

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月14日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22760433

研究課題名（和文）地域性と実行性を考慮した環境配慮型コンビニエンスストアの開発

研究課題名（英文）Development of environment-conscious convenience stores considering the regionality and practicability

研究代表者

菊田 弘輝（KIKUTA KOKI）

北海道大学・大学院工学研究院・助教

研究者番号：20431322

研究成果の概要（和文）：1) 建築・設備仕様や運用状況を統計的に整理し、電力消費量に対する要因分析に基づく CVS の電力消費予測モデルを作成した。2) CVS 特有の商品管理上の各設定温度や空調方式等の違いが及ぼす温度分布への影響を分析した。3) CVS 特有の電力消費比率と年間エネルギー消費原単位を示し、CVS に適用可能なエネルギー効率の評価方法を提案した。4) 地域性と実行性を考慮した上で、空調負荷に焦点を当てて建築的対応かつ運用改善による削減効果を定量化した。

研究成果の概要（英文）：1) The architectural/ HVAC specifications and operational conditions were statistically organized, and the prediction models of electricity consumption in CVS based on factor analysis for it were created. 2) The effects on temperature distribution by the differences in each temperature settings for merchandise management specific to CVS or air-conditioning system, etc. were analyzed. 3) The ratio of electricity consumption and annual energy consumption per unit area specific to CVS were shown, and the valuation method of energy efficiency applicable to CVS was proposed. 4) After considering the regionality and practicability, the reduction effects by architectural methods and operational improvements with a focus on air-conditioning load were quantified.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2010年度 | 1,500,000 | 450,000 | 1,950,000 |
| 2011年度 | 1,200,000 | 360,000 | 1,560,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 2,700,000 | 810,000 | 3,510,000 |

研究分野：建築環境・設備、環境計画・設計

科研費の分科・細目：建築学、建築環境・設備

キーワード：コンビニエンスストア、電力消費予測モデル、温度分布、電力消費比率、空調負荷

1. 研究開始当初の背景

平成20年度省エネ法改正に伴い、これまでの事業所単位から事業者単位（企業単位）のエネルギー管理が義務付けられている。一定の要件を満たすフランチャイズチェーンは省エネ法の適用を受けるため、企業努力が

一層求められている。その1つのコンビニエンスストア（CVS）は国内で約4万5千店舗展開され、一次エネルギー消費原単位は用途別で飲食店に次いで大きいことが報告されている。現在、照明設備のインバータ化・調光制御・省エネタイプのIH調理器具等が多

くの CVS で標準化され、低炭素社会の実現に向けて環境配慮型店舗や循環型店舗の開発が実験的に行われている。

このような CVS を取り巻く環境の変化に対し、学術的な取り組みとして製造・販売・流通等の商学や経営学、立地・防犯等の地理学や社会学が先行している。一方、環境工学における取り組みは未だ少ない状況ではあるが、坂本らの CVS の省エネルギー化に関する研究、小松らの CVS の冷暖房負荷に関する研究等で報告されている。

2. 研究の目的

本研究では既往研究では扱われていない積雪寒冷地域を対象とし、地域性と実行性を考慮した環境配慮型 CVS を開発することを目的とする。具体的には、1) 建築・設備仕様や運用状況を統計的に整理し、電力消費量に対する要因分析に基づく CVS の電力消費予測モデルを作成する。2) CVS 特有の商品管理上の各設定温度や空調方式等の違いが及ぼす温度分布への影響を分析する。3) CVS 特有の電力消費比率と年間エネルギー消費原単位を示し、CVS に適用可能なエネルギー効率の評価方法を提案する。4) 地域性と実行性を考慮した上で、空調負荷に焦点を当てて建築的対応かつ運用改善による削減効果を定量化する。

3. 研究の方法

環境配慮型 CVS の開発である研究目的を達成するため、以下の調査を行った。

(1) エネルギー調査

札幌市内に立地する CVS (S 社) の 256 店舗を対象に、建築・設備仕様や運用状況、電力消費量を調査した。本調査は Google ストリートビュー機能、S 社が管理するデータ、設計事務所が保管する図面、店舗オーナーへのアンケートに基づいて実施している。

