

自動コントロールシステムを含む省エネ建築物の地域レベルにおける評価

Evaluation of Regional Scale Energy Saving Effect using Auto-control System

外岡 豊¹、藤野 毅*²、平野勇二郎³
Yutaka Tonooka¹, Takeshi Fujino², Yujiro Hirano³

¹ 埼玉大学 経済科学研究科

Graduate School of Economy, Saitama University

² 埼玉大学 理工学研究科 環境制御工学専攻

Department of Environmental Science & Human Engineering, Saitama University

³ 埼玉大学 理工学研究科 特別研究員

Graduate School of Science & Engineering, Saitama University

Abstract

本事業で開発を進める自動コントロールシステムでの研究成果を、地域レベルでの省エネのために活用し事業普及を促す基盤として、マクロな全国レベルの温室効果ガス排出量推計に基づく対策効果を評価するための手法を考案した。都道府県政令市別・建物用途別・エネルギー種類別・熱用途別エネルギー消費量および温室効果ガス排出量の推計、暖冷房方式に影響を及ぼす建物規模別、建設年次別の推計を行った。

Key Words: Auto-control System, Energy Saving Effect, CO2 emission, Regional Scale

1. 目的

自動コントロールシステムが各種建築物に適用・稼動したと仮定し、それが地域レベルでどの程度の省エネルギーに寄与しているかを見積もるにあたり、マクロな全国レベルの温室効果ガス排出量推計に基づく対策効果を評価するための手法を考案した。

エネルギー消費量推計及び温室効果ガス排出量推計にあたっては、暖冷房負荷が地域の気候条件により異なること、建物の質的状況も地域により異なることから、都道府県政令市別に推計した。対策効

果の評価にあたっては建物用途別・エネルギー種類別・熱用途別にエネルギー消費量と温室効果ガス排出量を把握しておくこと、さらに暖冷房方式別に細分解することが必要である。

本年度は、都道府県政令市別・建物用途別・エネルギー種類別・熱用途別エネルギー消費量および温室効果ガス排出量の推計、暖冷房方式に影響を及ぼす建物規模別、建設年次別の推計を行った。さらに、市区町村別排出量についても試算した。

2. 方法

2.1 エネルギー消費量原単位の収集および CO2 排出量の試算条件

* 〒338-8570 さいたま市桜区下大久保255
電話：048-858-9574 FAX：048-858-9574
Email：fujino@post.saitama-u.ac.jp

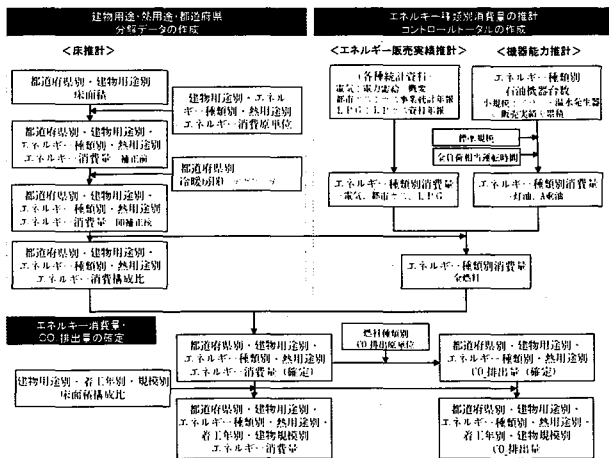


Fig. 1 エネルギー消費量および CO₂ 排出量推計の全体構成

- ① 建物用途－事務所ビル、卸・小売業（百貨店）、卸・小売業（スーパー[食品あり]）、卸・小売業（スーパー[食品なし]）、卸・小売業（コンビニエンスストア）、卸・小売業（その他小売業）、卸・小売業（卸売業）、飲食店、学校、ホテル・旅館、病院、文化施設、スポーツ施設、娯楽施設、福祉施設（15種類）
- ② エネルギー源－電力、都市ガス、LPG、灯油、A重油（5種類）
- ③ 熱用途－暖房、冷房、給湯、厨房、動力、照明（6種類）
- ④ 建物規模－699m²以下、700～1,999m²、2,000～2,999m²、3,000～4,999m²、5,000～9,999m²、10,000m²以上（6種類）
- ⑤ 着工年－1964年～2000年の各年

