

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

第1部. 本研究の目的と概要

1-1. 本研究の目的

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ユニット（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。建築物省エネ法に基づく告示（エネルギー消費量の算出方法に係る事項）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しているが、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。

本調査では、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。

1-2. 本研究の概要

1-2.1. 調査・検討内容

CGSのエネルギー消費性能の評価手法の高度化を目的として、以下に示す「（イ）エネルギー消費量計算法の開発」「（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」について調査・検討を実施する。なお、本研究の実施期間は、平成28年度から平成29年度の2ヵ年である。

（イ）エネルギー消費量計算法の開発

CGU及びこれに付属する機器について、空気調和・衛生工学会で開発されている性能予測シミュレーション等における計算ロジック、民間事業者が保有している機器のエネルギー消費特性に関する知見について情報を収集し、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計算法の開発を行う。

（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

実物件において時々刻々のシステムのエネルギー消費特性を実測して、計算値と実測値を比較して開発した計算法の精度を検証し、現行のエネルギー消費性能の評価手法に反映させるための検討を行う。

<本研究の全体計画>

平成28年度：（イ）計算法の開発及び（ロ）実測調査の準備

平成29年度：（ロ）実測調査の実施及びデータ分析、検証作業

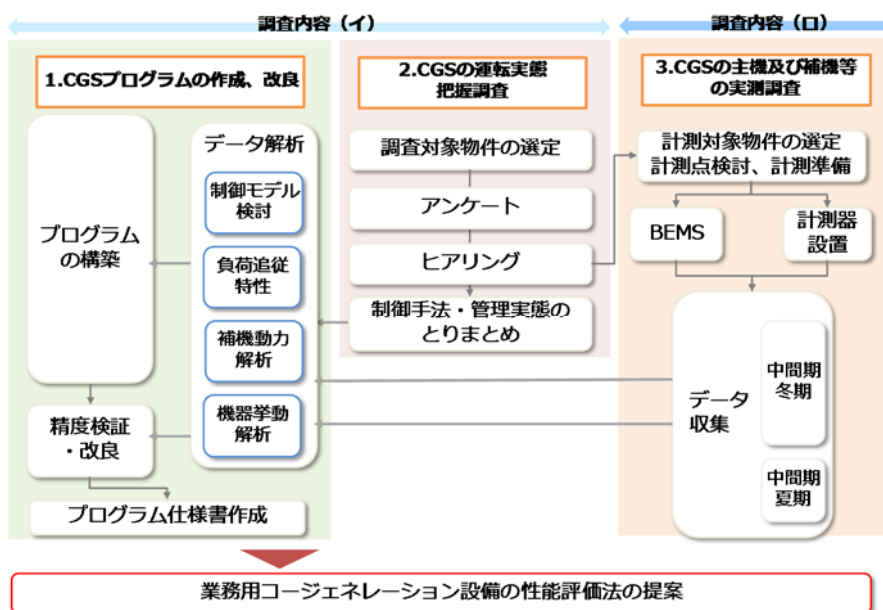


図 1-2.1 調査フロー

1-2.2. 調査・検討方法

1-2.2.1. 実施期間及び調査・検討の進め方

平成 28 年度は、エネルギー消費量計算法の開発を中心に、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、CGS の運転実態を把握するためのアンケート調査及びヒアリング調査、並びに CGU 及びその周辺機器を対象とした実測調査の準備を行い、冬期データによる実働性能解析の調査結果を基に検討を進める。

平成 29 年度は、CGS の稼働状況をできるだけ細かく把握し、エネルギー消費量予測に反映することを目指し、主に中間期・夏期データに基づく CGS のエネルギー消費特性把握のための実稼働性能分析を行い、さらに CGS の設計思想やシステム性能特性等について専門家へのヒアリング調査を実施する。それらの結果をもとに、構築した計算プログラムの精度検証を実施し、最終取りまとめとして、CGS の性能評価法を提案する。

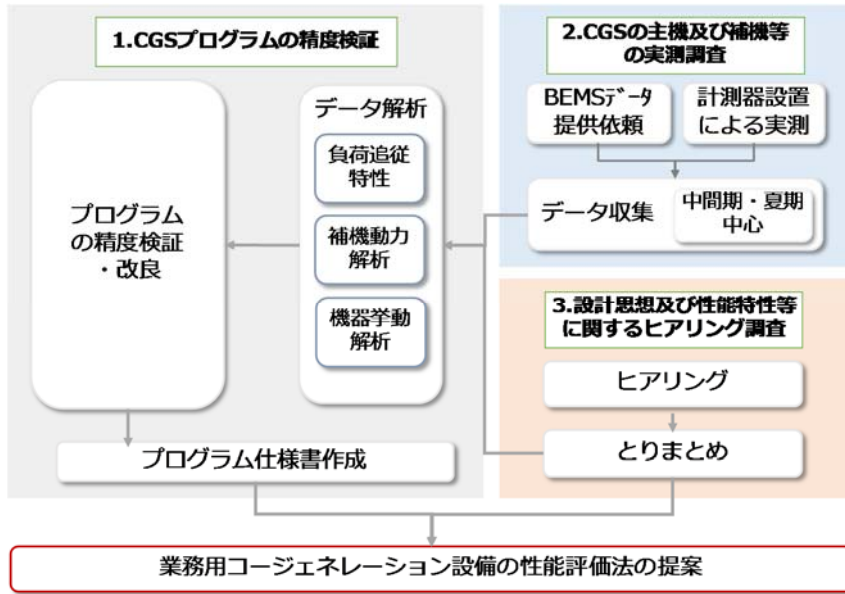


図 1-2.2 平成 29 年度の調査フロー

表 1-2.1 事業全体の調査・検討方法と実施目的

実施年度	調査・検討項目のうち 主な実施内容	調査・検討方法	主な目的
平成 28 年度	(イ) 計算法の開発と CGS 運転実態把握	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現行の「CASCADE Ⅲ」の改良と評価法の構築 ・ 実稼働状況を把握するためのアンケート調査、ヒアリング調査 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現行の「CASCADE Ⅲ」をベースに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 ・ CGS 管理者向けアンケート調査（システム容量と規模の関係、運転スケジュールの実態、運転管理状況等の把握） ・ CGS 管理者向けヒアリング調査（CGU 以外の周辺設備との接続状況、排熱利用状況、運転状況、CGS 管理体制等の把握）
	(ロ) 実測調査の準備 と実データの収集	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実物件での実測調査、BEMS 等データ収集 ・ 取得データによる分析 ・ 評価法の精度検証 	<ul style="list-style-type: none"> ・ CGU 発電量や補機電力等の実測調査準備、実稼働データの収集 ・ 冬期データに基づく CGU 稼働特性分析（発電効率、排熱回収効率、補機電力特性の把握等）、RHA 稼働特性分析、システム全体の稼働特性分析 ・ 実データに基づく制御モデルの精度検証に向けた提案 ・ 評価法構築にあたっての課題等の抽出
平成 29 年度	(ロ) 実測調査の実施、 データ分析及び評価法の 精度検証、仕様書の 作成	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実物件での実測調査、BEMS 等データ収集 ・ 取得データによる分析 ・ 評価法の精度検証と評価法の改良 ・ 評価法の提案 ・ 仕様書の作成 	<ul style="list-style-type: none"> ・ CGU 発電量や補機電力等の実測調査、実稼働データの収集 ・ 主に中間期、夏期データに基づく CGU 稼働特性分析（発電効率、排熱回収効率、補機電力特性の把握等）、RHA 稼働特性分析、システム全体の稼働特性分析 ・ 実データに基づく評価法の精度検証 ・ 調査結果に基づく評価法の提案と第三者が構築可能な仕

		様書の作成
	・実稼働状況をヒアリング調査	・設計者向けヒアリング調査（システム設計思想や運転設定の想定、入力値に対するご意見等） ・設備メーカー向けヒアリング調査（システム設計思想、設備機器の性能特性、分析結果に対するご意見等）

1-2.2.2. 調査内容及び調査方法

(イ) エネルギー消費量の計算法の開発

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、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。計算ロジックの構築にあたっては、実稼働状況を把握するためのアンケート調査や運用管理者を対象としたヒアリング調査、並びに設計思想等を確認するための建築設計者（CGSの導入を検討する者）や設備メーカーに対するヒアリング調査を実施し、それらの結果に加えて、後述（ロ）のCGU及びその周辺機器を対象とした実測調査結果を基に検討する。以下1) から4) に（イ）実施にあたり考慮する事項を挙げる。

1) 制御モデルの構築

CGS で用いられる制御方式をアンケート調査並びにヒアリング調査により把握し、実機のスケジュール設定の状況等を取りまとめて標準化・パターン分けを行う。それらの結果を基に、制御方法を再現できる汎用制御モデルを構築し、スケジュール設定等のプログラムへの入力 of 容易さも考慮した計算ロジックを開発する。

2) 補機電力計算の精緻化

JIS に規定される性能値に基づいて機器の性能をシミュレートする際は、別途補機分の電力（CGU 補機消費電力、排温水循環ポンプ電力、余剰排熱放熱用冷却塔ポンプ、余剰排熱放熱用冷却塔ファン、ヒーター）を見込む必要がある。後述（ロ）で得られる補機電力に関する実測データを基に、補機電力を考慮した計算ロジックを構築する。

3) 負荷追従特性の高度化

後述（ロ）で得られる補機電力に関する実測データや、BEMS データ（電力、ガス、熱等の計測）を分析することによって、立ち上がり時や瞬間的な電力負荷変動への追従時のCGUの応答性を加味した性能評価手法を構築する。

4) 負荷と機器挙動の適正化

CGU は、負荷に対して挙動が決まる機器であるため、機器挙動だけでなく負荷も含めた実測調査結果を後述（ロ）より取得し、負荷への応答を的確に再現できるモデルを構築する。

(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

実物件での計測器設置による実測データ、また BEMS 等既存データを収集し、計算値と実測値を比較して開発した計算法の精度を検証し、現行のエネルギー消費性能の評価手法に反映させるための検討を行う。

実測調査を実施する物件については、1年間のデータを取得し、CGU稼働特性分析（発電効率、排熱回収効率、補機電力特性の把握等）、排熱投入型吸収冷温水機（以下、RHA）の稼働特性分

析、システム全体の稼働特性分析を実施する。加えて、ヒアリング調査を通してBEMSデータ提供可能物件をあたり、可能な限り関連データを分析する。これらのデータを基に、ベースプログラムの精度検証・改良を実施し、CGSのエネルギー消費特性を加味した計算ロジックを仕様書に取りまとめる。

なお、これらの項目については、分析を行った上で影響の大小を判断し、計算精度の向上が見込めるものについてベースプログラムに取り込むこととする。その際、プログラム入力の手間にも考慮して過度な入力手間とならない計算手法とする。

さらに、いくつかの計算パラメータ（機器容量、発電効率、排熱回収効率など）を変更しながら様々なケースで計算を行い、CGSの省エネルギー効果の範囲を確認し、CGSの省エネルギー効果への影響が大きい項目について分析を行う。

上記（イ）（ロ）の検討にあたっては、有識者等を交えた検討会を行い、得られた意見等を踏まえて調査を遂行する。

アンケート調査、ヒアリング調査、実稼働特性分析の結果を踏まえた検討成果を基に、最終取りまとめとして、CGSの性能評価法を提案する。

1-3. 研究実施体制

国立研究開発法人建築研究所と以下2社による共同研究として実施する。

代表事業者 国立大学法人九州大学大学院（人間環境学研究院准教授 住吉 大輔）

株式会社 住環境計画研究所（研究所長 鶴崎 敬大）

その他、調査遂行にあたり、実測対象物件の選定等ならびに実測データの分析・評価法構築に向けた検討のため、一般社団法人日本ガス協会、一般社団法人日本冷凍空調工業会の調査協力を得ている。

1-4. 本書の構成

本書の構成を以下に示す。

第1部：事業の目的と概要

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

- ベースプログラムの構築
- 計算プログラムの概要
- 計算プログラムの精度検証

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

- CGSの管理・運転実態（アンケート調査結果）
- システムの運用状況、設備機器の設計・建築設計における思想（ヒアリング調査結果）

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

- 実稼働性能解析に向けた基礎分析
- 実稼働性能解析に向けた詳細分析

第5部：調査・検討より得られた成果

- 調査結果の要旨
- 本事業の成果と課題のまとめ

第6部：参考資料

1-5. 業務用コージェネレーション設備の国内導入状況

本調査を実施するにあたり、国内における業務用 CGS の導入状況等について整理する。国内における導入状況等のデータは、導入実績を経年で把握している「コージェネレーション白書 2016（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（コージェネ財団）編）」を参考とする。

1-5.1.1. 新設台数

過去 10 年の動向をみると（図 1-5.1）、全体では'06 年度の新設が最も多く約 800 台、'10 年度が最も少なく約 200 台である。'12～14 年度は全体で約 700 台を維持しており、'15 年度は前年度 5%減の 695 台である。業種別にみると、'06 年度は「飲食施設」、「病院・介護施設」、「スポーツ施設・浴場」の順で新設が多いが、直近の'15 年度は、「病院・介護施設（全体の 32%）」、「公共施設（20%）」、「飲食施設（16%）」の順となっている（図 1-5.2）。参考までに業種別の CGU1 台あたりの発電量の推移を示す（参考図 1-5.1）。

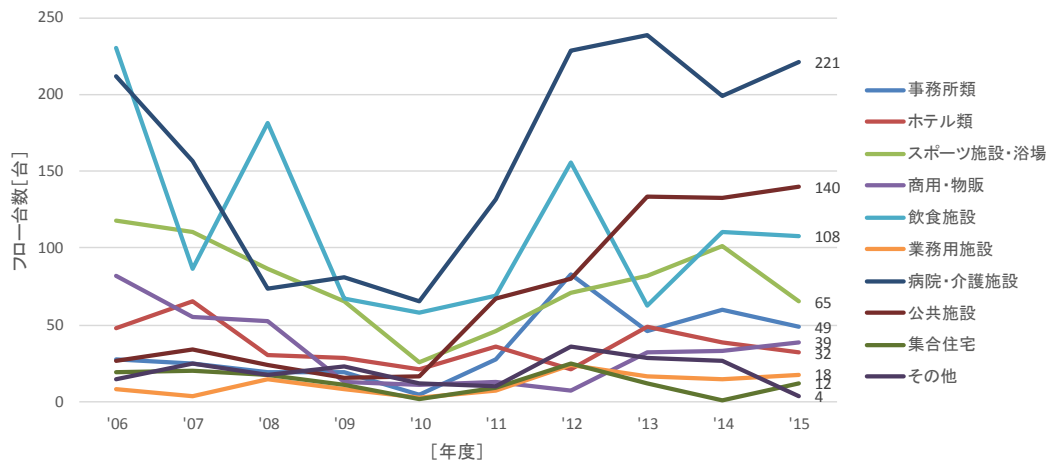


図 1-5.1 業種別 CGU 新設台数

出所：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（コージェネ財団）編「コージェネレーション白書 2016」より作成

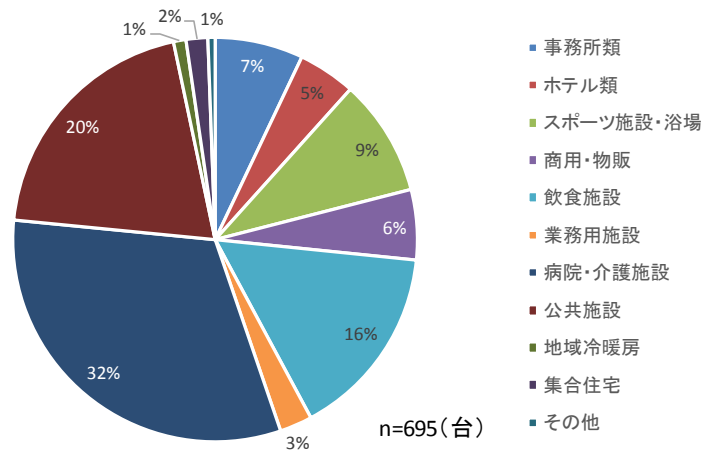
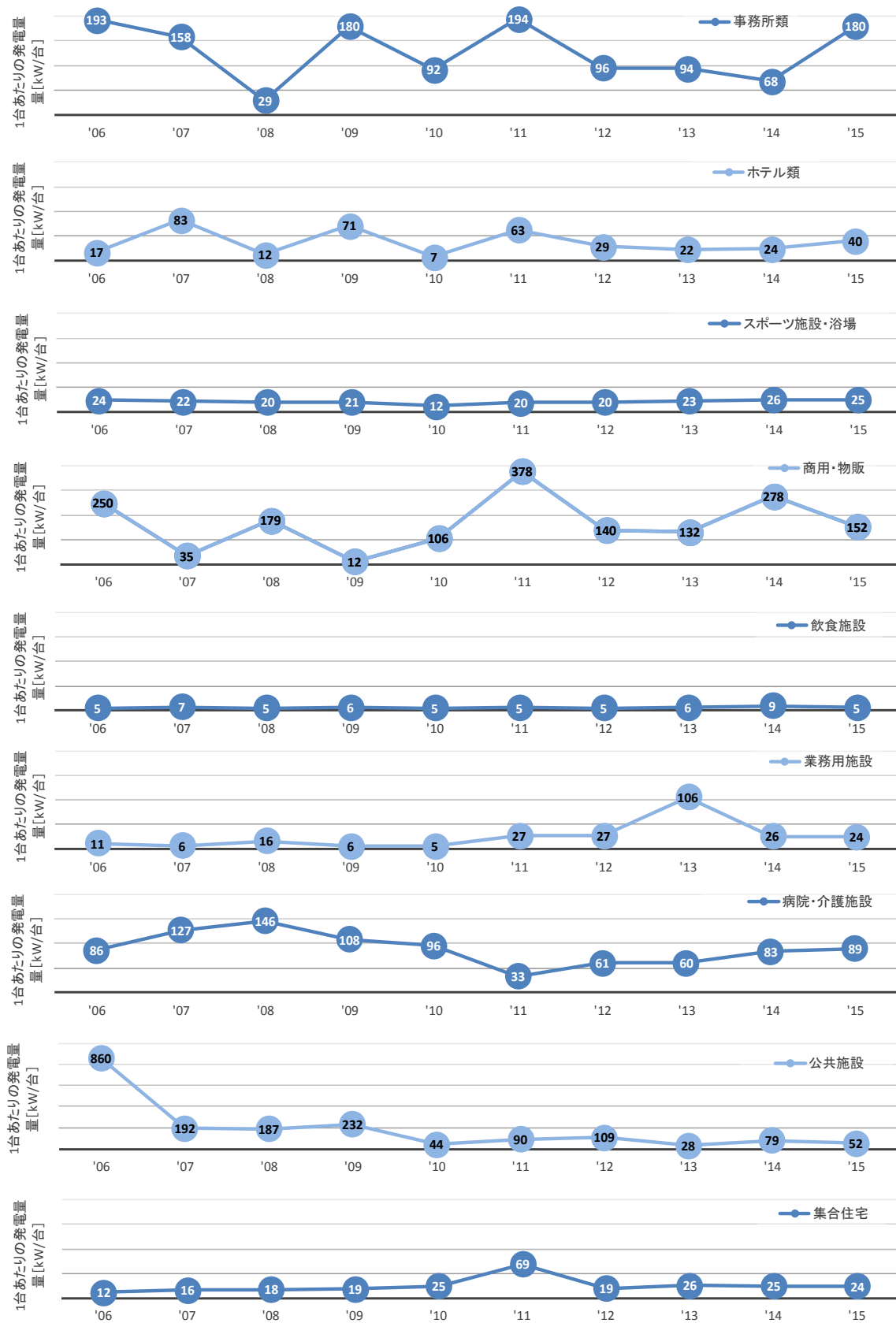


図 1-5.2 2015 年度の CGU 新設台数の割合

出所：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（コージェネ財団）編「コージェネレーション白書 2016」より作成



参考図 1-5.1 業種別新設 CGU1 台あたりの発電容量の推移（新設発電容量計／新設台数計）

出所：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（コージェネ財団）編「コージェネレーション白書 2016」より作成

1-5.1.2. 累積導入台数

業種別の累積導入台数は、「病院・介護施設等」が最も多く全体の約3割、次いで「スポーツ施設・浴場」、「飲食施設」、「ホテル類」の順となっている（図 1-5.3）。

原動機種別では、「ガスエンジン」が全体の約8割、次いで「ディーゼルエンジン」、「ガスタービン」である（図 1-5.4）。業種別では、どの業種も「ガスエンジン」が最も多いが、「ホテル類」、「商用・物販」では、全体の3~4割程度が「ディーゼルエンジン」となっている（図 1-5.5）

排熱回収形態別にみると、「温水」のみでの取り出しが最も多く全体の約9割を占め（図 1-5.6）、回収熱の利用先は、「給湯」のみが約5割、次いで「冷房・暖房」、「暖房」のみ、「冷房・暖房・給湯」の順となっている（図 1-5.7）。

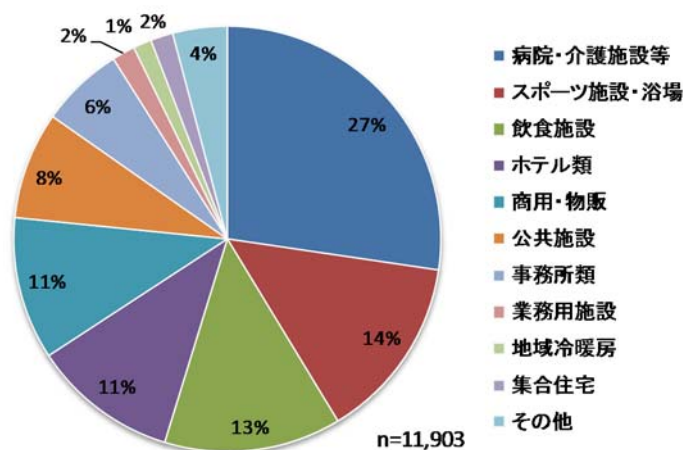


図 1-5.3 業種別 CGU 導入台数実績（累積値：降順表記）

出所：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（コージェネ財団）編「コージェネレーション白書 2016」より作成

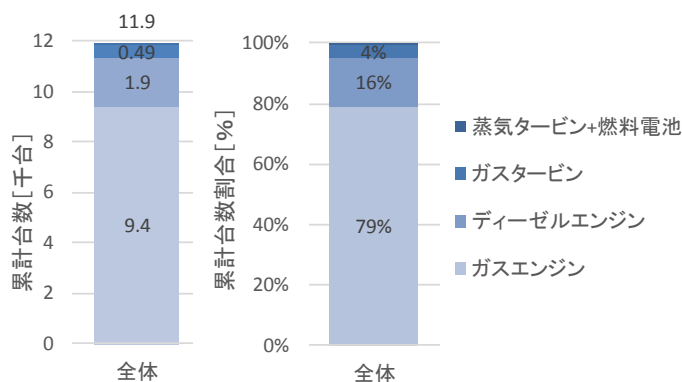
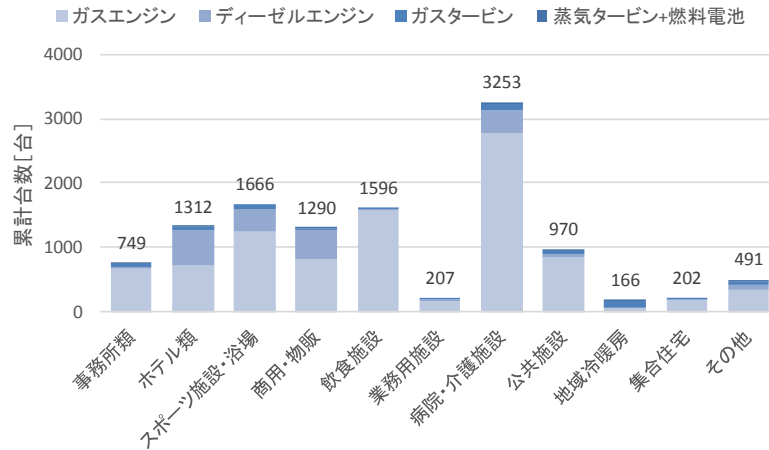
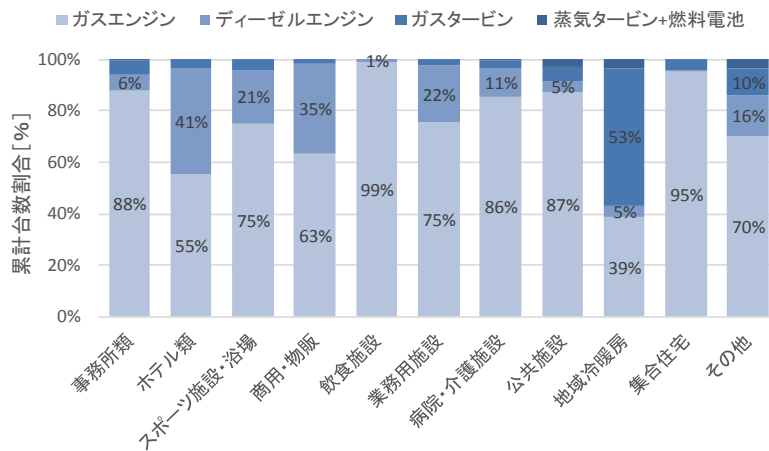


図 1-5.4 原動機種別導入台数の実績（累積値）（左：導入台数、右：導入割合）

出所：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（コージェネ財団）編「コージェネレーション白書 2016」より作成



(a) 導入台数

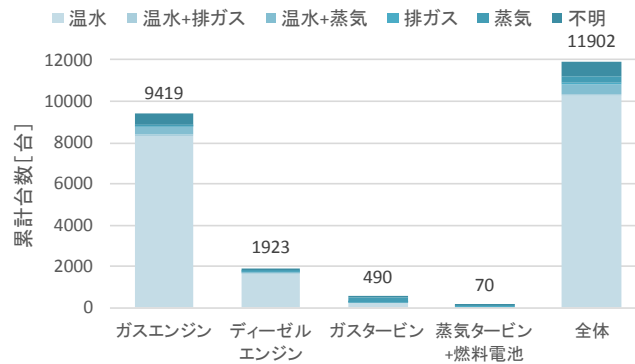


(b) 導入割合

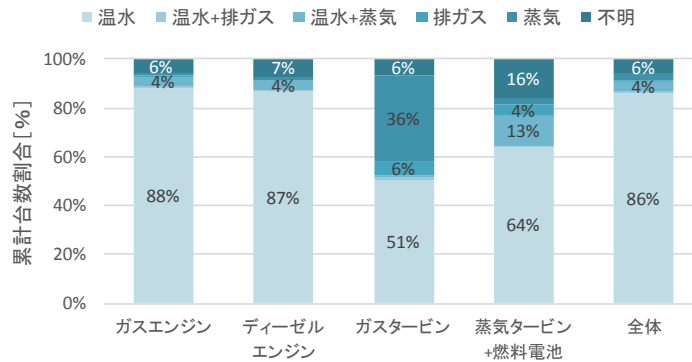
図 1-5.5 業種別原動機種別導入台数の実績（累積値）

注：他データの累計値は 11,903 台であるが、上記実績については 11,902 台で出所先に明記されているため、そのままの数字を引用した。

出所：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（コージェネ財団）編「コージェネレーション白書 2016」より作成



(a) 導入台数



(b) 導入割合

図 1-5.6 原動機種別排熱回収形態別導入台数の実績（累積値）

注：他データの累計値は 11,903 台であるが、上記実績については 11,902 台で出所先に明記されているため、そのままの数字を引用した。

出所：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（コージェネ財団）編「コージェネレーション白書 2016」より作成

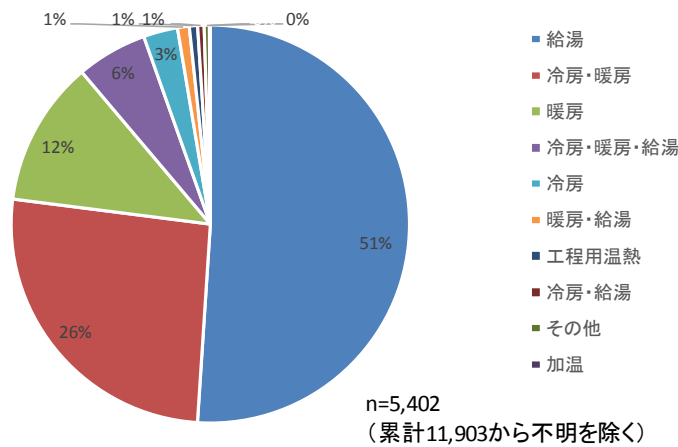


図 1-5.7 回収熱利用先の内容

出所：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（コージェネ財団）編「コージェネレーション白書 2016」より作成

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

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。

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事業の目標

2-1.1. 既存プログラム「CASCADEⅢ」の概要

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「CASCADEⅢ」は業務用CGSのエネルギー消費量試算のためのプログラムであり、Excelのマクロとして計算プログラムが組まれている。入力は簡単で、年間および月別のエネルギー消費量などが出力される。

以下、CASCADEⅢの計算ロジックについて記述する

- 計算は各月代表日1日分（24時間）の年間12日のみを計算し、それを年展開する。計算間隔は1時間である。
- 負荷（電力、冷房、暖房、給湯）に応じてCGUの運転時間を決定し、排熱利用量などを算出する。
- 計算手法の中心は発電効率と排熱回収効率の特性式を用いた効率計算となっており、負荷から発電量を決定し、発電量（負荷率）に応じた発電効率、排熱回収効率を求めることで、CGUのガス消費量や排熱回収量を計算する。
- 電力負荷追従、熱負荷追従、発電量一定の運転方法と電力の逆潮流の可否が選択可能である。
- 負荷データは、建物用途と延床面積を選択すると自動生成される。複数の用途を選択することも可能である。また、実負荷データをファイルとして用意すれば入力することもできる。
- 主な入力は建物条件、システム条件、機器効率の三つである。以下、それぞれの内容を記述する。
- ◇ 建物条件の設定内容
 - ・ 建物用途、延床面積（負荷データ生成に使用、複合用途の選択も可）
- ◇ システム条件の設定内容
 - ・ 発電機の種類
 - ・ 容量と台数 *容量が異なる機種同時設置は不可
 - ・ 買電制御電力 *買電量の下限値
 - ・ 運転制御：電力負荷追従、熱負荷追従（逆潮流の可否）、発電量一定
 - ・ 発電機最高負荷率と最低負荷率
 - ・ 貯湯槽容量
 - ・ 排熱利用機器への優先順位：給湯、暖房、冷房
 - ・ 冷房への排熱利用の有無
 - ・ 排熱投入率（ガス削減率） *冷房機器が最大何%まで排熱を利用できるのか
 - ・ 運転時間と休日運転の有無
 - ・ 比較システムの構成：ガス冷温水器＋給湯ボイラ、ターボ冷凍機＋蒸気ボイラ、空冷ヒートポンプ＋蒸気ボイラ

◇ 機器効率

- ・ 発電効率、排熱回収効率 *デフォルト値あり、書き換えも可能
- ・ 各熱源機器のCOP、補正率

CASCADEⅢの計算フローを以下の図に示す。負荷から「発電量の決定」をし、それに基づいて発電効率と排熱回収効率の特性式を用いた「負荷率・発電効率・排熱回収効率の計算」を行うことで、「ガス消費量・排熱回収量の決定」が行われる。排熱回収量を冷房・暖房・給湯のうち優先順位が高いものから消費する計算を行って、排熱がどれだけ有効に利用できるかを計算して、1時刻の計算が終了する。

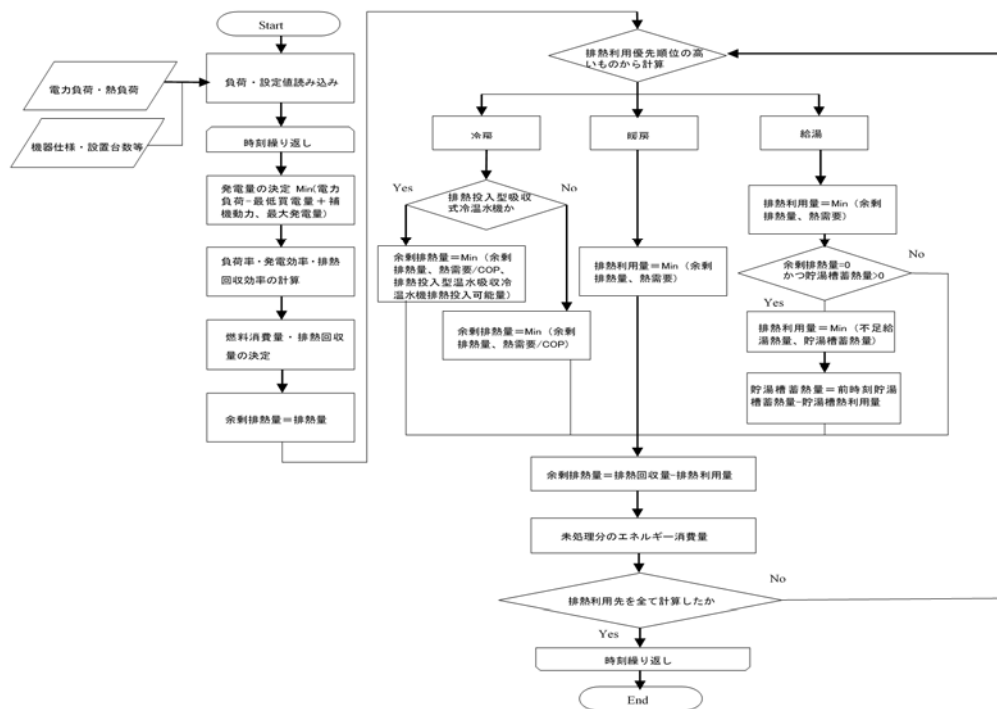


図 2-1.1 CASCADEⅢ計算フロー

2-1.2. CASCADEⅢの課題と本研究で目指すところ

以下、CGSの性能評価の高度化に向けたCASCADEⅢの課題と本研究で明らかにしたい内容について整理する。

■負荷データについて

➤ 負荷データ(電力、給湯、暖房、冷房)のデフォルト値があるが、デフォルト値は一般的には実態の負荷よりも大きく、CGSの発電量を大きく、運転時間を長く計算する可能性がある。

◇ 負荷データを適切なものにすることは重要だが、本研究で考えるCGSの性能評価の高度化の中には負荷データの見直しは含んでおらず、負荷データは別途適切な方法で与えることができるものと仮定している。

■CGUの本体特性について

➤ CASCADEⅢでの計算の基本となる各CGS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どうかほとんど検証されていない。

- ◇ 本研究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。
- CASCADEⅢでは起動時及び停止時の機器特性を考慮していない。
 - ◇ 本研究において実測データを取得し、CGU機器の起動停止特性を明らかにして、エネルギー量評価全体に与える影響を把握する。さらに、影響が大きければそれを性能評価にどのように取り込むべきか検討し、提案する。

■補機特性について

- CASCADEⅢでは補機電力が発電量の5%（数値は変更可能、正確には105分の5）と定義され、固定となっているが、実態として5%でよいのか検証されていない。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。
 - ◇ 本研究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。合わせて冷却塔あるいはラジエータファンの電力についても把握し、これら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

- CASCADEⅢ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。
 - ◇ 本研究におけるアンケート調査やヒアリング調査によって、用途やCGSの規模別の標準的な運転スケジュールを抽出するなどの方法により、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

- CASCADEⅢ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。

■その他

- CASCADEⅢでは、配管やその他の機器からの放熱が見込まれていない。また、タンクや配管からの熱ロスも見込まれていない。
 - ◇ 本研究において実測データを取得し、配管からの熱損失やタンクからの熱損失がどの程

度あるか把握を行う。ただし、本項目についてはCGSに限らず他の給湯設備、空調設備などでも扱われるべき項目であり、エネルギー量の評価においては他の設備での扱いも参考にしながら評価方法を考慮する。

- ▶ 蒸気と温水が同時に発生するような機器は考慮されていない。
 - ✧ 蒸気と温水が同時に発生する機器はそれほど多くないことから、本研究による検討の対象とはしない。
- ▶ CASCADEⅢでは、蒸気ボイラも温水ボイラも効率は同じと設定されている。
 - ✧ 給湯設備、空調設備などでも扱われる項目であり、本研究での調査の対象とはしない。

2-2. ベースプログラムの構築

2-2.1. ベースプログラム概要

業務用コージェネレーション設備の性能評価のために CASCADE Ⅲを参考として、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（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、これにアンケート調査や実測調査等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。

ここでは、ベースプログラムの概要を記述する。本プログラムは入力 of 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している。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とし、供給可能電力量、ガス消費量、負荷削減量を出力する。プログラムの計算フローと全体構成を以下に示す。

<プログラム計算フロー>

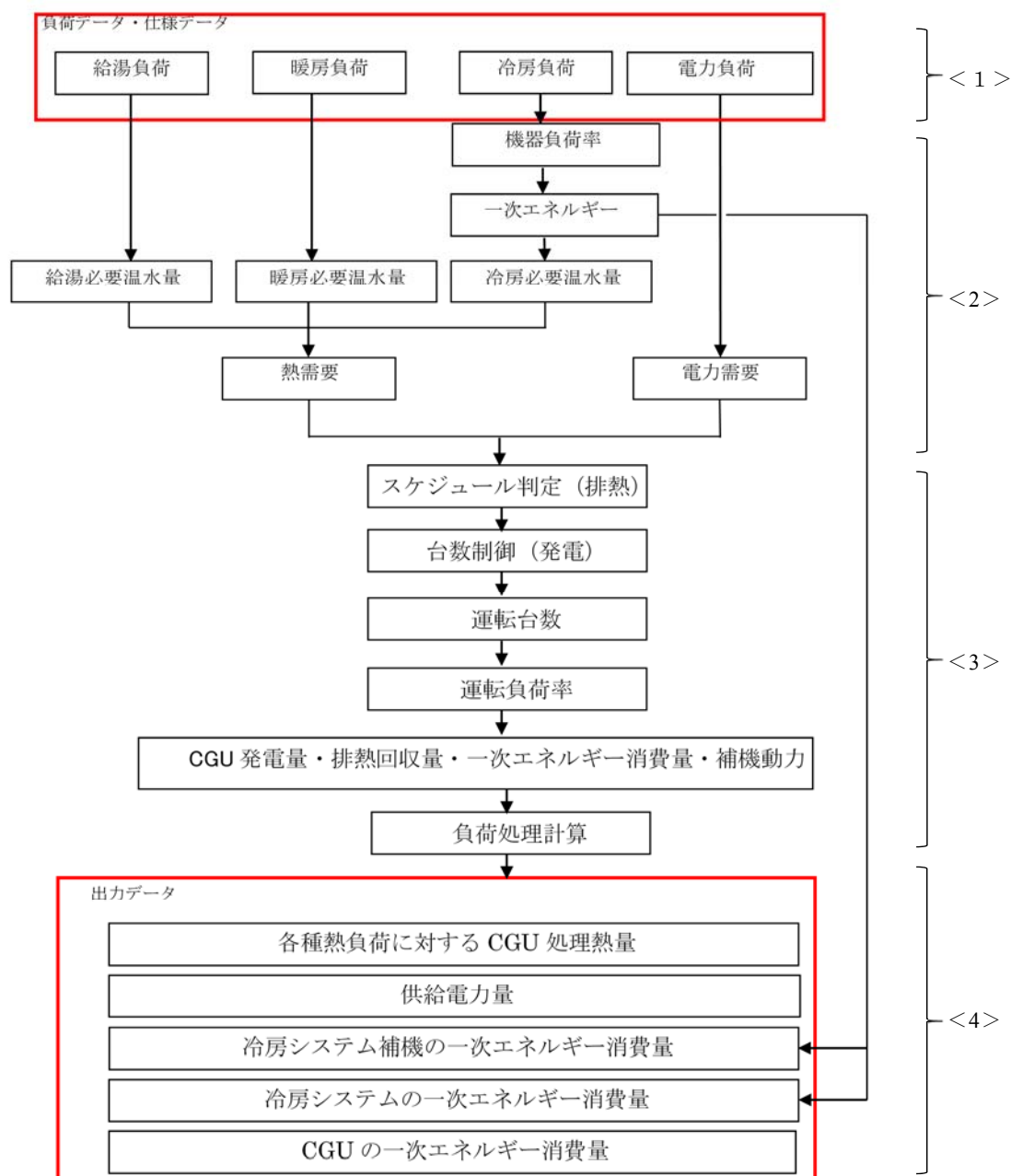


図 2-2.1 プログラム計算フロー図

1) 設定値入力

以下の入力を求める。

- *CGU 本体条件：機種、定格発電効率、定格排熱回収効率 など
- *排熱利用機器：機種、定格能力、消費電力 など
- *稼働条件：CGS 運転時間、排熱利用順位 など

2) 条件設定、事前処理

上記入力をもとに、計算に必要な条件を設定する。

- *定格排熱回収量、定格燃料消費量
- *CGS 特性式の各種係数項

*冷熱源定格能力

3) 時間毎計算

上記設定をもとに、負荷データ等を読み込み1時間ステップのエネルギー収支計算を行う。

*CGU 運転：発電量、排熱回収量、ガス消費量

*排熱利用：不足熱量、余剰排熱回収量など

4) 出力

上記計算を集計し結果のアウトプットを行う。

<プログラム入出力値>

ベースプログラムの入力値および出力値の一覧を以下に示す。

表 2-2.1 プログラム入力値

	項目	単位
負荷データ	電力負荷	[kW]
	冷房負荷	[MJ]
	暖房負荷	[MJ]
	給湯負荷	[MJ]
	外気温	[°C]
冷熱源仕様	熱源機種群名	[-]
	熱源機種	[-]
	運転順位	[-]
	熱源送水温度	[°C]
	熱源定格冷却能力	[kW]
	熱源一次エネルギー消費量	[kW]
	熱源補機定格消費電力	[kW]
CGS 系統仕様	発電機種種	[-]
	発電機容量	[kW]
	設置台数	[-]
	最低買電量	[kW]
	定格発電効率	[-]
	負荷率 0.75 時発電効率	[-]
	負荷率 0.50 時発電効率	[-]
	定格排熱回収効率	[-]
	負荷率 0.75 時排熱回収効率	[-]
	負荷率 0.50 時排熱回収効率	[-]
	排熱利用順位	[-]
	貯湯槽容量	[m ³]
	貯湯槽蓄熱の暖房利用への有無	[-]
	排熱の種類	[-]
	冷却塔ファン電力	[kW]
熱源機種群名	[-]	

表 2-2.2 プログラム出力値

項目	単位
CGU ガス消費量	[MJ]
冷房システムガス消費量	[MJ]
冷房システム補機ガス消費量	[MJ]
供給電力量	[kW]
冷房負荷削減量	[MJ]
暖房負荷削減量	[MJ]
給湯負荷削減量	[MJ]

<運転スケジュールの決定>

CGS の運転スケジュールは後述するアンケート調査の結果からも明らかとおおり、建物ごとに異なり、用途による傾向が見られるものの CGS をどの時間帯に ON とし、どの時間帯は OFF とするのかについて明確な基準はない。アンケート調査の結果では、主な判断の基準は電力負荷または熱負荷があるかどうかとなっており、電力負荷や熱負荷に合わせて ON/OFF のスケジュールを決めることが合理的な運転スケジュールの決定方法と考えられる。作成したベースプログラムでは、運転スケジュールの決定方法として専門家等の意見に基づき以下のように設定した。

➤ 負荷(電力・熱)状況によって発停スケジュールを決定する。

◇ CGS 稼働条件：

- 設置される CGU1 台分の定格発電量の 50%以上の電力負荷がある
- 設置される CGU1 台分の定格排熱回収量の 50%以上の熱負荷がある

ここで定める運転スケジュールは、CGS を ON とするか OFF とするかを判断するものであり、CGU の運転台数を決定するものではない。CGU1 台分の定格発電量の 50%以上の電力負荷と定格排熱回収量の 50%以上の熱負荷があれば、CGS を ON にすると判断することで建物によってまちまちなスケジュール設定を標準化したものである。なお、本設定の妥当性についてはアンケート調査、ヒアリング調査、実測調査の結果に基づいて検証する必要がある。特に 50%という数値については実測調査の結果から実態をどの程度捉えているか判断できる。

<運転台数の決定>

CGS の運転台数は、後述するアンケート調査において熱負荷に応じて決定する熱主運転の考え方を採用している建物がほとんどないことから、全台運転か電主運転のいずれかを選択するものとした。電主運転を選択した場合、電力負荷を上回る最小台数の CGU が運転されるものとした。

<適用範囲>

ベースプログラムは、以下の条件を満たすものに適用可能である。

- CGS：ガスエンジンコージェネレーション設備を利用したシステム
排熱が温水、または蒸気・温水同時取り出しの機器

JIS B 8122で規定される効率試験結果が公表されているもの

- 制御：電主運転を行うもの
- 冷熱源機器：（排熱を冷熱源機器に使う場合）排熱を利用する冷熱源機器として温水吸収冷凍機または、排熱投入型吸収冷温水機を用いているもの
- その他：発電電力を系統に売電しないもの

＜対象外機器＞

- ・ガスタービンCGS、燃料電池CGS
- ・排熱を蒸気のみで取り出す機器
- ・熱主運転を行う機器
- ・売電を行うシステム

2-2.2. ベースプログラムとCASCADE IIIの相違点

ベースプログラムは従来のCASCADE IIIを用いた計算ではデフォルト入力となっていた項目をユーザー入力とすることにより、設計内容に即した計算方法に改善するとともに、一部の項目については入力を簡略化するための標準的な入力値を定めている。下表にベースプログラムとCASCADE IIIの相違点を示す。

表 2-2.3 ベースプログラムと CASCADE IIIの相違点

		CASCADE III	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

2-2.3. ベースプログラムの動作確認

実際に負荷データ、冷熱源仕様、CGU 仕様を設定し、負荷に対する出力の変化、季節毎の結果の違いなどについて動作確認を行った。表に示す設定で計算を行い、2)プログラム入出力値で示した7項目を出力した。

表 2-2.4 ベースプログラム計算設定

項目	設定内容
建物用途	事務所
CGU 機種	ガスエンジン
CGU 容量	25kW
CGU 設置台数	1台
CGU 定格排熱回収量	138MJ
冷熱源機種	RHA
排熱利用優先順位	1.冷房 2.暖房 3.給湯
土日・祝日の運転の有無	全日運転
運転時間	24 時間運転
最低買電量	5kW

計算結果の出力例を以下に示す。ここでは代表期間毎の負荷に応じた出力結果の推移と各月のエネルギー消費量、負荷削減量、排熱投入割合を示す。計算結果は時間ごとに出力され、集計を行うことで CGS の稼働状況や各月の稼働状況など必要に応じた分析を行うことが可能である。

< 代表期間毎の推移（出力例） >

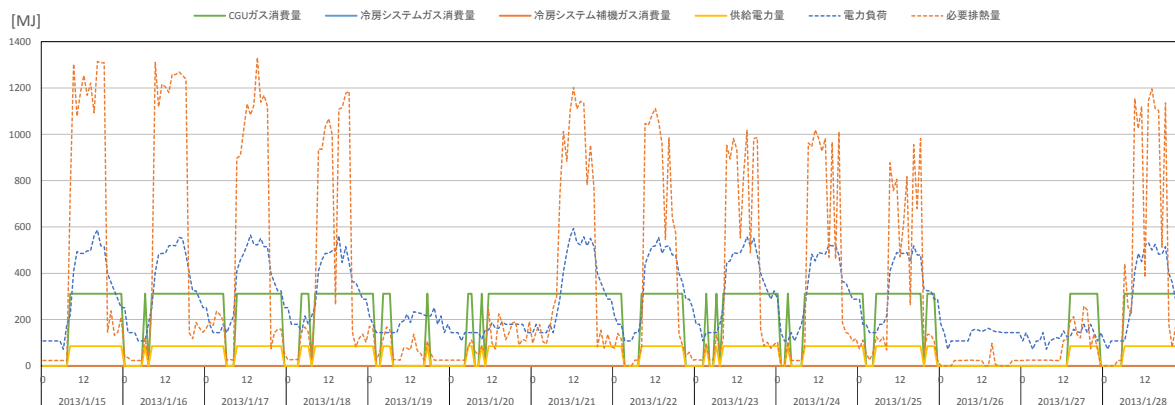


図 2-2.2 冬季代表週 ガス消費量・供給電力量

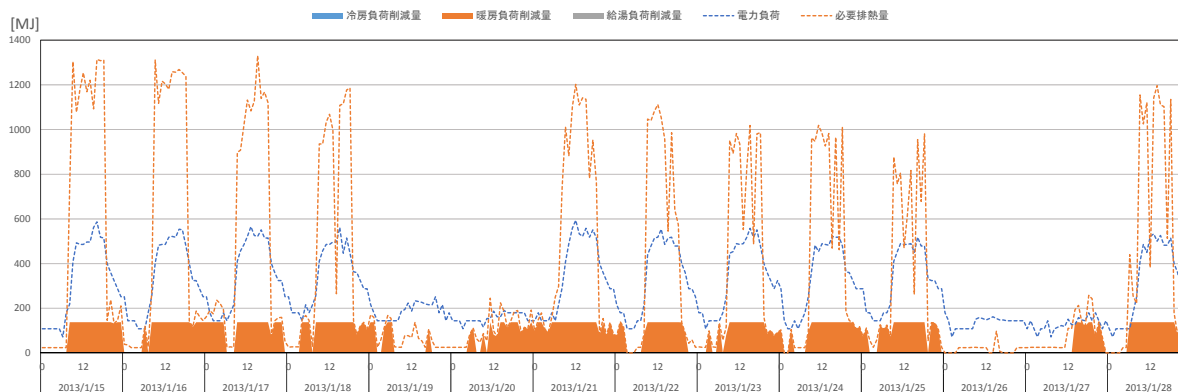


図 2-2.3 冬季代表週 各種負荷削減量

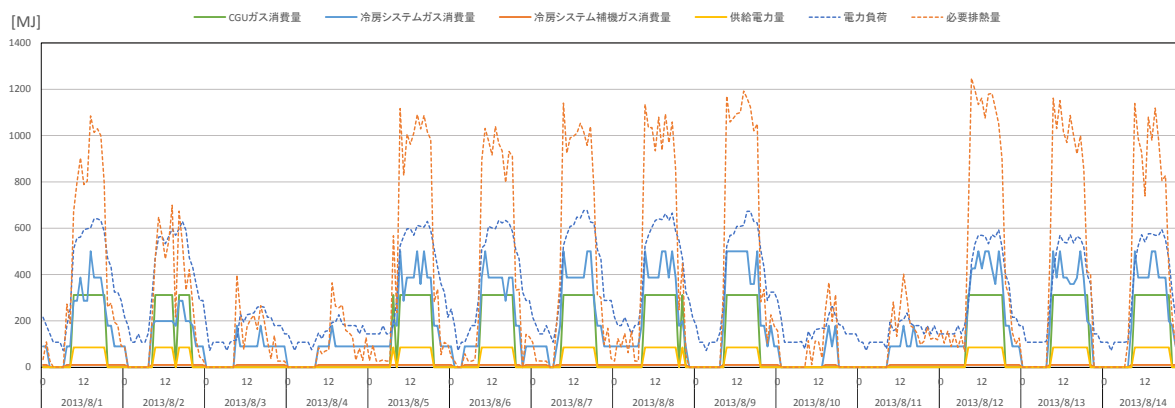


図 2-2.4 夏季代表週 ガス消費量・供給電力量

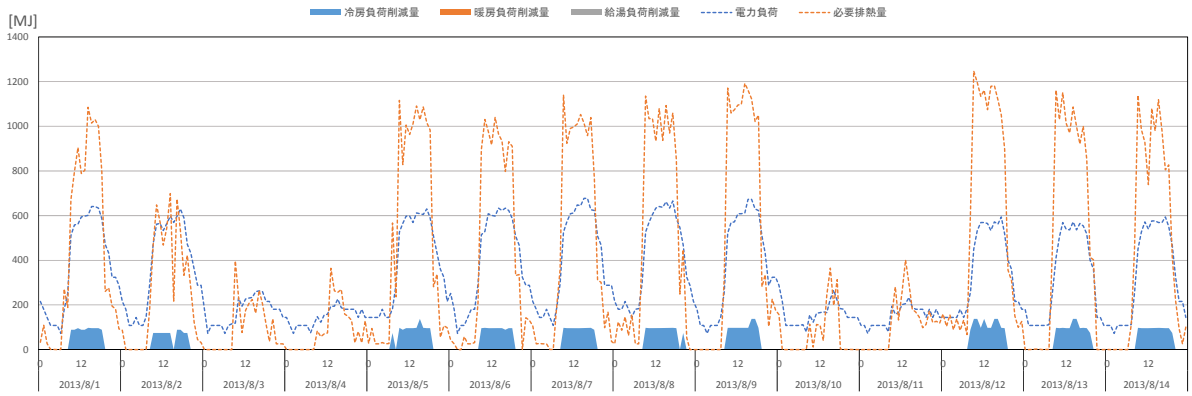


図 2-2.5 夏季代表週 各種負荷削減量

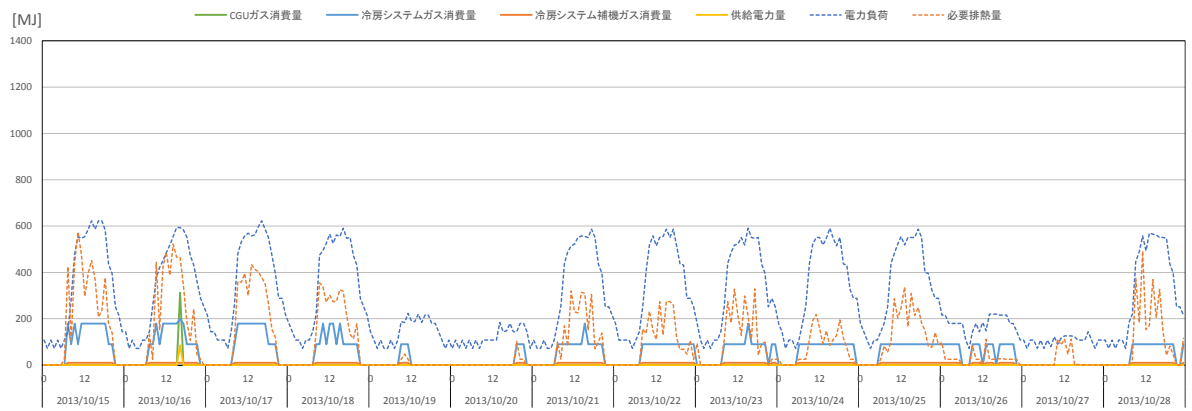


図 2-2.6 中間期代表週 ガス消費量・供給電力量

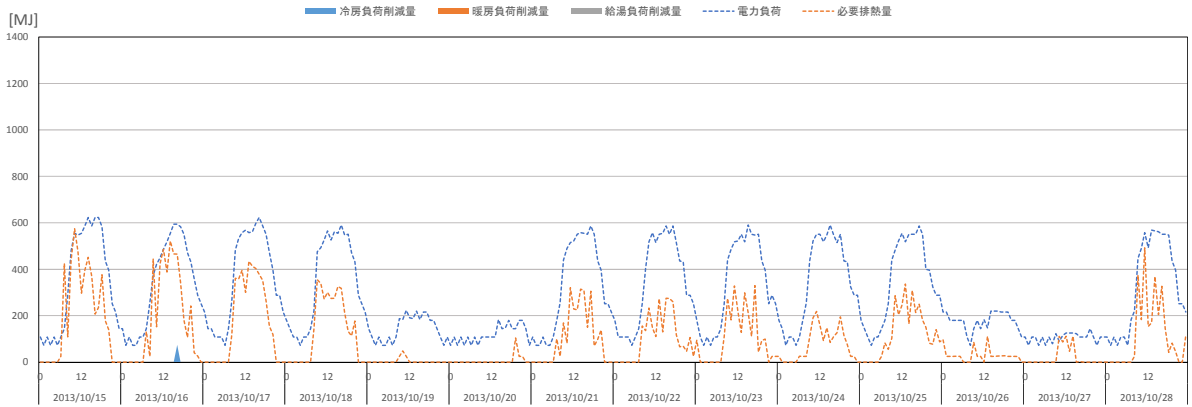


図 2-2.7 中間期代表週 各種負荷削減量

<各月のエネルギー消費量、負荷削減量、排熱投入割合（出力例）>

表 2-2.5 各月のエネルギー消費量、負荷削減量、排熱投入割合

	CGU ガス消費量 [GJ]	負荷削減量[GJ]			排熱投入割合[%]		
		冷房	暖房	給湯	冷房	暖房	給湯
1月	148	0	60	0	0%	100%	0%
2月	132	0	54	0	0%	100%	0%
3月	79	2	30	0	7%	93%	0%
4月	79	6	25	0	19%	81%	0%
5月	36	8	2	0	79%	21%	0%
6月	41	11	0	0	100%	0%	0%
7月	72	21	0	0	100%	0%	0%
8月	73	22	0	0	100%	0%	0%
9月	56	15	0	0	100%	0%	0%
10月	19	2	0	0	100%	0%	0%
11月	35	0	13	0	1%	99%	0%
12月	102	0	42	0	0%	100%	0%

2-2.4. プログラムによるケース検討

従来の CASCADEIII を用いた計算ではデフォルト入力となっていた項目をベースプログラムではユーザー入力とすることにより、より実態に近い計算方法に改善するとともに、一部項目については入力を簡略化するために標準的な入力値を定めている。最終的に提案するエネルギー消費量計算プログラム（以下、基整促プログラム）は、ベースプログラムにこれまでの調査結果（第3章以降に記述）を反映し、補機動力や RHA の排熱投入可能率をより精緻な計算とするなどして設計者の工夫を評価し、実態に則した計算が可能なものとするのがよいと考えられる。しかし、評価する項目が増えれば、計算が複雑になり、入力の手間が増える。そこでここでは、最終的に基整促プログラムに反映すべき項目について検討するため、詳細な計算プログラムを作成して、各項目が計算結果への程度影響を与えるのかを把握する。

2-2.4.1. ケース設定

実際の計算で影響の大きい項目を明らかとするため以下のケースを設定し検討を行う。検討は主に CGU の効率等について検討するケース 0～5 と配管の接続方法や熱の利用方法の違いが与える影響について検討するケース P-C-0～N-H-1 とする。以下に各ケースの概要を示す。

表 2-2.6 計算ケースの概要

ケース	内容	詳細
0	CGS設置なし	ベースプログラムでCGSの導入を0台として計算
1	CGS設置あり 補正なし	ベースプログラムのまま計算
2	CGS設置あり 発電効率補正	ベースプログラムの発電効率に0.99を掛けて計算
3	CGSあり 起動特性考慮	ベースプログラムの計算ロジックに起動時の特性を追加して計算
4	CGSあり 補機動力考慮	ベースプログラムの計算ロジックの補機動力を修正して計算
5	CGSあり 配管熱損失考慮	ベースプログラムの計算ロジックに排熱温水の配管からの熱ロスを考慮するロジックを追加して計算。

表 2-2.7 配管の接続方法や熱の利用方法の検討ケース

ケース	配管接続	優先	温度制御
P-H-0	並列 	暖房・給湯	無し
P-H-1			有り
P-C-0		冷房	無し
P-C-1			有り
S-H-0	直列 	暖房・給湯	無し
S-H-1			有り
S-C-0		冷房	無し
S-C-1			有り
N-H-0	直列 (RHAのみ並列) 	暖房・給湯	無し
N-H-1			有り
N-C-0		冷房	無し
N-C-1			有り

2-2.4.2. ケース設定の根拠

以下にケース設定の根拠を示す。

■ 発電効率補正

図 2-2.8 に実測値の発電効率の分析結果とカタログ発電効率の比較を示す。結果を見るとカタログ値に対する実測値の比率は 99.2%~99.6%となっており、十分な性能が出ていることが分かるが、100%を僅かに下まわっている。実測の測定精度が十分ではなく、その誤差である可能性も十分に考えられるが、今後のケース検討等では安全側を見て発電効率をカタログ値の 99%として計算を行うこととした。この数値については、今後吟味して見直していくことが重要である。

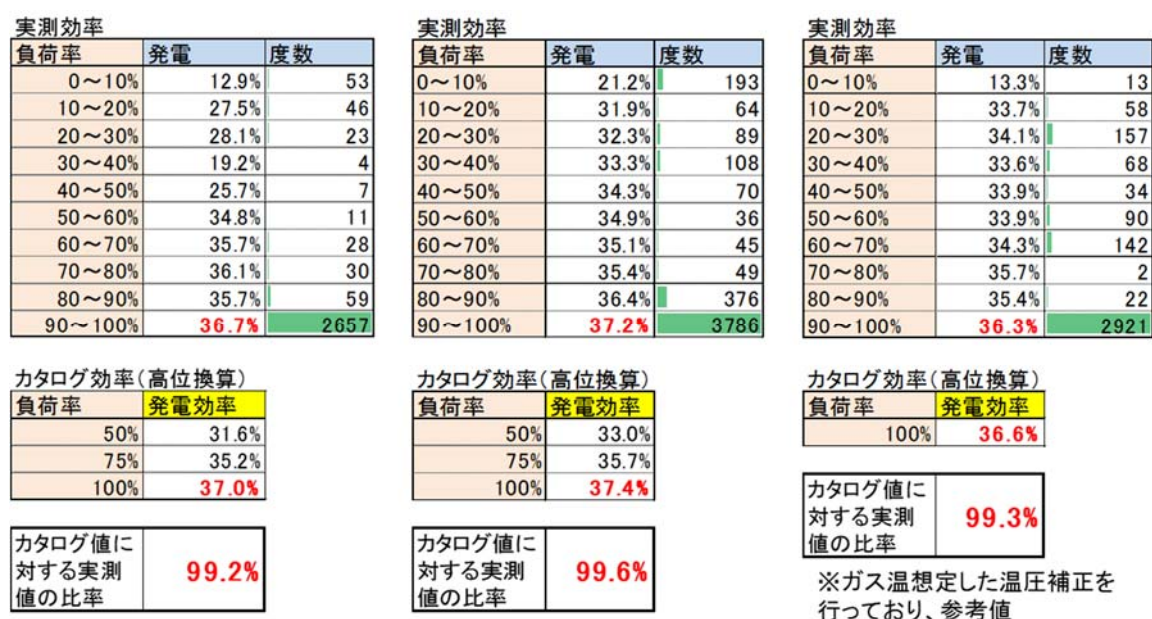


図 2-2.8 実測発電効率とカタログ発電効率の比較

■ 起動特性の計算

図 2-2.9 に CGU の起動特性を示す。CGU は次に示す 3 段階に分かれた動きをする。

- ① 起動後、発電出力（排熱出力、ガス消費）が始まるまでの出力0の段階
- ② 発電出力（排熱出力、ガス消費）が始まり出力100%となるまでの段階
- ③ 発電出力（排熱出力、ガス消費）が100%に到達したあとの段階

②の段階では定格出力と比較して出力が低下するため、起動特性の考慮の有無によって計算結果が変わることが予想される。そのため、起動特性が与える影響を明らかとするためケース検討では起動時の最初の 1 時間に実測分析より得られた補正値を掛けて計算を行う。マイクロガスエ

ンジンとガスエンジンコージェネの発電出力、排熱出力、ガス出力の起動特性、補正値を図 2-2.10、図 2-2.11 に示す。

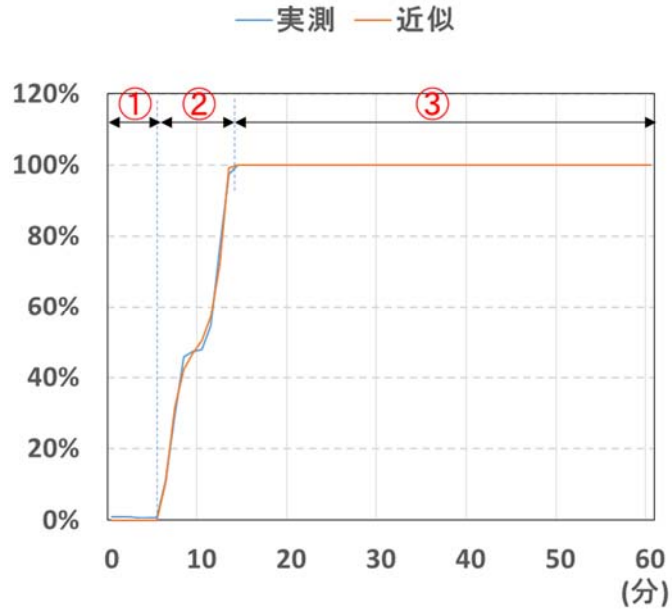
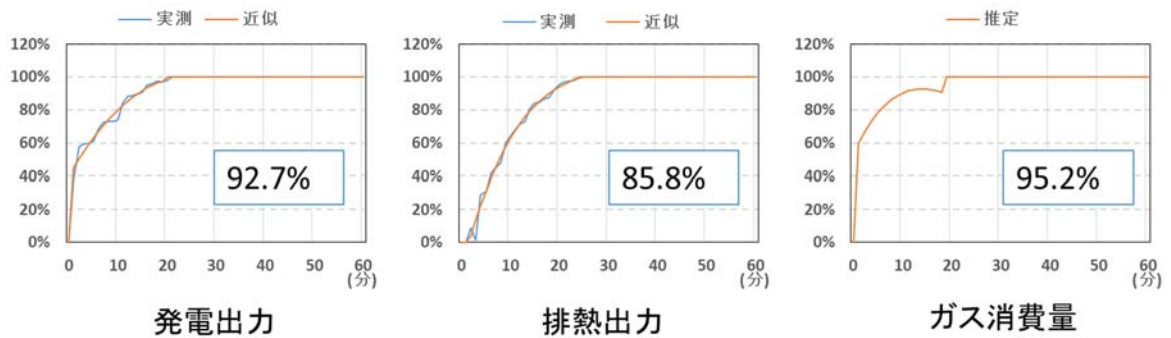


図 2-2.9 CGU の起動特性



※ガス消費量の実測値得られていないため、推計して算出

図 2-2.10 マイクロガスエンジン起動特性・補正値

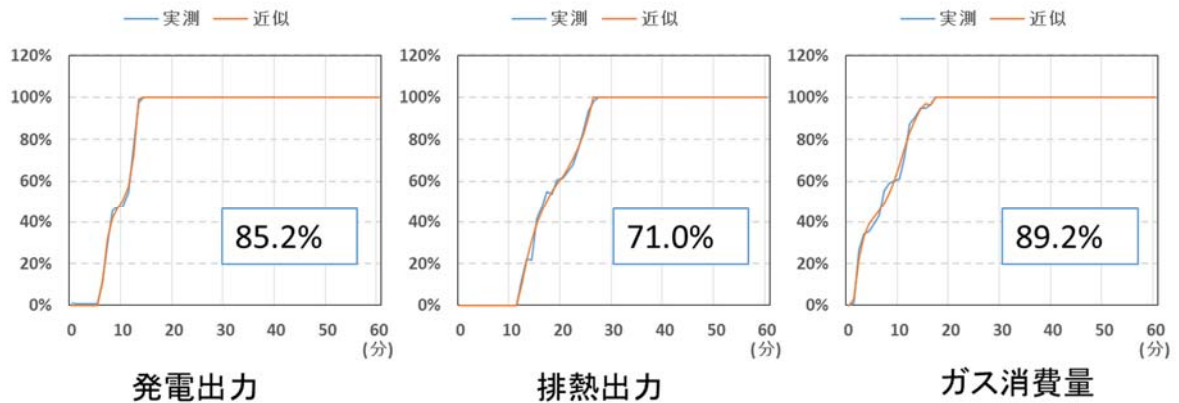


図 2-2.11 ガスエンジン起動特性・補正値

■ 補機動力特性

ベースプログラムでは発電量の5%を補機動力として計算を行っており、これは実態と大きな乖離がないことは昨年度の調査で確認された。しかし、更なる調査によってCGU非稼働時の待機電力や発電量とは相関の低い冷却塔ファン・ポンプ・ヒーター電力などが補機電力に含まれており、発電量に対する補機の割合も変化することが分かった。より精緻な補機動力計算手法とすることで、設計上の工夫の評価が可能となるため、補機計算の精緻化が結果に与える影響を検討する。ここでは補機を本体補機、温水循環ポンプ、冷却塔ポンプ、冷却塔ファンに分けて検討する。また、ラジエータを内蔵した小型の機種と冷却塔を外部に持つ中～大型の機種では補機動力の範囲が異なるため、機種に応じた計算を行う。補機動力の範囲は以下の通りとする。

マイクロガスエンジン：CGU本体補機・温水循環ポンプ

ガスエンジン：CGU本体補機・温水循環ポンプ・冷却塔ポンプ・冷却塔ファン

CGU本体補機に関しては実測値の分析結果から得られた値を用いて計算を行う。マイクロガスエンジン及びガスエンジンコージェネの補機分析結果を表2-2.8、表2-2.9に示す。

マイクロガスエンジン、ガスエンジンコージェネの本体補機及び待機中の補機は以下の通りとする。

マイクロガスエンジン

稼働時：CGU本体補機 = 発電量の2%

待機中：CGU本体補機 = 定格発電量の0.15%

ガスエンジンコージェネ

稼働時：CGU本体補機 = 発電量の3%

待機中：CGU本体補機 = 定格発電量の0.4%

表 2-2.8 マイクロガスエンジン 補機分析結果

		補機消費電力(kW)					発電出力(kW)					補機消費電力割合							
		CGU1	CGU2	CGU3	CGU4	温水循環ポンプ	合計	CGU1	CGU2	CGU3	CGU4	合計	CGU1	CGU2	CGU3	CGU4	温水循環ポンプ	CGU補機	合計
起動動作	冬期	0.65	0.62	0.62	0.66		2.55	34	31	31	33	129	1.9%	2.0%	2.0%	2.0%		2.0%	
	中間期	0.68	0.71	0.68	0.65		2.72	34	34	34	34	136	2.0%	2.1%	2.0%	1.9%		2.0%	
	夏期	0.61	0.85	0.62	0.78	4.06	6.92	29	34	28	34	125	2.1%	2.5%	2.2%	2.3%	3.2%	2.3%	5.5%
運転	冬期	0.62	0.62	0.62	0.62		2.48	34	33	34	34	135	1.8%	1.9%	1.8%	1.8%		1.8%	
	中間期	0.64	0.64	0.65	0.65		2.58	34	34	34	34	135	1.9%	1.9%	1.9%	1.9%		1.9%	
	夏期	0.66	0.66	0.67	0.67	3.73	6.39	34	34	34	34	136	1.9%	1.9%	2.0%	2.0%	2.8%	2.0%	4.7%
待機	冬期	0.04	0.04	0.04	0.04		0.16	0	0	0	0	0.00	--	--	--	--		--	
	中間期	0.06	0.06	0.06	0.06		0.24	0	0	0	0	0.00	--	--	--	--		--	
	夏期	0.06	0.06	0.06	0.06	0.00	0.24	0	0	0	0	0.00	--	--	--	--		--	

表 2-2.9 ガスエンジン補機分析結果

		補機消費電力量(kWh)					発電量 (kWh)	補機消費電力割合				
		CGU補機	冷却塔ファン	冷却塔ポンプ	温水循環ポンプ	合計		CGU補機	冷却塔ファン	冷却塔ポンプ	温水循環ポンプ	合計
起動動作	冬期	16.8	0.0	3.1	8.4	28.3	577.4	2.92%	0.01%	0.53%	1.45%	4.90%
	中間期	21.3	1.5	3.1	8.6	34.5	576.7	3.69%	0.25%	0.54%	1.49%	5.97%
	夏期	21.0	3.7	3.0	8.4	36.1	568.4	3.69%	0.65%	0.53%	1.48%	6.36%
運転	冬期	17.4	0.4	3.3	11.1	32.2	700.0	2.49%	0.06%	0.47%	1.59%	4.60%
	中間期	22.4	2.9	3.4	11.1	39.8	700.0	3.20%	0.41%	0.49%	1.59%	5.69%
	夏期	22.6	4.2	3.3	11.0	41.1	700.0	3.23%	0.60%	0.47%	1.57%	5.87%
待機	冬期	4.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	-	-	-	-	-
	中間期	2.3	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	-	-	-	-	-
	夏期	1.7	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	-	-	-	-	-

温水循環ポンプ、冷却塔ポンプは以下に示す計算式を用いて計算を行う。ポンプ動力に関して、ポンプ効率を実機から特性式を作成し利用し揚程は 20m と設定している。冷却塔ファン定格消費電力は CGU 最大放熱量から実際の冷却塔カタログを参考に設定した。

温水循環ポンプ・冷却ポンプ計算式

$$W = \frac{\rho g H q}{1000 \eta}$$

W : 消費電力[kW]

ρ : 水の密度[kg/m³]

g : 重力加速度[m/s²]

H : 揚程[m]

q : 流量[m³/s]

η : ポンプ効率[-]

冷却塔ファン計算式

$$W = W_r \times \frac{Q_{loss}}{Q_{CGU,h,r}}$$

W : 消費電力[kW]

W_r : ファン定格消費電力[kW]

Q_{loss} : 放熱量[kW]

$Q_{CGU,h,r}$: CGU最大放熱量[kW]

■ 配管熱損失の考慮

実測値の分析結果から、排熱回収効率がカタログ記載の値よりも数%低い値を示すことが分かった。この傾向は夏季よりも冬季に顕著となっており、配管からの熱損失や2次側に十分な排熱負荷がないことが原因であると考えられる。そこでケース検討においてはベースプログラムに配管からの熱損失を計算するロジックを追加し、計算時に熱損失が与える影響を検討する。熱損失計算は以下に示す式によって行う。

$$Q = \frac{ti-to}{R} \quad (\text{式 1})$$

$$R = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{1}{r_0\alpha_1} + \frac{1}{\lambda_0} \ln \left(\frac{r_1}{r_0} \right) + \frac{1}{\lambda_1} \ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right) + \frac{1}{r_2\alpha_2} \right\} \quad (\text{式 2})$$

※ α_1 を別途計算して求める

$$\alpha_1 = \frac{Nu \times k}{d} \quad \left(= \frac{Nu \times k}{2r_0} \right) \quad (\text{式 3})$$

$$Nu = 0.023Re^{0.8}Pr^n \quad (\text{式 4}) \quad \text{※ディタス・ベルターの式}$$

$n = 0.4$ 流体が加熱されている場合(流体の温度が出口 > 入口)

$n = 0.3$ 流体が冷却されている場合(流体の温度が出口 < 入口)

$$Re = \frac{V \times d}{\nu} \quad (\text{式 5}) \quad \text{※ 流速 } V = \frac{\text{流量 m}^3/\text{s}}{\text{断面積 m}^2}$$

Nu : ヌッセルト数

k : 熱伝導率 W/mK (水の物性値より)

d : 直径 m (= $2 \times r_0$)

Re : レイノルズ数

Pr : プラントル数

V : 流速 m/s

d : 水力直径 m (円管の場合は \simeq 管内直径 $2 \times r_0$)

ν : 動粘性係数 m^2/s

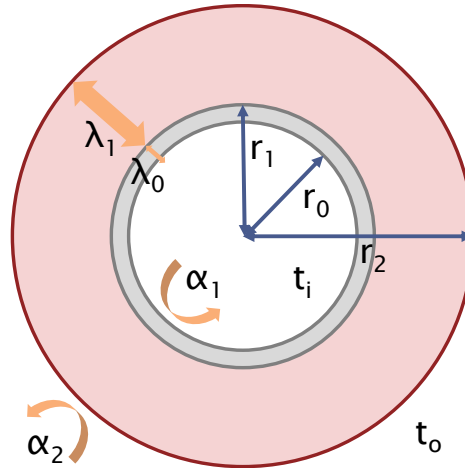


図 2-2.12 配管断面図

- r_0 : 円管の内半径[m]
- r_1 : 円管の外半径[m]
- r_2 : 保温材の外半径[m]
- λ_0 : 円管の熱伝導率[W/mK]
- λ_1 : 保温材の熱伝導率[W/mK]
- α_1 : 配管内側の表面熱伝導率[W/m² K]
- α_2 : 配管外側の表面熱伝導率[W/m² K]
- t_i : 配管内温度[°C]
- t_o : 周囲温度[°C]
- R : 配管の貫流熱抵抗[mK/W]
- Q : 単位長さ当たりの配管からの熱負荷[W/m]
- ※融通管長さ[m]

参考：空気調和・衛生工学会 編 「空気調和設備 計画設計の実務の知識(改訂3版)」

■ 配管接続の計算

これまでの分析結果から、RHA に関して直列に接続される場合と並列に接続される場合があることが分かっている。並列に接続された場合には流量が変化し、直列に接続された場合には排熱の温度が変化する。RHA は排熱温度によって投入可能量が変化することが明らかとなっており、接続方法が性能評価に影響を与えることが予想される。そこで、配管接続方法による温度流量の違いを計算で再現し、それらが与える影響を明らかにする。また、冷房を優先して利用した場合と暖房・給湯を優先して利用した場合の計算結果の違いについても考察する。並列、直列接続のそれぞれの計算方法は以下に示す通りとする。

< 並列接続 >

優先順位が高い機器から順に必要な流量を計算し、排熱を割り当てる。この際、排熱入口温度は全ての機器で CGU 排熱出口温度となる。

< 直列接続 >

優先順位が高い機器から順に計算し、各機器で使用した排熱量から出口温度を計算し、次の機器の入口温度とする。流量は全ての機器で同じとなる。

■ 温度制御の計算

CGU の熱利用においては排熱の温度が重要であり、排熱の温度レベルによっては利用可能な場合と不可能な場合が出てくる。また、実運用においても排熱の戻り温度を一定に保つ制御を設けるケースがあることも分かっている。そこで、ケース検討を行い、温度制御を行った場合と行わなかった場合の計算結果に与える影響を考察する。温度制御なしの場合は需要に対して限界まで熱利用を行い、温度制御ありの場合は図 2-2.13 に示す CGU の戻り側の温度を一定値に保つように熱利用を行う

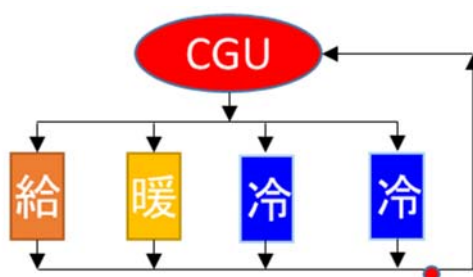


図 2-2.13 温度制御ありの場合

■ RHA特性計算

図 2-2.14 に RHA 排熱投入可能率の変化（概念図）を示す。実測値分析やヒアリング調査により、RHA の排熱投入可能率が排熱温水入口温度、冷却水入口温度、冷水出口温度、排熱温水流量に応じて変化することが分かった。そのため、プログラムでは機器毎の排熱投入可能率の頂点（図 2-2.14 中 点 A）と負荷率 100%時の排熱回収率（図 2-2.14 中 点 B）を入力し、各項目の特性に応じて補正することで与える。補正值に関してはこれまで収集したデータを基に作成した。図 2-2.15 に項目毎の特性の変化を示す。

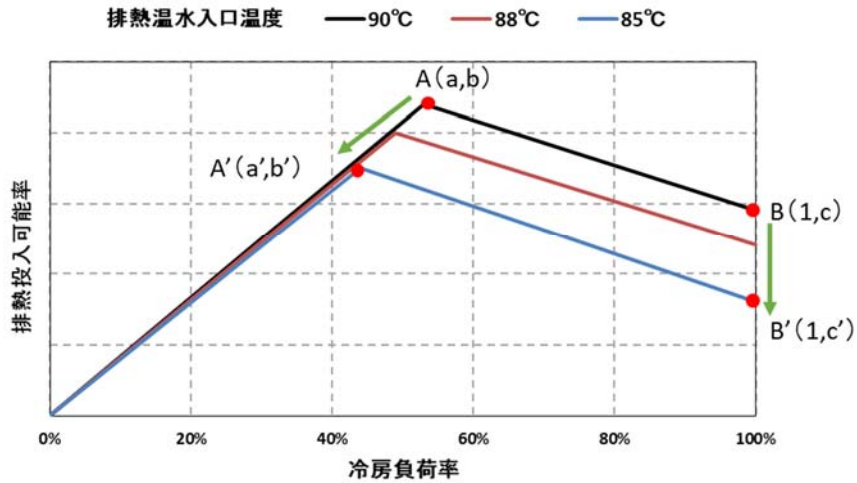


図 2-2.14 RHA 排熱投入可能率（概念図）

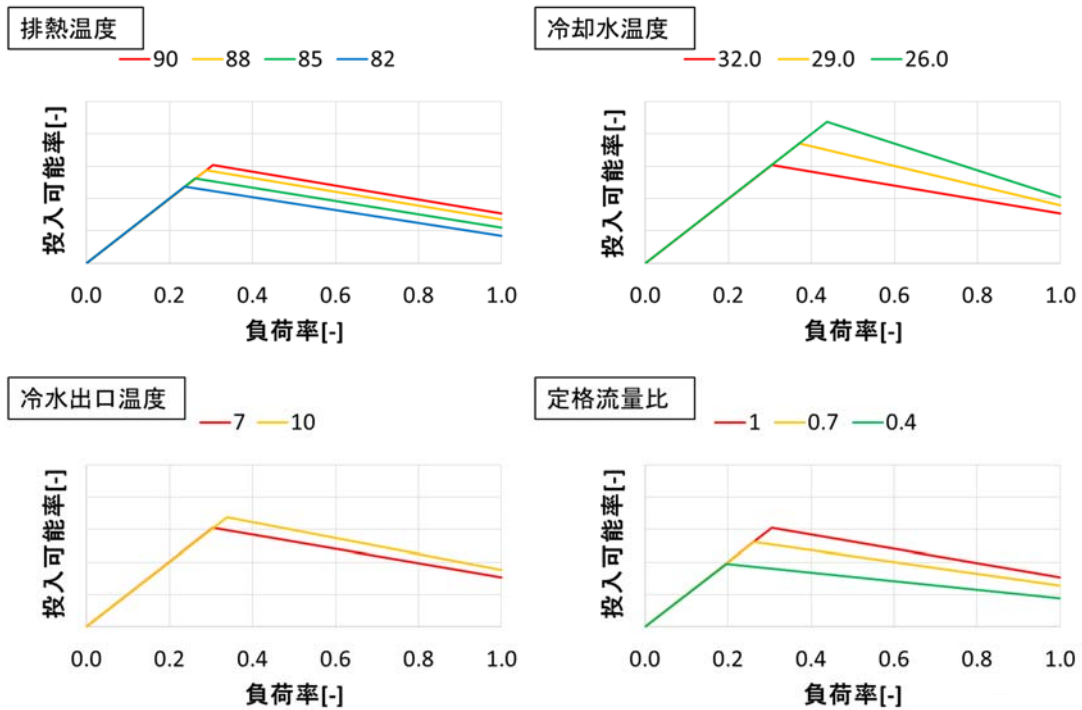


図 2-2.15 項目別特性式

2-2.4.3. 計算設定

収集した負荷データを用いてケース検討を行った。計算は必要なデータが揃っている ID08 を使用した。また、マイクロガスエンジン、ガスエンジンそれぞれについて計算を行い、機器仕様はそれぞれ ID03、ID08 の使用を用いている。計算設定一覧を表 2-2.10 に示す。

表 2-2.10 ケース検討計算設定

項目	設定内容
建物用途	病院
CGU 機種	マイクロガスエンジン ガスエンジン
CGU 容量	マイクロガスエンジン : 35kW ガスエンジン : 370kW
CGU 設置台数	マイクロガスエンジン : 3 台 ガスエンジン : 2 台
冷熱源機種	RHA

使用した負荷データの月積算値を図 2-2.16 に夏期および冬期代表日の負荷推移を図 2-2.17、図 2-2.18 に示す。

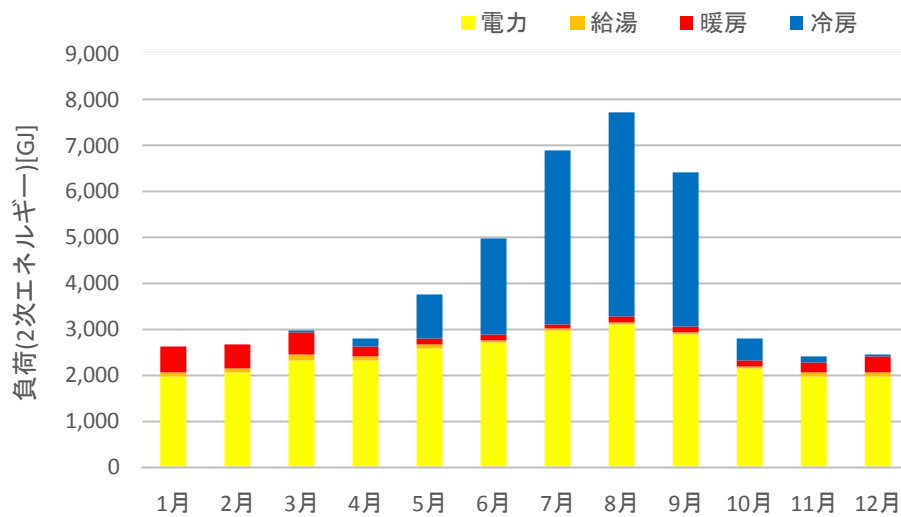


図 2-2.16 負荷の月積算値

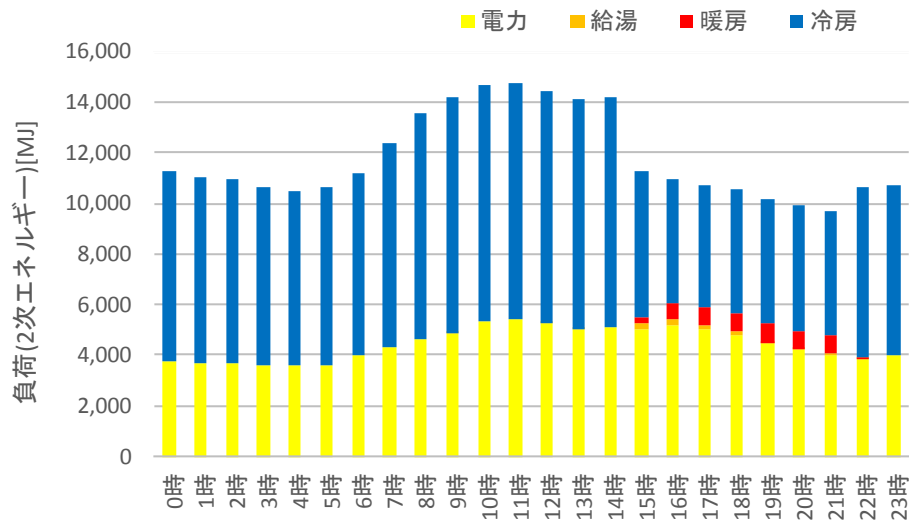


図 2-2.17 夏期代表日の負荷(8月22日)

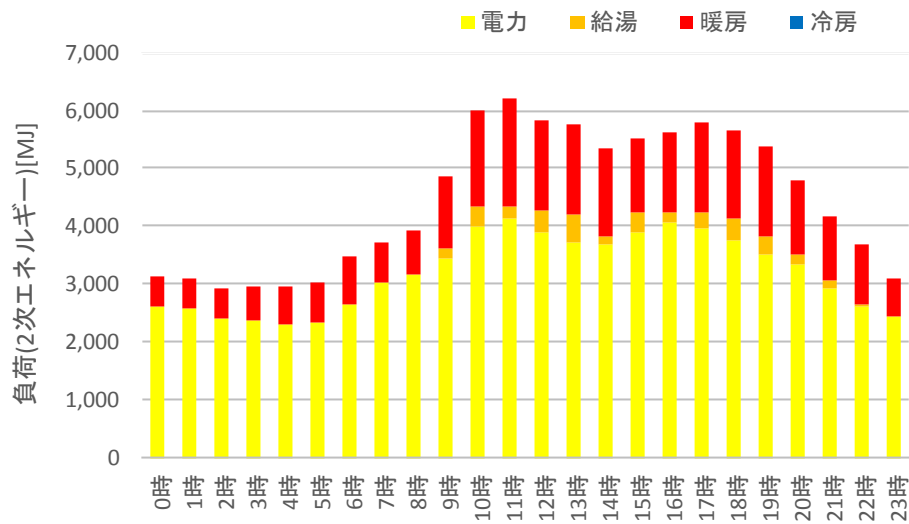


図 2-2.18 冬期代表日の負荷(3月11日)

2-2.4.4. ケース検討結果

ケース検討結果を以下に示す。

■ ケース0～ケース5

ガスエンジンケースの年間エネルギー消費量を図 2-2.19 に、省エネルギー量の比較を図 2-2.20 に、省エネルギー量の変化率を図 2-2.21 に示す。図 2-2.21 はケース 1 における発電量を基準として各ケースの省エネルギー量の変化量の比率を求めたものである。下式により変化率を算出している。このような方法を取るのには、発電量を基準として省エネルギー量を見ることで、その変化の大きさを把握しやすくするためである。例えば、変化率が 1% だった場合、発電量が 1% 目減りした状況に相当する。各ケースの状況を考慮することでどの程度省エネルギー効果が低下するかを把握することができる。

$$\text{省エネルギー量の変化率[\%]} = \frac{\text{ケース 1 のエネルギー消費量[GJ]} - \text{各ケースのエネルギー消費量[GJ]}}{\text{ケース 1 での発電量[GJ]}} \times 100$$

ケース 2 は、発電効率 1% の補正によりケース 1 と比べて省エネルギー量は 360GJ 減少している。これは発電量の 1.04% に相当する。つまり 1% の発電効率低下が、発電量 1% に相当する省エネルギー量の低下に繋がったことを示している。ケース 3 では起動特性を考慮したところ、発電量の 0.44% に相当する省エネルギー量の低下となった。ガスエンジンは起動が速く、起動特性による省エネルギー効果への影響は小さいと言える。ケース 4 では補機動力の計算方法を変え、ポンプ・ファンの定格消費電力を与える手法とした。ただし、実際の定格消費電力の情報などが得られておらず、想定値を入力している。結果として、3.16% の変化率となっており、ケース 2～5 までで最も影響が大きかった。補機動力の設計次第で省エネルギー効果に強い影響を与えることを示している。最後にケース 5 では配管からの熱損失を考慮したが、変化率は 0.04% で最も小さかった。想定した熱負荷が、排熱回収量に対して小さく、そのために排熱が冷却塔か放熱される状況となっており、配管からの熱損失があっても負荷を賄える状況であったためである。負荷が大きければ影響が現れるものと考えられる。

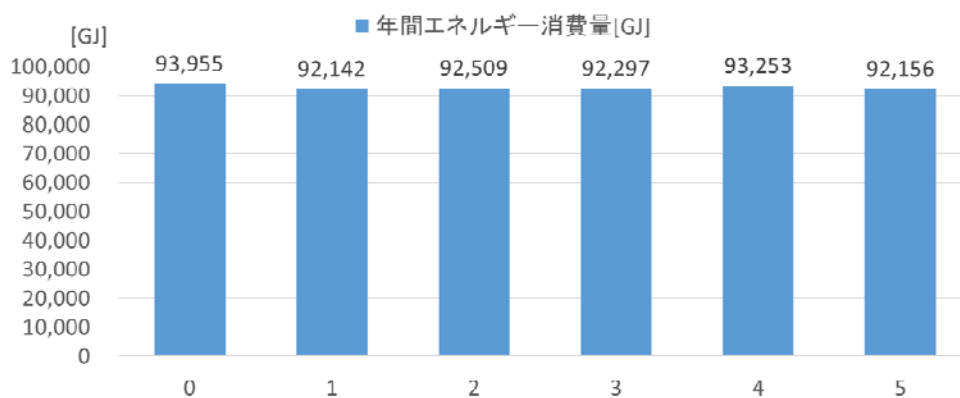


図 2-2.19 年間エネルギー消費量（ガスエンジン）

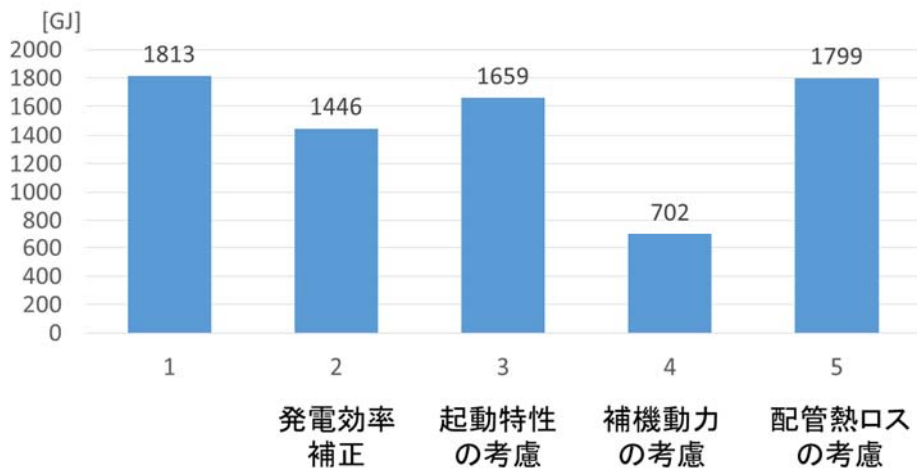


図 2-2.20 ケース 0 に対する省エネルギー量（ガスエンジン）

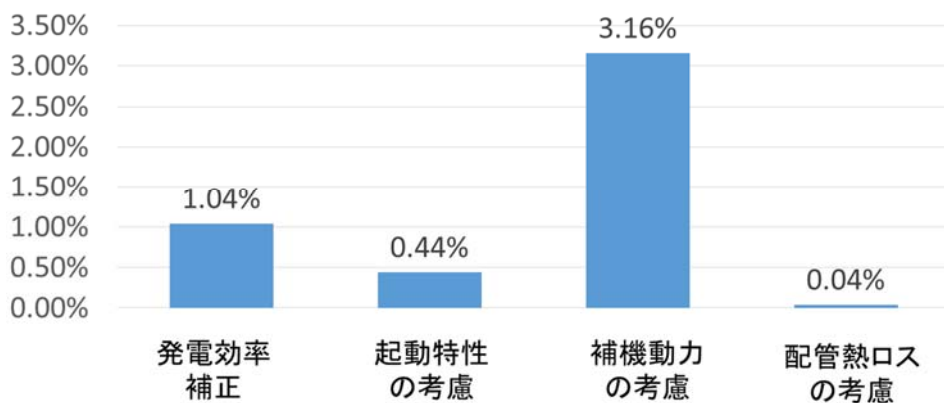


図 2-2.21 省エネルギー量の変化率（ガスエンジン）

ケース 1 におけるエネルギー利用状況を図 2-2.22 に示す。排熱回収量の 40%程度が強制放熱で失われていることが確認できる。このため、前述のようにケース 5 において、熱損失を考慮した影響が小さかったものと考えられる。

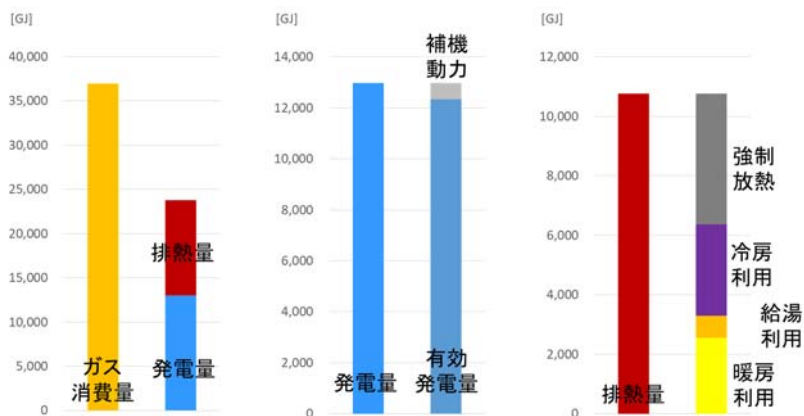


図 2-2.22 ケース 1 におけるエネルギー利用状況（ガスエンジン）

ガスエンジンケースと同様にマイクロガスエンジンケースの計算結果を図 2-2.23～図 2-2.24 に示す。発電効率の補正ケースの省エネルギー量の変化率は 0.78%となっており、ガスエンジンケースよりやや小さくなったが、大きくは変わっていない。起動特性の考慮による変化率もガスエンジンケースとほぼ同等である。補機動力の計算方法の変更はガスエンジンケースとは異なり、変化率は 0.64%と小さい。設計次第で省エネルギー効果に影響を及ぼす項目であることが分かる。配管熱ロスの考慮についてもガスエンジンケースとは異なり、変化量が 1.18%となっており、大きい。図 2-2.24 で確認できるようにマイクロガスエンジンケースでは強制放熱量が少なく、排熱を使い切っている状況が伺える。こうした場合には排熱損失の影響が大きくなるものと考えられる。

