

業務店舗における CO₂ 排出量ベースライン推計モデルの構築

2011 年 3 月修了 環境システム学専攻

指導教員：松橋 隆治 教授

096687 吉原 昌子

Keywords: Civil service operations, Cap & Trade, Emission baseline, Air-conditioning,

1. 研究の背景・目的

民生業務部門は日本の部門別 CO₂ 間接排出量のうち約 2 割を占めるが、排出量は高止まりしている。特に中小規模事業所では削減が進んでおらず、対策は急務である。本部門の排出削減のための現行制度としては、東京都の排出量取引制度や、国内クレジット制度などが挙げられる。

1.1 東京都排出量取引制度

都の排出量取引制度は、大規模事業所を対象として基準年の基準排出量から目標削減量を削減することを義務付けている。しかし、基準年設定以前より排出削減に取り組んでいた事業所が、基準年以降に取り組みを始めた事業所に比して基準排出量が相対的に小さくなり、対策に積極的であった事業所には厳しく、消極的であった事業所に緩いキャップがかかるという不公平が生じている。今後、資金・技術面で脆弱な中小規模事業所でも同様の制度を実施する場合、より公平な排出量ベースラインの認識が必要である。

1.2 国内クレジット制度

国内クレジット制度は、大企業等の技術・資金等を用いて中小企業等が CO₂ 排出削減を行い、削減量を認証して大企業等の自主行動計画等の目標達成のために活用する仕組みである。この制度では、排出削減方法論（排出削減技術や方式ごとに、削減量を算定する方法等を定めた雛型）に沿って対策前後の排出量を算定するが、事業所全体での排出量については算定や考慮を行わない。したがって、運用対策により、削減の背景が特定しにくくとも事業所全体で

排出削減が生じた場合、本制度では評価されない。しかし、中小規模事業所においては、設備更新などよりも低コストの運用対策による排出削減が容易であり、制度上でもこれを評価することが各事業所の排出削減インセンティブとなる。事業所全体の排出量ベースラインを設定することで、運用対策による削減も評価されるべきである。

1.3 研究の目的・概要

以上の観点から、今後、中小規模事業所で排出削減を進めるには、事業所単位でのより公平な排出量ベースラインの推計手法を考案し、それに基づいて制度設計を行う必要がある。

そこで本研究では、中小規模事業所の例として特に飲食・カラオケ店舗を取り上げ、電力消費量に関しては空調、照明、厨房と用途別に、またガス消費量は厨房用として、エネルギー消費量推計モデルを構築した。また、このモデルに排出削減対策の取り組み以前の各データを入力することで対策前ベースラインを推計し、実測値と比較した。

2. 空調のエネルギー消費量推計モデル

2.1 空調負荷推計簡易モデル

■簡易モデル構築の背景 空調のエネルギー消費量は、気象条件、建築物の仕様や使用方法などにより大きく変動する。そのため、空調に伴う消費エネルギーは照明や厨房用などのその他のエネルギー消費とは分離して扱うのが望ましい。しかし空調負荷の推計には一般に、時間と手間のかかる非定常熱負荷シミュレーションプログラムが用いられており、各事業所で空調負荷を

簡易に推計するモデルは開発されていない。そこで本研究では、壁体熱伝達を熱伝導方程式の後退差分法により解く非定常熱負荷シミュレーションプログラム EDSDDL^[1]を用いて、建築物仕様や使用方法などのパラメータが空調負荷に与える影響を定量化することで、パラメータを用いて空調負荷を簡易に推計するモデルを構築することとした。

■EDSDHL 概要^[1] 建築物を室、壁（重量壁と窓ガラス等の軽量壁）に分ける。室は均質な空気で満たされると仮定し、1室に1点ずつ熱点を設定する。壁は構成材料ごとに分割し、各壁層境界中央に熱点を設定する。各熱点における熱平衡を1次元熱伝導方程式で表し、それを差分・連立させて解き、各熱点における温度もしくは除去熱量（空調負荷）を算出する。

