

最後になりましたが、審査の労を賜りました審査員の方々、学会事務局の皆様、ならびに本研究にかかわる議論とご助言をいただいた M. Sandberg 先生をはじめ多くの先生方々に心より感謝の意を表します。

(Lim Eunsu(イム ウンス) 東洋大学)

熱負荷計算における非空調空間の仮定法に関する研究

木本慶介・石野久彌・郡 公子・佐藤 誠・村上周三

〔推薦文〕

本論文は、実務で一般的に使われている熱負荷計算法である単室計算において、計算対象の空調室に隣接する非空調空間から空調室への熱的影響を、理論的かつ精度よく計算できる新たな手法を提案し、建築物総合エネルギーシミュレーションツール The BEST Program(以下、BEST)を用いてこの計算法の精度検証を行った結果、実務上十分な精度を有する実用的な計算法であることを示したものである。

空調室の多くは、外壁を除いた多くの壁面が非空調空間に接している。しかしながら実務では、空調室のみをモデル化して計算を行う単室計算が、その利便性ゆえに一般的な熱負荷計算法として用いられている。この場合、非空調空間の熱的影響を設計者が仮定する必要があるが、経験的に、論理的でない文献値が採用されることが多い。その結果、計算精度があらかったり不正確な計算が行われることがある。

そこで、本論文の第1報では、空調室に隣接する非空調室の外壁、非空調空間、空調室と非空調室の間の内壁を、一つの置換外壁(外壁+中空層+内壁)として一体化し、空調室の外壁とする手法(以下、外壁置換法)を提案している。本手法の特徴としては、熱負荷計算者が一般的なシミュレーションソフトを用いて、外壁面積、日射吸収率、内部発熱といった入力データに換算係数を乗じるだけで、多数室計算とほぼ同等の結果が得られるところにある。ここでの換算はすべて理論に基づいており、非空調室の換気による熱的影響を置換外壁の面積と日射吸収率に等価換算しており、また非空調室の内部発熱による熱的影響を空調室の内部発熱に等価換算している。本手法により、計算精度を保ちつつも熱負荷計算業務の大幅な省力化が可能となる。本手法の精度を検証するために、さまざまな条件のもとでBESTを用いた多数室計算との比較を行っている。その結果、年間熱負荷積算値の誤差は多くのケースで5%

程度であり、また時刻別熱負荷の相関は決定係数 R^2 値がすべてのケースで0.98以上であることを確認し、実務上許容できる範囲であることを示している。

第2報では、外壁置換法の汎用性を高めるために、非空調室の外壁面積、窓面積、換気量、内部発熱量に関する置換係数を導入することで、第1報では課題であった、非空調室の窓からの透過日射がある場合、ならびに非空調室の外壁が複数方位である場合にも適用できる拡張外壁置換法を提案している。この手法に関しても、第1報と同様に、BESTを用いた多数室計算との比較で精度検証を行ったところ、年間熱負荷積算値の誤差は多くのケースで5%程度であり、また時刻別熱負荷の相関は決定係数 R^2 値がすべてのケースで0.95以上であることを確認し、実務上許容できる範囲であることを示している。

以上のように、本論文で示された熱負荷計算における非空調空間の仮定法に関する提案、ならびにその計算精度が高いことを示した検証結果の成果は、空調設計者にとって、業務の大幅な省力化と計算の精度を両立させられる計算法として実用上の価値が高く、今後の空調分野の発展にとって大きな意味を持つものである。

よって、本論文は空気調和・衛生工学会賞論文賞に値するものと認める。

〔受賞の言葉〕

このたびは、“熱負荷計算における非空調空間の仮定法に関する研究”に対し、空気調和・衛生工学会賞論文賞の栄誉を賜りましたこと、誠に光栄に存じます。

空調室の多くは外壁を除いたほとんどの面が非空調空間に接しており、その熱的影響は無視できません。実務における熱負荷計算法では、空調室のみをモデル化し、非空調空間からの熱的影響は、設計者が経験的に仮定する“単室計算”が一般的です。しかし、仮定値ゆえに、計算精度は粗いという課題が存在します。一方、BESTなどの熱負荷計算プログラムの進歩により、複数の隣接空間の相互影響を含めた多数室の熱負荷計算が可能になりました。しかし、設計者が非空調室を含む全部屋をプログラムに入力する必要があり、大幅に作業が増加するという課題も存在します。本研究では、単室計算により、非空調室の影響を理論的かつ精度よく計算可能な手法の構築を目指しました。

第1報では、非空調室の定常熱平衡式、空調室への内壁貫流熱負荷の算定式を用い、空調室に隣接する非空調室の外壁、非空調空間、空調室と非空調室の間の内壁を、一つの置換外壁(外壁+中空層+内壁)として一体化し、空調室の外壁とする“外壁置換法”を提案しました。

