by considering the reduction of energy consumption and greenhouse gas emission. Therefore, to contribute to establishing the urban planning system, we made an estimate of energy consumption and CO₂ emission in residential and commercial sectors of Nagoya city. Here, we estimated them by the data available on each 500m-mesh from 1991 to 2005, according to differences of building-usages and numbers of households. By considering those time and spatial distributions of the energy consumption and CO₂ emission, it enables us to obtain emission situation of individual region, and we believe it would be useful information for urban planning, especially for the prevention of global warming.