

**平成28年度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 性能評価手法の高度化に関する検討**

**平成29年4月20日(木)**

**場所:すまい・るホール**

**事業実施主体:九州大学大学院人間環境学研究院 住吉研究室**

**株式会社 住環境計画研究所**

**共同研究:国立研究開発法人 建築研究所**

## 事業の背景と目的

- 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（CGU）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。
- 現在、建築物省エネ法に基づく告示においては、CGUの排熱利用システムを含むコージェネレーション設備（CGS）の省エネルギー効果は年間積算値をベースとして評価され、この方法では機器の細かな性能の差を評価することはできない。

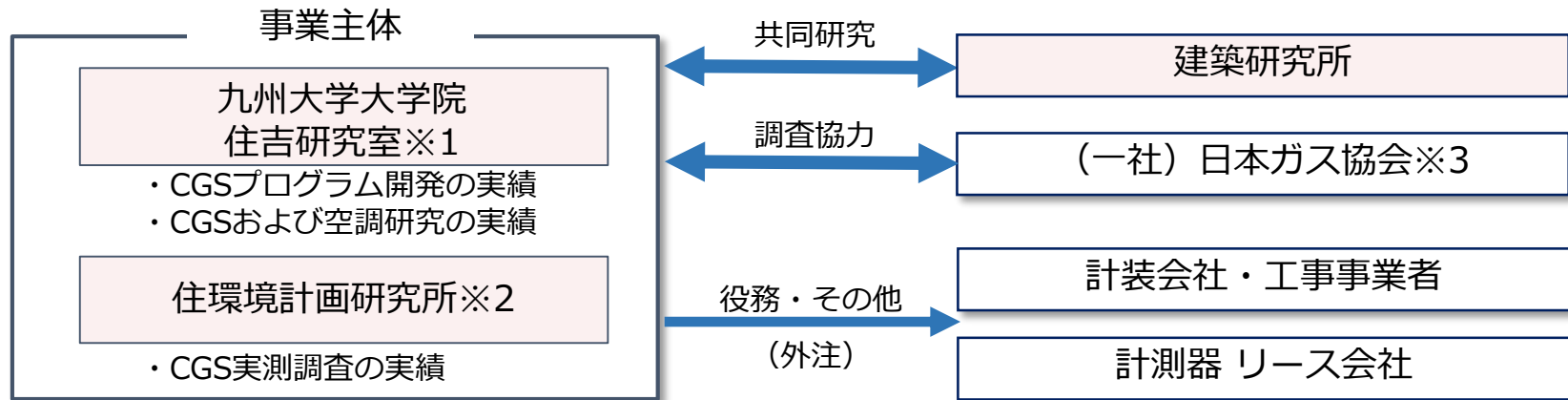


本調査は、CGSを構成するガスエンジンコージェネレーションや燃料電池等のCGU及びその周辺機器を対象として、時々刻々の熱負荷の変化及びエネルギー消費特性の変化を考慮したエネルギー消費量の計算法を構築することを目的とする。

また、実物件において実測調査を行い、開発した計算法の精度を検証し、現行の評価手法に反映させるための検討を行う。

# 調査の実施体制

## ■ 事業実施主体 ■



調査の進捗や検討事項の内容を定期的に共有し、外部有識者や委員らの御意見および評価をいただくことにより、事業実施主体の知見及び技術のみによらない、幅広い御意見等を踏まえた検討成果とする

## ■ 検討体制 ■

**有識者検討委員会**

◇有識者委員への業務進捗報告、意見収集  
(年2回程度開催)

**ワーキンググループ**

◇事業内容検討、進捗確認  
(年5回程度開催)

**幹事会**

◇事業内容検討、準備・調整  
調査・分析・検討  
(月1回程度開催)

※1 (一社) 日本サステナブル建築協会に設置されている建築物新省エネ基準検討委員会コーディネーションタスクグループで主査代理を務める。本調査では、実測準備・調査、計算ロジックの構築、実測値と評価値の照合等を担当。

※2 民生部門のエネルギー政策等に係る事業に数多く従事。本調査では、コージェネの運転状況等把握のためのアンケート調査、ヒアリング調査、実測準備・調査、実測データの精査・取り纏めを担当。

※3 コージェネレーション設備に関する知見とノウハウを数多く保有。ヒアリング調査及び実測調査に関し、対象物件の選定等への協力ならびに実測データ等の分析・評価法構築に向けた検討に協力。

## 事業の概要

CGU及びその周辺機器を対象としたエネルギー消費量の計算法を実測による**実働性能解析を基に構築**することを目的に、調査内容（イ）（ロ）に対して以下のとおり提案する。

### （イ）エネルギー消費量計算法の開発

現在、省エネ基準に基づく非住宅のエネルギー消費性能を計算するWEBプログラムでは、（公社）空気調和・衛生工学会のCASCADEⅢ等で計算した数値を用いることとされている。このCASCADEⅢをベースに、建築物省エネ法に基づく告示対応のWEBプログラムへのロジックの内蔵を目的として九州大学住吉研究室で開発中のコージェネレーション計算プログラムを発展させ、様々なシステムに対応できる汎用性のあるプログラムを開発する。開発のポイントは以下の4点である。

制御モデル  
の構築

補機動力計算  
の精緻化

負荷追従特性  
の高度化

負荷と機器挙動  
の適正化

### （ロ）実測調査に基づくエネルギー消費量計算法の精度検証

（イ）で行う性能評価手法の構築に資する実測データを収集するため、実物件でのエネルギー消費特性に関する実態把握を行う。実測のポイントは以下の3点である。

ヒアリング  
による実態把握

データによる  
実働性能解析

ロジックの  
精度検証

# 調査フロー

調査内容 (イ)

調査内容 (ロ)

## 1. CGSプログラムの作成、改良

## 2. CGSの運転実態把握調査

## 3. CGSの主機及び補機等の実測調査

プログラムの構築

データ解析

制御モデル  
検討

負荷追従  
特性

補機動力  
解析

機器挙動  
解析

精度検証  
・改良

プログラム仕様書作成

調査対象物件の選定

アンケート

ヒアリング

制御手法・管理実態の  
とりまとめ

計測対象物件の選定  
計測点検討、計測準備

BEMS

計測器  
設置

データ  
収集

中間期  
冬期

中間期  
夏期

業務用コージェネレーション設備の性能評価法の提案

# エネルギー消費量の計算法の開発

目的：空気調和・衛生工学会コージェネレーション評価プログラム「CASCADE III」をベースにCGS計算プログラムを開発し、様々な建物に対応できる汎用性のある計算ロジックを構築する。

## ■ CASCADE IIIの課題と本事業で目指すところ

### <CGUの本体特性について>

- CGU機器のカタログに示されている発電効率特性や排熱回収効率特性が、実態としての実働効率と一致しているか検証が必要。
- 本事業において実測データを取得し、カタログ特性が実働効率と一致しているかを検証し、的確な評価が行えるようカタログ特性の補正方法などを検討する。