2.2 エネルギー消費量およびCO₂排出量推計の全体構成の推定

3つの方法でエネルギー消費量を推計し、CO₂排出量を求めた（Fig. 1）。

まず、都道府県別の建物用途別床面積に、建物用途別・エネルギー源別・熱用途別原単位を乗じ、暖冷房負荷のデグリーデイ補正を行うことで、都道府県別・建物用途別・熱用途別エネルギー消費量を推計する（床推計）。このエネルギー消費量は、過去の分析結果から、統計資料と乖離することが認めら

れており、都道府県別に建物用途別・熱用途別に分解するデータとして利用する。一方、都道府県別のエネルギー消費量は統計資料を集計・補正する方法（エネルギー販売実績推計：電気、都市ガス、LPGに適用）と、統計資料がないエネルギー源に関しては、使用機器の稼働状況から推計する方法（機器能力推計：灯油、A重油に適用）を用いて推計を行った。都道府県別・エネルギー源別の消費量をコントロールトータルに、床推計で都道府県別に求めた値を用いて合成調整を行い、都道府県別・建物用途別・エネルギー源別・熱用途別消費量およびCO₂排出量を推計した。

2.3 建物用途別・熱用途別消費量の仮推計（床推計）

（1）建物用途別床面積の推計

建物用途別床面積の推計は固定資産の価格等の概要調書（家屋）、公共施設状況調、学校基本調査、建築統計年報などの資料から、都道府県別に推計した。建物用途は事務所ビル、卸・小売業、飲食店、学校、ホテル・旅館、病院、文化施設、スポーツ施設、娯楽施設、福祉施設の10用途とし、更に卸・小売業は百貨店、スーパー（食品あり）、スーパー（食品なし）、コンビニエンスストア、その他小売業、卸売業の6分類に、学校は保育園・幼稚園、小中高校、短大・大学、試験研究機関の4分類とし、合計18用途で検討した。

（2）建物用途別・熱用途別消費量の床推計

デグリーデイ補正を行う前の建物用途別・熱用途別消費量は、推計した建物用途別床面積に、建物用途別のエネルギー源別・熱用途別消費原単位を乗じて推計した。

原単位には、(財)日本エネルギー経済研究所が平成13年、平成14年にまとめた民生部門エネルギー消費実態調査（業務部門編Ⅰ、Ⅱ）の原単位を採用した。ただし、この原単位は「照明・動力・その他」、「その他熱需要（給湯・厨房）」、「冷房」、「暖房」の4熱用途で設定されているため、既存の調査・研

究事例（例えば、住宅・建設省エネルギーハンドブック 2002 など）を参考に、「暖房」、「冷房」、「給湯」、「厨房等」、「照明」、「動力・他」の6熱用途に分解した。紙面の都合上、用いた建物用途別・熱用途別・エネルギー種類別原単位の表を省略する。

(3) 飲食店エネルギー消費原単位の再作成

民生部門エネルギー消費実態調査（以下、民生エネ調査という）の平成12年度報告書1）より得られる飲食店のエネルギー消費原単位は、調査対象の種類やサンプル数が限られることから調査結果に偏りが生じ、LPGの消費原単位が過大に設定された可能性がある。そこで、飲食店種類毎に、民生エネ調査の平成12年度および平成7年度報告書2）から得られるエネルギー源別用途別消費原単位を用いて、民生エネ調査の1店舗当たり平均延床面積に平成13年事業所・企業統計（以下、H13事業所統計という）から得られる事業所数を乗じることで飲食店全体の加重平均値を求め、これを飲食店のエネルギー消費原単位とした。

上記の方法で設定し直した飲食店のエネルギー消費原単位を、Table 1 に示す。

Table 1. 飲食店 エネルギー源別・熱用途別 消費原単位

燃料種類	飲食店						合計
	暖房	冷房	給湯	厨房等	照明	動力・他	
電気	16.1	56.3	15.9	158.8	79.1	47.6	374.1
都市ガス	8.2	32.5	4.9	228.5	0.0	0.0	274.1
LPG	0.8	3.0	1.5	72.0	0.0	0.0	77.3
灯油	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
灯油	3.0	0.0	28.3	0.0	0.0	0.0	31.1
合計	28.4	91.7	50.7	159.3	79.1	47.6	757.2

(4) 冷暖房デGREEデーによる補正

(2) で求めたエネルギー源別消費量は、全国一律の原単位を使用しているため、特に「暖房」「冷房」の熱用途で実態にそぐわない消費量が推計されている可能性が高い。そこで、アメダスデータから都道府県別に作成した冷暖房デGREEデーを用いて、「暖房」「冷房」のエネルギー消費量を次式により補正した。

$$Q'_{b,f,暖房・冷房} = Q_{b,f,暖房・冷房} \times \frac{DD \cdot r_i}{DD \cdot r_{all}} \quad \dots \quad (1)$$