■モデル構築方法 まず、電中研モデルビル（新築/中規模）^[2]を標準的な事業所とし、業務店舗を代表すると仮定した。このビルにおける年間空調負荷を、EDSDHLを用いて推計し、推計値を年間空調負荷デフォルト値とした。続いて、電中研ビルの建築物仕様やスケジュールについてパラメータを設定し、各パラメータの年間空調負荷に対する感度分析を行った。この結果から各パラメータの空調負荷への影響を定量化し、建築物の熱取得の理論を背景として、事業所の年間空調負荷を簡易に推計するモデル式(1)を構築した。

$$\begin{aligned} W_c &= a_c(\theta_{ec} - \theta_c) \times F_c + I_c \beta_c \\ W_h &= a_h(\theta_{eh} - \theta_h) \times F_h + I_h \beta_h \\ F_c &= \alpha_{fc} \times \alpha_{ic} \times \alpha_{ic} \times \alpha_{wrc} \times \alpha_{wrc} \times \alpha_{wrc} \times \alpha_{wrc} \times \alpha_{odc} \times \alpha_{ohc} \\ F_h &= \alpha_{fh} \times \alpha_{mh} \times \alpha_{ih} \times \alpha_{wrh} \times \alpha_{wrh} \times \alpha_{wrh} \times \alpha_{wrh} \times \alpha_{odh} \times \alpha_{ohh} \end{aligned} \quad (1)$$

a_c, a_h : 建築物全体の平均熱損失率 [MW/K],

$$a_c = 22.57, a_h = 77.06$$

W_c, W_h : 年間冷暖房負荷 [MW]

θ_{ec}, θ_{eh} : 相当外気温度 [°C]

θ_c, θ_h : 室内温度 [°C]

I_c, I_h : 内部発熱 [MW]

α_{fc}, α_{fh} : 空調面積係数 [-]

α_{ic}, α_{ih} : 空調温度係数 [-]

α_{ic}, α_{ih} : 断熱材係数 [-]

$\alpha_{wrc}, \alpha_{wrh}$: 窓面積率係数 [-]

$\alpha_{wrc}, \alpha_{wrh}$: 窓ガラス係数 [-]

$\alpha_{wcc}, \alpha_{wch}$: 窓遮光係数 [-]

$\alpha_{odc}, \alpha_{odh}$: 営業日係数 [-]

$\alpha_{ohc}, \alpha_{ohh}$: 営業時間係数 [-]

β_c, β_h : 内部発熱係数 [-], $\beta_c = 0.71, \beta_h = 0.94$

添え字はc: 冷房, h: 暖房の意

モデル構築は電中研モデルビルを基礎としているため、業務店舗への適用が可能かどうかをカラオケ実店舗で検証した。EDSDHL, 簡易モデルそれぞれを用いて店舗の年間空調負荷を推計したものを比較し、モデルの妥当性を確認した。

2.2 空調機器システム COP 推計モデル

式(1)で求めた空調負荷を空調機器の成績係数COPで除すことで空調エネルギーを推計するため、定格COPより実際の使用状態に近い機器効率指標であるシステムCOPを簡易に推計する必要がある。このため、機器の製造年、冷房能力、室内機の形態とCOPの関係を調査し、外気温、設定温度のCOPに対する感度分析を行った結果から、製造年、室内機形態、外気温、設定温度を用いた推計モデルを構築した。

3. 他用途のエネルギー消費量推計モデル

本研究では業務店舗の中でも特に飲食・カラオケ店舗を取り扱うこととし、空調モデルに加え、照明・厨房の年間電力消費量、ガス年間消費量、店舗特有用途の電力消費量をそれぞれ推計するモデルを構築した。

3.1 照明の電力消費量推計モデル

飲食・カラオケ店舗において、用途別にしたフロアの床面積と照明の電力消費量を調査した。照明は全て蛍光灯であった。ここから、①エレベーターホール、厨房など中程度の照度が必要なフロアでの照明電力