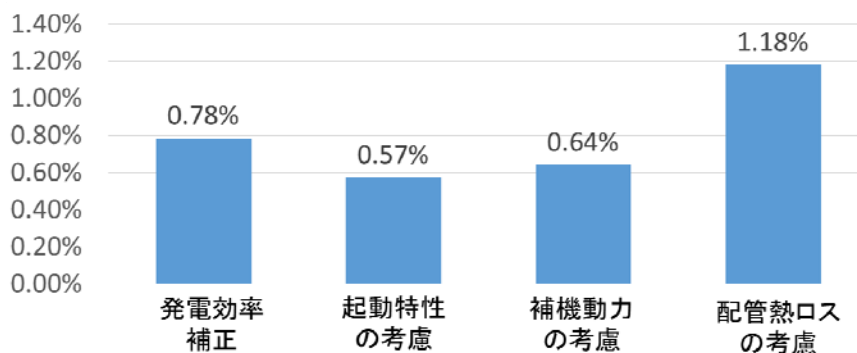


図 2-2.23 省エネルギー量の変化率（マイクロガスエンジン）

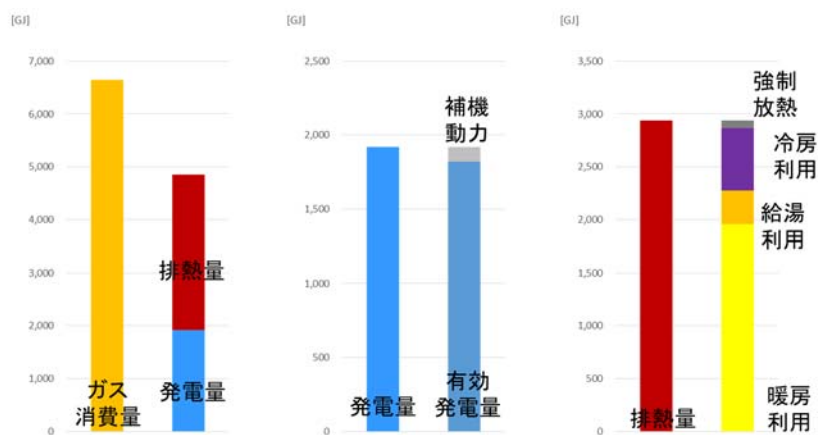


図 2-2.24 ケース 1 におけるエネルギー利用状況（マイクロガスエンジン）

最後にケース 5 における月別の排熱量に対する配管からの熱損失の割合を図 2-2.25、図 2-2.26 に示す。ガスエンジンの場合で年間 1.6%、マイクロガスエンジンの場合で年間 3.4%が熱損失となっている計算結果となった。いずれの場合でも中間期に高い熱損失率となっているのは、排熱利用先が少ないことにより配管回路内の温度レベルが高くなり、外気との温度差が大きくなるためである。また、マイクロガスエンジンの方が熱損失率が高いのは、配管径が小さいために流量に対する配管表面積が大きいためと考えられる。これらの数値は配管の長さや断熱性能に影響を受けるため、一概に設定することが難しく、本来は設計の工夫を反映するために、配管長や断熱性能などを入力できるようにすることが望ましい。

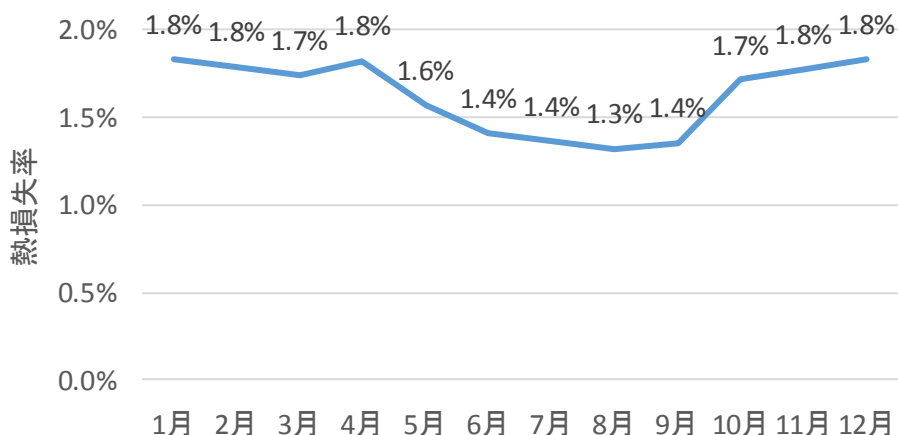


図 2-2.25 排熱量に対する配管からの熱損失の割合（ガスエンジン）

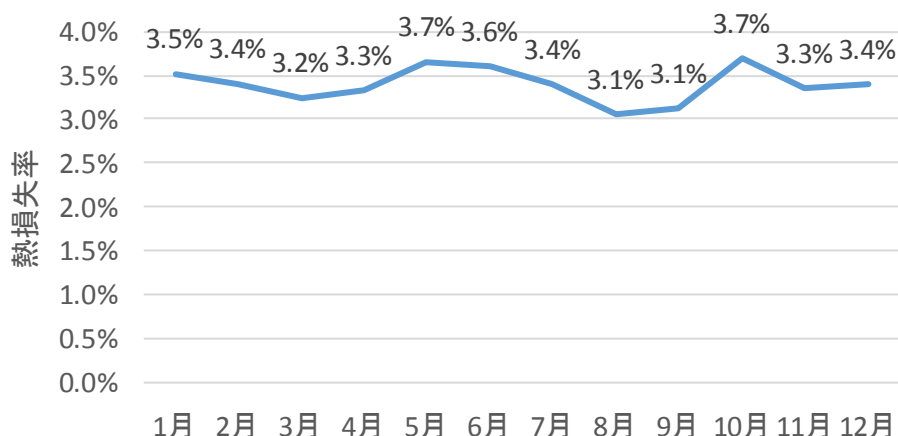


図 2-2.26 排熱量に対する配管からの熱損失の割合（マイクロガスエンジン）

■ ケースP-H-0～ケースN-C-1

次に配管の接続方法の変更と温度制御を行ったケース P-C-0～ケース N-H-1 の計算結果を図 2-2.27～図 2-2.32 に示す。なおこれらのケースでは、前述のケース 2～5 の全ての項目を考慮に入れた計算を行っている。また、省エネルギー量はケース P-C-0 のエネルギー消費量を基準に計算し、省エネルギー量の変化量も以下の式で計算している。

$$\text{省エネルギー量の変化率}[\%] = \frac{\text{ケース P-H-0 のエネルギー消費量[G]} - \text{各ケースのエネルギー消費量[G]}}{\text{ケース P-H-0 での発電量[G]}} \times 100$$

ガスエンジンケースでもマイクロガスエンジンケースでも顕著に省エネルギー量に差が出ているのは、ケース名の最後に「1」が付いている温度制御ありのケースである。ガスエンジンのケー

スでは並列か直列かといったつなぎ方で多少の差があるが 1.5%~2%変化量に差が出ている。温度制御を行うと冷房に投入できる排熱量が制限され、省エネルギー効果が低下する傾向にある。また、マイクロガスエンジンのケースでも温度制御ありのケースは大きく異なり、特に冷房優先とした場合に変化率が 6%近くまで上昇している。冷房優先とした場合でも温度制御を入れない場合には、暖房負荷や給湯負荷があるとそちらの利用温度レベルが低いために、排温水回路全体の温度レベルが低下し、RHA に投入できる排熱量が減少する。そのため、結果として暖房や給湯に多くの排熱が投入されることになる。暖房や給湯を優先した場合も同様である。したがって、冷房を優先しかつ温度制御を導入した場合のみ、冷房の排熱投入量が確保されることになる。この場合、暖房や給湯に投入される排熱量が減少するが、COP が高い冷房に排熱を投入するよりは、暖房や給湯に投入した方が省エネルギー効果が高いため、省エネルギー量が減少する結果となっている。ガスエンジンケースでは排熱が比較的潤沢にあり、暖房や給湯に投入される排熱量が大きくは減少しなかったが、マイクロガスエンジンケースでは排熱が負荷に対して潤沢ではなかったために、暖房や給湯に投入される排熱量が大きく減少し、省エネルギー効果に大きな違いが出たと考えられる。

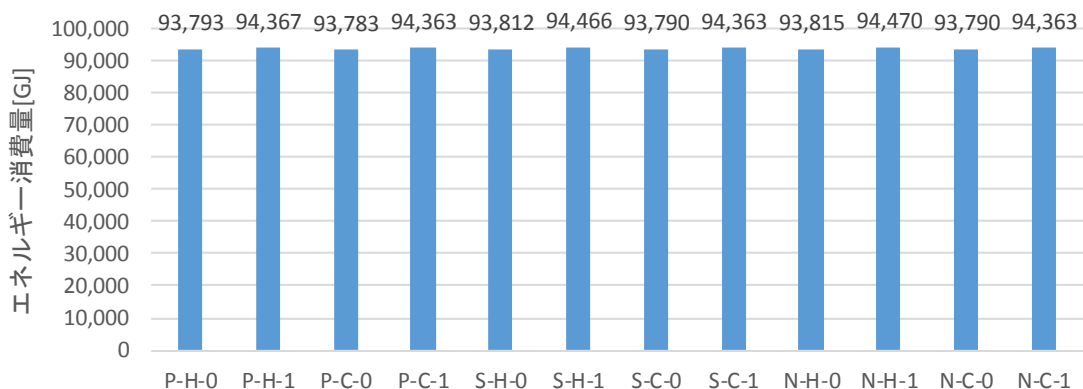


図 2-2.27 年間エネルギー消費量 (ガスエンジン)

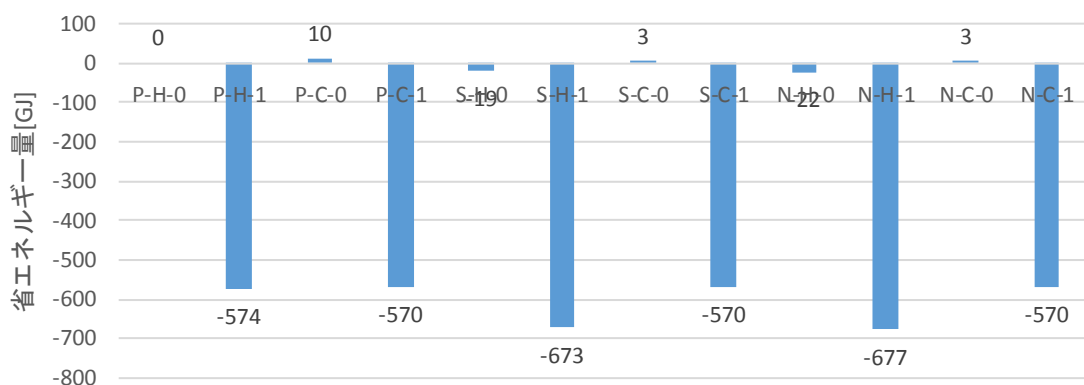


図 2-2.28 省エネルギー量 (ガスエンジン)

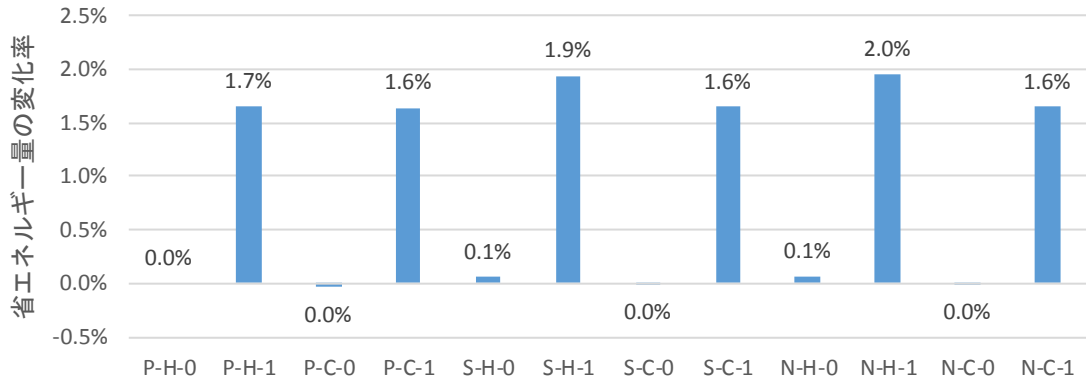


図 2-2.29 省エネルギー量の変化率（ガスエンジン）

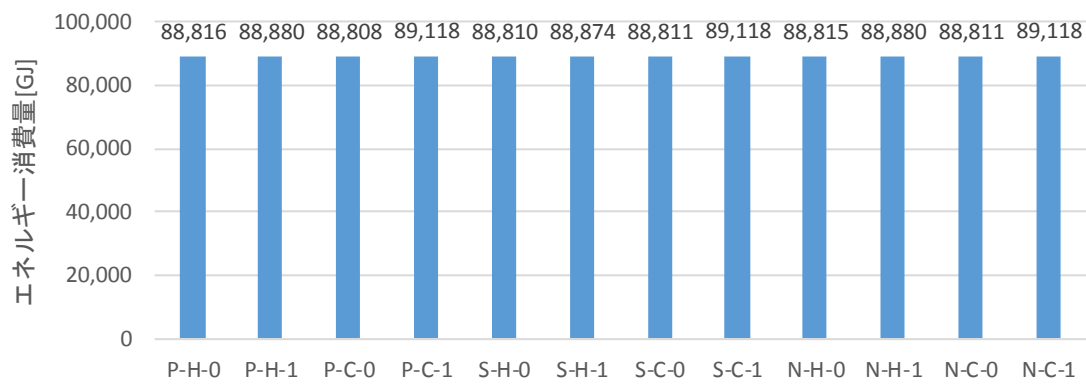


図 2-2.30 年間エネルギー消費量（マイクロガスエンジン）

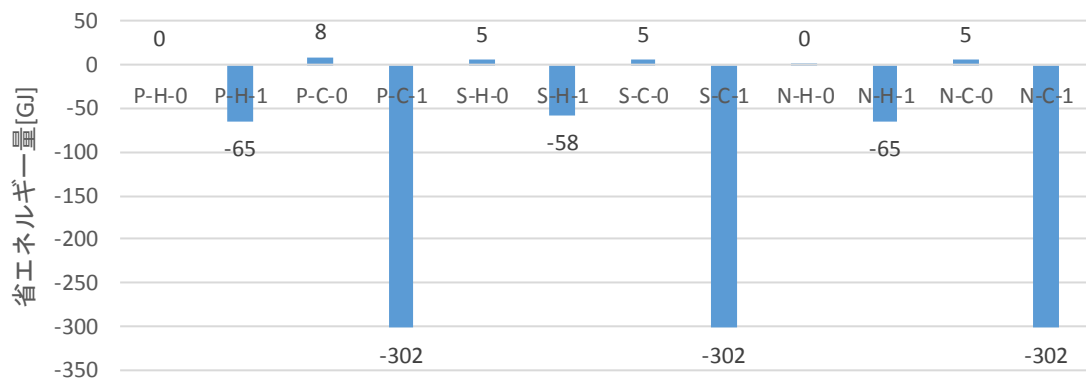


図 2-2.31 省エネルギー量（マイクロガスエンジン）

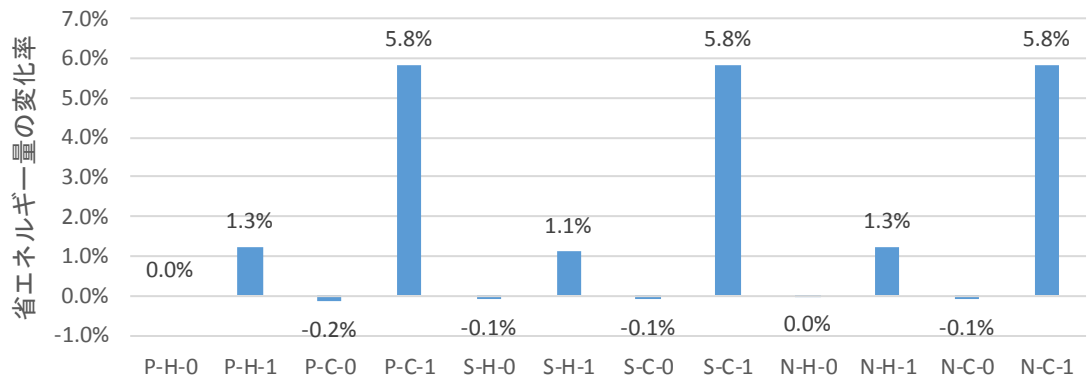


図 2-2.32 省エネルギー量の変化率（マイクロガスエンジン）

2-2.5. ケーススタディに基づく評価手法への反映方法

<基本方針>

- 入力の手間を押さえつつ、設計者の工夫と機器性能の向上を反映できるような評価手法とする。
- 将来の機器性能の向上を織り込めるようにするため、現状のプログラムでの計算方法に近い手法を採り、そこに各種パラメータを組み込む。

CASCADEⅢをベースとする計算手法に以下の点を加える。

<設計者の工夫を評価するための入力項目>

- 補機動力

循環ポンプ、冷却塔ファン、冷却塔ポンプ（マイクロ CGU の場合は循環ポンプのみ）の定格消費電力を入力し、計算に反映する。

- 貯湯タンクの有無

貯湯タンクがある場合は、発電時間帯以外の給湯負荷も排熱利用の対象とする。

<機器の性能を表現するパラメータ(内部パラメータ)>

- 発電効率低減

安全側を見て実測値より 1%低減した値を乗じる。

- 補機動力

本体補機動力および待機電力を見込む。

- 起動特性

初めの 1 時間(or30 分)の出力・ガス消費量に、実測値に基づき低減率を設定する。

- 排熱損失

排熱のうち一定割合(3%)を配管からの放熱と見込む。※ケーススタディではマイクロガスエンジンの場合 3%以上の熱損失が見られ、ガスエンジンの場合は 1.6%と低かった。システムによって幅があると考えられるがここでは一律の数値を想定した。この数値の妥当性については今後検討が必要である。

- RHA の排熱投入可能量特性

負荷率、冷却水温度による標準的な特性を組み込む。

<機器性能を的確に評価するために組み込むべきパラメータ>

- 冷却水温度

外気温度と冷却水温度の関係を定義し、RHA の評価に用いる。

<その他>

- 運転スケジュール

運転スケジュールの多様性を反映するため、月別に運転時間帯および最大運転台数を設定できるようにする。

上記の方針に従って基整促プログラムの仕様書を作成した。仕様書は参考資料（6-2）として収録している。次節でその概要を説明する。

2-3. エネルギー消費量計算プログラムの概要

ベースプログラムは従来の CASCADEⅢを用いた計算ではデフォルト入力となっていた項目をユーザー入力とすることにより、より実態に近い計算方法に改善するとともに、一部項目については入力を簡略化するために標準的な入力値を定めている。提案するエネルギー消費量計算プログラム（基整促プログラム）は、ベースプログラムを基に補機動力や RHA の排熱投入可能率をより精緻な計算とすることで設計者の工夫を反映し、実態に則した計算が可能な計算としている。

2-3.1. 計算プログラムの特徴

構築した基整促プログラムの主な改良点及び CASCADEⅢ、ベースプログラムとの相違点一覧を表 2-3.1 に示す。なお、本事業での成果の一部は平成 30 年 4 月に実装される省エネルギー基準 WEB プログラム（標準入力法 エネルギー消費性能計算プログラム（非住宅版））のコージェネレーションプログラムの中に採用されている。表 2-3.1 には平成 30 年 4 月更新のこのプログラムについても記載している。

表 2-3.1 基整促プログラムとベースプログラム、CASCADEⅢの比較

項目	基整促プログラム	WEB プログラム (平成 30 年 4 月更新)	ベースプログラム	CASCADEⅢ
計算ステップ	1 時間×8760	1 日×365	1 時間×8760	1 時間×288(月代表日)
負荷計算	将来の WEB プログラムとの連動を見据えた入力項目	WEB プログラムと連動	WEB プログラムと連動可	WEB プログラムと連動不可
稼働段階に応じた計算	起動時の性能を考慮	1 日の稼働時間を最大 14 時間と設定	ON/OFF のみを考慮	ON/OFF のみを考慮
発電効率補正	発電効率 1%減	発電効率 1%減	なし	なし
補機動力	本体補機動力を発電量の 2%と想定 温水循環ポンプ、冷却塔ポンプ、冷却塔ファンについては定格消費電力を入力し計算	マイクロ CGS では発電量の 5% 大型 CGS では発電量の 6%	発電量の 5%と設定	発電量の 5%と設定
配管熱損失	排熱量の 3%を放熱量として見込む	排熱量の 3%を放熱量として見込む	なし	なし
RHA の排熱投入可能率	CASCADEⅢの特性式に排熱投入温度 2℃低下時の効率を加味 RHA の冷却水温度特性を考慮	CASCADEⅢの特性式に排熱投入温度 2℃低下時の効率を加味	CASCADEⅢの特性式を踏襲	デフォルトの特性式を用いて計算
貯湯タンクの考慮	あり(貯湯タンク容量を入力)	なし(十分な容量の貯湯タンクがあるものと想定)	なし	あり(貯湯タンク容量を入力)
CGU 運転スケジュール設定	月別に運転時間帯と最大運転台数を入力 設置される CGU1 台あたりの定格発電量、定格排熱回収量に対してそれぞれ 50%以上の負荷がある場合に稼働	1 日の稼働時間を最大 14 時間と設定	設置される CGU1 台あたりの定格発電量、定格排熱回収量に対してそれぞれ 50%以上の負荷がある場合に稼働	ユーザーの入力によって稼働時間を決定

2-4. 計算プログラムの精度検証

2-4.1. ガスエンジン(大型)での検証(ID08)

2-4.1.1. 計算条件

基整備プログラムの仕様書に従って計算プログラムをエクセルにより作成し、実測値との比較を行った。計算対象は実測データが得られた ID08(病院)である。利用したデータ期間は 2015 年 10 月 1 日～2016 年 9 月 30 日となっている。入力した機器仕様を表 2-4.1 に示す。また、スケジュール設定を表 2-4.2 に示す。

なお、以下の点は、実際の条件が不明のため、想定した項目である。

- ・循環ポンプの定格消費電力：1.5kW
- ・冷却塔ポンプの定格消費電力：3.2kW
- ・冷却塔ファンの定格消費電力：6.8kW

表 2-4.1 プログラム入力値（機器仕様）

記号	意味	単位	数値
$E_{cgs,rated}$	CGS の発電機容量	kW	370
N_{cgs}	CGS 設置台数	台	2
$f_{cgs,e,rated}$	CGS の定格発電効率(低位発熱量基準)	無次元	0.41
$f_{cgs,e,75}$	CGS の負荷率 0.75 時発電効率(低位発熱量基準)	無次元	0.39
$f_{cgs,e,50}$	CGS の負荷率 0.50 時発電効率(低位発熱量基準)	無次元	0.352
$f_{cgs,hr,rated}$	CGS の定格排熱効率(低位発熱量基準)	無次元	0.34
$f_{cgs,hr,75}$	CGS の負荷率 0.75 時排熱効率(低位発熱量基準)	無次元	0.367
$f_{cgs,hr,50}$	CGS の負荷率 0.50 時排熱効率(低位発熱量基準)	無次元	0.408
$n_{pri,hr,c}$	排熱利用優先順位(冷熱源) ※1	無次元	3
$n_{pri,hr,h}$	排熱利用優先順位(温熱源) ※1	無次元	2
$n_{pri,hr,W}$	排熱利用優先順位(給湯) ※1	無次元	1
$Q_{AC,link,c,j,rated}$	排熱投入型吸収式冷温水機 j の定格冷却能力	kW/台	1583
$E_{AC,link,c,j,rated}$	排熱投入型吸収式冷温水機 j の主機定格消費エネルギー	kW/台	1217.5
$N_{AC,ref,link}$	CGS の排熱利用が可能な系統にある排熱投入型吸収式冷温水機の台数	台	1
$E_{cgsp,rated}$	循環ポンプの定格消費電力	kW/台	1.5
N_{cgsp}	循環ポンプの設置台数	台	2
$E_{ctp,rated}$	冷却塔ポンプの定格消費電力	kW/台	3.2
N_{ctp}	冷却塔ポンプの設置台数	台	1
$E_{ctf,rated}$	冷却塔ファンの定格消費電力	kW/台	6.8
N_{ctf}	冷却塔ファンの設置台数 ※マイクロコジェネの場合本体ファンの設置台数	台	1
V_{tank}	給湯タンク容量	m ³	18

表 2-4.2 プログラム入力値（スケジュール設定）

月	月別 CGS 運転開始時刻	月別 CGS 運転停止時刻	月別 CGU 最大運転台数
1	9	23	1
2	9	23	1
3	9	23	1
4	9	23	1
5	9	23	1
6	9	23	1
7	9	23	1
8	9	23	2
9	9	23	2
10	9	23	1
11	9	23	1
12	9	23	1

2-4.1.2. 計算結果

計算値と実測値の比較を表 2-4.3 に示す。また計算値と実測値の比較グラフを図 2-4.1～図 2-4.8 に示す。図より年間運転時間や発電量が実測を捉えており、年間一次エネルギー削減量合計の誤差は 13%だった。誤差が大きかった項目は冷房の年間一次エネルギー消費量であり、実測よりも計算の方がより多くの排熱を投入できる結果となった。

表 2-4.3 計算結果の実測値との比較

項目	単位	計算値	実測値	比率
年間運転時間	h・台	5,511	5,661	97%
年平均負荷率	-	0.0376	-	-
年間発電量	MWh	2,039	2,084	98%
年間排熱回収量	GJ	6,087	-	-
年間ガス消費量	GJ	20,045	20,503	98%
年間発電効率	%	37%	37%	100%
年間排熱回収効率	%	30%	29%	106%
年間有効発電量	MWh	1,988	-	-
年間有効排熱回収量	GJ	5,275	5,899	89%
有効総合効率	%	62%	-	-
年間一次エネルギー削減量(電力)	GJ	19,402	19,372	100%
年間一次エネルギー削減量(冷房)	GJ	1,243	1,075	116%
年間一次エネルギー削減量(暖房)	GJ	2,823	2,995	94%
年間一次エネルギー削減量(給湯)	GJ	911	911	100%
年間一次エネルギー削減量合計	GJ	4,333	3,849	113%

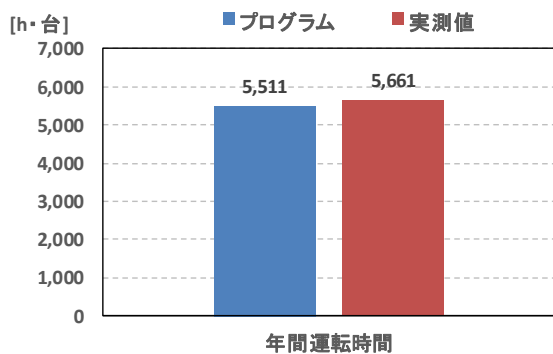


図 2-4.1 年間運転時間の比較

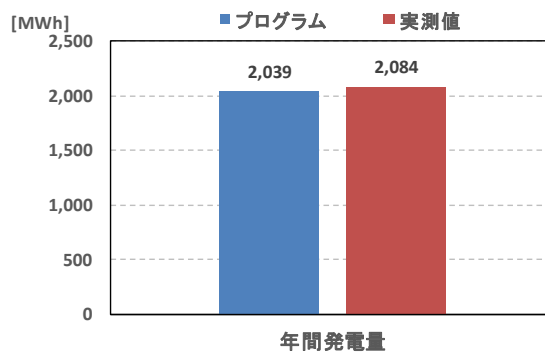


図 2-4.2 年間発電量の比較

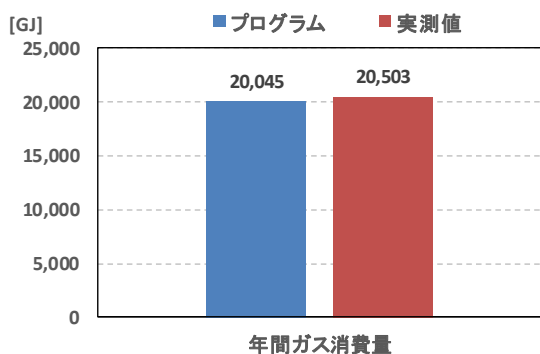


図 2-4.3 年間ガス消費量の比較

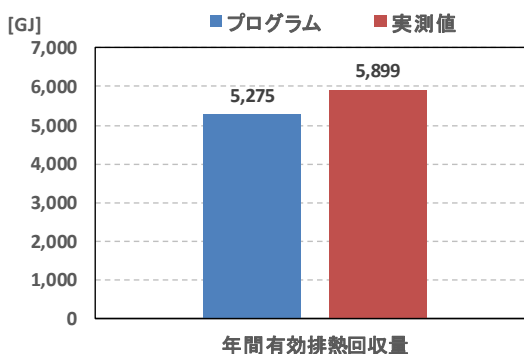


図 2-4.4 年間有効排熱回収量の比較

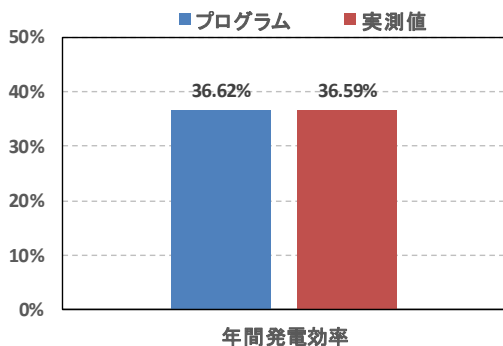


図 2-4.5 年間発電効率の比較

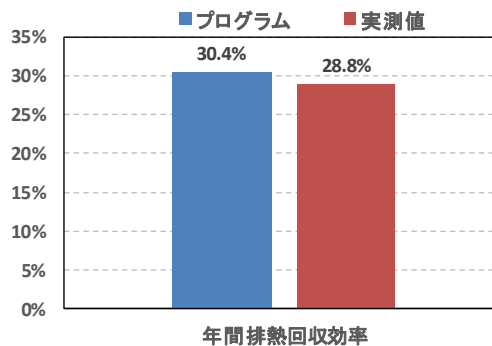


図 2-4.6 年間排熱回収効率の比較

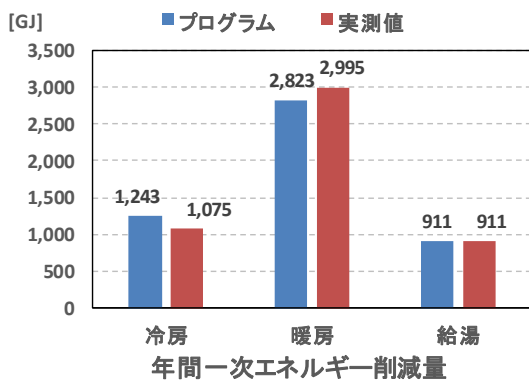


図 2-4.7 年間一次エネルギー削減量(排熱利用)の比較

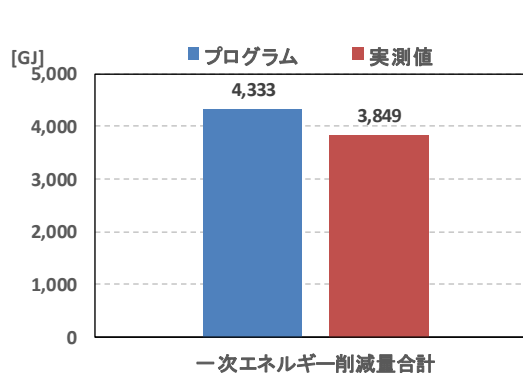


図 2-4.8 年間一次エネルギー削減量合計の比較

2-4.2. マイクロガスエンジンでの検証(ID08)

2-4.2.1. 計算条件

マイクロガスエンジンの検証では ID03(病院)を対象とした。利用したデータ期間は 2018 年 1 月 1 日～2018 年 7 月 31 日となっている。入力した機器仕様を表 2-4.4 に示す。また、スケジュール設定を表 2-4.5 に示す。

なお、以下の点は、実際の条件が不明のため、想定した項目である。

- ・循環ポンプの定格消費電力：0.5kW
- ・放熱ファンの定格消費電力：0.25kW

表 2-4.4 プログラム入力値（機器仕様）

記号	意味	単位	数値
$E_{cgs,rated}$	CGS の発電機容量	kW	35
N_{cgs}	CGS 設置台数	台	3
$f_{cgs,e,rated}$	CGS の定格発電効率(低位発熱量基準)	無次元	0.34
$f_{cgs,e,75}$	CGS の負荷率 0.75 時発電効率(低位発熱量基準)	無次元	0.34
$f_{cgs,e,50}$	CGS の負荷率 0.50 時発電効率(低位発熱量基準)	無次元	0.34
$f_{cgs,hr,rated}$	CGS の定格排熱効率(低位発熱量基準)	無次元	0.51
$f_{cgs,hr,75}$	CGS の負荷率 0.75 時排熱効率(低位発熱量基準)	無次元	0.51
$f_{cgs,hr,50}$	CGS の負荷率 0.50 時排熱効率(低位発熱量基準)	無次元	0.51
$n_{pri,hr,c}$	排熱利用優先順位(冷熱源) ※1	無次元	3
$n_{pri,hr,h}$	排熱利用優先順位(温熱源) ※1	無次元	2
$n_{pri,hr,W}$	排熱利用優先順位(給湯) ※1	無次元	1
$Q_{AC,link,c,j,rated}$	排熱投入型吸収式冷温水機 j の定格冷却能力	kW/台	1055
$E_{AC,link,c,j,rated}$	排熱投入型吸収式冷温水機 j の主機定格消費エネルギー	kW/台	737.5
$N_{AC,ref,link}$	CGS の排熱利用が可能な系統にある排熱投入型吸収式冷温水機の台数	台	1
$E_{cgsp,rated}$	循環ポンプの定格消費電力	kW/台	0.5
N_{cgsp}	循環ポンプの設置台数	台	3
$E_{ctp,rated}$	冷却塔ポンプの定格消費電力	kW/台	0
N_{ctp}	冷却塔ポンプの設置台数	台	0
$E_{ctf,rated}$	冷却塔ファンの定格消費電力	kW/台	0.25
N_{ctf}	冷却塔ファンの設置台数 ※マイクロコジェネの場合本体ファンの設置台数	台	3
V_{tank}	給湯タンク容量	m ³	0

表 2-4.5 プログラム入力値（スケジュール設定）

月	月別 CGS 運転開始時刻	月別 CGS 運転停止時刻	月別 CGU 最大運転台数
1	9	18	2
2	9	18	2
3	9	18	2
4	9	18	2
5	9	18	2
6	9	18	2
7	9	18	2
8	9	18	2
9	9	18	2
10	9	18	2
11	9	18	2
12	9	18	2

2-4.2.2. 計算結果

計算値と実測値の比較を表 2-4.6 に示す。また計算値と実測値の比較グラフを図 2-4.9～4.16 に示す。前節で示したガスエンジンケースと同様、年間運転時間や発電量が実測を捉えている。年間一次エネルギー削減量合計の誤差は-7%であり、ガスエンジンケースと同様大きな誤差ではない。実測値の年間発電量(109MWhの一次エネ換算値)を基準にすれば、年間一次エネルギー削減量合計の誤差は-2.1%である。同様の数値ガスエンジンケースで計算すると 2.4%であり、実態の発電量を計算で再現できれば誤差は小さいと言える。

表 2-4.6 計算結果の実測値との比較

項目	単位	計算値	実測値	比率
年間運転時間	h・台	3250	3153	103%
年平均負荷率	-	1	-	-
年間発電量	MWh	114	109	104%
年間排熱回収量	GJ	614	-	-
年間ガス消費量	GJ	1,348	1,290	104%
年間発電効率	%	30%	30%	100%
年間排熱回収効率	%	46%	42%	108%
年間有効発電量	MWh	112	-	-
年間有効排熱回収量	GJ	565	545	104%
有効総合効率	%	72%	-	-
年間一次エネルギー削減量(電力)	GJ	1,095	1,013	108%
年間一次エネルギー削減量(冷房)	GJ	117	107	109%
年間一次エネルギー削減量(暖房)	GJ	408	460	89%
年間一次エネルギー削減量(給湯)	GJ	20	23	89%
年間一次エネルギー削減量合計	GJ	291	313	93%

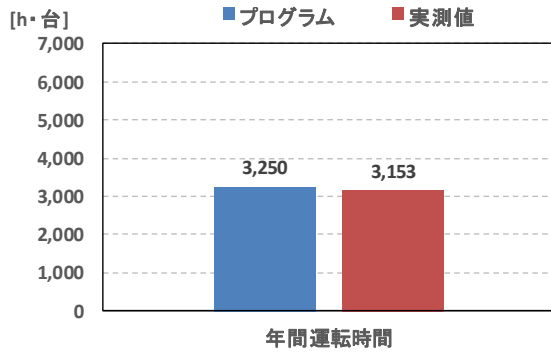


図 2-4.9 年間運転時間の比較

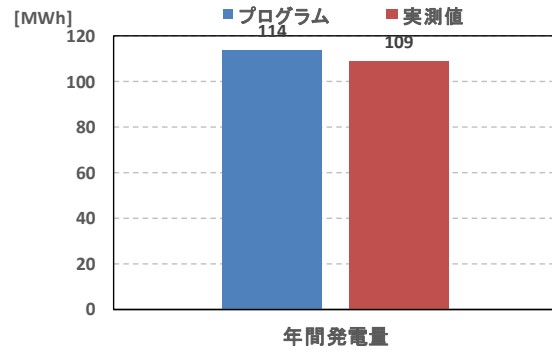


図 2-4.10 年間発電量の比較

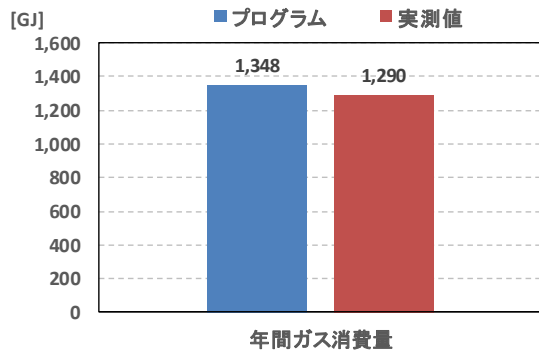


図 2-4.11 年間ガス消費量の比較

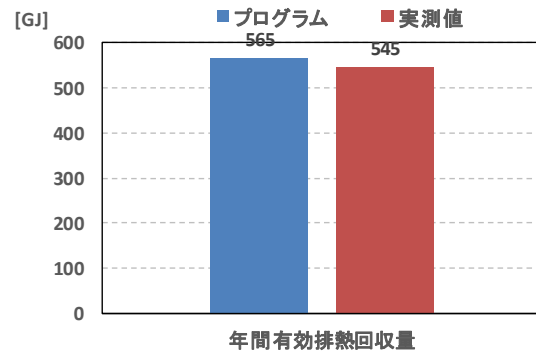


図 2-4.12 年間有効排熱回収量の比較

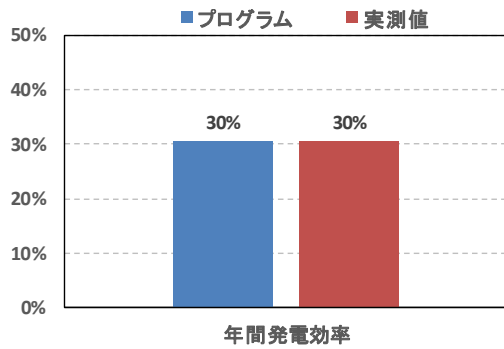


図 2-4.13 年間発電効率の比較

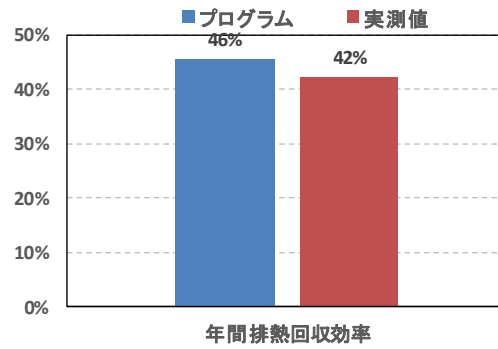


図 2-4.14 年間排熱回収効率の比較

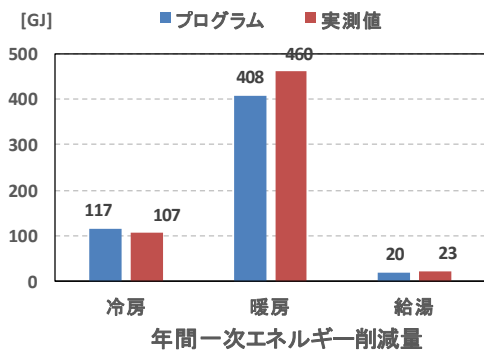


図 2-4.15 年間一次エネルギー削減量(排熱利用)の比較

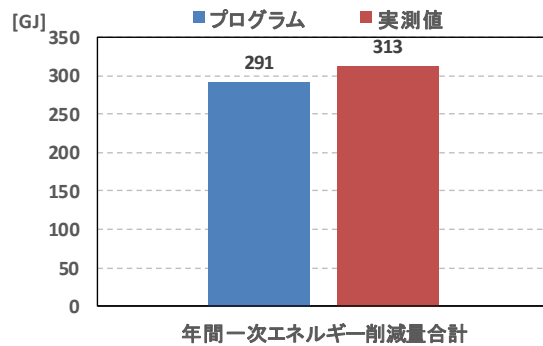


図 2-4.16 年間一次エネルギー削減量合計の比較

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

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

3-1.1. システム制御手法及び管理実態等に関するアンケート調査結果概要

3-1.1.1. 調査概要

(1) 調査目的

業務用コージェネレーション設備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コージェネレーション設備の対象範囲や、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ことを目的とする。

(2) 調査内容

コージェネレーション設備について、導入している施設と本体設備の概要、運転状況等について調査する。

<主な調査項目>

施設概要	<ul style="list-style-type: none">・ コージェネレーション設備を導入している施設の建物用途・ 熱供給の対象延床面積・ 契約電力、最低買電量
設備概要	<ul style="list-style-type: none">・ コージェネレーション設備の仕様（発電容量、台数）・ 燃料種・ 排熱の取り出し方、排熱の使い方・ 貯湯槽容量・ コージェネレーション設備の設置場所
運転状況	<ul style="list-style-type: none">・ コージェネレーション設備の運転時間・スケジュール・ コージェネレーション設備の導入目的・ 電力ピークカットの条件・ 発電量の制御方法・ 運転台数の決め方

(3) 調査方法

公表資料等を参考に、業務用コージェネレーション設備を導入している事業所を約 180 件リスト化し、アンケート調査票を送付した。併せて、ガス事業者経由でコージェネレーション設備導入物件への調査依頼を行った。

- 事業所選定方法：東京都建築物環境計画書制度公表資料、各種ホームページ、学会誌等より抽出（179 件）、また、ガス事業者を通して依頼（8 件）
- 調査票配布数：187 件
- 調査票配布方法：郵送並びにガス事業者のご担当より手渡し
- 発送期間：平成 28 年 8 月 3 日～5 日

(4) データの回収状況

アンケート返送件数は83件で、うち2件は2物件分の回答が得られ、回収数は85件となっている(2016年12月時点)。ただし、1件は登録特定送配電事業者であったため、本調査の趣旨から逸脱していると判断し、有効回収数には含めていない。

図 3-1.1 調査票配布数と回収率

調査票配布数	回収数	有効回収数	有効回収率
187	85	84	44.9%

※有効回収率=有効回収数/調査票配布数

3-1.1.2. 調査対象の属性

図 3-1.2 に本調査の有効回答物件の地域分布および構成比を示す。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%以上を占めている。

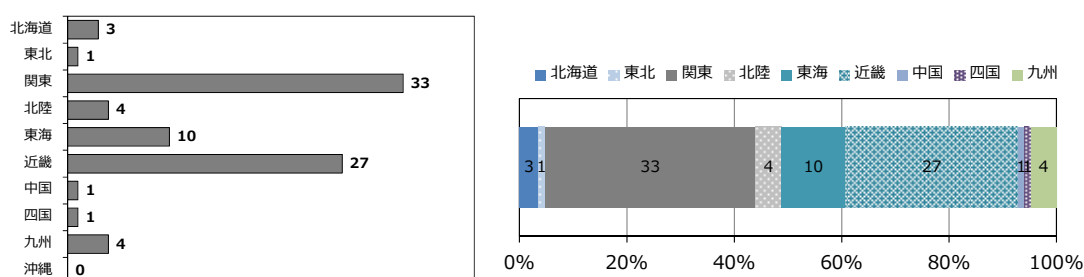
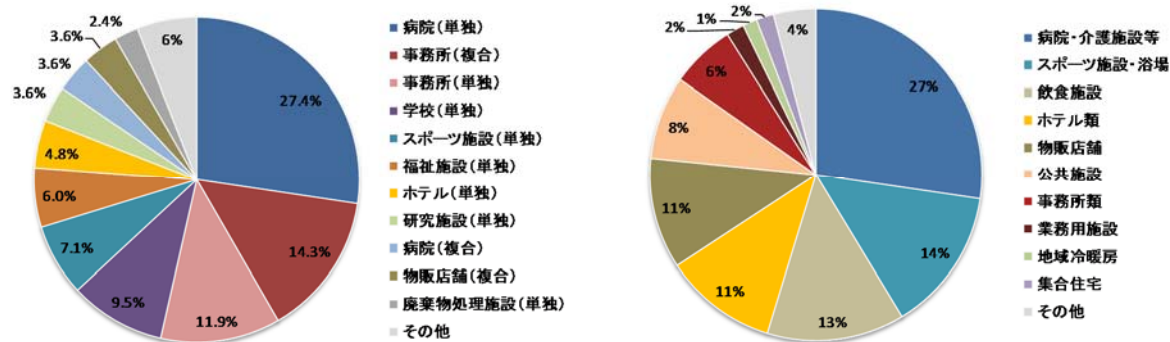


図 3-1.2 地域分布および構成比 (左図: 地域分布 右図構成比)

図 3-1.3 に施設用途別アンケート調査票回収先の構成を示す。参考として、コージェネレーション白書 2016 (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 (コージェネ財団) 編) 掲載の民生用施設用途設置状況を併載する。これより、本調査の対象となっている物件の建物用途は、スポーツ施設、飲食施設、ホテル等の割合が少なめとなっていることが分かる。



(a) 本アンケート調査票回収先 (有効回収)

(b) 民生用施設用途別設置状況 (再掲)

図 3-1.3 施設用途別アンケート調査票回収先と導入実績

出所: 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 (コージェネ財団) 編「コージェネレーション白書 2016」より作成

図 3-1.4 に本調査の有効回答物件における延床面積の降順分布および構成比を示す。ボリュームゾーンは 20,000～50,000 m² であり、最大値、最小値はそれぞれ 356,597 m² および 1,770 m² である。

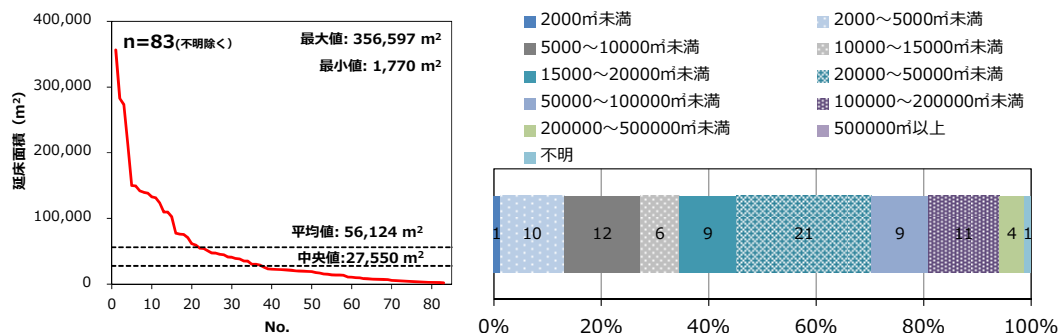


図 3-1.4 延床面積の降順分布および構成比 (左図：降順分布 右図：構成比)

図 3-1.5 に本調査の有効回答物件における契約電力の降順分布および構成比を示す。ボリュームゾーンは 500～2,000 kW であり、最大値、最小値はそれぞれ 35,000 kW および 33 kW である。

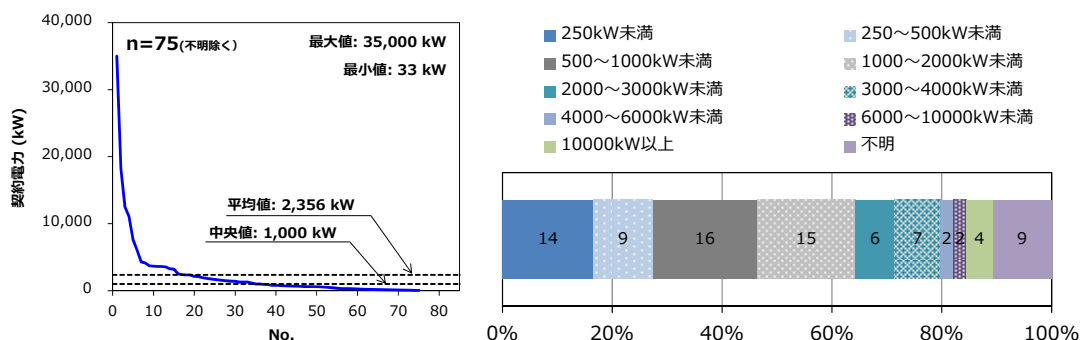


図 3-1.5 契約電力の降順分布および構成比 (左図：降順分布 右図：構成比)

図 3-1.6 に本調査の有効回答物件の中で自家発補給契約電力に回答があった 49 物件における、自家発補給契約電力の降順分布および構成比を示す。全体の 60%以上が 500 kW であり、最大値、最小値はそれぞれ 2,430 kW および 25 kW である。

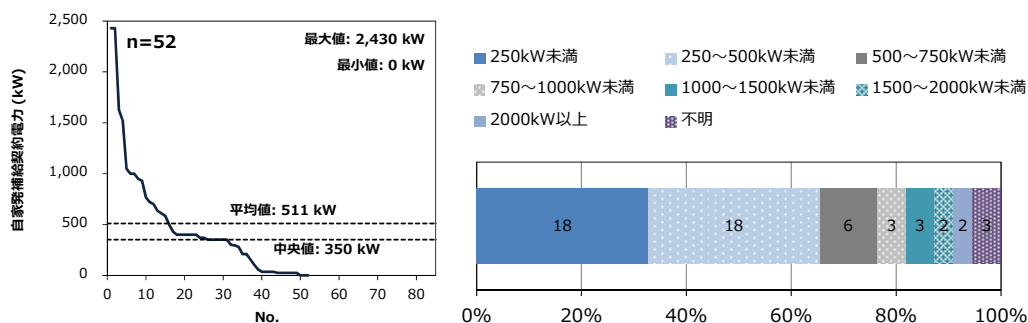


図 3-1.6 自家発補給契約電力の降順分布および構成比 (左図：降順分布 右図：構成比)

3-1.1.3. 調査結果

(1) 調査結果の要約

コージェネレーション総発電容量 (CGU 容量) について

1. 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。(図 3-1.7 および図 3-1.8 参照)
2. CGU 容量が総電力 (契約電力と CGU 容量) に占める割合 (以下「CGU 容量比」という) が 70%を上回る物件は確認されていない。(図 3-1.9 参照)
3. CGU 容量比と導入年との間には明確な相関は見られない。(図 3-1.10 参照)

運転方法について

4. 運転スケジュールは、年間を通じて同じである物件が全体の半数を占めており、さらにその中でも予め定められた運転時間帯で運転している物件が凡そ半数を占めている。一方、運転スケジュールを見直す場合は季節ごとであることが多く、熱需要もしくは電力需要が判断基準となるものが多い。(表 3-1.1 参照)
5. 運転スケジュールが年間を通じて同じである物件は、季節ごとに見直している物件よりも、小規模の CGU を導入している傾向が見られる。(表 3-1.2 参照)
6. 発電量制御の方法については、全体の 90%程度の物件で常時定格運転もしくは電力負荷追従運転を採用しており、それ以外はほとんど確認されていない。(表 3-1.3 参照)
7. 夏期、中間期、冬期における平日と休日の建物用途別運転スケジュールでは、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おり、その前後の時間帯での稼働状況には建物によってばらつきがあるが、用途による傾向がみられる。また、CGU平均稼働率は中間期および休日に低めとなる傾向がある。(表 3-1.4～表 3-1.9および図 3-1.11～図 3-1.16 参照)

(2) 分析結果

図 3-1.7 に、契約電力と延床面積の関係を建物用途別に示す。これより契約電力と延床面積の相関が概ね明確に表れていることが伺える。また、今回の調査においては、複合施設や病院では非常に大きな規模のものが含まれている一方、ホテル (単独) やスポーツ施設 (単独) では他用途と比較して規模の大きな物件の回答が無かった。

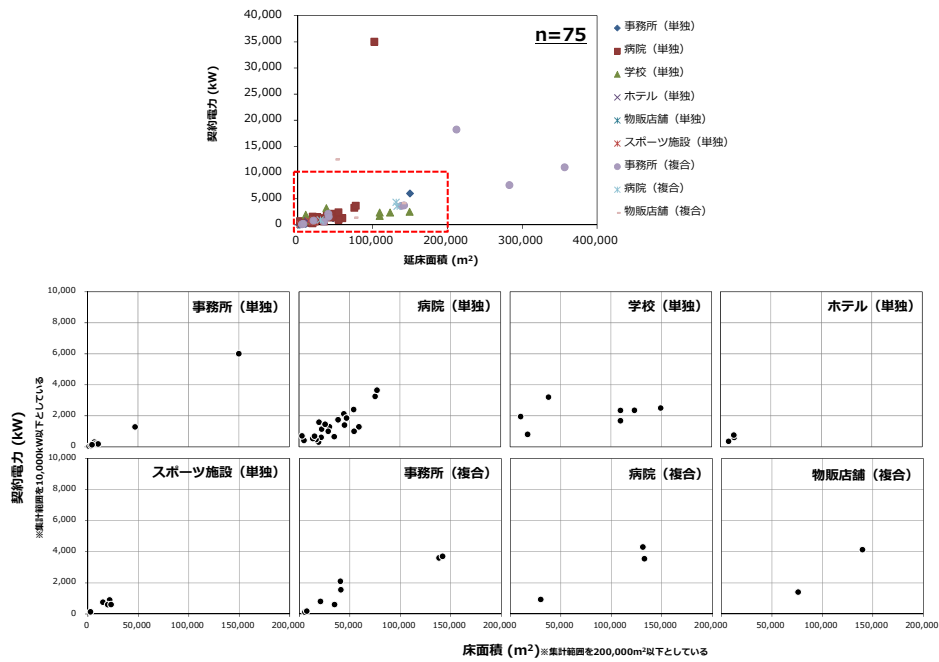


図 3-1.7 契約電力と延床面積の関係（上図：全建物用途 下図：建物用途別）

図 3-1.8 に、コージェネレーション総発電容量（CGU 容量）と延床面積の関係を建物用途別に示す。これより、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ことが伺われる。

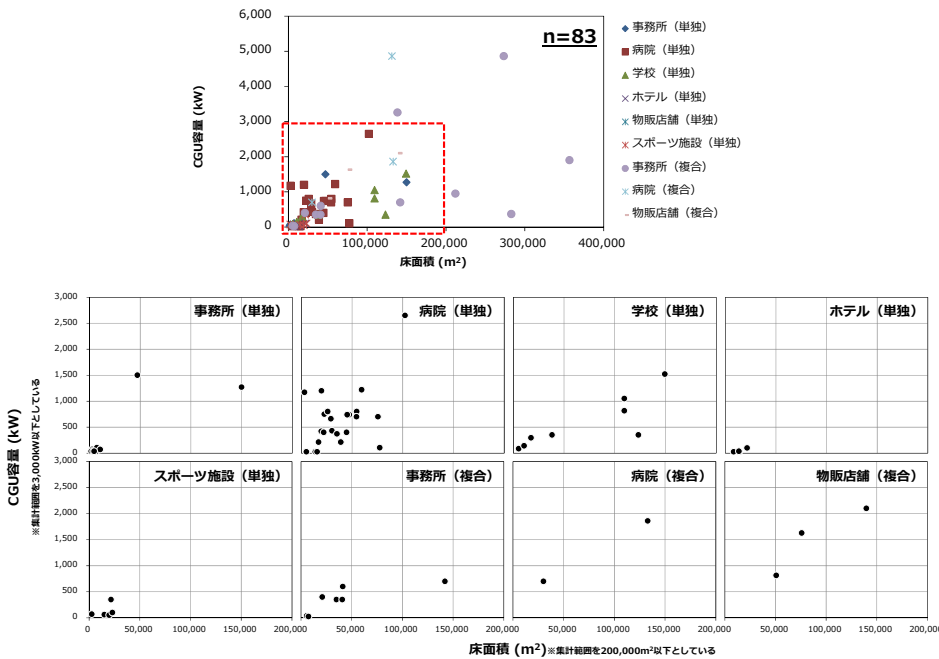


図 3-1.8 CGU 容量と延床面積の関係（上図：全建物用途 下図：建物用途別）

図 3-1.9 に、CGU 容量比と延床面積の関係を建物用途別に示す。これより、CGU 容量比が 70% を上回る物件は無いことがわかる。CGU 容量比の最大値と最小値はそれぞれ 66.7% および 2.8% であった。また、病院（単独）については、延床面積が大きくなるほど CGU 容量比が小さくなる傾向が伺える。

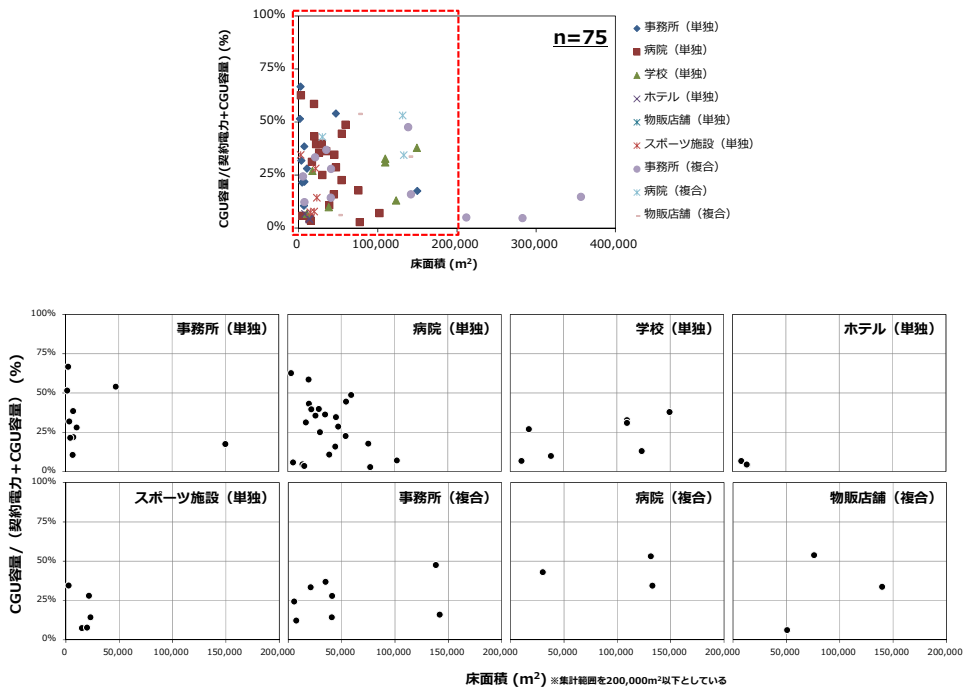


図 3-1.9 CGU 容量比と延床面積の関係（上図：全建物用途 下図：建物用途別）

図 3-1.10 に、CGU 容量比と CGS 導入年を建物用途別に示す。CGU の導入が古い物件では、建物用途の変更が起こり得る。そのことで、当初の想定とは異なった CGU の使い方をされると、CGS 容量比の分布にばらつきがみられるようになると考えられるが、この結果からは CGU 容量比と導入年との間に明確な相関は見られない。

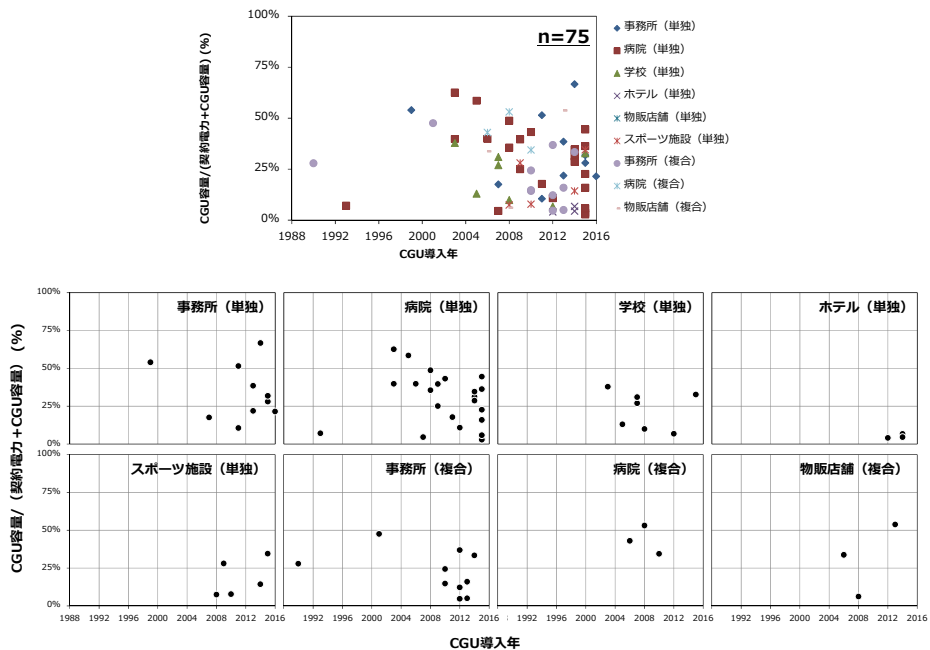


図 3-1.10 CGU 容量比と CGU 導入年の関係（上図：全建物用途 下図：建物用途別）

表 3-1.1 に、CGU のスケジュールの変更頻度と変更の際の判断基準の関係を示す。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を占めており、さらにその中でも予め定め

られた運転時間帯で運転している物件が凡そ半数を占めている。一方、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。

なお、毎日運転スケジュールを見直して、判断基準を季節ごとに変更している物件（研究所）では「夏期は電力需要を見て、冬期は熱需要を見て判断している」とのことである。

表 3-1.1 CGU スケジュール変更頻度と変更の際の判断基準の関係

		1件以上			5件以上		10件以上			
変更頻度		判断基準		運転時間帯を固定	最適制御	季節ごとに変更	判断基準はない	わからない	無回答	(計)
		熱需要を見て	電力需要を見て							
年間を通して同じ		4	12	22	0	0	2	0	2	42
季節ごとに見直し		13	10	3	0	0	1	0	0	27
月ごとに見直し		1	1	0	0	0	0	0	0	2
週ごとに見直し		0	1	0	0	0	0	0	0	1
毎日見直し		1	1	0	2	1	0	0	0	5
受電電力に応じた自動運転		0	2	0	0	0	2	0	0	4
わからない		0	0	0	0	0	0	2	0	2
無回答		0	0	0	0	0	0	0	1	1
(計)		19	27	25	2	1	5	2	3	84

表 3-1.2 に、CGU 容量および CGU 容量比と CGU スケジュール変更頻度の関係を示す。ここでは CGU スケジュール変更頻度については「年間を通じて同じ」と「季節ごとに見直し」のみを掲載している。これより、年間を通じて CGU スケジュールを同じとしている物件では、CGU 容量が 50 kW 未満の小容量物件の割合が大きくなっている。CGU 容量比で見ると、全体の傾向と比べて、「年間を通じて同じ」の場合は 10%未満の割合が、「季節ごとに見直し」の場合は 10～20%の割合が、それぞれ大きくなっている。

全体的には、運転スケジュールが年間を通じて同じである物件は、季節ごとに見直している物件よりも、小規模の CGU 容量である傾向が見られる。

表 3-1.2 CGU 容量と CGU スケジュール変更頻度の関係

(上表：CGU 容量との関係 下表：CGU 容量比との関係)

CGU 容量		50kW未満	～100kW未満	～500kW未満	～1,000kW未満	～3,000kW未満	3,000kW以上	(計)
変更頻度	年間を通じて同じ	13	3	10	8	4	4	42
	(構成比)	31.0%	7.1%	23.8%	19.0%	9.5%	9.5%	100%
季節ごとに見直し	件数	5	3	9	6	4	0	27
	(構成比)	18.5%	11.1%	33.3%	22.2%	14.8%	0%	100%
(全体)	件数	20	9	23	15	13	4	84
	(構成比)	26.7%	12.0%	30.7%	20.0%	17.3%	5.3%	112%

CGU 容量比		10%未満	～20%未満	～40%未満	～60%未満	～80%未満	～100%未満	(計)
変更頻度	年間を通じて同じ	10	5	15	4	2	0	36
	(構成比)	27.8%	13.9%	41.7%	11.1%	5.6%	0%	100%
季節ごとに見直し	件数	6	6	9	3	0	0	24
	(構成比)	25.0%	25.0%	37.5%	12.5%	0%	0%	100%
(全体)	件数	18	12	31	11	3	0	75
	(構成比)	24.0%	16.0%	41.3%	14.7%	4.0%	0.0%	100.0%

表 3-1.3 に、建物用途と発電量制御の方法の関係を示す。これより、全体の 62% (52 件) で常時定格運転を、また、全体の 27% (23 件) で電力負荷追従運転を採用しており、これら 2 方式で全体の 90%程度を占めている。それ以外の運転方法については、ほとんど確認されていない。

表 3-1.3 建物用途と発電量制御の方法の関係

			1件以上		5件以上		10件以上		
建物用途	単独	事務所 (単独)	出力制御					(計)	
			常時定格運転	電力負荷追従 運転	熱負荷追従運 転	時期によって 使い分け	最適制御運転		わからない
		事務所 (単独)	4	4	2	0	0	0	10
		病院 (単独)	13	8	0	0	0	2	23
		学校 (単独)	7	1	0	0	0	0	8
		ホテル (単独)	3	0	1	0	0	0	4
		福祉施設 (単独)	3	0	0	0	0	2	5
		会議場・ホール等 (単独)	0	1	0	0	0	0	1
		研究施設 (単独)	1	1	0	1	0	0	3
		スポーツ施設 (単独)	3	3	0	0	0	0	6
		給食センター (単独)	1	0	0	0	0	0	1
		消防署 (単独)	0	1	0	0	0	0	1
		廃棄物処理施設 (単独)	2	0	0	0	0	0	2
	複合	事務所 (複合)	10	1	0	0	1	0	12
		病院 (複合)	1	2	0	0	0	0	3
		学校 (複合)	1	0	0	0	0	0	1
		物販店舗 (複合)	3	0	0	0	0	0	3
		その他の複合施設	0	1	0	0	0	0	1
		(計)	52	23	3	1	1	4	84

表 3-1.4～表 3-1.9 および図 3-1.11～図 3-1.16 に、建物用途別時間帯別 CGU 平均稼働率を、季節別および平日・休日別に示す。先ず季節別にみると、中間期に平均稼働率が低めとなっている。

また、平日・休日別にみると、いずれの建物用途においても平日と休日では稼働率の状況が異なっており、ほとんどの施設で平日の平均稼働率が高いことが分かる。

表 3-1.4 建物用途別時間帯別 CGU 稼働率 (夏期平日)

		時間帯																							25%~	50%~	75%~	100%	平均	集計数	
建物用途	単独	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23						
事務所 (単独)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	23%	70%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	70%	50%	40%	10%	0%	0%	45%	10				
病院 (単独)	10%	10%	10%	10%	10%	10%	21%	45%	82%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	86%	71%	60%	40%	29%	14%	59%	21					
学校 (単独)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	21%	53%	83%	83%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	83%	33%	17%	13%	0%	0%	46%	6					
ホテル (単独)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	50%	50%	50%	50%	75%	75%	100%	100%	100%	75%	75%	75%	75%	75%	25%	46%	4					
福祉施設 (単独)	0%	0%	0%	0%	0%	25%	25%	50%	63%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	63%	25%	0%	0%	0%	52%	4					
会議場・ホール等 (単独)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	44%	1					
研究施設 (単独)	33%	33%	33%	33%	33%	33%	83%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	67%	33%	33%	33%	70%	3					
スポーツ施設 (単独)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	60%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	60%	20%	20%	0%	50%	5					
給食センター (単独)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	75%	1				
消防署 (単独)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	1				
廃棄物処理施設 (単独)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	63%	1				
事務所 (複合)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	8%	19%	75%	88%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	90%	75%	58%	58%	50%	50%	17%	51%	12					
病院 (複合)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	33%	67%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	67%	33%	0%	63%	3					
学校 (複合)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	63%	1				
物販店舗 (複合)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	83%	0%	60%	3				
その他の複合施設	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	31%	1				

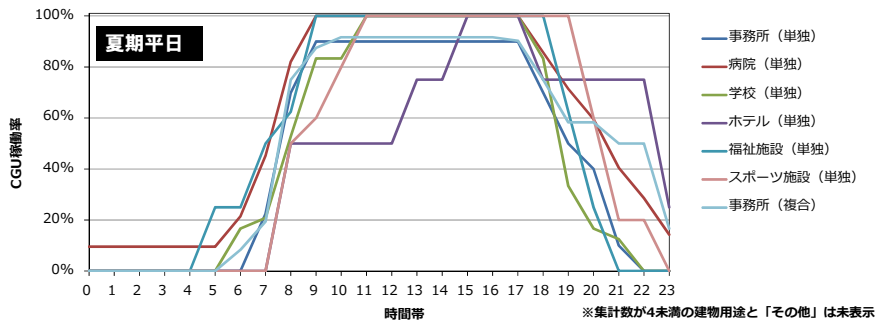


図 3-1.11 建物用途別時間帯別 CGU 稼働率 (夏期平日)

表 3-1.5 建物用途別時間帯別 CGU 稼働率（中間期平日）

建物用途	時間帯																							平均	集計数	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			23
単独																										
事務所（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	60%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	55%	40%	30%	0%	0%	0%	34%	10
病院（単独）	10%	10%	10%	10%	10%	10%	21%	40%	60%	79%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	90%	86%	64%	52%	33%	29%	24%	14%	51%	21
学校（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	17%	17%	17%	33%	33%	33%	33%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	17%	17%	17%	0%	0%	25%	6
ホテル（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	25%	25%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	25%	48%	4
福祉施設（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	25%	25%	50%	50%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	50%	25%	0%	0%	0%	41%	4
会議場・ホール等（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	44%	1
研究施設（単独）	33%	33%	33%	33%	33%	33%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	33%	33%	33%	33%	51%	3
スポーツ施設（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	30%	40%	60%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	40%	0%	0%	0%	38%	5
給食センター（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	1
消防署（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	40%	1
廃棄物処理施設（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	63%	1
複合																										
事務所（複合）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	8%	42%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	42%	42%	8%	31%	12	
病院（複合）	0%	0%	0%	0%	0%	33%	33%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	57%	3	
学校（複合）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	1
物販店舗（複合）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	42%	0%	39%	3
その他の複合施設	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	31%	1

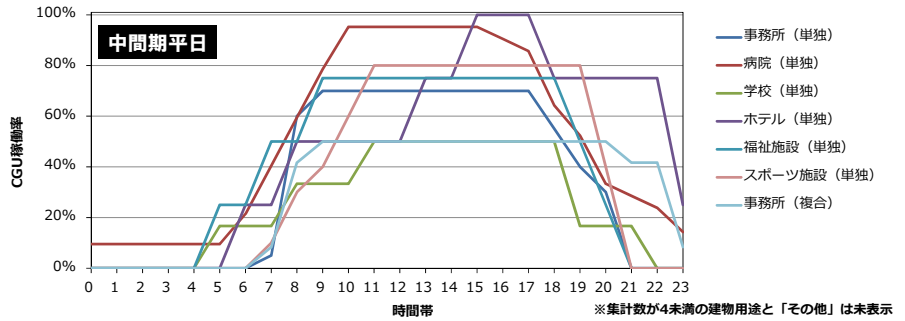


図 3-1.12 建物用途別時間帯別 CGU 稼働率（中間期平日）

表 3-1.6 建物用途別時間帯別 CGU 稼働率（冬期平日）

建物用途	時間帯																							平均	集計数	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			23
単独																										
事務所（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	28%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	90%	75%	50%	40%	10%	0%	0%	49%	10
病院（単独）	5%	5%	5%	5%	5%	5%	12%	40%	67%	86%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	86%	71%	57%	38%	29%	24%	10%	49%	21
学校（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	17%	17%	21%	53%	67%	67%	83%	83%	83%	83%	83%	83%	83%	67%	33%	33%	29%	0%	0%	41%	6
ホテル（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	25%	50%	50%	50%	50%	50%	75%	75%	100%	100%	100%	75%	75%	75%	75%	25%	0%	48%	4
福祉施設（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	25%	25%	50%	50%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	50%	25%	0%	0%	0%	41%	4
会議場・ホール等（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	44%	1
研究施設（単独）	33%	33%	33%	33%	33%	33%	67%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	67%	67%	67%	67%	74%	3
スポーツ施設（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	30%	40%	60%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	45%	0%	0%	0%	0%	38%	5
給食センター（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	50%	1
消防署（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	75%	1
廃棄物処理施設（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	63%	1
複合																										
事務所（複合）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	8%	67%	79%	83%	83%	83%	83%	83%	83%	79%	75%	71%	58%	50%	50%	42%	42%	8%	44%	12
病院（複合）	0%	0%	0%	0%	0%	33%	67%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	67%	33%	0%	63%	3
学校（複合）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	63%	1
物販店舗（複合）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	33%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	33%	33%	0%	35%	3
その他の複合施設	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	31%	1

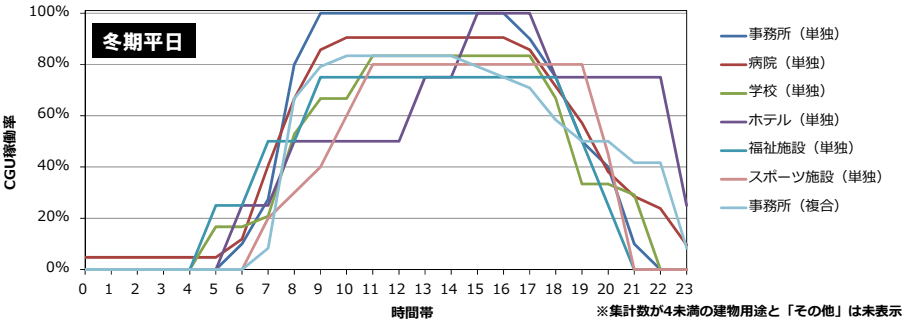


図 3-1.13 建物用途別時間帯別 CGU 稼働率（冬期平日）

表 3-1.7 建物用途別時間帯別 CGU 稼働率（夏期休日）

	時間帯																							平均	集計数		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			23	
単独	事務所（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	30%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	30%	20%	10%	0%	0%	21%	10	
	病院（単独）	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	19%	29%	29%	33%	38%	38%	38%	43%	43%	38%	33%	29%	24%	19%	19%	19%	10%	24%	21
	学校（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	21%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	29%	17%	0%	0%	0%	0%	0%	16%	6	
	ホテル（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	50%	50%	50%	50%	75%	75%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	75%	75%	75%	25%	48%	4
	福祉施設（単独）	0%	0%	0%	0%	25%	25%	50%	63%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	63%	25%	0%	0%	0%	42%	4	
	会議場・ホール等（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	44%	1	
	研究施設（単独）	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	3
	スポーツ施設（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	40%	40%	40%	40%	40%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	10%	0%	0%	0%	14%	5
	給食センター（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1
	消防署（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1
	廃棄物処理施設（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1
	複合	事務所（複合）	0%	0%	0%	0%	0%	8%	33%	38%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	33%	33%	33%	33%	17%	29%	12
		病院（複合）	0%	0%	0%	0%	0%	33%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	0%	42%
学校（複合）		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1	
物販店舗（複合）		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	50%	0%	40%	3
その他の複合施設		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	31%	1

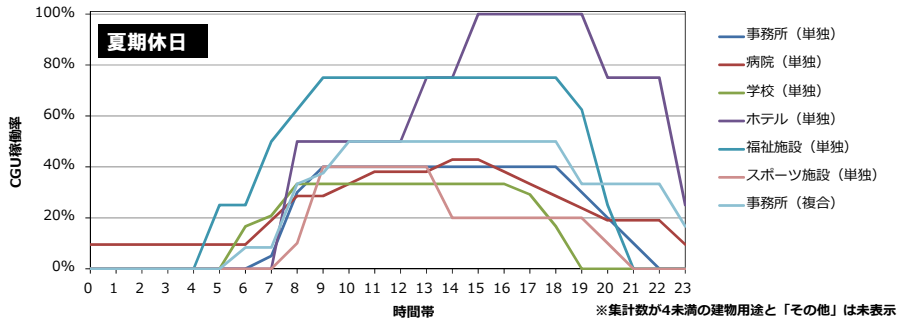


図 3-1.14 建物用途別時間帯別 CGU 稼働率（夏期休日）

表 3-1.8 建物用途別時間帯別 CGU 稼働率（中間期休日）

	時間帯																							平均	集計数		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			23	
単独	事務所（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	30%	20%	10%	0%	0%	19%	10		
	病院（単独）	10%	10%	10%	10%	10%	10%	14%	19%	24%	29%	29%	29%	29%	29%	29%	29%	29%	24%	19%	19%	14%	14%	10%	18%	21	
	学校（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	0%	12%	6
	ホテル（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	25%	25%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	75%	75%	100%	100%	100%	100%	100%	75%	75%	25%	50%	4	
	福祉施設（単独）	0%	0%	0%	0%	25%	25%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	25%	0%	0%	0%	30%	4
	会議場・ホール等（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	44%	1	
	研究施設（単独）	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	3
	スポーツ施設（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	40%	40%	40%	40%	40%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	10%	0%	0%	0%	14%	5
	給食センター（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1
	消防署（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1
	廃棄物処理施設（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1
	複合	事務所（複合）	0%	0%	0%	0%	0%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	5%	12
		病院（複合）	0%	0%	0%	0%	0%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	0%	21%	3
学校（複合）		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1	
物販店舗（複合）		0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	8%	19%	3
その他の複合施設		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	31%	1

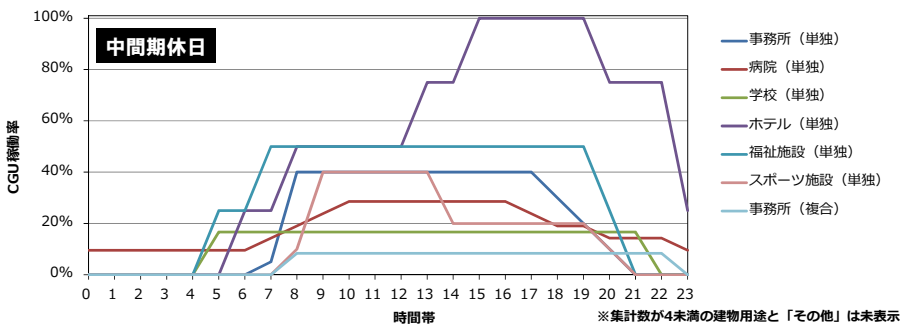


図 3-1.15 建物用途別時間帯別 CGU 稼働率（中間期休日）

表 3-1.9 建物用途別時間帯別 CGU 稼働率（冬期休日）

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	平均	集計数
単独																										
事務所（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	30%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	30%	20%	10%	0%	0%	21%	10
病院（単独）	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	10%	24%	24%	29%	29%	29%	29%	29%	29%	29%	24%	24%	24%	14%	14%	14%	5%	17%	21
学校（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	17%	17%	21%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	29%	17%	17%	17%	0%	0%	19%	6	
ホテル（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	25%	50%	50%	50%	50%	50%	75%	75%	100%	100%	100%	100%	100%	75%	75%	75%	25%	50%	4
福祉施設（単独）	0%	0%	0%	0%	25%	25%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	25%	0%	0%	0%	30%	4
会議場・ホール等（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	44%	1	
研究施設（単独）	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	33%	3
スポーツ施設（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	10%	0%	0%	0%	14%	5
給食センター（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1
消防署（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1
廃棄物処理施設（単独）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1
複合																										
事務所（複合）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	21%	33%	33%	33%	33%	33%	29%	25%	21%	17%	8%	8%	8%	8%	8%	0%	14%	12
病院（複合）	0%	0%	0%	0%	0%	33%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	33%	0%	0%	42%	3
学校（複合）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1
物販店舗（複合）	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	33%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%	33%	0%	0%	35%	3
その他の複合施設	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	31%	1

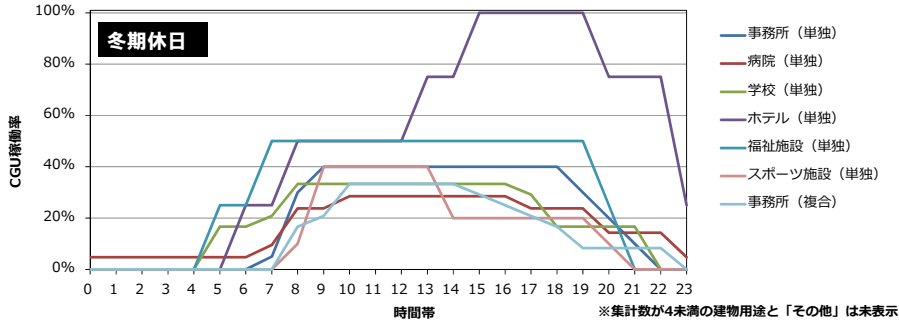


図 3-1.16 建物用途別時間帯別 CGU 稼働率（冬期休日）

3-1.2. システム運用状況等に関するヒアリング調査概要

3-1.2.1. 調査概要

(1) 調査目的

本調査は、業務用コージェネレーション設備（CGS）のエネルギー消費量計算方法の開発に資する基礎データを収集することを目的とする。具体的には、CGS 導入物件において施設管理者等へのヒアリング調査を実施し、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を把握する。また、当該物件での CGS 構成に関する情報も併せて収集することで、用途や規模等と結びつけて体系的に整理する。

(2) 調査方法

- 収集したアンケート調査の結果を基にヒアリング対象施設を選定
 - 建物用途、延床面積、CGS 容量等偏りが無いように留意する
- 事前に質問する項目を記したヒアリングシートを送付し、記入を依頼
- 管理者を訪問し、ヒアリングシートを参照しながら調査を実施
 - システム構成について重点的にヒアリングする。施設オリジナルの制御方法などある場合にはそれについても詳細に聞き取りを行う。
- 聞き取り調査の後、調査内容を踏まえながら実際のシステムを見学
 - 実測調査を行う場合は流量や温度等の計測機器を確認しつつ、その後の実測値分析の参考資料とする。

(3) ヒアリング実施状況

現在、14 件の建物についてヒアリング調査を実施している。ヒアリング調査を行った物件の一覧と結果を表 3-1.10 および表 3-1.11 に示す。ヒアリング対象物件はアンケート調査結果のうち運転制御を工夫している物件を意図的に選んでいる。

なお、ヒアリングを実施した 14 件の中から、実稼働データによる詳細分析のための実測データ取得や BEMS データ受領への協力物件が選定されている。そのため、これらの表に付している建物 ID は、これ以降の実稼働データによる詳細分析においても共通で適用している。

表 3-1.10 ヒアリング結果一覧①

ID	建物用途	延べ床面積	年間ピーク電力	契約電力	CGS機種	CGS容量	CGS台数	ピーク電力に対するCGS容量割合	排熱取り出し方式	排熱利用先	排熱利用優先順位	排熱の貯湯	最低買電量
01	事務所・商業施設	約142000㎡	3432kW	-	ガスエンジン	700kW	1台	20%	温水、蒸気	給湯、暖房、冷房、軟水予熱	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	有り 14800L 給湯のみ利用	無し
02	給食センター	約2000㎡	16726kW	88kW	ガスエンジン	35kW	4台	1%	温水	給湯、暖房、冷房	①給湯②暖房、冷房	有り 5000L 給湯のみ利用	無し
03	病院	約77000㎡	-	3650kW	ガスエンジン	35kW	3台	-	温水	給湯、暖房、冷房	①冷房②給湯、暖房	無し	無し
04	事務所	約9000㎡	300kW	300kW	ガスエンジン	35kW	3台	35%	温水	冷房、暖房予熱	季節による冷暖切り替えのため 優先順位無し	無し	40kW
05	工場(化学プラント)	約413000㎡	24500kW	5100kW	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	77%	蒸気	生産反応熱、冷房	①生産反応熱②冷房	無し	無し(逆潮流可)
06	事務所・ホール	約41000㎡	1550kW	1550kW	ガスエンジン	300kW	2台	39%	温水、蒸気	蒸気:給湯、暖房、冷房 温水:冷房、暖房	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	無し	400kW
07	病院	約54000㎡	2400kW	2400kW	ガスエンジン	700kW	1台	29%	温水	給湯、暖房、冷房	①冷房②暖房③給湯	無し	分からない
08	病院	約45000㎡	1400kW	1400kW	ガスエンジン	370kW	2台	53%	温水	給湯、暖房、冷房	①冷房②暖房③給湯	有り 9000L 給湯のみ利用	分からない
09	事務所・物販店舗飲食店	約356000㎡	11000kW	11000kW	①ガスエンジン ②ガスエンジン	①1000kW ②900kW	①1台 ②1台	17%	温水、蒸気	給湯、暖房、冷房	①冷房、暖房②給湯	有り 72000L 給湯のみ利用	分からない
10	物販店舗・飲食店	約76000㎡	-	1400kW	ガスエンジン	815kW	2台	-	温水	暖房、冷房	①冷房②冷房	無し	600kW
11	学校	約10000㎡	1950kW	1950kW	ガスエンジン	35kW	1台	2%	温水	給湯	給湯	有り 4.5㎡×2台 給湯のみ利用	分からない
12	学校	約10000㎡	1950kW	1950kW	ガスエンジン	35kW	3台	5%	温水	給湯、暖房、冷房	①暖房、冷房②給湯	有り 4.3㎡×1台 給湯のみ利用	分からない
13	体育館・屋内プール	約21000㎡	900kW	900kW	ガスエンジン	350kW	1台	39%	温水	冷房、暖房、給湯	①暖房、冷房②給湯	無し	470kW
14	ショールーム	約28000㎡	600kW	(600kW)	ガスエンジン	35kW	1台	6%	温水	冷房、暖房	-	無し	分からない

表 3-1.11 ヒアリング結果一覧②

ID	運転管理者	日常的な管理者の業務	負荷率制御方式	台数制御方式	排熱取り出し温度設計値	排熱回路流量制御	スケジュールの設定方法	ピーク時の運用	オリジナルの管理手法・運転方法など
01	常駐	点検 機器発停 データ分析等	定格運転	無し	88℃	定流量	夏期平日土曜 発電優先(8:00-20:00) 自動 夏期休日 OFF(ピークカット運転) 自動 中間期平日土曜 発電優先(8:00-20:00) 自動 中間期休日 OFF(ピークカット運転) 自動 冬期平日土曜 発電優先(8:00-20:00) 自動 冬期休日 OFF(ピークカット運転) 自動	-	BOS仕様
02	常駐していない	無し	定格運転	電力負荷で判断	88℃	定流量	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	職員(空調は別の担当者)	-	定格運転	常に全台稼働	88℃	定流量	夏期平日 9:00~18:00 中間期平日 9:00~18:00 冬期平日 9:00~18:00	-	-
04	常駐	日常点検	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	83℃	-	(夏期・冬期) 平日:8:00~17:45 休日:運転しない (中間期) 使用しない	-	研究対象施設であり、CGS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	常駐	点検 機器発停 データ分析等	手動出力固定制御	電力負荷で手動設定 (負荷率50%を基準)	1.35MPa	蒸気圧一定	係員が必要や天候に応じて判断	タービンの吸気を吸収式で冷却し出力増加	-
06	常駐	点検 機器発停 出力調整	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	80℃	定流量 蒸気による加熱により 排熱回路の熱量を調整	夏期と冬期 8:30~16:30 中間期は停止 気温等を見ながら排熱が余りそうな日は運転しない	-	-
07	常駐	日報	定格運転	無し	80℃~90℃	定流量	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	常駐	日常巡視	定格運転	平日は2台 休日は1台	90℃	定流量	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	常駐	設備全般管理	定格運転	電力負荷による手動設定	85℃	定流量	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	常駐	データ計測 水油 状態監視 薬注管理	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	イベントの有無(電力量)で決まる 電力会社からの依頼で可動域を増やしている 逆潮流はできない	-
11	外部の専門家が管理	定期的な目視確認	定格運転	管理者が手動設定	88℃	-	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休止)	-	月1回の省エネ会議で運転スケジュールを決定
12	外部の専門家が管理	定期的な目視確認	定格運転	管理者が手動設定	88℃	-	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	契約会社	検診	電力追従制御	無し	90℃	定流量	夏期平日、休日 8:30~20:30 中間期平日、休日 8:30~20:30 冬期平日、休日 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)	消費電力が471kWを超えたら自動で起動する	-
14	中央監視者と遠隔監視者	排熱の有効利用 方法の検討、制御	定格運転	無し	90℃	定流量	夏期・冬期・中間期(水曜日を除く) 9:30~17:00 夏期・冬期・中間期水曜日 OFF	-	-

3-1.2.2. 調査結果

ヒアリング調査により得られた結果を以下に整理する。なお個別のヒアリング結果をまとめたヒアリングシートについては参考資料に掲載する。

(1) 分析結果

1) 制御に関する分析

A) 排熱利用先、優先順位

- 排熱利用先として主要なものは冷房・暖房・給湯となっている。
- 冷房が最優先される傾向にあるが、給湯を優先している建物もある。

B) 最低買電量

- 設定していない、または把握していない建物がほとんどである。
- CGUを選定する際に逆潮流が起らない程度の容量の機種が選択されている。

C) 運転管理者と管理業務

- 管理者が常駐している建物がほとんどだが、CGS 専門の管理者がいるわけではない。
- 日常点検やデータの分析は管理者が行うケースが多いが、メンテナンスなどは外部の契約会社が行うケースが多い。管理をすべて外部に委託している建物もある。
- CGS の所有は外部の会社で、現場の管理のみ行っている管理者も多い。

D) 負荷率制御方式

- CGS 運転時は CGU を常時定格で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。
- 出力制御をかける場合は電力に追従する場合がほとんどである。ID04 で熱負荷追従制御という回答が得られたが、この建物は研究対象施設であり、CGU の熱負荷追従運転について研究が成されているため特殊な制御を行っているという回答であった。

E) 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であった。
- 管理者が手動で設定する建物が多く見られる。管理者ごとに判断の基準は異なっており、プログラム上でどのように表現するかが課題となる。
- 休日と平日で運転台数を変える建物も見られる。: ID08

F) 排熱取り出し温度設定値

- 88℃と回答した管理者がほとんどであった。
- 排熱取り出し温度はすべての建物で 80～90℃であった。

G) スケジュールの設定方法

- 休日は運転しない建物が多い。
- 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。

2) システムに関する分析

A) 貯湯槽設置について

今回ヒアリングを行った14件の物件のうち、貯湯槽を設置している物件は5件で、ほとんどは給湯に利用していた。貯湯槽が設置される場合は以下の2つに分類される。

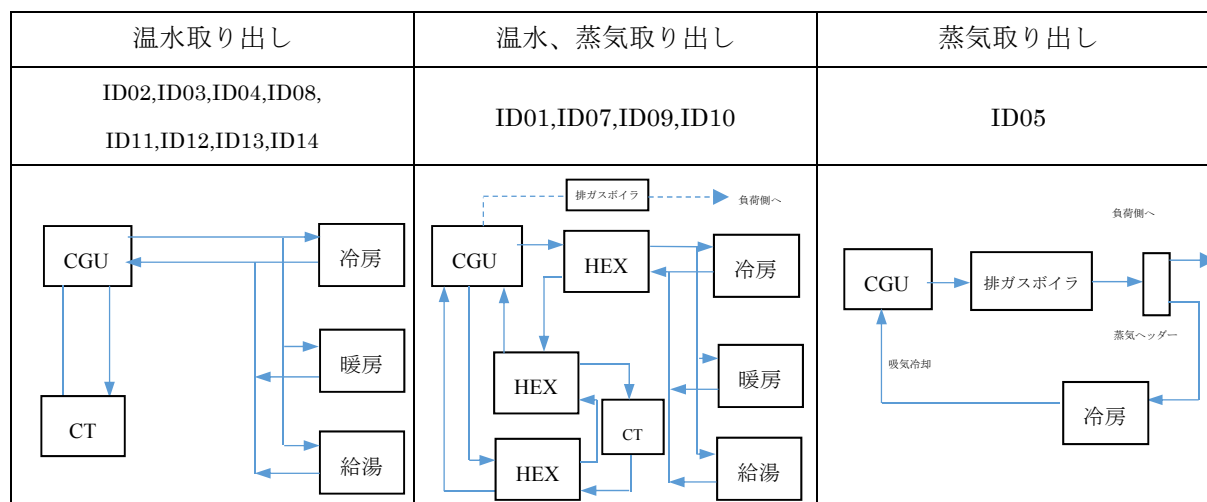
- ▶ 貯湯槽と直接熱交換し、貯湯槽から出湯：ID02, ID08
- ▶ 給湯用の補給水の予熱にCGU排熱を利用し、予熱した熱源水をボイラで昇温させて貯湯槽に貯湯する：ID01, ID09, ID11

B) システムの構成について

14件のヒアリング調査の結果、システムは排熱の取り出し方式によって以下の3つに分類される。

- ▶ case1：温水取り出し方式
CGUの排温水は直接排熱利用機器へ供給される。CGS、冷房熱源それぞれに冷却塔が設置されており、マイクロガスエンジンコージェネレーションの場合は本体に内蔵されたラジエータより放熱される。CGUがガスエンジンコージェネレーション、マイクロガスエンジンコージェネレーションの場合に採用される。
- ▶ case2：温水・蒸気取り出し方式
CGUの排温水は熱交換器を介して排熱利用機器へ供給される。CGU側に余剰排熱放熱とエンジン冷却のための冷却塔が設置されている。冷却塔は冷房熱源、CGSそれぞれに付属する場合と両方の放熱を兼用する場合とがある。蒸気は排ガスボイラで回収し、そのまま二次側に供給される場合と蒸気吸収冷温水機や給湯軟水の予熱に用いる場合がある。ID10に関しては、排熱取り出し方式は温水のみとの回答であったがcase2のシステムが採用されている。CGUがガスエンジンコージェネレーションの場合に採用される。
- ▶ case3:蒸気取り出し方式
CGUの排熱は排ガスボイラで回収し排熱利用機器へ供給される。ガスタービンコージェネレーションの場合に採用されるシステムで、ID05では蒸気吸収冷温水機で生成した冷熱をタービンの吸気冷却に利用している。