Q: エネルギー消費量
b: 建物用途
f: エネルギー源種類
r_i: i: 各都道府県 all: 全国
DD: デGREEデー(暖房)

2.4 エネルギー源別消費量の推計

(1) 電力

業務用電力消費量は電気事業便覧に掲載されている電力会社別の使用電力量のうち、従量電灯Cの8割、業務用電力、小口電力（低圧電力）の7割、小口電力（高圧電力A）の5割を合計し、上・下水処理施設で使用する電力量を差し引いて求めた（表4.2）。ただし、上・下水道施設の使用電力量は電力会社別の把握が困難なため、この使用量を差し引く前の使用電力量比率で各電力会社に割り振り、電力会社別に差し引くことで求めた。

都道府県別の推計は、床推計で求めた都道府県別電力消費量から各電力会社の都道府県別消費量構成比を求めて、先に求めた会社別消費量を割り振って求めた。

(2) 都市ガス

『ガス事業年報』に事業所別の商業用・その他用のガス販売実績が公表されているので、これを都道府県別に集計し、一般電気事業所、地域熱供給施設、下水処理施設でのガス消費量を差し引き、業務用都市ガス消費量とした。ただし、一般電気事業所、地域熱供給施設、下水処理施設のガス使用量はガス会社別の把握が困難なため、この使用量を差し引く前の都市ガス消費量比率で都道府県別に割り振り、都道府県別に差し引くことで求めた。

(3) LPG

LPガスの業界統計である『LPガス資料年報』に業務用需要量の全国値で公表されているので、この値から地域熱供給、下水処理場における消費量を差し引き、LPGの年間総消費量とした。

都道府県別消費量は、LPガス資料年報の都道府

県別・家庭業務用販売量から全国値に対する都道府県別比率を作成し、推計したLPGの全国消費量をこの比率で配分して求めた。

(4) 灯油・A重油

灯油・A重油については、都道府県別推計に参考となる供給側のデータがないため、大気汚染防止法届出対象のボイラーについては大気汚染物質排出量総合調査の灯油・A重油消費量、届出対象以下のボイラーについては該当するボイラー数、時間最大熱消費量、負荷率、年間操炉時間や全負荷相当運転時間から消費量を求め、これらを合計することで全国での灯油・A重油消費量を推計した。届出対象以下のボイラー数は暖房機器の業界統計である暖房機器年鑑からデータを得、時間最大熱消費量や負荷率、年間操炉時間、全負荷相当運転時間は大気汚染物質排出量総合調査の結果を参考に設定した。

都道府県別消費量は、ボイラー年鑑から得た都道府県別伝熱面積 10m² 以下ボイラー数から全国に占める都道府県別比率を求め、推計した灯油・A重油の全国消費量をこの比率で配分して求めた。

3. 結果

3.1 建物用途別・熱用途別消費量（確定値）

推計した都道府県別・エネルギー源別消費量をコントロールトータルに、推計した都道府県別・エネルギー源別の建物用途別・熱用途別消費量（仮値）で合成調整して、都道府県別・エネルギー源別の建物用途別・熱用途別消費量を確定した（Fig. 2-5）。

2000年度の業務施設からのエネルギー消費量は1.48EJと推計された。地域別には大都市圏に集中しており、東京、大阪、神奈川（横浜、川崎）、愛知（名古屋）、北海道（札幌）、千葉、兵庫（神戸）、埼玉、福岡の順での排出が多く、上位3都府県で3割弱のエネルギー消費であった。建物用途別には卸・小売業が最も排出寄与が高く、ついで事務所、飲食店、宿泊、医療、その他、学校と続く。なお、その他には劇場・娯楽施設、スポーツ施設（体育館）、文化施設、福祉施設が含まれる。飲食店は床面積が

3%弱にすぎないが、床面積当たりエネルギー消費量が突出して多く、全エネルギー量の16.2%を占めていた。エネルギー源別では電力が59.0%と過半を占め、ガス24.2%、石油16.8%の構成であった。