第2報では、第1報で構築した外壁置換法の理論式を拡張し、窓からの透過日射の計算などを可能とし、汎用性を

高めました。また、サイドコアオフィスモデルに精度検証を行い、多数室計算と同等の精度を有することを示しました。

以上のように、外壁置換法の構築により、空調室のみの入力である単室計算で、多数室計算のような非空調室の室温変動要因を考慮した精度のよい結果を求められることを示しました。今後、本論文にて構築した手法が、空調設計者が熱負荷計算を行うにあたり、実務上有用な手法の一つとなれば幸甚に存じます。

末筆になりましたが、審査の労を賜りました審査員の方々、学会事務局の皆様、ならびに本研究に関してご支援いただいた皆様方に心より感謝の意を表します。

〔木本慶介 (株)大林組〕

固体酸化物形燃料電池による家庭用熱電併給システムの寒冷地利用に関する研究

武田清賢・濱田靖弘・高橋功多・中村 充・板野愉朋

〔推薦文〕

本論文は、寒冷地における固体酸化物形燃料電池(SOFC)を適用した家庭用熱電併給(CHP)システムの導入効果に関する実験と解析を行った研究成果であり、システムの基本性能試験結果、実機システムを用いた実証実験結果、さらにエネルギー需要特性と導入効果解析結果についてまとめたものである。

SOFCシステムについては、実証実験・解析評価、耐久性評価など多数の研究があるが、CHPシステムへのSOFCの適用など、より商用に近い段階の実証機における部分負荷特性・負荷追従性・起動停止特性などを明らかにした研究や実機システムを用いたモード試験結果などの評価を行った研究は今までにない。本論文で示された研究成果はCHPシステムを実住宅に導入する際の最適機器選定を目的として、SOFC適用の際の一次エネルギー削減量を最大とする運用データとして応用性は高く、工学有用性の高いテーマである。

本論文の特徴は、実証実験において既往のエネルギー調査などで得られた札幌地区の実負荷データを利用し、改正省エネルギー法における電力・給湯負荷やNEDO、NEFの負荷実測結果などと比較し、電力負荷と給湯負荷のバランスについて寒冷地で現実的にあり得る負荷を考慮し、なるべく幅広い負荷特性を札幌の代表世帯として10世帯選定し実験し、解析モデルの整合性を確認したうえで、年間エネルギー解析し導入効果を考察した点にある。

本論文では、基本性能を明らかにしたうえで寒冷地戸建て住宅における実負荷条件下で、いずれの条件下においても、高い一次エネルギー削減効果があることを確認している。さらにSOFC、CHPシステムの数値解析を実施し、実証実験結果に対し、比較的高い再現性が得られることを確認し、導入効果の年間計算を行い一次エネルギー削減量を明らかにした。また、比較として固体高分子形燃料電池(PEFC)を取り上げ数値解析を実施した結果、寒冷地において電力・給湯負荷バランスに影響されずほぼすべての世帯でSOFCが一次エネルギー削減量の観点で最適となると結論づけている。

以上のように、本論文で報告された、システムの基本性能試験結果、実機システムを用いた実証実験結果、さらにエネルギー需要特性と導入効果解析結果などの成果は、今後の寒冷地の住宅へSOFCをCHPシステムに導入する際に実運用方法や省エネルギー化に大きく寄与するものである。

よって、本論文は空気調和・衛生工学会賞論文賞に値するものと認める。

〔受賞の言葉〕

このたびは、「固体酸化物形燃料電池による家庭用熱電併給システムの寒冷地利用に関する研究」に対し、空気調和・衛生工学会論文賞の栄誉を賜りましたことを誠に光栄に存じます。

近年、省エネルギーや系統電力の補完・エネルギーセキュリティの観点から、分散型電源が注目を浴びております。とりわけ、家庭用熱電併給システムの普及が進んでおり、昨年度には家庭用燃料電池システムの累積販売台数が15万台を突破しました。これらの機器は、近年増加傾向にある民生部門の消費エネルギーを削減するうえで重要な役割を果たすと考えます。そこで、本論文では次世代の高効率な固体酸化物形燃料電池(SOFC)に着目し、実験により基本性能を、解析により年間の一次エネルギー削減量を明らかにし、他の熱電併給機器との違いを示しました。

実験においては、部分負荷効率・負荷追従特性・起動停止特性を明らかにしました。こうした機器については、カタログ等で公表されている定格効率だけでは省エネルギー性の評価が出来ないため、上記の基本性能を明らかにすることが重要です。

また、実機の使用条件に近い状態での運転挙動を明らかにするために、改正省エネルギー法で定める負荷および実住宅の負荷において試験を実施しました。

そのうえで、前述の基本性能試験の性能値を用いて解析を実施しました。解析の妥当性を確認するために、試験負荷モードにおける実験結果と解析結果を比較し、解析精度