表 3-1.12 CGS 分類



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

3-2.1. 機器設計・建築設計に関するヒアリング調査

3-2.1.1. 調査概要

(1) 調査目的

業務用コージェネレーション設備の評価プログラムの精度向上に向けて、実際の設計手法や設計思想、管理方法、機器性能やメーカーの制御方法を把握することを目的とする。

(2) 調査方法

2016年11月から2017年10月の期間にCGUメーカー2社、RHAメーカー1社、設計事務所5社の設備設計担当者にヒアリング調査を行った。

(3) 調査内容

以下A)～C)に各所における主なヒアリング内容を示す。

A) CGUメーカー

<主な調査項目>

CGS 導入時の想定	<ul style="list-style-type: none">・容量・台数の想定・導入の多い機種（ガスエンジン・ガスタービンなど）・今後の普及の見通し・運転スケジュールの変更頻度、基準の想定、最適運転スケジュール・導入用途の想定・設計者・オペレーターとの関係・排熱利用先の想定と最適な利用方法
機器特性と制御方法	<ul style="list-style-type: none">・排熱温度と効率の関係・排熱温度の制御手法・発電電力の負荷追従速度・冷却塔ヒーターの稼働条件・排熱回収効率のカタログと実行効率の誤差の要因・補機消費電力の想定

B) RHAメーカー

<主な調査項目>

導入時の想定	<ul style="list-style-type: none"> ・容量、台数の想定 ・設計者・オペレーターとの関係 ・RHA 複数台設置の接続方法
機器特性と制御手法	<ul style="list-style-type: none"> ・加熱時の特性と排温水利用 ・補機消費電力の想定値 ・起動・停止特性 ・他の排熱利用機器と併用利用時の排熱利用制御方法 ・排熱温度の制御手法 ・排熱利用可能量のカタログ特性の種類 ・排熱利用可能量の特性

C) 設計事務所設備設計担当者

<主な調査項目>

CGS の導入目的	<ul style="list-style-type: none"> ・導入を決定する際の懸案事項 ・コスト重視か省エネ重視か ・CGS の導入は設計者提案か、顧客からの依頼か ・エネルギーの削減目標 ・コストの削減目標 ・導入の多い建物用途
運用方法	<ul style="list-style-type: none"> ・オペレーターと設計者の関係 ・運用段階における CGS 運用評価への関与の有無 ・排熱利用先 ・設計段階での運用方法の想定（運転時間、運転日、季節など）
機種選定の基準	<ul style="list-style-type: none"> ・CGS 導入を決定する際の要素 ・容量の選定基準 ・機種の選定基準 ・導入の多い機種 ・排熱利用機器の選定基準 ・CGS 導入建物の負荷のバランス（冷房・暖房・給湯の割合など） ・電力負荷に対する CGS の容量
排熱利用の設計	<ul style="list-style-type: none"> ・熱源ピーク設計時の CGS の想定（CGS を含むのか） ・冷房、暖房、給湯の優先順位と温度レベルの設定 ・排熱利用機器の直列利用と並列利用 ・余剰排熱の対策 ・補機消費電力の想定 ・負荷追従運転方法

3-2.1.2. システムの性能特性に関する調査結果

(1) CGUメーカー

CGU メーカーへのヒアリング結果を表 3-2.1 に示す。容量・台数の想定は新築か既築か、電力利用重視か熱利用重視かなど物件の条件によって異なり、CGU メーカーとしては個別物件に対する設計思想は持っていない、との回答を得ている。CGU の運転はスケジュールでの定格運転がほとんどであり、たとえ熱需要に対して余剰排熱が生じたとしても、電力のデマンドカットを目的にCGU を稼働させたいとの要望が多いとのことであった。導入建物の用途は病院、ホテル、大学に加えて、避難所になる小学校にもBCP 対応のため導入が多いとの回答であった。

CGU 機器特性については、発電効率は排熱温度に影響されないこと、CGU 本体では排熱出口温度の設定はできず成り行きとなっていることがわかった。補機消費電力は参考プログラム 2) では5%と想定されているが、「マイクロコージェネレーションにおいては5%では過大である」との回答と、「機器によるが大まかに5%前後で差異はない」との回答を得ており、ヒアリングを実施した2社で回答が異なっている。補機消費電力の実態については後述の実測値分析で明らかにしていく。

表 3-2.1 CGU メーカーヒアリング調査結果

質問項目	共通点のある回答		特徴的な回答	
	CGUメーカーA (実施日:2017.6.2)	CGUメーカーB (実施日:2017.8.23)	CGUメーカーA (実施日:2017.6.2)	CGUメーカーB (実施日:2017.8.23)
容量・台数の想定	電力と熱どちらを重視するかで変わる 電力需要の1/3程度を導入しデマンドカットとして用いる 予算が現実的に重視して考えられる	定量的な設計思想はない 既築の場合は電力、熱負荷からスタート 経済性の問題が重要視される		
どの機種(ガスエンジン・ガスタービン)の導入が多いか	ガスタービンはほとんど流通していない(熱が取れすぎる、メンテナンス費が高い、うるさい、発電効率が低い 等から) 100kW以下の機種の導入が圧倒的に多く、その中でもマイクロガスエンジンが多い	発停することを前提とするならガスエンジンを導入する ガスエンジンの高効率化が進み、圧倒的に導入が増えている		
運転スケジュールの変更頻度、基準の想定	業務用はスケジュール運転がほとんど 熱を捨てても電力のデマンドをカットしたいユーザーが多い	複数台導入で各機が定格運転が望ましい 実運用はある程度使用者に任せるが、最低負荷率50%以上にするようお願いしている		
導入用途の想定	病院への導入が圧倒的に多い 大学は多く入っており、空調利用 避難所として小学校も導入が多い	病院、ホテルへの導入が多い 大規模開発エリアでの面的利用計画において大容量の機種の導入がある(万kW規模)		
排熱温度と効率の関係	発電効率は還り側の温度に影響されない	排熱温度を変えても発電効率は変わらない		
排熱温度制御手法	機械本体で出口温度の設定はできない	機械本体で出口温度の設定はできない		
排熱回収効率のカタログと実行効率の誤差	配管の放熱や施工状況の影響を受けやすい 2次側の飲み込み量の変動がある場合は機械保護の観点から少し効率が下がる	排熱回収効率の乖離は配管からの熱損失が一因だと考えられる 冷却水温度が上昇すると効率が低下する(下がっても効率に悪影響はない)		
補機消費電力	5%の補機想定は過大である	機種によって異なるが大まかに5%前後		

(2) RHAメーカー

RHA メーカーへのヒアリング結果を表 3-2.2 に示す。起動動作時はまずガスと排熱温水を同時に投入し、その後冷水の出口温度を 7℃で保持できるようにであれば、ガス投入量を絞り排熱温水の利用比率を拡大するという制御を行っている、とのことであった。停止時は通常はガスの投入も排熱温水の投入も同時に停止させるが、蒸発器内の熱容量で冷却する残留運転を行う際は 10 分程度冷水ポンプのみを運転させる場合もある、との回答を得ている。また、起動時には必ずガスの燃焼があるとの回答があったが、排熱のみで運転するモードを持つ機器もあり、そうした機器も想定した上での回答であったかどうかは不明である。

排熱利用においては冷水出口温度を保証しながら排熱を可能な限り投入することを設計思想としている、とのことであった。まずは排熱を優先的に投入し必要冷凍能力が得られない場合に都市ガスを燃焼させるという制御方法をとっている。ただし排熱温水の温度レベルが低下し過ぎてしまうことを防ぐため、低～中負荷率運転時に三方弁で排熱温水をバイパスさせて投入排熱量を絞り、排熱温水の出口温度を一定にする制御（排熱温水出口温度過低制御）が導入されることもある。RHA の暖房利用時については、排熱温水を利用しないとのことであった。

表 3-2.2 RHA メーカーヒアリング調査結果

質問項目	RHAメーカーC (実施日:2017.10.27)
容量・台数の想定	CGU発電容量と合わせてRHAの機種が選定されているわけではない
RHA複数台設置の接続方法	冷凍機メーカーではなく、設備設計者の判断による 直列接続よりも同温度の排熱温水を並列接続する方が望ましい 設計上、排熱利用できる流量には下限値がある
加熱時の特性と排熱温水利用	暖房時は排熱温水を優先し、熱交換器を介して暖房用温水を供給する。排熱温水が不足した場合、RHAは暖房運転を行う COPは高位発熱量基準で0.9程度となりボイラによる暖房利用と同等になる
補機消費電力の想定値	RHA本体外部の補機は、冷水ポンプ、冷却水ポンプ、冷却塔ファンがあり、冷却水ポンプが消費電力が最大 RHA本体内部の補機は溶液循環ポンプ、冷媒ポンプ、溶液散布ポンプ、バーナー送風機があり、溶液循環ポンプが消費電力最大で、例として1,000 RT機種で7.5 kW程度
起動・停止特性	起動時は必ずガスの投入がある まずガスと排熱温水が同時に投入され、その後冷水出口温度を7℃で保持できるようにであればガス投入量を絞ってゆく 停止時はガス投入も排熱温水投入も同時に停止する。停止は低燃焼遮断で、1～2秒で炎は消える 残留熱で冷房できるのは10分程度と考えられる 基本的には停止指令によって全ての機器は停止するが、蒸発器内の熱容量で冷却をするため、冷水ポンプだけ動かすこともある
排熱温度制御手法	冷水出口温度7℃を保証しながら排熱を可能な限り投入するのが基本思想 まずは排熱を優先的に投入し、必要冷凍能力(冷水出口温度7℃)が得られない場合に都市ガスを燃焼させる 排熱を最大限投入すると、他用途のための排熱が残らないことがあるため、中～高負荷率運転時の廃温水出口温度が低下する場合には排熱温水出口温度過低制御により三方弁で排熱温水をバイパスさせて投入排熱量を絞る機能をオプションとして付帯させることがある。これにより排熱投入量が負荷率にかかわらず一定になる
排熱利用可能量のカタログ特性の種類	排熱投入可能量の線は、単独運転可能となる最大負荷率から負荷率が上昇するに従って(1)「一定(過低制御により一定とする)」、(2)「低下」、(3)「暫くは一定となる(過低制御により一定とする)」が、その後低下する」の3種類 排熱投入の特性線図は容量よりも機種の違いにより特性が異なる
排熱利用可能量	冷却水温度が低下すると排熱投入量が増加する。 ガスが投入され、一重効用から二重効用に切り替わると、系全体の溶液温度が上昇する。その場合に排熱温水入口温度が低いと、溶液との温度差が小さくなって排熱投入量が減少してしまう。二重効用においては、冷却水温度も影響があると考えられる

3-2.1.3. システム導入時の設計思想に関する調査結果

(1) 設計事務所設備担当者

設計事務所5社の設備設計担当者に対するヒアリング結果を表 3-2.3 に示す。CGS の導入目的は、病院・ホテルや工場・電算センターなどの熱需要の大きい建物に対しての省エネ化のために導入することに加え、特別高圧受電回避のため(2件)、ガス単価の低下のため(1件)といった回答があった。また運用方法に関しては、24時間運転は行わずスケジュール運転を想定する設計者が大半で、建物使用時間が24時間の工場、電算センター、病院などでは24時間運転を行うことがあることがわかった。スケジュール設定方法は主に各社のシミュレーションツールを用いて算出した負荷を基に決定されるが、シミュレーションの想定期間や諸条件は設計者によって異なる。一日の稼働時間を決める方法については、CGUの耐用時間や耐用年数から年間稼働時間を設定し、それに合わせて一日のスケジュールやCGU容量を決定するという回答もあった。

排熱利用については、5件中2件が冷房、暖房、給湯、1件が冷房、給湯、暖房の順に利用する設計である。冷房は他用途と比べて高温の排熱が必要であるため、冷房が最優先となっている。特殊な例として、排熱を給湯に利用する場合は給湯専用のCGUを導入して給湯と空調でCGUを分けるため、優先順位はつけないという回答も見られた。排熱利用機器の接続方法は、5件中3件が排熱利用の優先順に直列利用する(最初の機器で利用し、温度が低下した排温水が次の機器に入る)方法をとっている。他の例では、省エネの観点から排熱温水を三方弁で制御し、系統の接続順と排熱利用の優先順位を一致させない場合がある、という回答もあった。負荷追従運転方法は電主運転のみで、熱主運転は実験施設など特別な場合でしか見られていない。容量の選定は、5件中4件の設計者が電力負荷を主たる選定基準としており、省エネ性よりも経済性を重視する傾向がみられた。また機種選定では、ほとんどの設計者が高効率なガスエンジンやマイクロガスエンジンを選んでいるという回答であった。

総括すると、導入用途や排熱利用先は設計者の間で見解に大きな差異はないが、実際の機種選定の基準や排熱利用機器の接続方法においては多様な設計思想があり、共通のパターンは見られない。このことから、設計者の現場ごとの工夫を評価できるプログラムとすることが必要であると言える。

表 3-2.3 設計事務所設備設計担当者ヒアリング調査結果

質問項目		複数あった回答	少数の回答
導入	用途・目的	<ul style="list-style-type: none"> ・病院、ホテル、工場、電算センター、プール、浴場施設、ショッピングセンター、大学、オフィス、放送局 ・特別高圧受電回避 	<ul style="list-style-type: none"> ・地域冷暖房、大型再開発 ・ガス単価低下
	排熱利用先	<ul style="list-style-type: none"> ・小容量：給湯 ・大容量：空調 ・病院：給湯、空調・再熱 ・プール・温浴施設：給湯、加温 ・電算センター：冷房（年間） ・工場：生産用蒸気、冷房 	<ul style="list-style-type: none"> ・業務用ビル：空調、給湯 ・デシカント再生、プロセス熱 ・地域熱供給事業：蒸気
運用に関して	24時間運転の有無	<ul style="list-style-type: none"> ・行わない（点検費用増加、電力料金の高い昼間の稼働を想定、CGUの耐用年数15～20年は年間稼働時間3000時間程度を想定している等のため） 	<ul style="list-style-type: none"> ・行う（24時間稼働する工場や電算センター、大規模な病院で複数台導入したうちの1台を24時間運転するケース等）
	スケジュール設定方法	<ul style="list-style-type: none"> ・年間・月単位などでシミュレーションし、得られた負荷から決定 ・経済性の高いスケジュールを提案 	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的には24時間365日運転を想定するがコストを考慮して決定 ・定格で運転時間を決め、年間稼働時間が3,000時間程度となるようにスケジュールと容量を決定
排熱利用の設計	冷房、暖房、給湯の優先順位	<ul style="list-style-type: none"> ・冷房、暖房、給湯の順 ・小容量では給湯、大容量では冷房優先 	<ul style="list-style-type: none"> ・冷房（蒸気吸収RHA）、温水、暖房、冷房（単効用RHA）の順 ・RHA、給湯、暖房の順 ・1台の排熱を空調・給湯などの複数用途に利用することはあまりない
	RHA他排熱利用機器の直列利用と並列利用	<ul style="list-style-type: none"> ・直列利用：冷房、暖房、給湯の順 	<ul style="list-style-type: none"> ・直列利用だが熱利用の優先順位と系統のつなぎ方は逆 ・同時使用しない（通常は冷房暖房切り替えで給湯は給湯専用のため）
	RHA複数台設置時の接続方法	<ul style="list-style-type: none"> ・並列利用（RHA2台に投入できる88度の排温水があるという条件で、更新時期を同時にするため） 	<ul style="list-style-type: none"> ・RHAを複数台設置することはあまりない
	負荷追従運転方法	<ul style="list-style-type: none"> ・電主運転 	なし
機種選定の基準	容量の選定	<ul style="list-style-type: none"> ・選定の際の指標は排熱の利用可能量、電力負荷、契約電力、BCPIに必要な電力と経済性、熱負荷と電力負荷のバランス等 	<ul style="list-style-type: none"> ・BCPでは法的な非常用電源の容量を満たす範囲内で発電量の防災用と保安用のバランスを決定
	機種の選定	<ul style="list-style-type: none"> ・ガスエンジン、マイクロCGSが多い ・ガスタービン発電効率が悪いので導入は少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガスエンジンは排熱の半分は温水で回収せざるを得ないので温水の排熱利用先がないとガスエンジンの導入は難しい ・電力より熱負荷側が潤沢であれば、ガスタービンとして蒸気回収する

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

4-1. 実稼働性能解析のための実測調査

本調査で用いる分析データには、事業主体が計測器を取り付けて取得したデータと、他事業者より取得した BEMS 等データの 2 種類がある。ここでは、実条件下における CGS の稼働状況を把握するために実施した前者の実測調査について報告する。

4-1.1. 調査概要

4-1.1.1. 調査目的

本実測は、CGS の評価プログラムの精度向上を目指し、実条件下における機器の挙動や実働性能のデータを取得して、プログラム開発の基礎データを収集することを目的とする。具体的には、CGS の実働性能把握と計算法の精度検証に必要な計測点を検討し、CGU の主機及び補機・周辺機器を測定し、得られた結果とプログラムによる計算結果との比較を行うことで、プログラムの精度検証を行う。

4-1.1.2. 調査対象物件の概要

実測対象先は、CGU の排熱を給湯や暖房、冷房に利用している物件で、本調査の趣旨をご理解いただき、調査協力いただける 3 物件に依頼した。表 4-1.1 に計測物件の概要を示す。

表 4-1.1 計測対象物件の概要

建物 ID	01	02	03
所在地	東京	大阪	兵庫
建物用途	複合施設（事務所、商業、 駐車場、ホテル）	給食センター	病院
延床面積	約 142,000 m ²	約 2,000 m ²	約 77,000 m ²
CGS 導入時期	2013 年 4 月	2014 年 12 月	2015 年 1 月
CGS 設置場所	屋外	屋外	屋外
CGU 種類	ガスエンジン	ガスエンジン	ガスエンジン
定格発電量	700kW	35kW	35kW
定格排熱回収量	262.9kW（温水） 273kW,0.8MPaG（蒸気）	52.5kW	52.5kW
設置台数	1 台	4 台	3 台
排熱利用先	夏期・中間期：1_軟水予熱、 2_冷房、3_給湯 冬期：1_軟水予熱、2_給湯、 3_暖房、4_冷房	1_給湯、2_暖房、冷房	1_冷房、2_給湯、暖房

4-1.1.4. 計測項目

計測項目については、計算法構築のための分析に必要な計測ポイント（表 4-1.2）を中心に、ご協力いただける範囲で計測器を取り付けて実測を行う。なお、既に BEMS 等でデータを取得している場合は、併せてデータ提供を依頼する。

表 4-1.2 計測項目

項目		計測ポイント	
CGU 本体	発電量	発電量	
		排熱回収量	排熱回路 CGU 入口温度
			排熱回路 CGU 出口温度
	排熱回路流量		
	CGU ガス消費量	CGU ガス消費量	
		ガス温度	
		ガス圧力	
	補機消費電力	CGU 補機消費電力	
		排熱回収回路ポンプ電力	
		余剰排熱放熱回路ポンプ・ファン電力	
余剰排熱放熱	余剰排熱放熱回路放熱量	余剰排熱放熱回路入口温度	
		余剰排熱放熱回路出口温度	
		余剰排熱放熱回路流量	
熱利用	熱交換器 2 次側熱量	熱交換器 2 次側入口温度	
		熱交換器 2 次側出口温度	
		熱交換器 2 次側流量	
	吸収式冷温水発生機	再生水回路入口温度	
		再生水回路出口温度	
		再生水回路流量	
	貯湯槽熱量	貯湯槽入口温度	
		貯湯槽出口温度	
		貯湯槽流量	
需要	電力需要	建物全体電力需要 (CGS 対応分)	
		熱需要	
	熱需要	温熱回路入口温度	
		温熱回路出口温度	
		温熱回路流量	



4-1.1.5. 計測機器

計測は主に電力量、流量、温度であり、以下の計測器を使用した。計測器を屋外にて設置する場合は、計測ボックスを準備し、雨風や日射を遮る対策を施した。

(1) 電力計測：CGUIによる発電量、CGSの主な補機の電力

<使用機器>

表 4-1.3 電力計測に用いる計測機器

型式	HIOKI クランプオンパワーロガーPW3365	HIOKI パワーアナライザ 3390 クランプオンセンサ 9272-10
写真		
レンジ	<ul style="list-style-type: none"> 電圧：AC 400 V (有効測定範囲: 90.0 V ~520.0 V) 電流：AC 500.00 mA~5.0000 kAまで 電力：200.00 W~6.0000 MW 	<ul style="list-style-type: none"> 電圧: 15~1500 V, 7レンジ 電流: 400 mA~500 A 電力：6.0000 W~2.2500 MW 周波数：0.5 Hz~5 kHz
基本確度	<ul style="list-style-type: none"> 電圧：±1.5% rdg. ±0.2% f.s (PW3365+PW9020組合わせ確度) 電流：±0.3% rdg. ±0.1% f.s. + 電流センサ確度 電力：±2.0% rdg. ±0.3% f.s. + 電流センサ確度 (力率=1) 	<ul style="list-style-type: none"> 電圧：±0.05% rdg. ±0.05% f.s. 電流：±0.05% rdg. ±0.05% f.s. + 組合せ電流センサ確度 電力：±0.05% rdg. ±0.05% f.s. + 組合せ電流センサ確度
使用物件	建物 ID01 にて使用	建物 ID02、03 にて使用

(2) 流量計測：CGS排温水流量、吸収冷温水機の冷却水流量 など

<使用機器>

表 4-1.4 流量計測に用いる計測機器

型式	富士電機 超音波流量計 FSC シリーズ		
写真	 <p style="text-align: center;">変換器(型式:FSC) 簡単取付検出器 配管へは布ベルトで簡単取付</p>		
測定対象	測定流体：超音波が通る均一な液体 流体の濁度：10,000 度 (mg/L) 以下 流体の様子：満水円管内の十分に成長した乱流または層流 流体温度：-40～+200 °C 測定範囲：0…±0.3～±32 m/s		
精度定格	管内径	流速範囲	精度
	φ 13～φ 50 mm	2～32 m/s	±1.5% ～ 2.5% of rate
		0～2 m/s	±0.03 m/s
	φ 50～φ 300 mm	2～32 m/s	±1.0% ～ 1.5% of rate
		0～2 m/s	±0.02 ～ 0.03 m/s
φ 300～φ 6000 mm	1～32 m/s	±1.0% ～ 1.5% of rate	
	0～1 m/s	±0.01 ～ 0.02 m/s	
使用物件	建物 ID02、03 にて使用		

温度計測：CGS 排温水温度、各種熱交換器出入口温度 など

温度計：白金測温抵抗体 Pt100Ω (シースタイプ)

使用物件：建物 ID02、03 にて使用

(3) データロガー

<使用機器>

表 4-1.5 データ記録に用いるデータロガー

型式	HIOKI データロガーLR8402		
写真	 <p style="text-align: right;">272W × 182.4H × 66.5D mm</p>		
ユニバーサル ユニット	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電圧測定範囲： ±10mV～±100V, 1-5V, 分解能 500nV ・ 熱電対測定範囲： -200°C ～2000°C, 熱電対 (K, J, T, 他), 分解能 0.01°C 		

	<ul style="list-style-type: none"> ・ 測温抵抗体測定範囲 -200°C ~800°C, 分解能 0.01°C ※ch 間是非絶縁 ・ 抵抗測定範囲 : 0~200Ω, 分解能 0.5mΩ ・ 湿度測定範囲 : 5.0~95.0% rh, 分解能 0.1% rh
電圧・温度 ユニット	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電圧測定範囲 : ±10mV~±100V, 1-5V, 分解能 500nV ・ 熱電対測定範囲 : -200°C ~2000°C, 熱電対 (K, J, T, 他), 分解能 0.01°C ・ 測温抵抗体・抵抗 : 機能なし ・ 湿度測定範囲 : 5.0~95.0% rh, 分解能 0.1% rh
使用物件	建物 ID02、03 にて使用

4-1.2. データ取得項目と取得状況

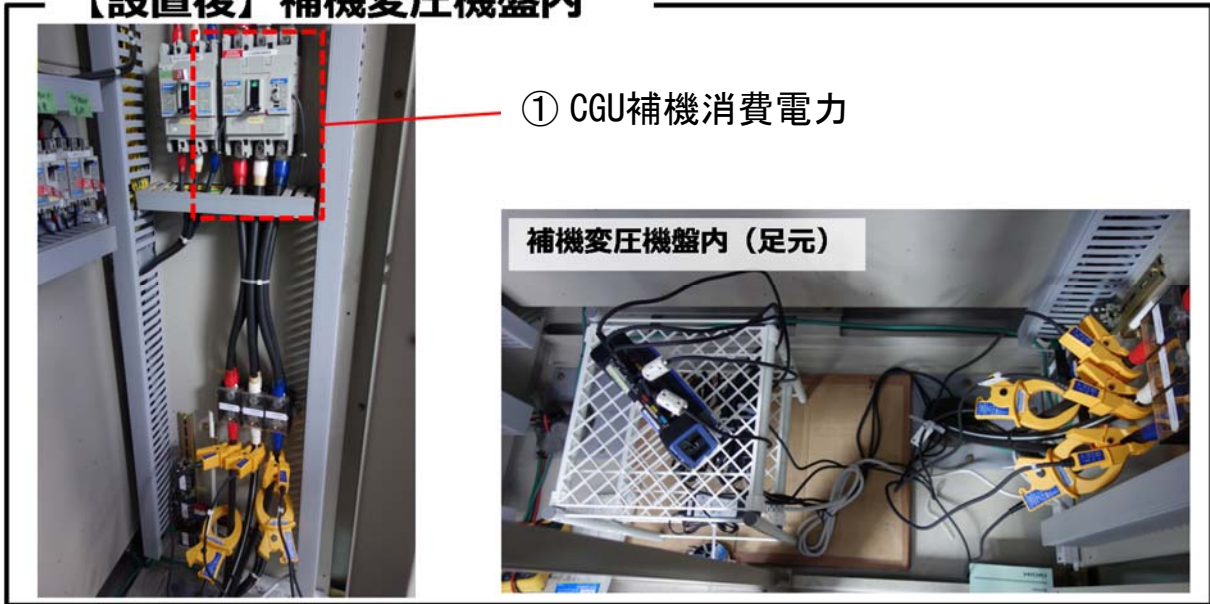
表 4-1.1 に示す建物 ID ごとに、データ取得項目及び計測器設置の様子と計測器取り付けによる実測項目について、確認を行った時系列データの一例を示す。

(1) 建物ID01 (複合施設)

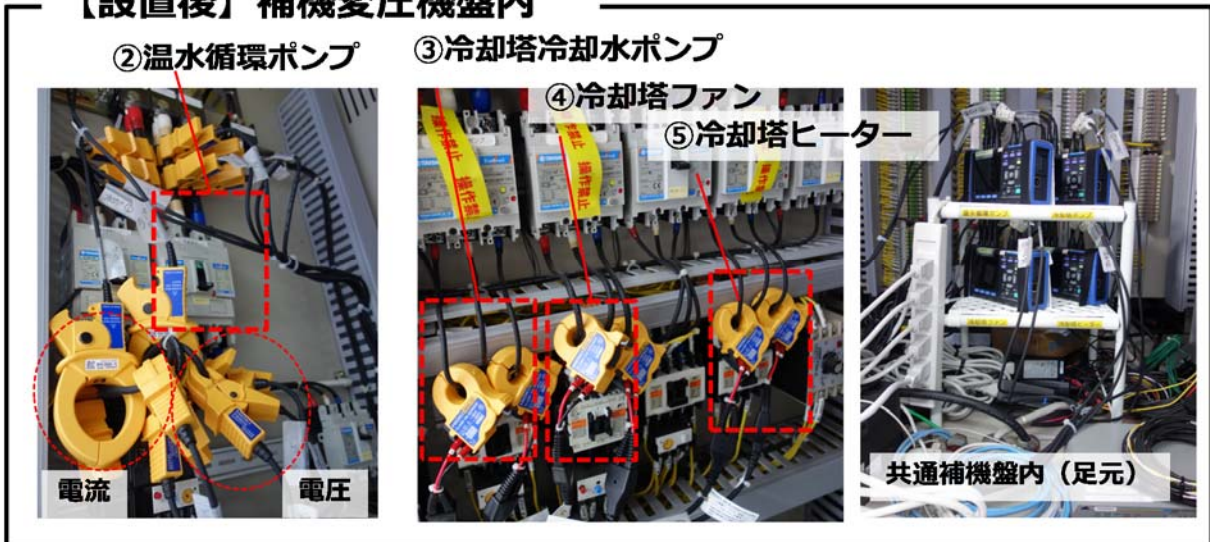
表 4-1.6 建物 ID01 (複合施設) での取得データ及びデータ回収期間

取得データ : (実測)	下記 5 項目データを 1 分間隔で取得した。
	<ul style="list-style-type: none"> ① CGU補機消費電力 ② 温水循環ポンプ電力 ③ 余剰排熱放熱用冷却塔冷却水ポンプ電力 ④ 余剰排熱放熱用冷却塔ファン電力 ⑤ 余剰排熱放熱用冷却塔ヒーター電力
取得データ : (BEMS)	下記 4 項目データを 1 時間間隔で取得した。
	<ul style="list-style-type: none"> ① ガス消費量 ② 発電量 ③ 排熱利用量合計値 ④ 排ガス蒸気ボイラ給水量
計測期間	<p>2016 年 10 月 18 日 : 計測開始</p> <p>2016 年 12 月 1 日 : 第 1 回データ回収</p> <p>2017 年 1 月 20 日 : 第 2 回データ回収</p> <p>2017 年 1 月 31 日 : 第 3 回データ回収</p> <p>2017 年 4 月 4 日 : 第 4 回データ回収</p> <p>2017 年 6 月 5 日 : 第 5 回データ回収</p> <p>2017 年 7 月 7 日 : 第 6 回データ回収</p> <p>2017 年 8 月 21 日 : 第 7 回データ回収</p> <p>2017 年 11 月 26 日 : 計測終了</p> <p>2018 年 2 月中旬 : 機器撤去</p> <p>※2017 年 1 月 22 日 5:13 頃から 6:10 までの 1 時間程度、施設停電の関係でデータに欠測があるが、分析への影響はない。</p>

【設置後】補機変圧機盤内



【設置後】補機変圧機盤内



一例として図 4-1.1～図 4-1.3 に、2016 年 11 月 15 日～11 月 28 日の 2 週間で取得した 1 分値データを時系列で示す。取得データには異常値は確認されておらず、正常に回収ができています。

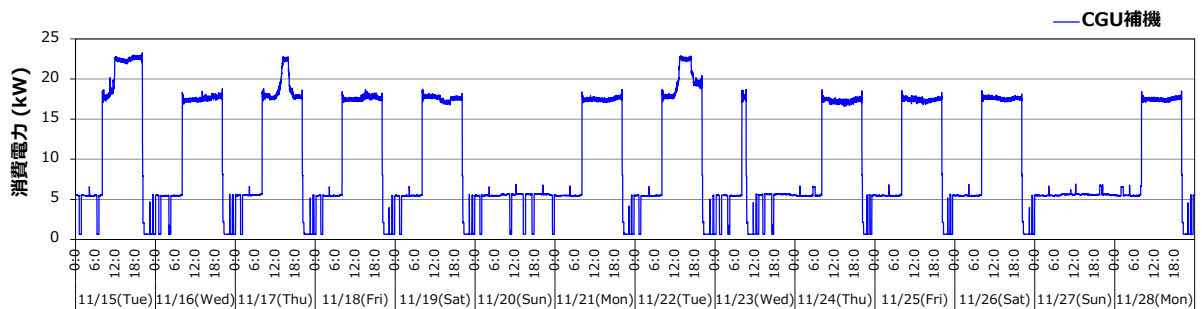


図 4-1.1 CGU 補機消費電力の実測データ (2016 年 11 月 15 日～11 月 28 日 1 分値)

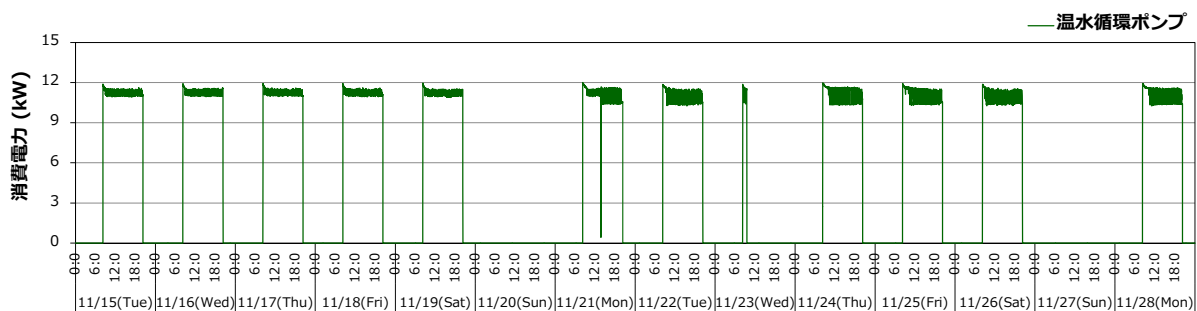


図 4-1.2 温水循環ポンプ消費電力の実測データ (2016年11月15日～11月28日1分値)

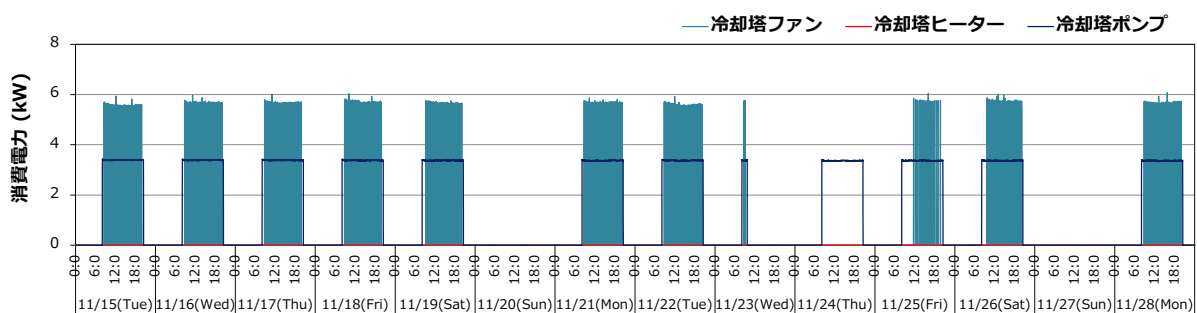


図 4-1.3 冷却塔での消費電力の実測データ (2016年11月15日～11月28日1分値)

なお、ID01 の CGU 排熱取り出し方式は蒸気・温水であるため、排熱利用量の評価においては蒸気分と温水分の評価が必要となる。そのうち蒸気分の排熱利用量については、本分析では給水流量を用いて算定している。この場合①加温(顕熱回収)、②蒸発(潜熱回収)の2段階で評価する必要があるが、①加温(顕熱回収)については BEMS から取得できている。以下に②蒸発(潜熱回収)の評価方法を示す。

②蒸発分の評価

ボイラ給水を蒸発させるのに必要な熱量であり、以下の式で求める。

$$Q_S = \rho W (1 - \alpha) (h_{Bv} - h_{Bl})$$

ここで、

2a) Q_S : 蒸発に要する熱量(kJ)

2b) W : 給水流量(L/hour)

2c) ρ : 水の密度(kg/L)

2d) α : ブロー率 ※不純物の影響により蒸発に寄与できない割合

2e) h_{Bv} : 蒸気の比エンタルピー(kJ/kg)

2f) h_{Bl} : ボイラ給水の比エンタルピー(kJ/kg)

これらの値の中で 2b)は BEMS からの取得値である。一方で、2c)は補給水温度によって変化するが、補給水温度データが現状では得られていない。よってここでは、気象庁ホームページから

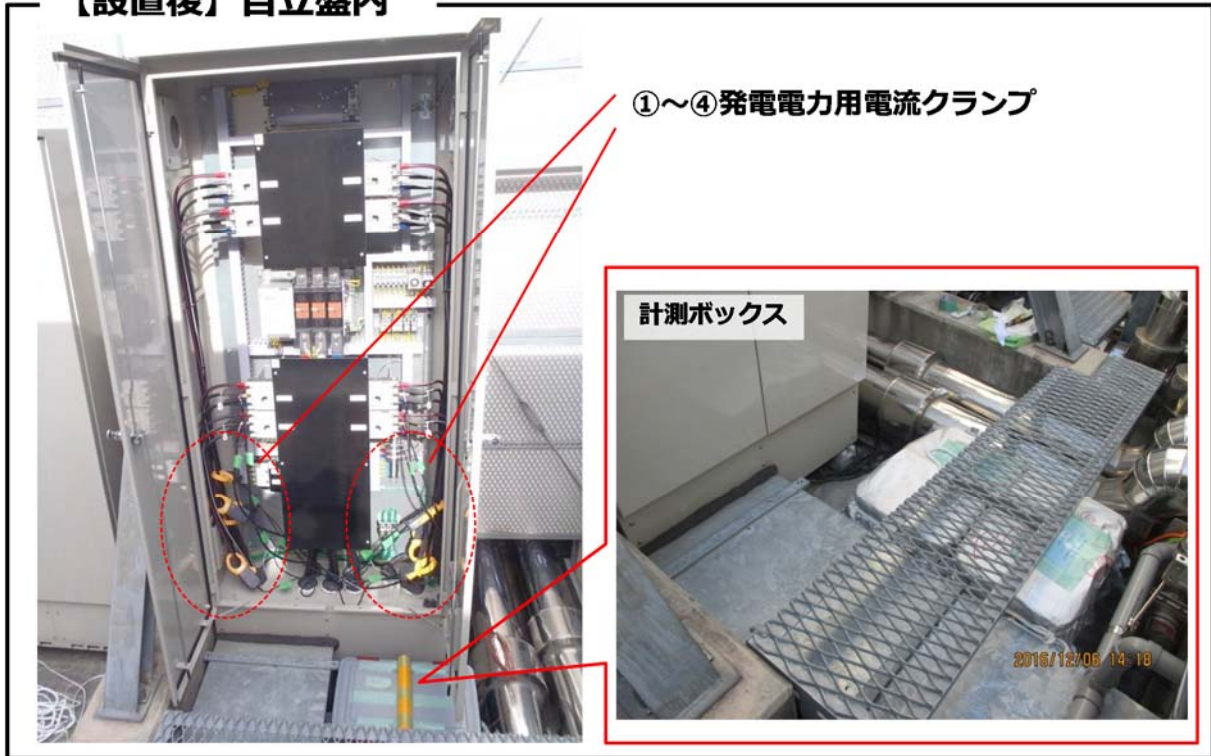
東京の時別外気温度を引用し、JIS C9220 家庭用ヒートポンプ給湯機 p.61 に掲載されている、外気温度と給水温度の関係を仮に適用した。また、密度と比エンタルピーについては、NIST の RefProp 9.1 を用いて算出した。2f)は 2017/7/6 まではボイラ給水温度 60°C一定として定数としているが、2017/7/7 からボイラ給水温を計測しているため、計測値から算出している。また、蒸気圧力を 0.8 MPaG で一定と考えると 2e)は定数となる。ブロー率は一律 10%ではないが、ヒアリングにより本物件では 10%としている。

(2) 建物ID02 (給食センター)

表 4-1.7 建物 ID02 (給食センター) での取得データ及びデータ回収期間

取得データ :	下記 16 項目データを 1 分間隔で取得した。	
(実測)	①	ガスエンジン1号機 (CG-1) 発電量
	②	ガスエンジン2号機 (CG-2) 発電量
	③	ガスエンジン3号機 (CG-3) 発電量
	④	ガスエンジン4号機 (CG-4) 発電量
	⑤	ガスエンジン1号機 (CG-1) 補機消費電力
	⑥	ガスエンジン2号機 (CG-2) 補機消費電力
	⑦	ガスエンジン3号機 (CG-3) 補機消費電力
	⑧	ガスエンジン4号機 (CG-4) 補機消費電力
	⑨	CGS排熱回収回路系統入口温度
	⑩	CGS排熱回収回路系統出口温度
	⑪	CGS排熱回収回路系統流量
	⑫	外気温湿度 (※10分値)
	⑬	吸収式HP(GR-1)~暖房用熱交(HEX-5)熱源水温度
	⑭	暖房用熱交(HEX-5)~タンク(ST-2)熱源水温度
	⑮	タンク(ST-2)~給湯用熱交(HEX-6)熱源水温度
	⑯	タンク(ST-2)出口熱源水温度
計測期間	2016年11月14日	: 計測開始
	2016年12月14日	: 第1回データ受領
	2017年2月3日	: 第2回データ受領
	2017年5月29日	: 第3回データ受領
	2017年6月7日	: 第4回データ受領
	2017年8月4日	: 第5回データ受領
	2017年11月13日	: 計測終了

【設置後】 自立盤内



【設置後】 ガスエンジン (CG-1～4共通)



【設置後】温度・流量計測箇所

断熱材内部に白金側温抵抗体を貼りつける場合



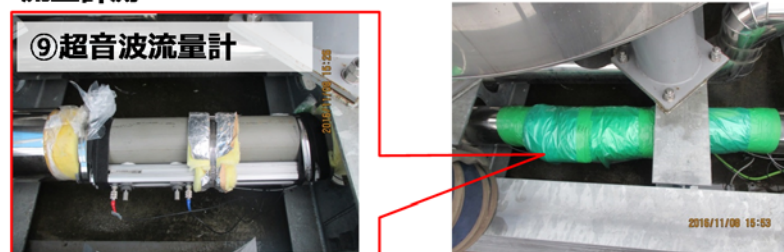
既存アナログ温度計取外して計測する場合



温湿度計測



流量計測



一例として図 4-1.4～図 4-1.9 に、2016 年 11 月 14 日～11 月 27 日の 2 週間で取得した 1 分値データ（外気温湿度のみ 10 分値データ）を時系列で示す。取得データのうち、CGS 排熱回路系統流量において、排熱温度 80℃以上の条件で異常値（100 m³/h）が確認されている（図 4-1.8 の青線）。そのため、当該異常値に対して、温水循環ポンプの電流値から補完した。ID02 の 1 分間の実測データのうち、50 m³/h 以下の時の排熱回路流量と温水循環ポンプ電流との関係を図 4-1.10 に示す。これより、近似式は以下のようになった。

$$F = 2.5027A - 29.834$$

ここで、

F : 排熱回路流量(m³/h)

A : 温水循環ポンプ電流(A)

この式を用いて 50(m³/h)を超える排熱回路系流量の異常値を補完した。ID02 夏期代表週の補完前の実測値と補完後の値を図 4-1.11 に示す。

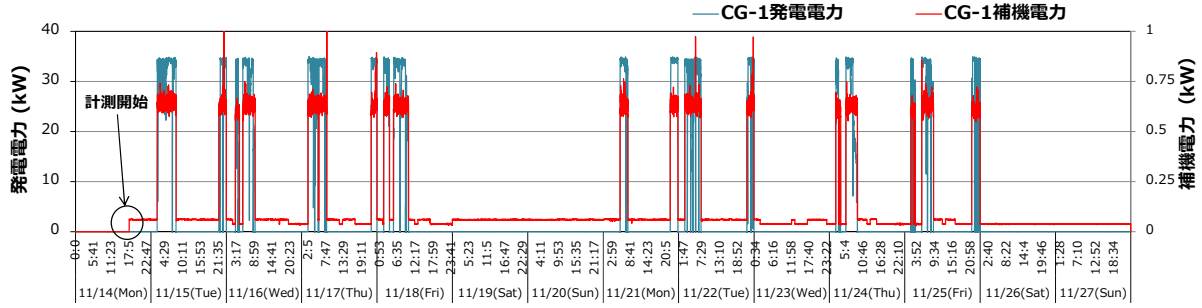


図 4-1.4 CG-1 発電量および補機消費電力量の実測データ
(2016年11月14日～11月27日1分値)

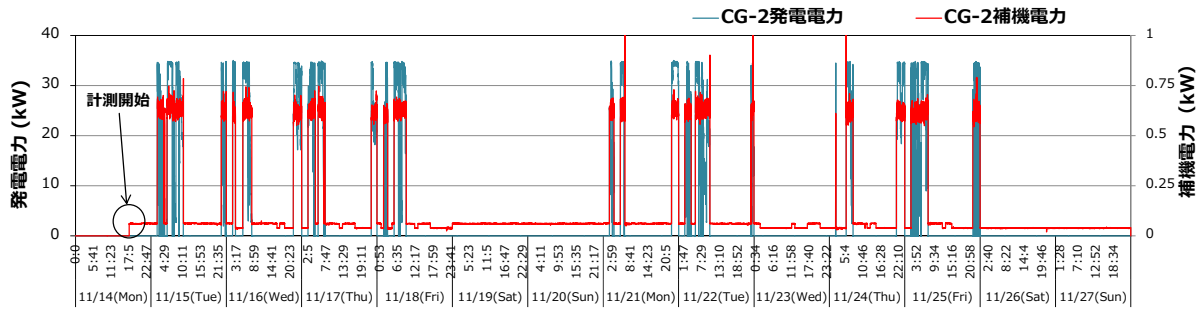


図 4-1.5 CG-2 発電量および補機消費電力量の実測データ
(2016年11月14日～11月27日1分値)

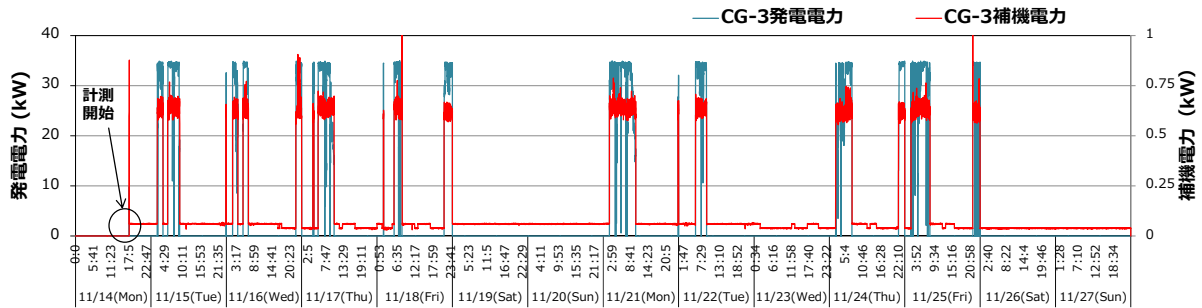


図 4-1.6 CG-3 発電量および補機消費電力量の実測データ
(2016年11月14日～11月27日1分値)

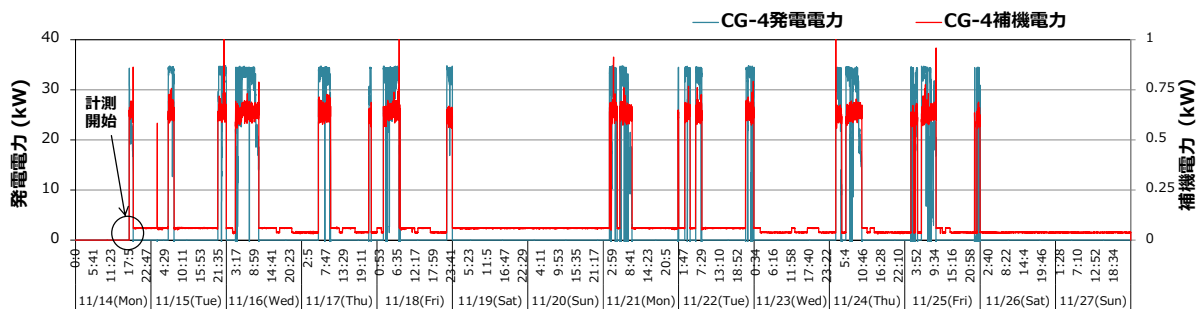


図 4-1.7 CG-4 発電量および補機消費電力量の実測データ
(2016年11月14日～11月27日1分値)

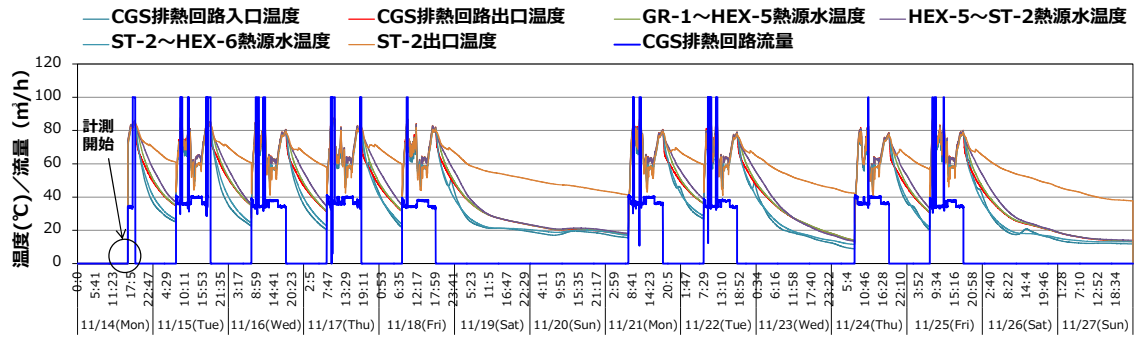


図 4-1.8 排熱回収回路系温度および流量の実測データ
(2016年11月14日～11月27日1分値)

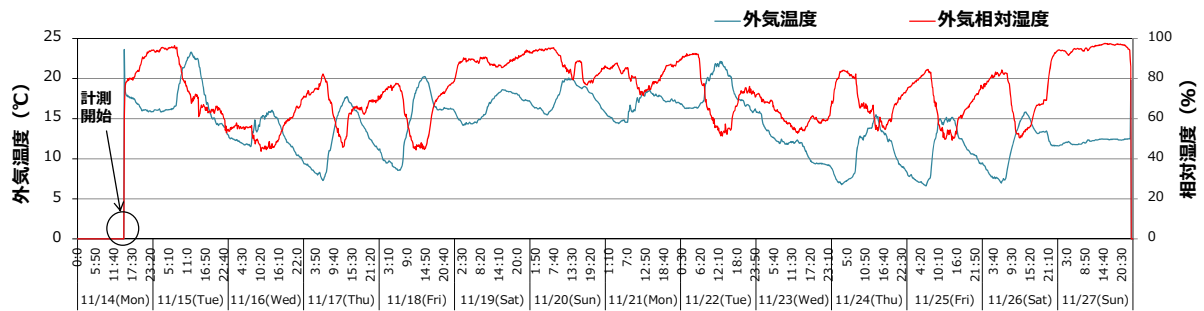


図 4-1.9 外気温湿度の実測データ (2016年11月14日～11月27日10分値)

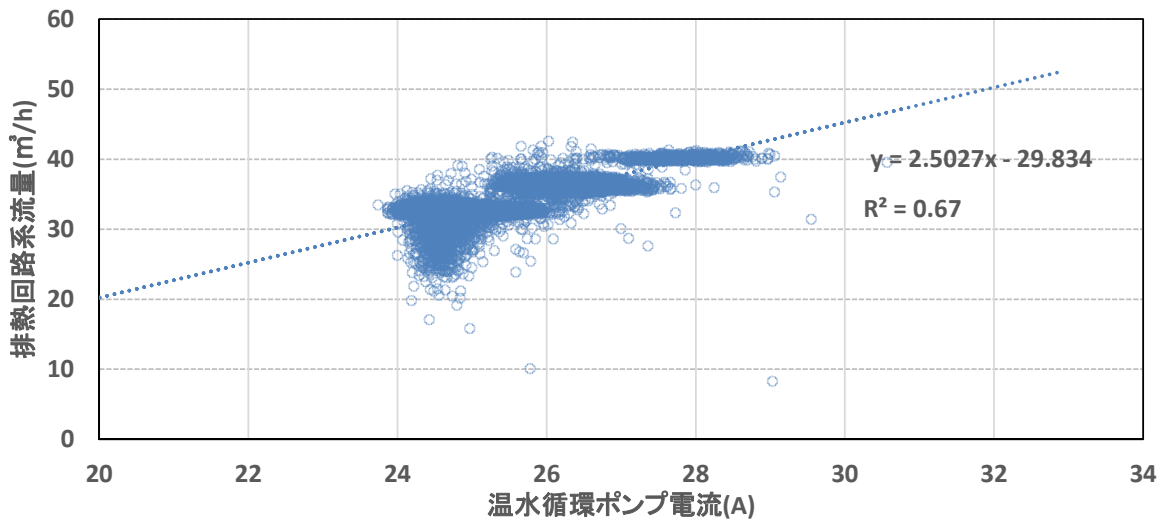


図 4-1.10 ID02 : 排熱回収系流量の正常値と温水循環ポンプ電流の関係

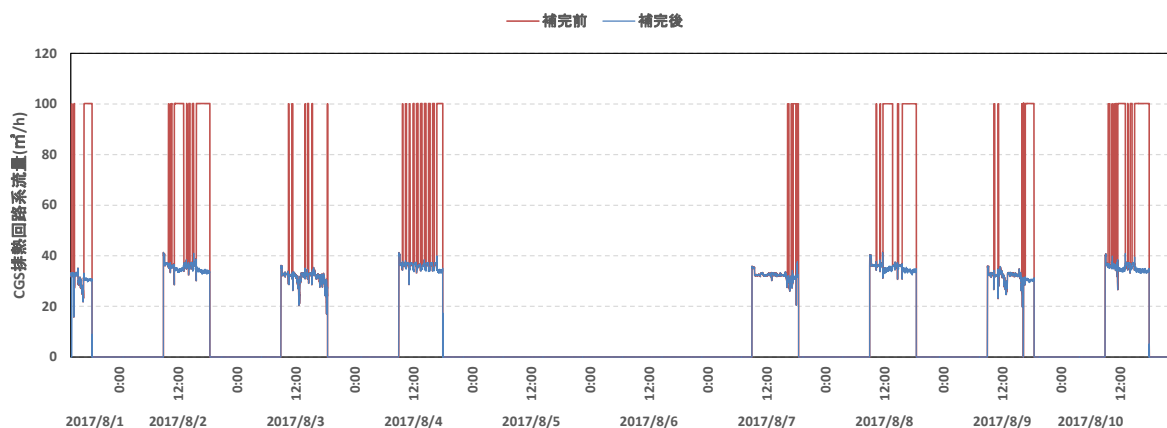


図 4-1.11 ID02 夏期：排熱回路系流量異常値の補完前と補完後（1分値）

(3) 建物ID03（病院）

表 4-1.8 建物 ID03（病院）での取得データ及びデータ回収期間

取得データ	下記 10 項目データを実測および BEMS により取得した。
RHA 関連項目：	<ul style="list-style-type: none"> ① RHA排温水入口温度（実測／1分間隔） ② RHA排温水出口温度（実測／1分間隔） ③ RHA排温水流量（実測／1分間隔） ④ RHA冷却水流量（実測／1分間隔） ⑤ RHAガス消費量（BEMS／時間間隔） ⑥ RHA冷水入口温度（BEMS／1分間隔） ⑦ RHA冷水出口温度（BEMS／1分間隔） ⑧ RHA冷水出口流量（BEMS／1分間隔） ⑨ RHA冷却水入口温度（BEMS／1分間隔） ⑩ RHA冷却水出口温度（BEMS／1分間隔）
取得データ：	下記 6 項目データを実測および BEMS により取得した。
CGU 関連項目	<ul style="list-style-type: none"> ① CGUガス消費量（BEMS／1時間間隔） ② CGU発電量（BEMS／1時間間隔） ③ CGU排熱温水入口温度（BEMS／1分間隔） ④ CGU排熱温水出口温度（BEMS／1分間隔） ⑤ CGU排熱温水出口流量（BEMS／1分間隔） ⑥ CGU補機消費電力量（BEMS／1時間間隔）
取得データ：	下記 6 項目データを実測および BEMS により取得した。
その他の項目	<ul style="list-style-type: none"> ① 給湯用給水流量（実測／1分間隔） ② 給湯用熱交換器排熱温水入口温度(1次側)（BEMS／1分間隔） ③ 給湯用熱交換器排熱温水出口温度(1次側)（BEMS／1分間隔） ④ 暖房用熱交換器排熱温水入口温度(1次側)（BEMS／1分間隔）

⑤ 暖房用熱交換器排熱温水出口温度(1次側) (BEMS/1分間隔)

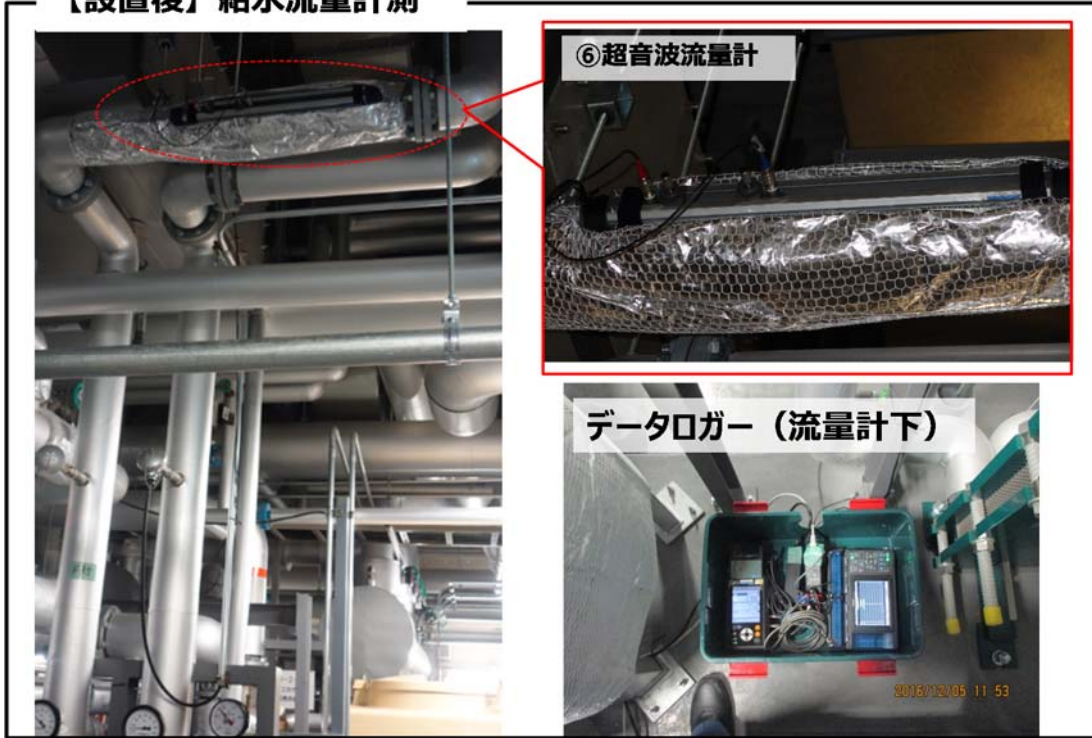
⑥ 外気温度 (BEMS/1分間隔)

計測期間	2016年11月30日	: 計測開始
	2017年1月25日	: 第1回データ受領
	2017年5月31日	: 第2回データ受領
	2017年6月7日	: 第3回データ受領
	2017年8月4日	: 第4回データ受領
	2017年12月7日	: 計測終了

【設置後】RHA周辺計測



【設置後】給水流量計測



一例として図 4-1.12～図 4-1.13 に、2016 年 12 月 19 日～2017 年 1 月 1 日の 2 週間で取得した 1 分値データを時系列で示す。取得データには異常値は確認されておらず、正常に回収ができている。

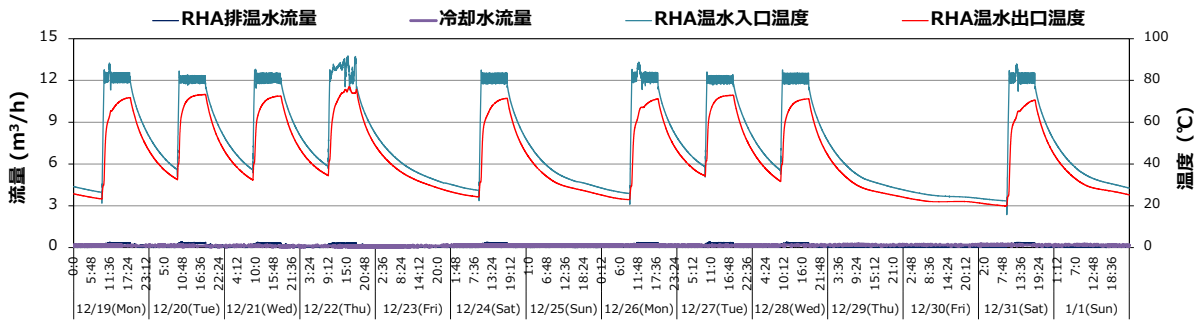


図 4-1.12 RHA 周辺の実測データ (2016 年 12 月 19 日～2017 年 1 月 1 日 1 分値)

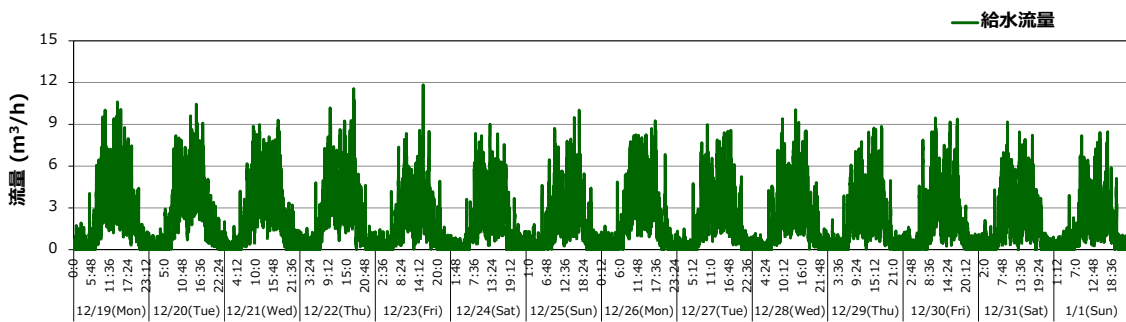


図 4-1.13 給水流量の実測データ (2016 年 12 月 19 日～2017 年 1 月 1 日 1 分値)

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

4-2.1. 実働性能解析に向けた基礎分析概要

4-2.1.1. 目的

排熱利用システムを含む業務用コージェネレーション設備（CGS）の性能評価を実態に合わせて適切に行うことを目的に、CGSの実働性能解析を実施する。具体的には、本調査により得られたデータを基にCGU、排熱投入型吸収冷温水機(RHA)単体、システム全体の分析を行い、プログラム改良に向けた基礎データとする。なお、建物IDごとの分析結果は参考資料6-7に示し、CGU、RHA、システム全体の分析については、比較的データ取得項目の多い建物ID04、ID08、ID10、ID13の結果を代表例として示す。また、補機電力特性については実測調査を行っている建物ID01、02の結果による。

4-2.1.2. 分析に用いる実測データ

分析に用いるデータは、4-1節にて示した実測調査対象物件（3物件）より得られたデータ（計測器を取り付けて取得したデータ及びBEMSデータ）、また、3-1.1節のアンケート調査および3-1.2節のヒアリング調査先より得られたCGU及び周辺機器の実測データ（BEMSデータ）とする。なお、分析データは建物IDで管理することとし、建物IDごとの物件概要は参考資料6-7に示す。

4-2.1.3. 分析内容

<p>➤ CGUの分析</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 日別運転状況 ・ 月別運転状況 ・ 日平均外気温度と発電量、有効排熱回収量の関係 ・ 日平均外気温度と発電効率、有効排熱回収量効率の関係 ・ 実測効率とカタログ効率の比較 ・ 発電量および排熱回収量の実測値とカタログ値の比較 ・ 排温水温度による効率特性 ・ 季節別・時間帯別運転状況 ・ 起動特性、停止特性 ・ 電力負荷変動追従性 ・ 補機電力特性 	<p><評価に向けた分析の観点></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 運転状況の把握 ・ カタログ効率は達成されているか ・ 発電量、排熱回収量がカタログ通り出るのか ・ 運転効率、運転出力の温度依存性 ・ 実運転スケジュールの把握、負荷と運転時間の関係 ・ 補機によるエネルギー消費量がどれだけあるか
<p>➤ RHA単体の分析</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 日別運転状況 ・ 月別 COP 	<p><評価に向けた分析の観点></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 運転状況の把握 ・ 排熱投入量特性はカタログ通りか

<ul style="list-style-type: none"> ・ 月別冷暖房使用状況 ・ 投入排熱回収量の実測値とカタログ値の比較 ・ 冷却水温度、熱源水温度別の効率・排熱投入量 ・ 冷却水温度、熱源水温度別の COP ・ 起動特性、停止特性 ・ 暖房時特性 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 排熱投入の冷水、冷却水、熱源水温度依存性 ・ カタログ効率は達成されているか ・ 起動時や停止時の出力が得られるまでの時間や過渡的な能力、効率
<p>➤ システム全体の分析</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ CGS の発電寄与率 ・ 排熱利用機器への排熱投入量、排熱利用率 ・ 外気温度と有効総合効率の関係 ・ 台数制御特性 ・ 余剰排熱と冷却塔等補機電力 	<p><評価に向けた分析の観点></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 実際の有効総合効率 ・ 実際の増減段タイミング ・ CGS の余剰排熱放熱用の冷却塔運転状況

4-2.1.4. 分析方法

CGU、RHA、システム分析シートそれぞれに、以下の表の入力項目を入力する。

分析シート名	No	入力項目
CGU 分析シート	1	ガス消費量
	2	発電量
	3	排温水入口温度
	4	排温水出口温度
	5	排温水出口流量
	6	外気温度
RHA 分析シート	1	ガス消費量
	2	冷水入口温度
	3	冷水出口温度
	4	冷水出口流量
	5	排温水入口温度
	6	排温水出口温度
	7	排温水出口流量
	8	冷却水入口温度
	9	冷却水出口温度
	10	冷却水出口流量
システム分析シート	1	受電量
	2	CGS 発電量
	3	CGS 排熱回収量

	4	CGS ガス消費量
	5	CGS 冷却水入口温度
	6	CGS 冷却水出口温度
	7	CGS 冷却水流量
	8	補機消費電力
	9	冷房用熱交換器排熱温水入口温度（一次側）
	10	冷房用熱交換器排熱温水出口温度（一次側）
	11	冷房用熱交換器排熱温水出口流量（一次側）
	12	暖房用熱交換器排熱温水入口温度（一次側）
	13	暖房用熱交換器排熱温水出口温度（一次側）
	14	暖房用熱交換器排熱温水出口流量（一次側）
	15	給湯用熱交換器排熱温水入口温度（一次側）
	16	給湯用熱交換器排熱温水出口温度（一次側）
	17	給湯用熱交換器排熱温水出口流量（一次側）
	18	冷房用熱交換器排熱温水入口温度（二次側）
	19	冷房用熱交換器排熱温水出口温度（二次側）
	20	冷房用熱交換器排熱温水出口流量（二次側）
	21	暖房用熱交換器排熱温水入口温度（二次側）
	22	暖房用熱交換器排熱温水出口温度（二次側）
	23	暖房用熱交換器排熱温水出口流量（二次側）
	24	給湯用熱交換器排熱温水入口温度（二次側）
	25	給湯用熱交換器排熱温水出口温度（二次側）
	26	給湯用熱交換器排熱温水出口流量（二次側）

4-2.1.5. 本分析における計算条件

分析は以下の条件で行う。

- ・ ガスのエネルギー消費量は高位基準（45MJ/m³）で計算（一般的にCGSカタログ効率は低位基準で記載されているのでカタログ効率を高位基準に換算して分析）
- ・ ガスの温度、圧力は計測していないため温圧補正は行わない
※温度15℃、圧力2kPaで温圧補正を行う場合を想定すると、補正をした場合ガスのエネルギー消費量は3%～5%程度小さくなる。
- ・ ID01の蒸気発生量は給水流量を用いて算定する。
- ・ 余剰排熱のデータが得られない場合は排熱利用機器で利用された排熱回収量のみを用い有効排熱回収量、有効排熱回収効率として分析する。
- ・ マイクロガスエンジンの分析の際には補機データが得られない場合、実測発電量に5%（CASCADEⅢ参考）を加算する。
- ・ RHAへの投入排熱量はガス使用がある時間帯とない時間帯の2パターンに分けて分析する。
- ・ 実測データのうち1時間間隔での測定を行っているものに関しては、1時間の合計の発電量や負荷熱量から負荷率を算出する。起動時や停止時を含む測定点では、実際の稼働時間が1時間に満たない場合もあるため、負荷率が実際よりも低く表示されるが、ここではそれらも含めて掲載している。

4-2.1.6. 実測データの取得状況

建物別計測データの収集結果を以下の表 4-2.1 に示す。

表 4-2.1 建物別計測データ収集結果

建物ID	種別	データ取得期間	日数	間隔	CGU関連データ				RHA関連データ				排熱利用量データ			負荷データ				
					発電量	排熱回収量	ガス消費量	補機電力	排熱投入量	処理熱量	ガス消費量	補機電力	冷房	暖房	給湯	電力	冷房	暖房	給湯	
01	計測	2016/10/18 ~ 2017/11/26	405	1分	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	BEMS	2016/11/1 ~ 2017/10/31	365	1時間	○	△	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
02	計測	2016/11/14 ~ 2017/10/31	352	1分	○	○	×	○	○	×	×	×	○	○	○	×	×	×	×	×
03	計測	2016/12/5 ~ 2017/11/30	361	1分	×	×	×	×	○	○	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×
	BEMS	2016/12/1 ~ 2017/11/30	365	1分	×	○	×	×	○	○	×	×	○	○	○	×	○	×	×	×
	BEMS	2016/12/1 ~ 2017/11/30	365	1時間	△	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	×	○	×	×	×
04	BEMS	2015/8/1 ~ 2016/8/31	397	1分	○	○	×	×	○	○	×	×	○	○	△	○	○	×	△	△
	BEMS	2015/2/5 ~ 2016/8/31	574	1時間	○	○	○	×	○	○	○	×	○	○	△	○	○	×	△	△
05	BEMS	2015/9から2016/8までの各月の代表週(2015/11以外)	77	1時間	○	○	○	×	×	×	×	×	×	△	×	×	△	△	△	△
08	BEMS	2016/7/1 ~ 2016/7/31	31	1分	○	○	△	×	△	○	△	×	○	○	○	○	○	○	○	×
	BEMS	2016/2/1 ~ 2016/2/29	29	1分	○	○	△	×	△	○	△	×	○	○	○	○	○	○	○	×
	BEMS	2016/8/1 ~ 2016/8/31	31	1分	○	○	△	×	△	○	△	×	○	○	○	○	○	○	○	×
	BEMS	2016/5/1 ~ 2016/5/31	31	1分	×	○	△	×	△	○	△	×	○	○	○	○	○	○	○	×
	BEMS	2016/10/1 ~ 2016/9/30	366	1時間	○	○	△	×	△	○	△	×	○	○	○	○	○	○	○	×
10	BEMS	2015/7/1 ~ 2016/9/30	458	1時間	○	○	○	△	×	○	○	×	×	○	△	×	○	○	△	△
13	BEMS	2014/10/1 ~ 2015/9/30	365	1時間	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×
14	BEMS	2017/7/2 ~ 2017/11/9	131	1分	×	○	×	×	○	○	×	×	○	○	△	○	○	○	△	△
	BEMS	2017/7/2 ~ 2017/11/9	131	30分	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	△	△
	BEMS	2016/8、2017/2、2017/5	90	1時間	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	△	△

○	データあり
×	データなし
△	一部欠測あり
△	利用なし

4-2.1.7. データ出力状況

建物別実測値分析結果の出力可能状況を以下の表 4-2.2 に示す。

表 4-2.2 建物別出力可能結果状況

分析内容		建物ID									
		01	02	03	04	05	08	10	13	14	
CGU単体	日別運転状況	△	△	×	○	△	○	○	△	○	
	月別運転状況	△	△	×	○	△	○	○	△	○	
	日平均外気温度と発電量、有効排熱回収量の関係	△	○	×	○	△	○	○	△	○	
	日平均外気温度と発電効率、有効排熱回収効率の関係	△	△	×	○	△	○	○	△	○	
	実測効率とカタログ効率の比較	△	×	×	○	△	○	○	△	○	
	発電出力および排熱回収量の実測値とカタログ値の比較	△	△	×	○	△	○	○	△	○	
	排温水温度による効率特性	×	△	×	○	×	○	○	×	○	
	季節別・時間帯別運転状況	×	△	×	○	△	○	○	△	○	
	起動特性、停止特性	×	△	×	△	×	△	×	×	○	
	電力負荷変動追従性	×	×	×	△	×	△	△	×	×	
	補機動力特性	○	△	×	×	×	×	○	△	△	
RHA単体	日別運転状況	×	×	○	○	×	○	○	×	○	
	月別COP	×	×	○	○	×	○	○	×	○	
	月別冷暖房使用状況	×	×	○	○	×	○	○	×	○	
	投入排熱量の実測値とカタログ値の比較	×	×	○	○	×	○	○	×	○	
	冷却水温度、熱源水温度別の効率・投入排熱量	×	×	○	○	×	○	×	×	○	
	冷却水温度、熱源水温度別のCOP	×	×	○	○	×	○	×	×	○	
	起動特性、停止特性	×	×	○	△	×	△	×	×	△	
	暖房時特性	×	×	○	○	×	○	○	×	○	
システム全体分析	CGUの発電寄与率	×	×	×	○	×	○	×	×	×	
	排熱利用機器への投入排熱量、排熱利用率	×	○	○	○	×	○	○	×	×	
	外気温度と総合効率の関係	△	×	△	○	△	○	○	×	○	
	台数制御特性	×	△	△	△	×	△	△	×	×	
	余剰排熱と冷却塔等補機動力	△	△	×	×	×	×	△	×	×	

○	分析可能
×	分析不可能
△	一部分析不可能

4-2.2. CGU分析結果

A) 年間の日別運転状況

ID04、ID08、ID10、ID13 の日積算発電量、有効排熱回収量、ガス消費量と日平均外気温度の推移をそれぞれ図 4-2.1～図 4-2.7 に示す。

ID04 は自社内の研究として、排熱需要に応じて発電量を決定する熱主運転を実験的に採用している。そのため 2015 年 10 月及び 11 月や 2016 年 4 月などの空調負荷の小さい中間期には発電量、有効排熱回収量、ガス消費量が非常に低い値を示している。

ID08 では CGU を 2 台導入しているが、1 台分 (CGU2) のデータしか得られていないため、1 台分のみ分析結果を示す。図 4-2.4 を見ると、ID08 の CGU2 は稼働時には常に定格運転となっている。2015 年 10 月から 2016 年 7 月まで運転をしていない期間が一定の間隔で見られるが、これは 2 台の CGU を交互に運転させているためと考えられる。2016 年 8 月からは休日等を除いてほぼ毎日稼働しており、CGU を 2 台同時に運転させていることと予測される。

図 4-2.5 および図 4-2.6 を見ると、ID10 においては、CGU1、CGU2 ともに、冬期及び中間期に短時間での発停を繰り返している。このことから、ID08 と同様に空調負荷が小さい時期に非効率な運転となることを避け、2 台の CGU を交互に運転させていることが読み取れる。

図 4-2.7 を見ると、ID13 においては、2015 年 1 月、2 月は CGU を停止させていることがわかる。また、2014 年 10 月から 2014 年 11 月まで、発電量が定格発電量の概ね 2/3 になっている日がある。これは 2014 年 10 月から 11 月まで 11:00 から 14:00 までの時間帯に、CGU を停止させている日があることが原因である。2015 年 4 月、5 月に有効排熱回収量が低下している日があるが、これは ID13 が電主運転で CGU を運転させているため、中間期に熱需要がなく、排熱を使い切れなかったことが原因であると考えられる。

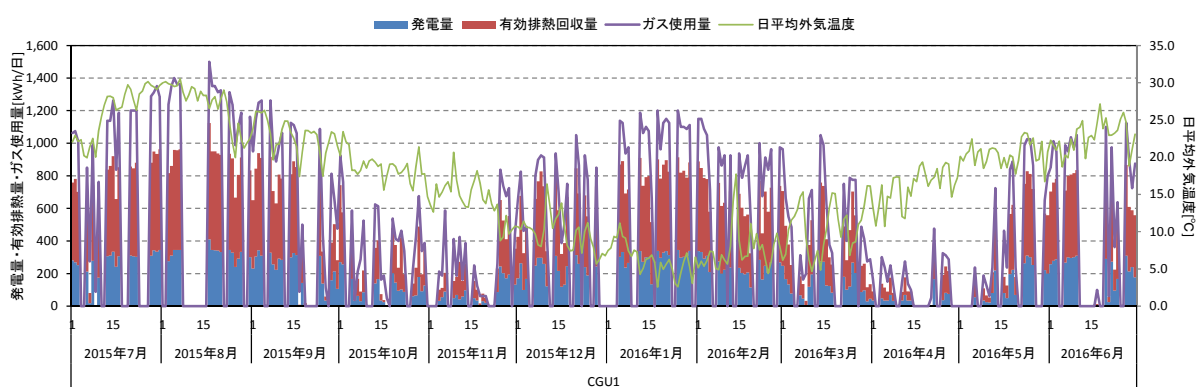


図 4-2.1 ID04 : CGU1 の日積算発電量、有効排熱回収量、ガス消費量と日平均外気温度の推移

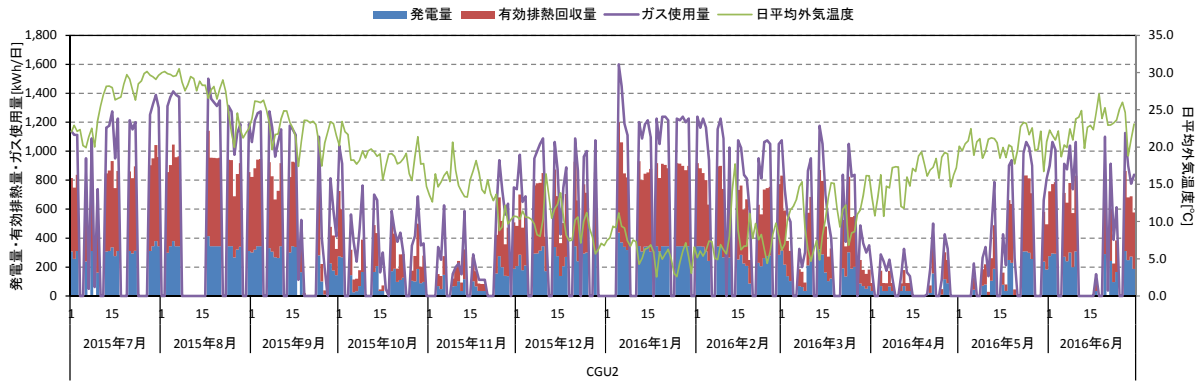


図 4-2.2 ID04 : CGU2 の日積算発電量、有効排熱量、ガス消費量と日平均外気温の推移

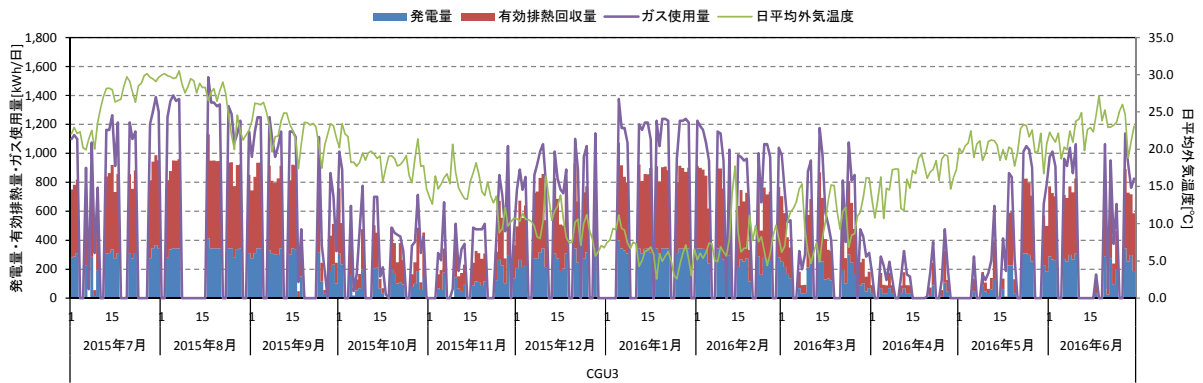


図 4-2.3 ID04 : CGU3 の日積算発電量、有効排熱量、ガス消費量と日平均外気温の推移

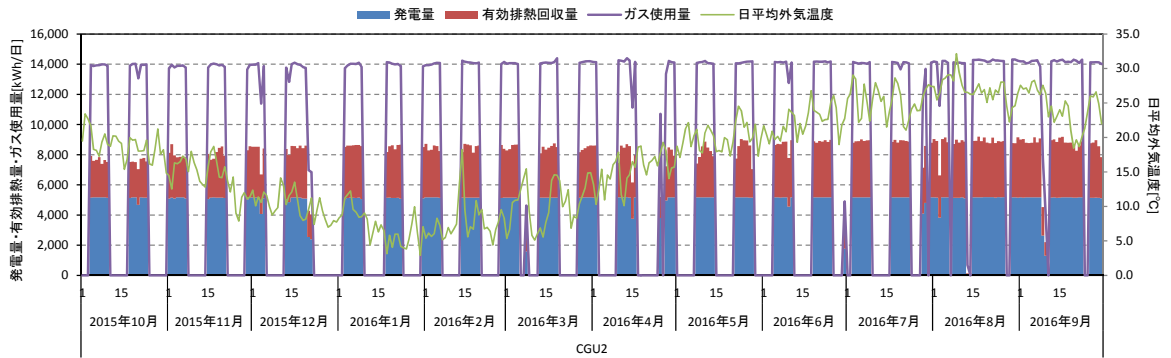


図 4-2.4 ID08 : CGU2 の日積算発電量、有効排熱量、ガス消費量と日平均外気温の推移

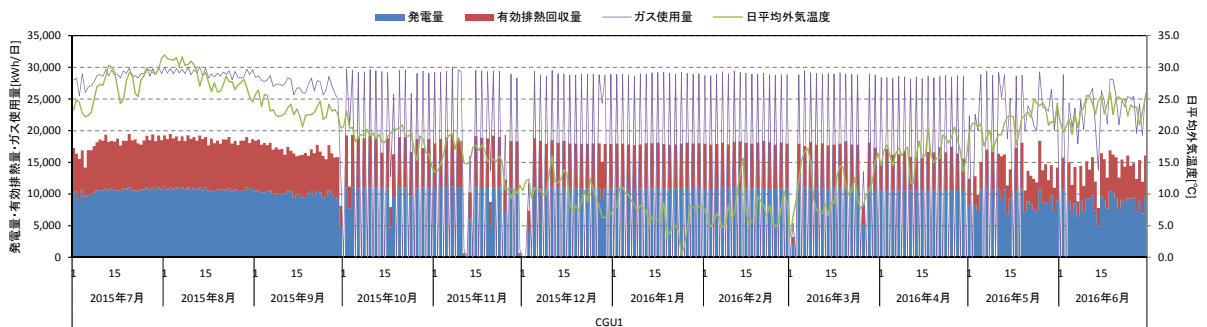


図 4-2.5 ID10 : CGU1 の日積算発電量、有効排熱量、ガス消費量と日平均外気温の推移

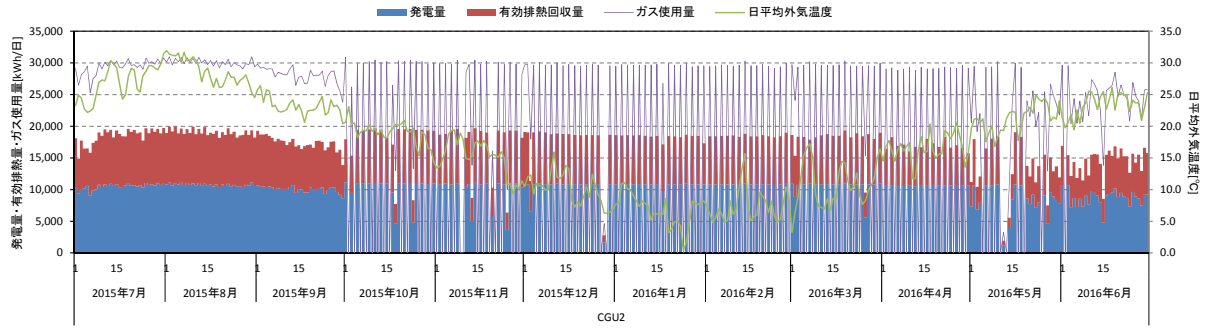


図 4-2.6 ID10 : CGU2 の日積算発電量、有効排熱回収量、ガス消費量と日平均外気温度の推移

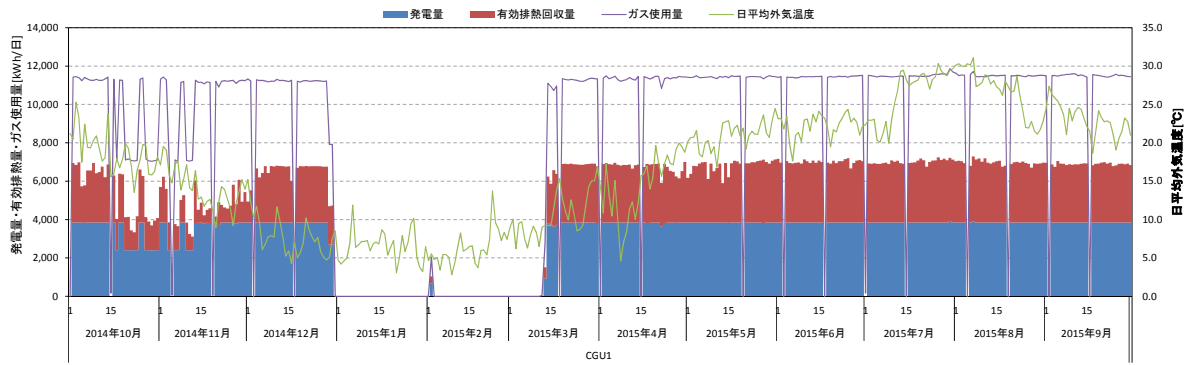


図 4-2.7 ID13 : CGU の日積算発電量、有効排熱回収量、ガス消費量と日平均外気温度の推移

また、ID01 の日積算発電量、有効排熱回収量、ガス消費量と日平均外気温度の推移を図 4-2.8 に示す。図 4-2.8 を見てわかるように日曜・祝日は運転を停止しており、平日・土曜は定格運転をしていることがわかる。

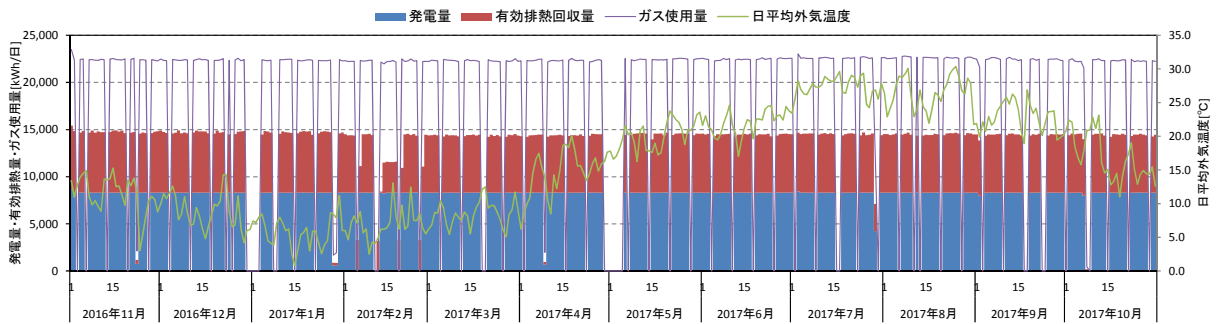


図 4-2.8 ID01 : CGU の日積算発電量、有効排熱回収量、ガス消費量と日平均外気温度の推移

B) 日平均外気温度と発電量、有効排熱回収量、効率の関係

ID04、ID08、ID10、ID13 の発電量、有効排熱回収量と日平均外気温度を図 4-2.9～図 4-2.12 に、発電効率、有効排熱回収効率、総合効率（有効排熱回収効率ベース）と日平均外気温度との関係を図 4-2.13～図 4-2.16 に示す。

ID04 は熱主運転のため、熱負荷が小さくなる中間期にあたる日平均外気温 10℃から 20℃の範囲で発電量、有効排熱回収量共に小さくなっている。そのため図 4-2.13 においても同様の範囲で効率値のばらつきが大きくなっている。

図 4-2.10 および図 4-2.14 を見ると、ID08 では発電量、発電効率は外気温度によってほとんど変化していない。これは電力負荷に追従して CGS の稼働の有無を判定する電主運転を採用しているためである。一方で有効排熱回収量、有効排熱回収効率は日平均外気温度の低下に比例して小さくなり、ID04 と同様に日平均外気温 15℃から 20℃の範囲で大きく下がっている。ID10 に関しても同様の傾向が見られる。

図 4-2.12 および図 4-2.16 を見ると、ID13 では発電量、発電効率は外気温度によってほとんど変化していない。これは電力負荷に追従して CGU の稼働の有無を判定する電主運転を採用しているためである。一方で有効排熱回収量及び有効排熱回収効率は日平均外気温度の低下に比例して小さくなり、日平均外気温度 15℃から 20℃に加え、10℃から 15℃の範囲で大きく下がっている。なお、日平均外気温度が 10℃から 15℃の範囲で排熱回収効率 0～15%程度と大きく下がっているのは、2014 年 10 月から 11 月まで 11:00 から 14:00 までの時間帯に、CGU を停止させている日があることが原因である。

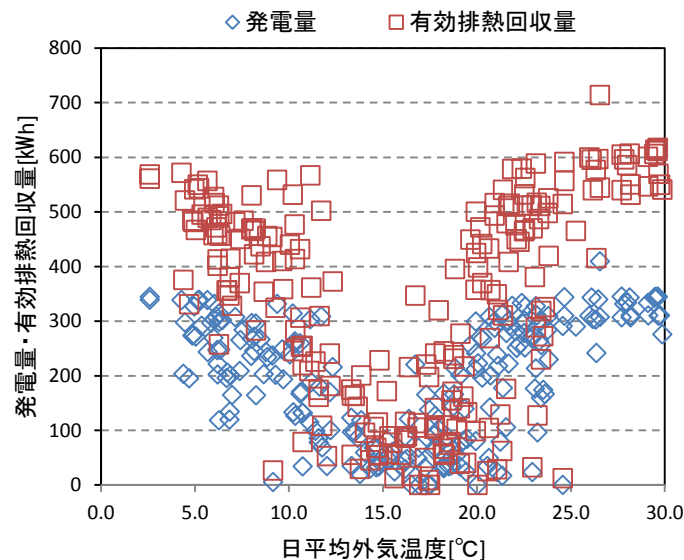


図 4-2.9 ID04 : CGU1 の発電量、有効排熱回収量と日平均外気温度との関係

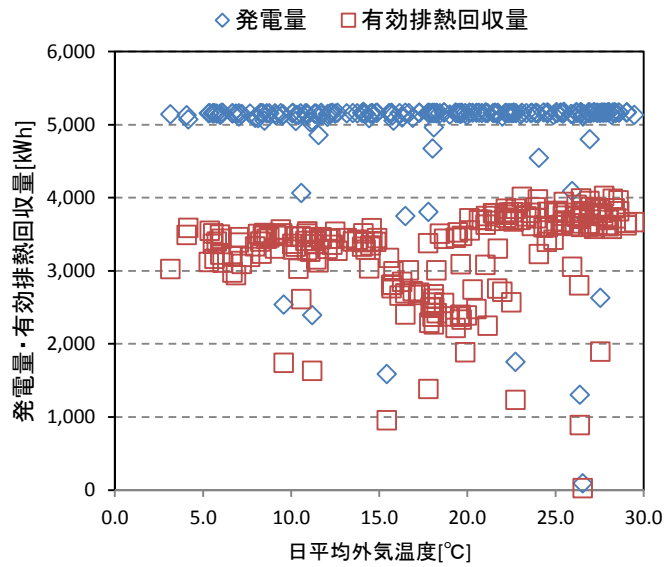


図 4-2.10 ID08 : CGU2 の発電量、有効排熱回収量と日平均外気温度の関係

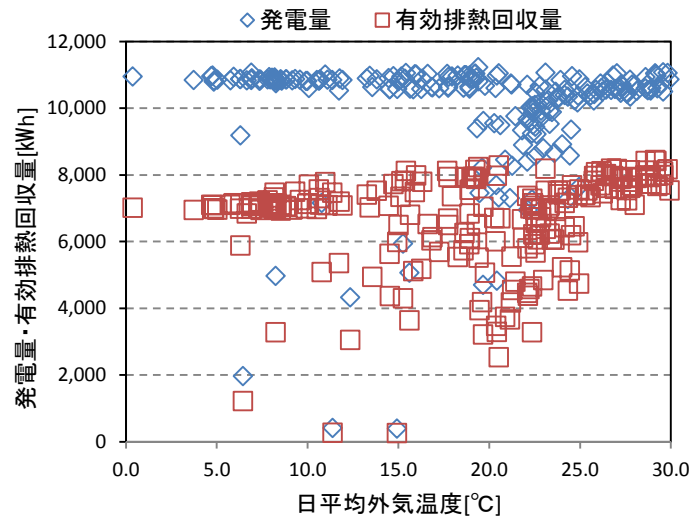


図 4-2.11 ID10 : CGU1 の発電量、有効排熱回収量と日平均外気温度の関係

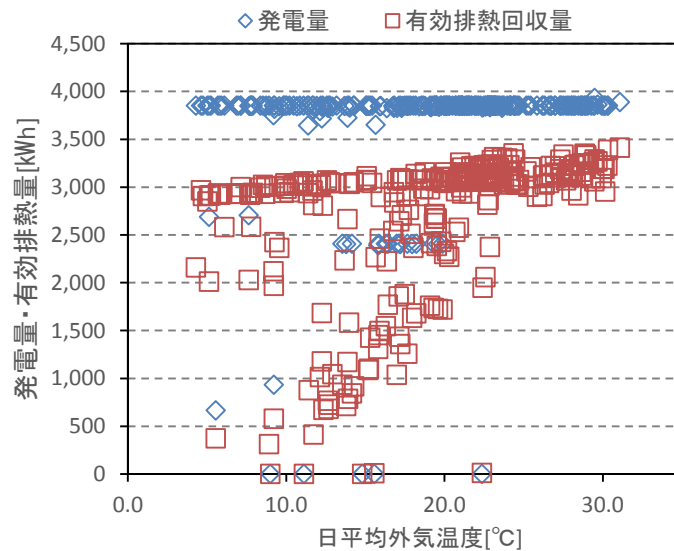


図 4-2.12 ID13 : CGU の発電量、有効排熱回収量と日平均外気温度の関係

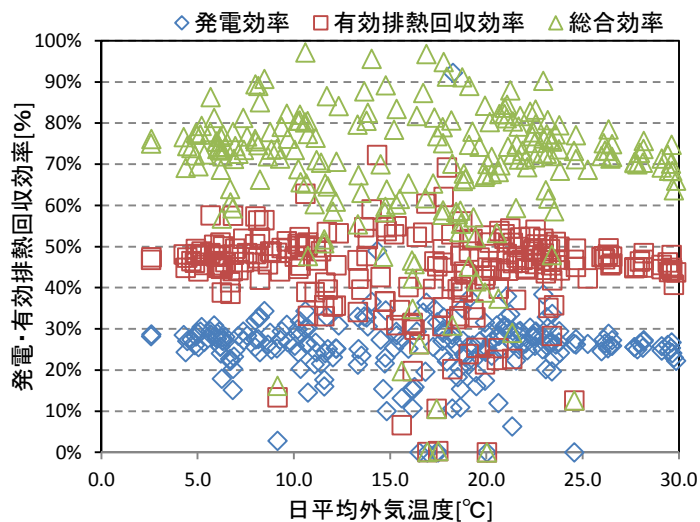


図 4-2.13 ID04 : CGU1 の発電効率、有効排熱回収効率、総合効率と日平均外気温度の関係

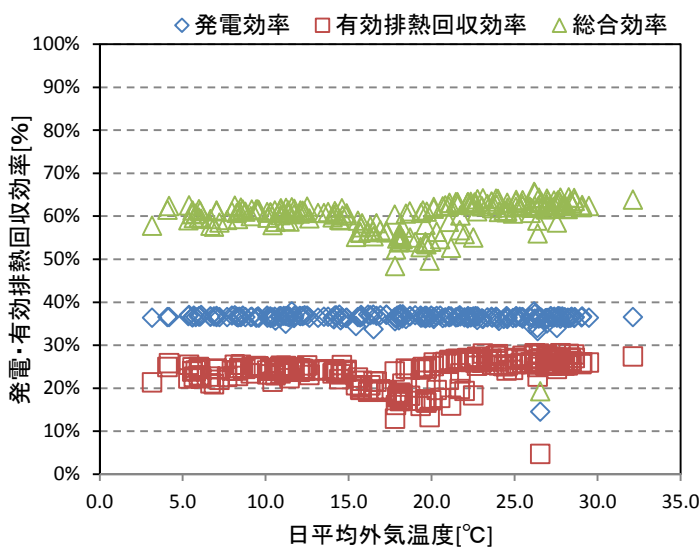


図 4-2.14 ID08 : CGU2 の発電効率、有効排熱回収効率、総合効率と日平均外気温度の関係

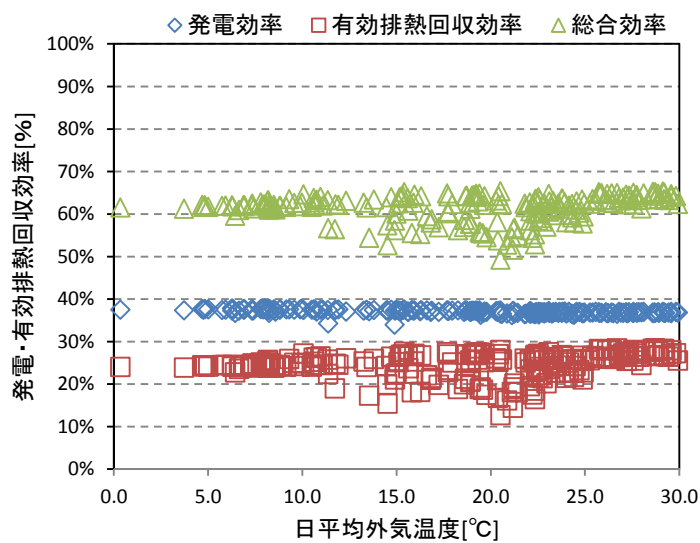


図 4-2.15 ID10 : CGU1 の発電効率、有効排熱回収効率、総合効率と日平均外気温度の関係

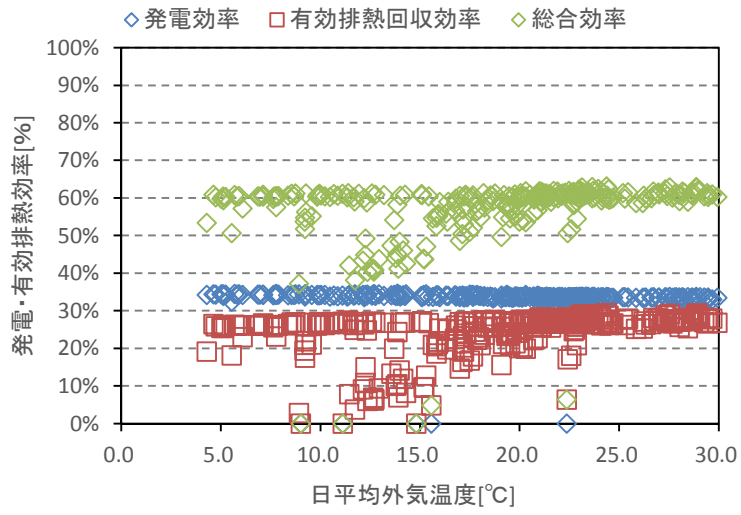


図 4-2.16 ID13 : CGU の発電効率、有効排熱回収効率、総合効率と日平均外気温度の関係

ID01 における発電量、有効排熱回収量と日平均外気温度の関係を図 4-2.17 に、発電効率、有効排熱回収効率、有効総合効率と日平均外気温度の関係を図 4-2.18 に示す。ID08、ID10、ID13 と異なり、外気温度と発電量、有効排熱回収量、効率との相関は確認されていない。これは、ID01 については特に配管等からの放熱ロスが少ないことが原因であると考えられる。