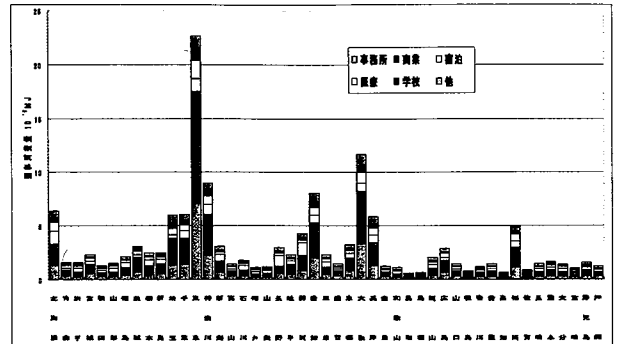


Fig. 2 都道府県別・建物用途別エネルギー消費量

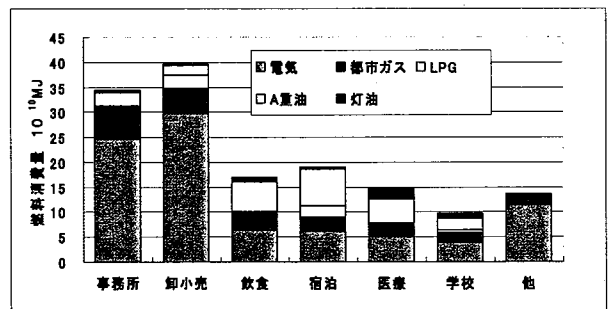


Fig. 3 建物用途別・エネルギー源別消費量

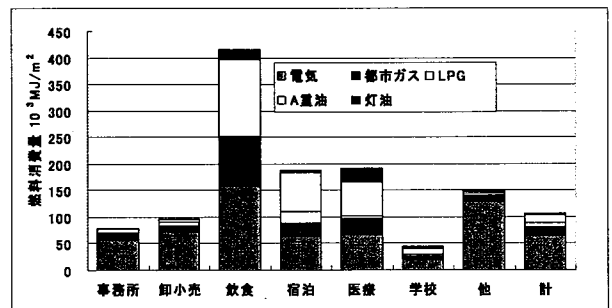


Fig. 4 建物用途別・エネルギー源別床面積当エネルギー消費量

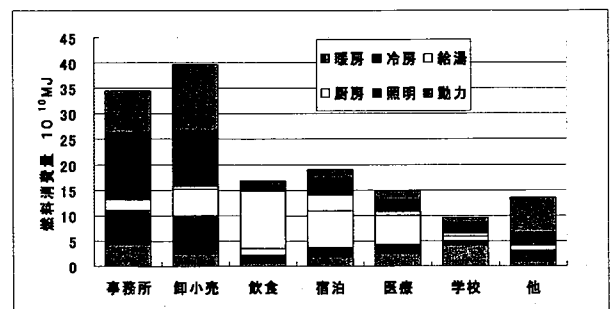


Fig. 5 建物用途別・熱用途別エネルギー消費量

3.2 CO2 排出量の推計

3.2.1 建物用途別・熱用途別 CO2 排出量の推計

推計した都道府県別・エネルギー源別の建物用途別・熱用途別消費量にエネルギー源別の CO2 排出係数 (Table 2) を乗じて CO2 排出量を推計した (Fig. 6-10)。2000 年度の業務施設からの CO2 排出量は 128MtCO₂ と推計された。地域別には大都市圏に集中しており、東京、大阪、神奈川 (横浜、川崎)、愛知 (名古屋)、北海道 (札幌)、千葉、埼玉、兵庫 (神戸)、福岡の順で排出が多く、上位 3 都府県で 3 割弱を占めた。建物用途別には卸・小売業が最も排出寄与が高く、ついで事務所、飲食店、宿泊、医療、その他、学校と続いた。エネルギー源別では電力が 71.3% とエネルギー消費量より割合が増加し、ガスは 14.9%、石油は 13.7% であった。