### <補機特性について>

- CASCADE IIIでは補機電力が発電量の5%と定義され、固定となっているが、実態として5%の妥当性は検証されていない。また、余剰排熱の放熱用機器（冷却塔あるいはラジエーターファン）の電力は補機電力に含まれているが、余剰排熱の有無にかかわらず発電量に対して一定の補機電力となっている。
- 本事業において実測データを取得し、補機電力の割合や待機電力も含めた変動について検証する。併せて、冷却塔あるいはラジエーターファンの電力についても把握し、これらの的確な評価が行えるよう補機電力の評価方法を検討する。

### <CGSの運転制御について>

- CASCADE IIIでは運転スケジュールをユーザーが入力して与えるが、設計段階でCGSの性能評価を行うためには、ユーザーが意図的に決めることができるユーザー入力の運転スケジュールを用いない方法が望ましい。
- 本事業におけるアンケート調査やヒアリング調査によって、運転スケジュールの標準化について検討する。

### <関連機器の特性について>

- CASCADE IIIでは、排熱利用の計算において機器効率は常に一定で負荷の使用先の決定が単純化されている。
- 排熱投入型吸収式冷温水器の排熱投入可能量について、排熱温度による影響を考慮していない。
- 上記2点について、排熱利用時の温度条件が機器や熱利用の効率に影響している可能性があるため、本事業において実測データを取得して、排熱の取出温度と利用状況の関係を評価する。また、ヒアリング調査により実態としてどの程度の温度で排熱が利用されているかを調査し、評価すべき排熱の利用温度帯を明らかにする。

# エネルギー消費量の計算法の開発

## ■ベースプログラム概要■

- CASCADEⅢを参考として、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（以下、ベースプログラム）の開発を行った。ベースプログラムは、CASCADEⅢ相当の計算を行うためのものであり、本事業で得られた知見に基づく改良を加え、最終的なCGSのエネルギー消費量計算法の構築を行うためのベースとなるものである。
- ベースプログラムの仕様書は現時点で考案している計算方法をまとめたものであり、今後実測値を用いた精度検証等を経て、計算方法自体や使用している各種パラメータを変更していくことでより精度の高い計算方法を目指す。
- 本プログラムは入力の簡略化を行いながら一般的なCGS性能評価が可能なプログラムを目指す。給湯、暖房、冷房の各種熱負荷と電力負荷及びCGU機器仕様や冷熱源機器仕様などの設定値を入力し、供給可能電力量、ガス消費量、負荷削減量を出力する。

表1 ベースプログラムとCASCADEⅢの相違点

		CASCADEⅢ	ベースプログラム
精緻化	CGU発電・排熱回収効率	デフォルト値	カタログ値より負荷率100%、75%、50%時の効率を入力し、近似式により計算
	電力・熱需要	用途別のデフォルト値	負荷データを入力 冷熱負荷から排熱利用冷熱源機器の温水需要をベースプログラム内で計算
	吸収冷温水機等の冷熱機器効率	デフォルト値を使用した単純計算	機器仕様を入力し、計算
	温熱不足時のボイラ効率	デフォルト値を使用した単純計算	プログラムの中で計算
入力の標準化	制御方法	電主、熱主など選択可	採用が多い電主運転に限定
	運転時間	運転開始時刻、終了時刻、土日運転有無を入力	負荷データを基に時間毎にON/OFFを判定