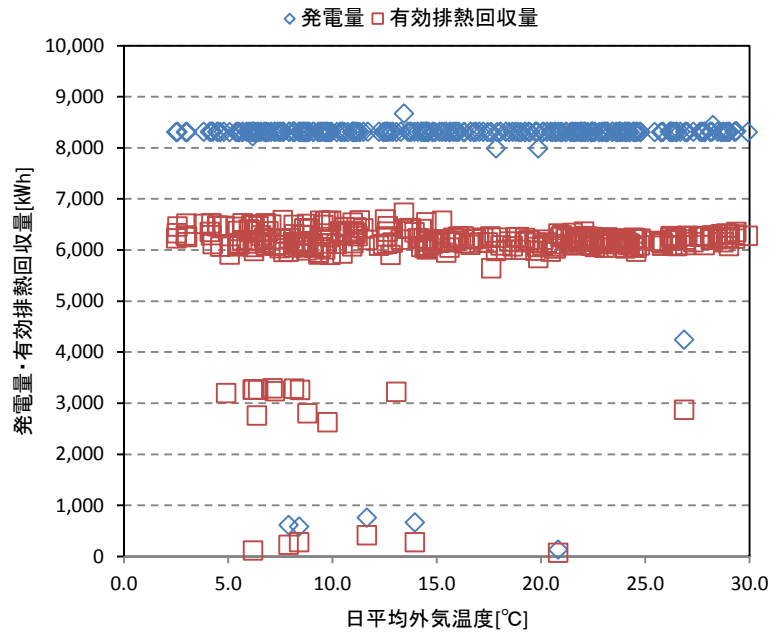


図 4-2.17 ID01 : CGS の発電量、有効排熱回収量と日平均外気温度の関係

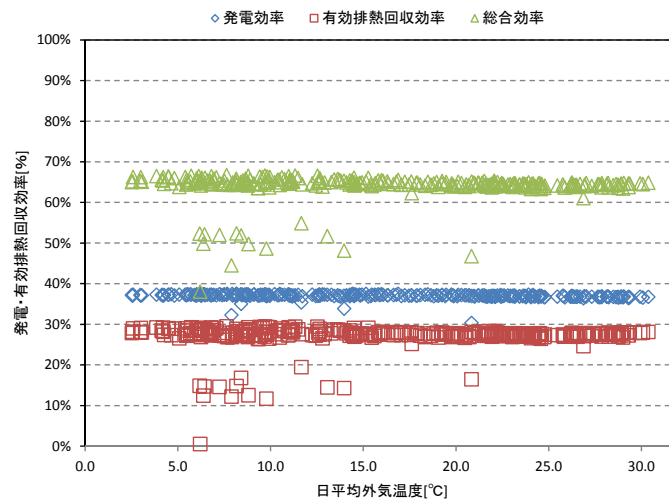


図 4-2.18 ID01 : CGS1 の発電効率、有効排熱回収効率、総合効率と日平均外気温度の関係

C) 実測効率とカタログ効率の比較

ID04、ID08、ID10 の負荷率と発電効率、有効排熱回収効率、総合効率（有効排熱回収効率ベース）の関係および、実測値とカタログ値の比較をそれぞれ図 4-2.19～図 4-2.24 に示す。いずれの建物においても負荷率 90%～100%の度数が最も大きくなっている。一方で負荷率 90%未満の範囲においては度数が小さいため、負荷率 90%未満の結果については信頼度が低い。また、発電効率はすべての建物において概ねカタログ値通りであり、負荷率 90%～100%の範囲の平均値はすべての建物でカタログ値に等しい。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。ID04 に関しては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低い値を示す一方、発電効率は負荷率に比例して上昇している。

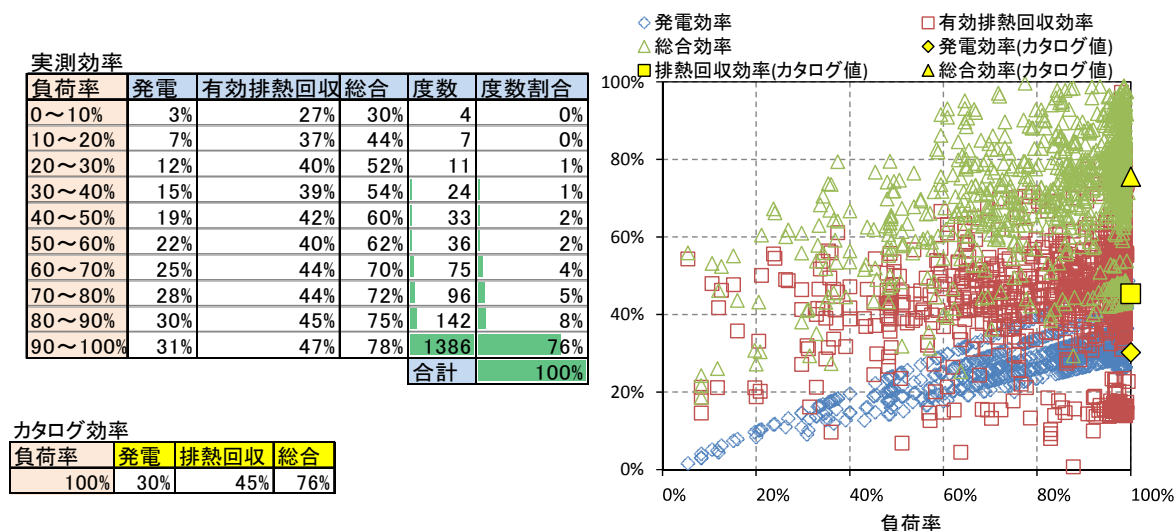


図 4-2.19 ID04 : CGU1 の負荷率による効率の分布とカタログ値との比較

実測効率

負荷率	発電	有効排熱回収	総合	度数	度数割合
0~10%	4%	19%	23%	4	0%
10~20%	8%	18%	26%	3	0%
20~30%	10%	36%	47%	7	0%
30~40%	14%	41%	55%	11	1%
40~50%	17%	35%	52%	10	1%
50~60%	20%	41%	61%	31	2%
60~70%	24%	40%	64%	32	2%
70~80%	26%	37%	63%	42	2%
80~90%	29%	42%	71%	63	3%
90~100%	31%	47%	78%	1663	89%
合計					100%

カタログ効率

負荷率	発電	排熱回収	総合
100%	30%	45%	76%

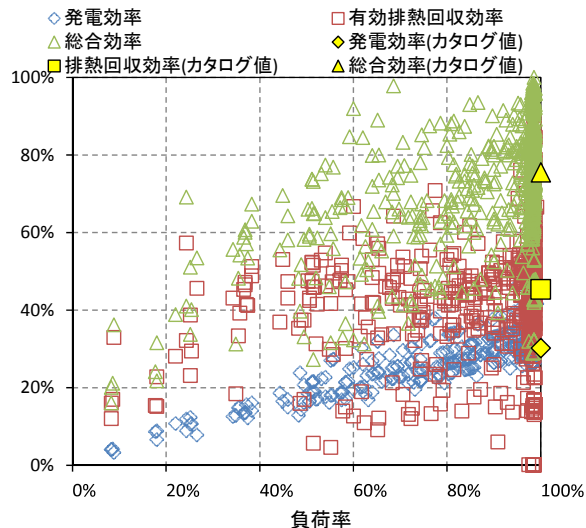


図 4-2.20 ID04 : CGU2 の負荷率による効率の分布とカタログ値との比較

実測効率

負荷率	発電	有効排熱回収	総合	度数	度数割合
0~10%	3%	35%	39%	10	1%
10~20%	6%	24%	30%	6	0%
20~30%	10%	35%	45%	4	0%
30~40%	15%	41%	56%	15	1%
40~50%	18%	42%	60%	13	1%
50~60%	20%	37%	57%	31	2%
60~70%	24%	42%	67%	37	2%
70~80%	26%	40%	66%	49	3%
80~90%	30%	41%	71%	76	4%
90~100%	31%	47%	78%	1660	87%
合計					100%

カタログ効率

負荷率	発電	排熱回収	総合
100%	30%	45%	76%

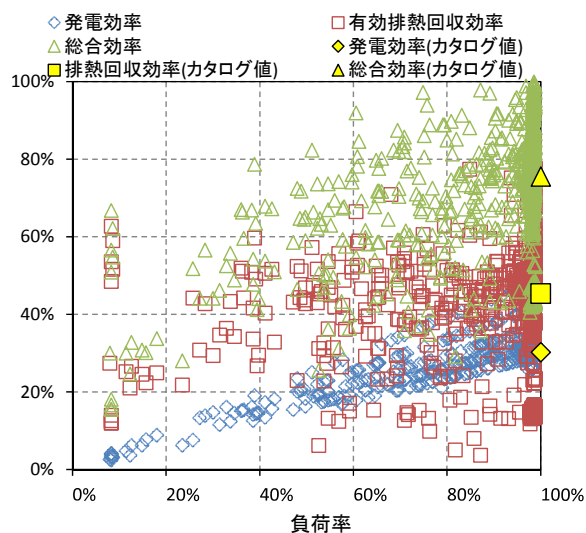


図 4-2.21 ID04 : CGU3 の負荷率による効率の分布とカタログ値との比較

実測効率

負荷率	発電	有効排熱回収	総合	度数	度数割合
0~10%	13%	0%	13%	52	2%
10~20%	28%	5%	32%	46	2%
20~30%	28%	6%	34%	23	1%
30~40%	19%	8%	27%	4	0%
40~50%	26%	12%	38%	7	0%
50~60%	36%	25%	61%	12	0%
60~70%	36%	23%	58%	28	1%
70~80%	37%	23%	60%	31	1%
80~90%	36%	26%	62%	60	2%
90~100%	37%	24%	61%	2663	91%
合計					100%

カタログ効率

負荷率	発電	排熱回収	総合
50%	32%	37%	69%
75%	35%	33%	68%
100%	37%	31%	68%

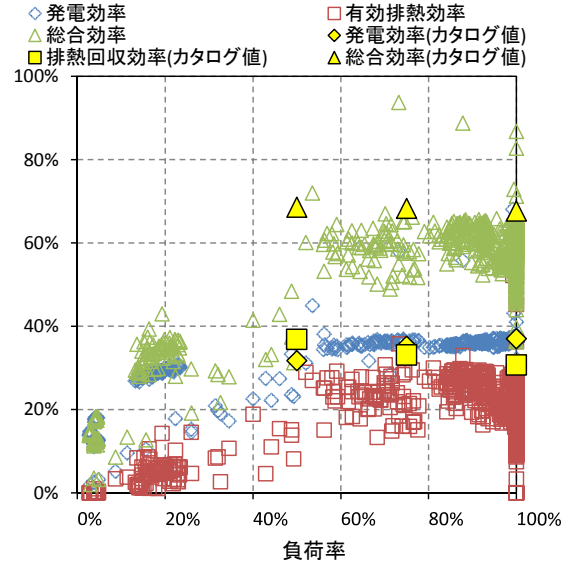


図 4-2.22 ID08 : CGU2 の負荷率による効率の分布とカタログ値との比較

実測効率

負荷率	発電	有効排熱回収	総合	度数	度数割合
0~10%	27%	24%	51%	96	4%
10~20%	32%	14%	46%	30	1%
20~30%	32%	16%	48%	37	1%
30~40%	33%	16%	49%	42	2%
40~50%	34%	19%	53%	42	2%
50~60%	35%	19%	54%	20	1%
60~70%	35%	20%	55%	22	1%
70~80%	35%	17%	53%	32	1%
80~90%	36%	18%	54%	102	4%
90~100%	37%	26%	64%	2088	83%
合計					100%

カタログ効率

負荷率	発電	排熱回収	総合
50%	33%	38%	71%
75%	36%	33%	69%
100%	37%	31%	68%

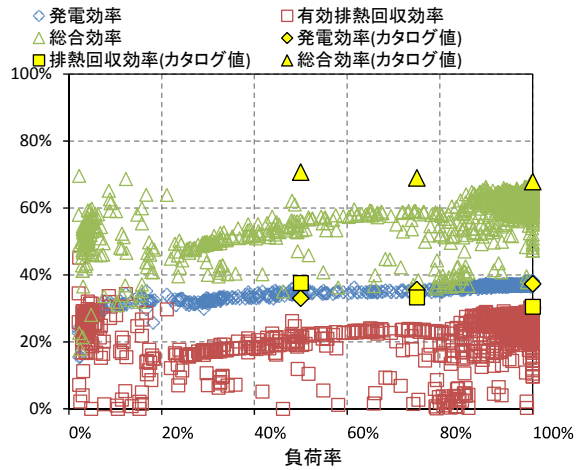


図 4-2.23 ID10 : CGU1 の負荷率による効率の分布とカタログ値との比較

実測効率

負荷率	発電	有効排熱回収	総合	度数	度数割合
0~10%	26%	24%	51%	94	4%
10~20%	31%	15%	46%	24	1%
20~30%	32%	16%	48%	48	2%
30~40%	32%	16%	49%	34	1%
40~50%	34%	18%	52%	32	1%
50~60%	34%	20%	54%	32	1%
60~70%	34%	19%	53%	21	1%
70~80%	35%	20%	54%	31	1%
80~90%	35%	19%	54%	96	4%
90~100%	36%	27%	64%	2099	84%
合計					100%

カタログ効率

負荷率	発電	排熱回収	総合
50%	33%	38%	71%
75%	36%	33%	69%
100%	37%	31%	68%

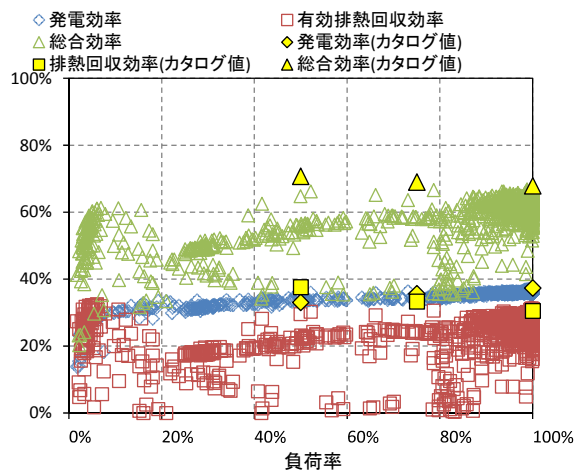


図 4-2.24 ID10 : CGU2 の負荷率による効率の分布とカタログ値との比較

ID01 の負荷率と発電効率、排熱回収効率、総合効率の関係と実測値およびカタログ値との比較を以下の図 4-2.25 に示す。ID01 のみ冷却塔ファンの消費電力の計測を行っているため、排熱回収効率を求めることができています。度数の最も集中する負荷率 90%~100%の範囲においては発電効率、排熱回収効率ともにカタログ値より若干低くなっている。この原因としては、主に配管等からの放熱ロスや排熱負荷が十分でないことなどが考えられる。

実測効率					
負荷率	発電	排熱回収	総合	度数	度数割合
0~10%	33%	69%	101%	119	27%
10~20%	26%	25%	51%	1	0%
20~30%	36%	31%	67%	1	0%
30~40%	-	-	-	0	0%
40~50%	-	-	-	0	0%
50~60%	-	-	-	0	0%
60~70%	-	-	-	0	0%
70~80%	34%	10%	44%	1	0%
80~90%	36%	14%	50%	41	9%
90~100%	37%	27%	65%	278	63%
				合計	100%

カタログ効率			
負荷率	発電	排熱回収	総合
50%	34%	36%	70%
75%	36%	32%	69%
100%	38%	29%	67%

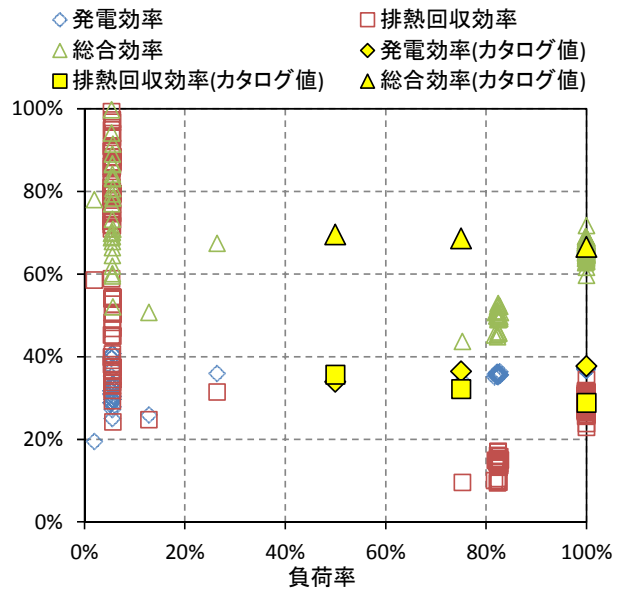


図 4-2.25 ID01 : CGU の負荷率による効率の分布とカタログ値との比較

D) 補機電力特性

ここではまず、ID01における補機電力特性についての分析結果を示す。ID01は、前述の通り、補機電力消費量の計測を行っている建物である。

補機消費電力の代表週、代表日における推移をそれぞれ図 4-2.26、図 4-2.27 に示す。本物件ではCGUは屋上に設置され、熱源機器は地下に設置されており、一般よりも揚程が大きくなっている。図 4-2.26 および図 4-2.27 を見ると、CGU補機はCGU非稼働時においても約3kWh/hの消費電力が見られる。このことからCGU停止時において待機電力が発生していることがうかがえ、待機電力を計算ロジックに反映する必要がある。

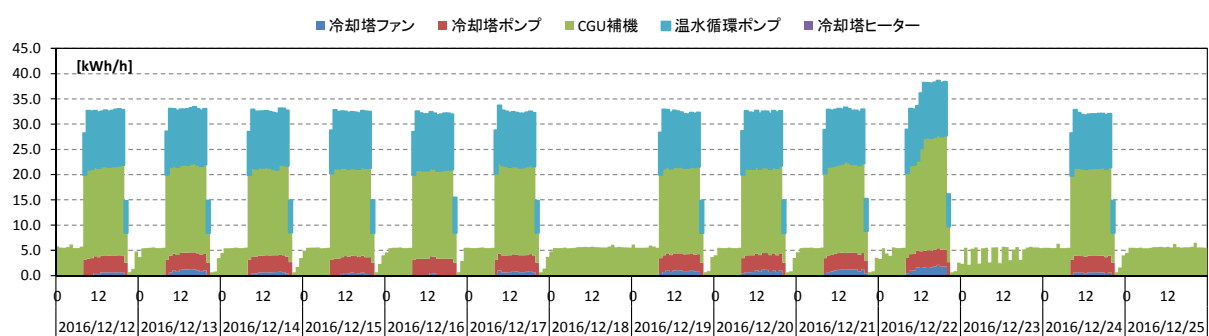


図 4-2.26 ID01 : CGU1 の代表週の補機消費電力の推移

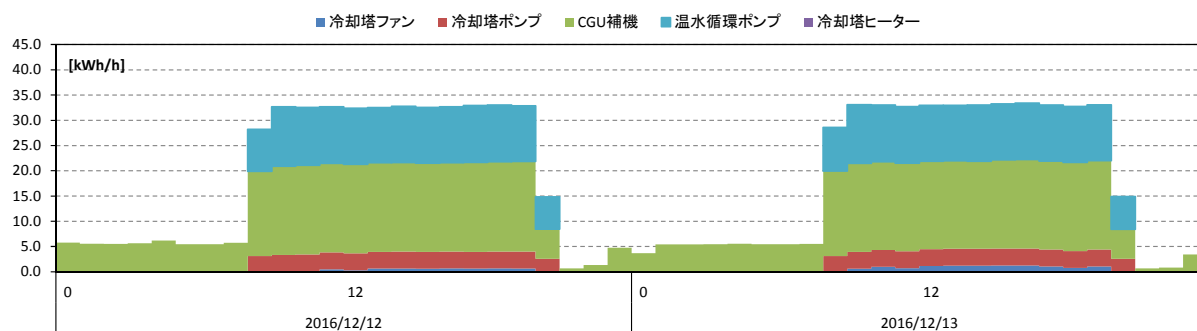


図 4-2.27 ID01 : CGU1 の代表日の補機消費電力の推移

ID01 の建物の 11 月の CGU 発電量、CGU 補機の日積算値を図 4-2.28 に、CGU 補機のみの日積算値を図 4-2.29 に示す。図 4-2.28 を見ると、日曜および祝日は CGS を停止しており、平日・土曜は毎日同じスケジュールで運転していることがうかがえる。発電量は稼働日には約 8000～8500kWh/日となっている。ID01 の平日の運転時間設定は 8:00～20:00 の 12 時間、CGS の定格発電量は 700kW であることから日積算値を単純計算すると 8400kWh/日となり、ほぼ実測値と一致する。このことから ID01 はスケジュール通りに定格運転していると考えられる。また、図 4-2.28 を見ると、CGS が停止している日曜および祝日にも CGU 補機消費電力が発生していることがわかる。稼働時の補機消費電力割合は前述のとおり 4～5%であるが、図 4-2.29 を見ると CGS 停止時においても補機消費電力は稼働時の半分程度を占めている。このことから待機電力としてプログラムの計算ロジックに考慮することで精度を向上できる可能性がある。なお、待機電力が見られたのは上記 5 種類の補機の中で CGU 補機のみであった。

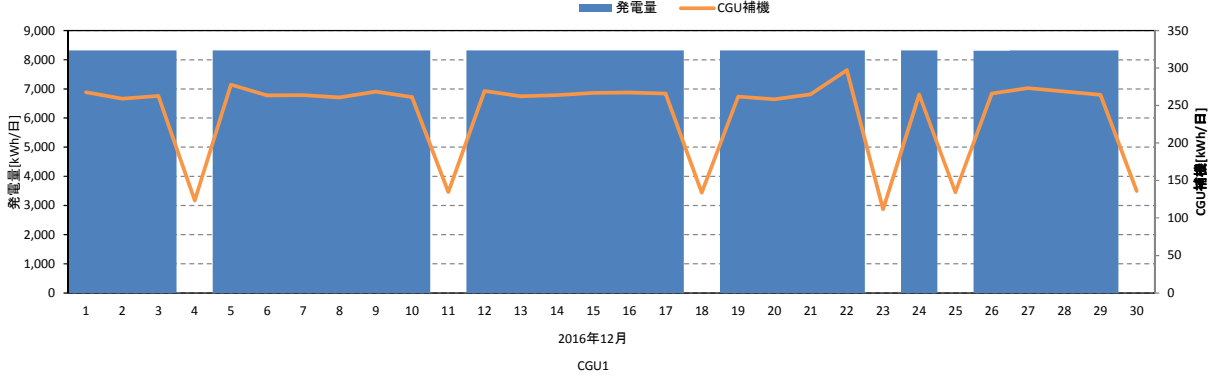


図 4-2.28 ID01 : CGU1 の代表月の日積算発電量、CGU 補機の推移

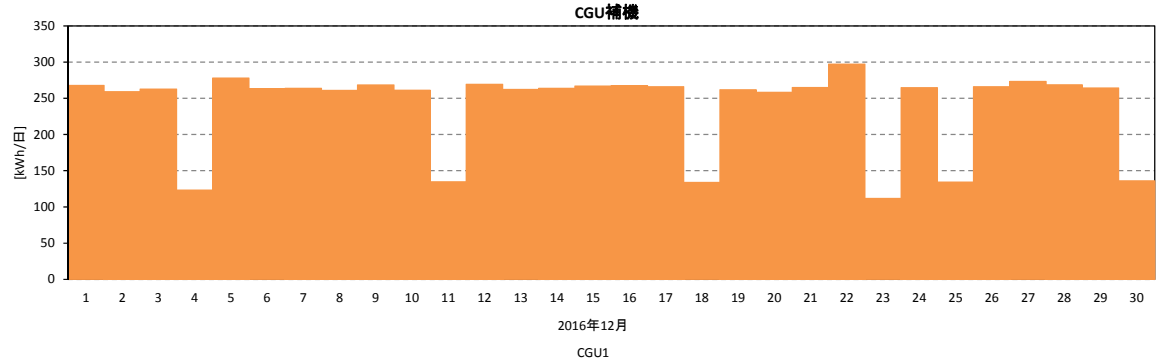


図 4-2.29 ID01 : CGU1 の代表月の CGU 補機の推移

続いて、ID02 における発電出力と CGU 補機消費電力の関係についての分析結果を示す。ID02 の建物では発電出力と CGU 補機消費電力の 1 分間隔で計測を行っている。ID02 はマイクロガスエンジンが導入されており、CGU 本体に放熱用ラジエータが内蔵されているので、補機消費電力は CGU 補機、温水循環ポンプの消費電力が含まれるが、ここでは計測を行っている CGU 補機の分析結果を示す。

ID02 における 4 台の CGU (CGU1、CGU2、CGU3、CGU4) の負荷率と CGU 補機消費電力割合の関係をそれぞれ図 4-2.30～図 4-2.33 に示す。これより、すべての CGU で負荷率が高くなるほど度数が大きくなり、負荷率が 100%で補機消費電力割合が 1.9%となっていることがわかる。また、低負荷時は CGU 補機消費電力の低下よりも発電出力の方が顕著に低下するため CGU 補機消費電力割合が計算上高くなっている。

負荷率	CGU補機消費電力割合	度数	度数割合
0～10%	16.3%	29	1%
10～20%	13.2%	46	1%
20～30%	7.7%	59	1%
30～40%	5.2%	62	1%
40～50%	4.0%	103	2%
50～60%	3.3%	179	3%
60～70%	2.8%	227	4%
70～80%	2.4%	343	7%
80～90%	2.1%	480	9%
90～100%	1.9%	3627	70%
		合計	100%

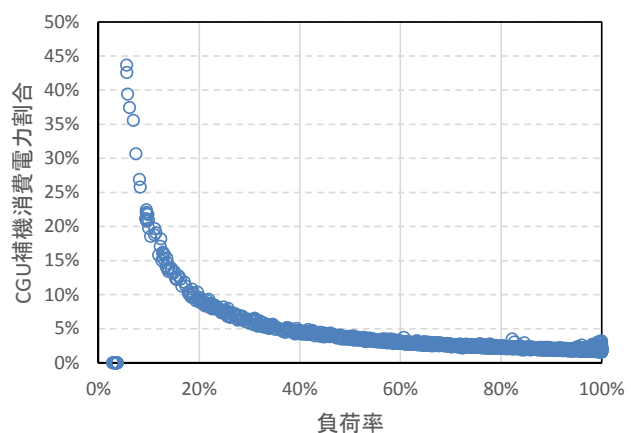


図 4-2.30 ID02 : CGU1 の負荷率による CGU 補機消費電力割合の度数分布

負荷率	CGU補機消費電力割合	度数	度数割合
0～10%	21.4%	73	1%
10～20%	14.0%	143	3%
20～30%	7.3%	155	3%
30～40%	5.3%	315	6%
40～50%	4.1%	403	8%
50～60%	3.3%	465	9%
60～70%	2.8%	507	10%
70～80%	2.4%	502	10%
80～90%	2.1%	529	10%
90～100%	1.9%	2062	40%
		合計	100%

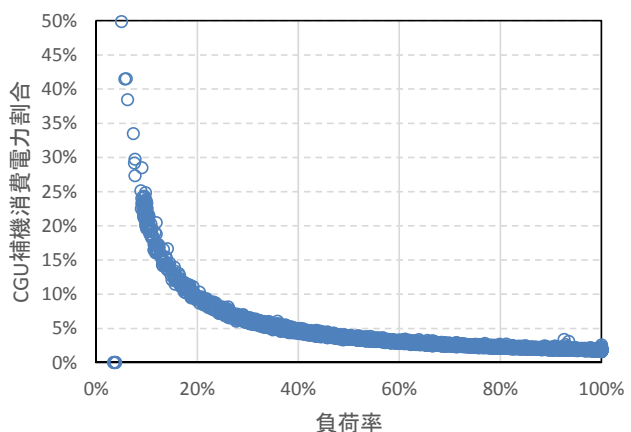


図 4-2.31 ID02 : CGU2 の負荷率による CGU 補機消費電力割合の度数分布

負荷率	CGU補機消費電力割合	度数	度数割合
0~10%	12.5%	17	0%
10~20%	11.7%	20	0%
20~30%	7.1%	32	1%
30~40%	4.9%	92	2%
40~50%	4.0%	120	2%
50~60%	3.2%	220	4%
60~70%	2.7%	263	5%
70~80%	2.4%	316	6%
80~90%	2.1%	513	10%
90~100%	1.9%	3412	68%
		合計	100%

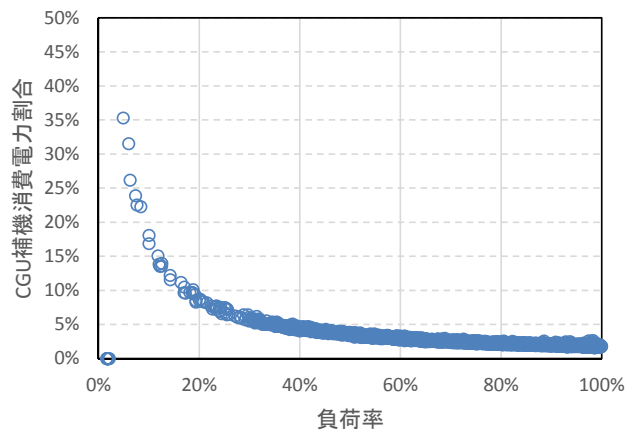


図 4-2.32 ID02 : CGU3 の負荷率による CGU 補機消費電力割合の度数分布

負荷率	CGU補機消費電力割合	度数	度数割合
0~10%	17.7%	23	0%
10~20%	15.6%	31	1%
20~30%	7.9%	40	1%
30~40%	5.2%	58	1%
40~50%	4.1%	144	3%
50~60%	3.4%	209	4%
60~70%	2.8%	274	5%
70~80%	2.4%	328	7%
80~90%	2.2%	500	10%
90~100%	1.9%	3405	68%
		合計	100%

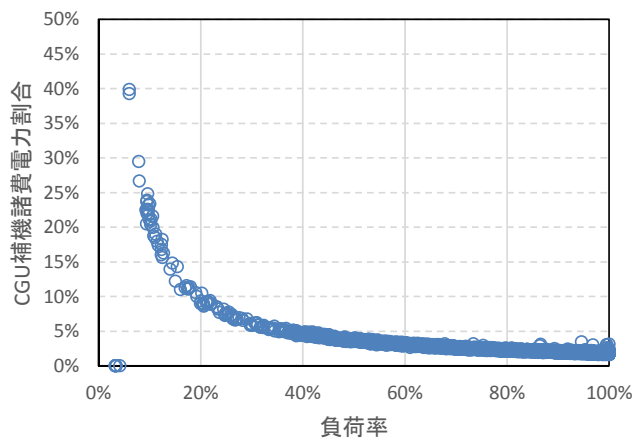


図 4-2.33 ID02 : CGU4 の負荷率による CGU 補機消費電力割合の度数分布

ID02 における CGU1、CGU2、CGU3、CGU4 の負荷率と定格発電量との CGU 補機消費電力の割合の関係をそれぞれ図 4-2.34～図 4-2.37 に示す。定格発電量との CGU 補機消費電力の割合は負荷率によって変化せず、CGU 補機消費電力は発電出力に比例して絞られていないことがわかる。これにより、上記の図では負荷率が下がったときに CGU 補機消費電力割合が大きくなっていることがわかる。

負荷率	CGU補機消費電力割合	度数	度数割合
0～10%	16.3%	29	1%
10～20%	13.2%	46	1%
20～30%	7.7%	59	1%
30～40%	5.2%	62	1%
40～50%	4.0%	103	2%
50～60%	3.3%	179	3%
60～70%	2.8%	227	4%
70～80%	2.4%	343	7%
80～90%	2.1%	480	9%
90～100%	1.9%	3627	70%
		合計	100%

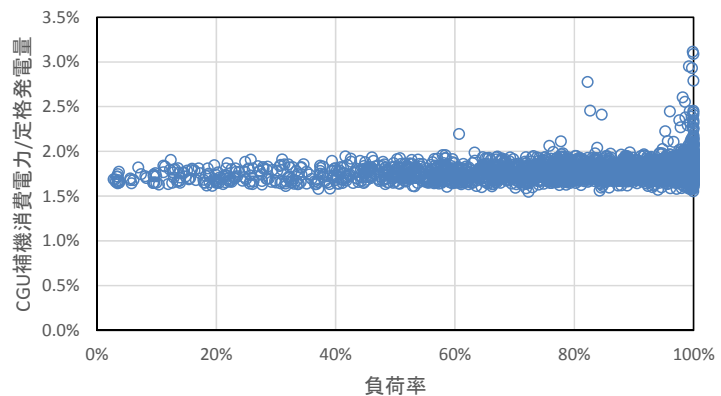


図 4-2.34 ID02 : CGU1 の負荷率による定格発電量との CGU 補機消費電力割合の度数分布

負荷率	CGU補機消費電力割合	度数	度数割合
0～10%	21.4%	73	1%
10～20%	14.0%	143	3%
20～30%	7.3%	155	3%
30～40%	5.3%	315	6%
40～50%	4.1%	403	8%
50～60%	3.3%	465	9%
60～70%	2.8%	507	10%
70～80%	2.4%	502	10%
80～90%	2.1%	529	10%
90～100%	1.9%	2062	40%
		合計	100%

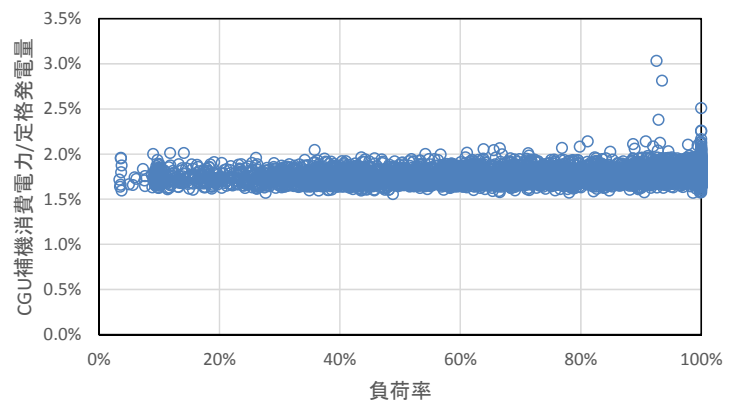


図 4-2.35 ID02 : CGU2 の負荷率による定格発電量との CGU 補機消費電力割合の度数分布

負荷率	CGU補機消費電力割合	度数	度数割合
0～10%	12.5%	17	0%
10～20%	11.7%	20	0%
20～30%	7.1%	32	1%
30～40%	4.9%	92	2%
40～50%	4.0%	120	2%
50～60%	3.2%	220	4%
60～70%	2.7%	263	5%
70～80%	2.4%	316	6%
80～90%	2.1%	513	10%
90～100%	1.9%	3412	68%
		合計	100%

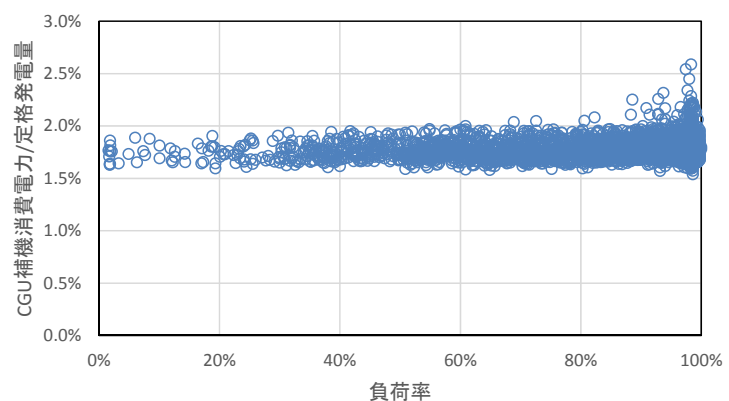


図 4-2.36 ID02 : CGU3 の負荷率による定格発電量との CGU 補機消費電力割合の度数分布

負荷率	CGU補機 消費電力割合	度数	度数割合
0~10%	17.7%	23	0%
10~20%	15.6%	31	1%
20~30%	7.9%	40	1%
30~40%	5.2%	58	1%
40~50%	4.1%	144	3%
50~60%	3.4%	209	4%
60~70%	2.8%	274	5%
70~80%	2.4%	328	7%
80~90%	2.2%	500	10%
90~100%	1.9%	3405	68%
		合計	100%

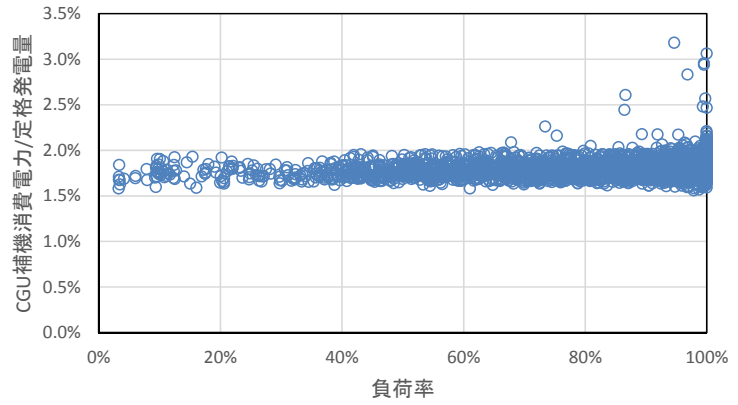


図 4-2.37 ID02 : CGU4 の負荷率による定格発電量との CGU 補機消費電力割合の度数分布

4-2.3. RHA単体分析

A) 月別COP

ID04、ID08 における年間の RHA 単体のガス消費量、投入排熱量、処理熱量の月積算値、月別 COP(排熱込み)、COP(ガスのみ)の推移を、それぞれ図 4-2.38～図 4-2.41 に示す。ここで COP(排熱込み)および COP(ガスのみ)は、下記のように定義している。

- COP(排熱込み)=処理熱量/(ガス消費量+投入排熱量)
- COP(ガスのみ)=処理熱量/ガス消費量

また、RHA の分析では熱量を MJ 換算している。

ID04 は RHA を 2 台設置しているため、図 4-2.38 および図 4-2.39 を見ると、夏期（2015 年 7 月、8 月、9 月）と冬期（2015 年 1 月、2 月）に COP(排熱込み)が高くなっている。一方、冷房期（2015 年 7 月、8 月、9 月、10 月や 2016 年 5 月、6 月など）は排熱を投入できているので COP(ガスのみ)は高くなっている。

ID08 にも RHA が 2 台設置されているが、ガス消費量、投入排熱量に関して 2 台の合計値しか得られていないため、2 台中 1 台のみ運転しているデータを分析している。図 4-2.40 および図 4-2.41 を見てわかるように、COP(排熱込み)が 1 を超えている月が多く、中間期であるために COP(排熱込み)が低くなることが予想される 2015 年 4 月において 1.5 と高い値が得られているため、データに異常値が含まれている可能性がある。COP(ガスのみ)が COP(排熱込み)より極端に高くなることは確認されていないが、ID04 と同様に 2016 年 6 月、7 月、8 月、9 月などの冷房を使う時期に COP(ガスのみ)が高くなっている。

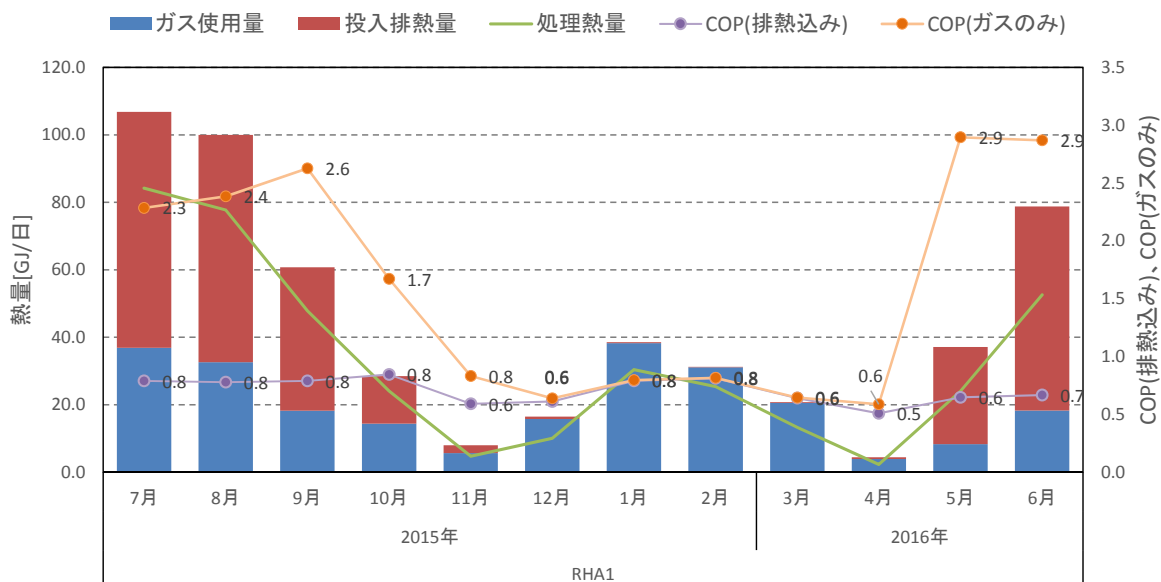


図 4-2.38 ID04 : RHA1 の熱量の月積算値、月別 COP(排熱込み)、COP(ガスのみ)の推移

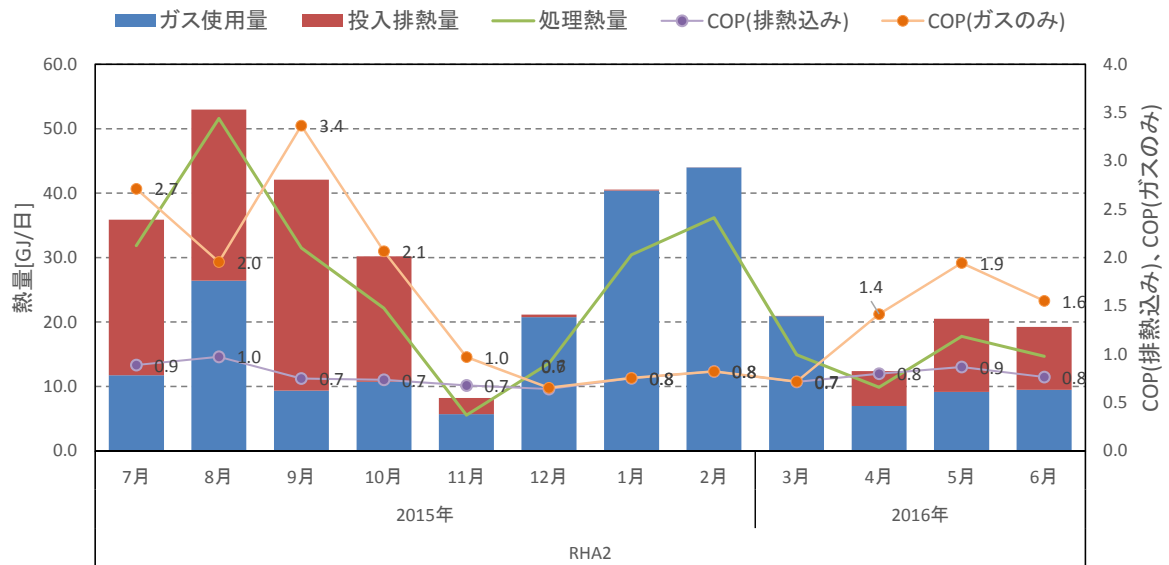


図 4-2.39 ID04 : RHA2 の熱量の月積算値、月別 COP(排熱込み)、COP(ガスのみ)の推移

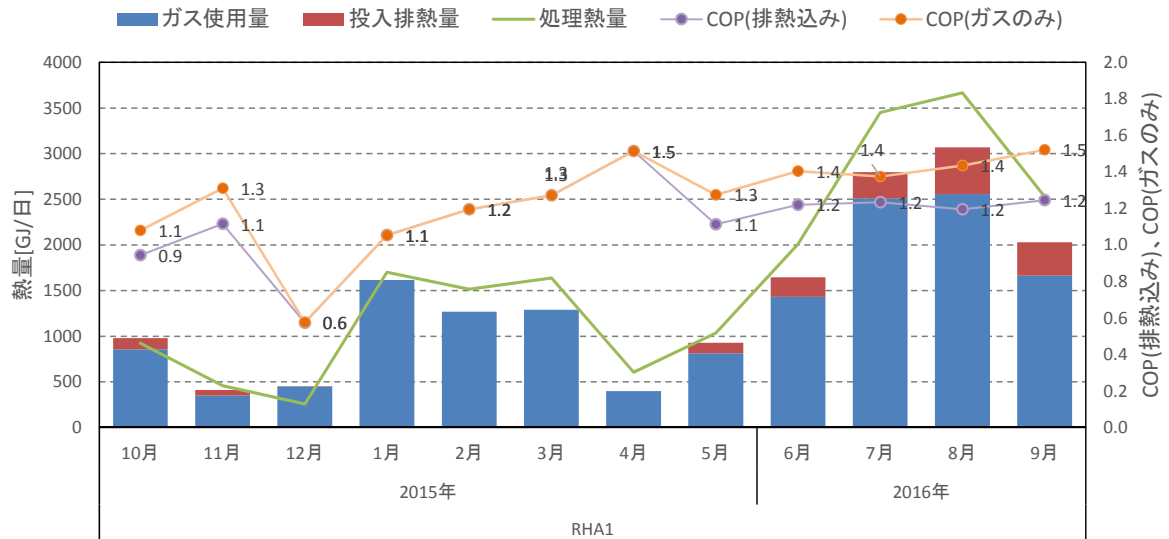


図 4-2.40 ID08 : RHA1 の熱量の月積算値、月別 COP(排熱込み)、COP(ガスのみ)の推移

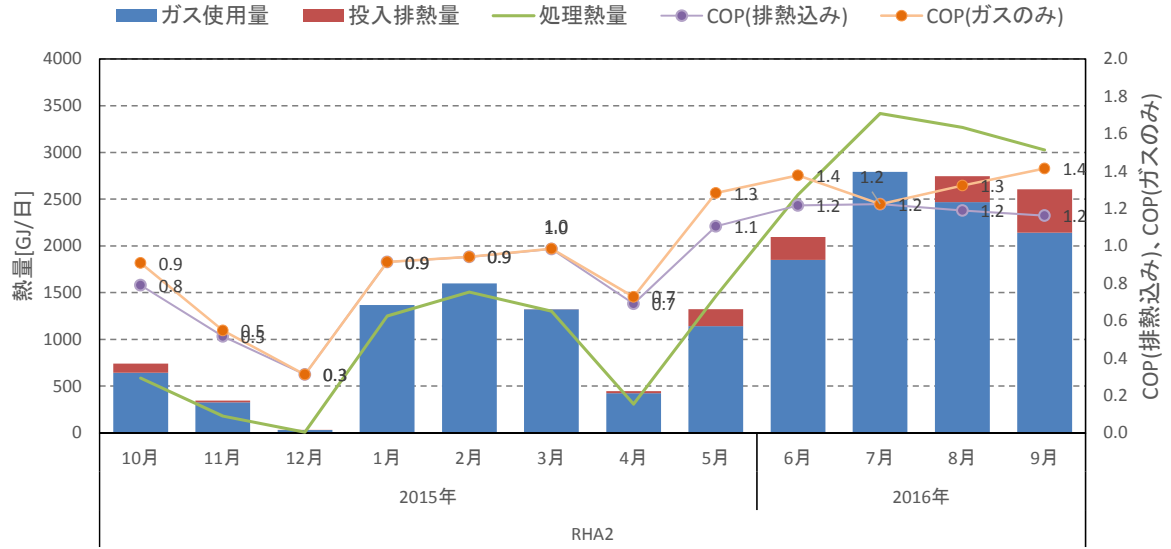


図 4-2.41 ID08 : RHA2 の熱量の月積算値、月別 COP(排熱込み)、COP(ガスのみ)の推移

B) 投入排熱量の実測値とカタログ値の比較

ID04 と ID08 の投入排熱量の実測値とカタログ値との比較を図 4-2.42～図 4-2.45 に示す。図 4-2.42 および図 4-2.43 を見ると、ID04 ではカタログ値と同様に RHA の負荷率が 45%程度になると投入排熱量が増加しなくなり、投入排熱量に加えてガスも使用していることがわかる。しかし実測値では、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。この理由については、分析に用いているデータの時間間隔が 1 時間なので、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、もう一方の 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。これは RHA1、RHA2 の両方で同様のことが言える。続いて、図 4-2.44 および図 4-2.45 を見ると、カタログ上では、ID08 においては RHA の負荷率が 16%程度で定格排熱温水流量時もガスを使用するようになっている。しかし、実測値を見てみると、RHA の負荷率が 16%以下のデータは見られず排熱のみで運転しているデータはない。また、実測値は排熱温水流量が定格の半分となる時のカタログ投入排熱量（図中緑線）に近くなっているが、これは RHA を 2 台併用して運転しているため、1 台当たりの流量も定格の半分になるためであると考えられる。

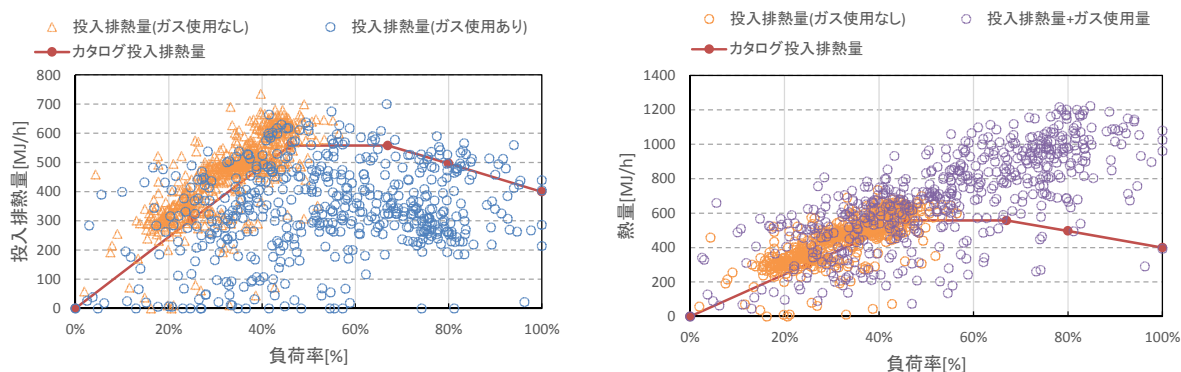


図 4-2.42 ID04 : RHA1 の投入排熱量の実測値とカタログ値との比較

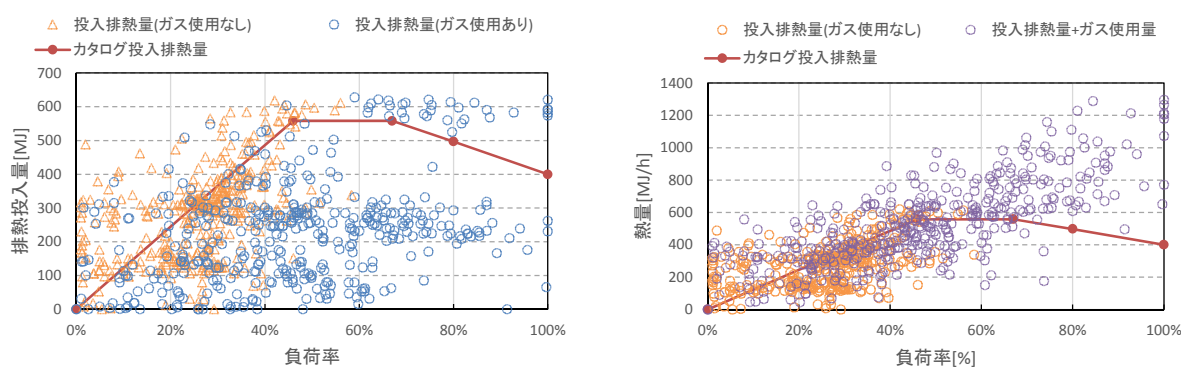


図 4-2.43 ID04 : RHA2 の投入排熱量の実測値とカタログ値との比較

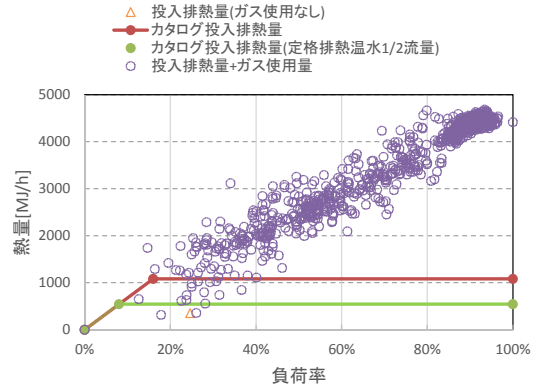
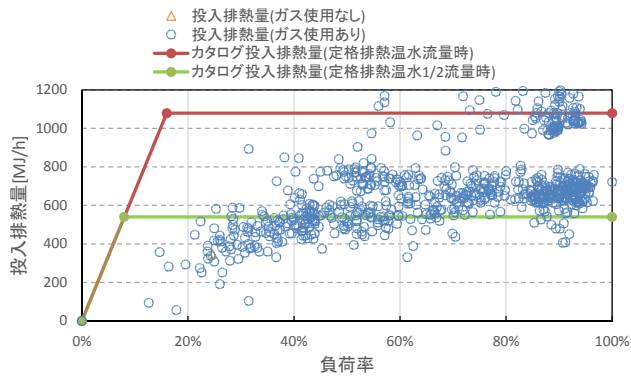


図 4-2.44 ID08 : RHA1 の投入排熱量の実測値とカタログ値との比較

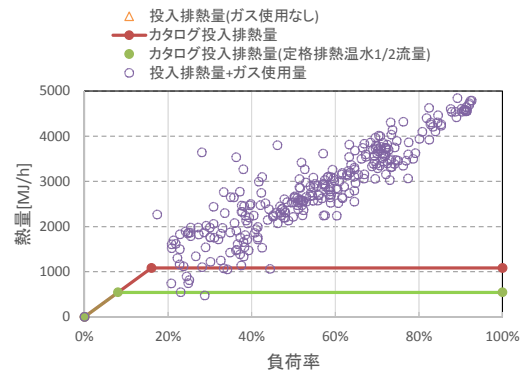
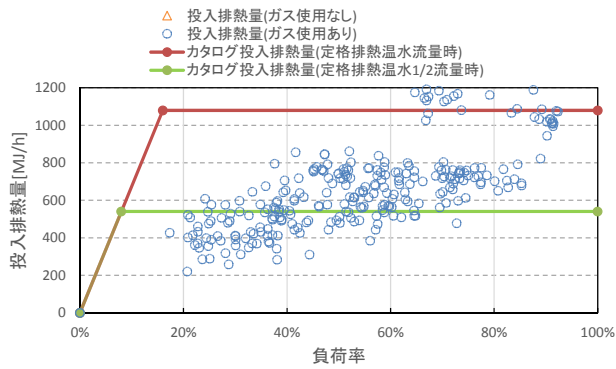


図 4-2.45 ID08 : RHA2 の投入排熱量の実測値とカタログ値との比較

C) 投入排熱量の温度特性

ID04 での RHA1 および RHA2 への投入排熱量と排熱温度の関係を図 4-2.46 に、ID08 での RHA1 および RHA2 への投入排熱量と排熱温度の関係を図 4-2.47 に示す。図 4-2.46 を見ると、ID04 は排熱温水入口温度が高くなるにつれて投入排熱量が大きくなっている。また RHA の負荷率が 40% 前後のときに投入排熱量が最も大きくなるという傾向も確認できる。RHA1 と RHA2 を比較すると、RHA2 の排熱温水入口温度は RHA1 の排熱温水入口温度より低くなっている。これは ID04 では RHA2 台を直列に接続しており、2 台目の RHA2 に入る排熱温水温度が低下しているためである。また、その影響により、投入排熱量が RHA1 より小さくなっている。図 4-2.47 を見ると、何らかの対応関係があるように見える。

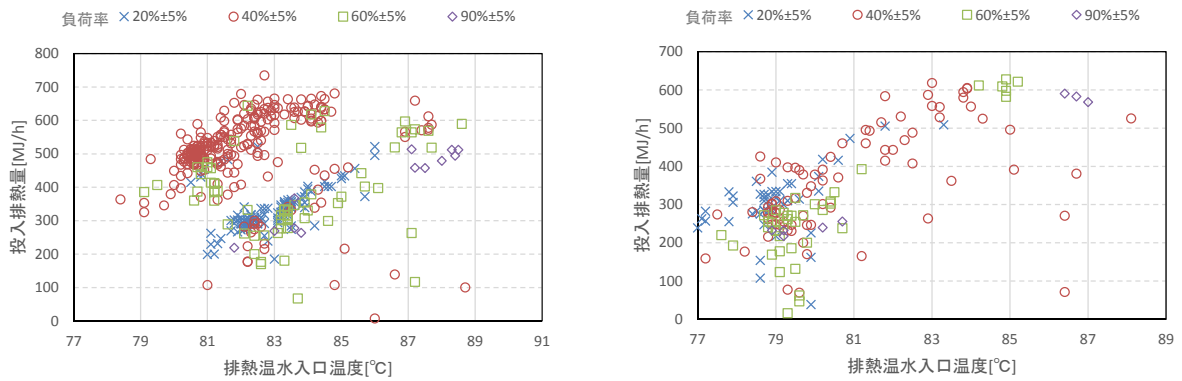


図 4-2.46 ID04：投入排熱量の排熱温度特性(左図：RHA1、右図：RHA2)

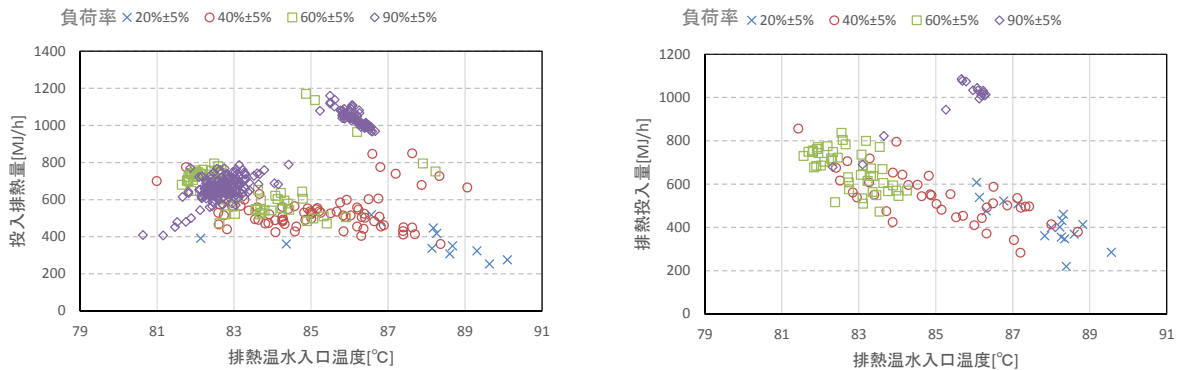


図 4-2.47 ID08：投入排熱量の排熱温度特性(左図：RHA1、右図：RHA2)

4-2.4. システム分析

A) 発電量、受電量、CGS発電寄与率の月別推移

ID04、ID08、ID10、ID13それぞれの発電量、受電量、CGS 発電寄与率の推移を図 4-2.48～図 4-2.51 に示す。ID10 に関しては、受電量のデータは得られていないが、補機消費電力のデータを得られたので、図 4-2.50 のみ第二軸が補機消費電力割合となっている点に留意されたい。図 4-2.48 を見ると、ID04 では空調負荷の小さい中間期にも CGU3 台を常に同じ負荷率で動かしており、台数制御を行っていないことが分かる。これは ID04 が実験的に熱負荷に追従する熱主運転で運用を行っていることによる。CGS 発電寄与率が 10%以下の範囲もあるが、これも熱主運転を行っていることが原因である。続いて図 4-2.49 を見ると、ID08 では 2016 年の夏期まで CGU2 台のうちどちらか 1 台を定格運転させており、2016 年夏期から 2 台併用運転を行っていることがわかる。CGS 発電寄与率は 20%～40%の範囲にあり、ID04 と異なり電主運転を行っていることがわかる。次に図 4-2.50 を見ると、ID10 では冬期、中間期の空調負荷の小さい期間に CGU を 1 日おきに交互に運転していることが分かる。補機消費電力割合は 1 日当たり約 7.6%となっているが、これは CGS 非稼働時の待機電力が発生していることによるものと考えられる。次に図 4-2.51 では、CGS 発電寄与率は 23%～45%の範囲にある。ID08 と同様に電主運転を行っていることで寄与率が比較的高い。CGS 発電寄与率が 0%のところもあるが、これは ID13 が休業(第 1、3 水曜日)のとき停止することが原因である。

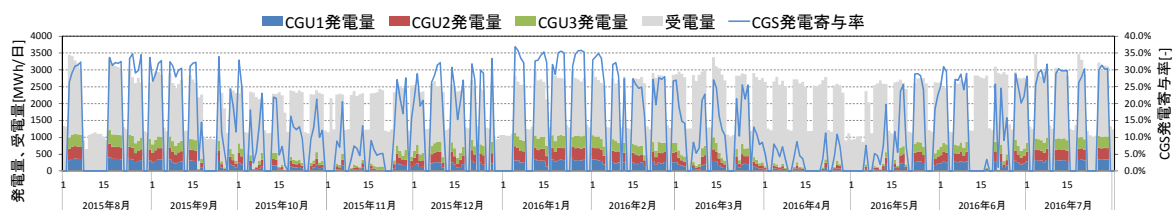


図 4-2.48 ID04：日積算 CGU 発電量、受電量、CGS 発電寄与率の推移

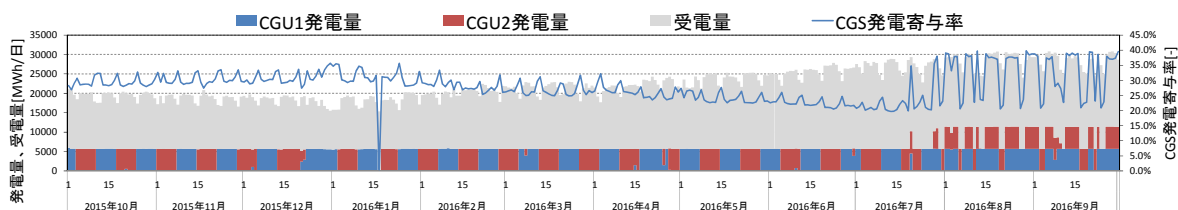


図 4-2.49 ID08：日積算 CGU 発電量、受電量、CGS 発電寄与率の推移

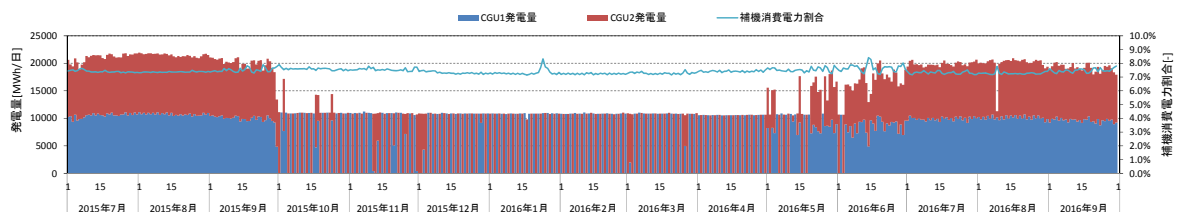


図 4-2.50 ID10：日積算 CGU 発電量、補機消費電力割合の推移

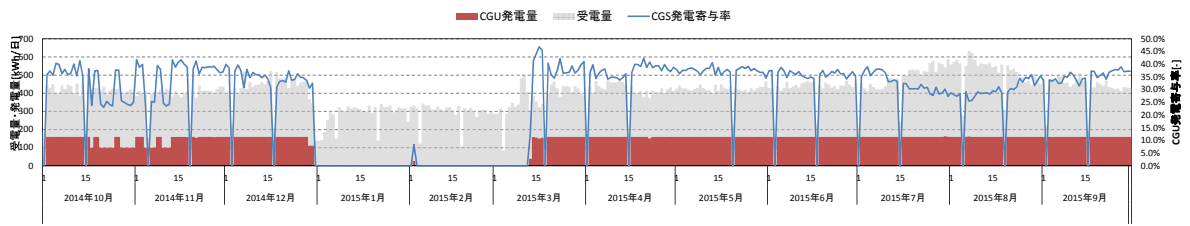


図 4-2.51 ID13 : 日積算 CGS 発電量、受電量、CGS 発電寄与率の推移

B) システム総合効率と外気温度の関係

ID04、ID08、ID10、ID13 におけるシステム総合効率と外気温度の関係を、それぞれ図 4-2.52～図 4-2.55 に示す。図 4-2.52 を見ると、ID04 では外気温度が下がるに従ってシステム総合効率も低下する傾向にあるが、図 4-2.53～図 4-2.55 を見ると、システム総合効率は外気温度によってほとんど変化していないことがわかる。これは ID04 が熱主運転、ID08、ID10、ID13 が電主運転をしていることが原因であると考えられる。また、ID08、ID10、ID13 は外気温度が 15°C～20°C の範囲ではシステム総合効率が 10%程低下する部分もあり、中間期には効率が低下することがわかる。

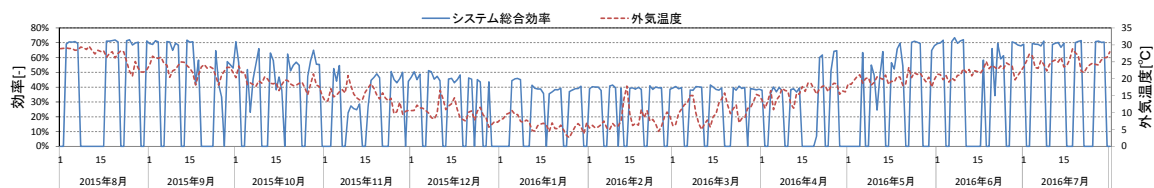


図 4-2.52 ID04：システム総合効率と外気温度の関係

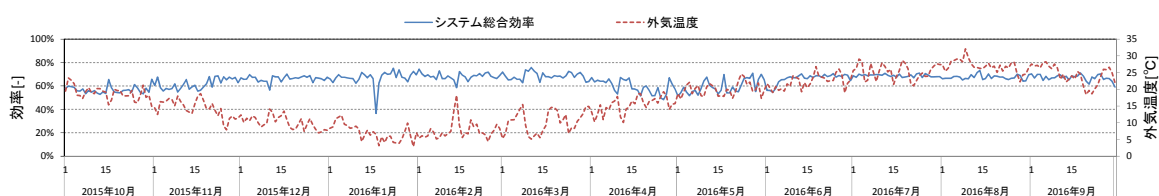


図 4-2.53 ID08：システム総合効率と外気温度の関係

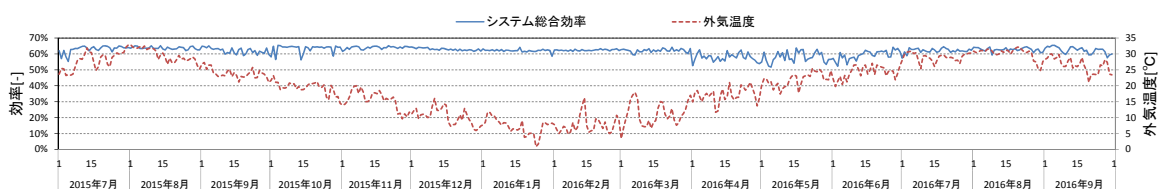


図 4-2.54 ID10：システム総合効率と外気温度の関係

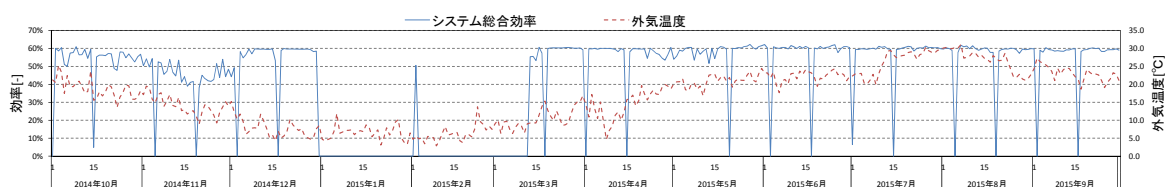


図 4-2.55 ID13：システム総合効率と外気温度の関係

4-2.5. 結果まとめ

(1) CGU分析

1) 年間の日別運転状況

- ID04：実験対象建物であり熱主運転なので、中間期の発電量、有効排熱回収量、ガス消費量は非常に低い。
- ID08：2016年8月までCGU2台を交互に運転しており、常時定格で運転している。
- ID10：ID08と同様に空調負荷が小さい時期に非効率な運転となることを避け、2台のCGUを交互に運転させている。
- ID13：中間期に熱需要がなく、排熱回収量が低下している日が存在する。

2) 日平均外気温度と発電量、有効排熱回収量、効率の関係

- ID04：熱主運転のため、中間期にあたる日平均外気温度 $10^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ の範囲で発電量、有効排熱回収量ともに少なくなっており、同様に効率値のばらつきも大きくなっている。
- ID08、ID10、ID13：発電量は日平均外気温度によって変化しないが、有効排熱回収量は日平均外気温度の低下に比例して小さくなり、日平均外気温度 $15^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ の範囲で大きく低下している。

3) 実測効率とカタログ効率の比較

- ID04、ID08、ID10：負荷率 $90\%\sim 100\%$ の範囲では発電効率はカタログ値と等しくなるが、放熱分を反映できていないため、排熱回収効率はカタログ値より低くなっている。
- ID01：負荷率 $90\%\sim 100\%$ の範囲では発電効率、排熱回収効率共にカタログ値より若干低い。

4) 補機消費電力特性

- CGU非稼働時にも待機電力が生じている。
- 負荷率に反比例した補機消費電力特性が見られる。
- 補機消費電力は全体を通してCASCADEIIIで見込まれている 5% と同程度か、小さい値を示している。

(2) RHA単体分析

1) 月別COP

- ID04：冷房期は排熱投入が可能となるため、COP（ガスのみ）が非常に大きくなる。

2) 投入排熱量の実測値とカタログ値の比較

- ID04：カタログ値はおおむね実測値を捉えている。
- ID04：負荷率 45% 以下で投入排熱量（ガス使用あり）のデータが見られる。データ間隔は1時間で分析しており、立ち上がり時に短い時間しかデータが計測されていない、もしくは2台同時にRHAが排熱利用することにより、排熱回収量が低下していることが原因と考えられる。
- ID08：カタログにおいて排熱のみで稼働するとされている負荷率 16% 以下にデータが見られ

ず、投入排熱量（ガス使用なし）のデータがない。排熱のみではほとんど運転されていないと思われる。

- ID08：実測値は定格再熱 1/2 流量に近く、RHA を 2 台併用運転している影響と考えられる。

(3) システム分析

1) 発電量、受電量、CGS発電寄与率の月別推移

- ID04：負荷が小さいと思われる時期も CGU3 台を常に同じ負荷率で動かしており、台数制御をおこなっていない。実験的要素の多く熱主運転の特別な運用を行っているためである。
- ID08：2016 年夏期まで CGU2 台のうちどちらか 1 台を定格運転させており、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、電主運転を行っている。
- ID10：冬期、中間期に CGS1 と CGS2 を 1 日で交互に運転している。補機消費電力割合は約 7.6%で落ち着いているが、その中には CGU が稼働していない時の待機電力が含まれている。
- ID13：CGS 発電寄与率は 23%~45%の範囲にあり、電主運転を行っている。

2) システム総合効率と外気温度の関係

- ID04：外気温度が下がる程、システム総合効率も下がり、熱主運転であることが原因で考えられる。
- ID08、ID10、ID13：外気温度によってシステム総合効率は変化せず、電主運転であることが原因であると考えられる。中間期と思われる外気温度 15°C~20°Cの範囲ではシステム総合効率は 10%程下がる。

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

4-3.1. 実働性能解析に向けた詳細分析概要

構築したベースプログラムの計算精度を向上させるため、アンケート調査及びヒアリング調査の分析結果や、実測データの基礎分析結果から以下の5点を抽出して詳細分析を実施した。

- (1) 入力データ及び規定値の設定（運転スケジュール等）
- (2) CGU効率
- (3) CGU起動停止特性
- (4) CGS補機動力特性
- (5) RHA特性

具体的には、本調査により得られたアンケート調査結果、ヒアリング調査結果、実測データを基に詳細分析を行う。これらの検討を進めることで、より計算精度が高く、設計者の省エネルギーに対する工夫を的確に評価できるようなプログラムの改良指針が得られる可能性がある。ただし、これらのポイントについて、入力の手間と計算結果への影響の大きさを考えながら、CGSの評価プログラムに組み込むべきか判断することが重要である。

4-3.2. 入力データ及び規定値の設定（運転スケジュール等）分析

4-3.2.1. 分析概要

アンケート調査によって得られたCGUの運転スケジュール設定時間から建物用途毎に稼働時間を抽出し、時間帯別の稼働率を算出することで、CGUの運転スケジュール分析を行う。ヒアリング調査対象物件の建物使用時間帯についても合わせて示す。

4-3.2.2. 分析結果

A) 建物用途別季節別CGU時間帯別稼働率

アンケート調査の集計結果から得られた、全建物用途77件のCGS導入物件におけるCGU時間帯別稼働率を表4-3.1に示す。建物用途別の物件数に対し、CGUを稼働させている物件数をCGU稼働率としている。表4-3.1を見ると、全建物用途のCGS導入物件では夏期平日、冬期平日、中間期平日、夏期休日、冬期休日、中間期平日の順にCGU稼働率が高いことがわかる。夏期平日の平均稼働時間は12時間であった。

表 4-3.1 全建物用途のCGU時間帯別稼働率 (n=77)

	時間帯																							平均稼働時間	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23
夏期平日	4%	4%	4%	4%	4%	5%	14%	30%	72%	89%	91%	95%	95%	96%	96%	97%	97%	97%	85%	68%	55%	38%	31%	10%	12.8
冬期平日	3%	3%	3%	3%	3%	5%	12%	29%	65%	79%	83%	87%	87%	88%	88%	89%	88%	85%	74%	60%	47%	32%	26%	9%	11.5
中間期平日	4%	4%	4%	4%	4%	6%	12%	23%	51%	64%	70%	74%	74%	75%	75%	77%	75%	74%	63%	51%	38%	26%	22%	8%	9.8
夏期休日	4%	4%	4%	4%	4%	5%	9%	15%	32%	38%	42%	44%	44%	45%	45%	47%	45%	44%	41%	32%	25%	21%	18%	8%	6.2
冬期休日	3%	3%	3%	3%	3%	5%	8%	13%	27%	32%	36%	38%	38%	39%	38%	38%	38%	35%	33%	29%	21%	16%	12%	4%	5.1
中間期休日	4%	4%	4%	4%	4%	6%	9%	12%	23%	27%	29%	30%	30%	31%	30%	31%	31%	30%	27%	23%	18%	13%	11%	5%	4.4

建物用途ごとの CGU 時間帯別稼働率を表 4-3.2 に示す。表 4-3.2 から、建物用途が病院の物件では、平日のおおよそ 8 時から 19 時に CGU を稼働し、休日は稼働していない物件が多いことがわかる。夏期、冬期、中間期の順に CGU 稼働率が高く、夏期平日の平均稼働時間は約 14 時間であった。

学校では、平日 9 時から 19 時の CGU 稼働率が高い。休日にはあまり稼働していないが、CGU 稼働率は冬期、夏期、中間期の順に高くなっている。

またホテルでは平日よりも休日の方が CGU 稼働率は高く、15 時から 19 時の利用が多い。夏期平日の平均稼働時間は約 11 時間であった。

スポーツ施設は平日の 9 時から 21 時の稼働率が高く、休日は午後に比べて午前の稼働率が高い。

B) 建物使用時間とCGU運転スケジュール

ヒアリング調査を行った14件の物件の建物使用時間とCGU運転スケジュールを表4-3.3に示す。建物使用時間とCGU稼働時間は1時間運用している時間帯を100%、運用していない時間帯を0%としている。(例：30分稼働…50%)

- ・ 病院の3件では、建物使用時間は平日休日ともに24時間だが、CGUは平日昼間に稼働し、スケジュール運転を行っている。建物使用時間とCGU稼働時間は一致しないが、病院は、給湯や空調などで平日昼間の業務時間帯にピーク負荷となると考えられる。建物使用時間が24時間でも十分負荷の大きい時間帯にCGUを稼働させている可能性がある。
- ・ 学校のID11とID12では、建物使用時間とCGU稼働時間は平日昼間の時間帯で、ほぼ一致している。CGU稼働時間はともに11時間であった。
- ・ 事務所のID04では建物使用時間は8時30分から17時であり、CGU稼働時間も夏期と冬期の平日8時から17時となっており、建物使用時間とほぼ一致している。ヒアリング調査により、ID04では中間期に熱負荷が小さくなるために運用を行っていないという実態も確認された。ID04では空調負荷により夏期・冬期が負荷のピーク期間となると推測できる。
- ・ ここでは事務所と他用途の空間を含む物件を事務所複合としている。そのうちID09は、建物使用時間は24時間だが、CGU稼働時間は平日8:00~22:00の14時間である。休日は夏期のみ運転している。病院同様に平日昼間や夏期の高負荷時にCGUを稼働させていると考えられる。
- ・ その他の建物用途のID02(給食センター)、ID10(物販店舗・飲食店)、ID13(体育館・屋内プール)では、建物使用時間とCGU稼働時間は概ね一致している。また、季節ごとに稼働時間の違いはほとんどなく、通年でCGUを稼働させている。

4-3.3. CGU効率特性分析

4-3.3.1. 分析概要

4-2.2 節にて発電効率については実測効率とカタログ効率が概ね同じ値を示しており、排熱回収効率については実測効率がカタログ効率より低い値を示すことを記述した。排熱回収効率の実測効率が低い値を示したのは、放熱分のデータを得られておらず、放熱量を反映できていなかったことが主要因として考えられる。よってCGUが排熱を安定して使い切っており、冷却塔から放熱していないと想定される時間だけを抽出して夏期、冬期に分けて排熱回収効率について再検討した。

4-3.3.2. 分析結果

A) 有効排熱回収量推移と度数分布

ID08、ID10の有効排熱回収量の夏期代表期間の推移と冬期代表期間の推移をそれぞれ図4-3.1～図4-3.4に示す。続いて、その有効排熱回収量を5kWh/hごとに区切った場合の度数分布を表4-3.4～表4-3.7に示す。ID08について夏期は295kWh/h～300kWh/hが、冬期は255kWh/h～260kWh/hが最も出現頻度が高く、ID10について夏期は670kWh/h～675kWh/hが、冬期は525kWh/h～530kWh/hが最も出現頻度が高かった。

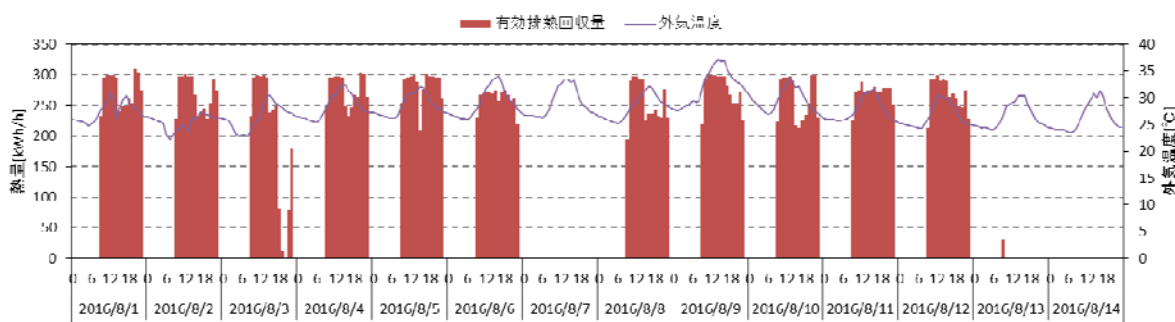


図 4-3.1 ID08：有効排熱回収量の夏期代表期間の推移

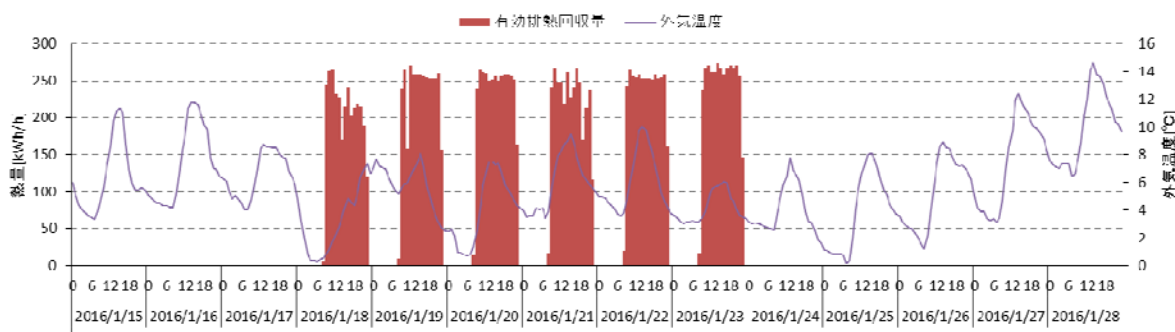


図 4-3.2 ID08：有効排熱回収量の冬期代表期間の推移

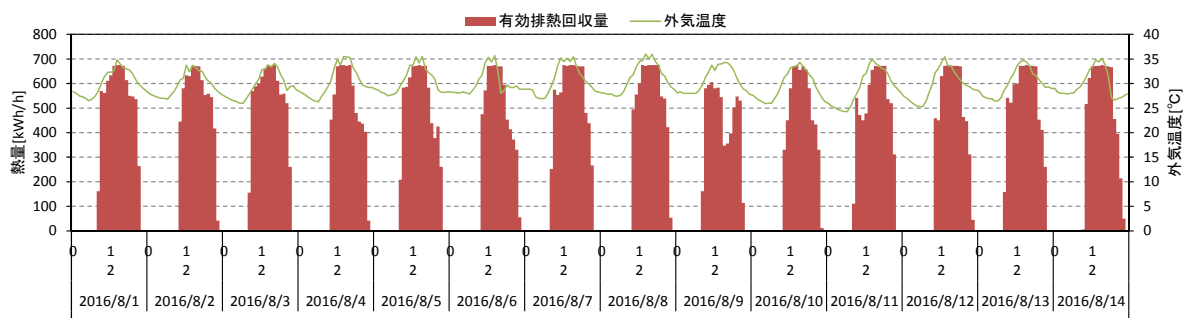


図 4-3.3 ID10：有効排熱回収量の夏期代表期間の推移

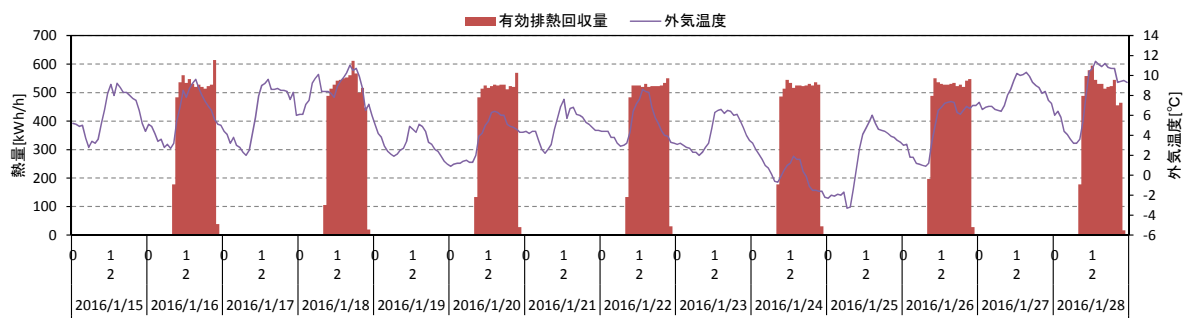


図 4-3.4 ID10：有効排熱回収量の冬期代表期間の推移

表 4-3.4 ID08 : 有効排熱回収量の夏期代表期間の度数分布

有効排熱 回収量区分	度数	度数分布
250～255kWh/h	7	6%
255～260kWh/h	2	2%
260～265kWh/h	7	6%
265～270kWh/h	8	7%
270～275kWh/h	12	11%
275～280kWh/h	10	9%
280～285kWh/h	1	1%
285～290kWh/h	3	3%
290～295kWh/h	12	11%
295～300kWh/h	39	36%
300～305kWh/h	6	6%
305～310kWh/h	0	0%
310～315kWh/h	1	1%
315～320kWh/h	0	0%
320～325kWh/h	0	0%
325～330kWh/h	0	0%
330～335kWh/h	0	0%
335～340kWh/h	0	0%
340～345kWh/h	0	0%
345～350kWh/h	0	0%
350～355kWh/h	0	0%

表 4-3.5 ID08 : 有効排熱回収量の冬期代表期間の度数分布

有効排熱 回収量区分	度数	度数分布
200～205kWh/h	1	1%
205～210kWh/h	0	0%
210～215kWh/h	2	3%
215～220kWh/h	4	5%
220～225kWh/h	0	0%
225～230kWh/h	2	3%
230～235kWh/h	1	1%
235～240kWh/h	4	5%
240～245kWh/h	5	7%
245～250kWh/h	3	4%
250～255kWh/h	14	19%
255～260kWh/h	17	23%
260～265kWh/h	9	12%
265～270kWh/h	8	11%
270～275kWh/h	4	5%
275～280kWh/h	0	0%
280～285kWh/h	0	0%
285～290kWh/h	0	0%
290～295kWh/h	0	0%
295～300kWh/h	0	0%
300～305kWh/h	0	0%

表 4-3.6 ID10 : 有効排熱回収量の夏期代表期間の度数分布

有効排熱 回収量区分	度数	度数分布
600～605kWh/h	3	4%
605～610kWh/h	1	1%
610～615kWh/h	4	5%
615～620kWh/h	0	0%
620～625kWh/h	1	1%
625～630kWh/h	2	2%
630～635kWh/h	4	5%
635～640kWh/h	0	0%
640～645kWh/h	0	0%
645～650kWh/h	0	0%
650～655kWh/h	0	0%
655～660kWh/h	3	4%
660～665kWh/h	1	1%
665～670kWh/h	15	18%
670～675kWh/h	28	34%
675～680kWh/h	21	25%
680～685kWh/h	0	0%
685～690kWh/h	0	0%
690～695kWh/h	0	0%
695～700kWh/h	0	0%
700～705kWh/h	0	0%

表 4-3.7 ID10 : 有効排熱回収量の冬期代表期間の度数分布

有効排熱 回収量区分	度数	度数分布
500～505kWh/h	1	1%
505～510kWh/h	0	0%
510～515kWh/h	6	8%
515～520kWh/h	10	13%
520～525kWh/h	9	11%
525～530kWh/h	20	25%
530～535kWh/h	11	14%
535～540kWh/h	3	4%
540～545kWh/h	6	8%
545～550kWh/h	2	3%
550～555kWh/h	4	5%
555～560kWh/h	1	1%
560～565kWh/h	2	3%
565～570kWh/h	2	3%
570～575kWh/h	0	0%
575～580kWh/h	1	1%
580～585kWh/h	0	0%
585～590kWh/h	0	0%
590～595kWh/h	1	1%
595～600kWh/h	0	0%
600～605kWh/h	0	0%

B) 実測効率とカタログ効率の比較

ここで、上記で示した有効排熱回収量の出現頻度が最も高い区分は冷却塔からの放熱はないと仮定する。ID08 については有効排熱回収量が夏期は 295kWh/h～300kWh/h、冬期は 255kWh/h～260kWh/h、ID10 については夏期は 670kWh/h～675kWh/h、冬期は 525kWh/h～530kWh/h が、有効排熱回収量の出現頻度が最も高い区分に該当する。この区分での実測効率とカタログ効率の比較および外気温度との関係をそれぞれ図 4-3.5～図 4-3.8 に示す。なお CGU 負荷率が 100%であり、かつ、夏期は外気温度が 20℃以上冬期は外気温度が 10℃以下の時間を抽出している。図 4-3.5、図 4-3.6 に示すように、ID08 については夏期冬期ともに発電効率の実測効率はカタログ効率と概ね一致している。一方で、排熱回収効率の実測効率は夏期で 1%、冬期で 5%程カタログ効率より低い値を示す。図 4-3.7、図 4-3.8 に示すように ID10 についても、夏期冬期ともに発電効率の実測効率はカタログ効率と概ね一致している。一方で、排熱回収効率の実測効率は夏期についてはカタログ効率と一致しているが、冬期で 6%程カタログ効率より低い値を示す。これらの効率値についての結果のまとめを表 4-3.8 に示す。表 4-3.8 に示すように、排熱回収効率の実測効率は夏期よりも冬期の方がカタログ効率よりも低くなっている。この原因としては、配管等からの熱損失や、2 次側に十分な排熱負荷がないことによる強制放熱が考えられる。

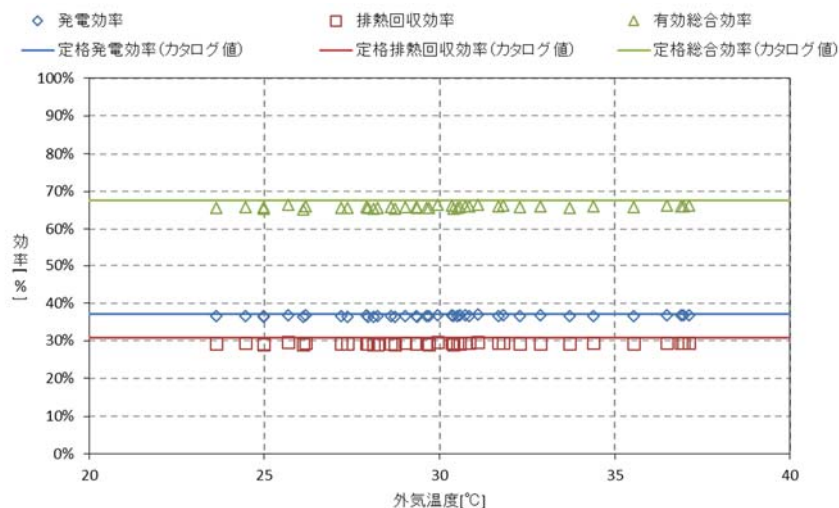


図 4-3.5 ID08 : 夏期の効率値分布

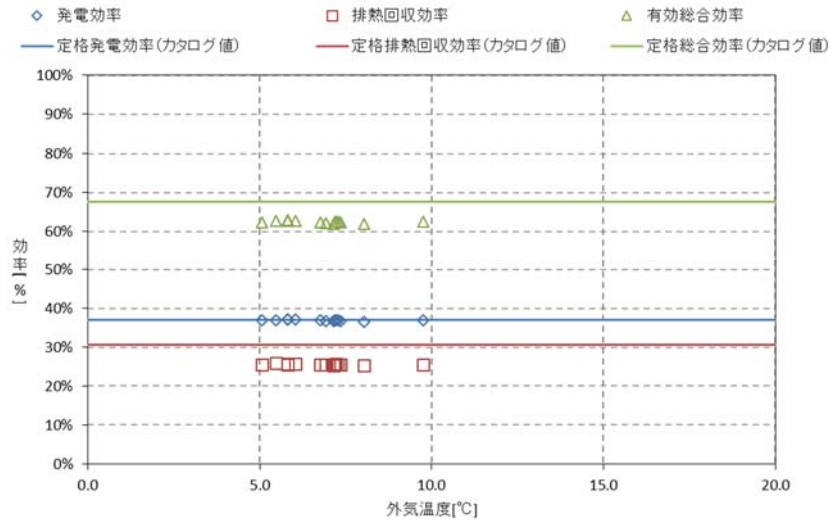


図 4-3.6 ID08：冬期の効率値分布

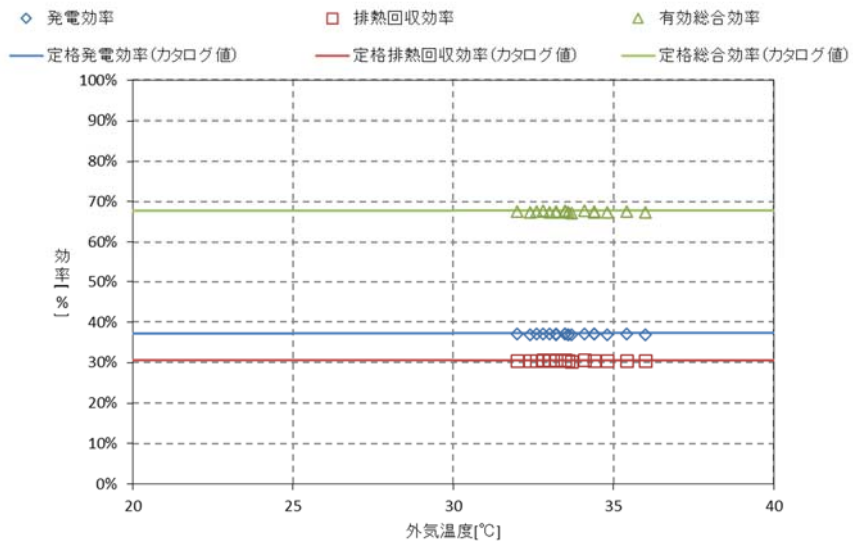


図 4-3.7 ID10：夏期の効率値分布

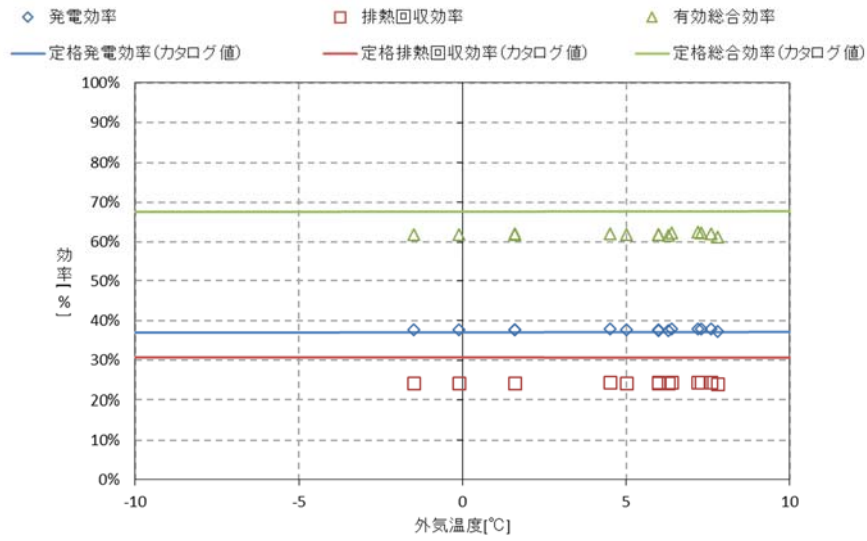


図 4-3.8 ID10 : 冬期の効率値分布

表 4-3.8 ID08,10 : 夏期、冬期の実測効率とカタログ効率の比較

	ID08		ID10	
	発電	排熱回収	発電	排熱回収
カタログ効率	37.0%	30.7%	37.4%	30.5%
夏期実測効率	36.6%	29.3%	37.0%	30.5%
冬期実測効率	36.9%	25.6%	37.7%	24.3%