(2) 実測調査

エネルギー調査を踏まえ、標準仕様かつ寒冷地仕様双方の独立店舗を対象に、店内温熱環境及び電力消費特性を調査した。対象店舗は札幌市内に立地する標準仕様の店舗 N、寒冷地仕様の店舗 S の 2 店舗である。2009/8～2011/11 の期間中、店内と空調/天井吹出し口に温湿度計、事務所内の分電盤に電力量計（パルス出力）を設置し、全て 10 分間隔で測定した。

(3) 数値シミュレーション

一連の調査を踏まえ、数値シミュレーションでは空調負荷に焦点を当てて建築的対応かつ運用改善による削減効果を定量化した。店舗 N を参考に基準モデルを作成し、売場(24 時間空調)と屋根裏の 2 室モデルを想定した。

また、エネルギー調査で示した本部推奨値より冷房は 25[°C]設定、暖房は 21[°C]設定とし、内部発熱等は店舗 N のデータに加え、既往研究に基づいている。

4. 研究成果

(1) エネルギー調査

①建築・設備仕様や運用状況を統計的に整理し、断熱・開口仕様では全国画一の標準仕様が幅広く適用され、運転モードでは特に中間期に各店舗で大きな違いが見られた。

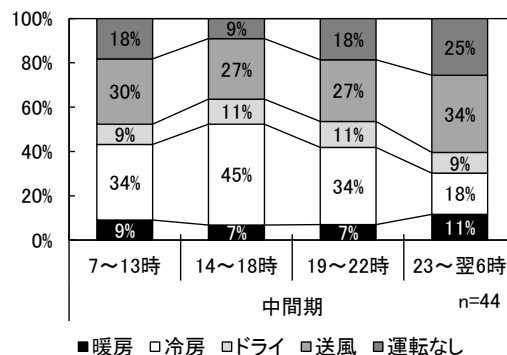


図1 運転モード

②独立店舗 (n=102) を対象とした 2009 年度の年間電力消費量は平均で 1034[kWh/m²・年]、店舗間の差は最大で 487[kWh/m²・年]、築 8 年以下では年数に応じて電力消費量の増加が確認された。

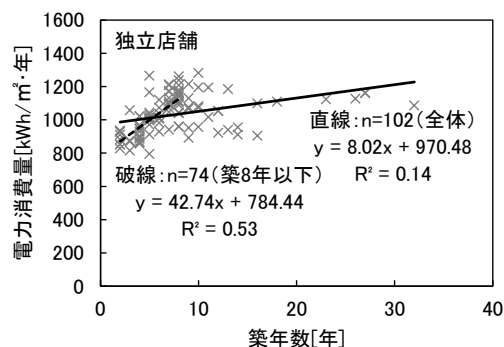


図2 築年数と年間電力消費量の関係

③電力消費量に対する要因分析に基づく CVS の電力消費予測モデルを作成し、独立店舗を対象とした年間及び月間（冬期）の重回帰式では予測精度が比較的高かった。

$$\text{年間} : Y_2 = -4.60X_2 - 229.96X_3 + 157.40X_4 + 62.79X_5 + 1734.52$$

$$\text{月間 (冬期)} : Y_3 = -1.28X_1 - 0.42X_2 - 20.15X_3 + 18.62X_4 + 5.02X_5 + 150.19$$

X1: 外気温[°C], X2: 店舗面積[m²], X3: 窓仕様[m²·K/W], X4: 空調方式[-] (ダクト接続型=1, 天井カセット型=0), X5: 受電方式[-] (高压受電=1, 低压受電=0)