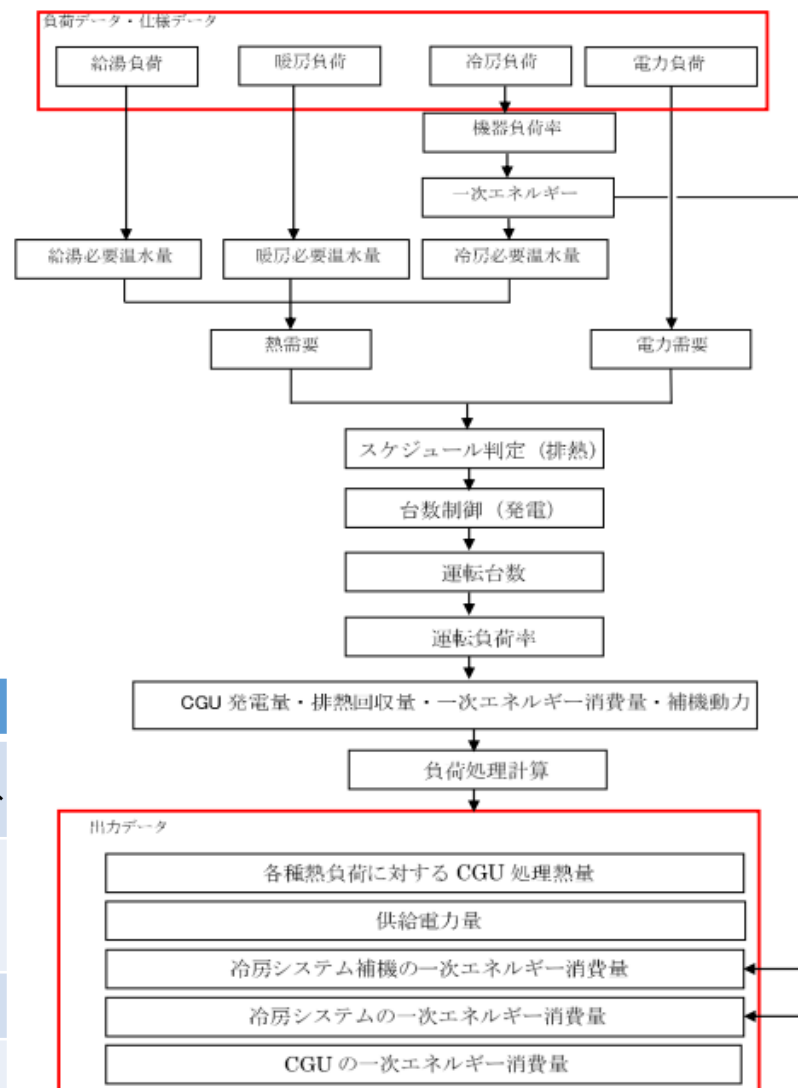


図1 開発したベースプログラムの計算フロー



# プログラム仕様書と動作確認

## ■ベースプログラムの仕様書と動作確認

- 作成した仕様書は計算に必要な数式を順に記載しているものとなっている。
- 仕様書に基づく計算プログラムを構築し、動作確認を行った。

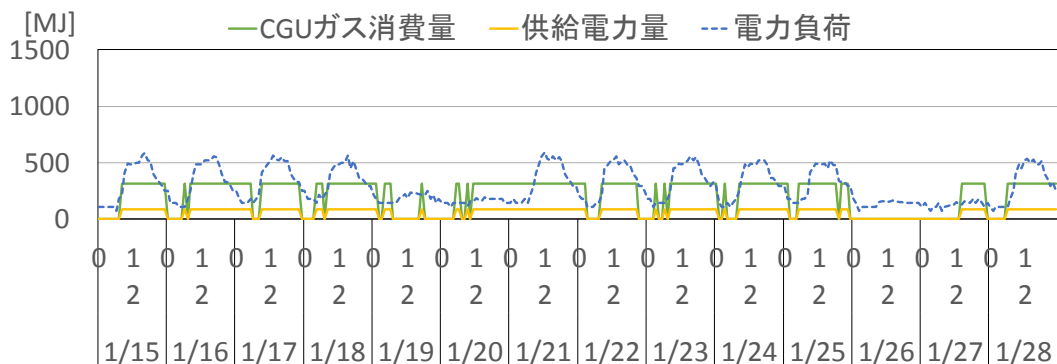


図2 冬季代表週 供給電力量・ガス消費量

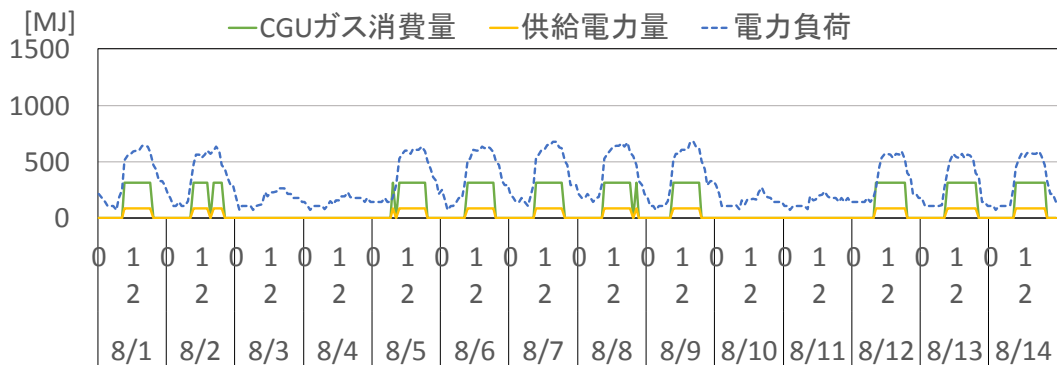


図3 夏季代表週 供給電力量・ガス消費量

### 4.8 CGS 運転負荷率

#### 4.8.1 入力変数

記号	意味	単位	参照
$I_{numope,I,d}$	CGS機種群Iの日付dにおける運転台数	無次元	計算値(4.7)
$E_{demandgene,I,d}$	CGS機種群Iの日付dにおける発電電力負荷	kWh	計算値(3.13)
$E_{I,J,rated}$	CGS機種群Iに属する機種Jの発電機容量	kW	設定値(2.1)
$T_{CGS,I,d}$	CGS機種群Iの日付dにおける運転時間	無次元	計算値(3.3)
$R_{gene}$	日運転時間補正係数	無次元	設定値(2.2)

#### 4.8.2 出力変数

記号	意味	単位
$L_{i,j,d}$	機種群Iに属する機種Jの日付dにおける各発電機の運転負荷率	無次元

#### 4.8.3 定数

記号	意味	単位	値

#### 4.8.4 算出方法

機種群Iに属する機種Jの日付dにおける各発電機の運転負荷率 $L_{i,j,d}$ は次式で求める。

(1)  $I_{numope,I,d} = 0$  の場合

$$L_{i,j,d} = 0$$

(2)  $I_{numope,I,d} \neq 0$  の場合

$$a) \frac{E_{demandgene,I,d}}{E_{I,J,rated} \times I_{numope,I,d} \times T_{CGS,I,d} \times R_{gene}} > 1 \text{ の時}$$

$$L_{i,j,d} = 1$$

$$b) \frac{E_{demandgene,I,d}}{E_{I,J,rated} \times I_{numope,I,d} \times T_{CGS,I,d} \times R_{gene}} \leq 1 \text{ の時}$$

$$L_{i,j,d} = \frac{E_{demandgene,I,d}}{E_{I,J,rated} \times I_{numope,I,d} \times T_{CGS,I,d} \times R_{gene}}$$

図4 仕様書記載例



# 業務用コージェネレーション設備の管理・運転実態－アンケート調査

目的：CGSの評価プログラムの精度向上に向けて、評価においておさえるべきCGUの対象範囲や、計算にあたっての標準的な運転スケジュールの設定など、与条件の検討に資するデータを整備する。

## ■ 調査概要 ■

公表資料等を参考に、CGUを導入している事業所を約180件リストし、アンケート調査票を送付。

- 調査票配布数：187件
- 調査票配布方法：郵送
- 発送期間：平成28年8月3日～5日
- 回収件数：84件（有効回答率44.9%）

表2 主な調査項目

施設概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>CGU導入施設の建物用途</li> <li>CGU排熱利用施設の延床面積</li> <li>契約電力、最低買電量</li> </ul>
設備概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>CGUの仕様（発電容量、台数）</li> <li>燃料種</li> <li>排熱の取り出し方、排熱の使い方</li> <li>貯湯槽容量</li> <li>設置場所</li> </ul>
運転状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>CGUの運転時間・スケジュール</li> <li>CGUの導入目的</li> <li>電力ピークカットの条件</li> <li>発電量の制御方法</li> <li>運転台数の決め方</li> </ul>

## ■ 調査対象の属性 ■

- 地域は関東、近畿、東海の順に多く、これら3地域で全体の80%以上を占める。
- 延床面積のボリュームゾーンは2万～5万m<sup>2</sup>である。
- 建物用途は病院（単独）が最も多く、病院、事務所、学校（複合含む）で全体の67%を占める。一方、既存資料<sup>1)</sup>と比較すると、スポーツ施設、飲食施設、ホテル等の割合が少ない。