消費量の床面積原単位が 20.2 [W/m²], ②階段, 廊下, 客室, 客席など低程度の照度が必要なフロアでの床面積原単位が 11.4 [W/m²] となった. この原単位に用途別フロア面積と年間照明点灯時間を乗算し, 式(2)のような推計モデルとした.

$$L = (20.2 \times 10^{-3} \times F_m + 11.4 \times 10^{-3} \times F_l) \times T_l \quad (2)$$

L: 照明の年間電力消費量 [kW]

F_m: 中程度の照度が必要なフロア面積 [m²]

F_l: 低程度の照度が必要なフロア面積 [m²]

T_l: 年間照明点灯時間 [h]

3.2 厨房の電力消費量推計モデル

厨房は, オール電化の場合と電気・ガス併用の場合とでエネルギーの消費形態が異なる. 本研究では, 電気・ガス併用の厨房について扱う. 調理方式 2 パターンと電力用途 2 パターンから, 表のように電力消費量の床面積原単位を作成した.

表 1 調理方式/用途別電力消費量原単位

調理方式	用途	用途別原単位 [W/m ²]
セントラルキッチン方式	冷凍・冷蔵・製氷	115.0
	調理補助機器	150.0
厨房内調理方式	冷凍・冷蔵・製氷	59.6
	調理補助機器	83.3

この原単位に, 厨房面積, 年間稼働時間, 1 時間当たりの厨房機器稼働割合を乗算し, 式(3)のような厨房年間電力消費量推計モデルとした.

$$K_c = 115.0 \times 10^{-3} \times 8760 + 150.0 \times 10^{-3} \times T \times \gamma \quad (3)$$

$$K_k = 59.6 \times 10^{-3} \times 8760 + 83.3 \times 10^{-3} \times T \times \gamma$$

K_c: セントラル調理方式年間電力消費量 [kW]

K_k: 厨房内調理方式年間電力消費量 [kW]

T: 年間営業時間 [h]

γ: 1時間あたりの厨房稼働割合[-]

3.3 ガス消費量推計モデル

飲食・カラオケ店舗においてはガス消費量は客数との相関が高いことが指摘されている. 本研究では, カラオケ 3 店舗分の日別客数データと日別ガス消費量を夏季 4-10 月, 冬季 11-3 月に分け, 回帰分析を行うことで, この相関関係を定量的に明らかにした. この回帰分析の結果を夏季, 冬季日数で補正した推計モデルが式(4)である.

$$G_s = (7.33 \times 10^{-3} C_s + 4.48) \times 1.26 \times 214 \quad (4)$$

$$G_w = (1.44 \times 10^{-2} C_w + 4.07) \times 1.26 \times 151$$

G_s: 夏季ガス使用量 [m³]

G_w: 冬季ガス使用量 [m³]

C_w, C_s: 各期客数 [人]

3.4 店舗特有用途の電力消費量

業務店舗には各業種, 業態に特有の電力需要・ガス需要があると考えられる. したがって, ベースラインを推計する業種業態ごとに, その他の電力・ガス消費量について推計方法を考える必要がある.

本研究では, カラオケ店舗を取り上げて各エネルギー消費量推計モデルを検証する(後述)ため, ここではカラオケ店舗に特有の電力消費量として, 各カラオケルームに備え付けのテレビやカラオケ機器による電力消費量の基準値を作成した. 平均的店舗の 1 カラオケルームあたりの機器消費電力は 479 [W] であった. 年間電力消費量を推計するためには, この値にルーム数, 年間営業時間を乗算して求める.

4. カラオケ店舗での各推計モデルの検証

空調, 照明, 厨房, カラオケ機器の各モデルに, 運用対策以前のパラメータ値を入力した推計年間電力消費量と, あるカラオケ店舗で運用対策前に実測された電力消費量とを比較したところ, 推計値の合計は実測値の 105.1% となった(図 1).