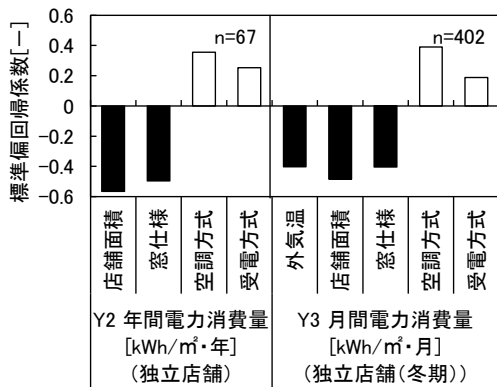


図3 標準偏回帰係数

(2) 実測調査

①CVS 特有の商品管理上の各設定温度や空調方式等の違いが及ぼす温度分布への影響を分析し、店舗Nの温度差は8[°C]前後かつ最大で10[°C]以上、店舗Sの温度差は5[°C]前後であることが確認された。

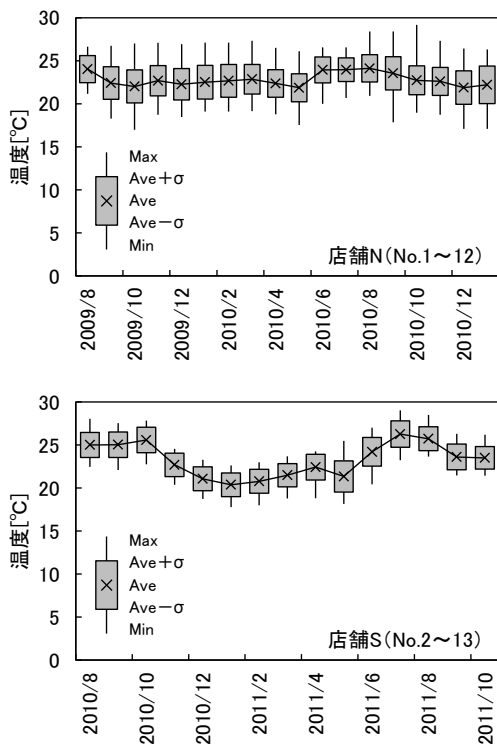


図4 各月の店内温度特性

②CVS 特有の電力消費比率を示し、系統別では動力系が僅かに上回り、分類別では空調が全体に影響を与え、機能別では必要機能が全

体の2/3程度を占めることがわかった。

動力系: 冷蔵・冷凍, 加温・調理, 空調
電灯系: 冷設照明・ファン, レジ販売, 照明, サービス, 電灯その他

必要機能: CVSの運営上, 安全な商品管理に必要な設備「冷蔵・冷凍, 加温・調理, 冷設照明・ファン, レジ販売」

一般機能: それ以外の設備「空調, 照明, サービス, 電灯その他」

※必要機能と一般機能の仕分けはCVS各社で当然異なるが, 基本的に必要機能にはCVS本来の商品管理及び販売に関するものとする。

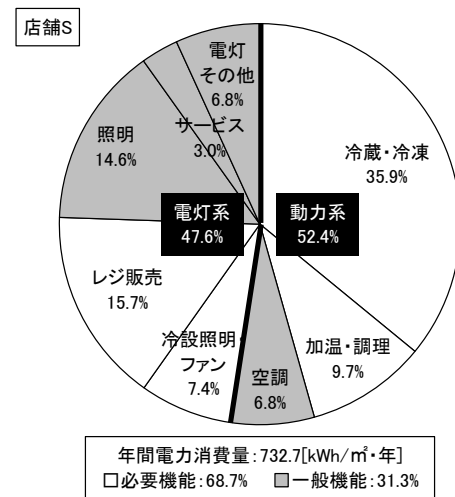
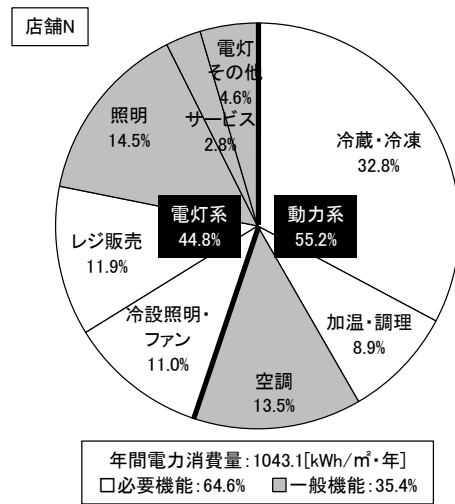