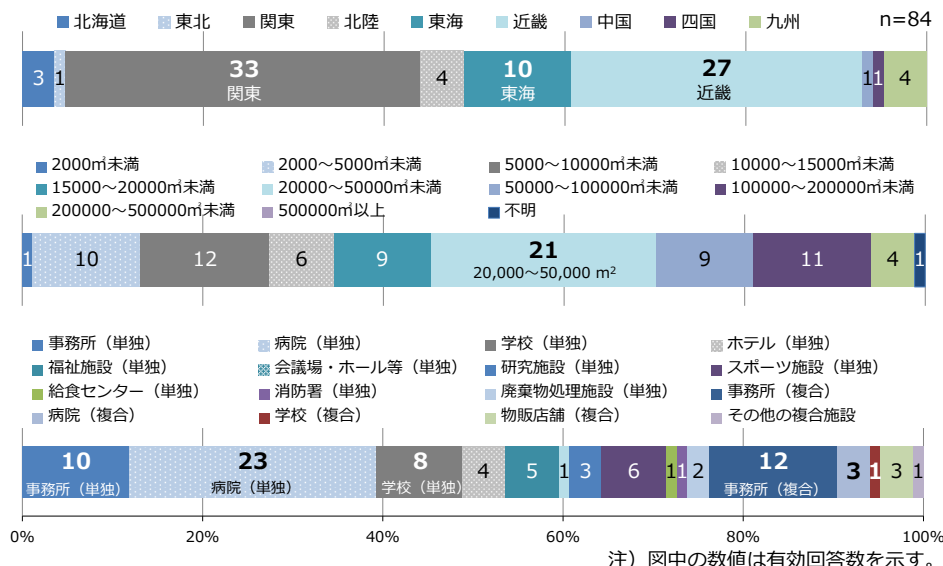


図5 地域・延床面積・建物用途の構成比  
（上：地域 中：延床面積 下：建物用途）

参考資料1) 一般財団法人コージェネレーション・エネルギー高度利用センター「コージェネレーション白書 2016」

# 業務用コージェネレーション設備の管理・運転実態－アンケート調査

## ■ 調査結果 ■

- 延床面積と CGU 容量および契約電力の関係 (左図)
- CGU 容量と延床面積の相関は、契約電力と延床面積の相関ほど明確ではない。
- 総電力 (契約電力と CGU 容量) に占める CGU 容量の割合 (CGU 容量比) の最大値と最小値はそれぞれ 66.7%および 2.8%で、70%を上回る物件は確認されていない。
- 用途別CGU稼働率 (右図)
- 多くの建物で夏期および冬期の9時～17時の時間帯は運転が行われているが、ピーク時間帯や停止時間帯等を見ると、CGU稼働率には建物用途ごとに特徴が見られる。
- 平均稼働率は中間期および休日に低めとなっている。

- CGU 運転スケジュールの変更頻度とその判断基準の関係
- 年間を通じて同じスケジュールで運転している物件が全体の半数、うち、予め定められた運転時間帯で運転している物件がおよそ半数である。
- 運転スケジュールを一年の中で見直す機会を設けている物件では、その頻度は季節ごとであるケースが多く、熱需要もしくは電力需要を判断基準としているものがほとんどである。
- 小規模容量の CGU を導入している物件は、運転スケジュールが年間を通じて同じである傾向が見られる。

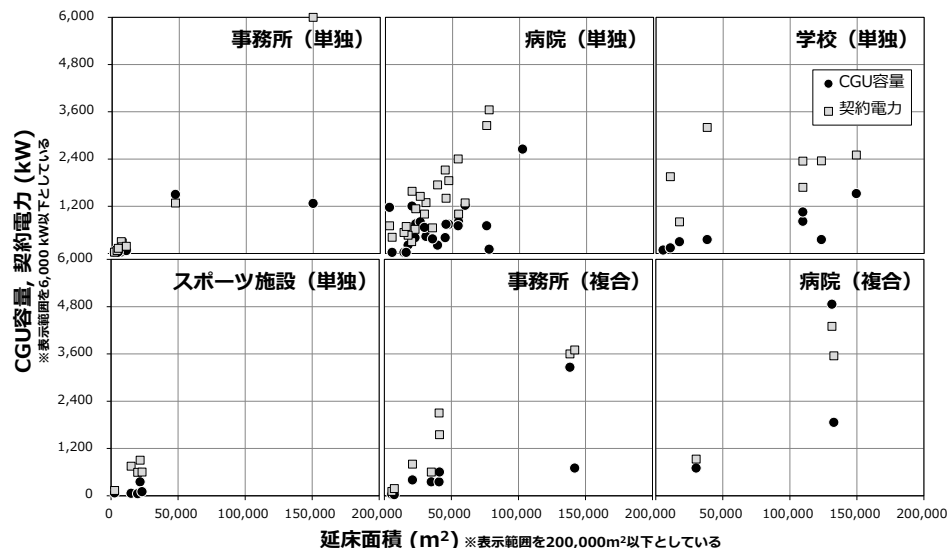


図6 延床面積と CGU 容量および契約電力の関係

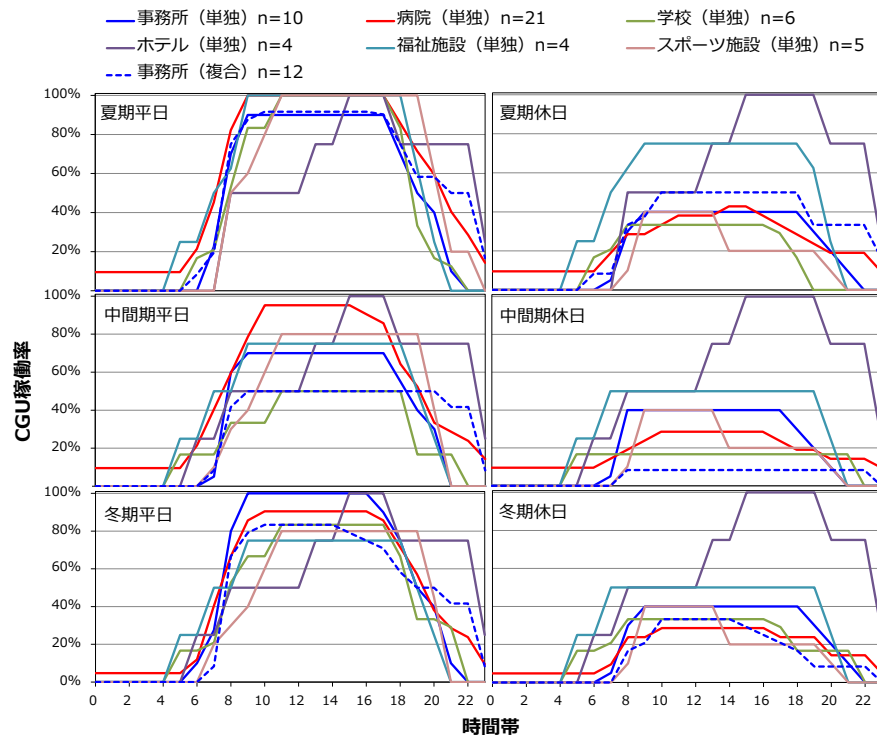


図7 建物用途別時間帯別 CGU 稼働率  
(左：平日 右：休日／上：夏期 中：中間期 下：冬期)

# 業務用コージェネレーション設備の管理・運転実態－ヒアリング調査

目的：CGS 導入物件の施設管理者に対して実施し、アンケート調査では得られなかった CGS のスケジュール設定に関する考え方、台数制御の方法等の制御手法、管理者の業務内容、メンテナンス等の管理実態およびシステム構成を把握する。

## ■ 調査概要 ■

- 前述のアンケート調査結果を基に、ヒアリング対象施設を選定。訪問先は13件（制御方法等を工夫している物件を意図的に抽出）。
- 施設管理者を訪問してヒアリングを実施。システム構成について重点的にヒアリングを行い、当該施設固有の制御方法などがある場合は、その点を詳細にヒアリング。
- ヒアリング後、調査内容を踏まえながら実際のシステムをウォークスルー調査を実施。

