

建築研究資料

Building Research Data

No. 191

April 2019

業務用コージェネレーション設備の 性能評価手法の高度化に関する研究

Research on Improvement of Performance Evaluation Method of
Cogeneration Systems in Commercial Buildings

住吉大輔、岡本洋明、中村美紀子、鶴崎敬大、
宮田征門、澤地孝男、桑沢保夫

Daisuke SUMIYOSHI, Hiroaki OKAMOTO, Mikiko NAKAMURA, Takahiro TSURUSAKI
Masato MIYATA, Takao SAWACHI, Yasuo KUWASAWA

国立研究開発法人 建築研究所

Published by

Building Research Institute

National Research and Development Agency, Japan

はしがき

喫緊の課題である建築物の省エネルギー化を達成するためには、建築物を設計した時点でエネルギー消費量を評価し、より適切な設計に誘導していくことが重要である。これを実現することを目指して、建築研究所では、個別研究開発課題として「建築物の環境性能に配慮した省エネルギー性能の評価に関する研究（平成 28 年～平成 30 年）」を行い、非住宅建築物の省エネルギー基準に適用可能な一次エネルギー消費量を指標とする総合的評価方法の開発を行っている。しかし、現状の評価方法においては、電力と熱を同時に生産し供給するコージェネレーション設備（CGS）については、年間の燃料消費量と発電・発熱量の収支により省エネルギー効果を算出する簡便な評価方法となっており、機器の細かな特性の差を評価することができない。実際には、CGS はその機器の特性に応じて、時々刻々変動する熱や電力の需要量に追従して稼働するため、これらの時刻別の挙動を勘案したうえで評価をすべきであり、また、東日本大震災後、より高性能・高機能な CGS の開発及び導入が進んでいるため、評価法を高度化する必要がある。

この課題を解決するために、国土交通省建築基準整備促進事業の調査事項「E8 業務用コージェネレーション設備の性能評価手法の合理化に関する検討（平成 28～29 年度）」を実施した事業主体（国立大学法人九州大学、株式会社住環境計画研究所）との共同研究を実施した。建築研究所はこの共同研究で、調査研究の計画策定、研究成果の取りまとめに関して主たる役割を果たした他、個別の実験・調査等に関する事業主体とともにやり取りを行い、最終的に CGS のエネルギー消費性能の評価手法を提案している。

本資料は、上記の建築基準整備促進事業「E8 業務用コージェネレーション設備の性能評価手法の合理化に関する検討」において、平成 28 年度～29 年度の 2 カ年で実施した調査報告書を再構成し、2 年間の調査内容全体がよりわかりやすくなるように取りまとめたものである。本資料では、実物件における CGS の運転データの分析結果や、一次エネルギー消費量の評価ロジック及びその根拠が具体的に記載されている。本資料が、省エネルギー基準をよりよく理解するうえで、また、省エネルギー性能の優れた建築物を設計するうえで役立てられることを期待する。

平成 31 年 4 月
国立研究開発法人建築研究所
理事長 緑川 光正

業務用コージェネレーション設備の性能評価手法の高度化に関する研究

住吉大輔^{*1}、岡本洋明^{*2}、中村美紀子^{*2}、鶴崎敬大^{*2}
宮田征門^{*3}、澤地孝男^{*4}、桑沢保夫^{*4}

概 要

電力と熱を同時に生産し供給するコージェネレーション設備（CGS）は総合エネルギー効率が高く、建築物の省エネルギー化のための重要な技術の1つであるが、現状の省エネルギー基準では、年間の燃料消費量と発電・発熱量の収支により省エネルギー量を算出する簡便な評価方法を取っており、機器の細かな特性の差を評価することができない。そこで、本研究では、ガスエンジンコージェネレーション等のCGS及びその周辺機器を対象として、時々刻々の熱負荷の変化及びエネルギー消費特性の変化を考慮したエネルギー消費性能の評価手法を構築することを目的とする。まず、計算法構築にあたって必要となるCGSの情報を整理するため、実物件においてシステムのエネルギー消費特性を計測し、また、CGSの運転実態を把握するためのヒアリング調査を行った。次に、この調査結果を基に、CGSの一次エネルギー消費量を時々刻々計算する方法を開発し、実運転データを使用して構築した計算法の推定精度を検証した。

国立大学法人九州大学^{*1}、株式会社住環境計画研究所^{*2}
国土技術政策総合研究所^{*3}、国立研究開発法人建築研究所^{*4}

※ 所属は研究終了時点（平成30年3月）

Research on Improvement of Performance Evaluation Method of Cogeneration Systems in Commercial Buildings