Table 2 エネルギー源別 CO2 排出原単位

	CO ₂ 排出原単位 (kgCO ₂ /MJ)
電気	0.105
都市ガス	0.051
LPG	0.059
A重油	0.072
灯油	0.069

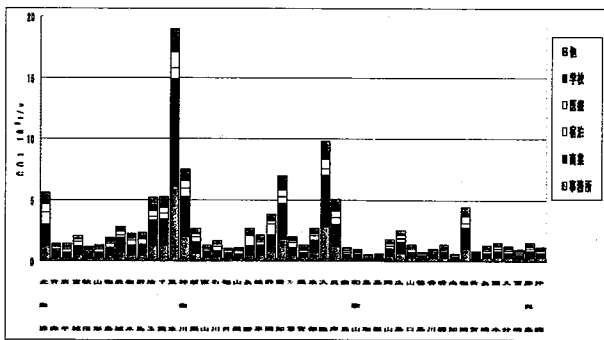


Fig. 6 都道府県別・建物用途別 CO2 排出量

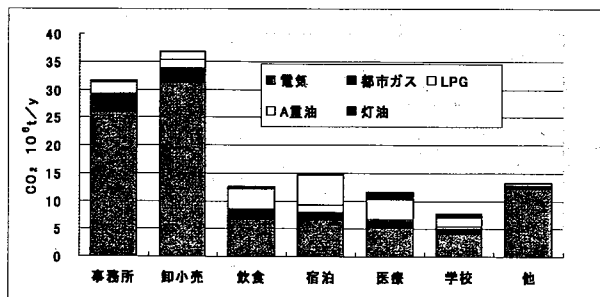


Fig. 7 建物用途別・エネルギー源別 CO2 排出量

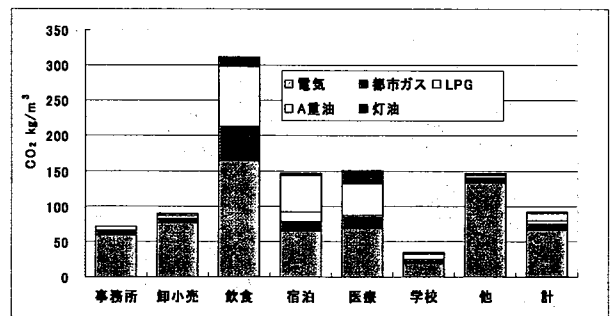


Fig.8 建物用途別・エネルギー源別 床面積当 CO2 排出量

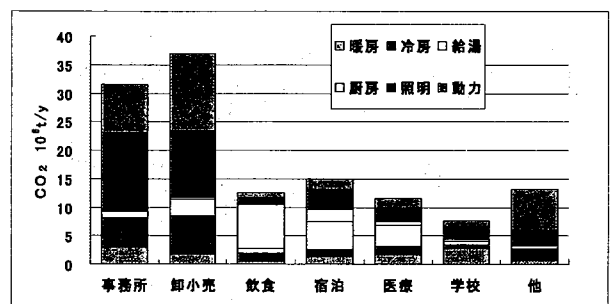


Fig.9 建物用途別・熱用途別 CO2 排出量

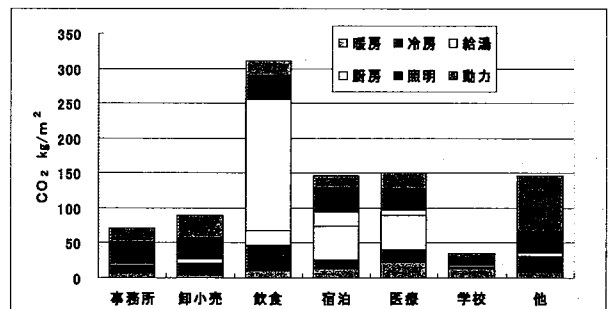


Fig.10 建物用途別・熱用途別 床面積当 CO2 排出量

3.2.2 建物規模別 CO2 排出量の推計

エネルギー源別の建物用途別・熱用途別 CO2 排出量に、建築統計年報から作成した建物用途別・規模別床面積構成比を乗じて、建物用途別にエネルギー源別・熱用途別・建物規模別の CO2 排出量を推計した (Fig. 11、12)。建物規模別には、各用途とも 699m² 以下の建物からの排出量が多く、700~1,999m² や 10,000m² 以上の建物からの排出も多い。用途別にみると、建物規模別の構成比はそれほど大きな違いがなく、医療や学校で若干異なる程度である。