表3 主な調査項目

制御概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 排熱利用先</li> <li>・ 優先順位</li> <li>・ 最低買電量</li> <li>・ 運転管理者と管理業務</li> <li>・ 負荷制御方式</li> <li>・ 台数制御方式</li> <li>・ スケジュール設定方法</li> </ul>
設備概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 貯湯槽設置方式</li> <li>・ システム構成（排熱利用機器接続方式）</li> </ul>

- ヒアリング結果一覧は13ページに記載。

## ■ 主な調査結果（1）：制御に関する分析

- 排熱利用先として主要なものは冷房・暖房・給湯であり、冷房が最優先される傾向。給湯負荷の大きい建物では給湯を最優先。
- 冷房に排熱を利用する場合は排熱利用機器として排熱投入型吸収冷温水機（以下RHA）が導入されている。こちらについても重点的に分析が必要。
- 負荷制御方式：CGS運転時はCGUを常時定格運転する建物が多く、発停の判断のみ負荷を見て行うケースが多い。出力制御を行う際には電力に追従する 경우가ほとんど。
- 台数制御方式：電力負荷による設定を行う建物がほとんど。管理者が手動で設定する建物が多く、それぞれに判断の基準が異なる（エネルギー消費量計算の際にどのように表現するかは課題）
- スケジュールの設定方法：休日と平日で運転台数を変える建物も見られ、空調負荷の小さい中間期には運転を停止する建物が多い。日毎に管理者の判断で発停を決定する建物もある。

# 業務用コージェネレーション設備の管理・運転実態－ヒアリング調査

## ■主な調査結果（2）：システムに関する分析

### (A)排熱の取り出し方式（調査結果から3つに分類）

- Case1 温水取り出し方式：CGU排温水を直接排熱利用機器へ供給。CGU、RHAそれぞれに冷却塔を設置し、CGUがマイクロガスエンジンの場合は本体に内蔵されたラジエーターにより放熱。CGUがガスエンジン、マイクロガスエンジンの場合に採用されている。
- Case2 温水・蒸気取り出し方式：CGU排温水の熱を熱交換器を介して排熱利用機器へ供給。CGU側に余剰排熱の放熱とエンジンの冷却のための冷却塔を設置。冷却塔はRHA、CGUそれぞれに付随する場合と両方の放熱を兼用する場合がある。蒸気は排ガスボイラで回収しそのまま二次側に供給、もしくは蒸気吸収冷温水機や給湯軟水の予熱に利用。CGUがガスエンジンの場合に採用されている。

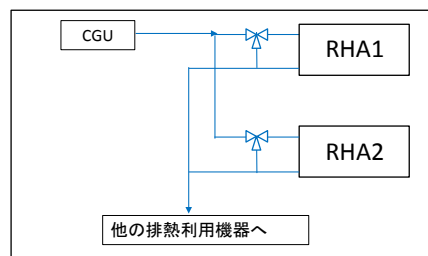
表4 CGS分類（排熱取り出し方式）

温水取り出し ID02, ID03, ID04, ID08, ID11, ID12, ID13	温水、蒸気取り出し ID01, ID07, ID09, ID10	蒸気取り出し ID05

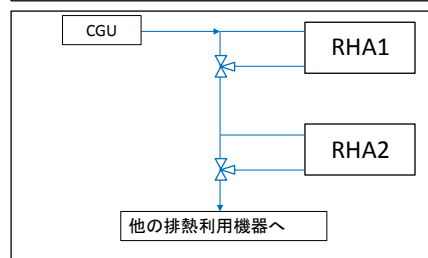
- Case3 蒸気取り出し方式：CGU排熱を排ガスボイラで回収し排熱利用機器へ供給。ガスタービンの場合に採用されている。

### (B)RHA接続方式

- RHAが2台導入されている建物では、並列に接続される場合（下図（a））と直列に接続されるもの（下図（b））が見られた。
- 並列接続の場合は流量が変化するが、各RHA入口での排熱温水温度は一樣。
- RHA2台を直列に接続する場合は1台目で利用された後の排熱温水が2台目に投入されるため、2台目入口での排熱温水温度は低下。
- 実測値によるRHAの温度特性による分析も今後要検討。



左図8 RHA接続方式 (a) 並列接続



左図9 RHA接続方式 (b) 直列接続

表5 ヒアリング結果一覧

ID	建物用途	延べ床面積	年間ピーク電力	CGU機種	CGU容量	CGU台数	排熱利用優先順位	負荷率制御方式	台数制御方式	スケジュールの設定方法	オリジナルの管理手法・運転方法など
01	事務所・商業施設	約142000㎡	3432kW	ガスエンジン	700kW	1台	夏季・中間期:①軟水予熱②冷房③給湯 冬季:①軟水予熱②給湯③暖房④冷房	定格運転	無し	夏期・冬期・中間期平日土曜:発電優先(8:00-20:00)自動 夏期・冬期・中間期休日:OFF(ピークカット運転)自動	BOS仕様
02	給食センター	約2000㎡	16726kW	ガスエンジン	35kW	4台	①給湯②暖房、冷房	定格運転	電力負荷で判断	夏期平日:8:00~18:00(夏休みは停止) 中間期平日:8:00~18:00 冬期平日:8:00~18:00(冬休み・春休みは停止)	-
03	病院	約77000㎡	-	ガスエンジン	35kW	3台	①冷房②給湯、暖房	定格運転	常に全台稼働	夏期・冬期・中間期平日:9:00~18:00	-
04	事務所	約9000㎡	300kW	ガスエンジン	35kW	3台	季節による冷暖切り替えのため 優先順位無し	熱負荷追従制御	増段:発電出力の100% 減段:発電出力の83% 熱負荷400MJ/h以上で起動 350MJ/h以下で停止	夏期・冬期平日:8:00~17:45 夏期・冬期休日:運転しない 中間期:使用しない	研究対象施設であり、CGUの熱負荷追従制御についての研究がなされているため、特殊な制御
05	工場(化学プラント)	約413000㎡	24500kW	①ガスタービン ②ガスタービン ③ガスエンジン	①7200kW ②6500kW ③730kW	9台	①生産反応熱②冷房	手動出力 固定制御	電力負荷で手動設定 (負荷率50%を基準)	係員が必要や天候に応じて判断	-
06	事務所・ホール	約41000㎡	1550kW	ガスエンジン	300kW	2台	温水:季節切り替えのため優先順位無し 蒸気:ボイラと併設され、ヘッダーから分岐	発電出力固定 (70%~80%)	熱負荷が余らないよう手動設定、 部屋の温度などを見ながら判断	夏期・冬期:8:30~16:30 中間期:使用しない 気温等を見ながら排熱が余りそうな日は運転しない	-
07	病院	約54000㎡	2400kW	ガスエンジン	700kW	1台	①冷房②暖房③給湯	定格運転	無し	夏期・中間期・冬期平日:7:00-20:00自動 夏期・中間期・冬期休日:OFF自動	-
08	病院	約45000㎡	1400kW	ガスエンジン	370kW	2台	①冷房②暖房③給湯	定格運転	平日は2台 休日は1台	夏期・中間期・冬期平日:8:00-22:00 夏期・中間期・冬期休日:8:00-22:00	-
09	事務所・ 物販店舗飲食店	約356000㎡	11000kW	①ガスエンジン ②ガスエンジン	①1000kW ②900kW	①1台 ②1台	①冷房、暖房②給湯	定格運転	電力負荷による手動設定	夏期・中間期・冬期平日:8:00-22:00 夏期休日:8:00-22:00 中間期・冬期休日:OFF	CGS総合効率管理
10	物販店舗・飲食店	約76000㎡	-	ガスエンジン	815kW	2台	①冷房②暖房	電力追従制御	電力負荷による自動設定	夏期平日・休日:8:30~22:30 中間期平日・休日:8:30~22:15 冬期平日・休日:8:30~22:00	-
11	学校	約10000㎡	1950kW	ガスエンジン	35kW	1台	給湯	常時定格運転	管理者が手動設定	夏期・中間期・冬期平日:8:00~18:00 (土曜日は時間短縮運転:8:00~15:00) 夏期・中間期・冬期休日:OFF (学校が休みの日は運転停止)	月1回の省エネ会議で運転スケジュールを決定
12	学校	約10000㎡	1950kW	ガスエンジン	35kW	3台	①暖房、冷房②給湯	常時定格運転	管理者が手動設定	夏期・中間期・冬期平日:8:00~18:00 (中間期平日は台数制御あり) 夏期・中間期・冬期休日:OFF	月1回の省エネ会議で運転スケジュールを決定 一時間の内に何度もon/offを繰り返すこともある
13	体育館 屋内プール	約21000㎡	900kW	ガスエンジン	350kW	1台	①暖房、冷房②給湯	検針	無し	夏期・冬期・中間期:8:30~20:30 (中間期は需要見て契約会社が止める) (プールが休み(第1、3水曜日)のとき停止)	-