4-3.4. CGU起動停止特性分析

4-3.4.1. 分析概要

ベースプログラムではCGUの稼働状態を考慮した性能評価計算は実装していない。しかし、発電効率や排熱回収効率等の効率値および補機動力の割合等はCGSの稼働状態に応じて変化するため、CGUの稼働状態はエネルギー消費量に影響すると考えられる。よってここでは、CGUの運転段階を起動動作、運転、停止動作、待機の各段階に分け、計測間隔1分の実測値で分析する。

各運転段階の判定の条件の概念図を図4-3.9に示す。起動動作段階及び停止動作段階の定義は下記の通りである。

- ・ 起動動作段階：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。

※ID08にて運転スケジュール時間外等の待機段階にも2kW程度の発電出力がみられたため、3kWを起動動作開始、停止動作終了の基準としている。

各要素の集計条件を表4-3.9に示す。また発電出力、排熱出力、ガス消費量それぞれにおいて、定格出力に対する動作時間中の出力の比を η として分析した。起動動作段階と停止動作段階それぞれの η の定義を以下に示す。

$$\eta_{\text{start}} = \frac{\text{起動動作時間中の積算出力}}{\text{起動動作時間} \times \text{定格出力 R}}$$
$$\eta_{\text{stop}} = \frac{\text{停止動作時間中の積算出力}}{\text{停止動作時間} \times \text{定格出力 R}}$$

但し、定格出力 R=CGU1台のカタログ値×CGU稼働台数としている。

CGU稼働台数の判定条件は以下の通りである。

- ・ 起動動作段階におけるCGU稼働台数：待機段階から最初に起動するCGUの発電出力開始時刻から1時間のうち、発電出力3kW以上の時間が5分以上継続するCGUの台数
- ・ 停止動作段階におけるCGU稼働台数：待機段階となる前に最後に停止するCGUの発電出力停止時刻より前の1時間のうち、発電出力3kW以上の時間が5分以上継続するCGUの台数

起動動作時間、停止動作時間については、発電出力、排熱出力、ガス消費量のうち動作開始時刻の期間平均値が最も早い時刻から最も遅い時刻までの時間として算出している。

効率については、動作時間中の積算ガス消費量に対する積算発電出力を発電効率、動作時間中の積算ガス消費量に対する積算排熱出力を排熱回収効率として算出している。

分析対象物件は実測調査を行った物件のうち、1分間隔で計測している2物件である。定格発電量 370kW の ID08 と、定格発電量 35kW マイクロコージェネレーションの ID02 でそれぞれ分析を行う。

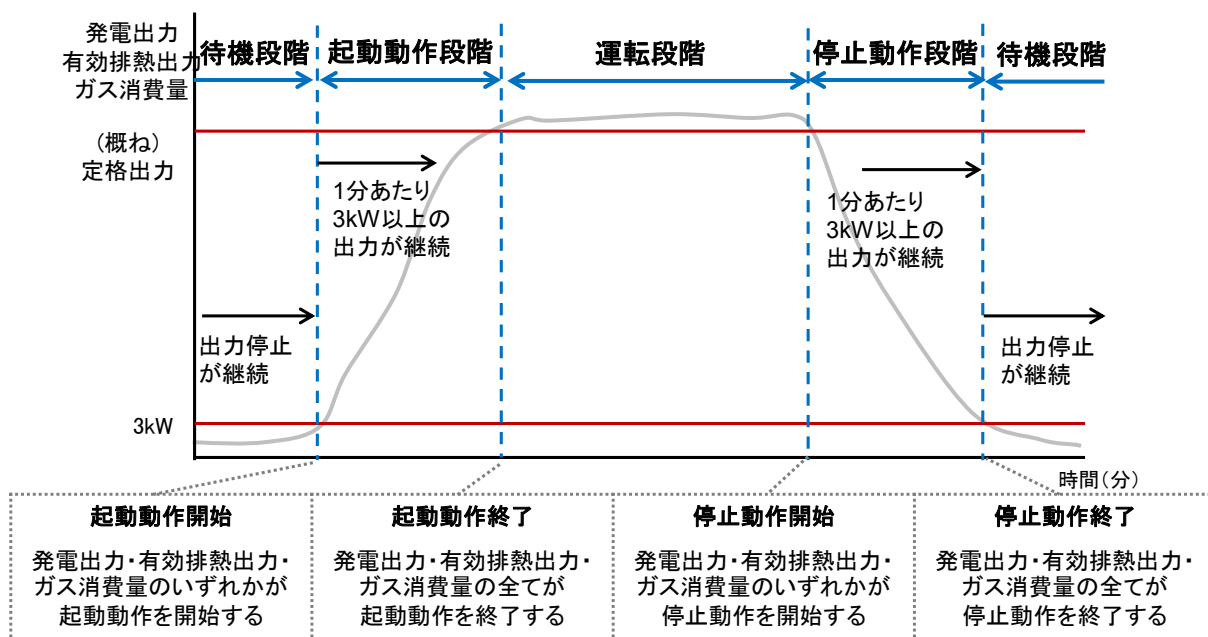


図 4-3.9 各運転段階判定条件の概念図

表 4-3.9 起動動作と停止動作の判定条件

起動動作判定条件	
起動動作開始	発電出力・排熱出力・ガス消費量のいずれかが動作を開始する
発電出力開始	3kW以下が30分継続し、その後3kW以上が30分継続する時刻
排熱出力開始	3kW以上が5分間継続する
ガス消費開始	3kW以上が5分間継続する
起動動作終了	発電出力・排熱出力・ガス消費量の全てが動作を終了する
発電出力定格到達	実測値とその5分の移動平均がともに定格出力Rを超える
排熱出力定格到達	実測値とその5分の移動平均がともに定格出力Rを超える
ガス消費量定格到達	5分の移動平均が定格を超える

停止動作判定条件	
停止動作開始	発電出力・排熱出力・ガス消費量のいずれかが動作を開始する
発電停止動作開始	実測値とその5分の移動平均がともに定格出力Rを下回る
排熱停止動作開始	実測値とその5分の移動平均が定格出力Rを下回り減少し続ける
ガス消費停止動作開始	実測値と5分の移動平均が定格を下回る
停止動作終了	発電出力・排熱出力・ガス消費量の全てが動作を終了する
発電出力終了	3kW以上が30分継続し、その後3kW以下が30分継続する時刻
排熱出力終了	3kW以下が5分間継続する
ガス消費終了	3kW以下が5分間継続する

4-3.4.2. 分析結果

1) 起動動作段階

A) 代表日の運転状況

■ 負荷率の推移

ID08 の起動動作段階における年間代表日の CGU1 の発電出力、ガス消費量、有効排熱出力、受電電力及び、CGU1 の負荷率の推移を図 4-3.10、CGU 複数台稼働時の運転状況を図 4-3.10 に示す。また、ID02 の年間代表日の発電出力、有効排熱出力及び負荷率の推移を図 4-3.11、CGU 複数台稼働時の運転状況を図 4-3.13 に示す。これらは発電出力開始時刻を 0 分としている。ID02 では受電電力、ガス消費量のデータが得られていないため示していない。図 4-3.10 より、ID08 では発電出力開始の約 5 分前からガスが投入される。発電出力開始の約 10 分後に有効排熱出力の上昇が見られ、発電出力開始の約 20 分後に安定する。CGU1 の負荷率は 10 分後には 100% に到達している。図 4-3.11 より、ID02 の発電出力は 3 分程度で定格出力に到達し、負荷率も 3 分程度で 100% に到達する。また、発電出力開始から 5 分後に有効排熱出力の上昇がみられ、発電出力開始の約 20 分後に安定する。図 4-3.12 より ID08 複数台稼働時は、2 台目の CGU は 1 台目の CGU の起動動作中に発電出力を開始している。図 4-3.13 より、ID02 の CGU 複数台稼働時は、各 CGU が 5~10 分の間隔で段階的に起動している。

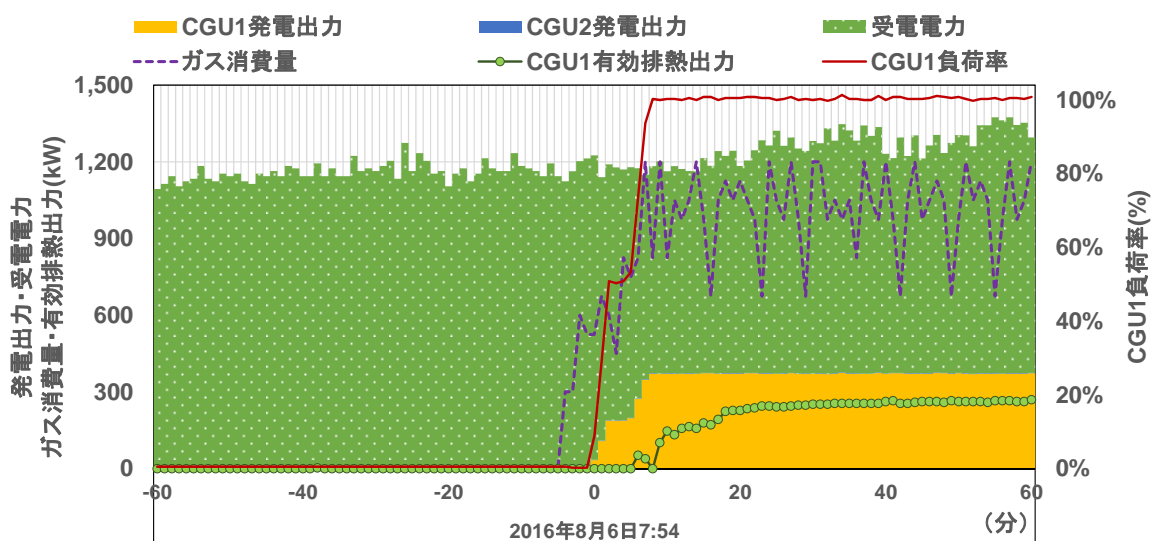


図 4-3.10 ID08 : 負荷率の推移 (CGU1 単独での起動動作段階)

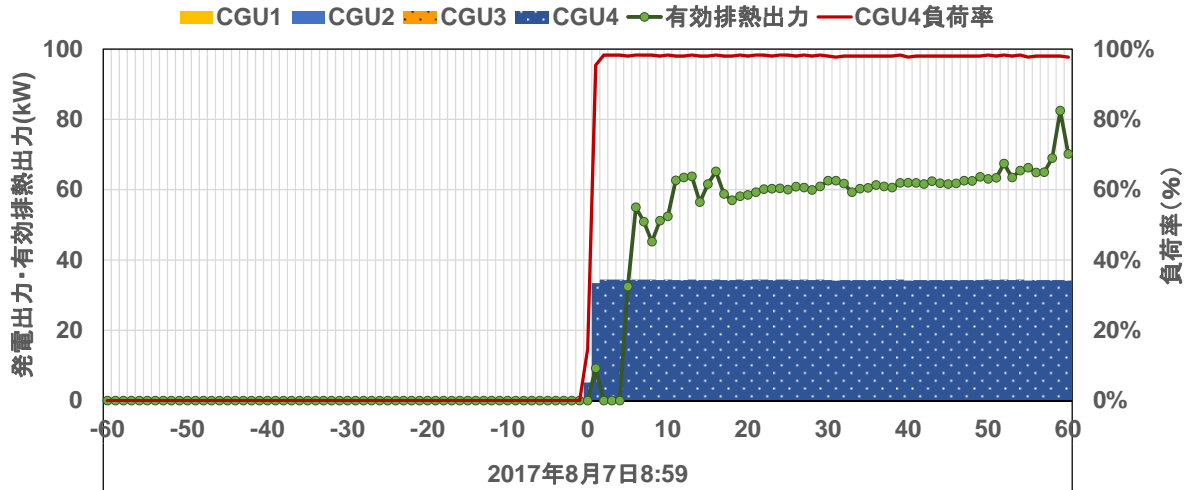


図 4-3.11 ID02：負荷率の推移（CGU4 単独での起動動作段階）

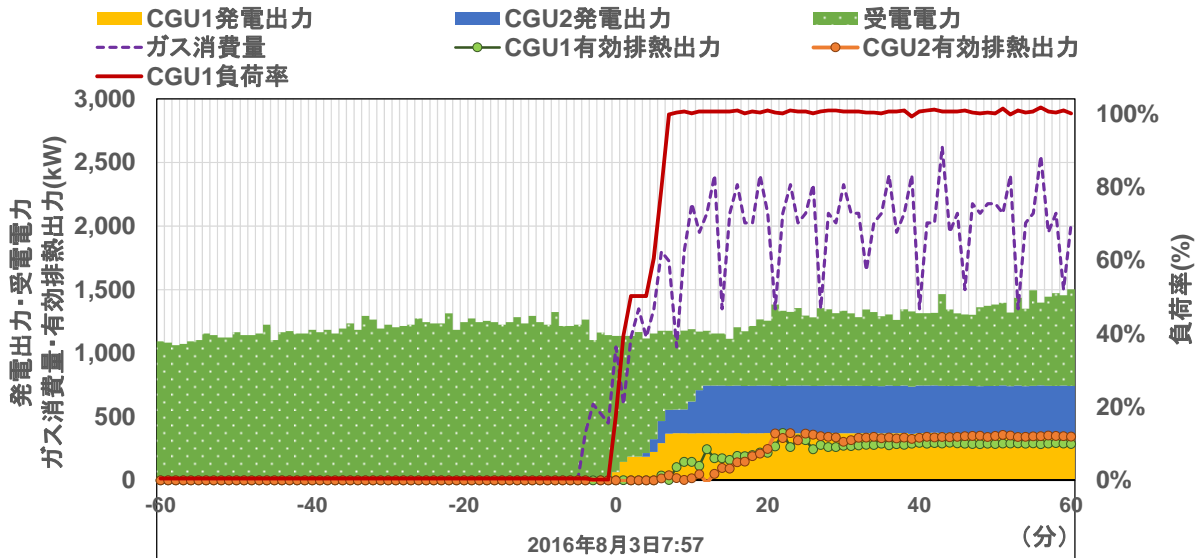


図 4-3.12 ID08：複数台稼働時の運転状況

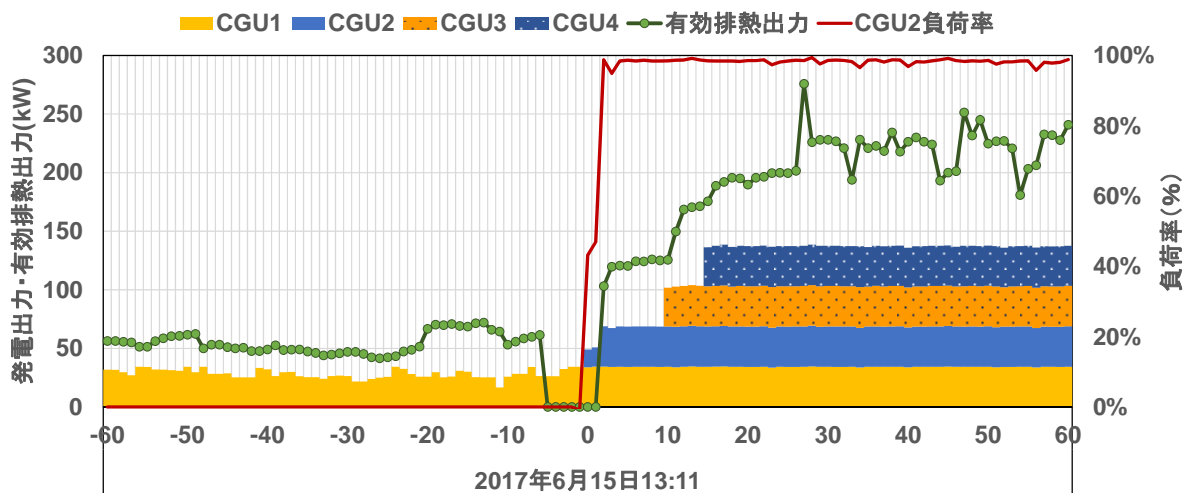


図 4-3.13 ID02：複数台稼働時の運転状況

■ 出口温度の推移

ID08の年間代表日の発電出力、ガス消費量、有効排熱出力及びCGU1出口温度の推移を図4-3.14に示す。また、ID02の冬期代表日の発電出力、有効排熱出力及び排熱回路系出口温度の推移を図4-3.15、図4-3.16に示す。図4-3.14より、ID08では発電開始の約10分後に出口温度が線形に上昇し始め、20分後に出口温度は85℃に達し安定している。また図4-3.15より、ID02の出口温度は放物線状に上昇し、60分後には70℃に到達している。図4-3.16に示す年間代表日では、発電開始後出口温度は放物線状に上昇して約50℃に到達し、約45分後CGU2が起動し始めると同時に40℃程度まで下がっている。排熱利用先が変化したためにCGU2が起動し、CGU1出口温度が変化した可能性がある。

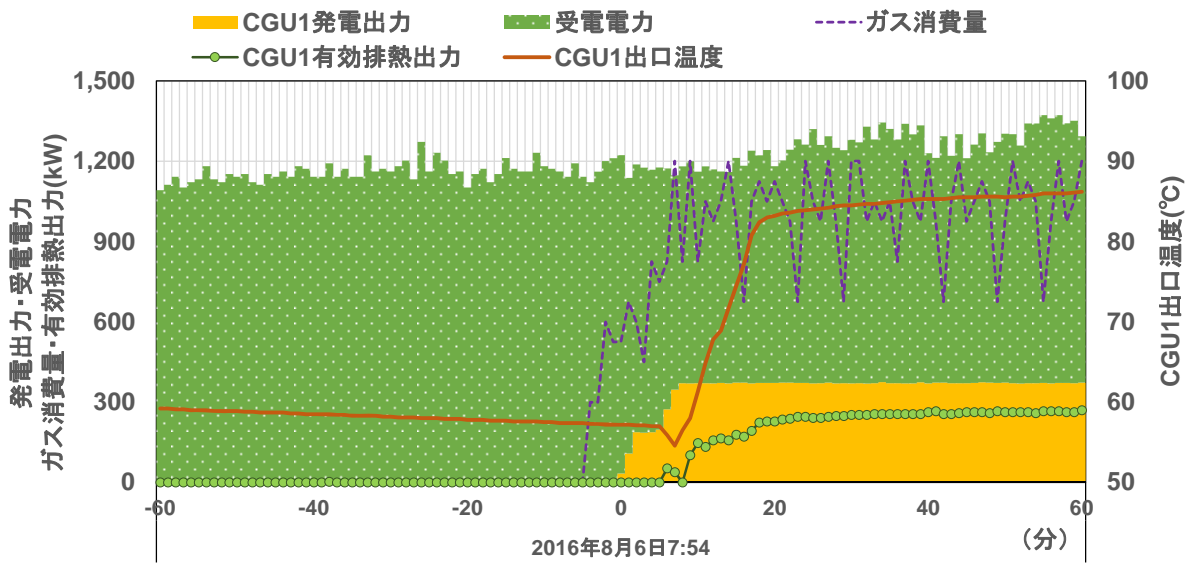


図 4-3.14 ID08 : CGU1 出口温度の推移

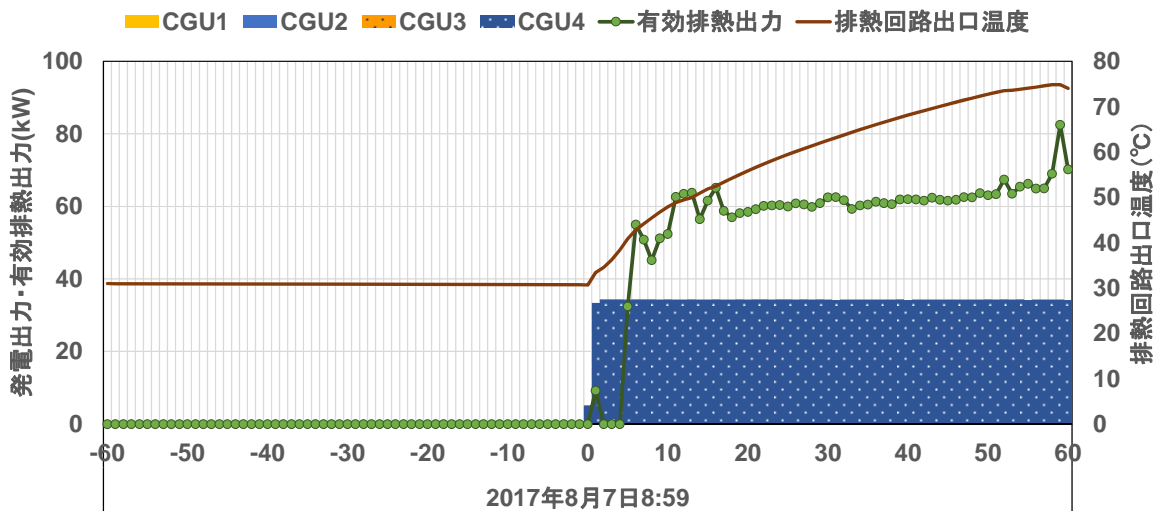


図 4-3.15 ID02 : 排熱回路系出口温度の推移

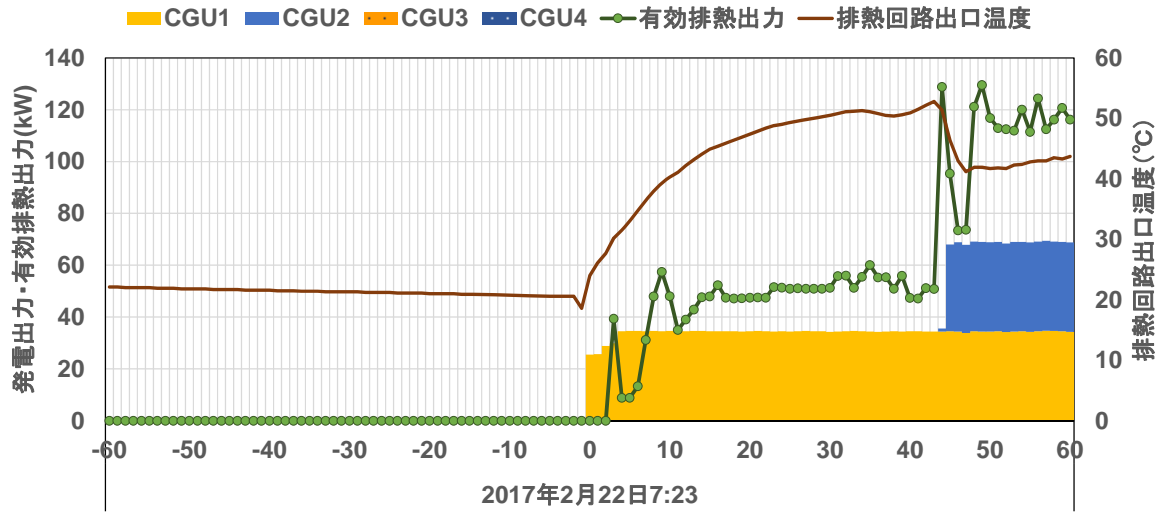


図 4-3.16 ID02 : 排熱回路系出口温度の推移

■ 排熱回路流量の推移

ID08 の代表日の発電出力、受電電力、有効排熱出力、ガス消費量及び排熱回路流量の推移を図 4-3.17 に示す。図 4-3.17 より、ID08 では発電開始の約 5 分後に排熱回路流量は上昇し、安定している。また、ID02 の代表日の発電出力、有効排熱出力及び排熱回路流量の推移を図 4-3.18 に示す。図 4-3.18 より ID02 では、発電出力開始とほぼ同時刻に排熱回路流量は瞬時に上昇し、概ね安定している。

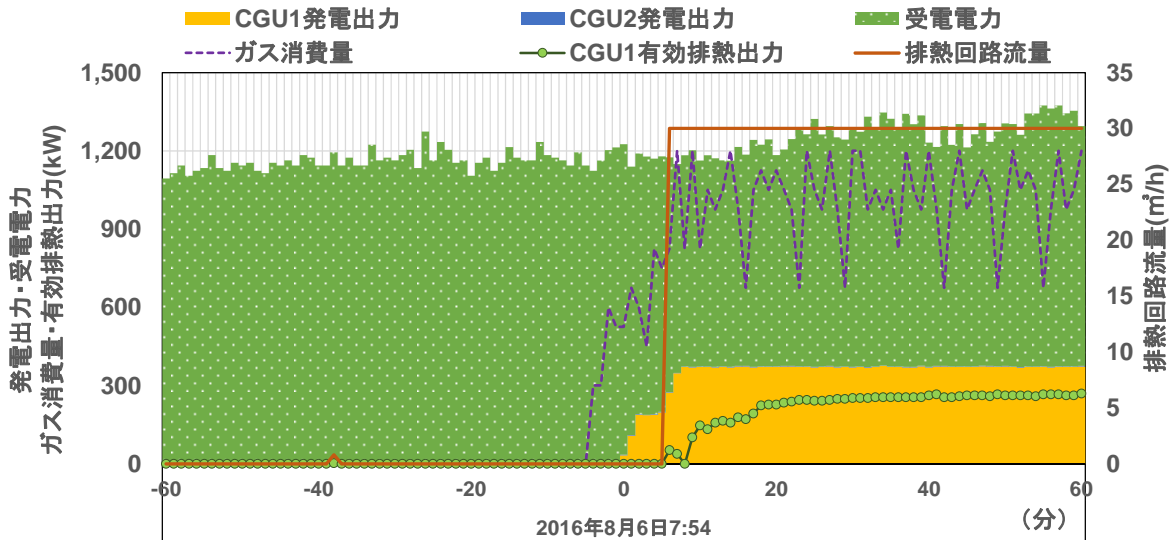


図 4-3.17 ID08 : CGS 排熱回路流量の推移

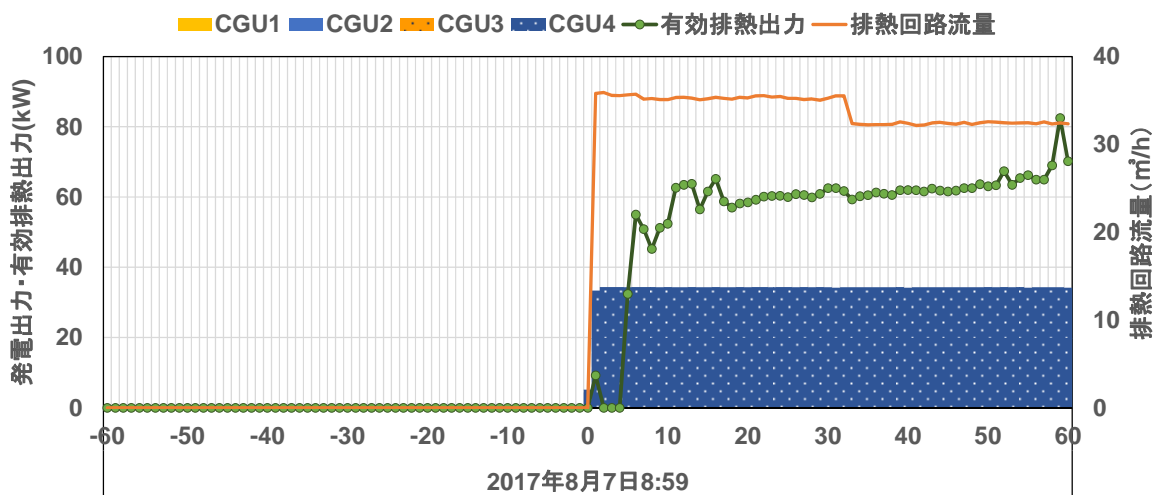


図 4-3.18 ID02 : CGS 排熱回路流量の推移

B) 運転段階別季節別平均出力および動作時間の判定

ID08 の CGU1 台起動時の季節平均の発電出力、有効排熱出力、ガス消費量の推移を図 4-3.19 に示す。これは、夏期 8 月及び冬期 2 月の季節ごとに起動動作段階を含む時間を抽出し、発電出力開始時刻を 0 分として各時刻の出力を季節別に平均した値である。また、稼働台数別平均の発電出力、有効排熱出力、ガス消費量の推移を図 4-3.20 に示す。これは夏期と冬期のうち起動台数ごとに同様に集計しているが、冬期は 2 台起動する場合はみられなかったため、2 台起動する場合は夏期のみ平均を示している。ID08 の季節別起動回数と起動動作時間、 η_{start} と効率値を表 4-3.10 に示す。図 4-3.19 より、1 台起動時の発電出力と有効排熱出力、ガス消費量の推移は夏期と冬期ではほぼ一致している。図 4-3.20 より、発電出力開始からおおよそ 5 分間の 1 台起動時と 2 台起動時の発電出力の挙動は一致している。排熱出力の 1 台起動時と 2 台起動時の挙動は発電出力開始から 10 分後まではおおよそ一致している。ガス消費量は 1 台起動時と 2 台起動時ともに発電出力開始から約 10 分までは上昇し、その後安定している。表 4-3.10 より季節別の平均値では、夏期と冬期ともにガス消費量が出力開始した約 4 分後に発電出力開始し、その約 7 分後に有効排熱出力を開始している。夏期の起動動作時間は約 24 分、冬期は約 28 分であった。出力開始時間の違いから、 η_{start} はガス、発電出力、有効排熱出力の順に低くなっている。同様に、発電効率に比べて有効排熱回収効率が低いのも有効排熱出力開始が発電出力開始に比べて遅いためと考えられる。

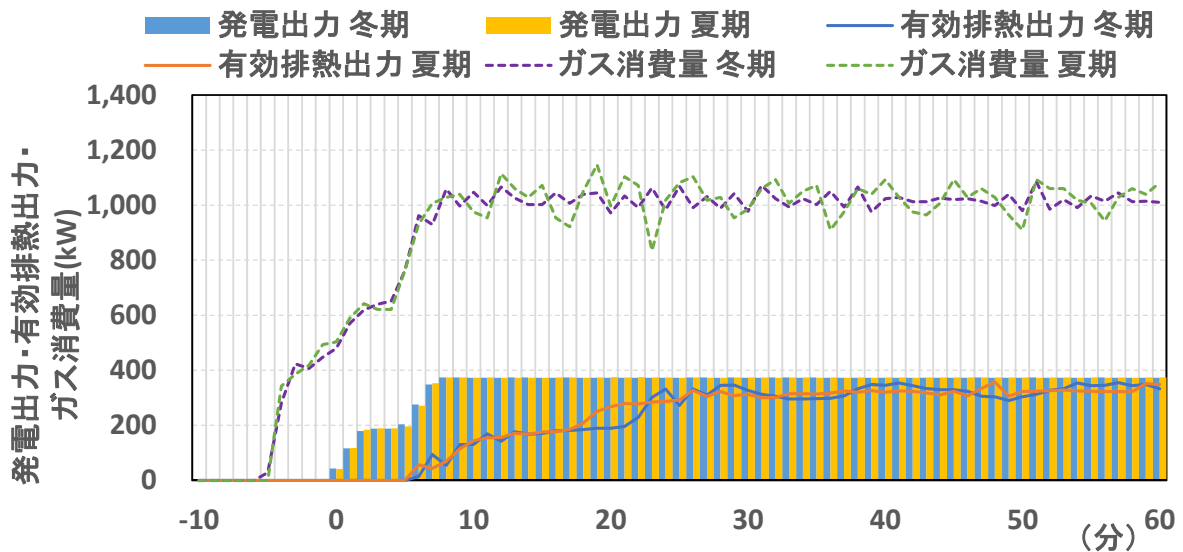


図 4-3.19 ID08 : CGU1 台起動時の起動動作段階における季節平均の発電出力及び有効排熱出力、ガス消費量の挙動

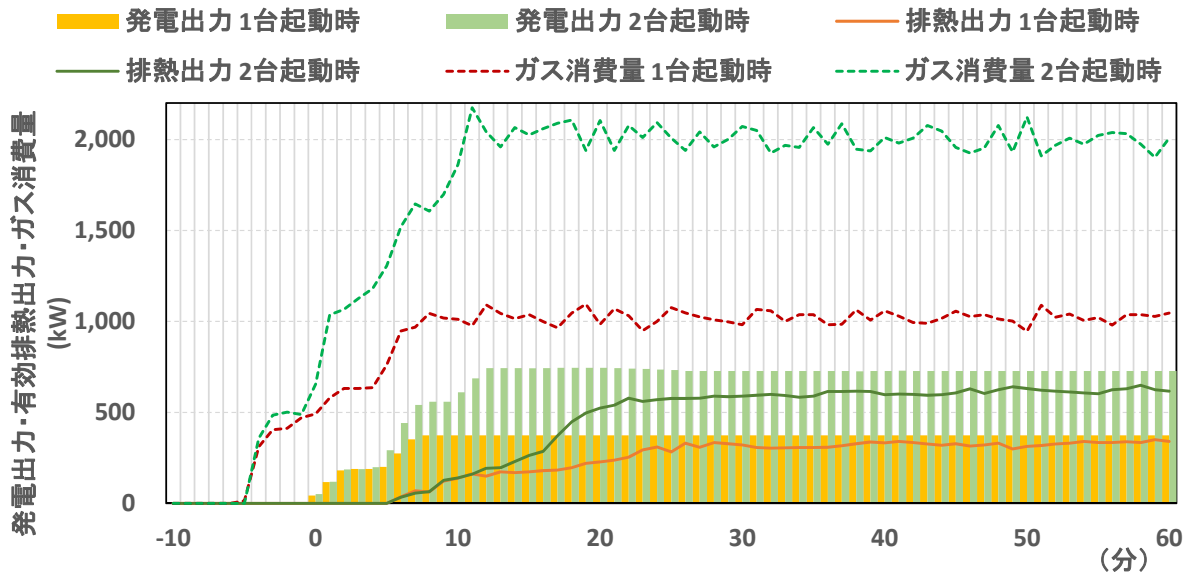


図 4-3.20 ID08：起動動作段階における稼働台数平均の
発電出力及び有効排熱回収効率ガス消費量の挙動

表 4-3.10 ID08：季節別起動動作回数と起動動作時間と η_{start} と各種効率値

	起動動作回数		夏期		冬期	
	夏期	冬期	起動動作時刻		起動動作時刻	
			動作開始(分)	動作終了(分)	動作開始(分)	動作終了(分)
1台起動時	7	28	-4.0	8.7	-4.2	9.2
2台起動時	22	0	0.0	8.0	0.0	7.9
合計	29	28	6.6	20.0	7.4	23.6
			起動動作時間		起動動作時間	
			24.0		27.8	

※発電出力開始=0(分)

	η_{start}		各種効率値		
	夏期	冬期	夏期	冬期	
ガス消費量	85%	86%	発電効率	31%	32%
発電出力	80%	84%	有効排熱回収効率	11%	13%
有効排熱出力	40%	45%	総合効率	42%	45%
			負荷率	69%	73%

ID08の起動動作段階における起動台数別季節平均のCGU1出口温度と排熱回路流量の推移を図4-3.21に示す。発電出力開始時刻を0分としている。図4-3.21より、1台起動時の夏期と冬期のCGU1出口温度は発電出力開始からおおよそ20分で75°Cに到達している。夏期2台起動時のCGU1出口温度は、発電出力開始から約20分で90°C程度まで上昇し安定している。夏期2台起動時の排熱回路流量は夏期1台起動時のおおよそ2倍になっている。いずれの場合も発電出力開始から約5分後に即座に排熱回路流量は上昇し、安定する。

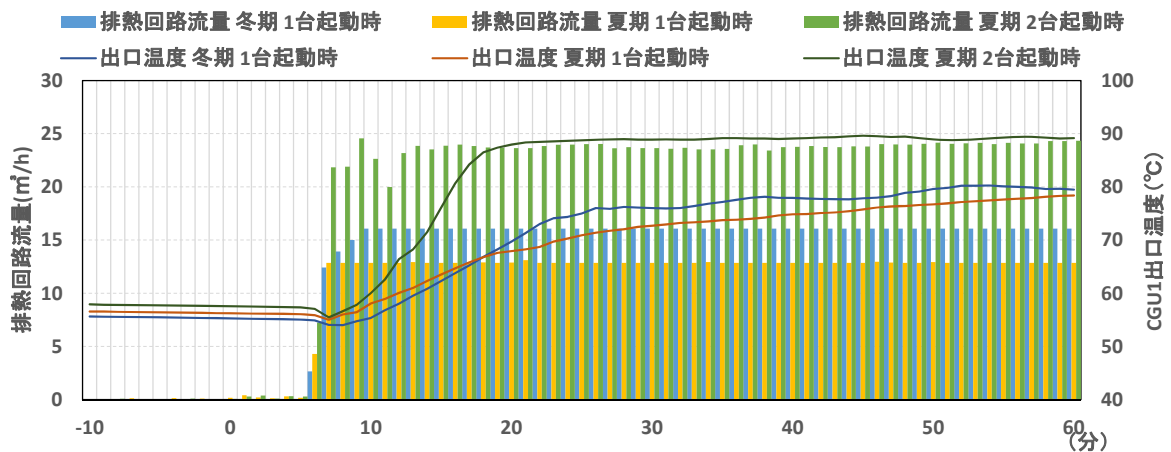


図 4-3.21 ID08: 起動動作段階における稼働台数別季節平均の排熱回路流量及びCGU1出口温度の推移

ID02 の季節平均の発電出力と有効排熱出力の推移を図 4-3.22 に示す。これらは 4 台合計の期間平均値である。また、ID02 の起動動作回数と起動動作時間、 η_{start} を表 4-3.11 に示す。図 4-3.22 より、発電出力開始から約 5 分間は発電出力、有効排熱出力の推移は夏期と冬期でほとんど一致している。それ以降は夏期の発電出力、有効排熱出力に比べて冬期の発電出力、有効排熱出力の方が低くなっている。発電出力の夏期と冬期の差は、表 4-3.11 の稼働台数別起動動作回数に示すように稼働台数が異なるためと考えられる。有効排熱出力は放熱による熱損失の影響が考えられる。表 4-3.11 より、ID02 の夏期平均値では、発電出力開始から約 3 分後に有効排熱出力を開始し、発電出力開始から約 20 分で発電出力、排熱出力の定格値に到達している。冬期平均値では発電開始の約 4 分後に有効排熱出力開始し、発電出力開始の約 30 分後に定格出力に到達している。また、ID08 と同様に、発電出力に比べて有効排熱出力の η_{start} が低くなっている。

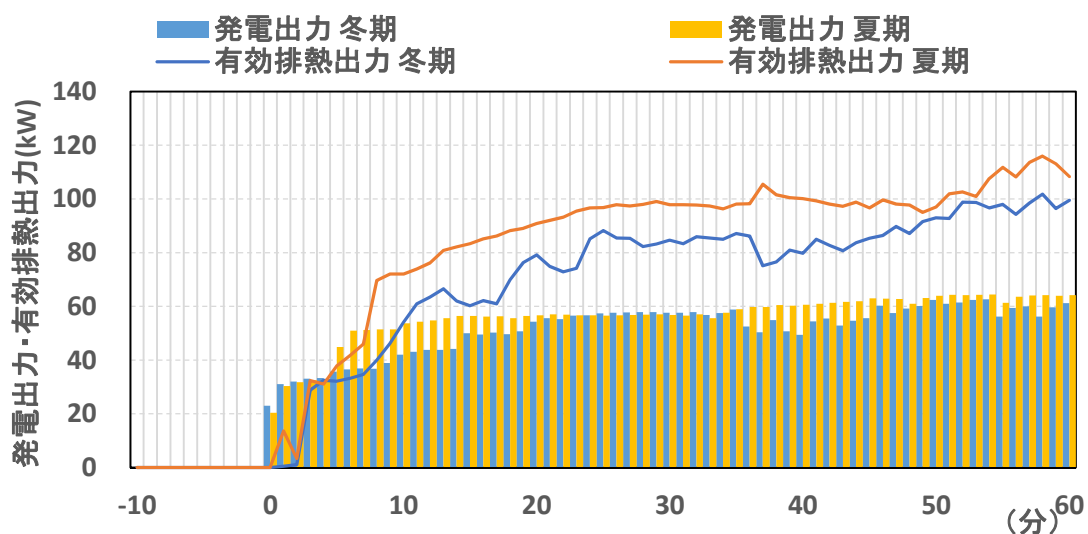


図 4-3.22 ID02：起動動作段階における季節別平均の発電出力及び有効排熱出力の挙動

表 4-3.11 ID02：起動動作回数と起動動作時間と η_{start}

	起動動作回数		夏期		冬期	
	夏期	冬期	起動動作時刻 動作開始(分) 動作終了(分)		起動動作時刻 動作開始(分) 動作終了(分)	
1台起動時	6	1	0.0	17.6	0.0	32.1
2台起動時	16	21	2.9	15.4	4.4	30.3
3台起動時	6	6	17.6		32.1	
4台起動時	0	0	※発電出力開始=0(分)			
合計	28	28				

	η_{start}	
	夏期	冬期
発電出力	92%	75%
有効排熱出力	51%	59%

ID02 の起動動作段階における季節別平均の排熱回路流量の推移を図 4-3.23、排熱回路出口温度の推移を図 4-3.24 に示す。図 4-3.23 より、排熱回路流量は起動台数や季節に関わらず、発電出力開始とほぼ同時に開始し、すぐに CGU4 台の排熱回路流量の定格値 36 m³/h 程度で安定する。図 4-3.24 より、夏期の排熱回路出口温度は放物線上に上昇し、約 50 分で定格値の 80℃に到達しているが、冬期の排熱回路出口温度は約 60 分で 50℃程度までしか上昇していない。ID02 の冬期は主に給湯に排熱を利用しているため、夏期と比べて冬期は排熱回路温度が低いまま利用していると考えられる。

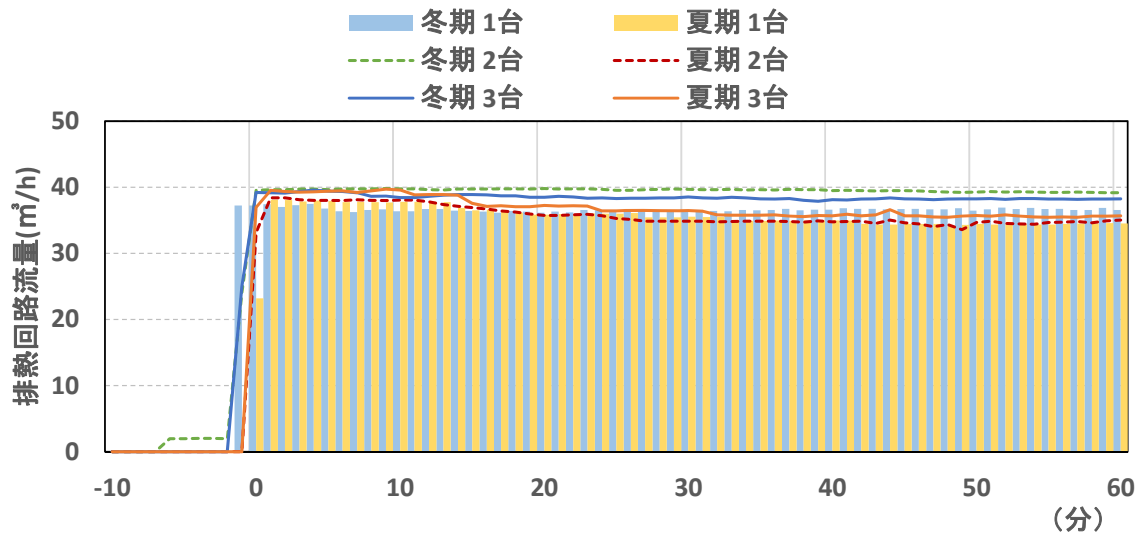


図 4-3.23 ID02 : 起動動作段階における起動台数別季節平均の排熱回路流量の推移

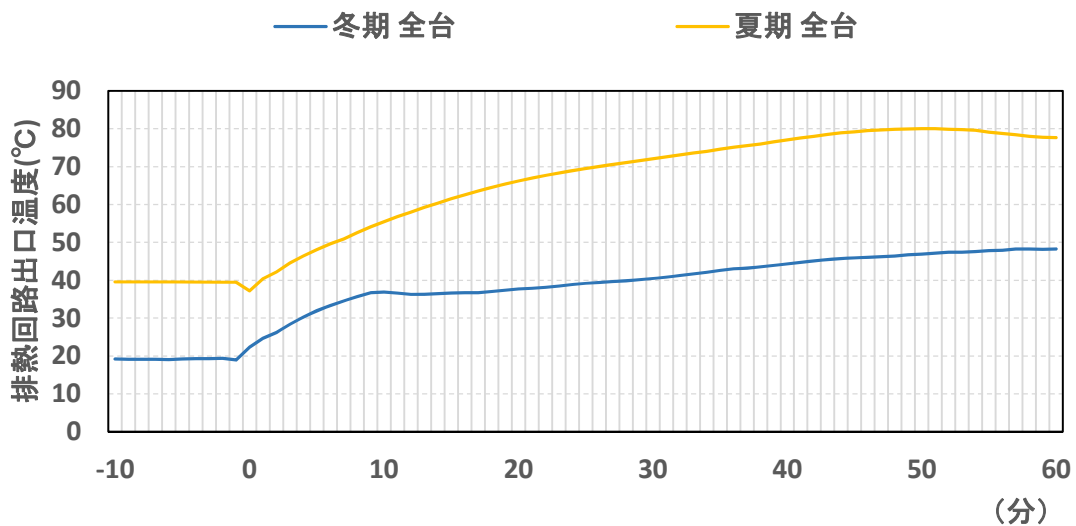


図 4-3.24 ID02 : 起動動作段階における季節平均の排熱回路出口温度の推移

C) 動作時間と外気温度との相関関係

ID08 の起動動作時間及び各起動動作判定時刻、 η_{start} 、各効率と外気温度の相関を図 4-3.25 に示す。各起動動作判定時刻は、発電出力開始時刻を 0 分として各要素の動作判定時刻の分布を示している。また、起動動作段階における動作時間、 η_{start} 、各効率の年間平均値も表 4-3.12 に示す。図 4-3.25 より、起動動作時間は外気温度が低いときの方が数分長い。また、ガス消費量開始時刻及び有効排熱出力開始時刻は外気温度に関わらずほぼ一定に分布している。各種効率と外気温度との相関はあまり見られない。

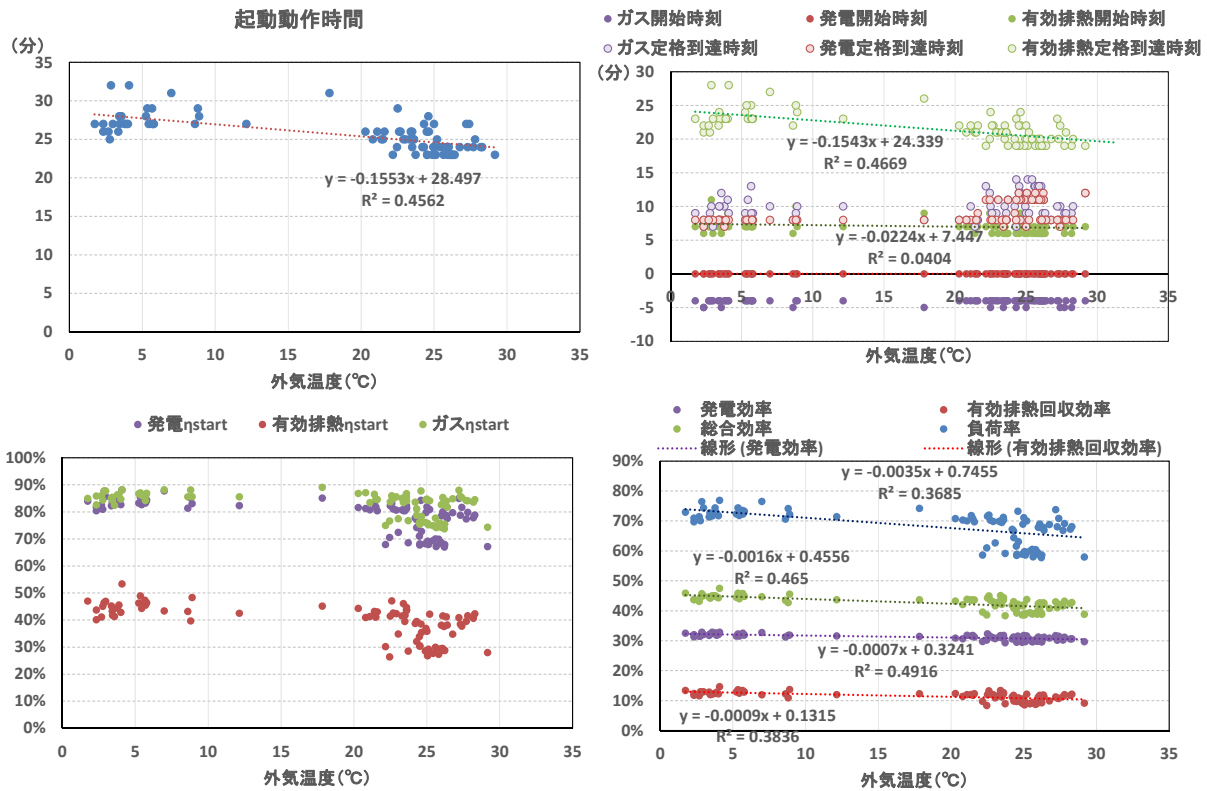


図 4-3.25 ID08：起動動作時間及び各起動動作判定時刻、 η_{start} 、各効率と外気温度の相関

表 4-3.12 ID08：起動動作段階における動作時間、 η_{start} 、各効率（年間平均値）

ID08	起動動作時刻	
	動作開始(分)	動作終了(分)
ガス消費量	-4.1	9.0
発電出力	0.0	8.0
有効排熱出力	7.0	21.8
起動動作時間	25.9	

※発電出力開始=0(分)

ID08	η_{start}
ガス消費量	85%
発電出力	82%
有効排熱出力	42%

ID08	各種効率値
発電効率	32%
有効排熱回収効率	12%
総合効率	44%
負荷率	71%

次に ID02 の起動動作時間及び各起動動作判定時刻、 η_{start} と外気温度の相関を図 4-3.26 に示す。各起動動作判定時刻は、発電出力開始時刻を 0 分として各要素の動作判定時刻の分布を示している。また、起動動作段階における動作時間及び η_{start} の年間平均値も表 4-3.13 に示す。図 4-3.26 より、起動動作時間はばらつきが大きく、外気温度との相関はあまりみられない。また、有効排熱出力開始時刻は外気温度に関わらずほぼ一定に分布している。発電出力開始時刻に対し約 4 分有効排熱出力開始時刻が遅れているため、有効排熱出力の η_{start} が低く分布している。有効排熱出力の η_{start} と外気温度との相関はあまり見られない。

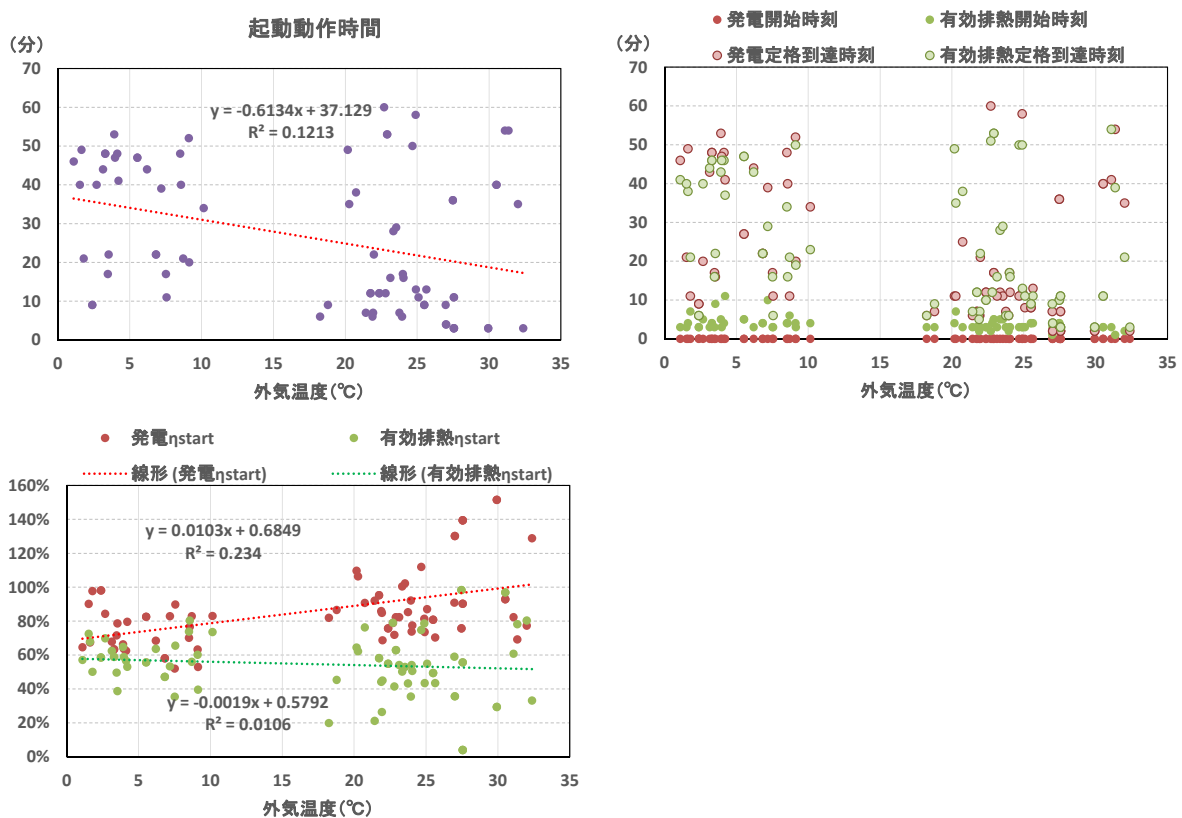


図 4-3.26 ID02：起動動作時間及び各起動動作判定時刻、 η_{start} と外気温度との相関

表 4-3.13 ID02：起動動作段階における動作時間及び η_{start} (年間平均値)

ID02	起動動作時刻		ID02	η_{start}
	動作開始(分)	動作終了(分)		
発電出力	0.0	24.9	発電出力	83%
有効排熱出力	3.7	22.8	有効排熱出力	55%
起動動作時間	24.9			

※発電出力開始=0

ID08、ID02の起動動作段階における年間平均の動作時間、 η_{start} 、各効率のまとめを表 4-3.14 に示す。表 4-3.14 より、どちらの物件でも発電出力開始時刻に対して有効排熱出力開始の遅れがみられ、ID08 では約 7 分、ID02 では約 4 分である。そのため、どちらも発電出力の η_{start} に対して有効排熱出力の η_{start} が小さくなっていると考えられる。

表 4-3.14 ID08, ID02 : 起動動作段階の動作時間、 η_{start} 、各効率 (年間平均値)

	ID08		ID02			η_{start}			各種効率値	
	起動動作時刻 動作開始(分) 動作終了(分)		起動動作時刻 動作開始(分) 動作終了(分)			ID08	ID02		ID08	ID02
ガス消費量	-4.1	9.0			ガス消費量	85%		発電効率	32%	
発電出力	0.0	8.0	0.0	24.9	発電出力	82%	83%	有効排熱回収効率	12%	
有効排熱出力	7.0	21.8	3.7	22.8	有効排熱出力	42%	55%	総合効率	44%	
起動動作時間	25.9		24.9					負荷率	71%	

※発電出力開始=0(分)

D) プログラム改良方法の検討

以上の結果より、起動動作段階における発電出力、有効排熱出力、ガス消費量は定格出力での運転段階に比べて出力の低下が大きく、それらの推移は外気温度との相関が小さいということが分かった。また、ガスエンジンとマイクロガスエンジンでは起動動作時間や出力の推移は異なっている。よって、プログラムの改良方法はガスエンジンとマイクロガスエンジンのそれぞれにおいて、定格出力に対する起動動作開始から1時間の出力の比である $\eta_{\text{start.h}}$ の年間平均値を用いて検討する。 $\eta_{\text{start.h}}$ の定義を以下に示す。

$$\eta_{\text{start.h}} = \frac{\text{起動動作開始から1時間の積算出力}}{\text{1時間} \times \text{定格出力 R}}$$

ID08、ID02 の起動動作開始時刻から1時間の、発電出力、有効排熱出力、ガス消費量の定格出力 R に対する比を図 4-3.27、図 4-3.28 に示す。起動動作終了後の台数制御や負荷追従制御など制御方法の影響を取り除くため、起動動作終了後は100%に収束させている。また図 4-3.27、図 4-3.28 に示す1時間の $\eta_{\text{start.h}}$ を表 4-3.15、表 4-3.16 に示す。表 4-3.15 より、ID08 の有効排熱出力の $\eta_{\text{start.h}}$ は67%と低い値になっており、エネルギー消費量への影響があると考えられる。それに加えて、燃料電池の将来の普及をみすえ、起動特性をプログラムに反映する必要がある。よって、定格出力に起動動作開始からの1時間を基にした低減率を乗じることで、プログラムに起動特性を反映させる。

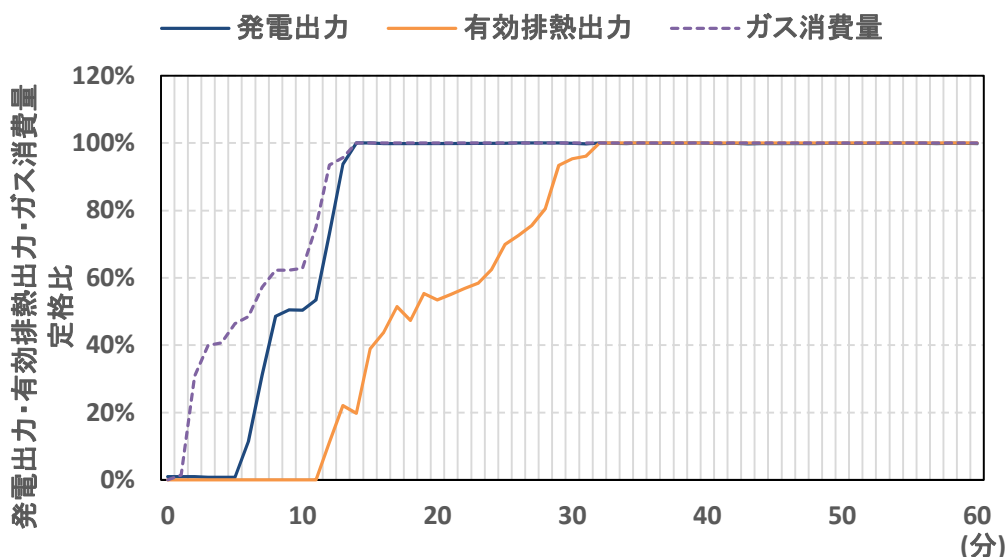


図 4-3.27 ID08 : 起動動作開始時刻から1時間の定格出力 R に対する各出力の比

表 4-3.15 ID08 : 各出力の $\eta_{\text{start.h}}$

発電出力 $\eta_{\text{start.h}}$	有効排熱出力 $\eta_{\text{start.h}}$	ガス消費量 $\eta_{\text{start.h}}$
85.2%	67.7%	90.3%

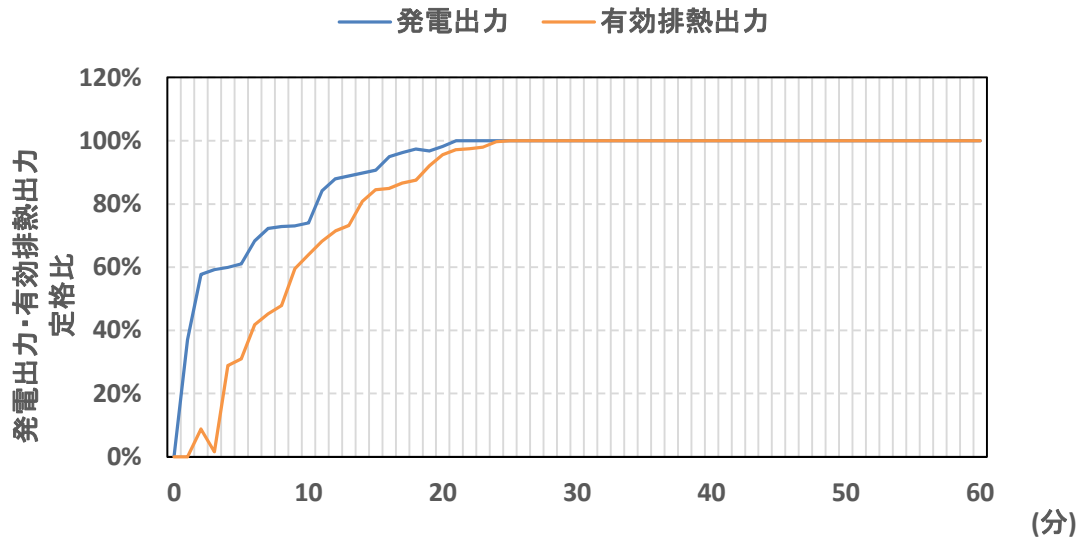


図 4-3.28 ID02 : 起動動作開始時刻から 1 時間の定格出力 R に対する各出力の比

表 4-3.16 ID02 : 各出力の $\eta_{start,h}$

発電出力 $\eta_{start,h}$	有効排熱出力 $\eta_{start,h}$
92.7%	85.8%

2) 停止動作段階

A) 代表日の運転状況

■ 負荷率の推移

ID08 の年間代表日の停止動作段階における CGU1 の発電出力、ガス消費量、有効排熱出力、受電電力及び CGU1 の負荷率の推移を図 4-3.29、複数台稼働時の推移を図 4-3.31 に示す。また、ID02 の年間代表日の発電出力、有効排熱出力、CGU4 の負荷率の推移を図 4-3.30、複数台稼働時の運転状況を図 4-3.32 に示す。これらは発電出力の停止時刻を 0 分としている。図 4-3.29 から、ID08 では発電出力と排熱出力、ガス消費量がおおよそ 5 分かけて出力が低下し始め、ほぼ同時に 0kW になっている。また図 4-3.30 より、ID02 では 30 分程度緩やかに発電出力と排熱出力が低下を続け、瞬間的に 0kW になる。図 4-3.31 から、ID08 の複数台稼働時は、ほぼ同時に CGU2 台の出力が低下し始め、ほぼ同時に 0kW になる。図 4-3.32 より、ID02 では CGU1 が発電出力を停止した約 45 分後に CGU2 が発電出力を停止している。排熱出力は緩やかに低下し続け、CGU2 が発電出力を停止した直後に停止している。ID02 では、複数台が同時に発電出力を停止させ待機段階となる場合は見られなかった。

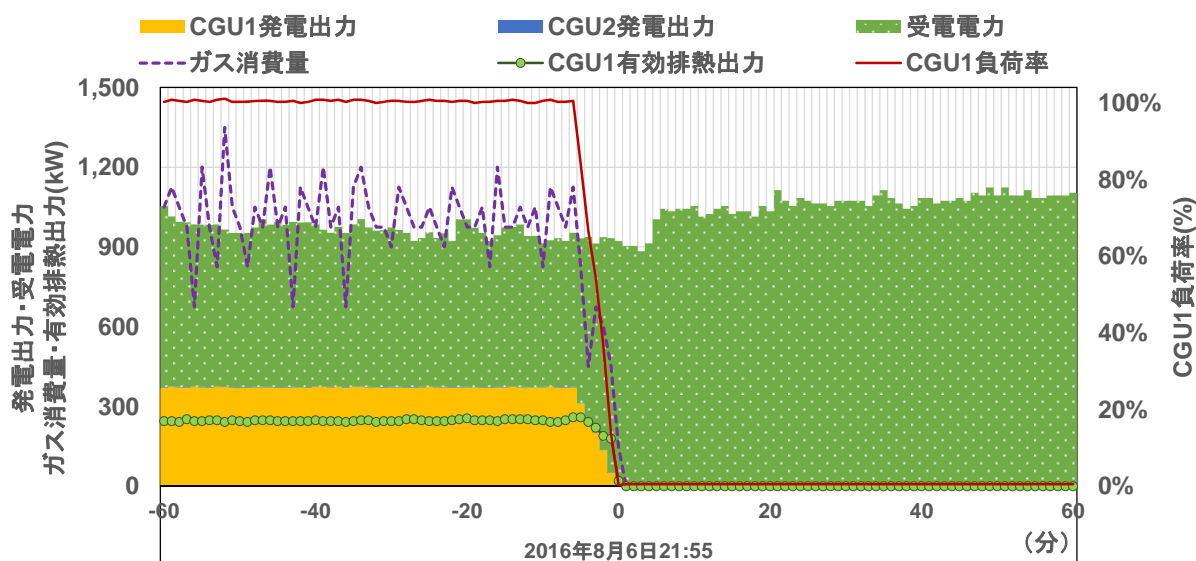


図 4-3.29 ID08 : CGU1 の負荷率の推移 (CGU1 単独での停止動作段階)

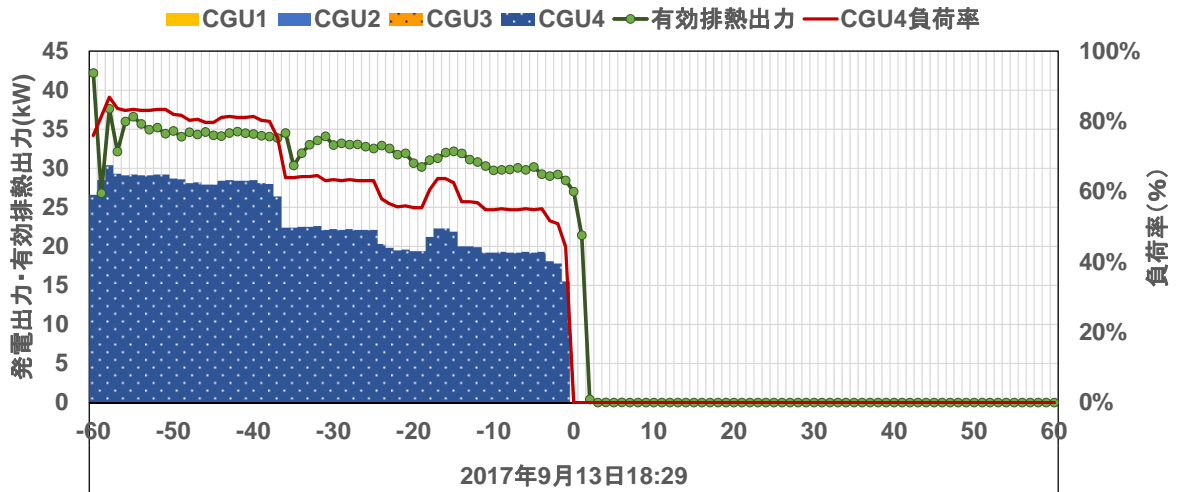


図 4-3.30 ID02 : CGU4 の負荷率の推移 (CGU4 単独での停止動作段階)

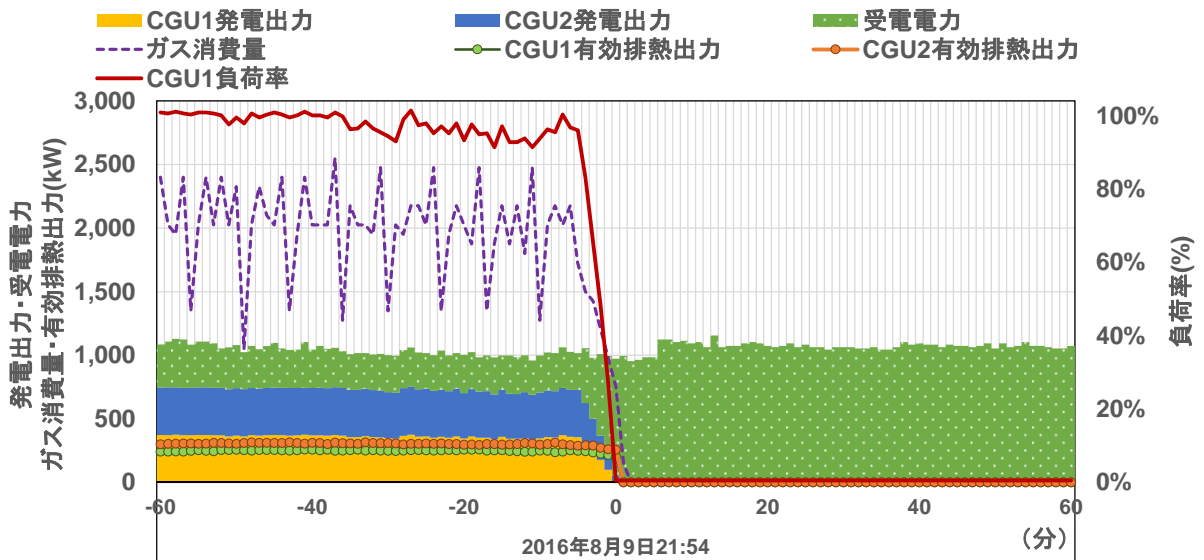


図 4-3.31 ID08 : 複数台稼働時の運転状況

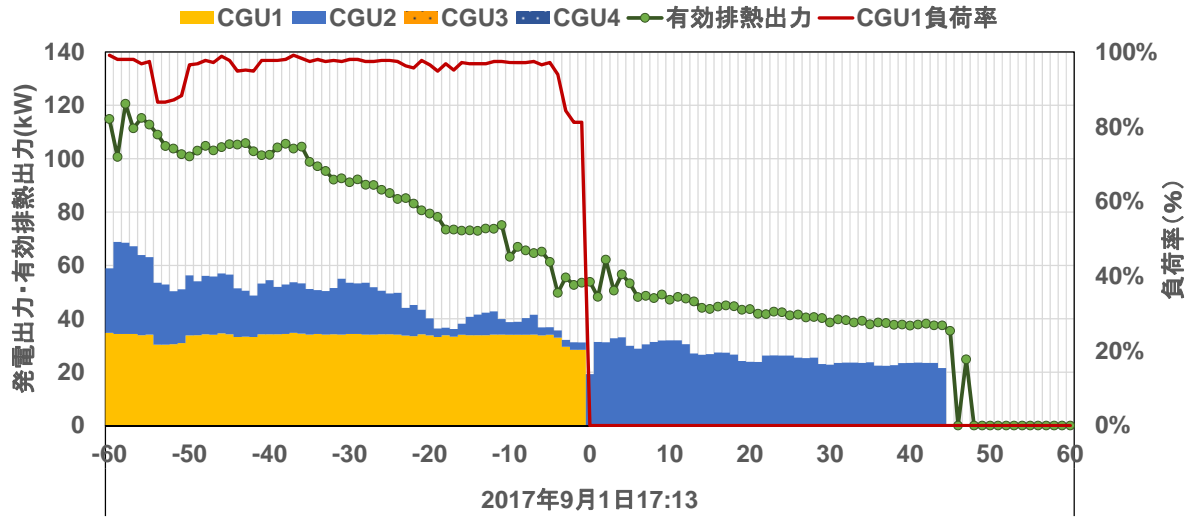


図 4-3.32 ID02 : 複数台稼働時の運転状況

■ 出口温度の推移

ID08 の発電出力、排熱出力、受電電力、ガス消費量及び CGU1 出口温度の推移を図 4-3.33 に示す。また、ID02 の発電出力、排熱出力、排熱回路出口温度の推移を図 4-3.34 に示す。図 4-3.33 と図 4-3.34 より、ID08 と ID02 では発電出力停止後に出口温度は 85℃程度から緩やかに下降する。

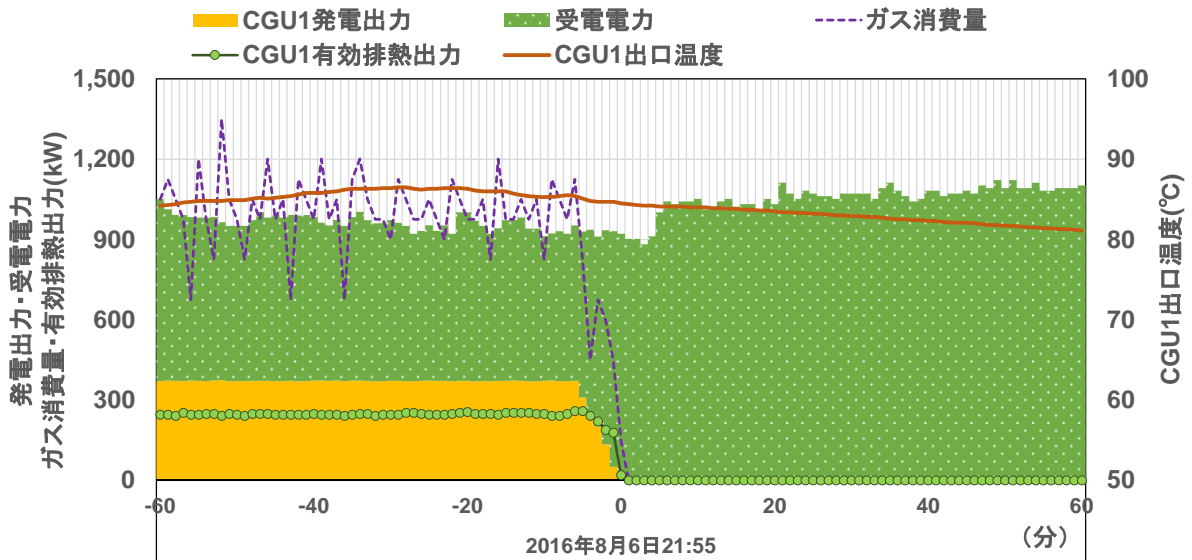


図 4-3.33 ID08 : CGU1 出口温度の推移

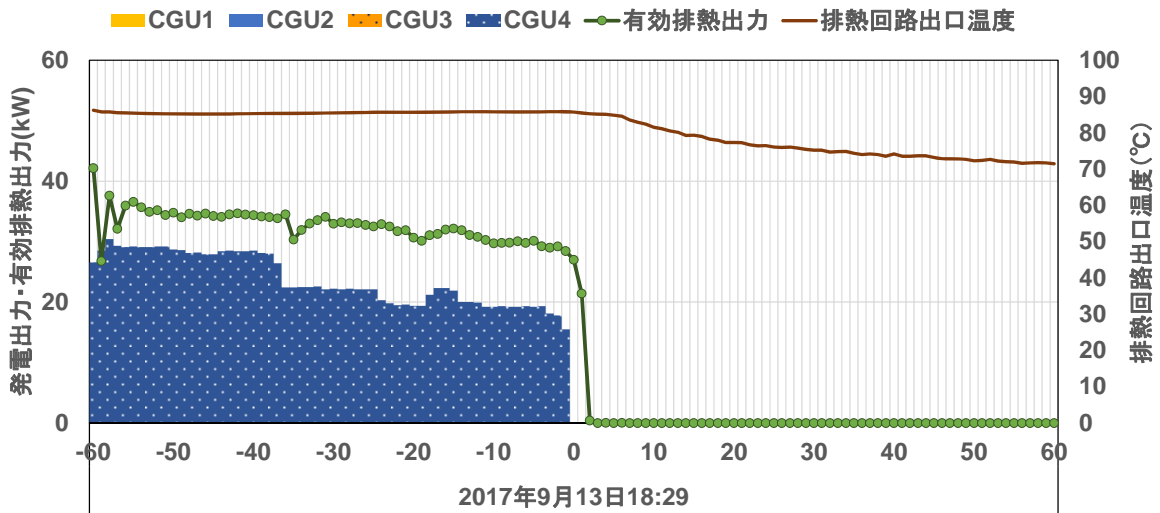


図 4-3.34 ID02 : 排熱回路出口温度の推移

■ 排熱回路系統流量の推移

ID08 の発電出力、有効排熱出力、受電電力、ガス消費量及び排熱回路流量の推移を図 4-3.35 に示す。また ID02 の発電出力、有効排熱出力、排熱回路系統流量の推移を図 4-3.36 に示す。これらは発電出力停止時刻を 0 分としている。図 4-3.35、図 4-3.36 より、ID08 と ID02 ではともに発電出力停止とほぼ同時に排熱回路流量は 0 m³/h になっている。発電出力停止後の排熱を使用する残留運転は行っていないことがわかる。

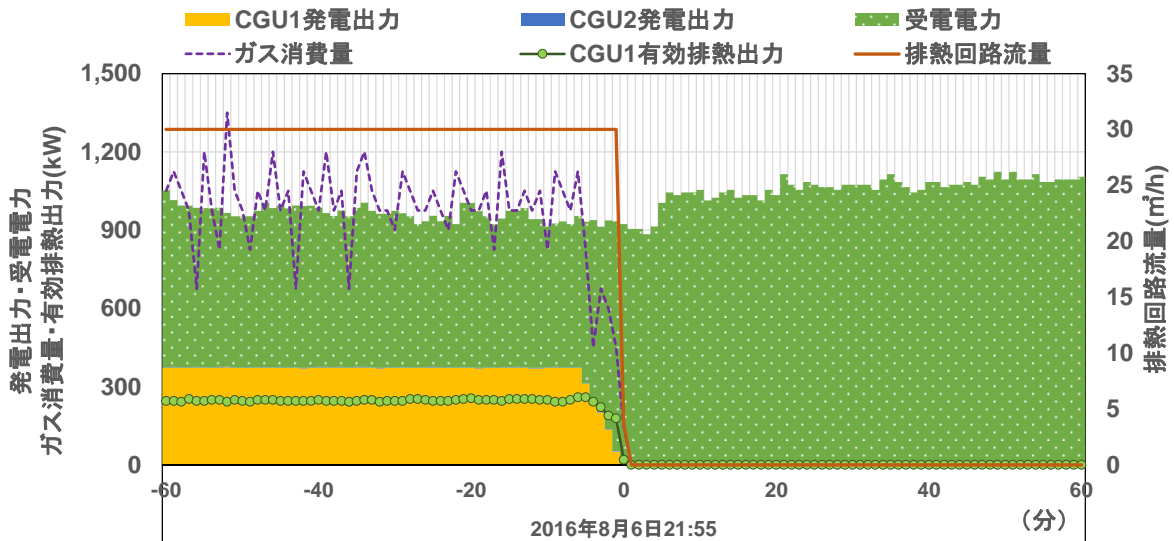


図 4-3.35 ID08：排熱回路流量の推移

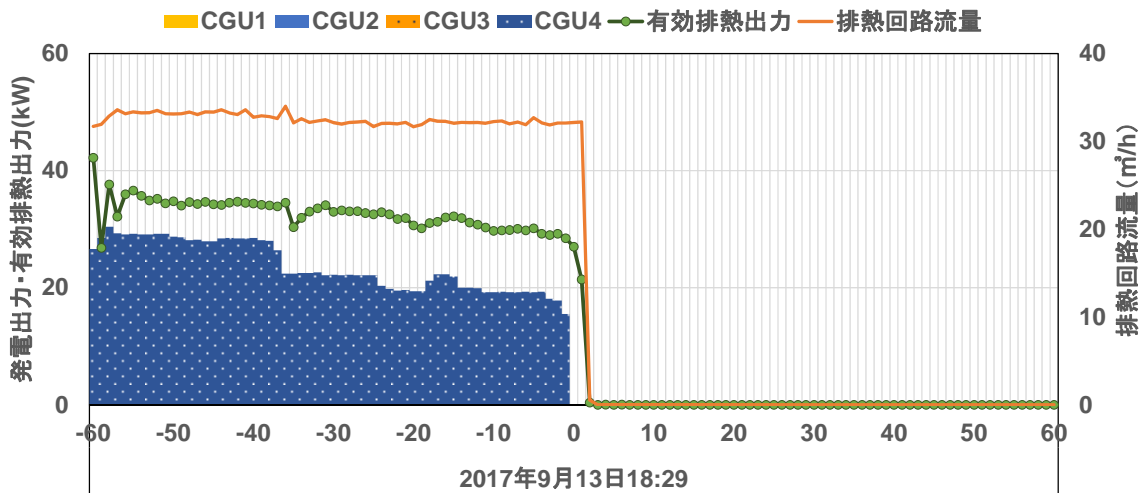


図 4-3.36 ID02：排熱回路流量の推移

B) 運転段階別季節別平均出力および動作時間の判定

ID08 の CGU1 台停止時の季節別平均値の発電出力及び有効排熱出力、ガス消費量の挙動を図 4-3.37 に示す。これは、夏期 8 月及び冬期 2 月の季節ごとに停止動作段階を含む時間を抽出し、発電出力開始時刻を 0 分として各時刻の出力を季節別に平均した値である。また、稼働台数別平均の発電出力及び有効排熱出力、ガス消費量の推移を図 4-3.38 に示す。発電出力と有効排熱出力、ガス消費量は全台合計の値である。起動動作段階と同様に、冬期は CGU2 台が停止する場合はみられなかったため、CGU2 台停止の場合は夏期の平均値としている。また、ID08 の停止動作回数及び停止動作時間、 η_{stop} 、効率値を表 4-3.17 に示す。図 4-3.37 より、夏期と冬期ともに発電出力は出力停止の約 5 分前に定格出力を下回り減少し始める。有効排熱出力、ガス消費量は夏期も冬期もおおよそ同時に減少し始め、発電出力停止とほぼ同時刻に 0kW になる。図 4-3.38 より、CGU1 台停止時と 2 台停止時はともに発電出力停止のおおよそ 5 分前に出力が低下し始め、ほぼ同時刻に 0kW になる。有効排熱出力は発電出力停止のおおよそ 3 分前に出力が低下しはじめ、発電出力停止直後に 0kW になる。ID08 の停止動作の推移に季節変化はあまりないと考えられる。表 4-3.17 より、夏期はまずガス消費量及び発電出力が停止動作を開始し、続いて約 4 分後に排熱出力が停止動作を開始、発電出力が 0kW となった約 1 分後に排熱出力とガス消費量が停止動作を終了するとわかる。停止動作時間は約 6 分であった。冬期はまずガス消費量及び発電出力が停止動作を開始し、続いて約 3 分後に排熱出力が停止動作を開始、発電出力が 0kW となった約 1 分後に排熱出力とガス消費量が停止動作を終了するとわかる。停止動作時間は約 7 分であった。 η_{stop} は、発電出力及びガス消費量に比べて排熱出力が最も高くなっている。これは発電出力とガス消費量の排熱出力の停止動作開始と動作終了が最も遅い時刻であるためと考えられる。

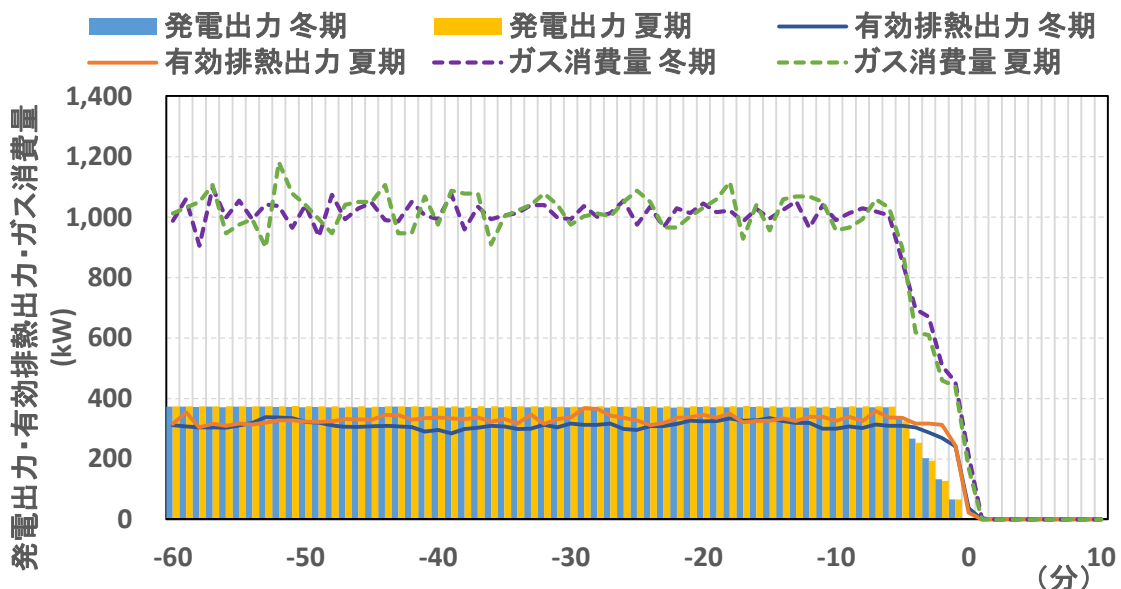


図 4-3.37 ID08 : CGU1 台稼働時の停止動作段階の季節別平均の発電出力及び有効排熱出力、ガス消費量の挙動

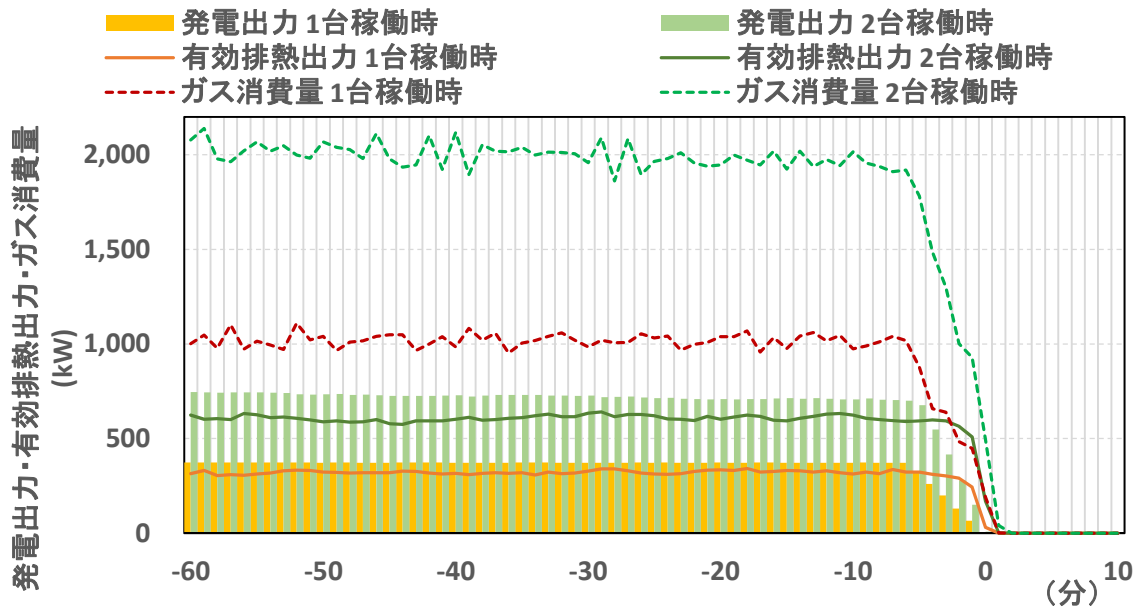


図 4-3.38 ID08 : 停止動作段階の台数別平均の発電出力及び有効排熱出力、ガス消費量の運転状況

表 4-3.17 ID08 : 停止動作回数及び停止動作時間、 η_{stop} 、各種効率値

	停止動作回数		夏期		冬期	
	夏期	冬期	停止動作時刻		停止動作時刻	
			動作開始(分)	動作終了(分)	動作開始(分)	動作終了(分)
1台停止時	8	29	-5.4	0.9	-5.6	1.0
2台停止時	35	0	-4.8	0.0	-5.7	0.0
合計	43	29	-0.4	0.3	-2.7	0.6
			停止動作時間		6.3	
					6.8	

※発電出力終了=0(分)

	η_{stop}		各種効率値	
	夏期	冬期	夏期	冬期
ガス消費量	56%	61%	発電効率	31%
発電出力	53%	59%	有効排熱回収効率	48%
有効排熱出力	78%	83%	総合効率	79%
			負荷率	41%
				47%

ID08 の停止動作段階における季節別平均値の排熱回路流量及び CGU1 出口温度の推移を図 4-3.39 に示す。発電出力停止時刻を 0 分としている。図 4-3.39 より、排熱回路流量は夏期、冬期ともに発電出力停止後に即時停止し残留運転は行っていないことがわかる。夏期と冬期ともに発電出力停止時の排熱回路出口温度は 80°C を超えており、その後 50 分間 80°C 以上を維持している。発電出力停止後も、ある程度の時間は排熱を利用できる可能性がある。

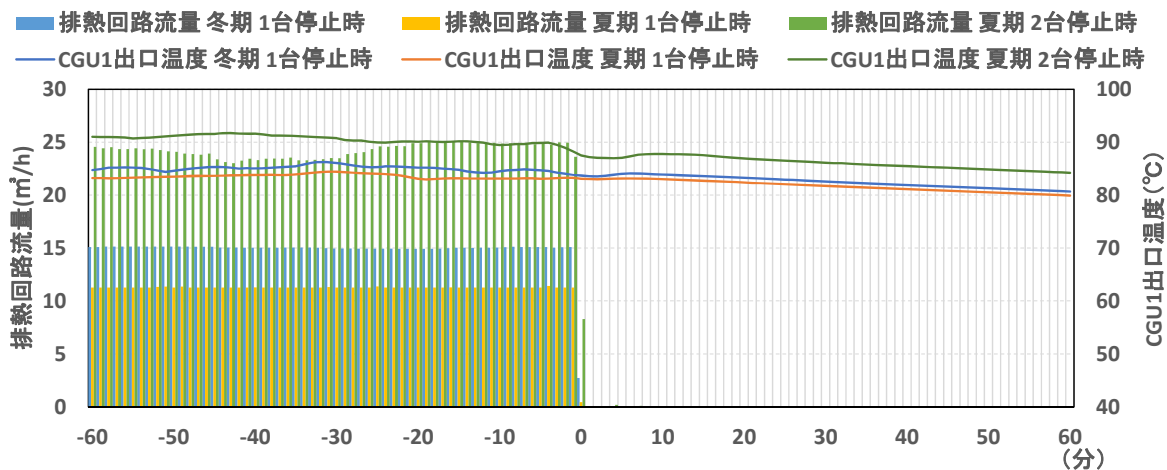


図 4-3.39 ID08: 停止動作段階における台数別季節平均値の排熱回路流量及び CGU1 出口温度の推移

ID02 の停止動作段階における季節別平均値の発電出力及び有効排熱出力の挙動を図 4-3.40 に示す。発電出力停止時刻を 0 分としている。また、ID02 の停止動作時間と η_{stop} と効率値を表 4-3.18 に示す。表 4-3.18 の停止動作回数に示すように、ID02 の実測値が停止動作段階の条件に合うのは、CGU1 台のみが停止する場合以外は確認されなかった。図 4-3.40 より、発電出力が停止動作終了の約 50 分前から緩やかに低下していることがわかる。ID02 では電力負荷追従運転を行っているため、停止動作段階以前の運転段階は電力負荷が低下し、発電出力が低下している可能性も考えられる。表 4-3.18 より、夏期の場合は発電出力と有効排熱出力はほぼ同時刻に停止動作を開始し、発電出力は約 5 分後に停止する。有効排熱出力は発電出力停止の約 1 分後に動作を停止する。停止動作時間は約 6 分であった。冬期の場合は、まず有効排熱出力が停止動作を開始し、その約 3 分後に発電出力が停止動作を開始する。発電出力が停止した約 5 分後に有効排熱出力が停止する。冬期の停止動作時間は約 8 分であった。また、発電出力に比べて排熱出力の終了時刻が数分遅いため、 η_{stop} は有効排熱出力の方が高い値となっている。

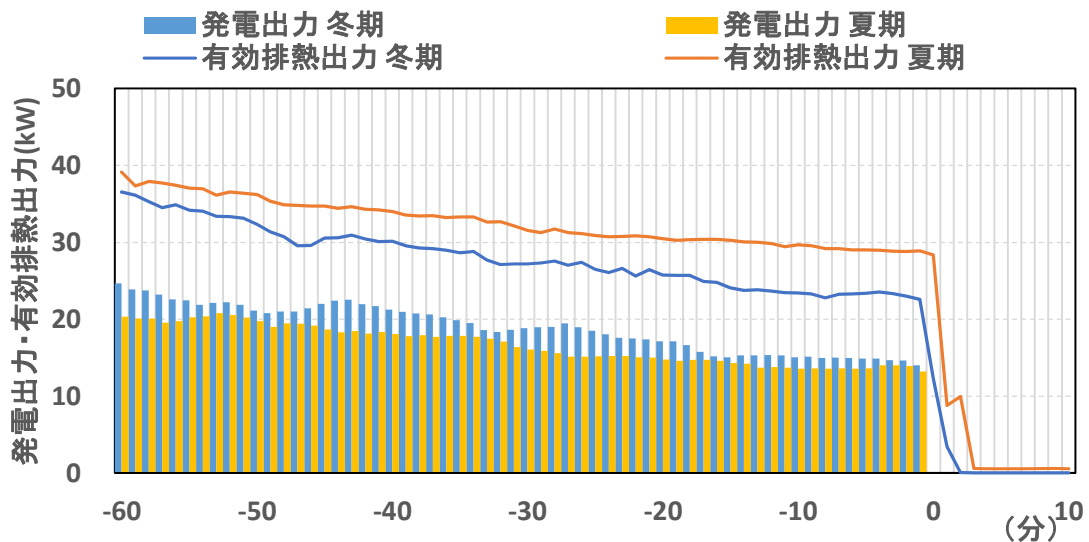


図 4-3.40 ID02 : 停止動作段階の季節別平均値の発電出力及び有効排熱出力の挙動

表 4-3.18 ID02 : 停止動作回数及び停止動作時間、 η_{stop}

	停止動作回数		夏期		冬期	
	夏期	冬期	動作開始(分)	動作終了(分)	動作開始(分)	動作終了(分)
1台停止時	44	41	-5.3	0.0	-4.3	0.0
2台停止時	0	0	-4.4	1.1	-7.7	-5.0
3台停止時	0	0	6.4		7.7	
4台停止時	0	0	※発電出力終了=0(分)			
合計	44	41				