図5 系統別・分類別・機能別の電力消費比率

③CVS 特有の年間エネルギー消費原単位を示し、店舗Nは独立店舗の平均的な消費原単位, 店舗Sはその3割減に位置しており, CVSの消費量は住宅の8~10倍, 消費原単位は5~7倍に相当していた。

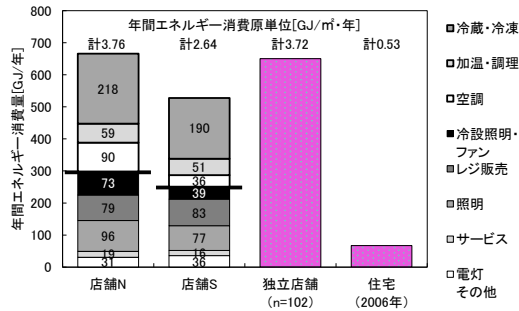


図6 年間エネルギー消費量と消費原単位

④CVS に適用可能なエネルギー効率の評価方法を提案し、全体 PUE-C は季節に応じて変動しながら 1.2~1.7 の範囲になり、これを基に各店舗に必要なエネルギー削減に向けた対策が明確になる。

PUE-C = CVS 全体の電力消費量 / CVS 内の必要機能の電力消費量

※PUE-C が 1 に近いほど、CVS 内の一般機能（主に空調、照明）の電力消費量の割合が少なく、エネルギー効率の良い CVS を意味する。

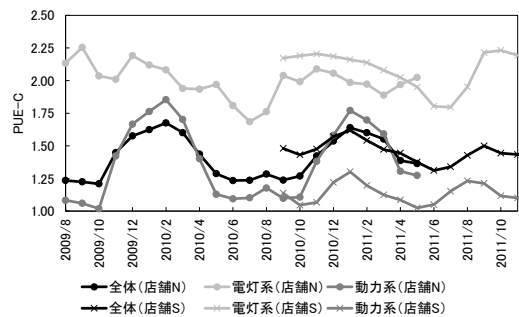


図7 エネルギー効率 (PUE-C)

(3) 数値シミュレーション

地域性と実行性を考慮した上で、空調負荷に焦点を当てて建築的対応かつ運用改善による削減効果を定量化し、各対策を全て総合した場合、約 50 [%] の削減効果を期待することができる。

表1 空調負荷削減に向けた対策

| 対策 | 項目 | 断熱仕様・その他 |
|----|---------|--|
| 断熱 | a 外壁 | d=100[mm], λ =0.038[W/m・K] |
| | b 屋根 | d=100[mm], λ =0.038[W/m・K] |
| | c 土間床 | d=50[mm], λ =0.040[W/m・K](床下・基礎) |
| | d | a+b+c |
| 開口 | e 窓 | U=2.33[W/m²・K], SC=0.67[-](Low-Eペアガラス相当) |
| | f 窓 | U=1.4[W/m²・K], SC=0.74[-](真空ガラス相当) |
| | g 排熱換気 | 換気回数:10[回/h](室温24[°C]以上&外気温20[°C]以下) |
| 換気 | h 熱交換換気 | 熱交換効率:70[%] |
| | i | g+h |
| 運用 | j 設定温度 | 冷房:25[°C]→28[°C], 暖房:21[°C]→20[°C] |
| | k 冷暖房期間 | 冷房:92日→62日, 暖房:202日→192日 |
| 総合 | l | j+k |
| | m | d+f+i+l |

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

- (1) 菊田弘輝、田中優里香、金子亮平、羽山広文、積雪寒冷地域におけるコンビニエンスストアの店内温熱環境及び電力消費特性に関する研究、日本建築学会環境系論文集、No. 677、2012、査読有

〔学会発表〕(計13件)