# 業務用コージェネレーション設備の実稼働性能把握のための実測調査

**目的：** 排熱利用システムを含むCGSの性能を実態に即して精緻に評価するための検討データとして、実物件に設置されたCGU、RHA単体、排熱利用システムを含むCGS全体の実測値分析を行う。

## ■ 対象建物概要 ■

ここでは、事務所A、病院Bの2物件の実測値分析結果を示す。建物概要は下表のとおり。事務所Aには35kWのマイクロガスエンジンが3台、病院Bには370kWのガスエンジンが2台導入されており、どちらもRHAが2台導入されている。また、事務所Aは自社を実験対象施設にしており、排熱需要に応じて発電出力を決める熱主運転を行っている。

表6 調査対象建物概要

事務所A		所在地	関東
		延床面積	約9,000㎡
		CGU機種	マイクロガスエンジン
		CGU台数、発電容量	3台、35kW/台
		排熱利用先	冷房、暖房予熱
		排熱利用優先順位	優先順位なし
		RHA台数、定格能力	2台、281kW/台
CGU運転スケジュール	夏期・冬期平日：8:00～17:45 夏期・冬期休日：運転しない 中間期：運転しない		
備考	排熱需要に応じて発電出力を決める熱主運転である		
病院B		所在地	関東
		延床面積	約45,000㎡
		CGU機種	ガスエンジン
		CGU台数、発電容量	2台、370kW/台
		排熱利用先	給湯、暖房、冷房
		排熱利用優先順位	①冷房 ②暖房 ③給湯
		RHA台数、定格能力	2台、1,580kW/台
CGU運転スケジュール	夏期・中間期・冬期平日：8:00～22:00 夏期・中間期・冬期休日：8:00～22:00		

## ■CGU分析■

- 発電効率は両方の建物において概ねカタログ値通り。ただし、負荷率90%~100%の度数が最も大きく、その他の負荷率帯では度数割合が10%に達していないため、これらのデータの信頼性については検討の余地あり。
- 事務所A：熱主運転を行っており、すべての負荷率帯において有効排熱回収効率が高い値を示す一方、発電効率は負荷率に比例して上昇している。
- 病院B：有効排熱回収効率はカタログ値よりも低い値を示しているが、放熱分のデータが得られていないため、その分を反映できていないことが原因である。また50%以下の低負荷率帯にも効率値の分布が見られるが、これは、CGUの起動及び停止における実測値が反映されていることが原因である。

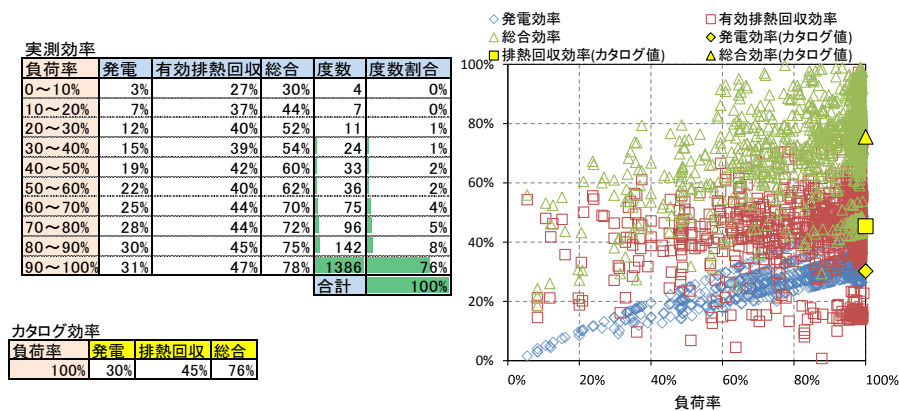


図10 事務所A：  
CGU1の効率の分布とカタログ値との比較

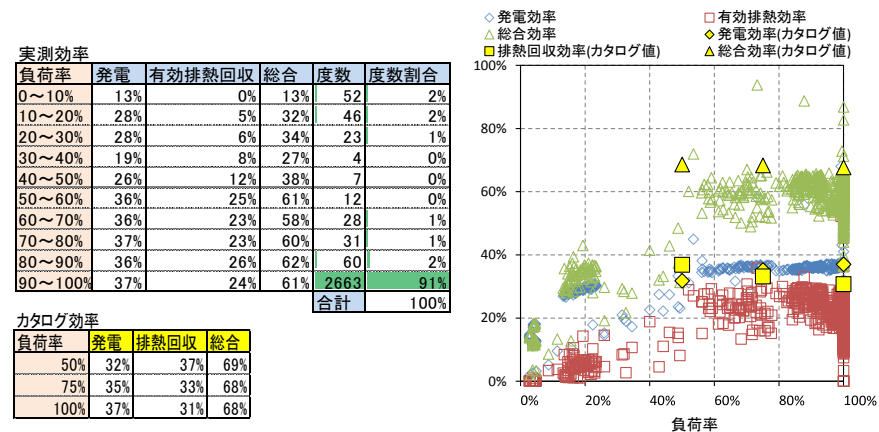


図11 病院B：  
CGU1の効率の分布とカタログ値との比較

※1 ガス熱量は全て高位発熱（HHV）

※2 マイクロガスエンジンのカタログ発電量は本体が消費する補機分も含まれているが、計測された発電量には補機分が含まれていない。そのため、ここでは、CASCADE IIIを踏襲して実測発電量に5%の補機消費分を加えて表示している。