	η_{stop}	
	夏期	冬期
発電出力	36%	46%
有効排熱出力	65%	52%

ID02 の停止動作段階における季節平均値の排熱回路流量と CGU1 出口温度の推移を図 4-3.41 に示す。発電出力停止時刻を 0 分としている。これより、排熱回路流量は夏期、冬期ともに発電出力停止後に即時停止し残留運転は行っていないことがわかる。ID02 夏期の発電出力停止時刻の排熱回路出口温度は 90℃程度で、その 15 分後も 80℃以上を維持している。発電出力停止後も、ある程度の時間は排熱を利用できる可能性がある。

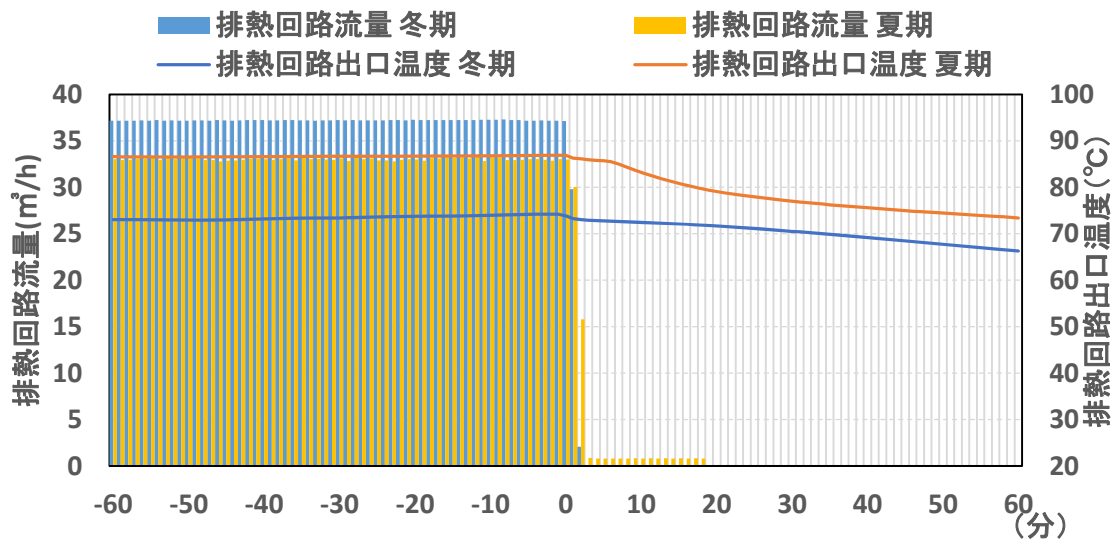


図 4-3.41 ID02 : 停止動作段階における季節平均の排熱回路流量及び排熱回路出口温度の推移

C) 動作時間と外気温度との相関関係

ID08 の停止動作時間及び各停止動作判定時刻、 η_{stop} 、各効率と外気温度の相関を図 4-3.42 に示す。各停止動作判定時刻は、発電出力終了時刻を 0 分として各要素の動作判定時刻の分布を示している。また、停止動作段階における動作時間、 η_{stop} 、各種効率の年間平均値も表 4-3.19 に示す。図 4-3.42 より、停止動作時間は外気温度との相関あまりみられない。また、ガス消費量停止動作開始時刻及び発電出力停止動作開始時刻、排熱終了時刻は外気温度に関わらずほぼ一定に分布しており、ガス消費量、発電出力、排熱出力の順に停止動作を開始する。各種効率についても、外気温度との相関はあまり見られない。

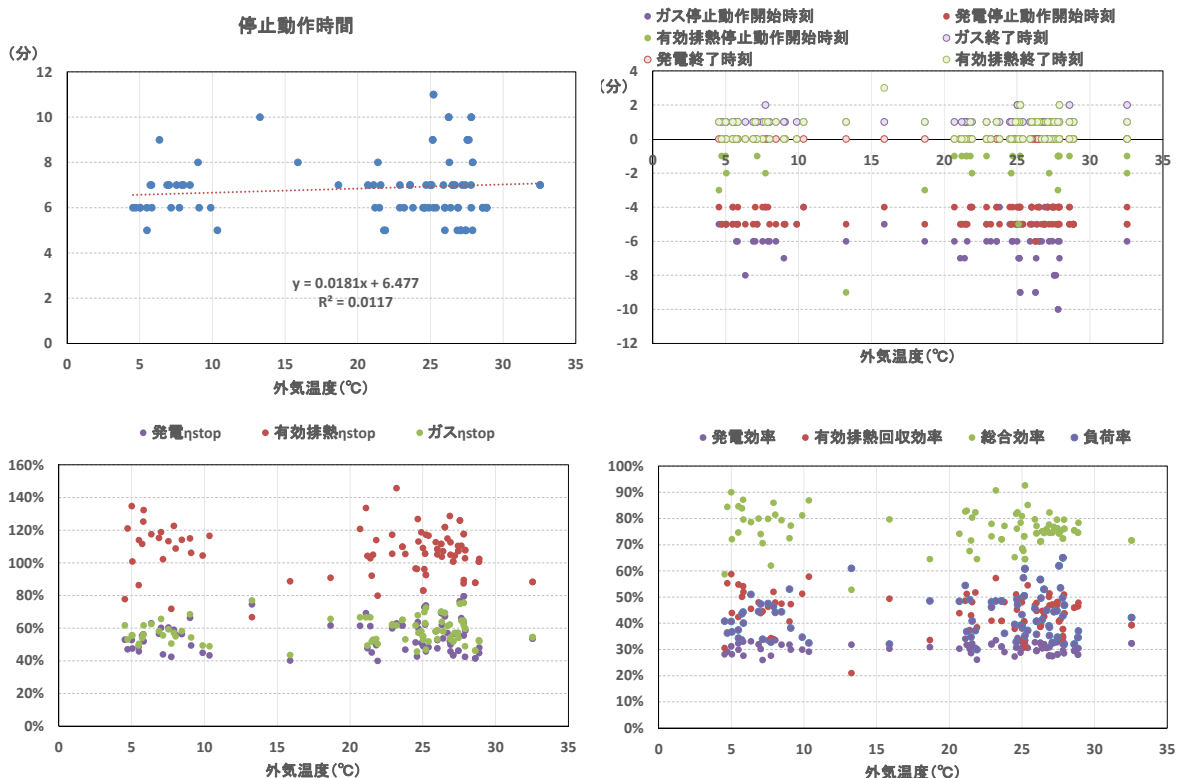


図 4-3.42 ID08 : 停止動作時間及び各停止動作判定時刻、 η_{stop} 、各効率の外気温度との相関

表 4-3.19 ID08 : 停止動作段階における動作時間及び η_{stop} 、各種効率値 (年間平均値)

ID08	停止動作時刻	
	動作開始(分)	動作終了(分)
ガス消費量	-5.5	1.0
発電出力	-5.2	0.0
有効排熱出力	-1.5	0.4
停止動作時間	6.4	

※発電出力終了=0(分)

ID08	η_{stop}
ガス消費量	58%
発電出力	56%
有効排熱出力	80%

ID08	各種効率値
発電効率	31%
有効排熱回収効率	45%
総合効率	77%
負荷率	44%

次に ID02 の停止動作時間及び各停止動作判定時刻、 η_{stop} と外気温度の相関を図 4-3.43 に示す。各停止動作判定時刻は、発電出力終了時刻を 0 分として各要素の動作判定時刻の分布を示している。また、停止動作時間、 η_{stop} の年間平均値を表 4-3.20 に示す。図 4-3.43 より、停止動作時間はばらつきが大きく、外気温度との相関はあまりみられない。また、有効排熱出力終了時刻は外気温度に関わらずほぼ一定に分布している。発電出力の η_{stop} に比べて排熱出力の η_{stop} が高く分布しているが、外気温度との相関はあまり見られない。

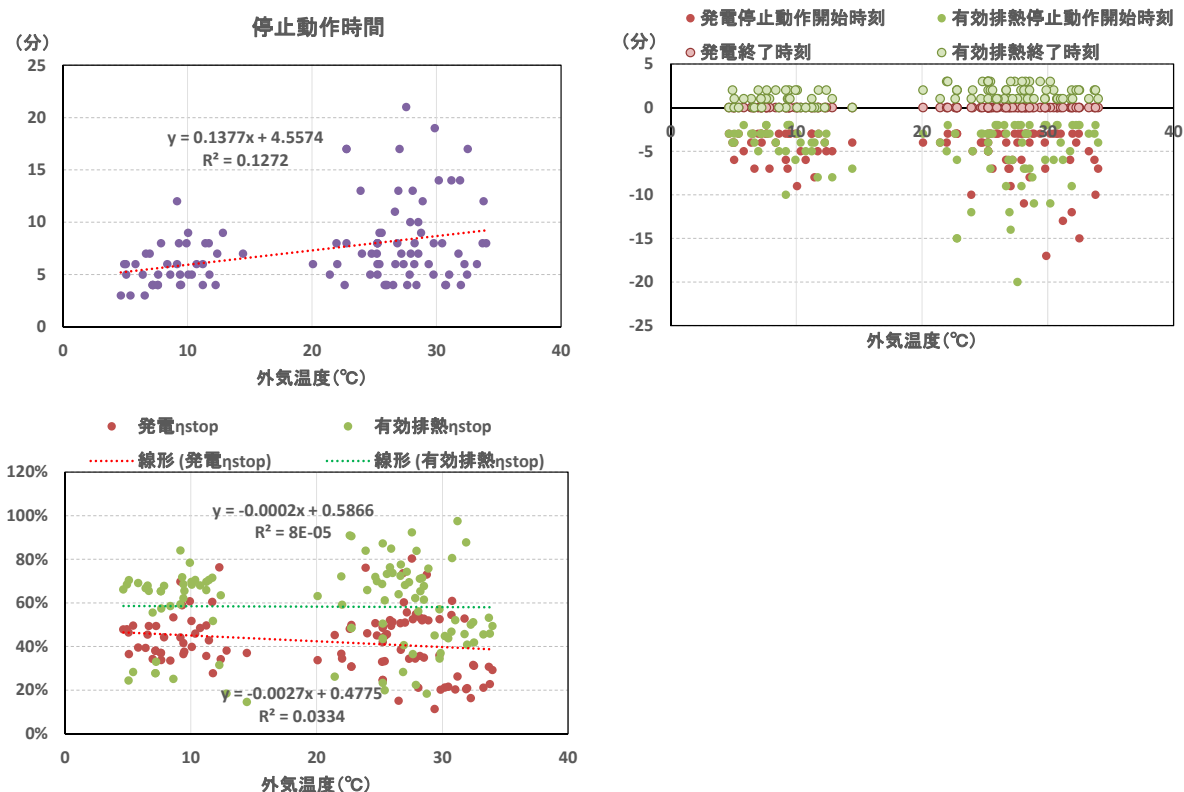


図 4-3.43 ID02：停止動作時間及び各停止動作判定時刻、 η_{stop} と外気温度との相関

表 4-3.20 ID02：停止動作段階における動作時間及び η_{stop} (年間平均値)

ID02	停止動作時刻		ID02	η_{stop}
	動作開始(分)	動作終了(分)		
発電出力	-4.8	0.0	発電出力	41%
有効排熱出力	-6.0	-1.9	有効排熱出力	59%
停止動作時間	6.0			

※発電出力終了=0

ID08 と ID02 の停止動作段階における年間平均の動作時間、 η_{stop} 、効率値のまとめを表 4-3.21 に示す。表 4-3.21 より ID02 はガス消費量を得られていないが、ID02 の停止動作時間は約 6 分、ID08 の停止動作時間も約 6 分となっている。また、どちらも発電出力の η_{stop} に比べて有効排熱出力の η_{stop} が大きい値となっている。有効排熱出力停止時刻の平均値が発電出力停止時刻より数分遅いためと考えられる。

表 4-3.21 ID08, ID02 : 停止動作段階における動作時間、 η_{stop} 、効率値 (年間平均値)

	ID08		ID02			η_{stop}		各種効率値			
	停止動作時刻 動作開始(分) 動作終了(分)		停止動作時刻 動作開始(分) 動作終了(分)			ID08	ID02		ID08	ID02	
ガス消費量	-5.5	1.0	/		58%	/		31%	/		
発電出力	-5.2	0.0	-4.8	0.0	56%	41%	有効排熱回収効率		45%	/	
有効排熱出力	-1.5	0.4	-6.0	-1.9	80%	59%	総合効率		77%	/	
停止動作時間	6.4		6.0				負荷率		44%	/	

※発電出力終了=0(分)

D) プログラム改良方法の検討

以上の結果より、停止動作段階における発電出力、有効排熱出力、ガス消費量は定格出力での運転段階に比べて出力の低下が小さく、それらの推移は外気温度との相関が低いということが分かった。また、ガスエンジンとマイクロガスエンジンでは停止動作時間や各出力の推移は異なっている。起動特性と同様に、定格出力に対する停止動作終了より前の1時間の出力の比である $\eta_{\text{stop.h}}$ の年間平均値を用いてプログラムの改良方法を検討する。 $\eta_{\text{stop.h}}$ の定義を以下に示す。

$$\eta_{\text{stop.h}} = \frac{\text{停止動作終了より前 1 時間の積算出力}}{1 \text{ 時間} \times \text{定格出力 R}}$$

ID08、ID02 の停止動作終了時刻より前1時間の、発電出力、有効排熱出力、ガス消費量の定格出力 R に対する比を図 4-3.44、図 4-3.45 に示す。停止動作開始前の台数制御や負荷追従制御など制御方法の影響を取り除くため、停止動作開始前の運転段階は 100% に収束させている。また図 4-3.44、図 4-3.45 に示す1時間の $\eta_{\text{stop.h}}$ を表 4-3.22、表 4-3.23 に示す。表 4-3.22、表 4-3.23 より、ID08、ID02 ともに $\eta_{\text{stop.h}}$ の値は 90% を超えており、停止特性の影響は非常に小さいと考えられる。よって、プログラムには停止特性を反映しない。

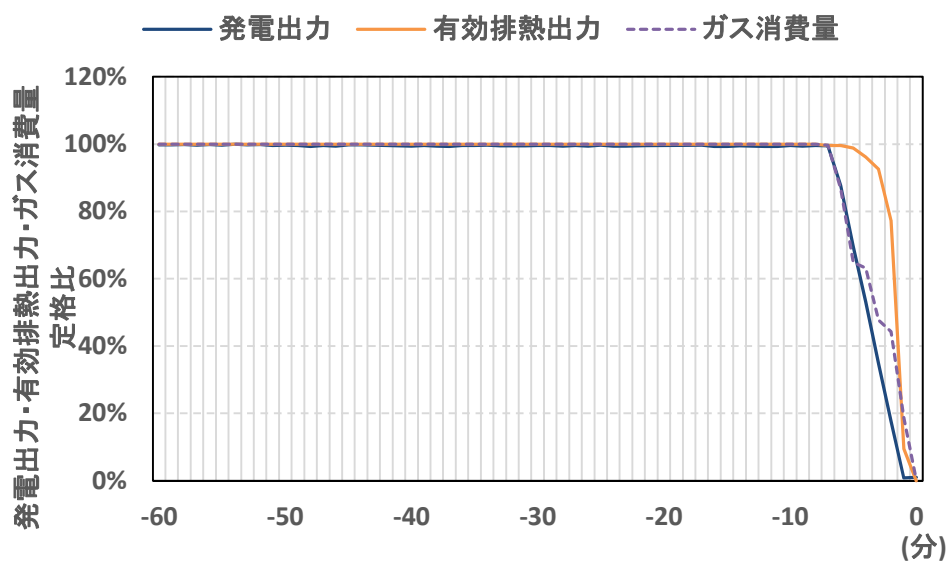


図 4-3.44 ID08 : 停止動作終了時刻より前 1 時間の定格出力 R に対する各出力の比

表 4-3.22 ID08 : 各出力の $\eta_{\text{stop.h}}$

発電出力 $\eta_{\text{stop.h}}$	有効排熱出力 $\eta_{\text{stop.h}}$	ガス消費量 $\eta_{\text{stop.h}}$
94.0%	97.9%	95.4%

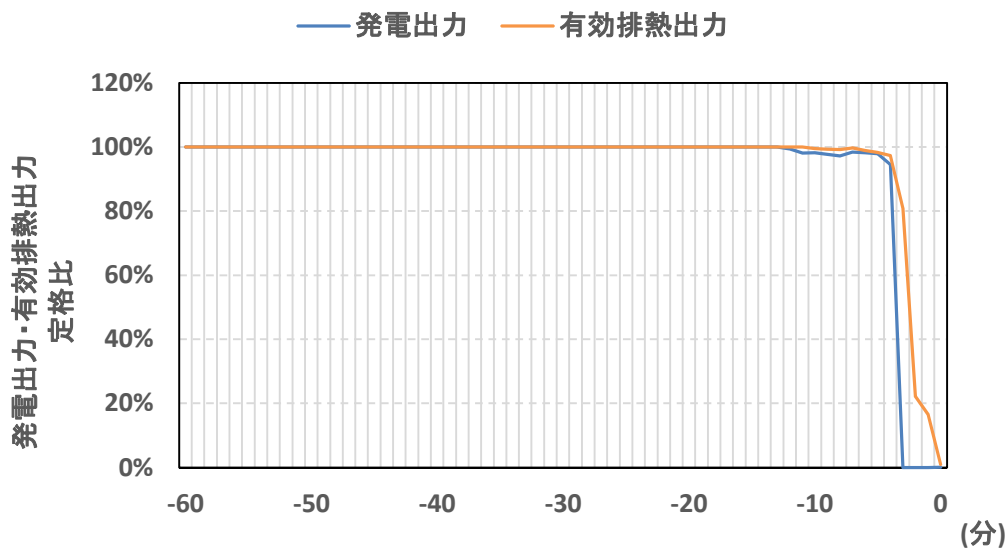


図 4-3.45 ID02 : 停止動作終了時刻より前 1 時間の定格出力 R に対する各出力の比

表 4-3.23 ID02 : 各出力の $\eta_{\text{stop.h}}$

発電出力 $\eta_{\text{stop.h}}$	有効排熱出力 $\eta_{\text{stop.h}}$
94.7%	96.9%

4-3.5. CGS補機動力特性分析

4-3.5.1. 分析概要

ベースプログラムでは発電量の5%が補機動力として見込まれているが、実際の補機動力は発電量に比例するだけでなく外気温度、CGU 運転段階などの状況に応じて変化しているものと考えられる。ここでは、CGU の補機動力の特性について分析を行う。なおガスエンジンの補機動力には、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が、含まれ、マイクロガスエンジンの補機動力には、CGU 補機、温水循環ポンプの消費電力が含まれる。

4-3.5.2. 分析結果

1) ガスエンジン (ID01)

A) 冬期代表月における各補機の時刻別平均消費電力

冬期代表月(1月)のID01における時刻別平均のCGU補機、冷却塔ファン、冷却塔ポンプ、温水循環ポンプの消費電力をそれぞれ図4-3.46～図4-3.49に示す。図4-3.46より、CGU補機は待機段階でも4～6kW程度の消費電力を示す。図4-3.47より、冷却塔ファンは最大1.4kW程度の消費電力を示すが、消費電力の振幅が大きい。図4-3.48、図4-3.49より、CGUが運転段階と想定される時に、冷却塔ポンプの消費電力は3kW程度であり、温水循環ポンプの消費電力は10kW程度である。冷却塔ヒーターの稼働日の冷却塔ヒーターの消費電力の推移を図4-3.50、図4-3.51に示す。計測期間の中で、冷却塔ヒーターの稼働日は2日(2017年1月15日及び2017年1月16日)のみであった。冷却塔ヒーターは冷却塔内の溶液の温度によって凍結防止のために運転していると考えられる。また、冷却塔ヒーターが稼働するときは5kW程度の消費電力を示す。

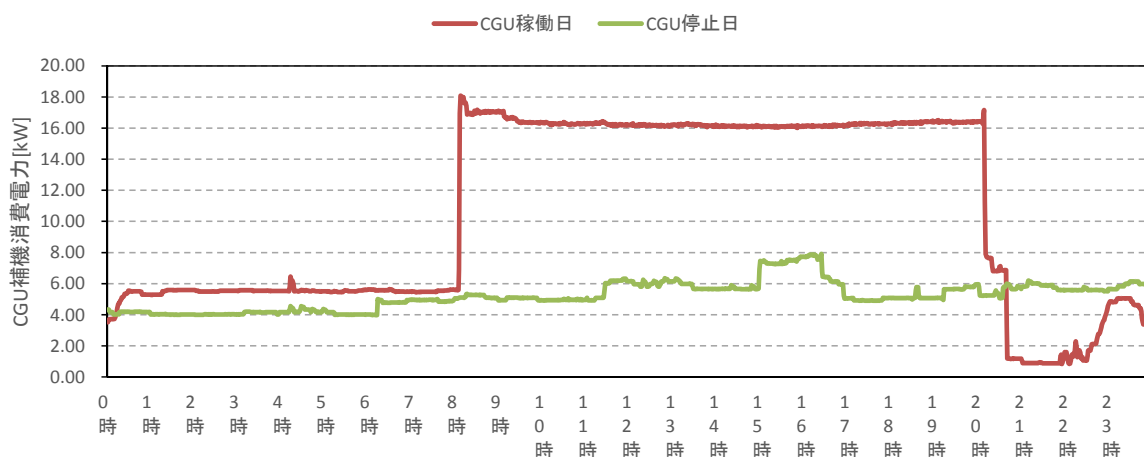


図 4-3.46 ID01 : 冬期における CGU 補機の時刻別平均消費電力

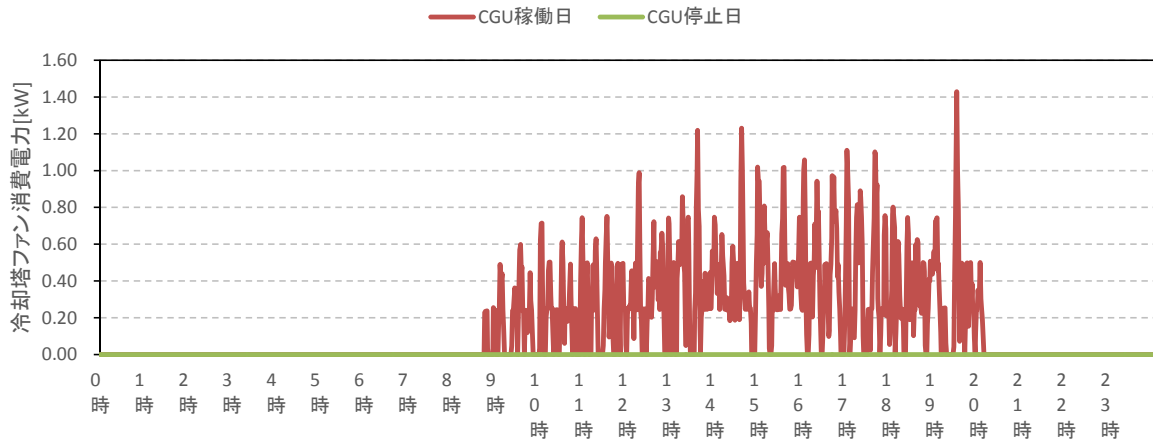


図 4-3.47 ID01 : 冬期における冷却塔ファンの時刻別平均消費電力

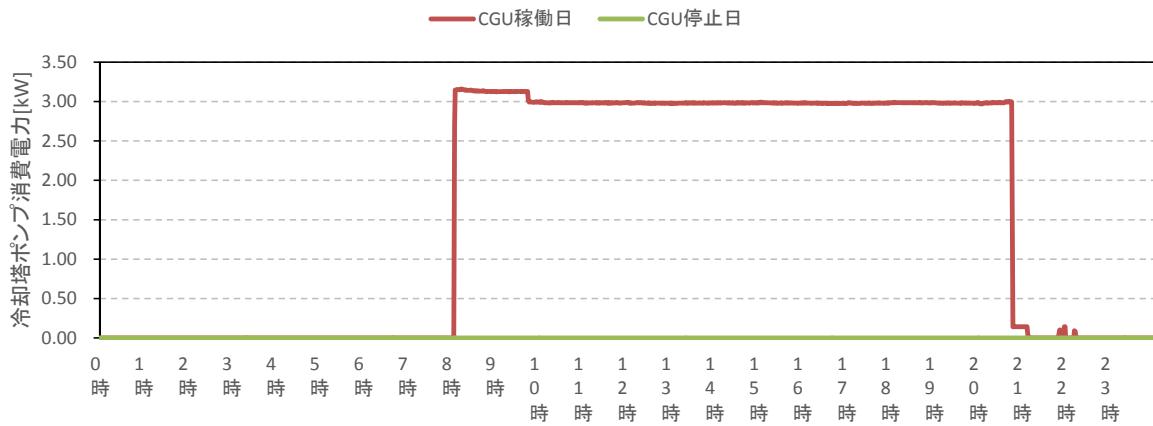


図 4-3.48 ID01 : 冬期における冷却塔ポンプの時刻別平均消費電力

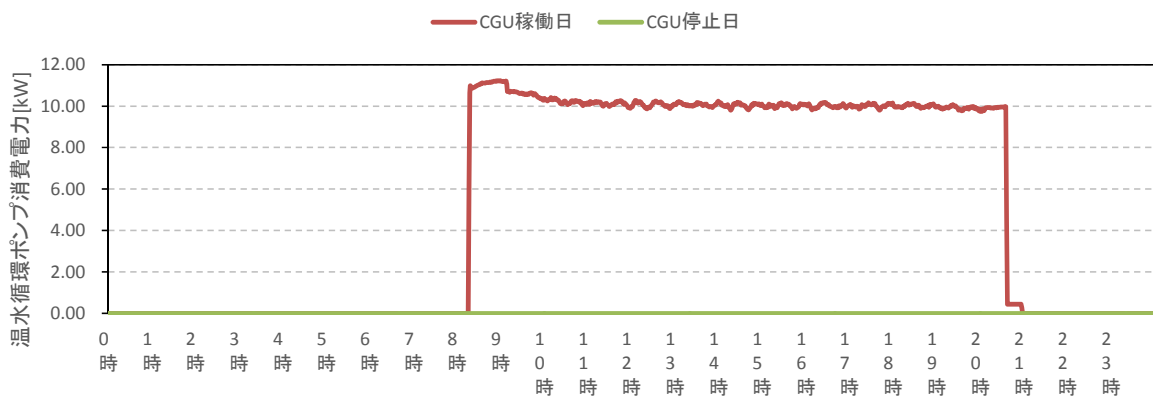


図 4-3.49 ID01 : 冬期における温水循環ポンプの時刻別平均消費電力



図 4-3.50 ID01 : 2017 年 1 月 15 日の冷却塔ヒーターの時刻別消費電力及び外気温度



図 4-3.51 ID01 : 2017 年 1 月 16 日の冷却塔ヒーターの時刻別消費電力及び外気温度

B) 中間期代表月の各補機消費電力の平均推移

中間期代表月(5月)のID01のCGU補機、冷却塔ファン、冷却塔ポンプ、温水循環ポンプの消費電力の平均推移をそれぞれ図4-3.52～図4-3.55に示す。図4-3.52、図4-3.53より、中間期のCGU補機と冷却塔ファンの消費電力は冬期より大きくなっていることがわかる。またCGU補機の消費電力は、冬期と異なり時間帯によって増減している。これはジャケット冷却水ヒーターの稼働並びにCGU内蔵のファンの稼働が原因として考えられる。図4-3.54、図4-3.55より、冷却塔ポンプ、温水循環ポンプの消費電力は冬期と変化がなく、一定の消費電力を示す。

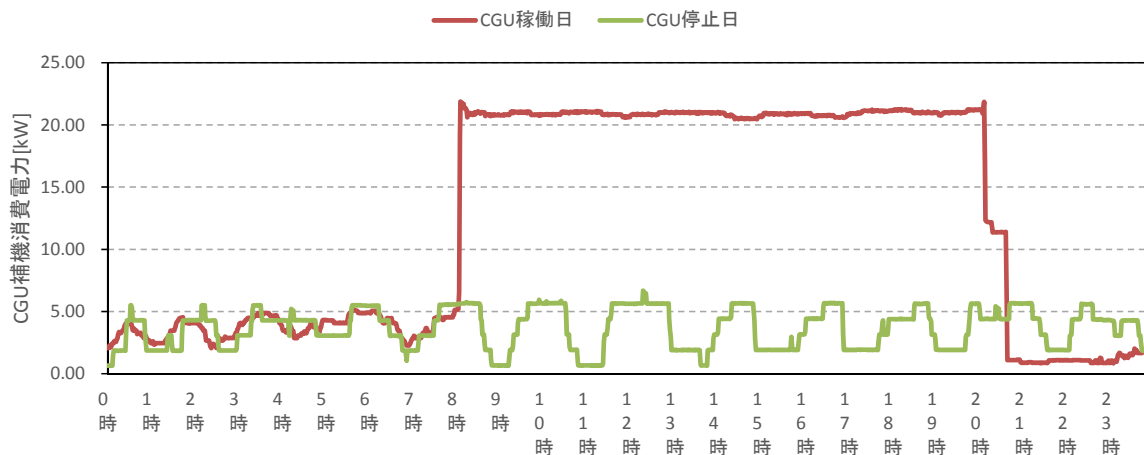


図 4-3.52 ID01 : 中間期における CGU 補機の時刻別平均消費電力

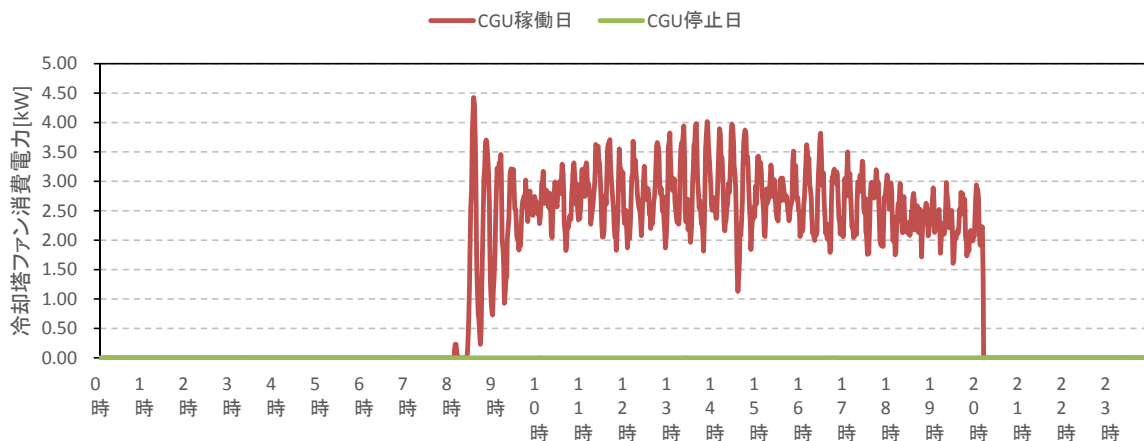


図 4-3.53 ID01 : 中間期における冷却塔ファンの時刻別平均消費電力

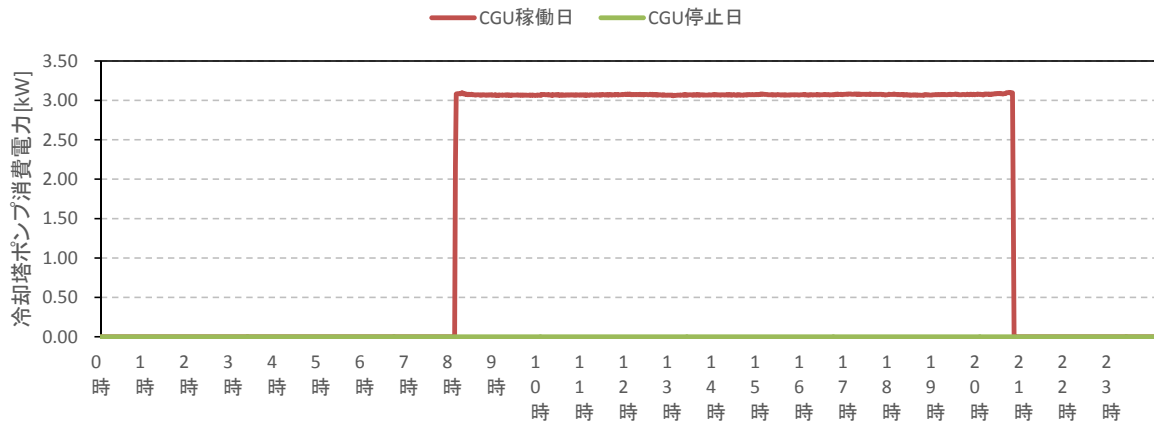


図 4-3.54 ID01 : 中間期における冷却塔ポンプの時刻別平均消費電力

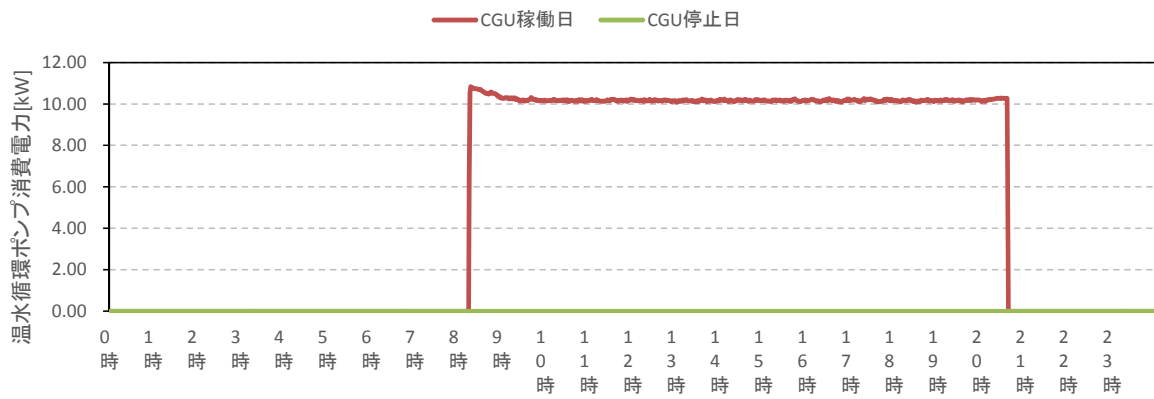


図 4-3.55 ID01 : 中間期における温水循環ポンプの時刻別平均消費電力

C) 夏期代表月における各補機の時刻別平均消費電力

夏期代表月(8月)のID01における時刻別平均のCGU補機、冷却塔ファン、冷却塔ポンプ、温水循環ポンプの消費電力をそれぞれ図4-3.56～図4-3.59に示す。図4-3.56より、夏期のCGU補機消費電力は中間期のCGU補機消費電力より若干大きくなっている。また、CGU補機消費電力は中間期と同様に時間帯によって増減しており、ジャケット冷却水ヒーターの稼働並びにCGU内臓のファンの稼働が原因として考えられる。図4-3.57より、冷却塔ファンの夏期の消費電力は冬期と中間期の消費電力より安定した4～4.5kW程度を示す。図4-3.58、図4-3.59より、夏期の冷却塔ポンプ、温水循環ポンプの消費電力は冬期、中間期と変化はなく一定の消費電力を示す。

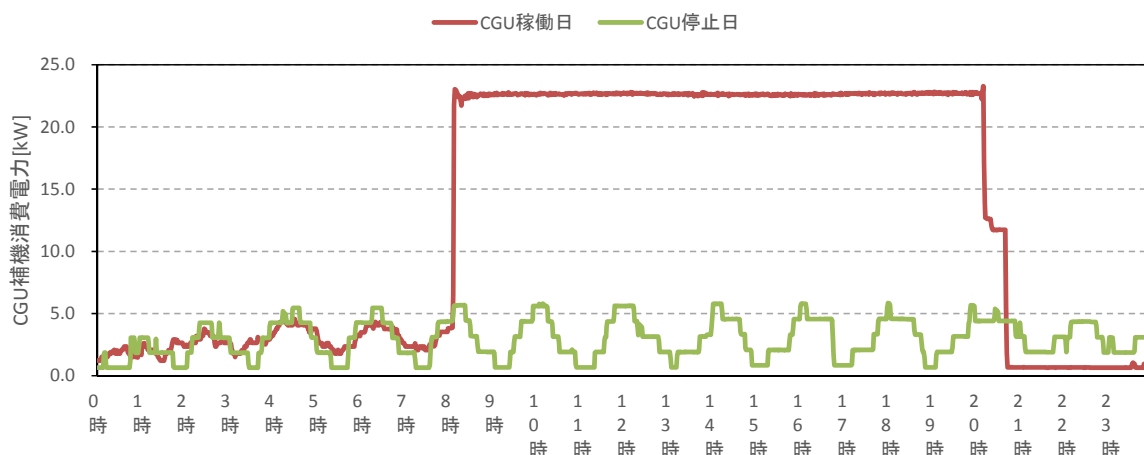


図 4-3.56 ID01 : 夏期における CGU 補機の時刻別平均消費電力

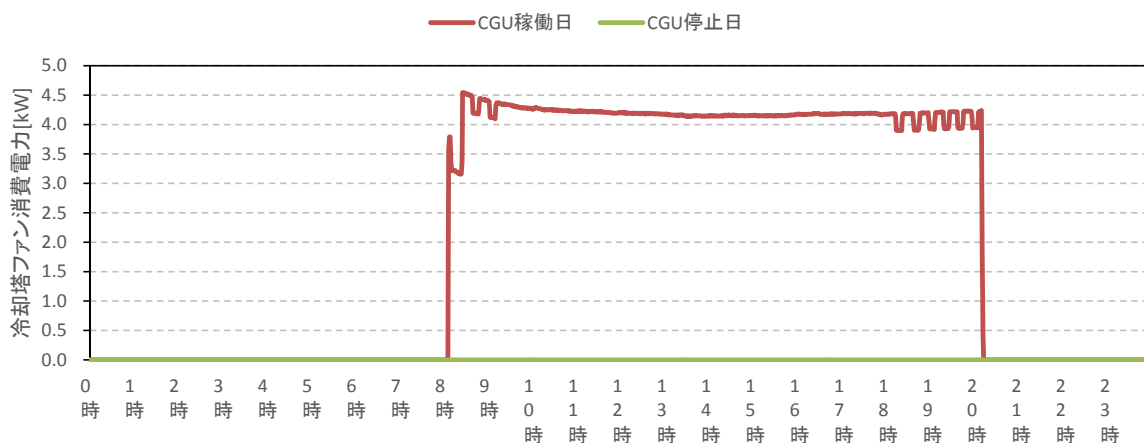


図 4-3.57 ID01 : 夏期における冷却塔ファンの時刻別平均消費電力

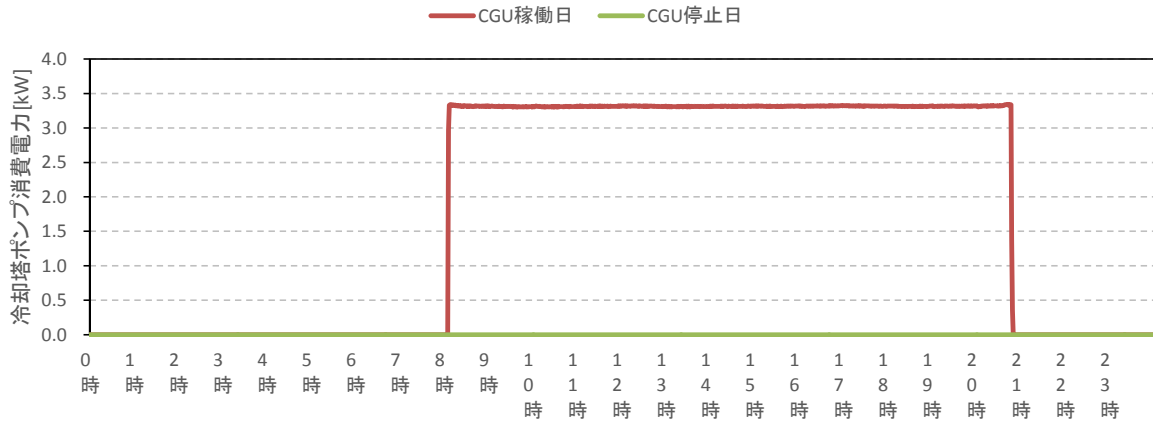


図 4-3.58 ID01 : 夏期における冷却塔ポンプの時刻別平均消費電力

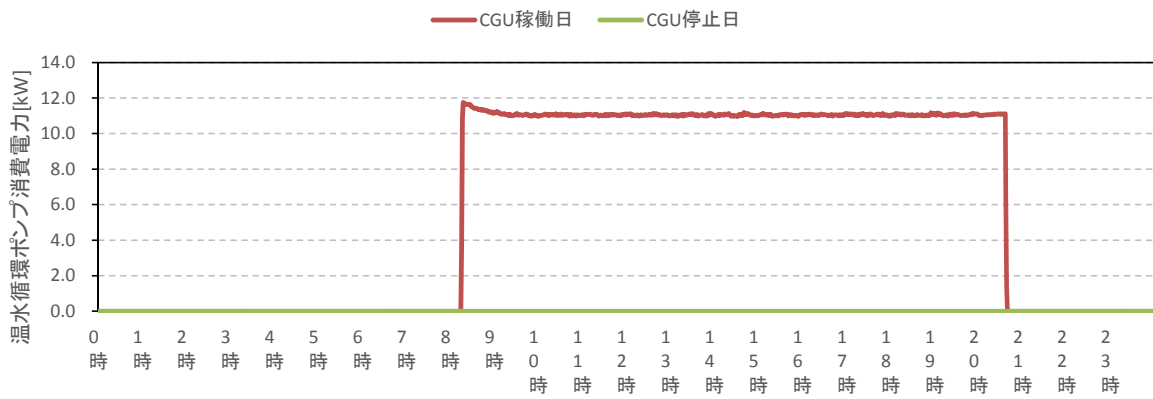


図 4-3.59 ID01 : 夏期における温水循環ポンプの時刻別平均消費電力

D) 冬期代表月における各補機の時刻別平均消費電力及び発電量

ID01 の冬期代表月の 2017 年 1 月における時刻別平均の各補機消費電力量と発電量を図 4-3.60 に示す。図 4-3.60 より、CGU 補機では 5kWh 前後の待機電力が発生している。また、CGU 補機、冷却塔ポンプ、温水循環ポンプは発電量と相関があるが、冷却塔ファンは発電量と相関がほとんどないことがわかる。

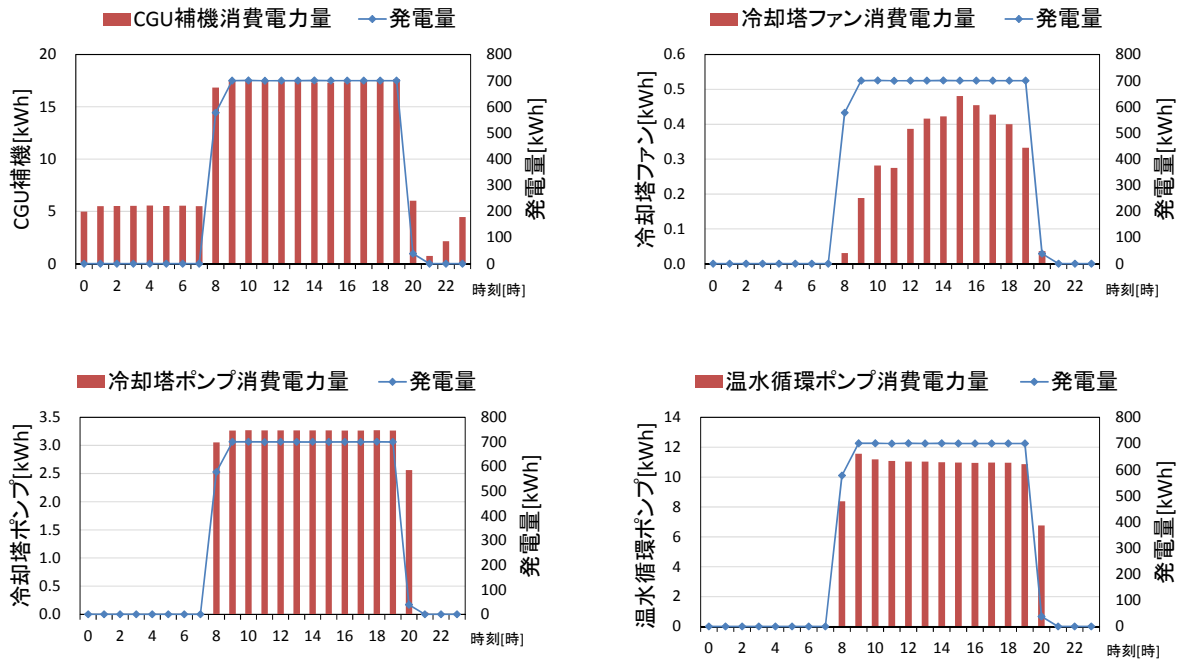


図 4-3.60 ID01 : 冬期における各補機の時刻別平均消費電力量及び発電量

E) 中間期代表月における各補機の時刻別平均消費電力及び発電量

ID01 の中間期代表月の 2017 年 5 月における各補機の時刻別平均消費電力量及び発電量を図 4-3.61 に示す。CGU 補機の待機電力は冬期より、低くなっていることがわかる。

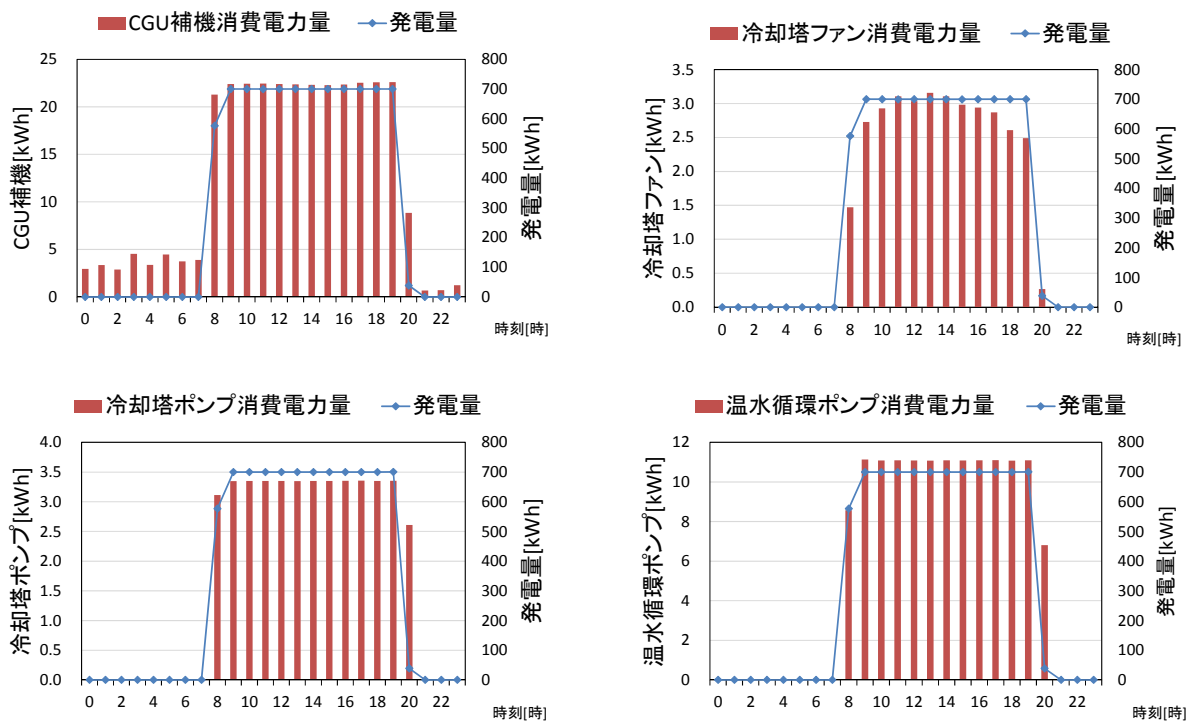


図 4-3.61 ID01 : 中間期における各補機の時刻別平均消費電力量及び発電量

F) 夏期代表月における各補機の時刻別平均消費電力及び発電量

ID01 の夏期代表月の 2017 年 8 月における各補機の時刻別平均消費電力及び発電量を図 4-3.62 に示す。夏期の冷却塔ファンの消費電力は冬期と中間期より高くなっていることがわかる。冷却塔ファンの消費電力と外気温度に相関があることが考えられる。

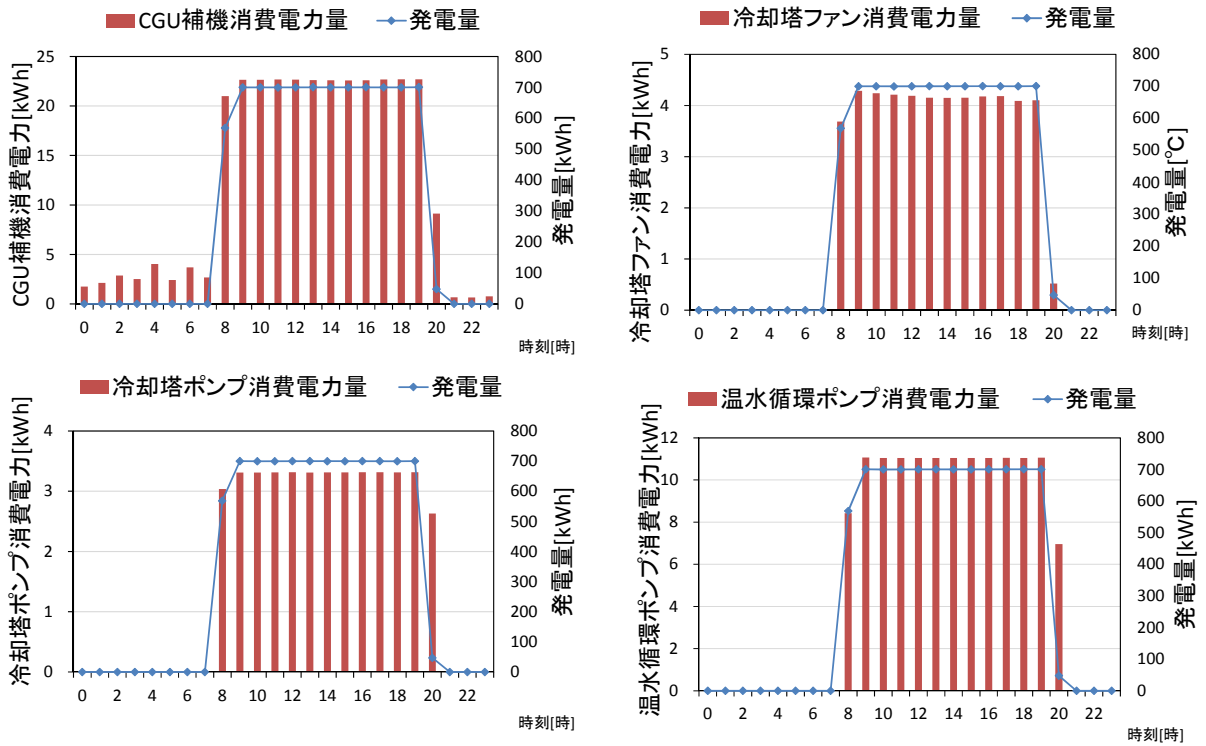


図 4-3.62 ID01 : 夏期における各補機の時刻別平均消費電力及び発電量

G) 冷却塔ファンと外気温度の相関

ID01 の冷却塔ファン消費電力量と外気温度の相関を図 4-3.63 に示す。外気温度が高いほど冷却塔ファンの消費電力量が大きくなる傾向が見られる。なお、外気温度が 20℃以上の範囲で消費電力量が 4kW もしくは 5.3kW 程度に集中しているが、この要因については把握できていない。

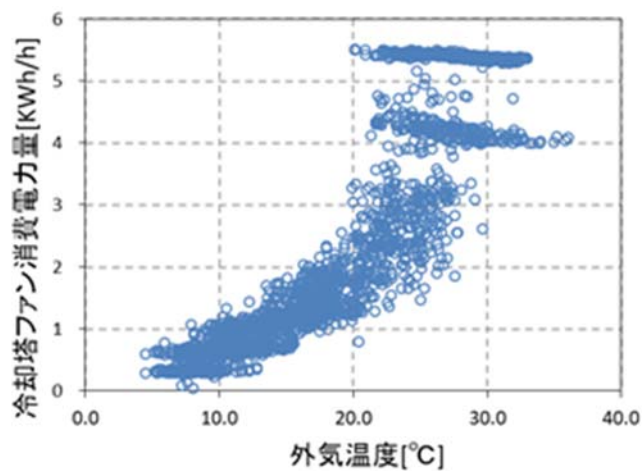


図 4-3.63 ID01 : 冷却塔ファン消費電力量と外気温度の相関

H) CGUの運転段階別補機消費電力量と補機消費電力量割合

ID01でCGUの起動動作、運転、停止動作、待機の各段階における平均補機消費電力量、平均発電量、平均補機消費電力量割合を表4-3.24に示す。なお、本建物では発電量を1時間間隔で計測しており、運転段階を細かく分けて分析することができないため、8時のデータを起動動作段階、20時を停止動作段階、9時から19時を運転段階、その他の時刻を待機段階として集計した。その結果、運転段階の補機消費電力量割合は発電量の5%前後となった。また、待機段階では冬期にCGU補機消費電力量が高くなっている。これは本体内部のヒーターの稼働等が影響していると考えられる。停止段階では、発電量が補機消費電力量よりも顕著に低下しているため、補機消費電力量割合が計算上高くなっている。

表 4-3.24 ID01 : CGU の運転段階別補機消費電力量と補機消費電力量割合

		補機消費電力量(kWh)					発電量 (kWh)	補機消費電力量割合				
		CGU補機	冷却塔ファン	冷却塔ポンプ	温水循環ポンプ	合計		CGU補機	冷却塔ファン	冷却塔ポンプ	温水循環ポンプ	合計
起動動作	冬期	16.8	0.0	3.1	8.4	28.3	577.4	2.92%	0.01%	0.53%	1.45%	4.90%
	中間期	21.3	1.5	3.1	8.6	34.5	576.7	3.69%	0.25%	0.54%	1.49%	5.97%
	夏期	21.0	3.7	3.0	8.4	36.1	568.4	3.69%	0.65%	0.53%	1.48%	6.36%
運転	冬期	17.4	0.4	3.3	11.1	32.2	700.0	2.49%	0.06%	0.47%	1.59%	4.60%
	中間期	22.4	2.9	3.4	11.1	39.8	700.0	3.20%	0.41%	0.49%	1.59%	5.69%
	夏期	22.6	4.2	3.3	11.0	41.1	700.0	3.23%	0.60%	0.47%	1.57%	5.87%
停止動作	冬期	6.0	0.0	2.6	6.8	15.4	38.4	15.63%	0.09%	6.68%	17.62%	40.02%
	中間期	8.8	0.3	2.6	6.8	18.5	38.6	22.80%	0.69%	6.76%	17.66%	47.91%
	夏期	9.1	0.5	2.6	7.0	19.2	47.5	19.20%	1.10%	5.54%	14.64%	40.48%
待機	冬期	4.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	-	-	-	-	-
	中間期	2.3	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	-	-	-	-	-
	夏期	1.7	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	-	-	-	-	-

2) マイクロガスエンジン (ID02)

A) 各CGU補機の時刻別平均消費電力および発電出力

ID02 の冬期、中間期、夏期代表日の各 CGU 補機の時刻別平均消費電力及び発電出力を図 4-3.64～図 4-3.66 に示す。図 4-3.64～図 4-3.66 からわかるように、冬期には 0.04kW ほどの待機電力が、中間期と夏期に 0.06kW ほどの待機電力が発生していることがわかる。また CGU 補機消費電力と発電出力に相関がある。しかし CGU 毎、日毎に CGU 補機消費電力と発電出力の変動が大きい。ID01 のように毎日同じような挙動を示さないので、ID02 において起動動作や停止動作時の推移を分析するには、より細かい時間間隔で検討をする必要がある。

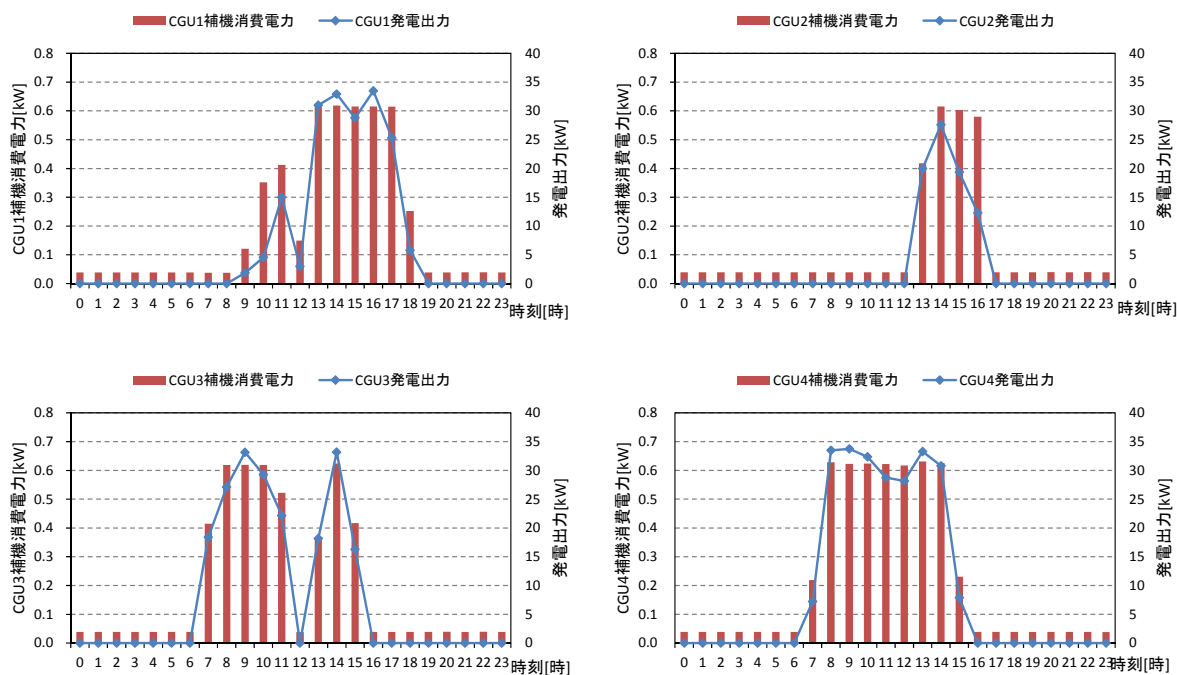


図 4-3.64 ID02 : 冬期代表日 (2017/1/25) の各 CGU 補機の時刻別消費電力及び発電出力

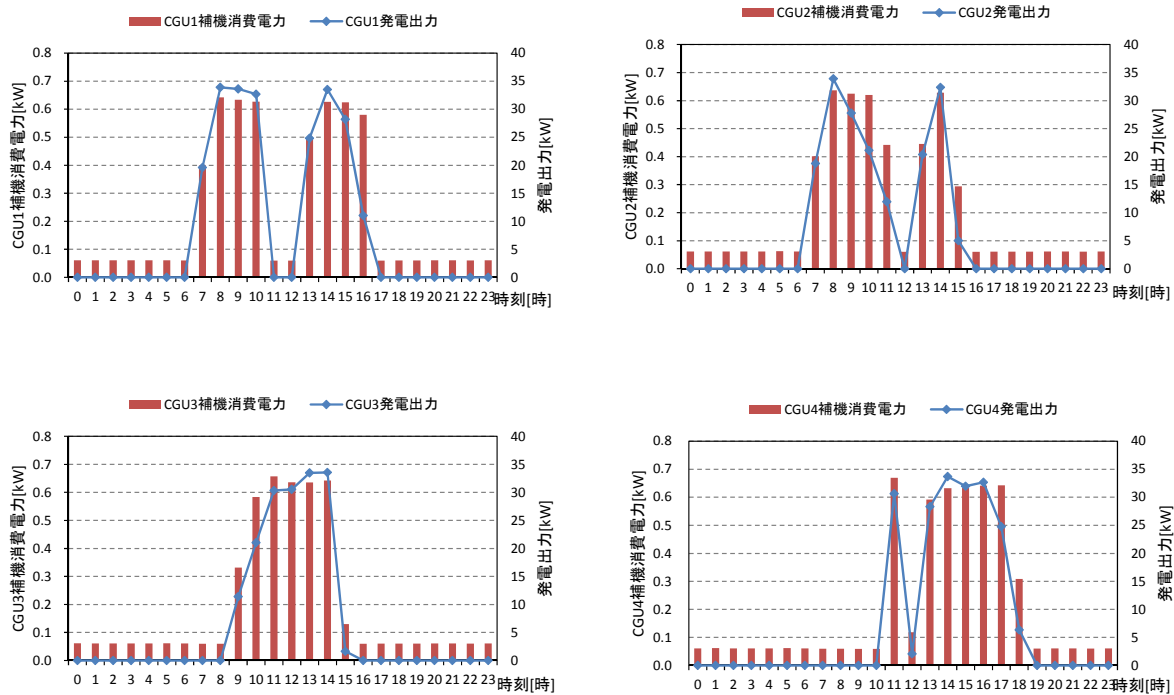


図 4-3.65 ID02：中間期代表日（2017/5/25）の各 CGU 補機の時刻別消費電力及び発電出力

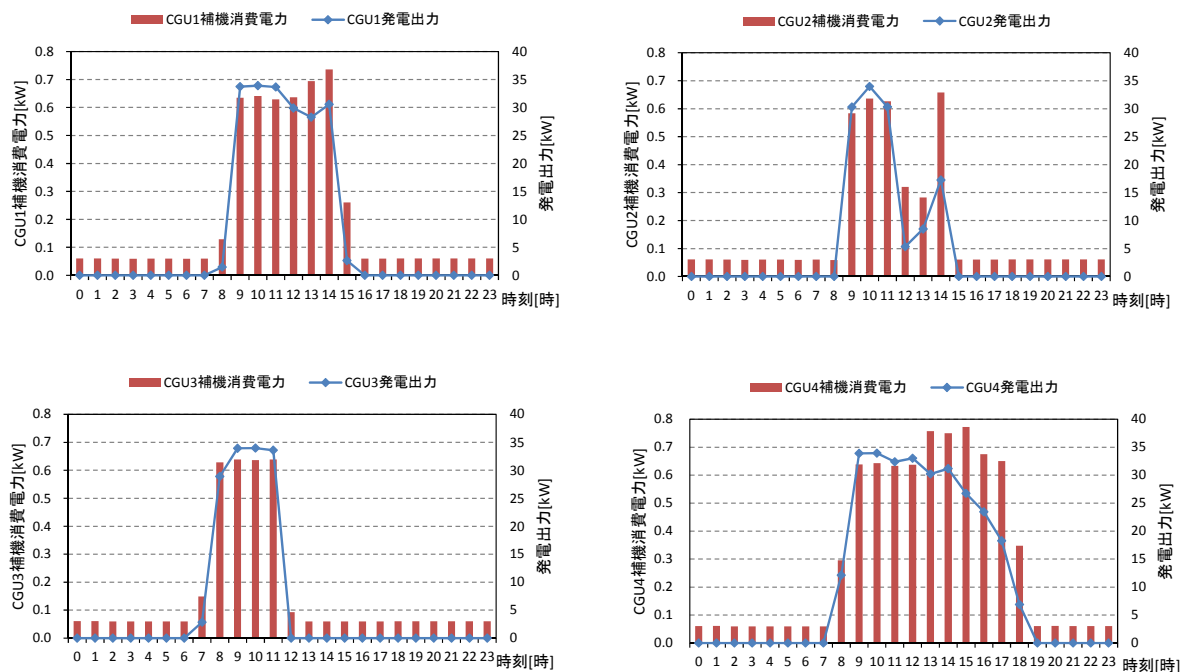


図 4-3.66 ID02：夏期代表日（2017/8/29）の各 CGU 補機の時刻別消費電力及び発電出力

B) 各CGU補機消費電力量と発電量の日積算値の推移

ID02 の各 CGU 補機消費電力量と発電量の日積算値の推移をそれぞれ図 4-3.67～図 4-3.70 に、CGU1～CGU4 合計の CGU 補機消費電力量と発電量の日積算値の推移を図 4-3.71 に示す。図 4-3.67～図 4-3.70 に示すように、CGU 補機消費電力量と発電量には相関がある。また CGU 補機の待機電力が 2017 年 4 月 3 日あたりから増加しており、88 kWh/日ほどになった。この要因については把握できていない。図 4-3.71 に示すように、2017 年 3 月 23 日～2017 年 4 月 7 日及び 2017 年 7 月 27 日～2017 年 8 月 25 日の期間では、CGU 補機消費電力量と発電量が低下している。原因として、ID02 は用途が給食センターであるため、その 2 つの期間が学校の長期休暇であることが主要因として考えられる。

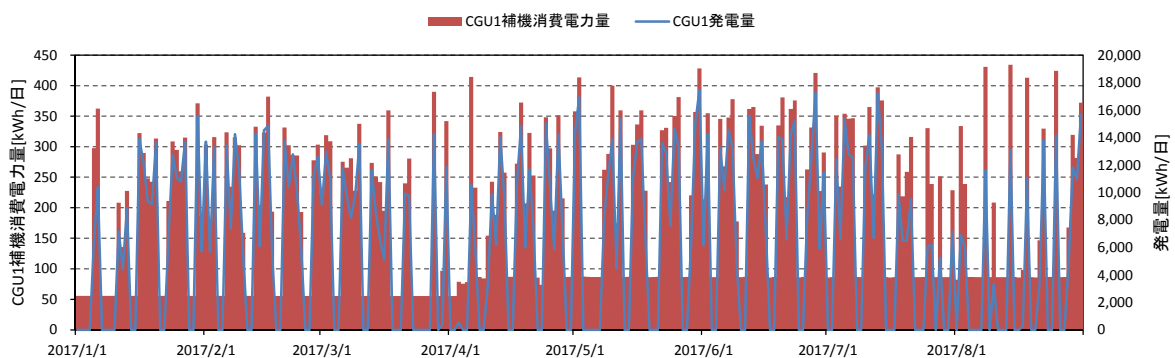


図 4-3.67 ID02:CGU1 補機消費電力量と発電量の日積算値の推移

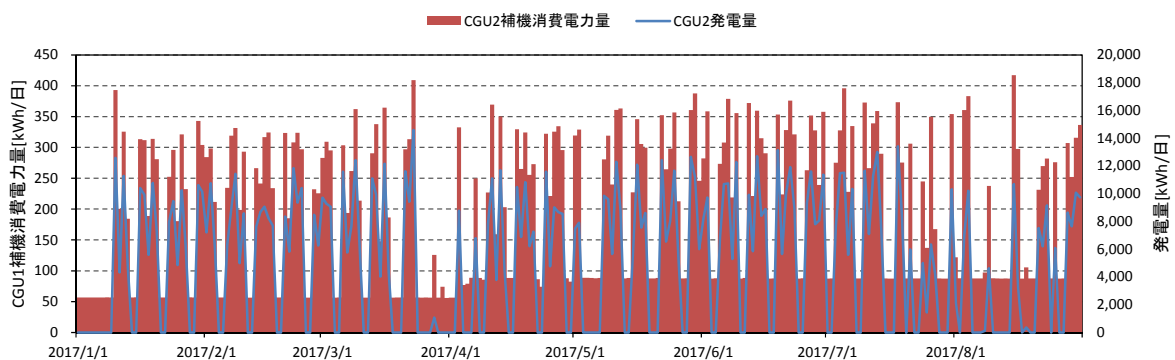


図 4-3.68 ID02:CGU2 補機消費電力量と発電量の日積算値の推移

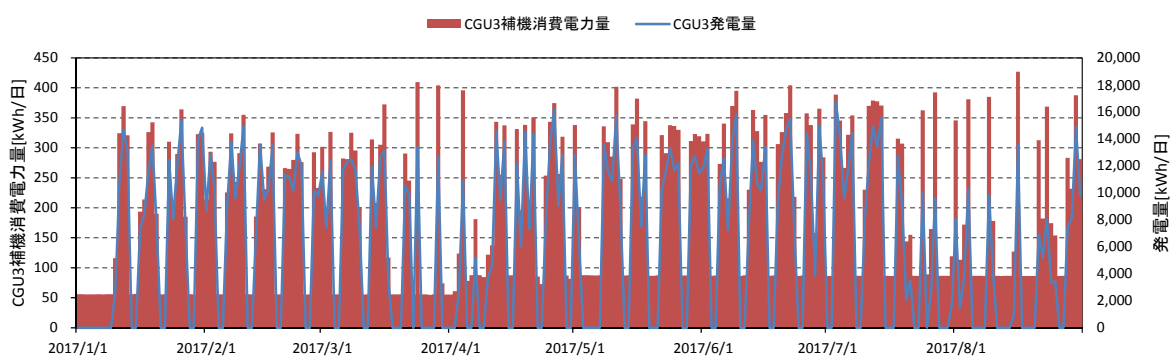


図 4-3.69 ID02:CGU3 補機消費電力量と発電量の日積算値の推移

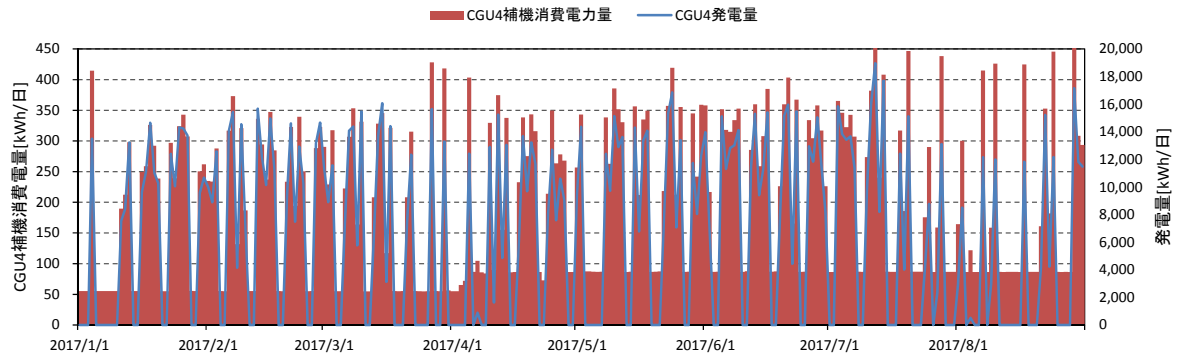


図 4-3.70 ID02:CGU4 補機消費電力量と発電量の日積算値の推移

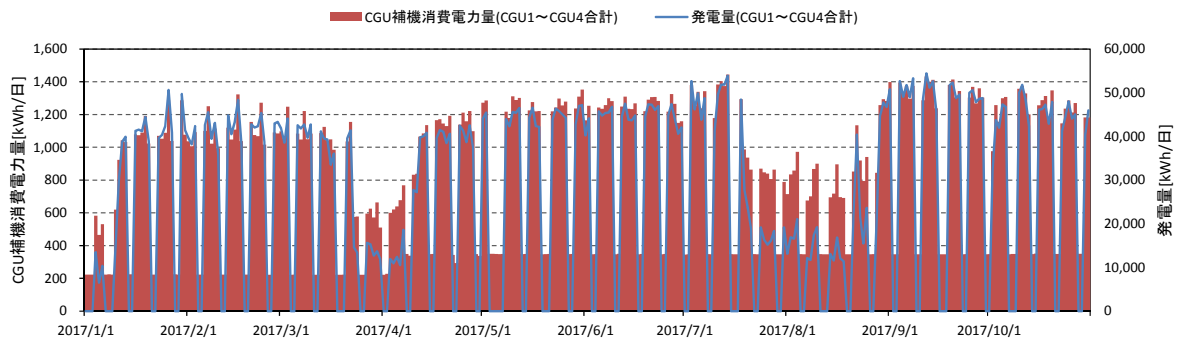


図 4-3.71 ID02:CGU1~CGU4 合計の CGU 補機消費電力量と発電量の日積算値の推移

C) 温水循環ポンプの夏期代表日における時刻別消費電力及び発電出力

ID02 の夏期代表日における温水循環ポンプの時刻別平均消費電力および発電出力を図 4-3.72 に示す。図 4-3.72 に示すように、CGU が起動動作段階と予想される 8 時に温水循環ポンプの消費電力が増加している。また、発電出力と温水循環ポンプの消費電力に相関はほとんどなく、9 時～17 時に 3kW 程度の一定の温水循環ポンプ電力消費が見られる。

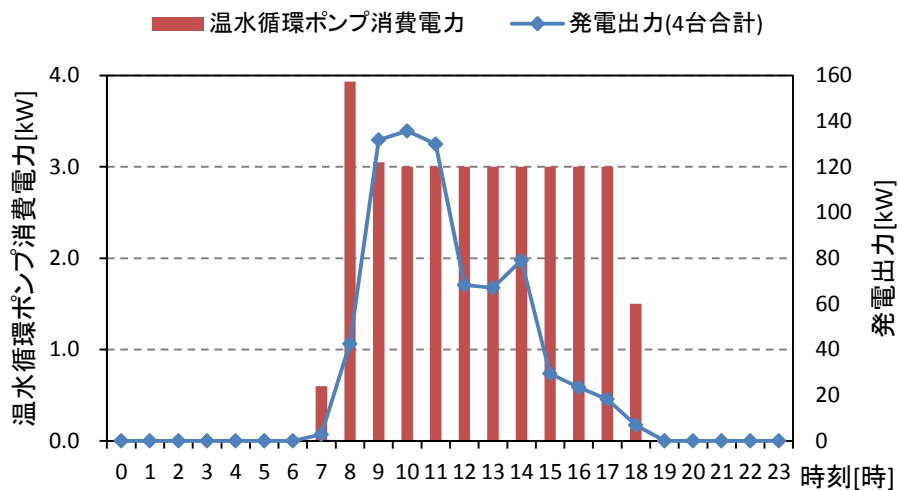


図 4-3.72 ID02 : 夏期代表日 (2017/8/29) における温水循環ポンプの時刻別消費電力及び発電出力

D) CGUの起動動作段階のCGU補機消費電力と補機消費電力割合

ID02の起動動作段階の発電出力及びCGU補機消費電力の年間平均の推移を図4-3.73、発電出力の定格出力に対する割合及びCGU補機消費電力割合の年間平均の推移を図4-3.74に示す。なお、ID02では発電出力を1分間隔で計測しており、前述の起動停止特性分析と同様の条件で起動動作、運転、停止動作、待機のCGS稼働状態を判定している。これは、起動動作判定条件に合う時間帯を発電出力の開始時刻を0分としてCGU4台の発電出力と補機消費電力の値を年間で平均した値である。図4-3.73、図4-3.74より、起動動作段階におけるCGU補機消費電力は発電出力と比例して上昇することがわかる。またCGU補機消費電力割合は開始の一瞬は3%程度になるがすぐに2%程度で安定する。CGU補機消費電力割合の起動動作段階と運転段階の差は非常に小さいと考えられる。

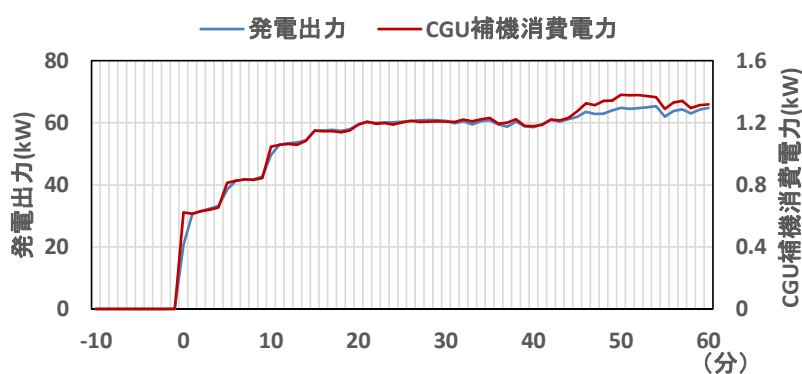


図 4-3.73 ID02：起動動作段階の発電出力及びCGU補機消費電力の年間平均の推移

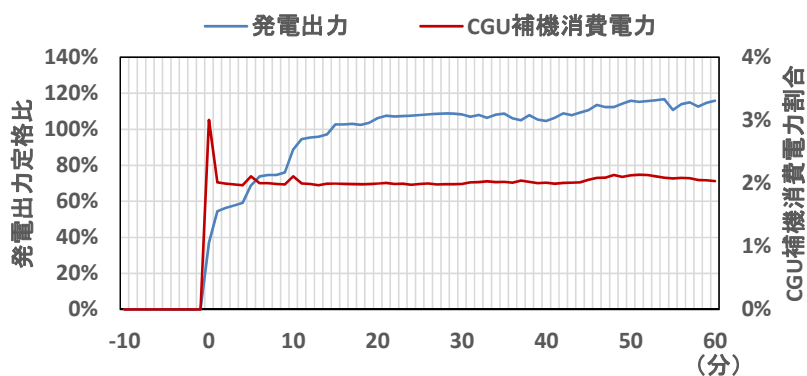


図 4-3.74 ID02：起動動作段階の発電出力の定格比及びCGU補機消費電力割合の年間平均の推移

E) CGUの停止動作段階のCGU補機消費電力と補機消費電力割合

ID02 の停止動作段階の発電出力及びCGU 補機消費電力の年間平均の推移を図 4-3.75 に、発電出力の定格出力に対する割合及びCGU 補機消費電力割合の年間平均の推移を図 4-3.76 に示す。これは、停止動作判定条件に合う時間帯を発電出力の終了時刻を0分としてCGU4 台の発電出力とCGU 補機消費電力の値を年間で平均した値である。図 4-3.75、図 4-3.76 より、停止動作段階におけるCGU 補機消費電力は、おおよそ0.6kW程度で安定している状態から一瞬で0kWになることがわかる。停止動作段階におけるCGU 補機消費電力割合は緩やかに上昇していき4%程度になったところで瞬時的に0%になる。これは、発電出力が緩やかに低下しているのに対しCGU 補機消費電力の低下はみられないので、相対的にCGU 補機消費電力の割合が大きくなっているためである。

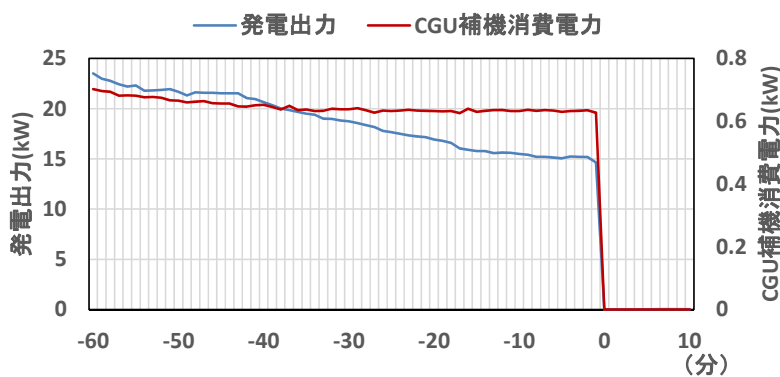


図 4-3.75 ID02：停止動作段階の発電出力及びCGU 補機消費電力の年間平均の推移

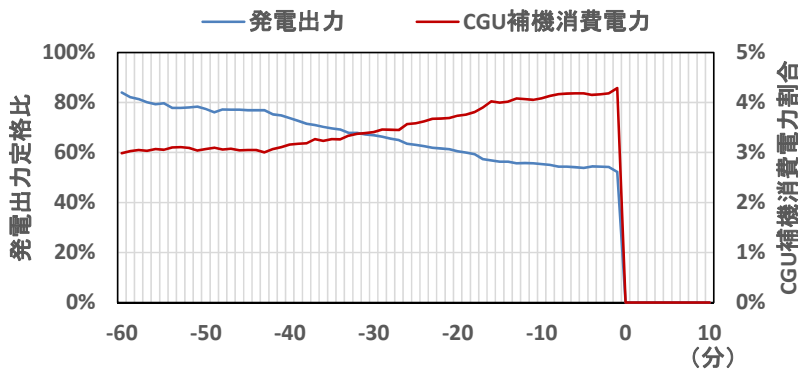


図 4-3.76 ID02：停止動作段階の発電出力の定格比及びCGU 補機消費電力割合の年間平均の推移

F) CGUの運転段階別補機消費電力と補機消費電力割合

ID02 の CGU の運転段階別補機消費電力と補機消費電力割合を表 4-3.25 に示す。なお停止特性の影響は小さいと考えられるため、停止動作段階は示していない。温水循環ポンプは夏期の利用しかみられないため、冬期、中間期については示していない。表 4-3.25 より、運転段階の CGU 補機消費電力割合は発電出力の 2%前後となった。起動動作段階の CGU 補機消費電力割合も 2%程度で、運転段階との差は小さい。また ID02 においては、CGU が発電を行っていない待機段階でも CGU 補機では 0.05kW 前後の電力を消費していることが確認されている。

表 4-3.25 ID02 : CGU の運転段階別補機消費電力と補機消費電力割合

		補機消費電力(kW)					発電出力(kW)					補機消費電力割合							
		CGU1	CGU2	CGU3	CGU4	温水循環ポンプ	合計	CGU1	CGU2	CGU3	CGU4	合計	CGU1	CGU2	CGU3	CGU4	温水循環ポンプ	CGU補機	合計
起動動作	冬期	0.65	0.62	0.62	0.66		2.55	34	31	31	33	129	1.9%	2.0%	2.0%	2.0%		2.0%	
	中間期	0.68	0.71	0.68	0.65		2.72	34	34	34	34	136	2.0%	2.1%	2.0%	1.9%		2.0%	
	夏期	0.61	0.85	0.62	0.78	4.06	6.92	29	34	28	34	125	2.1%	2.5%	2.2%	2.3%	3.2%	2.3%	5.5%
運転	冬期	0.62	0.62	0.62	0.62		2.48	34	33	34	34	135	1.8%	1.9%	1.8%	1.8%		1.8%	
	中間期	0.64	0.64	0.65	0.65		2.58	34	34	34	34	135	1.9%	1.9%	1.9%	1.9%		1.9%	
	夏期	0.66	0.66	0.67	0.67	3.73	6.39	34	34	34	34	136	1.9%	1.9%	2.0%	2.0%	2.8%	2.0%	4.7%
待機	冬期	0.04	0.04	0.04	0.04		0.16	0	0	0	0	0.00	-	-	-	-		-	
	中間期	0.06	0.06	0.06	0.06		0.24	0	0	0	0	0.00	-	-	-	-		-	
	夏期	0.06	0.06	0.06	0.06	0.00	0.24	0	0	0	0	0.00	-	-	-	-		-	

4-3.6. RHAの特性分析

4-3.6.1. 分析概要

4-2.3 節において RHA への投入排熱量の実測値はカタログ特性と乖離する場合があることに言及した。この主な要因として、RHA への排熱温水入口温度、冷却水入口温度の実測値がカタログ値と異なっていることが考えられる。よってここでは、排熱温水入口温度、冷却水入口温度に追従した投入排熱量の特性を分析する。同時に、ガスの消費特性、補機動力特性についても検討する。また、ID14 において RHA の時々刻々の特性を把握するために負荷を変動させる実験を行ったため、その実験結果についても示す。分析対象となる ID03,08,14 に導入されている RHA の仕様を表 4-3.26 に示す。表 4-3.26 に示す値はカタログ記載の定格値である。

表 4-3.26 ID03,08,14 の RHA の定格仕様

ID	冷房能力	燃料消費量		排熱温水			冷水			冷却水		
		排熱無	排熱有	入口	出口	流量	入口	出口	流量	入口	出口	流量
	kW	MJ/h	MJ/h	℃	℃	m ³ /h	℃	℃	m ³ /h	℃	℃	m ³ /h
03	1055	2952	2655	88	83	27	15	7	113	32	38	300
08	1583	4386	3070	90	80	52	17	7	136	32	38	450
14	211	585	468	88	83	9.3	15	7	23	32	37	64

4-3.6.2. 分析結果

A) 投入排熱量の排熱温水入口温度特性

ID03、ID08 に導入されている RHA の負荷率と投入排熱量の相関を排熱温水入口温度別に示した結果を図 4-3.77、図 4-3.78 に示す。ここでは CGU の排熱量が十分にあり、加えてガスも消費している時間を抽出している。なお、投入排熱量は冷却水入口温度、冷水出口温度、排熱温水流量等が影響するため、これらの条件を統制して集計しているが、冷水出口温度については統制する範囲を狭めても結果の傾向は変わらなかったため、6℃～12℃と広い範囲の条件で集計している。図 4-3.77 に示すように、ID03 では計測では排熱温水入口温度が常にカタログ条件値よりも低かったため、カタログ特性よりも投入排熱量が低くなっている。また、排熱温水入口温度が低下するほど、投入排熱量も低下している。続いて図 4-3.78 に示すように、ID08 は排熱温水入口温度がカタログ条件 (90℃) 付近の結果を見ると、カタログ特性と概ね一致しているが、ID03 と同様に排熱温水入口温度が低下するほど投入排熱量も低下している。

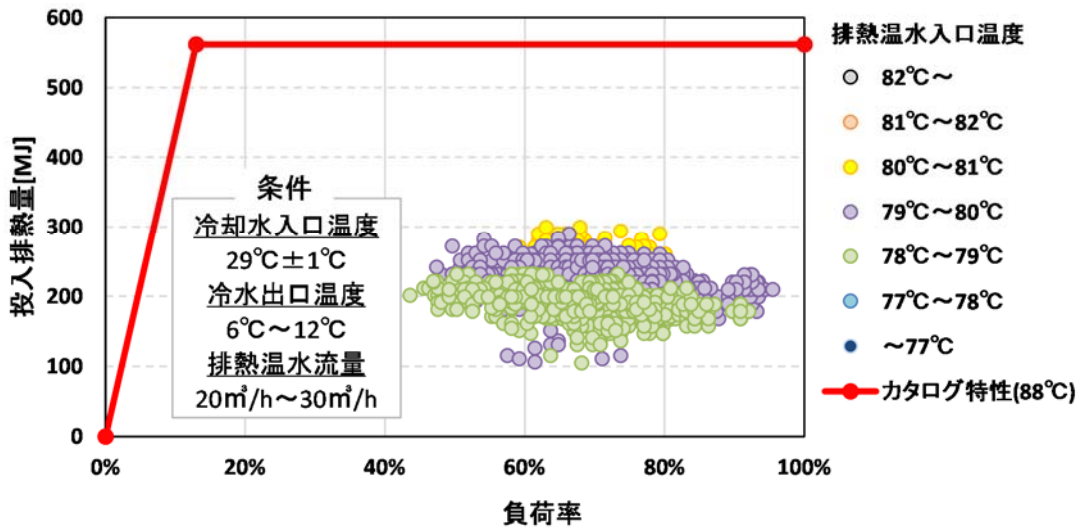


図 4-3.77 ID03 : 負荷率と投入排熱量の排熱温水入口温度別の相関

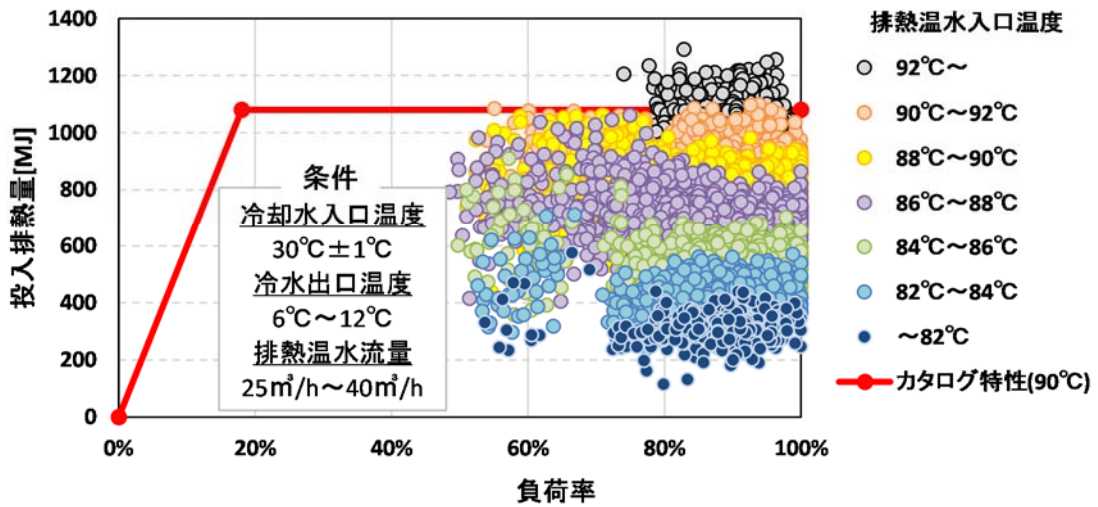


図 4-3.78 ID08 : 負荷率と投入排熱量の排熱温水入口温度別の相関

B) 投入排熱量の冷却水入口温度特性

ID03、08 に導入されている RHA の負荷率と投入排熱量の相関を冷却水入口温度別に示した結果をそれぞれ図 4-3.78、図 4-3.79 に示す。ここでも、排熱温水入口温度、冷水出口温度、排熱温水流量等の条件を統制して集計している。図 4-3.78、図 4-3.79 に示すように、高負荷率になるほど冷却水入口温度が上昇し、冷却水入口温度の上昇に伴い投入排熱量が若干低下する。

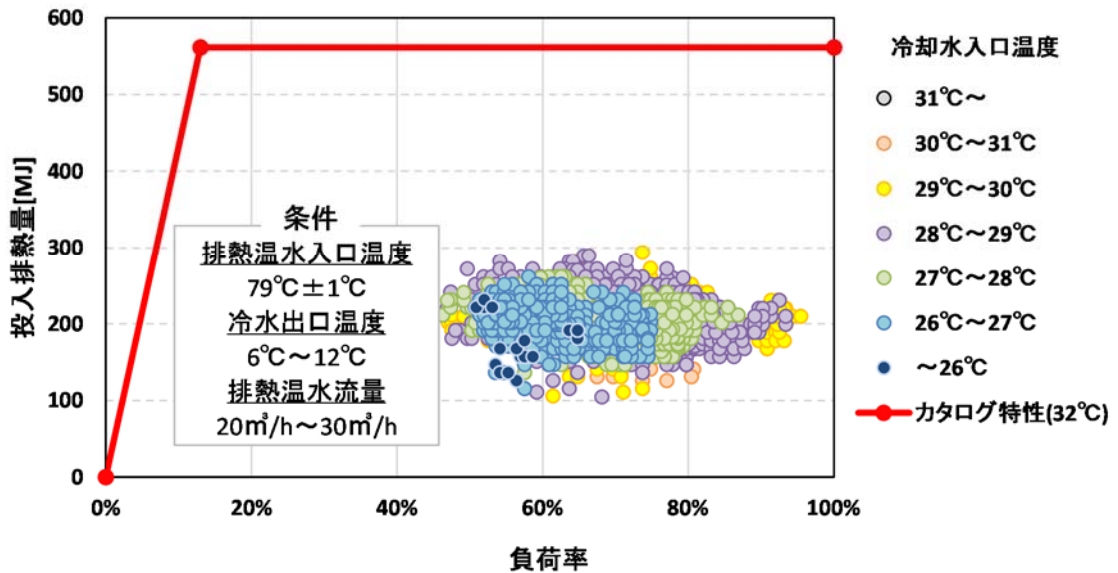


図 4-3.79 ID03：負荷率と投入排熱量の冷却水入口温度別の相関

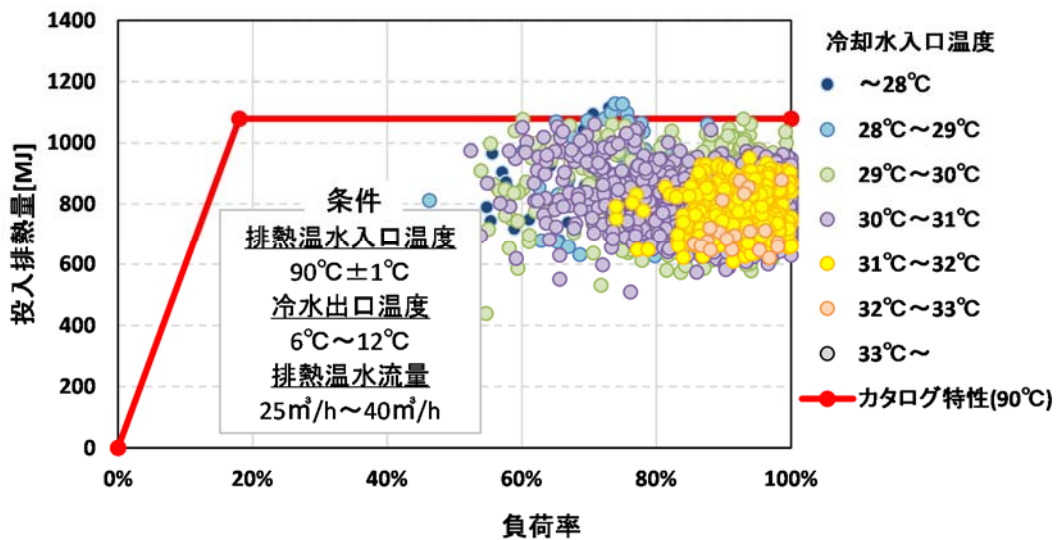


図 4-3.80 ID08：負荷率と投入排熱量の冷却水入口温度別の相関

C) ガス消費特性

ID08 の代表日 (2016 年 7 月 23 日) の RHA の投入排熱量、ガス消費量、負荷率の推移を図 4-3.81 に示す。ID08 のみガス消費量の実測値を 1 分間隔で入手できているため、短い時間間隔での RHA のガス消費特性を検討する。図 4-3.81 に示すように、ガス消費量の値が 0 になっている時間帯が一時的に存在する。ID08 のように RHA を 24 時間運転させている病院では、ガス消費による RHA の冷房運転が基本であり、排熱のみでの RHA の冷房運転は図 4-3.81 に示すように一時的にガスが途切れた時間帯であることが考えられる。