Daisuke SUMIYOSHI^{*1}, Hiroaki OKAMOTO^{*2}, Mikiko NAKAMURA^{*2},
Takahiro TSURUSAKI^{*2}, Masato MIYATA^{*3}, Takao SAWACHI^{*4}, Yasuo KUWASAWA^{*4}

ABSTRACT

The cogeneration system (CGS) that simultaneously produces and supplies electricity and heat is one of the important technologies for energy conservation of commercial buildings because of its high total energy efficiency, but the present building energy standard cannot evaluate the difference in the detailed characteristics of the equipment. Therefore, this research develops a new evaluation method of energy consumption performance of CGU and its auxiliary equipment considering the change in the heat load and the change in the energy efficiency characteristics. First, in order to collect information on CGS required for development of the calculation method, we measured the energy consumption characteristics of the system in actual buildings and also conducted a survey to ascertain the actual condition of CGS operation. Based on the results of this survey, we developed a method to calculate hourly energy consumption of CGS and verified the accuracy of the developed calculation method using the actual operation data.

Kyushu University^{*1}, Jyukankyo Research Institute Inc.^{*2}

National Institute for Land and Infrastructure Management^{*3}, Building Research Institute^{*4}

目 次

第 1 部	本研究の目的と概要.....	1
1-1.	本研究の目的.....	1
1-2.	本研究の概要.....	1
1-3.	研究実施体制.....	5
1-4.	本書の構成.....	5
1-5.	業務用コージェネレーション設備の国内導入状況.....	7
第 2 部	業務用コージェネレーション設備の エネルギー消費量の計算法の提案	13
2-1.	CGS の性能評価の高度化に向けた既存プログラムの課題と本研究の目標.....	13
2-2.	ベースプログラムの構築.....	16
2-3.	エネルギー消費量計算プログラムの概要.....	45
2-4.	計算プログラムの精度検証.....	47
第 3 部	業務用コージェネレーション設備の 設計・管理・運用に関する実態調査	53
3-1.	システム制御手法、管理実態、運用状況等に関する調査.....	53
3-2.	機器設計・建築設計における CGS の設計思想に関する調査.....	69
第 4 部	業務用コージェネレーション設備の実働性能解析.....	75
4-1.	実稼働性能解析のための実測調査.....	75
4-2.	業務用コージェネレーション設備の実働性能解析に向けた基礎分析	90
4-3.	業務用コージェネレーション設備の実働性能解析に向けた詳細分析	125

第5部	調査・検討より得られた成果.....	207
5-1.	調査結果の要旨.....	207
5-2.	当初設定した課題に対する成果と今後の課題.....	213
第6部	参考資料.....	217
6-1.	検討委員会及びワーキング開催概要.....	217
6-2.	CGS シミュレーションプログラム仕様書.....	221
6-3.	アンケート調査票.....	253
6-4.	アンケート単純集計結果.....	259
6-5.	ヒアリング項目.....	263
6-6.	ヒアリング結果シート.....	267
6-7.	実測データ分析シート.....	295

用語の定義

用語	解説
CGU	業務用コージェネレーション設備の略。業務用コージェネレーション設備の本体をいう。
CGU 補機	業務用コージェネレーション設備本体の補機をいう。
CGS	業務用コージェネレーション設備を含むシステムの系統全体をいう。
RHA	排熱投入型吸収冷温水機の略。排熱投入型吸収冷温水機の本体をいう。
負荷率	本報告書内では業務用コージェネレーション設備（CGU）と排熱投入型吸収冷温水機（RHA）の負荷率をいう。 $\text{CGU} : \frac{\text{発電量}}{\text{定格発電量}}$ $\text{RHA} : \frac{\text{処理熱量}}{\text{定格冷房能力}}$
発電出力	単位時間当たりの発電エネルギー量 ※単位は主に kW
発電量	月間、年間など、ある期間内発電したエネルギー量の総量 ※単位は主に kWh
有効排熱出力	単位時間当たりの排熱回収したエネルギー量
定格発電量	CGU の定格運転時の発電量をいう。JIS B 8122 に規定される性能試験方法による
定格排熱回収量	CGU の定格運転時の排熱回収量をいう。JIS B 8122 に規定される性能試験方法による
定格発電効率	CGU の定格運転時の発電効率をいう。JIS B 8122 に規定される性能試験方法による
定格排熱回収効率	CGU の定格運転時の排熱回収効率をいう。JIS B 8122 に規定される性能試験方法による
有効排熱回収量	CGU から回収された排熱回収量のうち排熱利用機器にて消費された熱量の総量をいう。
余剰排熱	CGU から回収された排熱のうち放熱用の冷却塔やラジエータ等の設備から放熱された排熱をいう。
補機消費電力	CGU がガスエンジンの場合：CGU 補機、温水循環ポンプ、冷却塔ポンプ、冷却塔ファン、冷却塔ヒーターの消費電力をいう。 CGU がマイクロガスエンジンの場合：CGU 補機、温水循環ポンプの消費電力をいう。
COP（排熱込み）	RHA の投入排熱量を加味した COP をいう。 $\frac{\text{冷凍能力または加熱能力}}{\text{(ガス消費量+投入排熱量)}}$