## ■ RHA単体分析 ■

- 事務所A：カタログ値と同様にRHAの負荷率が45%程度まで上昇すると投入排熱量の増加はなくなり、排熱に加えてガスが見られる。また、負荷率45%以下の範囲においても投入排熱量（ガス使用あり）のデータが確認されている。分析データの計測時間間隔が1時間のため、RHAの停止時の測定結果が反映されている可能性、もしくは、もう片方のRHAに排熱が使われたことで利用できる排熱自体が少なくなっている可能性が考えられる。
- 病院B：カタログ（下右図実線）において排熱のみで稼働するとされている負荷率16%以下には、実測値データはほとんど見られず、排熱のみではほとんど運転されていないと考えられる。実測値は、定格排熱温水流量が半分となる場合のカタログ投入排熱量（下右図破線）に近似している。これは、RHAを2台並列に接続して併用運転しているために、1台当たりの流量も定格の半分になっていると考えられる。

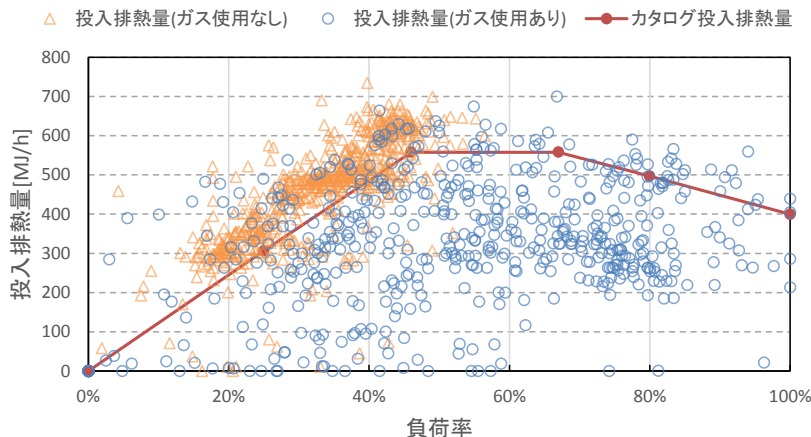


図12 事務所A：  
RHA1の投入排熱量の実測値とカタログ値との比較

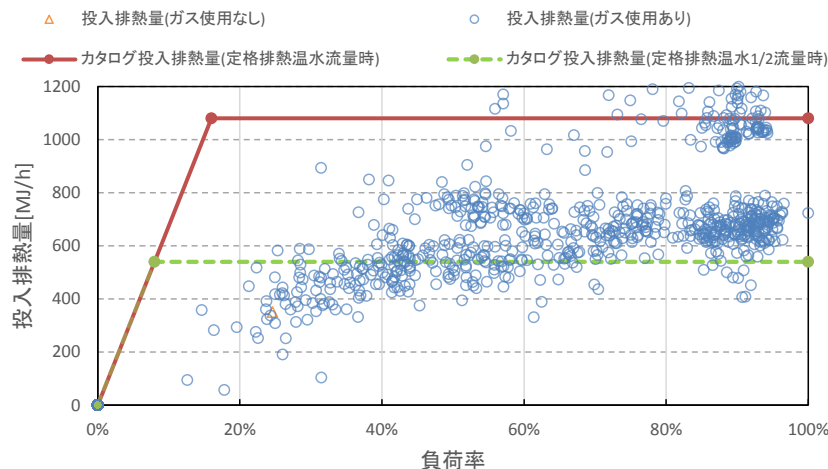


図13 病院B：  
RHA1の投入排熱量の実測値とカタログ値との比較

※1 ガス熱量は全て高位発熱（HHV）

## 業務用コージェネレーション設備の実稼働性能把握のための実測調査

## ■ システム全体分析 ■

- 事務所A：空調負荷の小さい中間期にもCGU3台を常に同じ負荷率で稼働させており、台数制御は行っていない。これは実験的に熱主運転で運用していることによる。CGS発電寄与率が10%以下の範囲もあるが、同じく熱主運転を行っていることが原因と考えられる。
- 病院B：2016年の夏期までCGU2台のうちいずれか1台を定格運転、2016年夏期から2台併用運転を行っている。CGS発電寄与率は20%～40%の範囲にあり、事務所Aと異なり電主運転を行っていることがわかる。