よって、病院のように RHA を 24 時間運転させている物件では、低負荷率で排熱のみで RHA を運転させることがほとんどない可能性が考えられる。

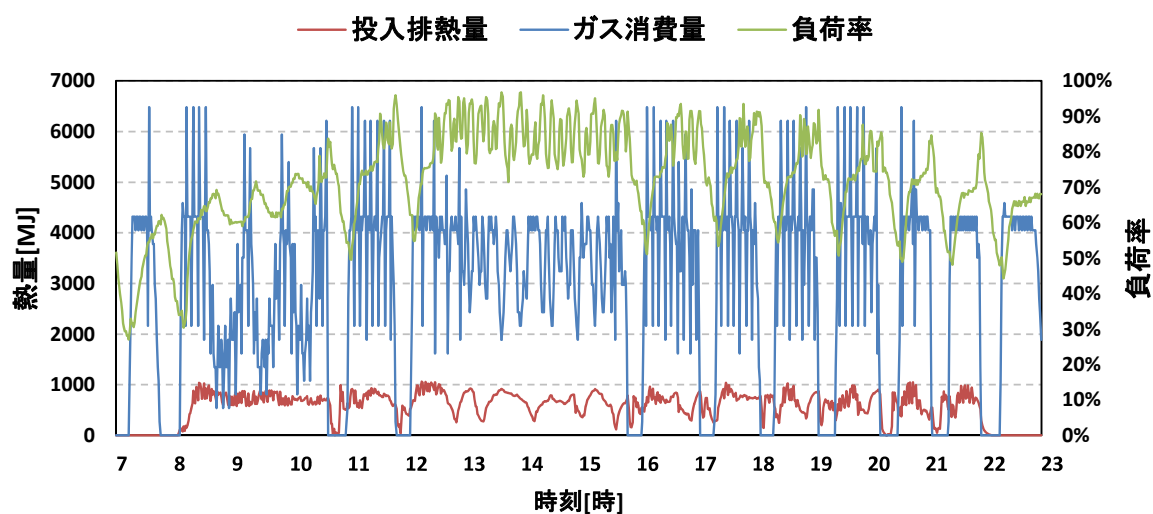


図 4-3.81 ID08 : 代表日 (2016 年 7 月 23 日) の投入排熱量、ガス消費量、負荷率の推移

D) 補機消費電力推移

ID03、14の代表日のRHAの処理熱量、ガス使用量、投入排熱量、補機消費電力量の推移をそれぞれ図4-3.82、図4-3.83に示す。図4-3.82より、ID03は建物使用時間が24時間であり、基本はガス使用によりRHAを冷房運転し、CGU稼働時間のみ排熱を投入する運転となっていることがうかがえる。図4-3.83より、ID14もガス消費によるRHAの冷房運転が基本であり、排熱のみで運転することはほとんどない。また、ID03、14の両方とも、CGU稼働かつ排熱投入時間帯に補機消費電力量が若干増加している時間がみられるため、補機消費電力量は処理熱量もしくは投入排熱量と相関がある可能性がある。

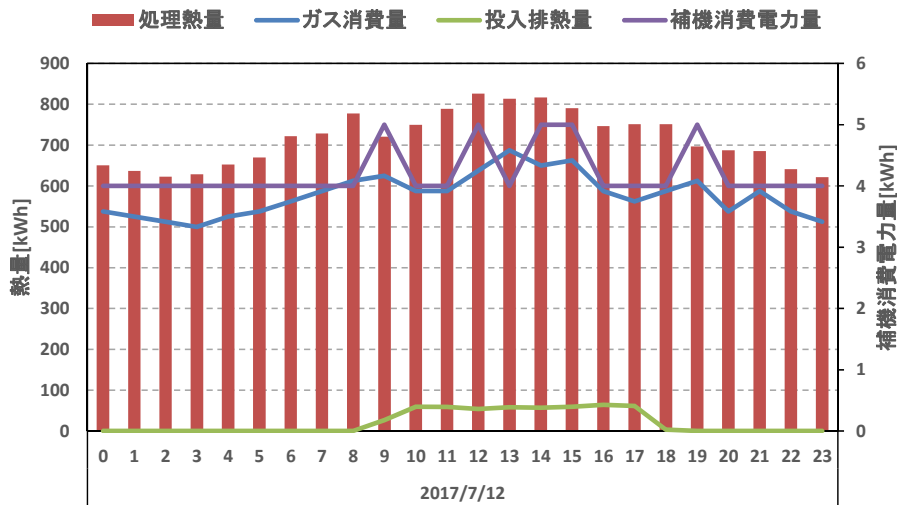


図 4-3.82 ID03：代表日（2017年7月12日）の処理熱量、投入排熱量、補機消費電力量の推移

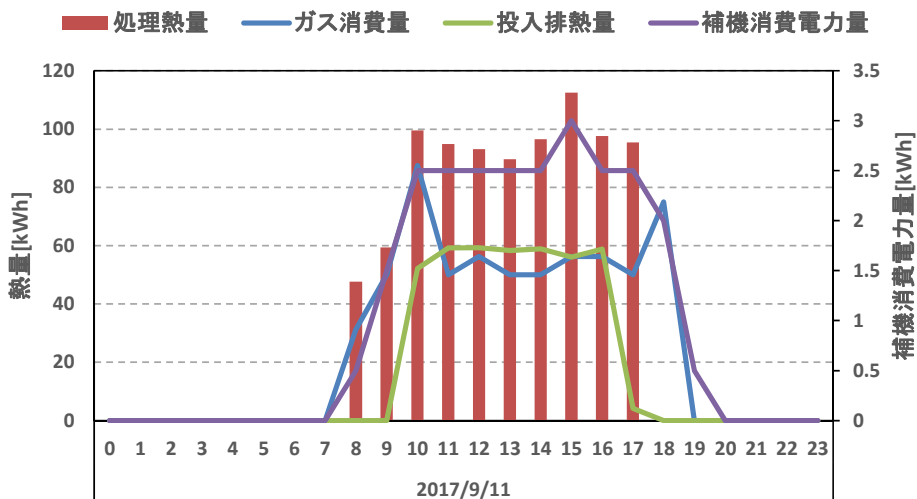


図 4-3.83 ID14：代表日（2017年9月11日）の処理熱量、投入排熱量、補機消費電力量の推移

E) 負荷率と補機消費電力量の関係

ID03、14 の RHA の負荷率と補機消費電力量の相関をそれぞれ図 4-3.84、図 4-3.85 に示す。図 4-3.84、図 4-3.85 の破線の回帰直線に示すように、負荷率と補機消費電力量は比例関係にあり、負荷率が増加するほど補機消費電力量が大きくなる。同様に投入排熱量と負荷率の相関を分析したところ、ほとんど相関は見られなかった。

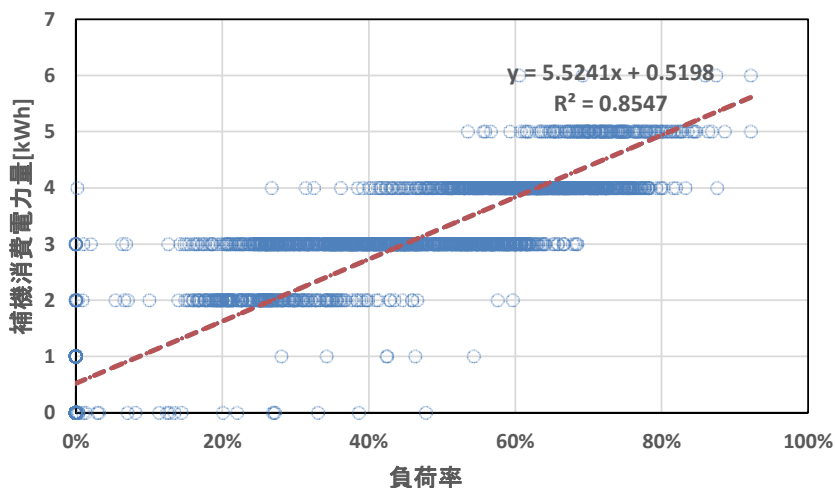


図 4-3.84 ID03 : RHA の負荷率と補機消費電力量の相関

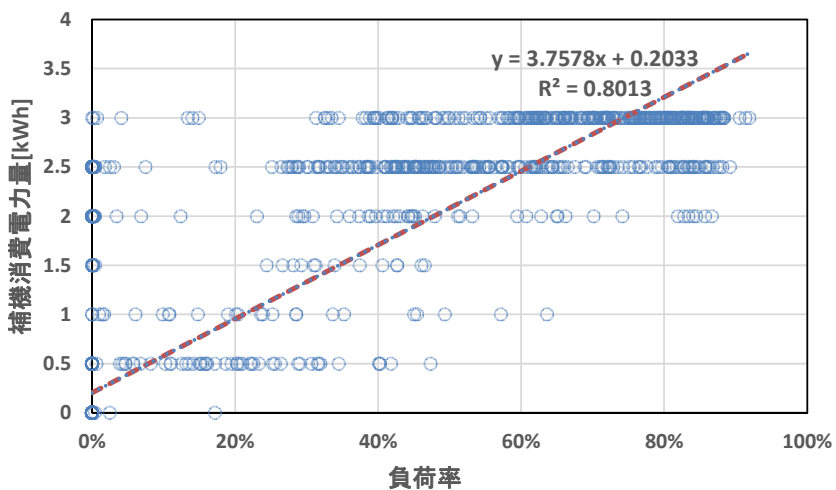


図 4-3.85 ID14 : RHA の負荷率と補機消費電力量の相関

F) RHA補機消費電力量割合の度数分布

ID03、14 の RHA 補機消費電力量割合を 0.1%毎に区切った場合の度数及び度数割合をそれぞれ表 4-3.27 及び表 4-3.28 に示す。表 4-3.27 に示すように、ID03 の RHA 補機消費電力量割合は 1%未満がほとんどである。一方表 4-3.28 に示すように、ID14 の RHA 補機消費電力量割合は ID03 より大きく、1.5%～2.0%の度数が最も大きい。しかし ID03、14 の両方とも RHA 補機消費電力量割合は CGU の補機消費電力割合と比べて小さい。よって RHA の補機消費電力量の影響は非常に小さく、計算において重要でない可能性もあるが、その判断においては、他の物件や他の機種での検討が必要である。

表 4-3.27 ID03 : RHA 補機消費電力量割合の度数分布

RHA補機 消費電力量割合区分	度数	度数割合
0.0%～0.1%	23	1%
0.1%～0.2%	1	0%
0.2%～0.3%	4	0%
0.3%～0.4%	3	0%
0.4%～0.5%	173	8%
0.5%～0.6%	666	29%
0.6%～0.7%	701	31%
0.7%～0.8%	306	14%
0.8%～0.9%	128	6%
0.9%～1.0%	90	4%
1.0%～1.1%	69	3%
1.1%～1.2%	42	2%
1.2%～1.3%	18	1%
1.3%～1.4%	13	1%
1.4%～1.5%	4	0%
1.5%～1.6%	5	0%
1.6%～1.7%	3	0%
1.7%～1.8%	4	0%
1.8%～1.9%	3	0%
1.9%～2.0%	2	0%
2.0%～	0	0%

表 4-3.28 ID14 : RHA 補機消費電力量割合の度数分布

RHA補機 消費電力量割合区分	度数	度数分布
0.5%～1.0%	18	3%
1.0%～1.5%	62	10%
1.5%～2.0%	232	37%
2.0%～2.5%	157	25%
2.5%～3.0%	70	11%
3.0%～3.5%	46	7%
3.5%～4.0%	19	3%
4.0%～4.5%	19	3%
4.5%～5.0%	3	0%
5.0%～5.5%	2	0%
5.5%～6.0%	1	0%
6.0%～6.5%	1	0%
6.5%～7.0%	2	0%
7.0%～	0	0%

G) RHAの時々刻々の特性解析実験

RHA の時々刻々の特性を把握するために ID14 で実験を行った。ID14 は参考資料 1-1 に示すように 35kW のマイクロガスエンジンが 1 台、211kW の RHA が 1 台導入されているショールームである。実験期間は ID14 が定休日である 2017 年 9 月 13 日の 11:05～17:05 であり、FCU 室内設定温度のみを 1 時間おきに変更し、その他の CGU 排熱温水出口温度、冷却水入口温度の設定値を固定する実験である。実験日の実測データは BEM にて取得し、RHA のガス使用量のみパソコンに接続した WEB カメラにてガスメーターを 1 分間隔で撮影して取得する。データ実験の目的を表 4-3.29 に、実験の行程を表 4-3.30 に示す。なお、14:05 に FCU 温度変更をする際、FCU の電源が落ちていたため 13:05 と同様の 26℃で設定している。

表 4-3.29 実験の目的

・ 負荷変化時の RHA の負荷率、投入排熱量、ガス消費量の変動についての検討
・ 低負荷時の排熱のみでの冷房運転特性の検討
・ 投入排熱量のカタログ特性と実測特性の比較

表 4-3.30 実験の行程

時刻	操作	CGU 排熱出口 温度設定値	FCU 室内温度 設定値	RHA 冷却水入口温度 設定値
11:05	CGU ON FCU 温度変更 (30℃)	88℃	30℃	32℃
12:05	FCU 温度変更 (28℃)	88℃	28℃	32℃
13:05	FCU 温度変更 (26℃)	88℃	26℃	32℃
14:05	FCU 温度変更 (26℃)	88℃	26℃	32℃
15:05	FCU 温度変更 (24℃)	88℃	24℃	32℃
16:05	FCU 温度変更 (22℃)	88℃	22℃	32℃
17:05	CGU OFF	—	—	—

実験日の負荷率、投入排熱量、ガス消費量の推移を図 4-3.86 に示す。図 4-3.86 に示すように、12 時、13 時、14 時など負荷増加時にはガスを消費していることがわかる。また、14 時以降の高負荷時と想定される時間帯でも負荷率は 80%を超えておらず、若干低い 150MJ 程度で投入排熱量が安定していることがわかる。

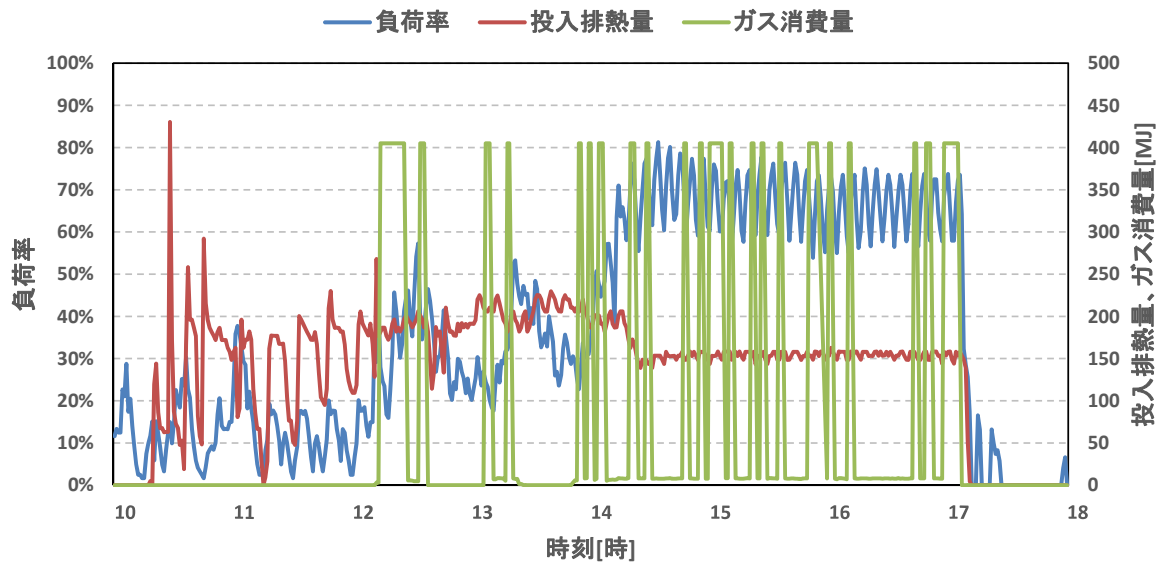


図 4-3.86 ID14 : 実験日の負荷率、投入排熱量、ガス消費量の推移

実験日の排熱温水温度、流量の推移を図 4-3.87 に、冷水温度、流量の推移を図 4-3.88 に、冷却水温度の推移を図 4-3.89 に示す。図 4-3.87 に示すように、排熱温水流量が一定であり、図 4-3.88 に示すように、14 時から 17 時までの時間帯で冷水流量が増加している。また、14 時 30 分あたりから排熱温水温度が比較的一定の温度になっている。図 4-3.89 に示すように、実験期間において冷却水入口温度を 32℃に設定している一方で、冷却水入口温度の実測値が 34℃を超える時間が一時的に存在する。この冷却水入口温度の挙動の影響で、前述のように負荷率が変動している可能性がある。また、冷却水出口温度が 14 時 30 分あたりから 39℃を超える挙動を示している。このように冷却水温度上昇の影響で 14 時 30 分あたりから排熱温水温度が比較的一定の温度になっていると考えられる。

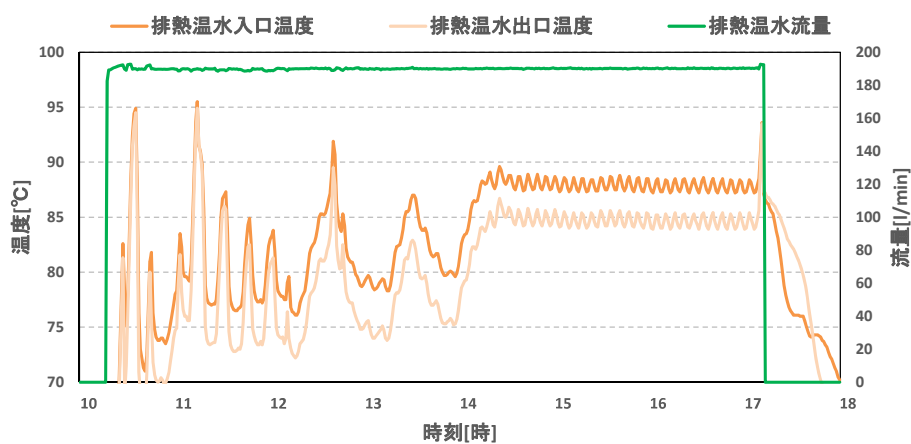


図 4-3.87 ID14 : 実験日の排熱温水温度、流量の推移

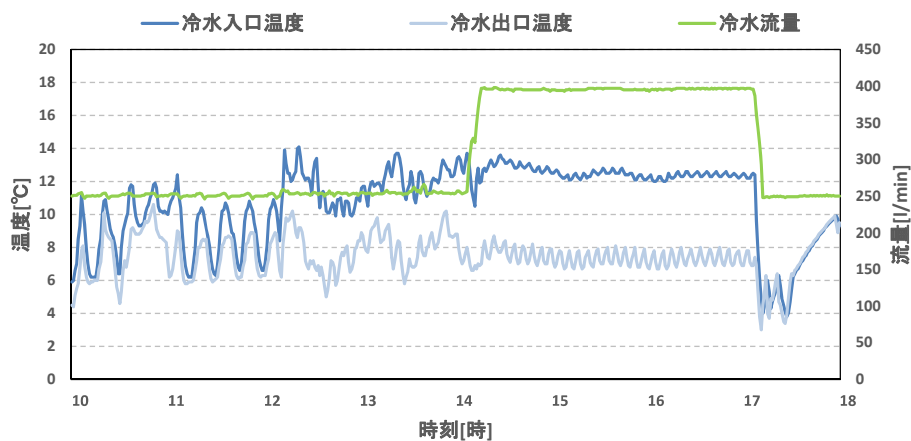


図 4-3.88 ID14 : 実験日の冷水温度、流量の推移

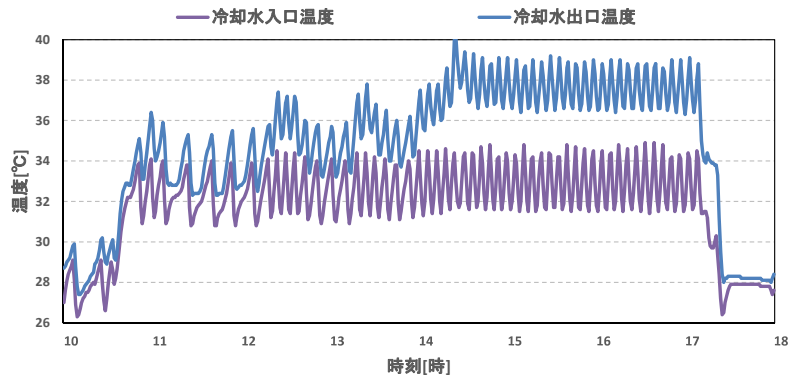


図 4-3.89 ID14 : 実験日の冷却水温度の推移

実験日の負荷率と投入排熱量の相関を図 4-3.90 に示す。図 4-3.90 に示すように、カタログ特性では負荷率 44%程度までは投入排熱量が増加し、その後投入排熱量が減少する傾向を示しているのに対し、実測値の投入排熱量は負荷率 55%程度から比較的一定の値を示す。このようにカタログ特性と実測特性が異なった原因として、以下の 3 点が可能性として考えられる。なお ID14 は用途がショールームであり、運用管理を詳細に行っていないことに留意が必要である。

- ① 排熱温水出口温度過低制御により投入排熱量が制限されている
- ② 破線に示すようにCGU定格排熱出力が189MJであるため、供給される熱量自体に限界がある
- ③ 冷却水入口温度が設定値より一時的に上昇し、冷却水出口温度も39℃付近まで一時的に上昇している

上記の 3 点の可能性について物件へのヒアリング調査、実測値分析結果を参考に再検討する。

- ① 排熱温水出口温度過低制御により投入排熱量が制限されている

ID14 にヒアリングした結果「排熱温水出口温度過低制御は導入していない」という回答であったため、排熱温水出口温度過低制御が原因ではない。

- ② 破線に示すようにCGU定格排熱出力が189MJであるため、供給される熱量自体に限界がある
ガス消費なしの時には投入排熱量が 189MJ 付近を示している一方で、負荷率 55%程度以上のガス消費ありの時に 150MJ 程度の一定値を示す。よって、負荷増加とガス消費が影響している可能性が高いため、CGU 定格排熱出力が 189MJ であることが原因であるとは一概には言えない。

- ③ 冷却水入口温度が設定値より一時的に上昇し、冷却水出口温度も39℃付近まで一時的に上昇している

上述のように、負荷率が 55%程度以上のガス消費ありの 14 時 30 分以降のときに、投入排熱量が 150MJ 程度の一定値を示す。また図 4-3.89 より、その時の冷却水出口温度は 39℃付近まで一時的に上昇している。よって実験における冷却水入口温度の設定を 32℃としたものの、実験中の冷却水温度が 32℃を超えたため、RHA サイクル内の温度レベルが上昇して飲み込める排熱量が低下し、投入排熱量が 150MJ 程度の一定値を示したと考えられる。

以上より、実験における冷却水入口温度が 32℃を超えた挙動を示していることが原因で投入排熱量の実測特性がカタログ特性と異なったことが考えられる。

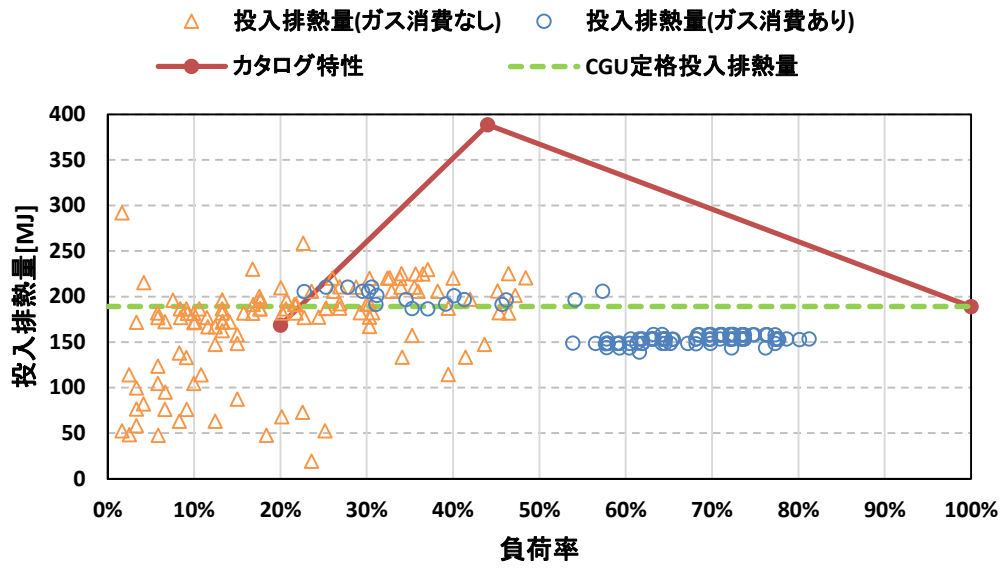


図 4-3.90 ID14 : 実験日の負荷率と投入排熱量の相関

4-3.7. 結果まとめ

(1) 入力データ及び規定値の設定（運転スケジュール等）

- 建物用途毎にCGUの稼働時間（稼働時間、季節ごとの運転状況、休日の稼働の有無など）に若干の違いが見られる。
- 建物の使用時間とCGU稼働時間には一定の相関がみられるが、中間期には稼働していない物件も見られる。（建物使用時間が24時間の物件は除く）
- 建物使用時間が24時間の物件は、十分負荷の得られる時間帯にCGUをスケジュール運転させていると考えられる。

(2) CGU効率特性分析

- ID08、ID10：発電効率の実測効率はカタログ効率と概ね一致している。
- ID08、ID10：排熱回収効率の実測効率は冬期ではカタログ効率より低い値を示すが、配管等からの熱損失、2次側に十分に排熱負荷がないことが原因として考えられる。

(3) CGU起動停止特性分析

- ID02、ID08：起動動作はガス消費量、発電出力、排熱出力の順に開始し、起動動作にかかる時間は約25分である。
- ID02：起動動作段階の排熱回路出口温度は熱荷の影響を受けると考えられる。
- ID02、ID08：停止動作はガス消費量、発電出力、排熱出力はほぼ同時に開始し、停止動作にかかる時間は約10分である。
- ID02、ID08：停止動作段階の排熱回路流量は即時に0m³/hとなり、残留運転は行っていない。
- 起動停止動作時間と外気温度との相関はあまり見られない。
- 起動動作は、定格出力に対する起動動作時間中の出力の比(η_{start})を低減率として反映できる可能性がある。
- 停止動作にかかる時間は短く、出力の低下もわずかで影響は小さいと考えられる。

(4) CGS補機動力特性分析

A) ガスエンジン

- ID01：CGU補機、温水循環ポンプ、冷却塔ポンプの消費電力は発電と相関があり、冷却塔の消費電力は外気温度との相関がある。
- ID01：冷却塔ヒーターは冷却塔内の溶液の温度によって凍結防止のために運転していると考えられるが、計測期間中2日しか稼働しなかった。
- ID01：CGU補機のみ待機電力が発生しており、消費電力量は冬期で4kWh、中間期と夏期で2kWh程度である。
- ID01：運転段階の補機消費電力割合は発電量の5%前後となった。
- ID01：待機段階では冬期にCGU補機消費電力が高くなっているが、本体内部のヒーターの稼働等が影響していると考えられる。

B) マイクロガスエンジン

- ID02 : CGU補機消費電力と発電出力に相関がある。
- ID02 : CGU補機は冬期には0.04kWほどの待機電力が、中間期と夏期に0.06kWほどの待機電力が発生している。
- ID02 : 温水循環ポンプ消費電力と発電出力に相関はほとんどない。
- ID02 : 運転段階、起動動作段階ともにCGU補機消費電力割合は発電出力の2%前後となった。

(5) RHAの特性分析

- ID03、ID08 : 排熱温水入口温度が低下するほど、投入排熱量も低下している。
- ID03、ID08 : 高負荷率になるほど冷却水入口温度が上昇し、冷却水入口温度の上昇に伴い投入排熱量が若干低下する。
- ID03、ID14 : 負荷率と補機消費電力量は比例関係にあり、負荷率が増加するほど補機消費電力量が大きくなる。
- ID03、ID14 : RHAの補機消費電力量の影響は非常に小さく、計算において重要でない可能性が高い。
- ID14 : 運転開始時、負荷増加時は排熱のみでなく、ガスを消費する。
- ID14 : 投入排熱量は冷却水温度に依存する。

第5部. 調査・検討より得られた成果

5-1. 調査結果の要旨

5-1.1. 平成28年度の研究成果

5-1.1.1. エネルギー消費量の計算法の開発

- 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)を構築した。
- ベースプログラムの仕様書を作成し、仕様書をみれば同一のプログラムが作成できるようにした。構築したベースプログラムの概要は以下の通りである。
- 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ことで、各機器の特性に合わせた性能評価が行えるようにした。
- 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、消費電力などとした。
- 効率値の入力項目として定格点だけでなく、負荷率75%および50%の発電効率と排熱回収効率を採用し、部分負荷運用時も含めて計算対象機器に合わせた的確な計算が行えるようにした。
- 運転スケジュールについて、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設定とすることで、スケジュール設定を標準化し、どの建物でも適用できる手法とした。「50%」というパラメータについては、実測調査結果結果から実態と整合しているか分析することでより精度を向上できる可能性を示した。
- アンケート調査ではほぼ全ての建物で全負荷運転もしくは電主運転を行っていることが分かったため、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した。
- 平成29年度に実施する実測データを用いた精度検証に向けてベースプログラムの計算結果を示した。

5-1.1.2. 業務用コージェネレーション設備の管理・運転実態

(1) アンケート調査（187件配布、85件回収）

- CGUの容量と建物延床面積等の建物諸元との相関は総じて高くなく、用途や規模による傾向はほとんどみられない。
- 夏期、中間期、冬期における平日と休日の建物用途別運転スケジュールでは、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おり、その前後の時間帯での稼働状況には建物によってばらつきがあるが、用途による傾向がみられる。また、CGS平均稼働率は中間期および休日に低めとなる傾向がある。
- 運転スケジュールは、年間を通じて同じである物件が全体の半数を占めており、さらにその中でも予め定められた運転時間帯で運転している物件が凡そ半数を占めている。一方、運転スケ

ジュールを見直す場合は季節ごとであることが多く、熱需要もしくは電力需要が判断基準となるものが多い。

- ▶ 運転スケジュールが年間を通じて同じである物件は、季節ごとに見直している物件よりも、CGS容量が小さい傾向が見られる。
- ▶ 発電量制御の方法については、全体の90%程度の物件で常時定格運転もしくは電力負荷追従運転を採用しており、それ以外はほとんど確認されていない。

平成 28 年度時点で整理した CGS の性能評価に向けた主なポイント（アンケート調査）

- ・ 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。さらに熱主運転を加えれば評価できない建物はほとんどなくなる。

(2) ヒアリング調査（CGS導入建物13件）

- ▶ マイクロCGUは放熱用のラジエータがCGU本体に内蔵されているため、マイクロCGUを用いたシステムでは放熱用の冷却塔が不要である。一方、大型のCGUを使用しているシステムでは、放熱用冷却塔に接続された熱交換器が設置されることがほとんどである。
- ▶ CGSの排熱回路における排熱利用機器の接続には、それらが直列に接続されたものと並列に接続されたものが見られる。直列に接続されたものでは、排熱利用機器で利用されたあとの排温水が次の排熱利用機器に投入されるため、同時に2つ以上の機器で排熱利用がなされる場合、2番目以降の機器に投入される排温水の温度が低下する。一方、並列に接続されている場合は、各機器に投入される排温水の温度は一樣で、流量が変化することになる。温度変化によって効率が変換ることが予想される排熱投入型吸収式冷温水機を複数台接続する場合にも、それらを直列に接続したシステムがみられる。なお、例え直列に接続することによって排熱が排熱投入型吸収式冷温水機で利用できなかつたとしても、他の排熱利用機器で利用できればシステム全体としては高い効率を保てる可能性がある。
- ▶ 排熱利用の優先順位は、多くのシステムで冷房、暖房、給湯の順になっているが、給湯を最優先している建物も見られる。
- ▶ CGSからの排温水の取り出し温度は、80℃～90℃で88℃としている建物が多かった。
- ▶ 多くの建物では、管理者がCGSの運転スケジュールを時期によって変更しており、その変更基準は日付、気温、建物負荷の状況など様々である。

平成 28 年度時点で整理した CGS の性能評価に向けた主なポイント（ヒアリング調査）

- ・ 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。

5-1.1.3. 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

(1) 実測調査（測定3件、BEMSデータ取得5件）

- 平成28年度は精度検証に活用するための準備段階として、8物件の実測データを収集し（一部の物件は計測を次年度以降も継続）、分析結果を基に、計算ロジックに反映する改良点を明らかにした。
- 多くの建物で、カタログに記載の発電効率と実際の発電効率はほぼ一致していた。
- 1件の短期間の計測結果では、補機電力（CGU補機消費電力、排熱回路循環ポンプ、冷却塔ファン・ヒーター）は発電量の5%前後となっている。また、発電量が小さくなると相対的に補機電力の割合が上昇する。待機電力も無視できない程度にある。
- 排熱投入型吸収式冷温水機の投入可能排熱量はカタログの性能に近いが、排熱のみで運転可能とされる負荷範囲においてもガス消費が見られる。
- 排熱投入型吸収式冷温水機の効率（排熱投入可能熱量）は排熱投入温度が高いときほど高くなる傾向にある。

平成28年度時点で整理したCGSの性能評価に向けた主なポイント（実測調査）

- ・ 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。
- ・ 排熱投入型吸収式冷温水機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。

5-1.1.4. ベースプログラムの計算精度向上のためのポイント

- 平成28年度に実施したアンケート調査、ヒアリング調査、実測調査などの結果に基づいてベースプログラムの計算精度向上のためのポイントを以下のようにまとめた。
- 発電量の5%を補機電力（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）とする計算方法が、実態と大きな乖離がないことを確認できた。しかし、発電を行っていない時の待機電力があること、発電量とは相関が低い余剰放熱排熱用冷却塔ファン・ポンプ・ヒーター電力などが補機電力に含まれることから、補機電力の計算方法を精緻にすることで余剰放熱や待機電力を減らす設計上の工夫が評価できる可能性がある。

- ▶ ベースプログラムに実装したカタログ値(JIS B 8122による表示値)のCGU発電効率を用いた計算手法は、十分に実態を捉えられることを実測値の分析により示した。一方で、カタログ値(JIS B 8122による表示値)のCGU排熱回収効率を用いた排熱回収量の計算は十分な精度を有するか確認ができておらず、実測値を用いた分析から排熱回収量を補正する係数を決めるなどの方法によってより実態を捉えたプログラムに改良できる可能性がある。
- ▶ ベースプログラムでは、CGU1台の定格発電量と定格排熱回収量に対して電力負荷と熱負荷がそれぞれ50%以上あるかどうかによってCGSの稼働スケジュールを決めることによりスケジュール設定の標準化を行った計算方法を実装できた。パラメータとした「50%」という数値を実測値分析などから見直すことでより実態を捉えた計算が行える可能性がある。
- ▶ 実測調査の結果から排熱投入型吸収冷温水機にどれだけの排熱が利用できるかは、排熱の温度にも依存することが確認された。ベースプログラムに排熱温度の計算を組み込めば、システム構成の違いによる排熱利用可能量の違いが計算できるようになり、排熱回路の設計上の工夫をより精緻に評価できる可能性がある。
- ▶ 排熱回路の機器の接続には直列と並列があることから、この違いを計算できるようにすることで排熱回路の設計による違いを評価できるようになる可能性がある。
- ▶ 上記の精度向上のためのポイントについて入力の手間と計算結果への影響の大きさを考えながら、CGSの評価プログラムに組み込むべきか判断することが重要である。

5-1.2. 平成29年度の研究成果

5-1.2.1. エネルギー消費量の計算法の開発

- ▶ 実働性能解析で得られたCGUおよびRHAの特性がどの程度最終的なエネルギー消費量に影響を与えるのか評価するため、配管の温度・流量とそれによるRHAの効率の変化なども評価できる精緻なプログラムを作成し、ケーススタディを実施した。ケーススタディによって得られた知見は以下の通り。
 - ▶ CGUの起動特性の省エネルギー効果への影響は発電量の0.5%程度である。
 - ▶ 発電効率を1%低下させた場合、省エネルギー効果も発電量の1%程度減少する。
 - ▶ 配管からの熱損失として排熱量の3%を見込んだ場合、排熱が余るほどある場合には影響が小さいが、排熱を使い切れるような状況の場合には発電量の1%程度に相当する省エネルギー量が減少する結果だった。
 - ▶ 補機動力について、CASCADEⅢでは発電量の5%と見込まれているが、補機動力のうちの循環ポンプ動力、冷却塔ポンプ動力、冷却塔ファン動力を流量等から計算する手法を取り込んだ場合には、発電量の3%程度に相当するエネルギー消費量の増加が見られた。このことから、設計仕様によっては補機動力が発電量の5%には収まらない可能性があることが示唆される。
 - ▶ CGUからの排熱を並列に排熱利用機器に投入する場合（同温度の排温水を流量を分けて分配する場合）、直列に排熱利用機器に投入する場合（1つ目の排熱利用機器を通して温度が低下した排温水が次の排熱利用機器に流入する場合）など接続方法を変更した場合の省エネルギー効果への影響を検討したところ、排熱利用機器で出口温度が下がりにくいように出口温度制御を導入するケースで省エネルギー量が低下する傾向が見られた。

一方で、接続方法による違いは小さい結果であった。負荷パターンによってはより影響が出る場合も考えられるため、継続して検討が必要である。

- ▶ ベースプログラムの改良にあたっての基本方針として、「入力の手間を押さえつつ、設計者の工夫と機器性能の向上を反映できるような評価手法とすること、将来の機器性能の向上を織り込めるように現状のプログラムでの計算方法に近い手法を採り、そこに各種パラメータを組み込むこと」とした。
- ▶ 上記方針に基づいてケーススタディの結果を反映して、最終的なプログラム仕様書を作成した。本事業で得られた情報のうちプログラムに反映した点は以下の通りである。
 - ▶ 発電効率をカタログ値より1%低下させる。
 - ▶ 補機動力として循環ポンプ動力、冷却塔ポンプ動力、冷却塔ファン動力は定格値を入力し、そこから計算するようにする。
 - ▶ 起動特性として運転開始直後の1時間の発電量・排熱回収量・ガス消費量に補正をかける。
 - ▶ 排熱回収量のうち3%を配管からの熱損失として見込む。
 - ▶ RHAの特性として実機の特性を組み込み、冷却水温度および排温水温度による排熱投入可能量の補正を行う。冷却水温度については外気温度から計算し、排温水温度については実態を勘案して定格温度から2℃低下しているものとする。
 - ▶ 運転スケジュールの多様性を反映するため、月別に運転時間帯および最大運転台数を設定できるようにする。なお、アンケート調査、ヒアリング調査等から年間運転時間4000時間程度が設計の目安となっていることが分かっており、標準的なスケジュールを与えるべき状況の場合には、1日14時間程度の運転時間を与えることが妥当と考えられる。
 - ▶ 時刻別の計算とした場合、余剰排熱を貯湯タンクに蓄え、CGUが稼働していない時間帯にも給湯にタンクから排熱を供給している実態を踏まえ、貯湯タンクの容量を入力して貯湯と出湯を再現する計算仕様とした。
- ▶ 最終的なプログラム仕様書に基づいて計算プログラムを構築し、2件の建物について精度検証を行った結果、省エネルギー量の計算誤差は±10%程度であった。発電量を基準に誤差を計算すると一次エネルギー換算した発電量の±2.5%程度に相当する誤差となっており、計算精度は十分に高いことを確認した。
- ▶ なお、開発したプログラムは得られた実測データから情報を抽出して構築したものであるが、実測データが得られた件数は十分ではなく、ここで設定した計算方法が標準的なエネルギー性能を表現するものとなっているかは疑義が残る。特に、省エネルギー基準等に本プログラムを活用する場合には、以下の点については再度吟味が必要と考えられる。
 - ▶ 発電効率の補正として1%の効率低下を、見込んだが、安全側となる設定となっていると考えられる。また、排熱回収量のうち3%を配管からの熱損失として見込んだが、これについても検証が必要である。
 - ▶ 補機動力の計算において定格消費電力が実際の消費電力とどの程度一致しているかは吟味できておらず、また、インバータ制御による変流量運転などは考慮に入れていない。
 - ▶ 機動特性による補正值は、1件の実測データから得たものであり、他の機種、他の建物でどの程度となっているかは確認できていない。
 - ▶ RHAに投入される排熱の温度が低下している状況を見込んだが、数少ない事例から得ら

れた情報であり、多くの建物で同様の状況であるかどうかは確認できていない。

5-1.2.2. 業務用コージェネレーション設備の管理・運転実態

- 機器設計・建築設計におけるCGS設計手法に関するヒアリング調査で得られた知見は以下の通りである。
 - CGUの発電効率は排熱温度に影響されない。また、CGU本体では排熱出口温度の設定はできず成り行きとなっている。
 - RHAメーカーとしては、排熱利用においては冷水出口温度を保証しながら排熱を可能な限り投入することを設計思想としているが、排温水の温度レベルが低下することを防ぐため、低～中負荷率運転時に排熱温水出口温度制御が導入されることもある。
 - RHAの排熱投入可能量は、負荷率、排温水温度、排温水流量、冷却水温度に影響される。特に、冷却水温度の影響は大きい。
 - 運用方法に関しては、24時間運転は行わずスケジュール運転を想定する設計者が大半で、CGUの耐用時間や耐用年数から年間稼働時間を設定し、一日のスケジュールやCGU容量を決定することが多い。

5-1.2.3. 業務用コージェネレーション設備の実働性能解析

- 平成29年度は、アンケート調査結果、ヒアリング調査結果、実測調査データを基に、平成28年度に整理した検討項目5点について詳細な分析を実施し、プログラムの計算精度向上のための改良指針を得た。
 - 建物の使用時間とCGU稼働時間には一定の相関がみられるが、中間期には稼働していない物件も見られる。(建物使用時間が24時間の物件は除く) 夏期平日の平均稼働時間は12時間であった。建物使用時間が24時間の物件は、十分負荷の得られる時間帯にCGUをスケジュール運転させている。
 - 発電効率の実測効率はカタログ効率と概ね一致している。排熱回収効率の実測効率は冬期ではカタログ効率より低い値を示すが、配管等からの熱損失、2次側に十分に排熱負荷がないことが原因として考えられる。
 - 起動動作はガス消費量、発電出力、排熱出力の順に段階的に開始し、停止動作はほぼ同時に停止する。季節的变化は小さく、エネルギー消費量に対する停止動作の影響は小さい。
 - CGU補機、温水循環ポンプ、冷却塔ポンプの消費電力は発電と相関があり、ガスエンジンの冷却塔の消費電力は外気温度との相関がある。運転段階の補機消費電力割合は発電量の5%前後となった。CGU補機には待機電力が発生している。
 - RHAの特性については、排熱温水入口温度が低下するほど、投入排熱量も低下している。高負荷率になるほど冷却水入口温度が上昇し、冷却水入口温度の上昇に伴い投入排熱量が若干低下する。負荷率と補機消費電力量は比例関係にあり、負荷率が増加するほど補機消費電力量が大きくなる。

5-2. 当初設定した課題に対する成果と今後の課題

5-2.1. 平成28年度の研究成果

平成28年度の実施内容は課題のうち、(イ) 計算法の開発及び(ロ) 実測調査の準備であった。以下に平成28年度の成果を示す。

(イ) エネルギー消費量計算法の開発

CGS及びこれに付随する機器について、空気調和・衛生工学会で開発されている性能予測シミュレーション等における計算ロジック、民間事業者が保有している機器のエネルギー消費特性に関する知見について情報を収集し、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計算法の開発を行う。

- 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、仕様書をまとめた。
- 構築したプログラムの特徴について整理した。
 - 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した。
 - システムの設計を行えば容易に得られる情報からエネルギー計算ができるように、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、消費電力などとした。
 - 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、効率値の入力項目として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確認した。それらを入力とすることで部分負荷運用時も含めた計算対象機器に合わせた的確な計算が行えるようにした。
 - 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設定とすることで、スケジュール設定を標準化した。
 - 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した。
- 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。

(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

実物件において時々刻々のシステムのエネルギー消費特性を実測して、計算値と実測値を比較して開発した計算法の精度を検証し、現行のエネルギー消費性能の評価手法に反映させるための検討を行う。

- 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。
- CGS本体、排熱投入型吸収式冷温水機、およびシステム全体を分析するシートを作成して、分

析を行なえるようにした。5件の建物においてBEMSデータを取得し、作成したシートを用いた分析を行うことで、分析シートが有効であることを示した。

- 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 排熱回収効率は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排熱投入型吸収冷温水機に利用できる排熱量がどの程度変わるか。

5-2.2. 平成29年度の研究成果

平成 29 年度の実施内容は課題のうち、(ロ) 実測調査に基づくエネルギー消費量計算の精度検証であった。以下に平成 29 年度の成果を示す。

(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

実物件において時々刻々のシステムのエネルギー消費特性を実測して、計算値と実測値を比較して開発した計算法の精度を検証し、現行のエネルギー消費性能の評価手法に反映させるための検討を行う。

- 機器設計・建築設計におけるCGS設計手法に関する調査及び9件の建物の実測値の詳細分析を行った。
- 得られた知見を基に排温水温度も計算できる詳細なプログラムを作成し、ケーススタディを実施し、最終的な評価手法に反映すべき項目を抽出した。
- 得られた知見から、最終的なプログラム仕様書を作成した。最終的なプログラム仕様書に導入した内容のうち、本事業の分析によって得られた知見は以下の通りにまとめられる。
 - 実測調査より発電効率がカタログ値よりわずかに低下している状況が確認されたため、安全側となる設定となるように発電効率をカタログ値から1%低下させる。
 - 補機動力として循環ポンプ動力、冷却塔ポンプ動力、冷却塔ファン動力は定格値を入力する仕様とし、CGUの運転台数に比例してポンプ類が稼働し、放熱量に応じて冷却塔ファンが稼働するものとして消費電力を計算するロジックを組みこんだ。また、本体補機動力は実測調査より発電量の2%程度であることが確認されたため、2%と設定した。
 - 起動開始直後の1時間の発電量・排熱回収量・ガス消費量について実測調査より得られた補正をかける。なお、補正值は大型のCGU(発電出力50kW超)とマイクロCGUとで異なる値とした。
 - 実測値より十分に排熱負荷がある状況であっても有効排熱回収量と定格排熱回収量との間には乖離が見られ、配管からの熱損失があることが見込まれた。そこで、計算により配管からの熱損失量を計算したところ、排熱回収量の約3%程度が熱損失量と考え

られたため、それを見込む計算仕様とした。なお、この数値はシステムの配管長さや断熱性能によって影響を受けるため、今後も継続した調査が必要である。

- ▶ ヒアリング調査時にRHAメーカーから提供されたRHAの特性から、冷却水温度および排温水温度による排熱投入可能量の補正を取り込んだ。冷却水温度については外気温度から計算し、排温水温度については実態を勘案して定格温度から2℃低下しているものとした。
- ▶ アンケート調査から建物ごとに運転スケジュールが異なることが明らかになったため、月別に運転時間帯および最大運転台数を設定できるようにした。
- ▶ 最終的なプログラム仕様書に基づいて計算プログラムを構築し、2件の建物について精度検証を行った結果、省エネルギー量の計算誤差は±10%程度であった。発電量を基準に誤差を計算すると一次エネルギー換算した発電量の±2.5%程度に相当する誤差となっており、計算精度は十分に高いことを確認した。
- ▶ 上記の検討と並行して、本事業で得られた成果を省エネ基準検討委員会 コージェネレーションTGに提供し、平成30年4月に更新される予定のWEBプログラムに新たに組み込まれる業務用コージェネレーションの計算において、以下の点が実装されることとなった。
 - ▶ 15年間で60000時間の運転時間が耐用年数から判断した運転時間の目安となるとのヒアリング調査結果から一日の運転時間を最大14時間と設定する。
 - ▶ 実測調査より発電効率がカタログ値よりわずかに低下している状況が確認されたため、安全側となる設定となるように発電効率をカタログ値から1%低下させる。
 - ▶ 冷却塔を有しないマイクロCGSでは補機動力は発電量のおよそ5%であったが、冷却塔を有する大型のCGSでは6%程度であったため、大型のCGS(発電出力50kW超)では補機動力を発電量の6%とする。
 - ▶ 実測で確認された配管からの熱損失を考慮して、排熱回収量の3%を熱損失量と想定する。
 - ▶ RHAの排熱温度が定格値よりも2℃程度低い実態が確認されたため、排熱投入可能量の計算において排熱温度が定格値よりも2℃低い状況での特性を採用する。
- ▶ 最後に今後の課題として、実測値のさらなる収集が挙げられる。本事業では計測およびBEMSデータの収集により実測データの収集を試みたが、CGSを導入しており、かつBEMSを導入している建物が少ないこと、データ提供の協力を得られる建物が多くなかったことから、十分な実測データが得られ無かった。本事業で構築したプログラムに用いた様々なパラメータを実測データからより精緻に検証していくことが今後の課題と言える。

第6部. 参考資料

6-1. 検討委員会及びワーキング開催概要

【検討委員会】

① 外部有識者（順不同、敬称略）

委員	外部有識者委員	秋澤 淳	東京農工大学大学院 工学研究院 先端機械システム部門 教授
		秋元 孝之	芝浦工業大学 建築学部建築学科 教授
		野原 文男	株式会社 日建設計総合研究所 代表取締役所長
		澤地 孝男	建築研究所
		足永 靖信	建築研究所
		西澤 繁毅	建築研究所
		桑沢 保夫	国土技術政策総合研究所
		三木 保弘	国土技術政策総合研究所
		宮田 征門	国土技術政策総合研究所
		赤嶺 嘉彦	国土技術政策総合研究所
		田中 利典	国土交通省 住宅局 住宅生産課 建築環境企画室
		本田 卓也	国土交通省 住宅局 住宅生産課 建築環境企画室
		濱中 郁生	経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 省エネルギー課
		栗原 浩介	経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 省エネルギー課
事務局		住吉 大輔	九州大学大学院人間環境学研究院 准教授
		鶴崎 敬大	株式会社住環境計画研究所
		中村 美紀子	株式会社住環境計画研究所
オブザーバー		岡本 洋明	株式会社住環境計画研究所
		友澤 靖嗣	日本ガス協会
		佐藤 史章	日本ガス協会
		奥田 篤	東京ガス株式会社エネルギー企画部 エネルギー計画グループ
		笹本 太郎	東京ガス株式会社エネルギー企画部 エネルギー計画グループ
		加藤 弘之	大阪ガス株式会社 エネルギー事業部
		糟谷 孝明	東邦ガス株式会社 エネルギー計画部 計画推進グループ
		山本 和則	川重冷熱工業株式会社 技術総括室 空調技術部
		榎本 英一	パナソニック株式会社 大型空調ビジネスユニット ガス空調開発部
		内田 修一郎	日立ジョンソンコントロールズ空調株式会社 大型冷凍機事業部
		坂口 雄一	九州大学大学院 学生
	伊藤 竜一	九州大学大学院 学生	
	鄭 滙	九州大学工学部建築学科 学生	
	木原 麻衣	九州大学大学院人間環境学研究院 学生	

②開催日時

第1回 平成29年10月11日(水) 10:00~12:00 (明治薬科大学 剛堂会館ビル第1会議室)

議事内容: 本年度業務内容とスケジュール、進捗報告等

第2回 平成30年1月31日(水) 9:30~12:30 (厚生会館 銀杏の間)

議事内容: 進捗報告、調査結果取り纏め案

【ワーキング】

①ワーキングメンバー（順不同、敬称略）

主査	住吉 大輔	九州大学大学院人間環境学研究院 准教授
メンバー	澤地 孝男	建築研究所
	足永 靖信	建築研究所
	西澤 繁毅	建築研究所
	桑沢 保夫	国土技術政策総合研究所
	三木 保弘	国土技術政策総合研究所
	赤嶺 嘉彦	国土技術政策総合研究所
	宮田 征門	国土技術政策総合研究所
	田中 利典	国土交通省 住宅局 住宅生産課 建築環境企画室
	本田 卓也	国土交通省 住宅局 住宅生産課 建築環境企画室
	友澤 靖嗣	日本ガス協会
	佐藤 史章	日本ガス協会
	奥田 篤	東京ガス株式会社エネルギー企画部 エネルギー計画グループ
	笹本 太郎	東京ガス株式会社エネルギー企画部 エネルギー計画グループ
	加藤 弘之	大阪ガス株式会社 エネルギー事業部
	糟谷 孝明	東邦ガス株式会社 エネルギー計画部 計画推進グループ
	佐藤 誠	佐藤エネルギーリサーチ株式会社
	山本 和則*	川重冷熱工業株式会社 技術総括室 空調技術部
	榎本 英一*	パナソニック株式会社 大型空調ビジネスユニット ガス空調開発部 吸収式開発課
	内田 修一郎*	日立ジョンソンコントロールズ空調株式会社 大型冷凍機事業部
	鶴崎 敬大	株式会社住環境計画研究所
中村 美紀子	株式会社住環境計画研究所	
岡本 洋明	株式会社住環境計画研究所	
坂口 雄一	九州大学大学院人間環境学研究院 学生	
伊藤 竜一	九州大学大学院人間環境学研究院 学生	
鄭 湉	九州大学大学院人間環境学研究院 学生	
木原 麻衣	九州大学工学部建築学科 学生	

*一般社団法人 日本冷凍空調工業会 吸収式冷凍機技術専門委員会メンバー

② 開催日時

第1回 平成29年6月23日(金) 10:00~12:00 (厚生会館 銀杏の間)

議事内容: 本年度業務内容とスケジュール、進捗報告等

第2回 平成29年9月20日(水) 13:00~15:00 (全国町村会館 第3会議室)

議事内容: 進捗報告

第3回 平成29年12月13日(水) 10:00~12:00 (厚生会館 銀杏の間)

議事内容: 進捗報告、調査結果取り纏め案

第4回 平成30年1月17日(水) 10:00~12:00 (厚生会館 青竹の間)

議事内容: 調査結果取り纏め案

第5回 平成30年2月28日(水) 10:00~12:00 (全国町村会館 第3会議室)

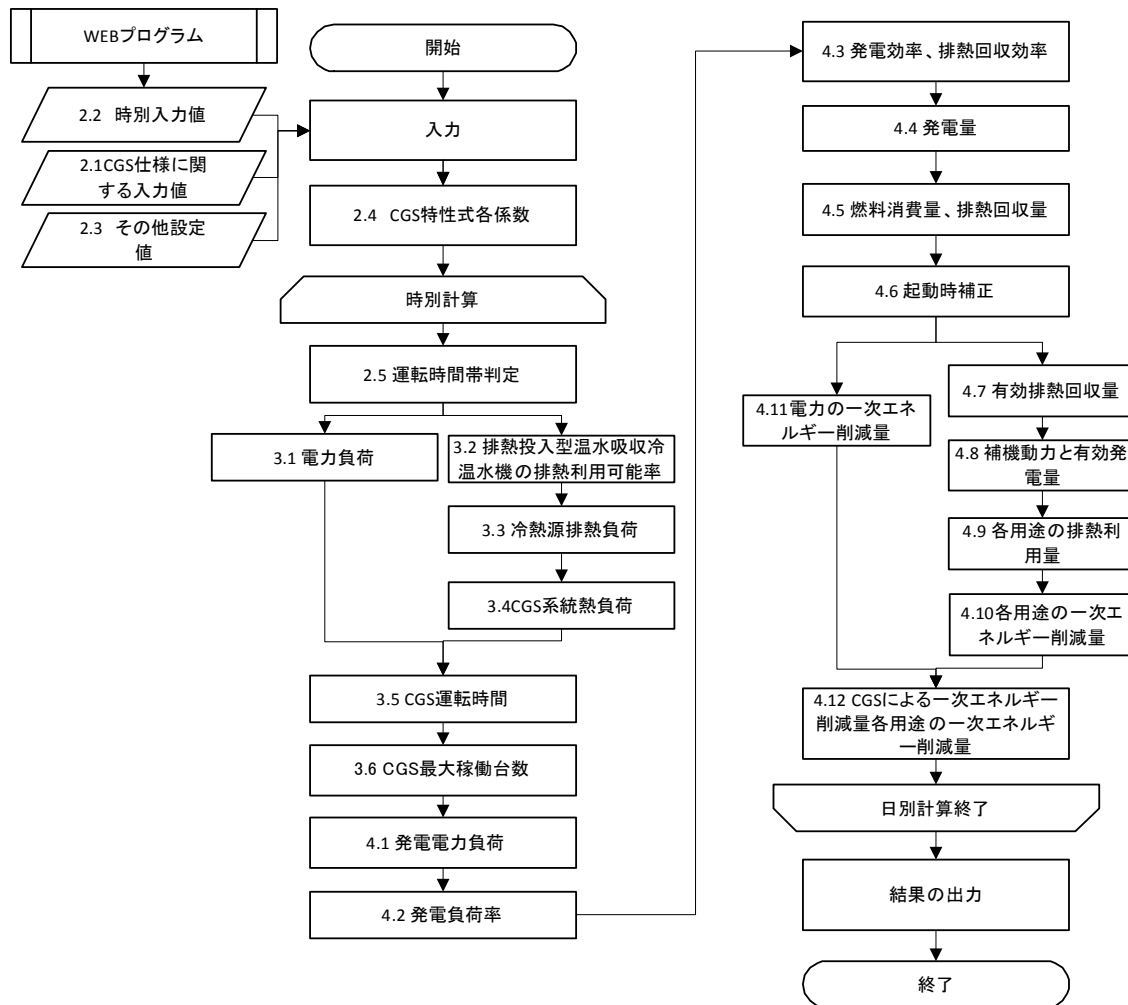
議事内容: 最終取り纏め

6-2. CGSシミュレーションプログラム仕様書

1. プログラム概要

1.1 計算フロー

本プログラムの計算フローは以下の通りである。



1.2 計算対象

本プログラムは以下の条件を満たすコージェネレーション設備は評価対象とすることができる。

- 1) ガスエンジンタイプで排熱を温水で取り出すものであること
(ガスタービン、燃料電池、ディーゼルエンジンは評価対象外とする)
(蒸気を取り出す場合、温水とみなして計算することで評価対象とすることはできる)
- 2) 複数台設置の場合、単一機種、単一容量のものであること
(機種および容量が混在する場合、容量按分して同容量(同機種)の複数台導入と見なして計算する)
- 3) 複数台設置の場合、同一系統で電気・熱利用がなされるものであること
(複数系統で電気・熱が利用される場合、代表的な設備を選択して評価対象とすることは可能)
- 4) 発電電力、発生排熱が自家消費されるもの
(発電電力、排熱が外部供給されるコージェネレーション設備が設置される場合、自家消費するとして計算することで評価対象とすることは可能)
- 5) 電主運転の制御がなされるもの
(熱主運転のコージェネレーション設備は対象外)
- 6) 排熱利用先が、基準一次エネルギー算定対象となっているもの
(融雪及び凍結防止用、循環加温用(浴場施設、温水プール)、雑用水利用(食洗器、洗濯機用等)など、基準一次エネルギー算定対象外の負荷に排熱を利用するコージェネレーションが設置される場合、これらの負荷がないものとして計算することで評価対象とすることは可能)
- 7) 排熱の冷房利用において排熱投入型吸収式冷温水機が採用されているもの
(排熱を冷房利用する場合、排熱投入型吸収式冷温水機(ジェネリンク)によって冷熱を製造する設備に限る)

2. 計算設定、事前処理

2.1 CGS 仕様に関する入力値

プログラムに入力する CGS および排熱投入型吸収式冷温水機の設定値一覧を以下の表に示す。

記号	意味	単位	備考
$E_{cgs,rated}$	CGS の発電機容量	kW	
N_{cgs}	CGS 設置台数	台	
$f_{cgs,e,rated}$	CGS の定格発電効率(低位発熱量基準)	無次元	
$f_{cgs,e,75}$	CGS の負荷率 0.75 時発電効率(低位発熱量基準)	無次元	
$f_{cgs,e,50}$	CGS の負荷率 0.50 時発電効率(低位発熱量基準)	無次元	
$f_{cgs,hr,rated}$	CGS の定格排熱効率(低位発熱量基準)	無次元	
$f_{cgs,hr,75}$	CGS の負荷率 0.75 時排熱効率(低位発熱量基準)	無次元	
$f_{cgs,hr,50}$	CGS の負荷率 0.50 時排熱効率(低位発熱量基準)	無次元	
$n_{pri,hr,c}$	排熱利用優先順位(冷熱源) ※1	無次元	
$n_{pri,hr,h}$	排熱利用優先順位(温熱源) ※1	無次元	
$n_{pri,hr,W}$	排熱利用優先順位(給湯) ※1	無次元	
$q_{AC,link,c,j,rated}$	排熱投入型吸収式冷温水機 j の定格冷却能力	kW/台	
$E_{AC,link,c,j,rated}$	排熱投入型吸収式冷温水機 j の主機定格消費エネルギー	kW/台	
$N_{AC,ref,link}$	CGS の排熱利用が可能な系統にある排熱投入型吸収式冷温水機の台数	台	
$T_{sta,m}$	月 m における CGS 運転開始時刻	時	
$T_{sto,m}$	月 m における CGS 運転停止時刻	時	
$N_{cgs,max,m}$	月 m における CGS 最大運転台数	台	
$E_{cgsp,rated}$	循環ポンプの定格消費電力	kW/台	
N_{cgsp}	循環ポンプの設置台数	台	
$E_{ctp,rated}$	CGS 放熱用冷却塔ポンプの定格消費電力	kW/台	
N_{ctp}	CGS 放熱用冷却塔ポンプの設置台数	台	
$E_{ctf,rated}$	CGS 放熱用冷却塔ファンの定格消費電力 ※マイクロコジェネの場合本体ファンの消費電力	kW/台	
N_{ctf}	CGS 放熱用冷却塔ファンの設置台数 ※マイクロコジェネの場合本体ファンの設置台数	台	
V_{tank}	給湯タンク容量	m ³	

※1 0~3 までの整数。0 は排熱を対象用途に利用しないことを表す。

※2 「あり」または「なし」を入力する。

2.2 時別入力値

プログラムに入力する設定値一覧を以下の表に示す。

記号	意味	単位	備考
$E_{AC,total,d}$	時刻 d における空気調和設備の電力消費量	kW	※1
$E_{AC,ref,c,d}$	時刻 d における CGS の排熱利用が可能な排熱投入型吸収式冷温水機(系統)の冷熱源としての主機の一次エネルギー消費量 (冷熱源が複数ある場合は合計)	MJ/h	※2
$mxL_{AC,ref,c,d}$	時刻 d における CGS の排熱利用が可能な排熱投入型吸収式冷温水機(系統)の冷熱源としての負荷率 (冷熱源が複数ある場合は定格冷却能力で按分する)	無次元	※2
$E_{AC,ref,h,hr,d}$	時刻 d における CGS の排熱利用が可能な温熱源群の主機の一次エネルギー消費量 (温熱源が複数ある場合は合計)	MJ/h	※2
$q_{AC,ref,h,hr,d}$	時刻 d における CGS の排熱利用が可能な温熱源群の熱源負荷 (温熱源が複数ある場合は合計)	MJ/h	※2
$E_{V,total,d}$	時刻 d における機械換気設備の電力消費量	kW	※3
$E_{L,total,d}$	時刻 d における照明設備の電力消費量	kW	※4
$E_{W,total,d}$	時刻 d における給湯設備の電力消費量	kW	※5
$E_{W,hr,d}$	時刻 d における CGS の排熱利用が可能な給湯機(系統)の一次エネルギー消費量 (給湯機が複数ある場合は合計)	MJ/h	※5
$q_{W,hr,d}$	時刻 d における CGS の排熱利用が可能な給湯機(系統)の給湯負荷 (給湯機が複数ある場合は合計)	MJ/h	※5
$E_{EV,total,d}$	時刻 d における昇降機の電力消費量	kW	※6
$E_{PV,total,d}$	時刻 d における効率化設備 (太陽光発電) の発電量	kW	※7
$E_{M,total,d}$	時刻 d におけるその他の電力消費量	kW	※8
$\theta_{oa,d}$	時刻 d における外気温度	℃	

※1 空気調和設備の計算結果。全熱交換機、二次ポンプ、熱源主機、熱源補機、一次ポンプ、冷却塔ファン、冷却塔ポンプの合算値とする。

※2 空気調和設備の計算結果。

※3 機械換気設備の計算結果。

※4 照明設備の計算結果。

※5 給湯設備の計算結果。

※6 昇降機の計算結果。

※7 効率化設備 (太陽光発電) の計算結果。

※8 その他の計算結果。各室の機器発熱量から算出した値。

2.3 その他設定値

プログラムに入力する設定値一覧を以下の表に示す。

記号	意味	単位	備考
f_{eopeMn}	運転判定基準必要電力比率	無次元	
f_{hopeMn}	運転判定基準必要排熱比率	無次元	
$f_{esub,CGS}$	CGS 本体補機動力比率	無次元	
f_{lh}	ガスの高位発熱量に対する低位発熱量の比率	無次元	
$f_{prime,e}$	電気の一次エネルギー換算係数	MJ/kWh	※1
$f_{COP,link,hr}$	排熱投入型吸収式冷温水機の排熱利用時の COP	無次元	
f_{elmax}	CGS による電力負荷の最大負担率	無次元	
$f_{cgs,e,cor}$	発電効率補正	無次元	※2
$f_{hr,loss}$	排熱の熱損失率	無次元	※2
$f_{link,rated,b}$	排熱投入型吸収式冷温水機の定格運転時の排熱投入可能率(定格条件)	無次元	
$f_{link,min,b}$	排熱投入型吸収式冷温水機が排熱のみで運転できる最大負荷率(定格条件)	無次元	
$f_{link,down}$	排熱温度による排熱投入可能率の低下率	無次元	※2
$f_{link,min,ct}$	冷却水温度 1℃低下時の、排熱投入型吸収式冷温水機が排熱のみで運転できる最大負荷率の上昇比率	無次元	※2
$f_{link,rated,ct}$	冷却水温度 1℃低下時の、排熱投入型吸収式冷温水機の定格運転時の排熱投入可能率の上昇比率	無次元	※2
$f_{cgs,ste,m}$	CGS 起動後 1h の発電量比率(マイクロ CGS)	無次元	
$f_{cgs,sth,m}$	CGS 起動後 1h の排熱回収量比率(マイクロ CGS)	無次元	
$f_{cgs,stg,m}$	CGS 起動後 1h のガス消費量比率(マイクロ CGS)	無次元	
$f_{cgs,ste,n}$	CGS 起動後 1h の発電量比率(大型 CGS)	無次元	
$f_{cgs,sth,n}$	CGS 起動後 1h の排熱回収量比率(大型 CGS)	無次元	
$f_{cgs,stg,n}$	CGS 起動後 1h のガス消費量比率(大型 CGS)	無次元	
$C_{p,tank}$	貯湯タンク 1m ³ 当たりの蓄熱可能量	MJ/m ³	※2
$f_{tank,loss}$	貯湯タンクからの蓄熱損失率(1 時間当たり)	無次元	※2

※1 特定建築物の所有者の判断の基準 別表第 6 に示される数値

※2 これらの数値については引き続きデータ収集等続け、見直す必要がある

各設定値は以下の通りとする。

$$f_{eopeMn}=0.5$$

$$f_{hopeMn}=0.5$$

$$f_{esub,CGS}=0.02$$

$$f_{lh}=0.90222$$

$$f_{prime,e}=9.76$$

$$f_{COP,link,hr}=0.75$$

$$f_{elmax}=0.95$$

$$f_{cgs,e,cor}=0.99$$

$$f_{hr,loss}=0.97$$

$$f_{link,rated,b}=0.15$$

$$f_{link,min,b}=0.3$$

$$f_{link,down}=0.125$$

$$f_{link,min,ct}=0.0722$$

$$f_{link,rated,ct}=0.0564$$

$$f_{cgs,ste,m}=0.927$$

$$f_{cgs,sth,m}=0.858$$

$$f_{cgs,stg,m}=0.952$$

$$f_{cgs,ste,n}=0.852$$

$$f_{cgs,sth,n}=0.710$$

$$f_{cgs,stg,n}=0.892$$

$$C_{p,tank}=104.7$$

$$f_{tank,loss}=0.99$$

※利用温度 40°C→貯湯温度 65°Cの 25°C差と想定

2.4 CGS 特性式各係数

2.4.1 入力変数

記号	意味	単位	参照
$f_{cgs,e,rated}$	CGS の定格発電効率(低位発熱量基準)	無次元	2.1 節
$f_{cgs,e,75}$	CGS の負荷率 0.75 時発電効率(低位発熱量基準)	無次元	2.1 節
$f_{cgs,e,50}$	CGS の負荷率 0.50 時発電効率(低位発熱量基準)	無次元	2.1 節
$f_{cgs,hr,rated}$	CGS の定格排熱効率(低位発熱量基準)	無次元	2.1 節
$f_{cgs,hr,75}$	CGS の負荷率 0.75 時排熱効率(低位発熱量基準)	無次元	2.1 節
$f_{cgs,hr,50}$	CGS の負荷率 0.50 時排熱効率(低位発熱量基準)	無次元	2.1 節

2.4.2 出力変数

記号	意味	単位
f_{e2}	CGS の発電効率特性式の 2 次式の係数項	無次元
f_{e1}	CGS の発電効率特性式の 1 次式の係数項	無次元
f_{e0}	CGS の発電効率特性式の定数項	無次元
f_{hr2}	CGS の排熱効率特性式の 2 次式の係数項	無次元
f_{hr1}	CGS の排熱効率特性式の 1 次式の係数項	無次元
f_{hr0}	CGS の排熱効率特性式の定数項	無次元

2.4.3 定数

記号	意味	単位	値

2.4.4 算出方法

$f_{e2}, f_{e1}, f_{e0}, f_{hr2}, f_{hr1}, f_{hr0}$ は以下の式で求める。

$$f_{e2} = 8 \times (f_{cgs,e,rated} - 2 \times f_{cgs,e,75} + f_{cgs,e,50})$$

$$f_{e1} = -2 \times (5 \times f_{cgs,e,rated} - 12 \times f_{cgs,e,75} + 7 \times f_{cgs,e,50})$$

$$f_{e0} = 3 \times f_{cgs,e,rated} - 8 \times f_{cgs,e,75} + 6 \times f_{cgs,e,50}$$

$$f_{hr2} = 8 \times (f_{cgs,hr,rated} - 2 \times f_{cgs,hr,75} + f_{cgs,hr,50})$$

$$f_{hr1} = -2 \times (5 \times f_{cgs,hr,rated} - 12 \times f_{cgs,hr,75} + 7 \times f_{cgs,hr,50})$$

$$f_{hr0} = 3 \times f_{cgs,hr,rated} - 8 \times f_{cgs,hr,75} + 6 \times f_{cgs,hr,50}$$

2.5 運転時間帯判定

2.5.1 入力変数

記号	意味	単位	参照
$T_{sta,m}$	月 m における CGS 運転開始時刻	時	2.1 節
$T_{sto,m}$	月 m における CGS 運転停止時刻	時	2.1 節
$N_{cgs,max,m}$	月 m における CGS 最大運転台数	台	2.1 節
d	時刻	時	-
m	月	月	-

2.5.2 変数

記号	意味	単位
$T_{ope,on,d}$	時刻 d における CGS 稼働スケジュール	無次元
$N_{cgs,max,d}$	時刻 d における最大運転台数	台

2.5.3 定数

記号	意味	単位	値

2.5.4 算出方法

$$T_{ope,on,d} = 1 \text{ (} T_{sta,m} \leq d < T_{sto,m} \text{ のとき)}$$

$$T_{ope,on,d} = 0 \text{ (上記以外 のとき)}$$

$$N_{cgs,max,d} = N_{cgs,max,m} \text{ (} T_{sta,m} \leq d < T_{sto,m} \text{ のとき)}$$

$$N_{cgs,max,d} = 0 \text{ (上記以外 のとき)}$$

3. 負荷集計と運転時間計算

3.1 電力負荷

3.1.1 入力変数

記号	意味	単位	参照
$E_{AC,total,d}$	時刻 d における空気調和設備の電力消費量	KW	2.2 節
$E_{V,total,d}$	時刻 d における機械換気設備の電力消費量	KW	2.2 節
$E_{L,total,d}$	時刻 d における照明設備の電力消費量	KW	2.2 節
$E_{W,total,d}$	時刻 d における給湯設備の電力消費量	KW	2.2 節
$E_{EV,total,d}$	時刻 d における昇降機の電力消費量	KW	2.2 節
$E_{M,total,d}$	時刻 d におけるその他の電力消費量	KW	2.2 節
$E_{PV,total,d}$	時刻 d における効率化設備（太陽光発電）の発電量	KW	2.2 節

3.1.2 出力変数

記号	意味	単位
$E_{e,total,d}$	時刻 d おける建物の電力消費量	kW

3.1.3 定数

記号	意味	単位	値

3.1.4 算出方法

時刻 d における建物の電力消費量 $E_{e, total, d}$ は次式で求める。

$$E_{e,total,d} = (E_{AC,total,d} + E_{V,total,d} + E_{L,total,d} + E_{W,total,d} + E_{EV,total,d} + E_{M,total,d} - E_{PV,total,d})$$

3.2 排熱投入型温水吸収冷温水機の排熱利用可能率

3.2.1 入力変数

記号	意味	単位	参照
$m \times L_{AC,ref,c,d}$	時刻 d における CGS の排熱利用が可能な排熱投入型吸収式冷温水機(系統)の冷熱源としての負荷率	無次元	2.2 節
$\theta_{oa,d}$	時刻 d における外気温度	°C	2.2 節
$f_{link,rated,b}$	排熱投入型吸収式冷温水機の定格運転時の排熱投入可能率(定格条件)	無次元	2.3 節
$f_{link,min,b}$	排熱投入型吸収式冷温水機が排熱のみで運転できる最大負荷率(定格条件)	無次元	2.3 節
$f_{link,down}$	排熱温度による排熱投入可能率の低下率	無次元	2.3 節
$f_{link,min,ct}$	冷却水温度が 1°C 低下したときに、排熱投入型吸収式冷温水機が排熱のみで運転できる最大負荷率が何%増加するか。	%	2.3 節
$f_{link,rated,ct}$	冷却水温度が 1°C 低下したときに、排熱投入型吸収式冷温水機の定格運転時の排熱投入可能率が何%増加するか。	%	2.3 節

3.2.2 出力変数

記号	意味	単位
$f_{link,d}$	時刻 d における排熱投入型吸収式冷温水機の排熱利用可能率	無次元
$f_{link,rated}$	排熱投入型吸収式冷温水機の定格運転時の排熱投入可能率	無次元
$f_{link,min}$	排熱投入型吸収式冷温水機が排熱のみで運転できる最大負荷率	無次元
$\theta_{ct,d}$	時刻 d における冷却水温度	°C

3.2.3 定数

記号	意味	単位	値

3.2.4 算出方法

まず、冷却水温度による排熱投入可能率の変化と排熱温度による排熱投入可能率の低下率を考慮した排熱投入型吸収式冷温水機の定格運転時の排熱投入可能率 $f_{link,rated}$ 、排熱投入型吸収式冷温水機が排熱のみで運転できる最大負荷率 $f_{link,min}$ を求める。

$$\theta_{ct,d} = \theta_{oa,d} \quad (\theta_{oa,d} \geq 26)$$

$$\theta_{ct,d} = 26 \quad (\theta_{oa,d} < 26)$$

$$f_{link,rated} = f_{link,rated,b} \times (1 - f_{link,down}) \times (1 + f_{link,rated,ct} \times (32 - \theta_{ct,d}) \times 0.01) \quad f_{link,min} =$$

$$\left\{ f_{link,min,b} - \left(f_{link,rated,b} - f_{link,rated,b} \times (1 - f_{link,down}) \right) \right\}$$

$$\times(1 + f_{\text{link,min,ct}} \times (32 - \theta_{\text{ct,d}}) \times 0.01)$$

次に、排熱投入型温水吸収冷温水機の排熱利用可能率 $f_{\text{link,d}}$ を計算する。

a) $\text{mxL}_{\text{AC,ref,c,d}} < f_{\text{link,min}}$ の場合

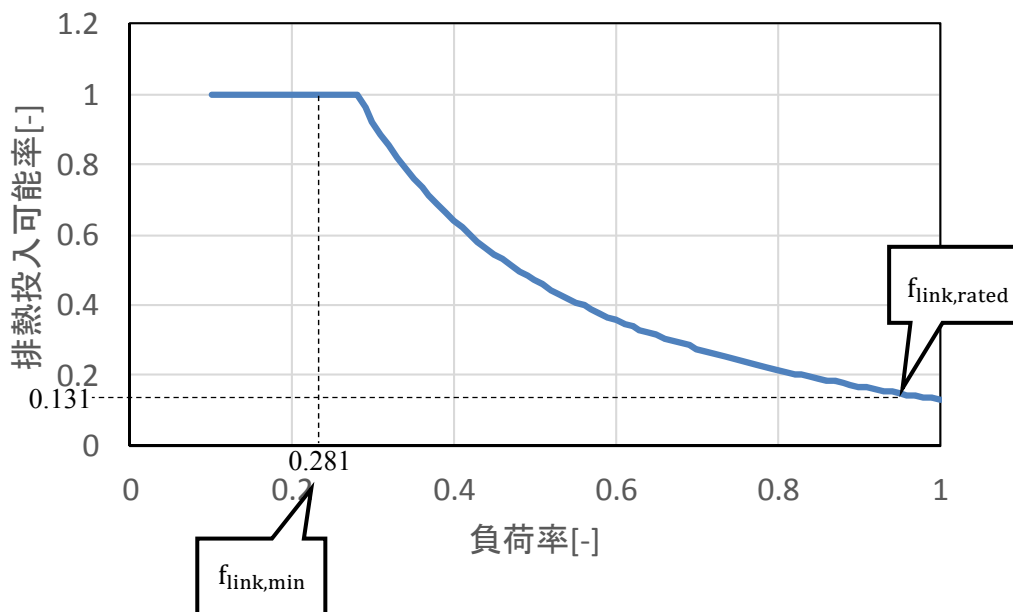
$$f_{\text{link,d}} = 1$$

b) $\text{mxL}_{\text{AC,ref,c,d}} \geq f_{\text{link,min}}$ の場合

$$f_{\text{link,d}} = 1 - \frac{\text{mxL}_{\text{AC,ref,c,d}} - \left(\frac{f_{\text{link,rated}} - f_{\text{link,min}}}{1 - f_{\text{link,min}}} * \text{mxL}_{\text{AC,ref,c,d}} + \left(f_{\text{link,rated}} - \frac{f_{\text{link,rated}} - f_{\text{link,min}}}{1 - f_{\text{link,min}}} \right) \right)}{\text{mxL}_{\text{AC,ref,c,d}}}$$

<排熱投入型温水吸収冷温水機の排熱の利用可能率について>

排熱投入型温水吸収冷温水機の排熱投入可能率は各運転負荷率において冷熱製造に必要とされる投入エネルギー量のうち、排熱により代替できる投入エネルギー量の割合を示す。負荷に応じた排熱投入型温水吸収冷温水機の排熱投入可能率を以下の図に示す。排熱投入型温水吸収冷温水機は低負荷域では排熱のみで冷熱製造を行うことができるが、高負荷になると排熱の利用可能率が低下し、ガス等の投入が必要となる。



負荷に応じた排熱投入型温水吸収冷温水機の排熱投入可能率

3.3 冷熱源排熱負荷

3.3.1 入力変数

記号	意味	単位	参照
$E_{AC,ref,c,d}$	時刻 d における CGS の排熱利用が可能な排熱投入型吸収式冷温水機(系統)の冷熱源としての主機の一次エネルギー消費量	MJ/h	2.2 節
$f_{link,d}$	時刻 d における排熱投入型吸収式冷温水機の排熱利用可能率	無次元	3.2 節
$q_{AC,link,c,j,rated}$	排熱投入型吸収式冷温水機 j の定格冷却能力	k W/ 台	2.1 節
$E_{AC,link,c,j,rated}$	排熱投入型吸収式冷温水機 j の主機定格消費エネルギー	k W/ 台	2.1 節
$N_{AC,ref,link}$	CGS の排熱利用が可能な系統にある排熱投入型吸収式冷温水機の台数	台	2.1 節
$f_{COP,link,hr}$	排熱投入型吸収式冷温水機の排熱利用時の COP	無次元	2.3 節

3.3.2 出力変数

記号	意味	単位
$q_{AC,ref,c,hr,d}$	時刻 d における CGS の排熱利用が可能な排熱投入型吸収式冷温水機(系統)の冷熱源としての排熱負荷	MJ/h
$E_{AC,ref,c,hr,d}$	時刻 d における CGS の排熱利用が可能な排熱投入型吸収式冷温水機(系統)の冷熱源としての主機の一次エネルギー消費量のうち排熱による削減可能量	MJ/h

3.3.3 定数

記号	意味	単位	値

3.3.4 算出方法

時刻 d における CGS の排熱利用が可能な排熱投入型吸収式冷温水機(系統)の冷熱源としての排熱負荷 $q_{AC,ref,c,hr,d}$ [MJ/h] と時刻 d における CGS の排熱利用が可能な排熱投入型吸収式冷温水機(系統)の冷熱源としての主機の一次エネルギー消費量のうち排熱による削減可能量 $E_{AC,ref,c,hr,d}$ [MJ/h] は次式で求める。

$$q_{AC,ref,c,hr,d} = E_{AC,ref,c,d} \times \frac{\sum_{j=1}^{N_{AC,ref,link}} q_{AC,link,c,j,rated}}{\sum_{j=1}^{N_{AC,ref,link}} E_{AC,link,c,j,rated}} \times \frac{f_{link,d}}{f_{COP,link,hr}}$$

$$E_{AC,ref,c,hr,d} = E_{AC,ref,c,d} \times f_{link,d}$$

3.4 CGS 系統熱負荷

3.4.1 入力変数

記号	意味	単位	参照
$q_{AC,ref,c,hr,d}$	時刻 d における CGS の排熱利用が可能な排熱投入型吸収式冷温水機(系統)の冷熱源としての排熱負荷	MJ/h	3.3 節
$q_{AC,ref,h,hr,d}$	時刻 d における CGS の排熱利用が可能な温熱源群の熱源負荷	MJ/h	2.2 節
$q_{W,hr,d}$	時刻 d における CGS の排熱利用が可能な給湯機(系統)の給湯負荷	MJ/h	2.2 節
$q_{tank,d-1}$	時刻 d-1 における貯湯タンクの蓄熱量	MJ	4.9 節
V_{tank}	給湯タンク容量	m ³	2.1 節
$C_{p,tank}$	貯湯タンク 1m ³ 当たりの蓄熱可能量	MJ/m ³	2.3 節

3.4.2 出力変数

記号	意味	単位
$q_{hr,total,d}$	時刻 d における CGS 排熱系統の熱負荷	MJ/h
$q_{tank,sht,d}$	時刻 d における貯湯タンクの空き容量	MJ

3.4.3 定数

記号	意味	単位	値

3.4.4 算出方法

時刻 d-1 における貯湯タンク蓄熱量から時刻 d におけるタンク空き容量 $q_{tank,sht,d}$ を求める。ただし、 $q_{tank,0}=0$ とする

$$q_{tank,sht,d} = V_{tank} \times C_{p,tank} - q_{tank,d-1}$$

時刻 d における CGS 排熱系統の熱負荷 $q_{hr,total,d}$ は次式で求める。

$$q_{hr,total,d} = q_{AC,ref,c,hr,d} + q_{AC,ref,h,hr,d} + q_{W,hr,d} + q_{tank,sht,d}$$

3.5 CGS 運転判定

3.5.1 入力変数

記号	意味	単位	参照
$E_{e,total,d}$	時刻 d における建物の電力消費量	kW	3.1 節
$q_{hr,total,d}$	時刻 d における CGS 排熱システムの熱負荷	MJ/h	3.4 節
$E_{cgs,rated}$	CGS の発電機容量	kW	2.1 節
$f_{cgs,e,rated}$	CGS の定格発電効率(低位発熱量基準)	無次元	2.1 節
$f_{cgs,hr,rated}$	CGS の定格排熱効率(低位発熱量基準)	無次元	2.1 節
f_{eopeMn}	運転判定基準必要電力比率	無次元	2.3 節
f_{hopeMn}	運転判定基準必要排熱比率	無次元	2.3 節
$T_{ope,on,d}$	時刻 d における CGS 稼働スケジュール	無次元	2.5 節
f_{elmax}	CGS による電力負荷の最大負担率	無次元	2.3 節

3.5.2 出力変数

記号	意味	単位
$T_{cgs,on,d}$	時刻 d における CGS の稼働状態	無次元
$mxL_{cgs,e,d}$	時刻 d における CGS の発電想定負荷率	無次元
$mxL_{cgs,h,d}$	時刻 d における CGS の排熱想定負荷率	無次元

3.5.3 定数

記号	意味	単位	値

3.5.4 算出方法

時刻 d における CGS の稼働状態 $T_{cgs,on,d}$ は次式で求める。

$$mxL_{cgs,e,d} = \frac{E_{e,total,d} \times f_{elmax}}{E_{cgs,rated}}$$

$$mxL_{cgs,h,d} = \frac{q_{hr,total,d}}{E_{cgs,rated} \times 3.6} \times \frac{f_{cgs,e,rated}}{f_{cgs,h,rated}}$$

$$T_{cgs,on,d} = 1 \quad (T_{ope,on,d} \neq 0 \text{ かつ } mxL_{cgs,e,d} \geq f_{eopeMn} \text{ かつ } mxL_{cgs,h,d} \geq f_{hopeMn})$$

$$T_{cgs,on,d} = 0 \quad (\text{上記以外})$$

3.6 CGS 最大稼働台数

3.6.1 入力変数

記号	意味	単位	参照
$N_{cgs,max,d}$	時刻 d における最大運転台数	台	2.5 節
$T_{cgs,on,d}$	時刻 d における CGS の稼働状態	無次元	3.5 節
$mxL_{cgs,e,d}$	時刻 d における CGS の発電想定負荷率	無次元	3.5 節

3.6.2 出力変数

記号	意味	単位
$N'_{cgs,on,d}$	時刻 d における CGS の暫定稼働台数	台
$N_{cgs,on,d}$	時刻 d における CGS の稼働台数	台

3.6.3 定数

記号	意味	単位	値

3.6.4 算出方法

時刻 d における CGS の最大稼働台数 $N'_{cgs,on,max,d}$ は次式で求める。

$$N'_{cgs,on,d} = \lceil mxL_{cgs,e,d} \rceil \quad (T_{cgs,on,d} \neq 0)$$

$$N'_{cgs,on,d} = 0 \quad (T_{cgs,on,d} = 0)$$

$$N_{cgs,on,d} = N_{cgs,max,d} \quad (N'_{cgs,on,d} \geq N_{cgs,max,d})$$

$$N_{cgs,on,d} = N'_{cgs,on,d} \quad (N'_{cgs,on,d} < N_{cgs,max,d})$$

4. CGS の計算

4.1 発電電力負荷

4.1.1 入力変数

記号	意味	単位	参照
$E_{e,total,d}$	時刻 d おける建物の電力消費量	kW	3.1 節
f_{elmax}	CGS による電力負荷の最大負担率	無次元	2.3 節

4.1.2 出力変数

記号	意味	単位
$E_{e,load,d}$	時刻 d おける CGS の発電電力負荷	kWh/日

4.1.3 定数

記号	意味	単位	値

4.1.4 算出方法

時刻 d おける CGS の発電電力負荷 $E_{e,load,d}$ は次式で求める。

$$E_{e,load,d} = E_{e,total,d} \times f_{elmax}$$

4.2 発電負荷率

4.2.1 入力変数

記号	意味	単位	参照
$E_{e,load,d}$	時刻 d おける CGS の発電電力負荷	kWh/日	4.1 節
$E_{cgs,rated}$	CGS の発電機容量	kW	2.1 節
$N_{cgs,on,d}$	時刻 d おける CGS の運転台数	台	4.2 節

4.2.2 出力変数

記号	意味	単位
$mxL_{cgs,d}$	時刻 d における CGS の負荷率	無次元

4.2.3 定数

記号	意味	単位	値

4.2.4 算出方法

時刻 d おける CGS の運転負荷率 $mxL_{cgs,d}$ は次式で求める。

(1) $N_{cgs,on,d} > 0$ のとき

$$mxL_{cgs,d} = \frac{E_{e,load,d}}{E_{cgs,rated} \times N_{cgs,on,d}}$$

ただし、 $mxL_{cgs,d}$ が 1 を越える場合は 1 とする。

(2) $N_{cgs,on,d} = 0$ のとき

$$mxL_{cgs,d} = 0$$

4.3 発電効率、排熱回収効率

4.3.1 入力変数

記号	意味	単位	参照
f_{e2}	CGS の発電効率特性式の 2 次式の係数項	無次元	2.4 節
f_{e1}	CGS の発電効率特性式の 1 次式の係数項	無次元	2.4 節
f_{e0}	CGS の発電効率特性式の定数項	無次元	2.4 節
f_{h2}	CGS の排熱効率特性式の 2 次式の係数項	無次元	2.4 節
f_{h1}	CGS の排熱効率特性式の 1 次式の係数項	無次元	2.4 節
f_{h0}	CGS の排熱効率特性式の定数項	無次元	2.4 節
$mxL_{cgs,d}$	時刻 d における CGS の負荷率	無次元	4.3 節

4.3.2 出力変数

記号	意味	単位
$mxR_{e,cgs,d}$	時刻 d における CGS の発電効率(低位発熱量基準)	無次元
$mxR_{hr,cgs,d}$	時刻 d における CGS の排熱回収効率(低位発熱量基準)	無次元

4.3.3 定数

記号	意味	単位	値

4.3.4 算出方法

機種群 I の時刻 d における発電効率(低位発熱量基準) $mxR_{e,cgs,d}$ 、排熱回収効率(低位発熱量基準) $mxR_{hr,cgs,d}$ は次式で求める。

$$mxR_{e,cgs,d} = f_{e2} \times mxL_{cgs,d}^2 + f_{e1} \times mxL_{cgs,d} + f_{e0}$$

$$mxR_{hr,cgs,d} = f_{hr2} \times mxL_{cgs,d}^2 + f_{hr1} \times mxL_{cgs,d} + f_{hr0}$$

4.4 発電量

4.4.1 入力変数

記号	意味	単位	参照
$E_{cgs,rated}$	CGS の発電機容量	kW	2.1 節
$N_{cgs,on,d}$	時刻 d おける CGS の運転台数	台	4.2 節
$T_{cgs,d}$	時刻 d における CGS の稼働時間	h/日	3.6 節
$mxL_{cgs,d}$	時刻 d における CGS の負荷率	無次元	4.3 節

4.4.2 出力変数

記号	意味	単位
$E_{e,cgs,d}$	時刻 d における CGS の発電量	kWh/日
$E_{ee,cgs,d}$	時刻 d における CGS の有効発電量 ※補機動力を除く発電量	kWh/日

4.4.3 定数

記号	意味	単位	値

4.4.4 算出方法

時刻 d における CGS の発電量 $E_{e,cgs,d}$ は次式で求める。

$$E_{e,cgs,d} = E_{cgs,rated} \times N_{cgs,on,d} \times T_{cgs,d} \times mxL_{cgs,d}$$

4.5 燃料消費量、排熱回収量

4.5.1 入力変数

記号	意味	単位	参照
$E_{e,cgs,d}$	時刻 d における CGS の発電量	kW	4.5 節
$mxR_{e,cgs,d}$	時刻 d における CGS の発電効率(低位発熱量基準)	無次元	4.4 節
$mxR_{hr,cgs,d}$	時刻 d における CGS の排熱回収効率(低位発熱量基準)	無次元	4.4 節
f_{lh}	ガスの高位発熱量に対する低位発熱量の比率	無次元	2.3 節
$f_{cgs,e,cor}$	発電効率補正	無次元	2.3 節

4.5.2 出力変数

記号	意味	単位
$E_{s,cgs,d}$	時刻 d における CGS の燃料消費量 (高位発熱量基準)	MJ/h
$q_{hr,cgs,d}$	時刻 d における CGS の排熱回収量	MJ/h

4.5.3 定数

記号	意味	単位	値

4.5.4 算出方法

時刻 d における CGS の燃料消費量 (高位発熱量基準) $E_{s,cgs,d}$ は次式で求める。

$$E_{s,cgs,d} = E_{e,cgs,d} \times \frac{3.6}{mxR_{e,cgs,d} \times f_{cgs,e,cor} \times f_{lh}}$$

時刻 d における CGS の排熱回収量 $q_{hr,cgs,d}$ は次式で求める。

$$q_{hr,cgs,d} = E_{s,cgs,d} \times f_{cgs,e,cor} \times mxR_{hr,cgs,d} \times f_{lh}$$

4.6 起動時補正

4.6.1 入力変数

記号	意味	単位	参照
$E_{e,cgs,d}$	時刻 d における CGS の発電量	kW	4.4 節
$E_{e,cgs,d-1}$	時刻 d-1 における CGS の発電量	kW	4.4 節
$E_{s,cgs,d}$	時刻 d における CGS の燃料消費量 (高位発熱量基準)	MJ/h	4.5 節
$q_{hr,cgs,d}$	時刻 d における CGS の排熱回収量	MJ/h	4.5 節
N_{ctp}	CGS 放熱用冷却塔ポンプの設置台数	台	2.1 節
$f_{cgs,ste,m}$	CGS 起動後 1h の発電量比率(マイクロ CGS)	無次元	2.3 節
$f_{cgs,sth,m}$	CGS 起動後 1h の排熱回収量比率(マイクロ CGS)	無次元	2.3 節
$f_{cgs,stg,m}$	CGS 起動後 1h のガス消費量比率(マイクロ CGS)	無次元	2.3 節
$f_{cgs,ste,n}$	CGS 起動後 1h の発電量比率(大型 CGS)	無次元	2.3 節
$f_{cgs,sth,n}$	CGS 起動後 1h の排熱回収量比率(大型 CGS)	無次元	2.3 節
$f_{cgs,stg,n}$	CGS 起動後 1h のガス消費量比率(大型 CGS)	無次元	2.3 節

4.6.2 出力変数

記号	意味	単位
$E'_{e,cgs,d}$	時刻 d における CGS の発電量 (補正後)	kW
$E'_{s,cgs,d}$	時刻 d における CGS の燃料消費量 (補正後) (高位発熱量基準)	MJ/h
$q'_{hr,cgs,d}$	時刻 d における CGS の排熱回収量 (補正後)	MJ/h

4.6.3 定数

記号	意味	単位	値

4.6.4 算出方法

時刻 d に CGS が起動した場合、起動時の遅れを考慮して発電量、排熱回収量、ガス消費量の補正を行う。なお、マイクロ CGS と大型 CGS の違いは冷却塔ポンプの設置の有無で判断するものとする。また $E_{e,cgs,0} = 0$ とする。

(1) $E_{e,cgs,d} > 0$ かつ $E_{e,cgs,d-1} = 0$ の場合

$$E'_{e,cgs,d} = \begin{cases} E_{e,cgs,d} \times f_{cgs,ste,m} & (N_{ctp} = 0) \\ E_{e,cgs,d} \times f_{cgs,ste,n} & (N_{ctp} \neq 0) \end{cases}$$

$$E'_{s,cgs,d} = \begin{cases} E_{s,cgs,d} \times f_{cgs,stg,m} & (N_{ctp} = 0) \\ E_{s,cgs,d} \times f_{cgs,stg,n} & (N_{ctp} \neq 0) \end{cases}$$

$$q'_{hr,cgs,d} = \begin{cases} q_{hr,cgs,d} \times f_{cgs,sth,m} & (N_{ctp} = 0) \\ q_{hr,cgs,d} \times f_{cgs,sth,n} & (N_{ctp} \neq 0) \end{cases}$$

(2) それ以外の場合

$$E'_{e,cgs,d} = E_{e,cgs,d}$$

$$E'_{s,cgs,d} = E_{s,cgs,d}$$

$$q'_{hr,cgs,d} = q_{hr,cgs,d}$$

4.7 有効排熱回収量

4.7.1 入力変数

記号	意味	単位	参照
$q_{hr,cgs,d}$	時刻 d における CGS の排熱回収量（補正後）	MJ/h	4.6 節
$q_{hr,total,d}$	時刻 d における CGS 排熱システムの熱負荷	MJ/h	3.4 節
$f_{hr,loss}$	排熱の熱損失率	無次元	2.3 節

4.7.2 出力変数

記号	意味	単位
$q_{ehr,cgs,d}$	時刻 d における CGS の有効排熱回収量	MJ/h
$q_{hr,loss,d}$	時刻 d における CGS 排熱の強制放熱量	MJ/h