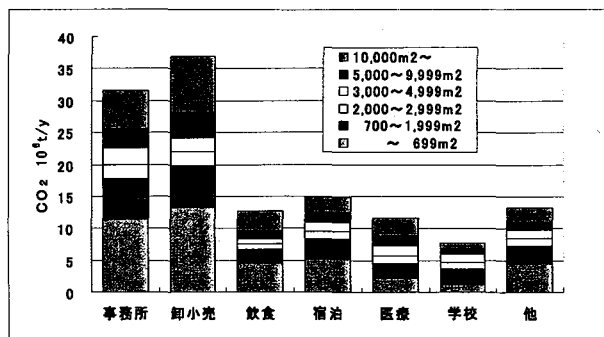


Fig.11 建物用途別・規模別 CO2 排出量

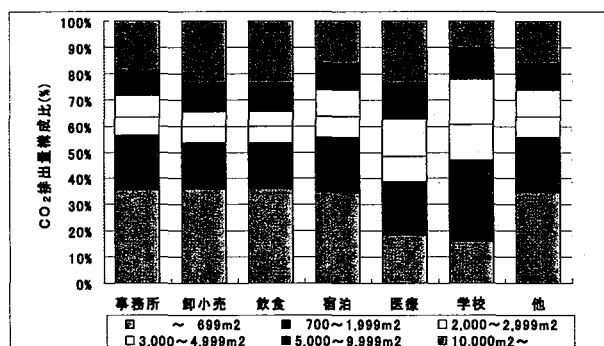


Fig.12 建物用途別・規模別 CO2 排出量構成比

3.2.3 建物着工年別 CO2 排出量の推計

エネルギー源別の建物用途別・熱用途別 CO2 排出量に、建築統計年報から作成した建物用途別・着工年別床面積構成比を乗じて、建物用途別にエネルギー源別・熱用途別・着工年別の CO2 排出量を推計した (Fig.13)。着工年別には、1989 年～1992 年のバブル期に着工した建築物が多く、CO2 排出量が多い。また、商業施設からの CO2 排出量は経年的に増加傾向を示し、施設の大規模化・エネルギー多消費型の傾向が強まっている。

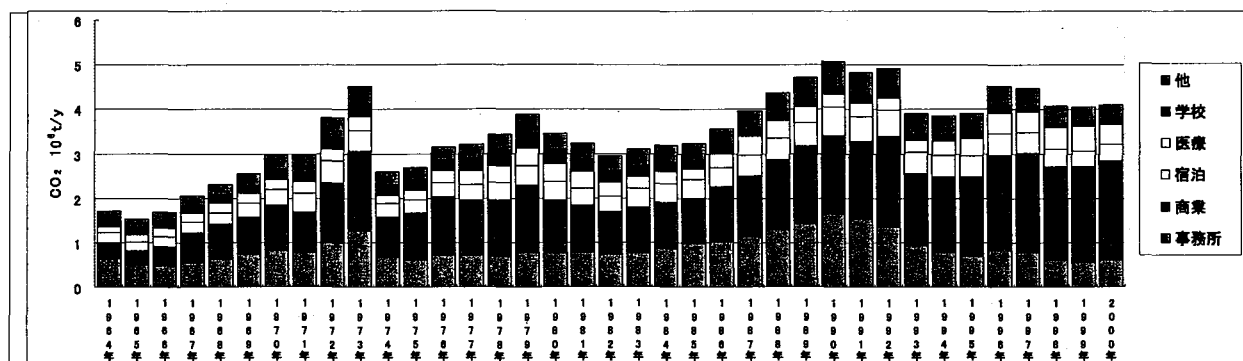


Fig.13 建物用途別・着工年別 CO2 排出量

参考文献

- [1] 外岡(1986)：大気汚染排出構造に関する研究(その8)事業所、住宅の熱消費量と NOx, SOx 排出量，日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)
- [2] 外岡(1991)：地球温暖化問題への基礎的検討(その2)事業所からの温室効果ガスの排出と削減可能性，大気汚染学会第 32 回大会(北九州)
- [3] 外岡(1992)：業務部門における温室効果ガス排出抑制の可能性，エネルギーシステム・経済コンファレンス講演論文集 第 8 回
- [4] 外岡(1995)：空気調和・衛生工学便覧(第 12 版) 第 11 編，地域設備総合計画 2.1.4, 18-21
- [5] 外岡(1996)：日本における業務用エネルギー消費と事業所排出実態の解析，エネルギーシステム・経済コンファレンス講演論文集第 12 回
- [6] NEDO：民生部門エネルギー消費実態調査，1994,1992,1996,1997
- [7] 日本暖房機器工業会：暖房機器年鑑(’96,2000,2002 年)，各年度
- [8] 厚生労働省大臣官房統計情報部編：平成 11 年医療施設調査(静態調査)，1999，財団法人厚生統計協会
- [9] 国土交通省：建築統計年報，昭和 30 年度版～平成 15 年度版，各年度，財団法人建設物価調査会
- [10] 財務省：財政金融統計月報 No.598, 2002，財務省財務総合政策研究所編
- [11] 総務省：平成 12 年版公共施設状況調，2001，財団法人地方財務協会