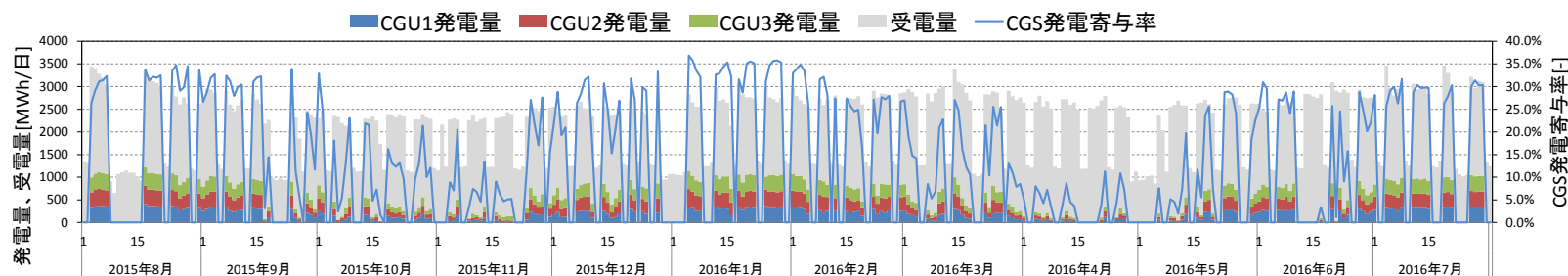


図14 事務所A：日積算CGS発電量、受電量、CGS発電寄与率の推移

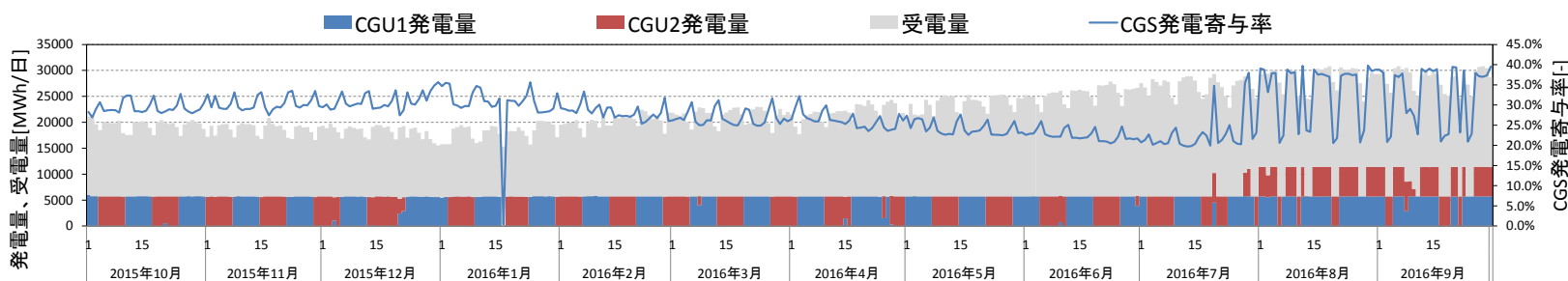


図15 病院B：日積算CGS発電量、受電量、CGS発電寄与率の推移

- ※1 ガス熱量は全て高位発熱（HHV）  
 ※2 マイクロガスエンジンのカタログ発電量は本体が消費する補機分も含まれているが、計測された発電量には補機分が含まれていない。そのため、ここではCASCADEⅢを踏襲して実測発電量に5%の補機消費分を加えて表示している。

# 事業成果まとめ

平成28年度調査・検討により得られた成果及び今後の課題について取り纏める。

## (イ) エネルギー消費量計算法の開発

- CASCADEⅢをベースとした性能評価のための計算プログラム（ベースプログラム）を構築し、仕様書案をまとめた。構築したベースプログラムの特徴は以下の通り。
  - CASCADEⅢと同様に、CGUの発電効率、排熱回収効率を用いて計算する方法として、入手しやすいカタログ値(JIS B8122による表示値)を利用した機器性能評価とする。
  - システムの設計を行えば容易に得られる情報から計算できるように、入力項目は定格排熱回収量、定格燃料消費量、定格発電効率、定格排熱回収効率、排熱利用機器の種類、定格能力、消費電力などとする。
  - 効率値の入力項目として、定格点に加え、負荷率75%および50%の発電効率と排熱回収効率も入力することで、部分負荷運用時も含め、計算対象機器の運用実態に沿った的確な計算が行えるようにする。（様々な機器のカタログ値(JIS B8122による表示値)の定格発電効率、定格排熱回収効率を収集し、効率値は定格点だけでなく、負荷率75%および50%の発電効率と排熱回収効率が入力可能であることを調査により確認した）
  - 運転スケジュールを「CGU1台の定格発電量の50%以上の電力負荷があり、かつCGU1台の定格排熱回収量の50%以上の熱負荷があるときに稼働する」と設定することで、スケジュール設定を標準化する。
  - 計算対象とするシステムを全負荷運転もしくは電主運転を行うシステムに限定し、熱主運転については対象から除外する。
- ベースプログラムの計算結果として、時々刻々のエネルギー消費が負荷等の状況によって変化する様子を示した。

# 事業成果まとめ

## <アンケート調査から得られたCGSの性能評価に向けた主なポイント>

- ・ CGS容量を建物諸元から限定するのは難しく、評価対象とするCGSは十分に幅広い範囲を考慮する必要がある。
- ・ 多くの建物で年間あるいは年間を通して固定的な運転スケジュールが採用されており、また、各建物の運転スケジュールには傾向がみられるため、設計段階でのCGSの導入効果の評価にはその傾向を抽出した標準スケジュールを用いることができる可能性がある。
- ・ 発電量の制御は定格出力で固定する制御および電主運転を評価できればほぼすべての建物を網羅できる。

## <ヒアリング調査から得られたCGSの性能評価に向けた主なポイント>

- ・ 排熱利用機器の有効性を評価するためには、機器が直列に接続される場合による排熱利用温度の影響を考慮する必要がある。また、並列に接続されている場合については、流量が確保されているか、流量の不足による効率の変化があるかについて検証が必要である。
- ・ 排熱利用機器の排熱利用優先順位は冷房、暖房、給湯で入れ替えられることが望ましい。
- ・ 運転スケジュールの季節間の変更時期は管理者の感覚によるところが大きく、明確に定義することは難しい。

## <実測調査から得られたCGSの性能評価に向けた主なポイント>

- ・ 発電効率の計算にはカタログ表示値を用いてもよい。
- ・ 開発したベースプログラムでは補機電力は発電量の5%として計算を簡略化しているが、待機電力を評価していないことや余剰排熱がある時により電力を消費する余剰排熱放熱用冷却塔があることから、CGU補機と冷却塔などの要素に分解し、それぞれを別々に考慮することで設計者の工夫をよりの確に評価できる可能性がある。
- ・ RHAの性能評価に排熱温度の影響を加味することで、機器を直列に繋ぐか並列に繋ぐかなどシステムの違いによる省エネルギー性能の違いを評価できるようになる可能性がある。また、投入可能排熱量はカタログ性能通りではない場合が見られるため、引き続き分析をすすめ計算への反映方法を検討する。

# 事業成果まとめ

## (ロ) 実測調査に基づくエネルギー消費量計算法の精度検証

- 3件の建物においてCGSの計測を開始し、冬期の運転データを取得した。引き続き実測調査を継続し、次年度秋までのデータを取得する予定である。
- 上記、実測対象物件3件に加え、5件の建物においてBEMSデータを取得して、CGS本体、RHA、およびシステム全体を分析することで、プログラムの精度向上にむけた実測値の分析ポイントとして、以下の点を抽出した。
  - カタログ値(JIS B 8122による表示値)のCGU排熱回収効率の実態とどの程度合致しているか。
  - 補機電力（CGU補機電力、循環ポンプ電力、余剰放熱排熱用冷却塔ファン・ポンプ・ヒーター電力の合計値）のうち、待機電力がどの程度あるか、余剰放熱排熱用冷却塔ファン・ポンプ・ヒーター電力は何に影響されて発生するか。
  - 電力負荷と熱負荷とCGSの稼働スケジュールとの関係。
  - 排熱温度の違いによりRHAに利用できる排熱量がどの程度変わるか。

## 今後の課題

本年度の調査を受けて、次年度取り組むべきと考える課題をまとめる。

- 本年度の実測調査対象およびBEMSデータを取得した建物の中には、大型のCGUが導入されている物件もあるが、冷却塔での放熱量まで把握できている建物はない。CGUの排熱回収効率を把握するためにはこうした建物の計測が必要である。また、マイクロCGUのうち、より規模が小さい発電量5kW～30kWの機器についても計測できておらず、これらの機器における補機電力がどの程度あるのか把握できていない。
- RHAの排熱投入可能量には排熱温度の影響が見られ、機器のカタログや技術仕様書等では示されていない挙動も見られた。どのような要因が効率に影響を与えるのか、メーカーヒアリングを実施する必要がある。
- 本年度構築したベースプログラム内で用いている各種パラメータが実態を捉えているのかどうかについて、得られた実測データとの照合を進めながら見直し、よりの確に実態を捉えた計算方法となるよう検証する必要がある。