- (1) 菊田弘輝、金子亮平、羽山広文、田中優里香、新谷一之、白井直樹、積雪寒冷地における独立店舗型コンビニエンスストアの省エネルギー化に関する研究 その3 長期実測調査による店内温熱環境及び電力消費特性、空気調和・衛生工学会北海道支部 第46回学術講演会、2012.3.13、北海道大学
- (2) 金子亮平、菊田弘輝、羽山広文、田中優里香、積雪寒冷地における独立店舗型コンビニエンスストアの省エネルギー化に関する研究 その2 冬期における実測結果及び電力消費量に対する要因分析、平成23年度 空気調和・衛生工学会大会、2011.9.14~16、名古屋大学
- (3) 金子亮平、菊田弘輝、田中優里香、羽山広文、独立店舗型コンビニエンスストアの省エネルギー化に関する研究 その2 日単位の店内温熱環境と電力消費特性、2011年度 日本建築学会大会、2011.8.23~25、早稲田大学
- (4) 田中優里香、菊田弘輝、金子亮平、羽山広文、環境配慮型コンビニエンスストアの開発に向けた調査研究 その5 シミュレーションによる空調負荷削減効果の検討、2011年度 日本建築学会大会、2011.8.23~25、早稲田大学
- (5) 菊田弘輝、田中優里香、金子亮平、羽山広文、環境配慮型コンビニエンスストアの開発に向けた調査研究 その4 参考モデルの電力消費特性と基準モデルの作成、2011年度 日本建築学会大会、2011.8.23~25、早稲田大学
- (6) 金子亮平、菊田弘輝、田中優里香、羽山広文、独立店舗型コンビニエンスストアの省エネルギー化に関する研究 その1 時間単位の店内温熱環境と電力消費特性、日本建築学会北海道支部 第84回研究発表会、2011.7.2、札幌市立大学
- (7) 金子亮平、菊田弘輝、羽山広文、田中優里香、新谷一之、白井直樹、積雪寒冷地における独立店舗型コンビニエンスストアの省エネルギー化に関する研究 その1 夏期・中間期における店内温熱環境及び電力消費特性、空気調和・衛生工学会北海道支部 第45回学術講演会、2011.3.17、北海道大学
- (8) 田中優里香、菊田弘輝、羽山広文、金子

亮平、新谷一之、白井直樹、積雪寒冷地域におけるコンビニエンスストアの店内環境とエネルギー消費に関する調査その5 シミュレーションによる空調負荷削減効果の検討、空気調和・衛生工学会北海道支部 第45回学術講演会、2011.3.17、北海道大学

- (9) 菊田弘輝、田中優里香、羽山広文、金子亮平、新谷一之、白井直樹、積雪寒冷地域におけるコンビニエンスストアの店内環境とエネルギー消費に関する調査その4 札幌市内CVSの電力消費特性、空気調和・衛生工学会北海道支部 第45回学術講演会、2011.3.17、北海道大学
- (10) 田中優里香、菊田弘輝、羽山広文、環境配慮型コンビニエンスストアの開発に向けた調査研究 その3 冬期における店内温熱環境および電力消費特性、2010年度 日本建築学会大会、2010.9.9～11、富山大学
- (11) 田中優里香、菊田弘輝、羽山広文、積雪寒冷地域におけるコンビニエンスストアの店内環境とエネルギー消費に関する調査 その3 冬期における店内温熱環境および電力消費特性、平成22年度 空気調和・衛生工学会大会、2010.9.1～3、山口大学
- (12) 菊田弘輝、田中優里香、羽山広文、環境配慮型コンビニエンスストアの開発に向けた調査研究 その1 夏期および中間期における店内温熱環境、日本建築学会北海道支部 第83回研究発表会、2010.7.3、室蘭工業大学
- (13) 田中優里香、菊田弘輝、羽山広文、環境配慮型コンビニエンスストアの開発に向けた調査研究 その2 夏期および中間期における電力消費特性、日本建築学会北海道支部 第83回研究発表会、2010.7.3、室蘭工業大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菊田 弘輝 (KIKUTA KOKI)
北海道大学・大学院工学研究院・助教
研究者番号：20431322

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

田中 優里香 (TANAKA YURIKA)
北海道電力(株) (当時：大学院生)
柿元 淳子 (KAKIMOTO JUNKO)
鹿島建設(株) (当時：学部生)
金子 亮平 (KANEKO RYOHEI)
北海道大学・大学院工学院・大学院生