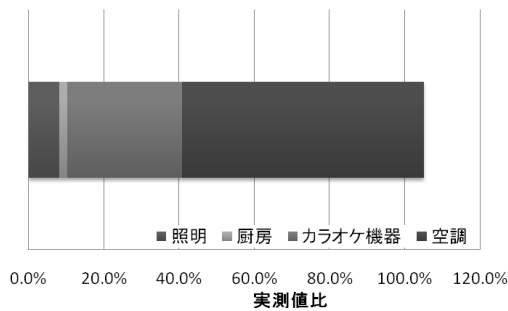


図 1 年間電力消費量の推計値 (実測値比)

同様に、ガス消費量推計モデルと実測値とを比較したところ、推計値は実測値の 97.4%となった。

以上より、構築した各モデルが運用対策前ベースラインを簡易に推計するために有効であることが分かった。

5. 本研究のまとめと制度への活用

以上のように業種・業態に合わせてベースライン推計モデルを構築し、モデル内各パラメータ値を運用対策以前のものとして推計した年間エネルギー消費量に、各エネルギーの CO₂ 排出原単位を乗算することで、運用対策以前の CO₂ 排出量ベースラインを推計することが可能となる。本研究ではこの手法を提示し、これに基づきカラオケ店舗を例に運用対策前ベースラインを推計した。以下では、排出量取引制度と、国内クレジット制度に対し、本研究で構築したモデルを用いた効果を検討する。

5.1 排出量取引制度へのモデル活用

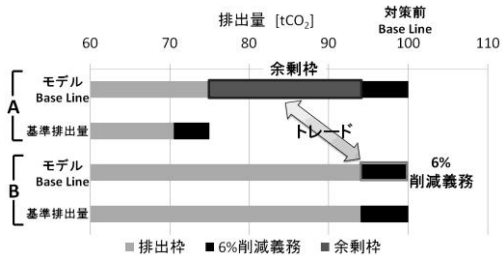


図 2 排出量取引ベースライン

図 2 に、推計モデルを対策前ベースライン推計に用いた際のベースライン設定と、東京都の排出量取引制度の基準排出量によ

る設定とを簡単に比較した。同規模・同業種で、推計した対策前ベースラインがともに 100 [tCO₂]である事業所 A, B を仮定し、A は 25%の削減を達成し、B は無対策で 0%削減となっている状況で都の排出量取引制度 (削減義務率 6%) を導入すると、A の削減義務が 29.5 [tCO₂] と B の 6.0 [tCO₂] に対し不公平となる。一方、推計モデルによるベースライン設定では A で過去に実施された削減が制度上でも排出削減として承認されるため、余剰枠が生じる。この余剰枠を事業所 B が購入することでトレードが成立し、事業所 A は過去の削減に見合ったメリットを得、事業所 B はペナルティを支払うことになり、不公平が緩和される。

5.2 国内クレジット制度へのモデル活用

本研究で構築した各モデルにおいて、モデル内で各パラメータを動かす (各パラメータの削減対策と同義) ことにより、運用対策での空調、照明、厨房等のエネルギー削減を簡易に評価することが可能となる。したがって、運用を含めた削減対策の各々を簡易的な排出削減方法論とし、削減量はモデルで定量化することで、国内クレジット制度で利用できると考えられる。

また、削減対策前ベースラインを設定することで、運用対策等により事業所全体で削減が生じた場合の削減分をクレジット、もしくは新たな環境価値によって評価することも可能となる。

【参考文献】

- [1] 井原智彦, 半田隆志, 松橋隆治, 吉田好邦, 石谷久: 行列計算を改良した多数室温計算手法の提案と高反射高放射塗料による CO₂ 排出削減効果の評価, 電気学会論文誌 C, Vol.123, No.8, pp.1493-1501, 2003.
- [2] (財) 電力中央研究所 有識者会議第 2 研究グループ: 事務所ビルの省エネルギー—東京都区部における可能量と必要コストの評価— 電力中央研究所報告書, (財) 電力中央研究所, 1995.