	<p>なお、JIS B8622 に定義される吸収式冷温水機の COP には分母に消費電力が含まれるが、ここでは含まないものとしている。</p>
COP (ガスのみ)	<p>RHA のガス消費量のみで評価した COP をいう。</p> $\frac{\text{冷凍能力または加熱能力}}{\text{ガス消費量}}$ <p>なお、JIS B8622 に定義される吸収式冷温水機の COP には分母に消費電力が含まれるが、ここでは含まないものとしている。</p>
発電効率	<p>CGU の発電効率をいう。</p> $\frac{\text{発電量}}{\text{ガス消費量}}$
ガス消費量	<p>高位発熱量基準による機器のガス消費熱量をいう。</p>
排熱利用量	<p>CGU の排熱回収量のうち、排熱利用機器において消費された熱量をいう。</p>
有効排熱回収効率	<p>CGU の余剰排熱分を含まない排熱回収効率をいう。</p> $\frac{\text{排熱利用量}}{\text{ガス消費量}}$
総合効率	<p>CGU の総合効率をいう。</p> $\text{発電効率} + \text{排熱回収効率}$
システム総合効率	<p>CGS の総合効率をいう。</p> $\text{発電効率} + \text{有効排熱回収効率}$
補機消費電力割合	<p>発電出力に対する補機消費電力の比をいう。</p> $\frac{\text{補機消費電力}}{\text{発電出力}}$
補機消費電力量割合	<p>発電量に対する補機消費電力量の比をいう。</p> $\frac{\text{補機消費電力量}}{\text{発電量}}$
CGS 発電寄与率	<p>CGS 発電量と受電量の合計に対する CGS 発電量の比をいう。</p> $\frac{\text{発電量}}{(\text{発電量} + \text{受電量})}$
電力換算係数	<p>CGU の発電量を MJ 換算する際の係数をいう。 3.6MJ/kWh</p>
排熱投入可能量	<p>RHA へ投入可能な CGS からの排熱回収量をいう。</p>
排熱投入可能率	<p>RHA の必要熱量に対する投入可能な CGU 排熱回収量の比をいう。</p>
カタログ値	<p>機器メーカーが発行する機器の製品カタログや技術資料等に記載されている機器の仕様値または性能特性値をいう。</p>
起動動作段階	<p>待機段階から発電を開始し安定的に発電および排熱出力が得られるようになるまでの過渡的な段階。起動動作の開始時刻は、発電出力、排熱出力、ガス消費量のいずれかが 3kW を超え動作を開始する時刻としている。起動動作の終了時刻は、発電出力、排熱出力、ガス消費量の全てが概ね定格出力に到達</p>

	する時刻としている。
停止動作段階	CGU から安定的に発電および排熱が得られている状態から発電出力が低下し始め、発電出力 0kW の待機段階となるまでの過渡的な段階。停止動作の開始時刻は、発電出力、排熱出力、ガス消費量のいずれかが定格出力を下回る時刻で、停止動作終了時刻は発電出力、排熱出力、ガス消費量の全てが 3kW を下回り動作を停止する時刻としている。
η_{start}	<p>発電出力、排熱出力、ガス消費量それぞれにおいて、起動動作時間中における積算出力の定格出力に対する割合をいう。</p> $\frac{\text{起動動作時間中の積算出力}}{\text{起動動作時間} \times \text{定格出力 R}}$ <p>※定格出力 R=CGU1 台のカタログ値×CGU 稼働台数としている。</p>
η_{stop}	<p>発電出力、排熱出力、ガス消費量それぞれにおいて、停止動作時間中における積算出力の定格出力に対する割合をいう。</p> $\frac{\text{停止動作時間中の積算出力}}{\text{停止動作時間} \times \text{定格出力 R}}$ <p>※定格出力 R=CGU1 台のカタログ値×CGU 稼働台数としている。</p>
排熱温水出口温度過 低制御	排熱温水温度が過度に低下することを防止するための三方弁により投入排熱量を制御する仕組みをいう。※なお、RHA メーカーヒアリングによると標準仕様ではないとのことである。
ベースプログラム	CASCADE IIIを参考として作成した CGS の省エネルギー効果を算定するシミュレーションプログラム