4.7.3 定数

記号	意味	単位	値

4.7.4 算出方法

時刻 d における CGS の有効排熱回収量 $q_{ehr,cgs,d}$ は次式で求める。

$q_{hr,cgs,d} \times f_{hr,loss} \geq q_{hr,total,d}$ の時

$$q_{ehr,cgs,d} = q_{hr,total,d}$$

$q_{hr,cgs,d} \times f_{hr,loss} < q_{hr,total,d}$ の時

$$q_{ehr,cgs,d} = q_{hr,cgs,d} \times f_{hr,loss}$$

$$q_{hr,loss,d} = q_{hr,cgs,d} \times f_{hr,loss} - q_{ehr,cgs,d}$$

4.8 補機動力と有効発電量

4.8.1 入力変数

記号	意味	単位	参照
$E'_{e, cgs, d}$	時刻 d における CGS の発電量(補正後)	kWh/日	4.4 節
$f_{esub, cgs}$	CGS 本体補機動力比率	無次元	2.3 節
$Q_{hr, loss, d}$	時刻 d における CGS 排熱の強制放熱量	MJ/h	4.6 節
$N_{cgs, on, d}$	時刻 d おける CGS の運転台数	台	3.6 節
N_{cgs}	CGS 設置台数	台	2.1 節
$E_{cgs, rated}$	循環ポンプの定格消費電力	kW/台	2.1 節
$N_{cgs, p}$	循環ポンプの設置台数	台	2.1 節
$E_{ctp, rated}$	CGS 放熱用冷却塔ポンプの定格消費電力	kW/台	2.1 節
N_{ctp}	CGS 放熱用冷却塔ポンプの設置台数	台	2.1 節
$E_{ctf, rated}$	CGS 放熱用冷却塔ファンの定格消費電力	kW/台	2.1 節
N_{ctf}	CGS 放熱用冷却塔ファンの設置台数	台	2.1 節
$f_{cgs, e, rated}$	CGS の定格発電効率(低位発熱量基準)	無次元	2.1 節
$f_{cgs, hr, rated}$	CGS の定格排熱効率(低位発熱量基準)	無次元	2.1 節
$E_{cgs, rated}$	CGS の発電機容量	kW	2.1 節

4.8.2 出力変数

記号	意味	単位
$E_{esub, cgs, d}$	CGS 本体補機動力	kW
$E_{esub, cgs, p, d}$	循環ポンプの消費電力	kW
$N_{cgs, p, on, d}$	時刻 d おける循環ポンプの運転台数	台
$E_{esub, ctp, d}$	CGS 放熱用冷却塔ポンプの消費電力	kW
$N_{ctp, on, d}$	時刻 d おける CGS 放熱用冷却塔ポンプの運転台数	台
$E_{esub, ctf, d}$	CGS 放熱用冷却塔ファンの消費電力	kW
$E_{ee, cgs, d}$	時刻 d における CGS の有効発電量 ※補機動力を除く発電量	kW

4.8.3 定数

記号	意味	単位	値

4.8.4 算出方法

時刻 d における CGS 本体補機動力 $E_{esub, cgs, d}$ は発電量に比例するものと考え次式で求める。

$$E_{esub, cgs, d} = E_{e, cgs, d} \times f_{esub, cgs}$$

時刻 d における循環ポンプの消費電力 $E_{\text{esub, cgsp, d}}$ は循環ポンプの運転台数によって決まるものとし、循環ポンプの運転台数は CGS の運転台数に比例するとして次式で求める。

$$N_{\text{cgsp, on, d}} = \left\lceil \frac{N_{\text{cgs, on, d}} \times N_{\text{cgsp}}}{N_{\text{cgs}}} \right\rceil$$

$$E_{\text{esub, cgsp, d}} = E_{\text{cgsp, rated}} \times N_{\text{cgsp, on, d}}$$

時刻 d における CGS 放熱用冷却塔ポンプの消費電力 $E_{\text{esub, cgsp, d}}$ は CGS 放熱用冷却塔ポンプの運転台数によって決まるものとし、CGS 放熱用冷却塔ポンプの運転台数は CGS の運転台数に比例するとして次式で求める。

$$N_{\text{ctp, on, d}} = \left\lceil \frac{N_{\text{cgs, on, d}} \times N_{\text{ctp}}}{N_{\text{cgs}}} \right\rceil$$

$$E_{\text{esub, ctp, d}} = E_{\text{ctp, rated}} \times N_{\text{ctp, on, d}}$$

時刻 d における CGS 放熱用冷却塔ファンの消費電力 $E_{\text{esub, ctf, d}}$ は総排熱量に対する強制放熱量によって決まるものとして次式で求める。

$$E_{\text{esub, ctf, on, d}} = \frac{Q_{\text{hr, loss, d}}}{E_{\text{cgs, rated}} \times N_{\text{cgs}} \times \frac{f_{\text{cgs, hr, rated}}}{f_{\text{cgs, e, rated}}} \times 3.6} \times E_{\text{ctf, rated}} \times N_{\text{ctf}}$$

時刻 d における CGS の有効発電量 $E_{\text{ee, cgs, d}}$ は発電量と補機動力から次式で計算する。

$$E_{\text{ee, cgs, d}} = E'_{\text{e, cgs, d}} - (E_{\text{esub, cgs, d}} + E_{\text{esub, cgsp, d}} + E_{\text{esub, ctp, d}} + E_{\text{esub, ctf, d}})$$

4.9 各用途の排熱利用量

4.9.1 入力変数

記号	意味	単位	参照
$Q_{ehr, cgs, d}$	時刻 d における CGS の有効排熱回収量	MJ/h	4.7 節
$Q_{AC, ref, c, hr, d}$	時刻 d における CGS の排熱利用が可能な排熱投入型吸収式冷温水機(系統)の冷熱源としての排熱負荷	MJ/h	3.3 節
$Q_{AC, ref, h, hr, d}$	時刻 d における CGS の排熱利用が可能な温熱源群の熱源負荷	MJ/h	2.2 節
$Q_{W, hr, d}$	時刻 d における CGS の排熱利用が可能な給湯機(系統)の給湯負荷	MJ/h	2.2 節
$n_{pri, hr, c}$	排熱利用優先順位(冷熱源)	無次元	2.1 節
$n_{pri, hr, h}$	排熱利用優先順位(温熱源)	無次元	2.1 節
$n_{pri, hr, W}$	排熱利用優先順位(給湯)	無次元	2.1 節
$Q_{tank, d-1}$	時刻 $d-1$ における貯湯タンクの蓄熱量	MJ	4.9 節
$f_{tank, loss}$	貯湯タンクからの蓄熱損失率(1時間当たり)	無次元	2.3 節

4.9.2 出力変数

記号	意味	単位
$Q_{AC, ref, c, ehr, d}$	時刻 d における排熱投入型吸収式冷温水機(系統)の冷熱源としての排熱利用量	MJ/h
$Q_{AC, ref, h, ehr, d}$	時刻 d における温熱源群の排熱利用量	MJ/h
$Q_{W, ehr, d}$	時刻 d における給湯機(系統)の排熱利用量	MJ/h
$Q_{pri1, ehr, d}$	排熱利用優先順位 1 の用途の排熱利用量	MJ/h
$Q_{pri2, ehr, d}$	排熱利用優先順位 2 の用途の排熱利用量	MJ/h
$Q_{pri3, ehr, d}$	排熱利用優先順位 3 の用途の排熱利用量	MJ/h
$Q_{pri1, ehr, on, d}$	排熱利用優先順位 1 の用途の排熱需要	MJ/h
$Q_{pri2, ehr, on, d}$	排熱利用優先順位 2 の用途の排熱需要	MJ/h
$Q_{pri3, ehr, on, d}$	排熱利用優先順位 3 の用途の排熱需要	MJ/h
$Q_{tank, st, d}$	時刻 d における貯湯タンクの蓄熱量の増減	MJ/h
$Q_{tank, d}$	時刻 d における貯湯タンクの蓄熱量	MJ

4.9.3 定数

記号	意味	単位	値

4.9.4 算出方法

時刻 d における各用途の排熱利用量は、排熱の優先順位に応じて計算する。

まず、排熱利用優先順位に応じて、 $q_{pri1, ehr, on, d}$ には優先順位 1 位(冷房、暖房、給湯のいずれか)の排熱需要を割り当て、以下同様に 2 位と 3 位も割り当てる。

$$\begin{aligned}
q_{\text{pri1,ehr,on,d}} &= \begin{cases} q_{\text{AC,ref,c,hr,d}} & (n_{\text{pri,hr,c}} = 1) \\ q_{\text{AC,ref,h,hr,d}} & (n_{\text{pri,hr,h}} = 1) \\ q_{\text{W,hr,d}} & (n_{\text{pri,hr,W}} = 1) \end{cases} \\
q_{\text{pri2,ehr,on,d}} &= \begin{cases} q_{\text{AC,ref,c,hr,d}} & (n_{\text{pri,hr,c}} = 2) \\ q_{\text{AC,ref,h,hr,d}} & (n_{\text{pri,hr,h}} = 2) \\ q_{\text{W,hr,d}} & (n_{\text{pri,hr,W}} = 2) \\ 0 & (\text{上記以外}) \end{cases} \\
q_{\text{pri3,ehr,on,d}} &= \begin{cases} q_{\text{AC,ref,c,hr,d}} & (n_{\text{pri,hr,c}} = 3) \\ q_{\text{AC,ref,h,hr,d}} & (n_{\text{pri,hr,h}} = 3) \\ q_{\text{W,hr,d}} & (n_{\text{pri,hr,W}} = 3) \\ 0 & (\text{上記以外}) \end{cases}
\end{aligned}$$

次に、得られた有効排熱回収量 $q_{\text{ehr,cgs,d}}$ を優先順位 1 位の利用用途の温水需要 $q_{\text{pri1,ehr,on,d}}$ と比較し、有効排熱回収量の方が大きければ（下記(1)）、温水需要 $q_{\text{pri1,ehr,on,d}}$ はすべて賄えるものとして、次に優先順位 2 位の利用用途にどれだけの温水が利用できるかを計算する。以下、同様に優先順位 3 位まで計算する。

(1) $q_{\text{ehr,cgs,d}} \geq q_{\text{pri1,ehr,on,d}}$ のとき

$$q_{\text{pri1,ehr,d}} = q_{\text{pri1,ehr,on,d}}$$

a) $q_{\text{ehr,cgs,d}} - q_{\text{pri1,ehr,d}} \geq q_{\text{pri2,ehr,on,d}}$ のとき

$$q_{\text{pri2,ehr,d}} = q_{\text{pri2,ehr,on,d}}$$

i) $q_{\text{ehr,cgs,d}} - q_{\text{pri1,ehr,d}} - q_{\text{pri2,ehr,d}} \geq q_{\text{pri3,ehr,on,d}}$ のとき

$$q_{\text{pri3,ehr,d}} = q_{\text{pri3,ehr,on,d}}$$

$$q_{\text{tank,st,d}} = q_{\text{ehr,cgs,d}} - q_{\text{pri1,ehr,d}} - q_{\text{pri2,ehr,d}} - q_{\text{pri3,ehr,on,d}}$$

ii) $q_{\text{ehr,cgs,d}} - q_{\text{pri1,ehr,d}} - q_{\text{pri2,ehr,d}} < q_{\text{pri3,ehr,on,d}}$ のとき

$$q_{\text{pri3,ehr,d}} = q_{\text{ehr,cgs,d}} - q_{\text{pri1,ehr,d}} - q_{\text{pri2,ehr,d}}$$

$$q_{\text{tank,st,d}} = 0$$

b) $q_{\text{ehr,cgs,d}} - q_{\text{pri1,ehr,d}} < q_{\text{pri2,ehr,on,d}}$ のとき

$$q_{\text{pri2,ehr,d}} = q_{\text{ehr,cgs,d}} - q_{\text{pri1,ehr,d}}$$

$$q_{\text{pri3,ehr,d}} = 0$$

$$q_{\text{tank,st,d}} = 0$$

(2) $q_{\text{ehr,cgs,d}} < q_{\text{pri1,ehr,on,d}}$ のとき

$$q_{\text{pri1,ehr,d}} = q_{\text{ehr,cgs,d}}$$

$$q_{\text{pri2,ehr,d}} = 0$$

$$q_{\text{pri3,ehr,d}} = 0$$

$$q_{\text{tank,st,d}} = 0$$

上記(1)、(2)のいずれかで優先順位の高い順にどれだけの排熱が利用できるかを決定した後、冷房、暖房、給湯にそれぞれどれだけの排熱が利用できるかを割り当てる。

$$q_{\text{AC,ref,c,ehr,d}} = \begin{cases} 0 & (n_{\text{pri,hr,c}} = 0) \\ q_{\text{pri1,ehr,d}} & (n_{\text{pri,hr,c}} = 1) \\ q_{\text{pri2,ehr,d}} & (n_{\text{pri,hr,c}} = 2) \\ q_{\text{pri3,ehr,d}} & (n_{\text{pri,hr,c}} = 3) \end{cases}$$

$$q_{\text{AC,ref,h,ehr,d}} = \begin{cases} 0 & (n_{\text{pri,hr,h}} = 0) \\ q_{\text{pri1,ehr,d}} & (n_{\text{pri,hr,h}} = 1) \\ q_{\text{pri2,ehr,d}} & (n_{\text{pri,hr,h}} = 2) \\ q_{\text{pri3,ehr,d}} & (n_{\text{pri,hr,h}} = 3) \end{cases}$$

$$q'_{\text{W,ehr,d}} = \begin{cases} 0 & (n_{\text{pri,hr,W}} = 0) \\ q_{\text{pri1,ehr,d}} & (n_{\text{pri,hr,W}} = 1) \\ q_{\text{pri2,ehr,d}} & (n_{\text{pri,hr,W}} = 2) \\ q_{\text{pri3,ehr,d}} & (n_{\text{pri,hr,W}} = 3) \end{cases}$$

給湯需要を満たせていない場合、タンクからの出湯を行う。

(1) $q'_{\text{W,ehr,d}} < q_{\text{W,hr,d}}$ かつ $q_{\text{tank,d-1}} \times f_{\text{tank,loss}} \geq q_{\text{W,hr,d}} - q'_{\text{W,ehr,d}}$ の時

$$\begin{aligned} q_{\text{W,ehr,d}} &= q_{\text{W,hr,d}} \\ q_{\text{tank,st,d}} &= -(q_{\text{W,hr,d}} - q'_{\text{W,ehr,d}}) \end{aligned}$$

(2) $q'_{\text{W,ehr,d}} < q_{\text{W,hr,d}}$ かつ $q_{\text{tank,d-1}} \times f_{\text{tank,loss}} < q_{\text{W,hr,d}} - q'_{\text{W,ehr,d}}$ の時

$$\begin{aligned} q_{\text{W,ehr,d}} &= q'_{\text{W,ehr,d}} + q_{\text{tank,d-1}} \times f_{\text{tank,loss}} \\ q_{\text{tank,st,d}} &= -(q_{\text{tank,d-1}} \times f_{\text{tank,loss}}) \end{aligned}$$

(3) それ以外の時

$$q_{\text{W,ehr,d}} = q'_{\text{W,ehr,d}}$$

上記の結果を受けて、当該時刻のタンク蓄熱量を計算する。

$$q_{\text{tank,d}} = q_{\text{tank,d-1}} \times f_{\text{tank,loss}} + q_{\text{tank,st,d}}$$

4.10 各用途の一次エネルギー削減量

4.10.1 入力変数

記号	意味	単位	参照
$E_{AC,ref,c,hr,on,d}$	時刻 d における CGS 稼働時の排熱利用が可能な排熱投入型吸収式冷温水機(系統)の冷熱源としての主機の一次エネルギー消費量のうち排熱による削減可能分	MJ/h	3.7 節
$E_{AC,ref,h,hr,on,d}$	時刻 d における CGS 稼働時の排熱利用が可能な温熱源群の主機の一次エネルギー消費量	MJ/h	3.7 節
$E_{W,hr,on,d}$	時刻 d における CGS 稼働時の排熱利用が可能な給湯機(系統)の一次エネルギー消費量	MJ/h	3.7 節
$q_{AC,ref,c,hr,on,d}$	時刻 d における CGS 稼働時の排熱利用が可能な排熱投入型吸収式冷温水機(系統)の冷熱源としての排熱投入可能量	MJ/h	3.7 節
$q_{AC,ref,h,hr,on,d}$	時刻 d における CGS 稼働時の排熱利用が可能な温熱源群への排熱投入可能量	MJ/h	3.7 節
$q_{W,hr,on,d}$	時刻 d における CGS 稼働時の排熱利用が可能な給湯機(系統)への排熱投入可能量	MJ/h	3.7 節
$q_{AC,ref,c,ehr,d}$	時刻 d における排熱投入型吸収式冷温水機(系統)の冷熱源としての排熱利用量	MJ/h	4.8 節
$q_{AC,ref,h,ehr,d}$	時刻 d における温熱源群の排熱利用量	MJ/h	4.8 節
$q_{W,ehr,d}$	時刻 d における給湯機(系統)の排熱利用量	MJ/h	4.8 節

4.10.2 出力変数

記号	意味	単位
$E_{AC,ref,c,red,d}$	時刻 d における冷房の一次エネルギー削減量	MJ/h
$E_{AC,ref,h,red,d}$	時刻 d における暖房の一次エネルギー削減量	MJ/h
$E_{W,red,d}$	時刻 d における給湯の一次エネルギー削減量	MJ/h

4.10.3 定数

記号	意味	単位	値

4.10.4 算出方法

時刻 d における冷房の一次エネルギー削減量 $E_{AC,ref,c,red,d}$ は次式で求める。

$$E_{AC,ref,c,red,d} = 0 \quad (q_{AC,ref,c,hr,on,d} = 0)$$

$$E_{AC,ref,c,red,d} = E_{AC,ref,c,hr,on,d} \times \frac{q_{AC,ref,c,ehr,d}}{q_{AC,ref,c,hr,on,d}} \quad (\text{上記以外})$$

時刻 d における暖房の一次エネルギー削減量 $E_{AC,ref,h,red,d}$ は次式で求める。

$$E_{AC,ref,h,red,d} = 0 \quad (q_{AC,ref,h,hr,on,d} = 0)$$

$$E_{AC,ref,h,red,d} = E_{AC,ref,h,hr,on,d} \times \frac{q_{AC,ref,h,ehr,d}}{q_{AC,ref,h,hr,on,d}} \quad (\text{上記以外})$$

時刻 d における給湯の一次エネルギー削減量 $E_{W,red,d}$ は次式で求める。

$$E_{W,red,d} = 0 \quad (q_{W,hr,on,d} = 0)$$

$$E_{W,red,d} = E_{W,hr,on,d} \times \frac{q_{W,ehr,d}}{q_{W,hr,on,d}} \quad (\text{上記以外})$$

4.11 電力の一次エネルギー削減量

4.11.1 入力変数

記号	意味	単位	参照
$E_{ee,cgs,d}$	時刻 d における CGS の有効発電量	kWh/日	4.5 節
$f_{prime,e}$	電気の一次エネルギー換算係数	MJ/kWh	2.3 節

4.11.2 出力変数

記号	意味	単位
$E_{e,red,d}$	時刻 d における発電による電力の一次エネルギー削減量	MJ/h

4.11.3 定数

記号	意味	単位	値

4.11.4 算出方法

時刻 d における発電による電力の一次エネルギー削減量 $E_{e,red,d}$ は次式で求める。

$$E_{e,red,d} = E_{ee,cgs,d} \times f_{prime,e}$$

4.12 CGS による一次エネルギー削減量

4.12.1 入力変数

記号	意味	単位	参照
$E_{s,cgs,d}$	時刻 d における CGS の燃料消費量 (高位発熱量基準)	MJ/h	4.6 節
$E_{AC,ref,c,red,d}$	時刻 d における冷房の一次エネルギー削減量	MJ/h	4.9 節
$E_{AC,ref,h,red,d}$	時刻 d における暖房の一次エネルギー削減量	MJ/h	4.9 節
$E_{W,red,d}$	時刻 d における給湯の一次エネルギー削減量	MJ/h	4.9 節
$E_{e,red,d}$	時刻 d における発電による電力の一次エネルギー削減量	MJ/h	4.9 節

4.12.2 出力変数

記号	意味	単位
$E_{total,cgs,red,d}$	時刻 d における CGS による一次エネルギー削減量	MJ/h

4.12.3 定数

記号	意味	単位	値

4.12.4 算出方法

時刻 d における CGS による一次エネルギー削減量 $E_{total,cgs,red,d}$ は次式で求める。

$$E_{total,cgs,red,d} = E_{AC,ref,c,red,d} + E_{AC,ref,h,red,d} + E_{W,red,d} + E_{e,red,d} - E_{s,cgs,d}$$

6-3. アンケート調査票

業務用コージェネレーション設備に関するアンケート調査票

「業務用コージェネレーション設備の仕様や運転状況」に関するアンケート調査へのご協力ありがとうございます。

このアンケートは、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向けた調査の基礎資料として活用させていただきます。回答期限は平成28年8月31日（水）としております。ご回答よろしくお願いたします。

■コージェネレーション設備を導入している施設についてお伺いします。

問 1 コージェネレーション設備が導入されている（熱や電気が供給されている）施設の所在地と名称をお答えください。

施設所在地	
施設名称	

問 2 問 1 でお答えいただいた施設（※）の建物用途をお答えください。複合施設の場合、あるいは複数の施設に熱や電気が供給されている場合は、該当するもの全てをお答えください。

※コージェネレーション設備から熱や電気が供給されている施設に限ります。

【あてはまるもの全てに○】

1 事務所	2 病院	3 学校	4 ホテル
5 物販店舗	6 飲食店	7 福祉施設	8 温浴施設
9 会議場・ホール等	10 集合住宅	11 工場	
12 その他（			）

問 3 問 1 でお答えいただいた施設（※）の延床面積をお答えください。

※コージェネレーション設備から熱や電気が供給されている施設に限ります。

延床面積		m ²
------	--	----------------

問 4 問 1 でお答えいただいた施設（※）の契約電力をお答えください。また、自家発補給契約を締結されている場合は、その契約電力についてもお答えください。

※コージェネレーション設備から熱や電気が供給されている施設に限ります。

契約電力		kW	自家発補給契約電力		kW
			※契約がある場合はお答えください。		

問 5 最低買電量についてお分かりになる場合はその買電量についてお答えください。

※最低買電量とは、コージェネレーション設備の逆潮流を防ぐために常に系統電力から買い取ることにしている電力量のことです。

【1 つに○】

1	わかる → (最低買電量: kW)	2	わからない
---	---------------------------------------	---	-------

■コージェネレーション設備の仕様についてお伺いします。

問 6 コージェネレーション設備の稼働開始時期(導入時期)をお答えください。

※西暦でも和暦でも構いません。

※機種が複数ある場合は、稼働時期の最も早い機種の導入時期をお答えください。

稼働開始年月	年 月	稼働開始
--------	----------------------	------

問 7 コージェネレーション設備のメーカー名、機種名(型番)、発電容量、台数をお答えください。

※機種が複数ある場合は、発電総容量の大きいものから2機種目までをお答えください。

	メーカー名	機種名(型番)	発電容量	×	台数
1 機種目			kW	×	台
2 機種目			kW	×	台

問 8 コージェネレーション設備の燃料種をお答えください。

【あてはまるもの全てに○】

1	都市ガス	2	LPガス	3	重油	4	その他()
---	------	---	------	---	----	---	---

問 9 コージェネレーション設備における排熱の取り出し方で該当するものを全てお答えください。

【あてはまるもの全てに○】

1	蒸気	2	温水
---	----	---	----

問 10 コージェネレーション設備における排熱の使い方でご該当するものを全てお答えください。

【あてはまるもの全てに○】

1	給湯	2	暖房	3	冷房	4	その他()
---	----	---	----	---	----	---	---

問 11 コージェネレーション設備の排熱をお湯として貯める貯湯槽(*)はありますか。ある場合はその容量をお答えください。

※貯湯槽とは、排熱をお湯として溜めて必要なときに熱を取り出すためのタンクです。

【1つに○】

1	ある → (貯湯槽容量: L)	2	ない
---	-------------------------------------	---	----

問 12 コージェネレーション設備の設置場所をお答えください。

【1つに○】

1	屋内(地下)	2	地下以外の屋内	3	屋上	4	屋上以外の屋外
---	--------	---	---------	---	----	---	---------

■コージェネレーション設備の運転時間および運転スケジュールについてお伺いします。

問 13 コージェネレーション設備の平均的な年間稼働時間をお答えください。

平均的な年間稼働時間	およそ	時間/年
------------	-----	------

問 14 コージェネレーション設備を日常的に運転していますか。運転している場合は、平日・休日それぞれの期間別の標準的な稼働時間帯についてお答えください。

※施設の運営日を「平日」としてください。年中無休の場合は「平日」の欄にご記入ください。

【1つに○】

<div style="border: 1px dashed black; padding: 2px;">1 日常的に運転している</div>		2 日常的には運転していない	
	↓		
	夏期	中間期	冬期
平日	～ 時 分 時 分	～ 時 分 時 分	～ 時 分 時 分
休日	～ 時 分 時 分	～ 時 分 時 分	～ 時 分 時 分

問 15 コージェネレーション設備をどのように使用していますか。

【あてはまるもの全てに○】

1	エネルギーコストが削減されるように日常的に運転している
2	省エネ・省CO ₂ の実現を目指して日常的に運転している
3	電力ピークカットのためにピーク時間帯に運転している
4	非常時に備えた電源二重化（BCP）のために設置しており、日常的には運転しない
5	その他（ ）

問 16 問 15 で「3 電力ピークカットのためにピーク時間帯に運転している」を選択された方にお伺いします。どのような条件でピークカット運転を起動していますか。

【あてはまるもの全てに○】

1	消費電力が		kW	を超えたら	手動	で起動する
2	消費電力が		kW	を超えたら	自動	で起動する
3	その他（ ）					

問 17 コージェネレーション設備の運転スケジュールの変更頻度と判断の基準について、最もあては

まるものをお答えください。

※左側の欄（変更頻度）と右側の欄（判断の基準）の両方にお答えください。

変更頻度

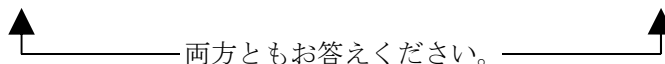
【1つに〇】

判断の基準

【1つに〇】

1	年間を通して同じ時間帯に運転している
2	季節ごとに運転時間帯を見直している
3	月ごとに運転時間帯を見直している
4	週ごとに運転時間帯を見直している
5	毎日運転時間帯を見直している
6	その他（ ）
7	わからない

1	主に熱の需要(冷暖房負荷、給湯負荷など)をみて運転時間帯を決めている
2	主に電力の需要をみて運転時間帯を決めている
3	予め定められた運転時間帯で運転している
4	その他（ ）
5	わからない



問 18 コージェネレーション設備の発電出力制御について、あてはまるものをお答えください。

【1つに〇】

1	常に発電出力を一定にしている（常時定格運転）
2	施設の電力負荷に合わせて発電出力が変化する（電力負荷追従運転）
3	施設の熱負荷に合わせて発電出力が変化する（熱負荷追従運転）
4	その他（ ）
5	わからない

問 19 問7にてコージェネレーション設備を複数台回答している方にお尋ねします。運転台数をどのように決めていきますか。

※台数が1台の場合は 問 20 へお進みください。

【1つに〇】

1	常に全台数で運転している
2	施設の負荷の状況を見ながら、管理者等が運転台数を手動で設定している
3	施設の電力負荷に合わせて、運転台数が自動で決まる
4	施設の熱負荷に合わせて、運転台数が自動で決まる
5	その他（ ）
6	わからない

■コージェネレーション設備に関するヒアリングの可否についてお伺いします。

問 20 コージェネレーション設備の運転状況や管理状況等に関して、調査員が訪問させていただき、ヒアリングをさせていただくことは可能でしょうか。ご協力いただける場合は、ご連絡先をご記入ください。

【1つに〇】

1 協力できる	2 協力できる可能性がある	3 協力できない
---------	---------------	----------

ご連絡先	ご担当者名：
	TEL：
	Email：

以上で、アンケート調査は終了です。

長時間にわたり、ご協力いただき誠にありがとうございました。

6-4. アンケート単純集計結果

Q1 コージェネレーション設備が導入されている施設の所在地(地域)

	北海道	東北	関東	北陸	東海	近畿	中国	四国	九州	沖縄	合計
n	3	1	33	4	10	27	1	1	4	0	84
(構成比)	(4%)	(1%)	(39%)	(5%)	(12%)	(32%)	(1%)	(1%)	(5%)	(0%)	(100%)

Q2 建物用途(再編)

	事務所(単独)	病院(単独)	学校(単独)	ホテル(単独)	福祉施設(単独)	会議場・ホール等(単独)	研究施設(単独)	スポーツ施設(単独)	給食センター(単独)	消防署(単独)	廃棄物処理施設(単独)	事務所(複合)	病院(複合)	学校(複合)	物販店舗(複合)	その他の複合施設	合計
n	10	23	8	4	5	1	3	6	1	1	2	12	3	1	3	1	84
(構成比)	(12%)	(27%)	(10%)	(5%)	(6%)	(1%)	(4%)	(7%)	(1%)	(1%)	(2%)	(14%)	(4%)	(1%)	(4%)	(1%)	(100%)

Q3 延床面積

	2000㎡未満	2000～5000㎡未満	5000～10000㎡未満	10000～15000㎡未満	15000～20000㎡未満	20000～50000㎡未満	50000～100000㎡未満	100000～200000㎡未満	200000～500000㎡未満	500000㎡以上	不明	合計	平均
n	1	10	12	6	9	21	9	11	4	0	1	84	49751.3
(構成比)	(1%)	(12%)	(14%)	(7%)	(11%)	(25%)	(11%)	(13%)	(5%)	(0%)	(1%)	(100%)	-

Q4A 契約電力

	250kW未満	250～500kW未満	500～1000kW未満	1000～2000kW未満	2000～3000kW未満	3000～4000kW未満	4000～6000kW未満	6000～10000kW未満	10000kW以上	不明	合計	平均
n	14	9	16	15	6	7	2	2	4	9	84	2075.5
(構成比)	(17%)	(11%)	(19%)	(18%)	(7%)	(8%)	(2%)	(2%)	(5%)	(11%)	(100%)	-

Q4B 自家発給給契約電力

	250kW未満	250～500kW未満	500～750kW未満	750～1000kW未満	1000～1500kW未満	1500～2000kW未満	2000kW以上	不明	合計	平均
n	18	18	6	3	3	2	2	3	55	455.1
(構成比)	(33%)	(33%)	(11%)	(5%)	(5%)	(4%)	(4%)	(5%)	(100%)	-

Q5 最低買電量が分かりますか

	わかる	わからない	その他	不明・無回答	合計
n	19	58	2	5	84
(構成比)	(23%)	(69%)	(2%)	(6%)	(100%)

Q5X 最低買電量

	250kW未満	250～500kW未満	500～750kW未満	750～1000kW未満	1000～1500kW未満	1500～2000kW未満	2000kW以上	合計	平均
n	7	6	4	0	1	1	0	19	383.0
(構成比)	(37%)	(32%)	(21%)	(0%)	(5%)	(5%)	(0%)	(100%)	-

Q6A 稼働開始年

	～1990年	1991～1995年	1996～2000年	2001～2005年	2006～2010年	2011～2015年	2016年	不明	合計	平均
n	1	1	1	7	27	43	1	3	84	1938.4
(構成比)	(1%)	(1%)	(1%)	(8%)	(32%)	(51%)	(1%)	(4%)	(100%)	-

Q7C 合計発電容量

	～100kW未満	100～500kW未満	500～1000kW未満	1000～2000kW未満	2000～5000kW未満	5000～10000kW未満	10000kW以上	不明	合計	平均
n	27	25	14	12	5	0	1	0	84	779.4
(構成比)	(32%)	(30%)	(17%)	(14%)	(6%)	(0%)	(1%)	(0%)	(100%)	-

Q7D 合計台数

	1台	2台	3台	4台	5台	6台	不明	合計	平均
n	40	25	10	6	0	3	0	84	1.9
(構成比)	(48%)	(30%)	(12%)	(7%)	(0%)	(4%)	(0%)	(100%)	-

Q8 コージェネレーション設備の燃料種

	都市ガス	LPガス	重油	バイオガス	不明・無回答	全体
n	80	4	1	2	0	84
(割合)	(95%)	(5%)	(1%)	(2%)	(0%)	(100%)

Q9 排熱の取り出し方

	蒸気	温水	蒸気&温水	不明・無回答	全体
n	4	69	11	0	84
(割合)	(5%)	(82%)	(13%)	(0%)	(100%)

Q10 排熱の使い方(再編)

	給湯	給湯&暖房	給湯&冷房	給湯&融雪	給湯&暖房&冷房	給湯&暖房&減菌	給湯&暖房&冷房&減菌	給湯&暖房&冷房&デンカント空調再生	暖房	暖房&冷房	暖房&冷房&融雪	暖房&冷房&デンカント空調再生	冷房	不明・無回答	合計
n	19	3	3	1	26	1	1	2	2	17	1	1	6	1	84
(構成比)	(23%)	(4%)	(4%)	(1%)	(31%)	(1%)	(1%)	(2%)	(2%)	(20%)	(1%)	(1%)	(7%)	(1%)	(100%)

Q11 貯湯槽の有無

	ある	ない	不明・無回答	合計
n	47	36	1	84
(構成比)	(56%)	(43%)	(1%)	(100%)

Q11X 貯湯槽容量

	~1000L未満	1000~2500L未満	2500~5000L未満	5000~7500L未満	7500~10000L未満	10000~15000L未満	15000~20000L未満	20000L以上	不明	合計	平均
n	2	8	5	9	4	2	5	4	8	47	7556.7
(構成比)	(4%)	(17%)	(11%)	(19%)	(9%)	(4%)	(11%)	(9%)	(17%)	(100%)	-

Q12 CGS設置場所

	地下	地下以外	屋上	屋上以外	不明・無回答	合計
n	24	10	37	13	0	84
(構成比)	(29%)	(12%)	(44%)	(15%)	(0%)	(100%)

Q13 CGS年間稼働時間

	~500時間未満	500~1000時間未満	1000~2000時間未満	2000~4000時間未満	4000~6000時間未満	6000~8760時間未満	8760時間	不明	合計	平均
n	4	3	18	34	19	3	1	2	84	2960.0
(構成比)	(5%)	(4%)	(21%)	(40%)	(23%)	(4%)	(1%)	(2%)	(100%)	-

Q14 CGS日常運転有無

	日常的に運転している	日常的には運転していない	不明・無回答	合計
n	61	6	17	84
(構成比)	(73%)	(7%)	(20%)	(100%)

Q15 設備の使用の仕方

	コスト削減	省エネ等	ピークカット	BCP	非常用設備を兼用	不明・無回答	全体
n	73	52	41	2	9	2	84
(割合)	(87%)	(62%)	(49%)	(2%)	(11%)	(2%)	(100%)

Q16 ピークカット運転条件

	手動起動	自動起動	ピークカット目的の常時運転	変電所からの要請	不明・無回答	回答義務なし	全体
n	6	23	9	1	3	42	84
(割合)	(7%)	(27%)	(11%)	(1%)	(2%)	(51%)	(100%)

Q16X1kW 手動kW

	~100kW未満	100~500kW未満	500~1000kW未満	1000~2000kW未満	2000~5000kW未満	5000~10000kW未満	10000kW以上	不明	合計	平均
n	0	0	1	0	4	0	1	0	6	4666.7
(構成比)	(0%)	(0%)	(17%)	(0%)	(67%)	(0%)	(17%)	(0%)	(100%)	-

Q16X2kW 自動kW

	~100kW未満	100~200kW未満	200~400kW未満	400~600kW未満	600~1000kW未満	1000~2000kW未満	2000kW以上	不明	合計	平均
n	1	2	4	4	5	5	2	0	23	813.7
(構成比)	(4%)	(9%)	(17%)	(17%)	(22%)	(22%)	(9%)	(0%)	(100%)	-

Q17A 変更頻度

	年間を通して同じ時間帯に運転している	季節ごとに運転時間帯を見直している	月ごとに運転時間帯を見直している	週ごとに運転時間帯を見直している	毎日運転時間帯を見直している	受電電力に応じた自動運転をしている	わからない	不明・無回答	合計
n	42	27	2	1	5	4	2	1	84
(構成比)	(50%)	(32%)	(2%)	(1%)	(6%)	(5%)	(2%)	(1%)	(100%)

Q17B 判断基準

	主に熱の需要(冷暖房負荷、給湯負荷など)をみて運転時間帯を決めている	主に電力の需要をみて運転時間帯を決めている	予め定められた運転時間帯で運転している	年間で同じ設定をしており、判断の基準はない	最適制御をしている	季節によって判断基準を変更している	わからない	不明・無回答	合計
n	19	27	25	5	2	1	2	3	84
(構成比)	(23%)	(32%)	(30%)	(6%)	(2%)	(1%)	(2%)	(4%)	(100%)

Q18 CGS発電出力制御

	常に発電出力を一定にしている(常時定格運転)	施設の電力負荷に合わせて発電出力が変化する(電力負荷追従運転)	施設の熱負荷に合わせて発電出力が変化する(熱負荷追従運転)	時期によって制御方法を使い分けしている	最適制御をしている	わからない	不明・無回答	合計
n	52	23	3	1	1	4	0	84
(構成比)	(62%)	(27%)	(4%)	(1%)	(1%)	(5%)	(0%)	(100%)

Q19 台数決定基準

	常に全台数で運転している	施設の負荷の状況を見ながら、管理者等が運転台数を手動で設定している	施設の電力負荷に合わせて、運転台数が自動で決まる	施設の熱負荷に合わせて、運転台数が自動で決まる	最適制御をしている	わからない	不明・無回答	回答義務なし	合計
n	8	14	18	2	1	0	2	39	84
(構成比)	(10%)	(17%)	(21%)	(2%)	(1%)	(0%)	(2%)	(46%)	(100%)

Q20A ヒアリング協力可否

	協力できる	協力できる可能性がある	協力できない	不明・無回答	合計
n	24	34	25	1	84
(構成比)	(29%)	(40%)	(30%)	(1%)	(100%)

6-5. ヒアリング項目

建物について			
回答者	(建物管理者・コージェネ管理者・設計者)	質問者	
建物名称		日時	年 月 日
建物用途	1 事務所、2 病院、3 学校、4 ホテル、5 物販店舗、 6 飲食店、7 福祉施設、8 温浴施設、9 会議場・ホール等、10 集合住宅、11 工場、 12 その他 ()	延床 面積	
建物の使用時間帯			

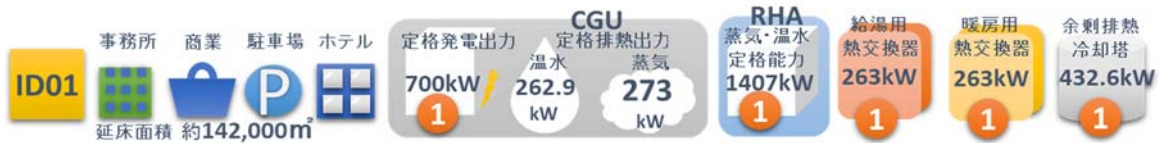
システムについて	
システム図 (排熱の利用まで含めたシステム系統図をいただけないでしょうか、また可能であれば機器表もいただけないでしょうか。)	
導入目的 (複数回答可)	1 エネルギーコストが削減されるように日常的に運転している 2 省エネ・省 CO2 の実現を目指して日常的に運転している 3 電力ピークカットのためにピーク時間帯に運転している 4 電源二重化 (BCP) のために設置しており日常的には運転しない 5 その他 ()
コージェネレーションの種類・容量・台数・排熱の取り出し方式	種類： メーカー： 型番： 定格発電量： kW 定格排熱回収量： kW(温水)、 kW(蒸気) 設置台数： 台 設置場所： 燃料種別： 排熱の取り出し方式： 温水 温水と蒸気 蒸気のみ
稼働開始年月	
排熱の利用先と優先順位 (給湯・暖房・冷房など)	利用するものに○ 給湯 暖房 冷房 その他 () 優先順位 _____ 給湯用熱交換器：容量 kW、流量 m ³ /h・L/min 台数 台、2次側出口温度設定 °C 暖房用熱交換器：容量 kW、流量 m ³ /h・L/min 台数 台、2次側出口温度設定 °C 冷房用熱源機器：種類 台数 台

	定格能力	kW	定格消費電力	kW
排熱の貯湯の有無、貯湯容量、貯湯の利用先	有 無		貯湯容量	L
	貯湯の利用先：給湯のみ		暖房のみ	給湯と暖房
				その他
余剰排熱の放熱方法と必要な電力	冷却塔	能力：	kW、ファン電力	kW
		放熱用ポンプ電力：	kW	
	本体ラジエータ	放熱用ポンプ電力：	kW	
				その他
自家発補給契約電力 ※契約がある場合、	kW CGS の検査や事故の際に、電気事業者から不足分の電気の供給を受ける場合に適用される契約電力			
最低買電量（買電制御電力） ※逆潮流防止のため、電力負荷よりも何kW 発電量を低く保つか。	kW			
年間のピーク電力 (建物の契約電力)	kW			
コージェネレーションやその他の機器を BEMS 等でどの程度データ計測しているか	※BEMS データが取り出し可能なら入手したい			
運転・管理体制について				
コージェネ専門の運転管理員がいるか、誰がシステムを管理しているか				
運転管理者は常駐しているか				
日常的な管理者の業務は何か				
スケジュール設定について				
スケジュールの入力者・決定者は誰か				
スケジュールの設定方法 (時間帯を入力する、熱負荷から自動的に判断する、管理者が手動で ON する、など)				
運転スケジュールの変更頻度と判断の基準	<変更頻度> 1 年間を通して同じ時間帯に運転 2 季節ごとに運転時間帯を見直し 3 月ごとに運転時間帯を見直し 4 週ごとに運転時間帯を見直し 5 毎日運転時間帯を見直し 6 その他 ()		<判断基準> 1 主に熱の需要をみて運転時間帯を決めている 2 主に電力の需要をみて運転時間帯を決めている 3 予め定められた運転時間帯で運転している 4 その他 ()	
休日設定の有無				

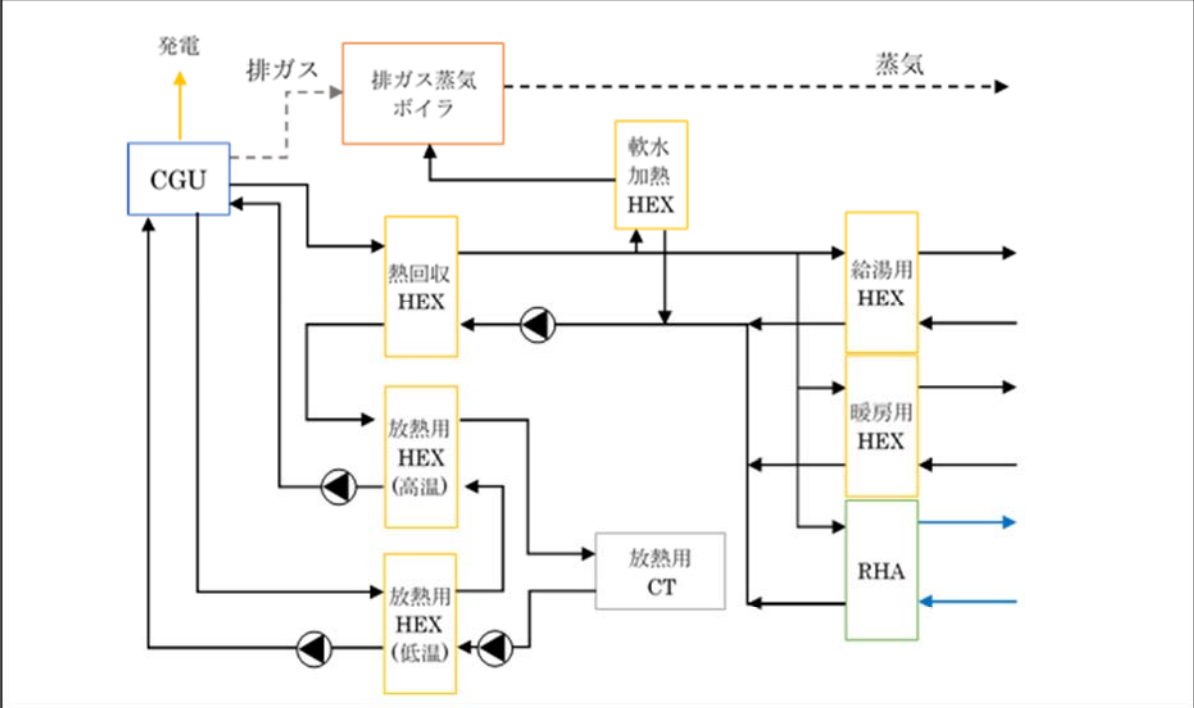
標準的な ON/OFF スケジュール		夏期	中間期	冬期
	平日	時 分 ～ 時 分	時 分 ～ 時 分	時 分 ～ 時 分
	休日	時 分 ～ 時 分	時 分 ～ 時 分	時 分 ～ 時 分
平均的な年間稼働時間				
夏期ピークに通常とは異なる運用を行うか。どのような運用か。	1 消費電力が kW を超えたら手動で起動する 2 消費電力が kW を超えたら自動で起動する 3 その他 ()			
制御について				
発電出力制御	1 常に発電出力を一定にしている (常時定格運転) 2 施設の電力負荷に合わせて発電出力が変化する (電力負荷追従運転) 3 施設の熱負荷に合わせて発電出力が変化する (熱負荷追従運転) 4 その他 ()			
台数制御方式	1 常に全台数で運転している 2 施設の負荷の状況を見ながら、管理者等が運転台数を手動で設定している 3 施設の電力負荷に合わせて、運転台数が自動で決まる 4 施設の熱負荷に合わせて、運転台数が自動で決まる 5 その他 () 手動の場合：閾値			
排熱取り出し温度設定と排熱回路流量制御	設定温度： °C 排熱回路の流量制御： 定流量 変流量 (温度制御 圧力制御)			
その他コージェネレーションに関する制御があるか。				
メンテナンスについて				
メンテナンス頻度				
メンテナンスの内容				
その他				
過去に不具合等があったか				
サイトオリジナルの管理方法・運転方法など				
その他コージェネレーションについての意見など				

6-6. ヒアリング結果シート ※ IDa a...物件のID番号 b b...導入台数

コージェネレーションシステムに関するヒアリングシート



システムについて



スケジュールについて

建物の使用時間帯	物販・飲食については各店舗の営業時間による
CGU運転スケジュールの設定	夏期平日土曜 発電優先(8:00-20:00) 自動 夏期休日 OFF(ピークカット運転) 自動 中間期平日土曜 発電優先(8:00-20:00) 自動 中間期休日 OFF(ピークカット運転) 自動 冬期平日土曜 発電優先(8:00-20:00) 自動 冬期休日 OFF(ピークカット運転) 自動

機器仕様について

CGUの種類	ガスエンジン	CGU設置台数	1台
定格発電出力(/台)	700kW	定格排熱出力(/台)	262.9kW(温水)、273kW(蒸気)
定格燃料消費量(/台)	148.4m³/h	定格排熱温水流量(/台)	45.2m³/h
CGU負荷率100%時の効率	発電効率：38%、排熱回収効率：30%、総合効率：68% (高位発熱基準)		
CGU負荷率75%時の効率	発電効率：36%、排熱回収効率：33%、総合効率：70% (高位発熱基準)		
CGU負荷率50%時の効率	発電効率：34%、排熱回収効率：39%、総合効率：73% (高位発熱基準)		
冷房用熱源機器	種類：蒸気温水RHA、台数1台 定格能力1,407kW、定格消費電力11.4kW		
暖房用熱交換器	容量263kW、流量251L/min(1次側) 台数1台、2次側出口温度設定83.0℃		
給湯用熱源機器	容量263kW、流量251L/min(1次側) 台数1台、2次側出口温度設定83.0℃		

運用・制御方法について			
負荷制御方式	定格運転	台数制御方式	無
稼働開始年月	-	年間平均運転時間	-
排熱の取り出し方式	温水と蒸気	設置場所	屋上
排熱取り出し温度設計値	88℃	排熱回路の流量制御	定流量
自家発補給契約電力	-	年間のピーク電力	3,432kW(2015年度実績)
最低買電量	無	建物の契約電力	-
排熱の利用先	給湯、暖房、冷房、軟水予熱		
優先順位	夏季・中間期 ①軟水予熱 ②冷房 ③給湯 冬季(11月～4月) ①軟水予熱 ②給湯 ③暖房 ④冷房		
排熱の貯湯	有、貯湯容量 14,800L(熱交2次側ストレージタンク容量)		
貯湯の利用先	給湯のみ		
余剰排熱の放熱方法	冷却塔 能力432.6kW、ファン動力3.7kW 放熱用ポンプ動力3.7kW		

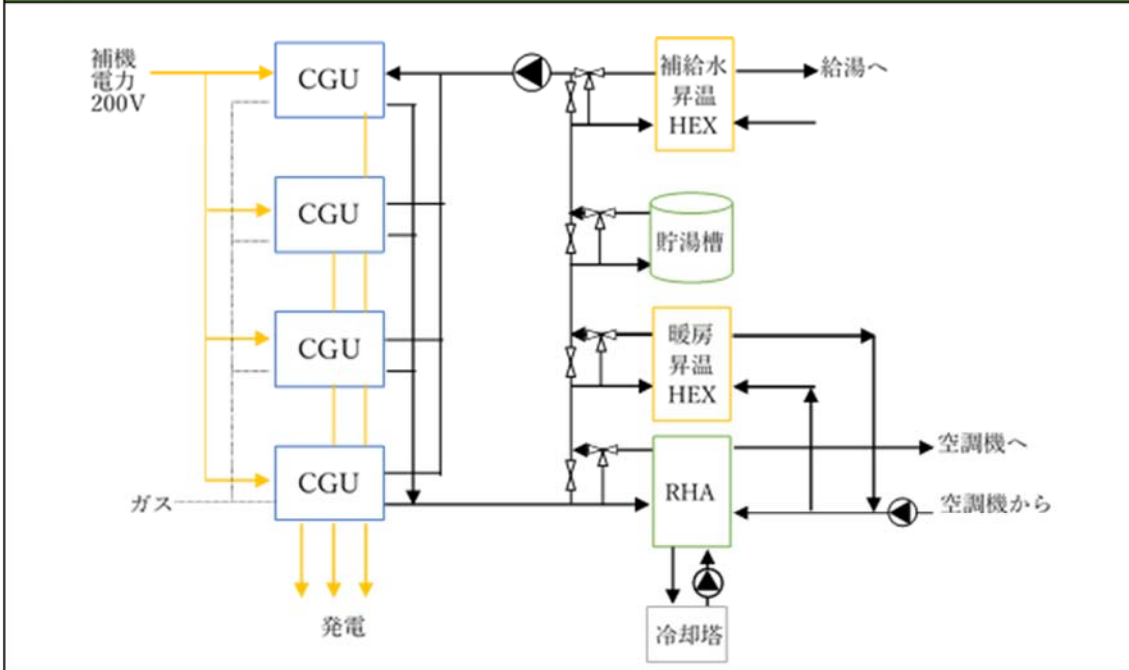
管理・メンテナンス方法について	
運転管理者	常駐
日常的な管理者の業務	日常点検、機器発停、計測データ分析等
メンテナンス頻度	約2,000時間毎
メンテナンスの内容	点火プラグ・潤滑油等の交換 各種計器・弁等の点検 (その他累積運転時間に応じて点検内容が追加)

その他	
調査日時	2016年6月20日
CGS導入目的	-
過去の不具合等	ジャケット冷却水系統 水漏れ
サイトオリジナルの管理方法・運転方法など	BOS仕様
夏期ピーク時の通常とは異なる運用	-
CGUやその他の機器を BEMS等でデータ計測しているか	計測している

コージェネレーションシステムに関するヒアリングシート



システムについて



スケジュールについて

建物の使用時間帯	8:00～19:00
CGU運転スケジュールの設定	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)

機器仕様について

CGU設置台数	4台	CGUの種類	マイクロガスエンジン
定格発電出力(/台)	35kW	定格排熱出力(/台)	52.5kW
定格燃料消費量(/台)	9.13m ³ N/h	定格排熱温水流量(/台)	150L/min
CGU負荷率100%時の効率	発電効率：31%、排熱回収効率：46%、総合効率：77% (高位発熱基準)		
冷房用熱源機器	種類：RHA、台数1台 定格能力281kW(冷房), 185kW(暖房) 定格消費電力1.70kW(冷房)1.80kW(暖房)		
暖房用熱交換器	容量206kW 台数1台		
給湯用熱源機器	容量206kW 台数1台		

運用・制御方法について			
負荷制御方式	定格運転	台数制御方式	電力負荷により判断
稼働開始年月	2015年2月	年間平均運転時間	1,100時間/年
排熱の取り出し方式	温水	設置場所	屋上
排熱取り出し温度設計値	88℃	排熱回路の流量制御	定流量
自家発補給契約電力	-	年間のピーク電力	16,762kW
最低買電量	-	建物の契約電力	99999999
排熱の利用先	給湯、暖房、冷房		
優先順位	①給湯 ②暖房、冷房		
排熱の貯湯	有、貯湯容量5,000L		
貯湯の利用先	給湯のみ		
余剰排熱の放熱方法	本体ラジエータ		

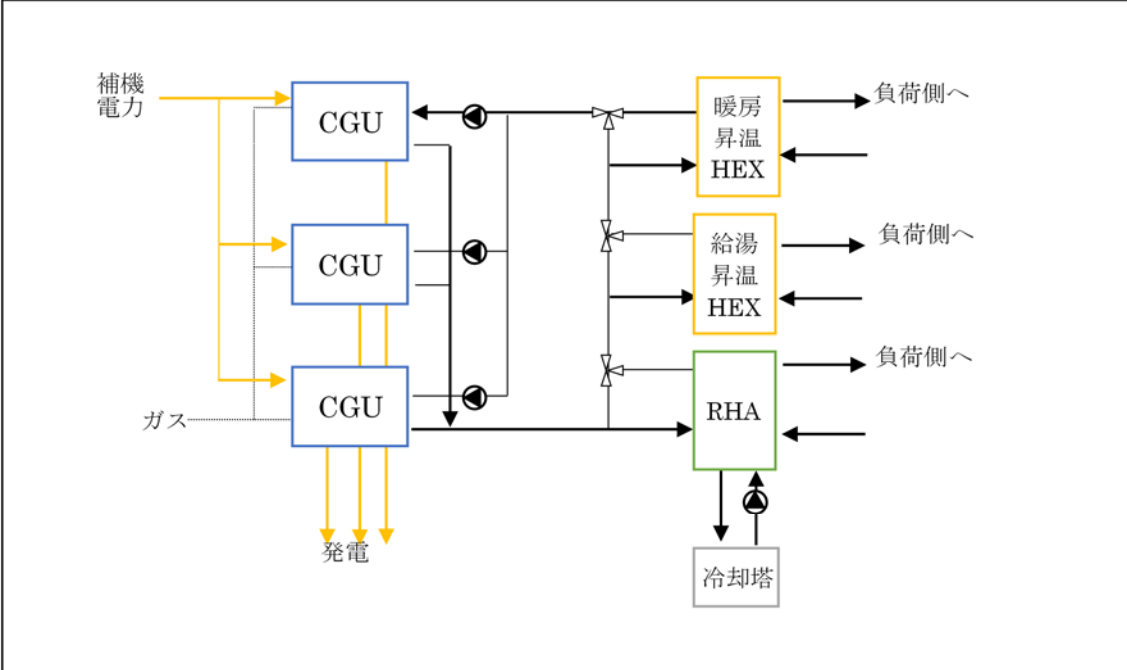
管理・メンテナンス方法について	
運転管理者	常駐していない
日常的な管理者の業務	なし
メンテナンス頻度	1回/年
メンテナンスの内容	添付の定期点検項目リスト参照

その他	
調査日時	2016年7月20日
CGS導入目的	電源二重化(BCP)、電力ピークカット
過去の不具合等	なし
サイトオリジナルの管理方法・運転方法など	-
夏期ピーク時の通常とは異なる運用	-
CGUやその他の機器をBEMS等でデータ計測しているか	外部サービスによるデータ取得

コージェネレーションシステムに関するヒアリングシート



システムについて



スケジュールについて

建物の使用時間帯	24時間
CGU運転スケジュールの設定	夏期平日 9:00~18:00 中間期平日 9:00~18:00 冬期平日 9:00~18:00

機器仕様について

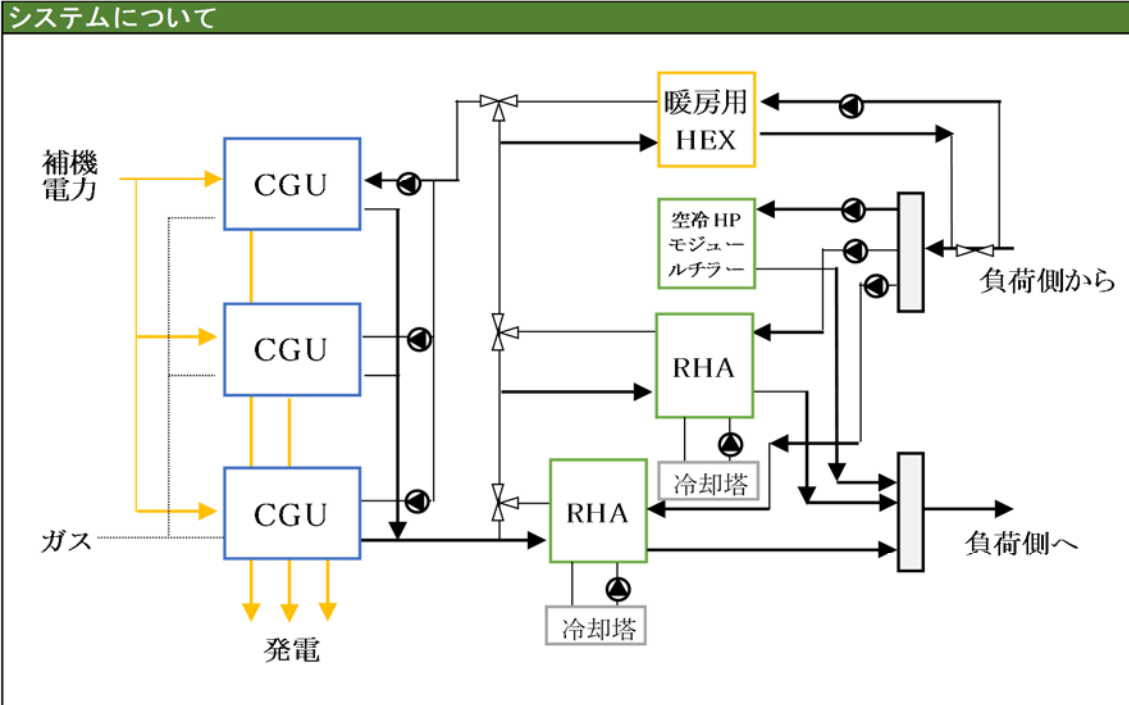
CGU設置台数	3台 (1台予備)	CGUの種類	マイクロガスエンジン
定格発電出力(/台)	35kW	定格排熱出力(/台)	52.5kW(温水)
定格燃料消費量(/台)	9.13m ³ N/h	定格排熱温水流量(/台)	150L/min
CGU負荷率100%時の効率	発電効率：31%、排熱回収効率：46%、総合効率：77% (高位発熱基準)		
冷房用熱源機器	種類：排熱投入型吸収式冷温水機、台数1台 定格能力1,055kW(冷房)、692kW(暖房) 定格消費電力5.10kW(冷房)、4.80kW(暖房)		
暖房用熱交換器	流量27m ³ /h 台数1台		
給湯用熱源機器	流量27m ³ /h 台数1台		

運用・制御方法について			
負荷制御方式	定格運転	台数制御方式	常に全て稼働
稼働開始年月	2015年1月	年間平均運転時間	-
排熱の取り出し方式	温水	設置場所	屋上
排熱取り出し温度設計値	88℃	排熱回路の流量制御	定流量
自家発補給契約電力	-	年間のピーク電力	-
最低買電量	-	建物の契約電力	-
排熱の利用先	給湯、暖房、冷房		
優先順位	①給湯 ②冷房 ③暖房		
排熱の貯湯	無		
貯湯の利用先	-		
余剰排熱の放熱方法	本体ラジエータ		

管理・メンテナンス方法について	
運転管理者	職員（空調は別の担当者）
日常的な管理者の業務	-
メンテナンス頻度	年に一回（リモートメンテナンス）
メンテナンスの内容	-

その他	
調査日時	2016年7月20日
CGS導入目的	-
過去の不具合等	-
サイトオリジナルの管理方法・運転方法など	-
夏期ピーク時の通常とは異なる運用	-
CGUやその他の機器を BEMS等でデータ計測しているか	計測している

コージェネレーションシステムに関するヒアリングシート



スケジュールについて	
建物の使用時間帯	8:30～17:45（～21:00前後まで残業有り）
CGU運転スケジュールの設定	（夏期・冬期） 平日：8:00～17:45 休日：運転しない （中間期） 使用しない

機器仕様について			
CGU設置台数	3台	CGUの種類	マイクロガスエンジン
定格発電出力(/台)	35kW	定格排熱出力(/台)	51.5kW
定格燃料消費量(/台)	9.13m³N/h	定格排熱温水流量(/台)	150L/min
CGU負荷率100%時の効率	発電効率：31%、排熱回収効率：46%、総合効率：77%（高位発熱基準）		
冷房用熱源機器	能力281kW、定格ガス消費量12Nm³/h、冷水12℃→7℃		
暖房用熱交換器	プレート式、154.5kW、1次側88℃→80℃、2次側43.5℃→48℃		
給湯用熱源機器	なし		

運用・制御方法について			
負荷制御方式	熱負荷追従制御	台数制御方式	増段：発電出力の100% 減段：発電出力の83% ・CGSの起動は 熱負荷400MJ/h以上で起動 350MJ/h以下で停止
稼働開始年月	2015年2月	年間平均運転時間	2000時間
排熱の取り出し方式	温水	設置場所	屋上
排熱取り出し温度設計値	83℃	排熱回路の流量制御	-
自家発電補給契約電力	なし	年間のピーク電力	300kW
最低買電量	40kW	建物の契約電力	300kW
排熱の利用先	冷房、暖房余熱		
優先順位	季節による冷暖の切り替えのため優先順位はない		
排熱の貯湯	なし		
貯湯の利用先	-		
余剰排熱の放熱方法	余剰排熱が出ないように熱負荷追従運転		

管理・メンテナンス方法について	
運転管理者	常駐
日常的な管理者の業務	日常点検
メンテナンス頻度	エネルギー委託事業者による管理
メンテナンスの内容	-

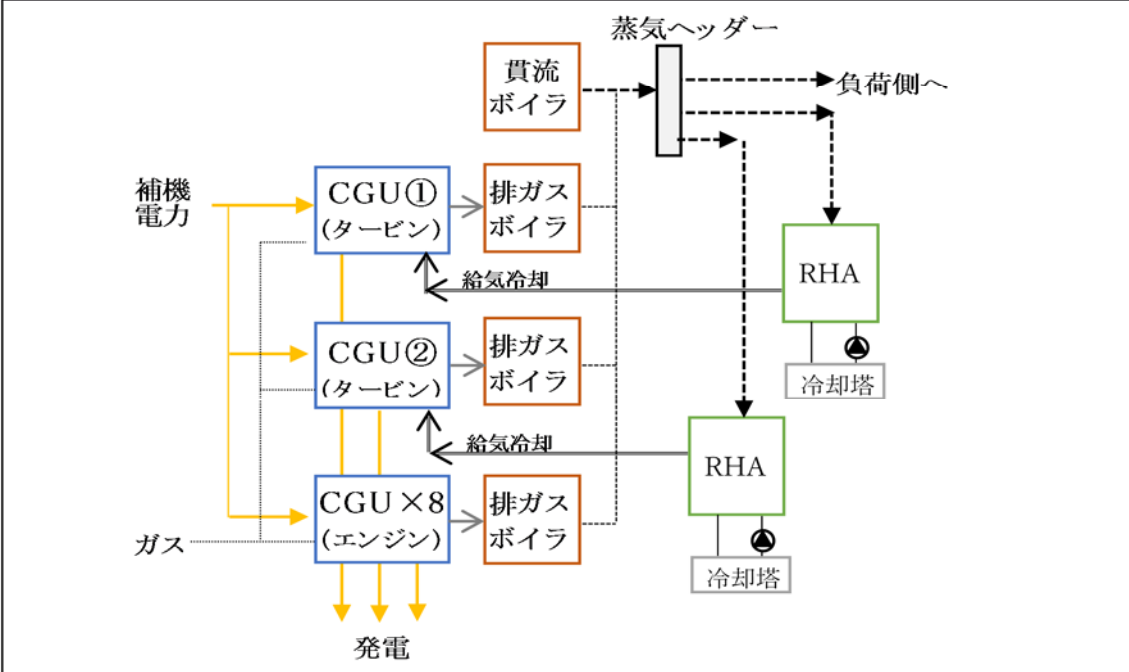
その他	
調査日時	2016年9月7日
CGS導入目的	ライフサイクルコストの最小化
過去の不具合等	RHAの熱源水流量低下警報
サイトオリジナルの管理方法・運転方法など	-
夏期ピーク時の通常とは異なる運用	-
CGUやその他の機器を BEMS等でデータ計測しているか	計測している

特徴
研究対象建物で有り、CGSの熱負荷追従制御についての研究がなされているため、特殊な制御となっている。データが詳細に計測されていて多くの点の1分データがある。

コージェネレーションシステムに関するヒアリングシート



システムについて



スケジュールについて

建物の使用時間帯	24時間
CGU運転スケジュールの設定	係員が需要や天候に応じて判断

機器仕様について

CGU設置台数	10台	CGUの種類	①ガスタービン ②ガスタービン ③ガスエンジン
定格発電出力(/台)	①7730kW ②6350kW ③730kW	定格排熱出力(/台)	①13.3t/h(蒸気) ②12.67t/h(蒸気) ③0.5t/h
定格燃料消費量(/台)	-	定格排熱温水流量(/台)	-
CGU負荷率100%時の効率	-		
冷房用熱源機器	なし		
暖房用熱交換器	なし		
給湯用熱源機器	なし		

運用・制御方法について			
負荷制御方式	手動出力固定運転	台数制御方式	電力負荷を見て手動設定 (負荷率50%以上が目安)
稼働開始年月	-	年間平均運転時間	-
排熱の取り出し方式	蒸気	設置場所	①屋外 ②屋内 ③屋外
排熱取り出し温度設計値	1.35MPa	排熱回路の流量制御	蒸気圧一定
自家発補給契約電力	なし	年間のピーク電力	24,500kW
最低買電量	なし(逆潮流可)	建物の契約電力	5,100kW
排熱の利用先	生産反応熱、一部はタービンの吸気温度低下のための吸収式冷凍機に使用		
優先順位	蒸気不足時はボイラーで加熱し蒸気ヘッダーで供給するため優先順位はなし		
排熱の貯湯	なし		
貯湯の利用先	-		
余剰排熱の放熱方法	蒸気の大気放出		

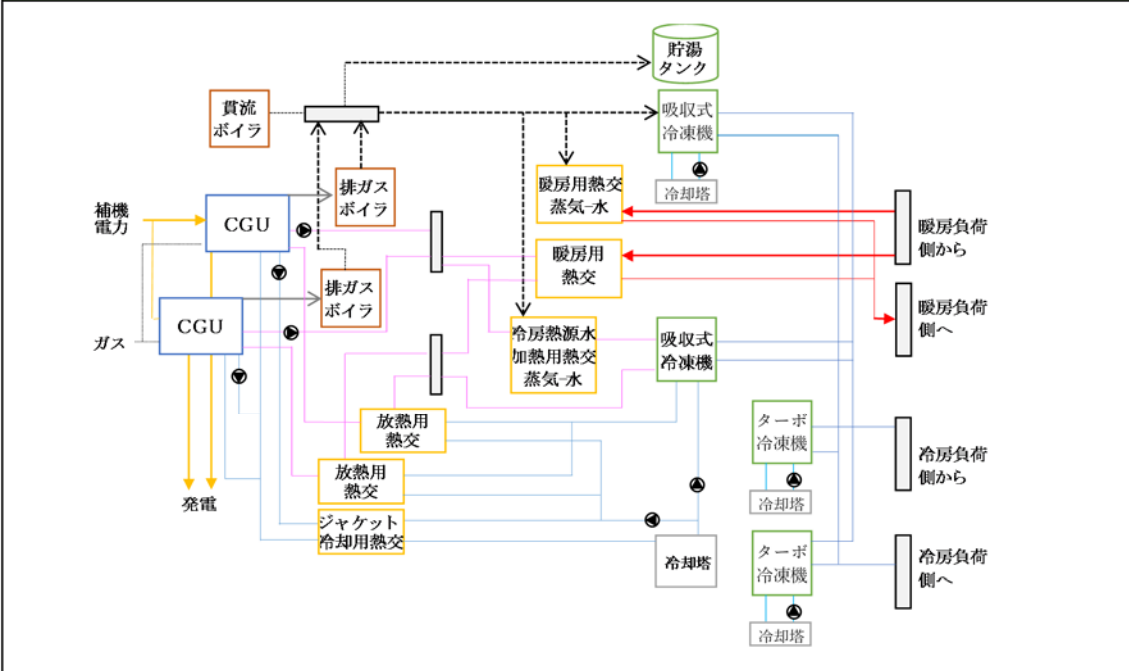
管理・メンテナンス方法について	
運転管理者	常駐
日常的な管理者の業務	日常点検、機器発停・出力調整、計測データ分析等
メンテナンス頻度	年1回 8,000時間毎
メンテナンスの内容	オーバーホール

その他	
調査日時	2016年9月8日
CGS導入目的	省コスト
過去の不具合等	機器の異常停止
サイトオリジナルの管理方法・運転方法など	-
夏期ピーク時の通常とは異なる運用	タービンの吸気を吸収式により冷却し出力増加
CGUやその他の機器を BEMS等でデータ計測しているか	計測している

コージェネレーションシステムに関するヒアリングシート



システムについて



スケジュールについて

建物の使用時間帯	9:00～17:00
CGU運転スケジュールの設定	夏期と冬期 8:30～16:30 中間期は停止 気温等を見ながら排熱が余りそうな日は運転しない

機器仕様について

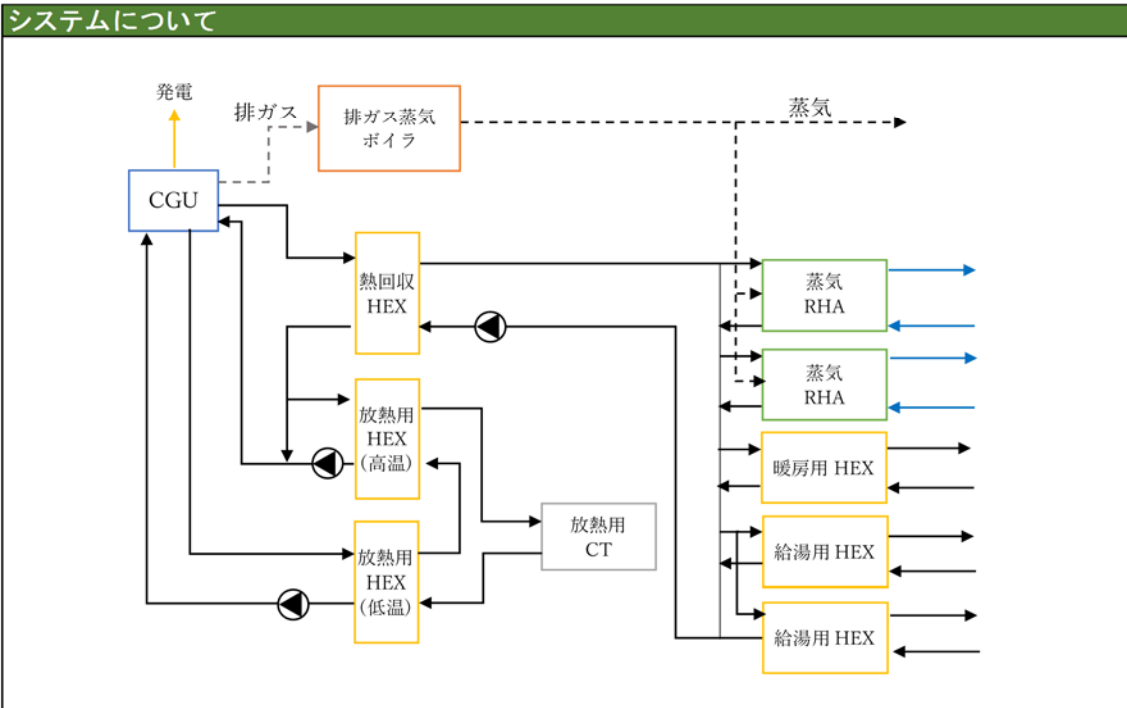
CGU設置台数	2台	CGUの種類	ガスエンジン
定格発電出力(/台)	300kW	定格排熱出力(/台)	-
定格燃料消費量(/台)	-	定格排熱温水流量(/台)	-
CGU負荷率100%時の効率	-		
CGU負荷率75%時の効率	-		
CGU負荷率50%時の効率	-		
冷房用熱源機器	吸収式冷凍機 (一重効用) 冷凍能力352kW、熱源水流量1070L/min(88℃→81.5℃(485.2kW)) 吸収式冷凍機 (二重効用) 冷凍能力844kW、熱源蒸気量864kg/h、熱源蒸気圧784kPa		
暖房用熱交換器	蒸気-水熱交換器、水-水熱交換器、ともに容量不明		
給湯用熱源機器	なし (貯湯タンク内で熱交換)		

運用・制御方法について			
負荷制御方式	発電出力固定 (70~100%)	台数制御方式	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調整
稼働開始年月	1990年11月	年間平均運転時間	900時間
排熱の取り出し方式	温水と蒸気	設置場所	屋内（地下）
排熱取り出し温度設計値	80℃	排熱回路の流量制御	定流量、蒸気による加熱により排熱回路の熱量を調整
自家発補給契約電力	300kW	年間のピーク電力	1550kW
最低買電量	400kW	建物の契約電力	1550kW
排熱の利用先	蒸気：冷房、暖房、給湯 温水：冷房、暖房		
優先順位	温水は季節による切り換えのため優先順位はなし 蒸気は蒸気ボイラーと併設されヘッダーから分岐している		
排熱の貯湯	なし(蒸気過熱による貯湯タンクあり)		
貯湯の利用先	-		
余剰排熱の放熱方法	余剰排熱を出さないように運用する(手動)		

管理・メンテナンス方法について	
運転管理者	常駐
日常的な管理者の業務	日常点検、機器発停・出力調整
メンテナンス頻度	運転500時間、1000時間、5000時間で実施、年2~3回
メンテナンスの内容	メーカーによるメンテナンス

その他	
調査日時	2016年9月21日
CGS導入目的	省エネ、省コスト
過去の不具合等	機器が古いため頻繁に停止している
サイトオリジナルの管理方法・運転方法など	-
夏期ピーク時の通常とは異なる運用	なし
CGUやその他の機器をBEMS等でデータ計測しているか	計測していない

コージェネレーションシステムに関するヒアリングシート



スケジュールについて

建物の使用時間帯	24時間
CGU運転スケジュールの設定	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

機器仕様について

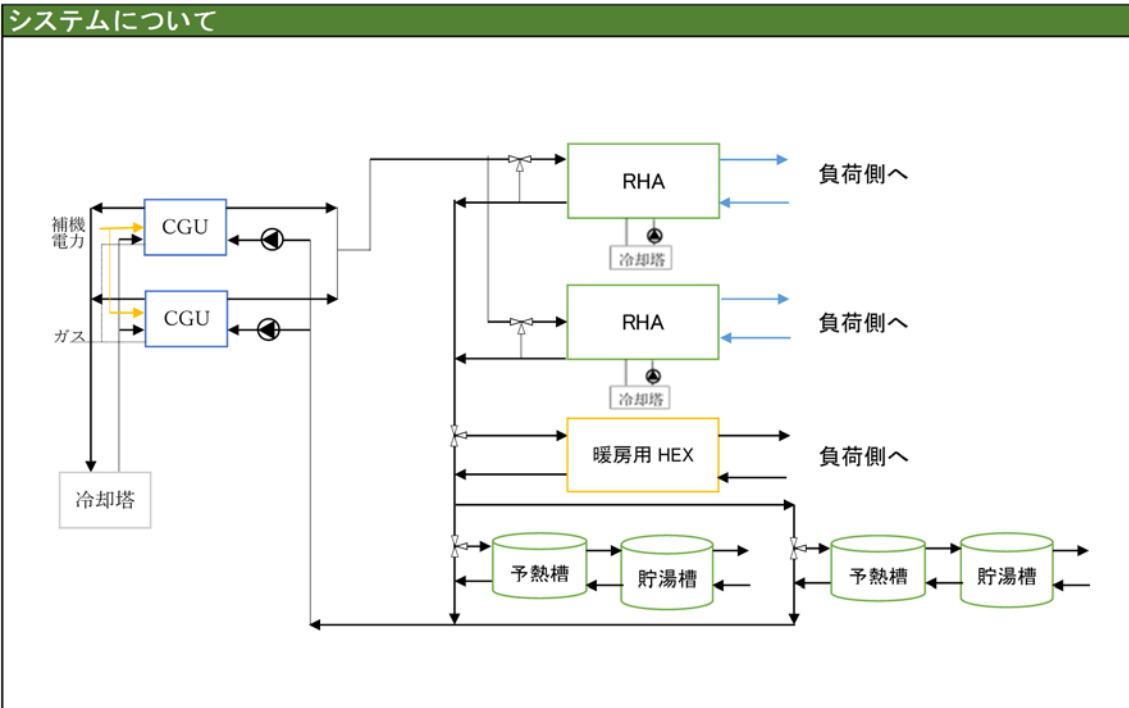
CGU設置台数	1台	CGUの種類	ガスエンジン
定格発電出力(/台)	700kW	定格排熱出力(/台)	-
定格燃料消費量(/台)	148.4m ³ N/h	定格排熱温水流量(/台)	47.8m ³ /h
CGU負荷率100%時の効率	発電効率：38%、排熱回収効率：30%、総合効率：68% (高位発熱基準)		
CGU負荷率75%時の効率	発電効率：36%、排熱回収効率：33%、総合効率：69% (高位発熱基準)		
CGU負荷率50%時の効率	発電効率：34%、排熱回収効率：39%、総合効率：73% (高位発熱基準)		
冷房用熱源機器	-		
暖房用熱交換器	-		
給湯用熱源機器	-		

運用・制御方法について			
負荷制御方式	常時定格運転	台数制御方式	-
稼働開始年月	2014年4月	年間平均運転時間	3650時間
排熱の取り出し方式	温水と蒸気	設置場所	屋内（地下）
排熱取り出し温度設計値	80℃～90℃	排熱回路の流量制御	定流量
自家発補給契約電力	-	年間のピーク電力	2,400kW(9月から2,700kW)
最低買電量	わからない	建物の契約電力	2,400kW(9月から2,700kW)
排熱の利用先	給湯、暖房、冷房		
優先順位	①冷房 ②暖房 ③給湯		
排熱の貯湯	なし		
貯湯の利用先	-		
余剰排熱の放熱方法	-		

管理・メンテナンス方法について	
運転管理者	常駐
日常的な管理者の業務	日報をつける
メンテナンス頻度	2,000時間毎
メンテナンスの内容	-

その他	
調査日時	2016年9月26日
CGS導入目的	省エネ、省コスト、省CO2
過去の不具合等	細かい不具合はあるが、停止はしていない
サイトオリジナルの管理方法・運転方法など	なし
夏期ピーク時の通常とは異なる運用	-
CGUやその他の機器をBEMS等でデータ計測しているか	外部が管理している

コージェネレーションシステムに関するヒアリングシート



スケジュールについて	
建物の使用時間帯	24時間
CGU運転スケジュールの設定	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

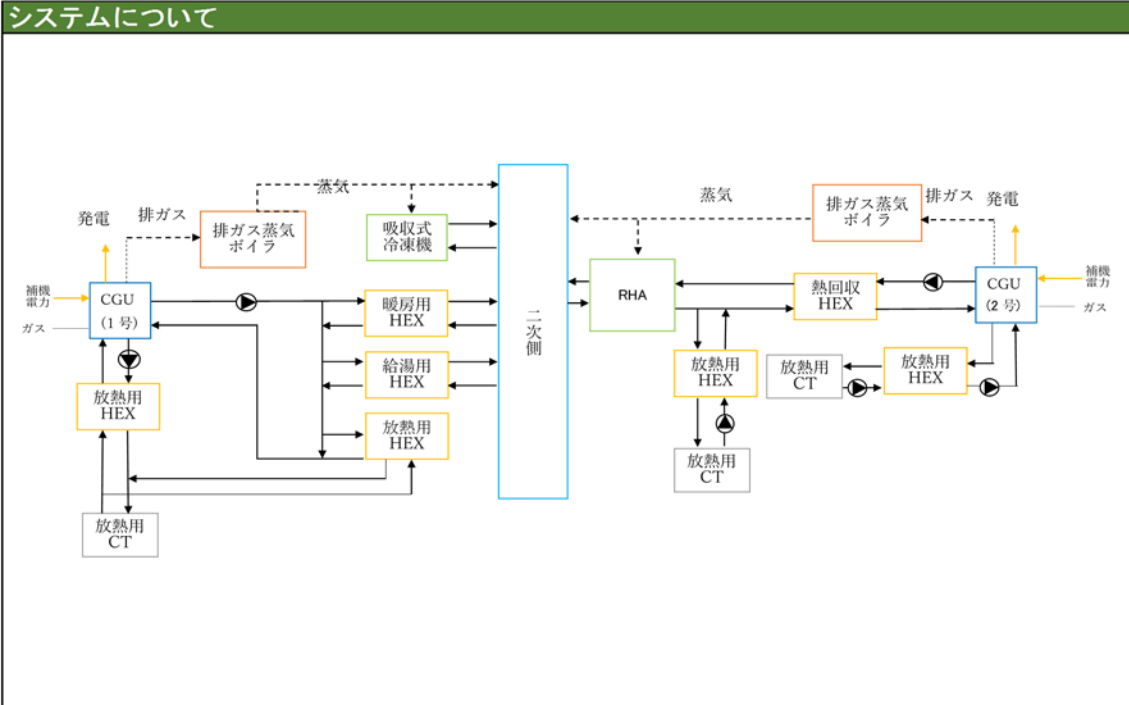
機器仕様について			
CGU設置台数	2台	CGUの種類	ガスエンジン
定格発電出力(/台)	370kW	定格排熱出力(/台)	306.8kW
定格燃料消費量(/台)	80m³N/h	定格排熱温水流量(/台)	26.4m³/h
CGU負荷率100%時の効率	発電効率: 37%、排熱回収効率: 31%、総合効率: 68% (高位発熱基準)		
CGU負荷率75%時の効率	発電効率: 35%、排熱回収効率: 33%、総合効率: 68% (高位発熱基準)		
CGU負荷率50%時の効率	発電効率: 32%、排熱回収効率: 37%、総合効率: 69% (高位発熱基準)		
冷房用熱源機器	種類: 二重効用吸収冷温水機、台数2台 定格能力1,583kW、定格消費電力11kW		
暖房用熱交換器	容量500kW、流量717L/min(1次側) 台数1台、2次側出口温度設定45℃		
給湯用熱源機器	容量220kW、流量200L/min(1次側) 台数2台		

運用・制御方法について			
負荷制御方式	常時定格運転	台数制御方式	2016年夏より平日は2台運転 土・日・祝日は1台運転
稼働開始年月	2014年4月	年間平均運転時間	2589時間
排熱の取り出し方式	温水	設置場所	屋内（地下）
排熱取り出し温度設計値	90℃	排熱回路の流量制御	定流量
自家発補給契約電力	720kW	年間のピーク電力	1400kW
最低買電量	わからない	建物の契約電力	1400kW
排熱の利用先	給湯、暖房、冷房		
優先順位	①冷房 ②暖房 ③給湯		
排熱の貯湯	有 貯湯容量9,000L(4,000L×1/5,000L×1)		
貯湯の利用先	給湯のみ		
余剰排熱の放熱方法	冷却塔 能力389.3kW、ファン動力2.2kW		

管理・メンテナンス方法について	
運転管理者	常駐
日常的な管理者の業務	日常巡視
メンテナンス頻度	2,000時間毎
メンテナンスの内容	-

その他	
調査日時	2016年9月26日
CGS導入目的	省エネ、省コスト、省CO2
過去の不具合等	なし
サイトオリジナルの管理方法・運転方法など	-
夏期ピーク時の通常とは異なる運用	-
CGUやその他の機器を BEMS等でデータ計測しているか	-

コージェネレーションシステムに関するヒアリングシート



スケジュールについて	
建物の使用時間帯	24時間
CGU運転スケジュールの設定	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

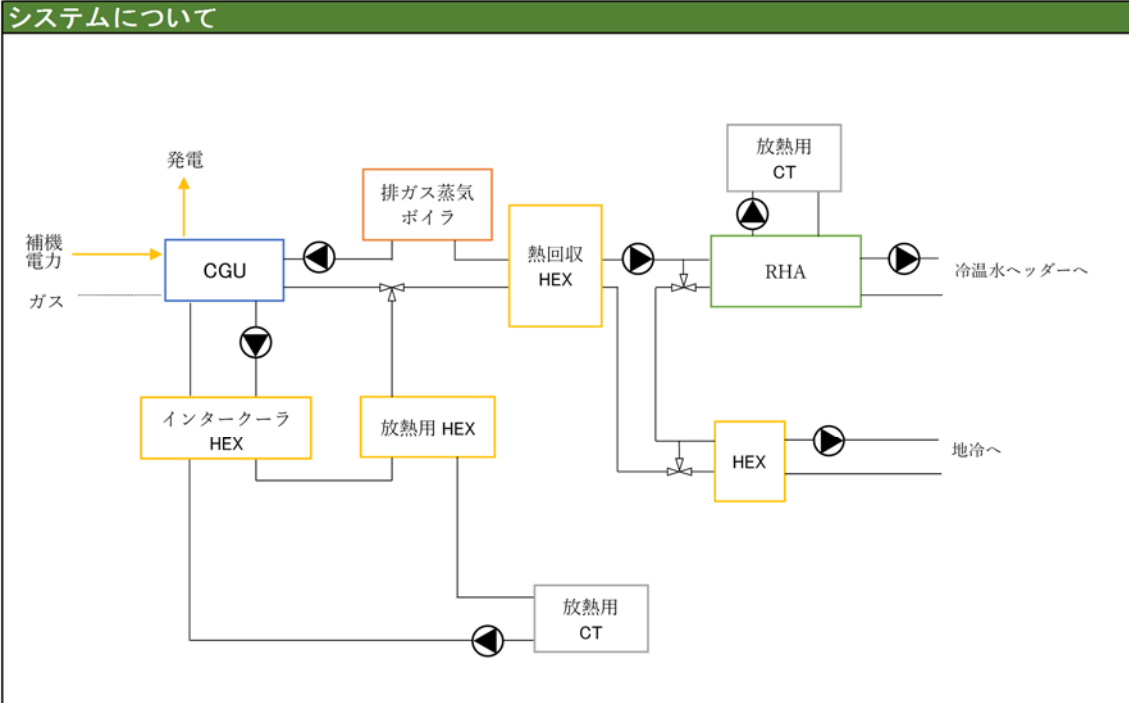
機器仕様について			
CGU設置台数	①1台 ②1台	CGUの種類	①ガスエンジン ②ガスエンジン
定格発電出力(/台)	①1,000kW ②900kW	定格排熱出力(/台)	①1174kW ②445kW (温水) ①618kW ②422kW (蒸気)
定格燃料消費量(/台)	-	定格排熱温水流量(/台)	-
CGU負荷率100%時の効率	-		
CGU負荷率75%時の効率	-		
CGU負荷率50%時の効率	-		
冷房用熱源機器	①種類：蒸気吸収式冷凍機、台数1台 定格能力705kW、定格消費電力5.92kW(本体) ②種類：RHA、台数1台、定格能力冷3,516kW 定格消費電力29.6kW(本体)、排熱回収：冷房時(蒸気・温水)・暖房時(蒸気)		
暖房用熱交換器	①容量1174kW、流量126m³/h・2100L/min、台数1台、2次側出口温度設定45℃ ②容量445kW、流量47.84m³/h・797L/min、台数1台、2次側出口温度設定45℃		
給湯用熱源機器	①・CGU側容量1174kW、流量102m³/h・1700L/min ・2次側熱交容量1174kW、流量28.8m³/h・480L/min 台数2台、2次側出口温度設定60℃		

運用・制御方法について			
負荷制御方式	常時定格運転	台数制御方式	施設の電力負荷による手動設定
稼働開始年月	①2010年8月 ②2014年8月	年間平均運転時間	①3,500時間/年 ②4,300時間/年
排熱の取り出し方式	温水と蒸気	設置場所	地下以外の屋内
排熱取り出し温度設計値	85℃	排熱回路の流量制御	定流量
自家発補給契約電力	1000kW	年間のピーク電力	11000kW
最低買電量	わからない	建物の契約電力	11000kW
排熱の利用先	給湯、暖房、冷房		
優先順位	①冷房・暖房 ②給湯		
排熱の貯湯	有、貯湯容量 72,000L		
貯湯の利用先	給湯のみ		
余剰排熱の放熱方法	冷却塔①能力1,408kW×2基、ファン動力5.5kW×2基、放熱用ポンプ動力11kW ②熱源用能力445kW、ファン動力3.7kW、放熱用ポンプ動力3.7kW 補機冷却水用能力207kW、ファン動力2.2kW、放熱用ポンプ動力2.2kW 本体ラジエータ①ジャケット冷却用ポンプ動力18.5kW ②ジャケット冷却用ポンプ動力15kW		

管理・メンテナンス方法について	
運転管理者	常駐
日常的な管理者の業務	設備全般管理業務
メンテナンス頻度	A点検：4,000時間もしくは6カ月毎 B点検：12,000時間もしくは1.5年毎 C点検：24,000時間もしくは3年毎
メンテナンスの内容	メーカー推奨点検項目をベースに打ち合わせによる

その他	
調査日時	2016年9月27日
CGS導入目的	省エネ、省コスト、省CO2、電力ピークカット
過去の不具合等	CGU-1：空燃比調整用アクチュエータ固着 (NOxコンバータ出口温度上昇) CGU-2：点火プラグ、温度センサー不具合 排ガス出シリンダー温度低下 *CGU本体では長期停止の故障はなし
サイトオリジナルの管理方法・運転方法など	CGU-1のジャケット温水排熱回収は暖房+給湯熱回収(暖房負荷を見て給湯回収は手動運転)で熱回収を行うが、温熱負荷が低い時期は暖房、給湯循環ポンプを任意で手動発停運用 CGU総合効率管理
夏期ピーク時の通常とは異なる運用	なし
CGUやその他の機器をBEMS等でデータ計測しているか	BEMSにて1時間データを計測(提供不可)

コージェネレーションシステムに関するヒアリングシート



スケジュールについて	
建物の使用時間帯	各店舗の営業時間による
CGU運転スケジュールの設定	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

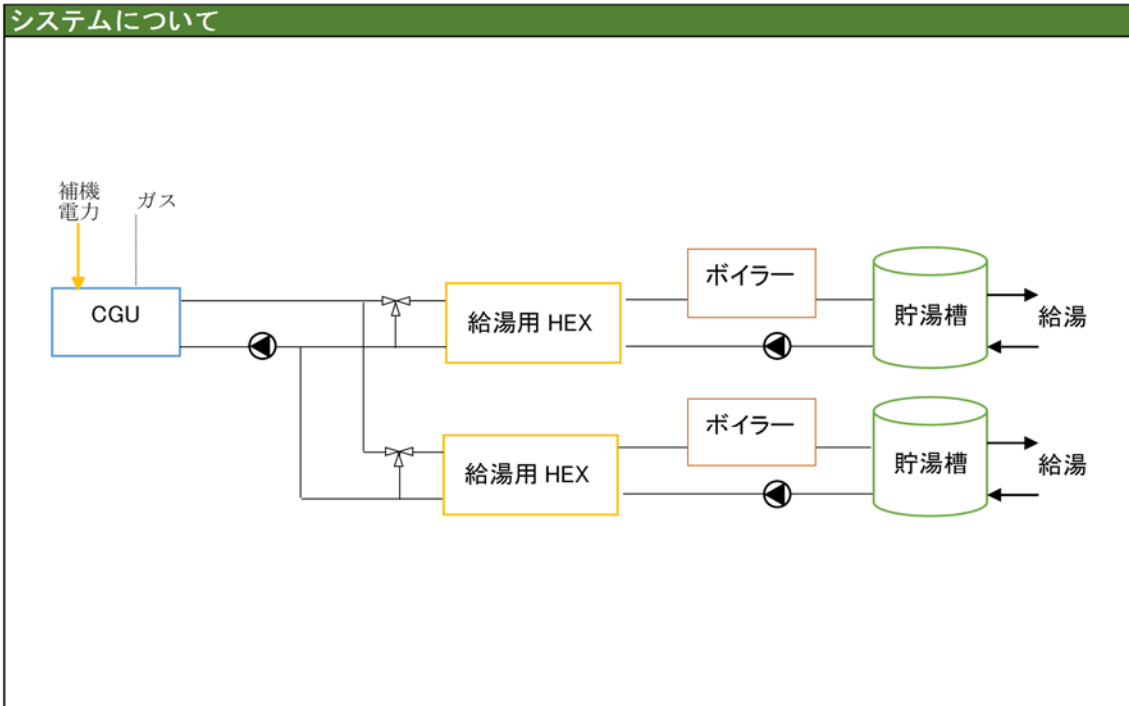
機器仕様について			
CGU設置台数	2台	CGUの種類	ガスエンジン
定格発電出力(/台)	815kW	定格排熱出力(/台)	665.1kW
定格燃料消費量(/台)	174.5 m³/h	定格排熱温水流量(/台)	114.4 m³/h
CGU負荷率100%時の効率	発電効率：37%、排熱回収効率：31%、総合効率：68% (高位発熱基準)		
CGU負荷率75%時の効率	発電効率：36%、排熱回収効率：33%、総合効率：69% (高位発熱基準)		
CGU負荷率50%時の効率	発電効率：33%、排熱回収効率：38%、総合効率：71% (高位発熱基準)		
冷房用熱源機器	排熱投入型吸収冷温水機 冷房能力450RT 1次側88℃→83℃、冷水15℃→7℃、定格ガス消費量97.4m³/h		
暖房用熱交換器	プレート式、1,330kW、1次側88℃→79.1℃、2次側70℃→80℃		
給湯用熱源機器	なし		

運用・制御方法について			
負荷制御方式	電力追従	台数制御方式	電力追従に合わせて自動で決まる
稼働開始年月	2013年5月	年間平均運転時間	3,200時間/年
排熱の取り出し方式	温水	設置場所	屋上
排熱取り出し温度設計値	-	排熱回路の流量制御	-
自家発補給契約電力	1630kW	年間のピーク電力	-
最低買電量	600kW	建物の契約電力	1400kW
排熱の利用先	暖房、冷房		
優先順位	主に冷房		
排熱の貯湯	なし		
貯湯の利用先	蓄熱層のようなものがある		
余剰排熱の放熱方法	-		

管理・メンテナンス方法について	
運転管理者	常駐
日常的な管理者の業務	データ計測、水油、状態監視、薬注管理
メンテナンス頻度	2,000時間毎
メンテナンスの内容	油交換、点火プラグ交換 バルブクリアランスの調整 フィルター交換 56000時間でオーバーホール

その他	
調査日時	2016年11月1日
CGS導入目的	省エネ、省コスト、省CO2、電力ピークカット、 非常時に備えた電源二重化
過去の不具合等	あるがすぐに復旧
サイトオリジナルの管理方法・運転方法など	-
夏期ピーク時の通常とは異なる運用	1台か2台かイベントがあるかないか(電力量)で決まる 電力会社からの依頼で可動域を増やしている(夏期) 逆潮流はできない
CGUやその他の機器を BEMS等でデータ計測しているか	している

コージェネレーションシステムに関するヒアリングシート



スケジュールについて	
建物の使用時間帯	8:00～21:00
CGU運転スケジュールの設定	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休止)

機器仕様について			
CGU設置台数	1台	CGUの種類	ガスエンジン
定格発電出力(/台)	35kW	定格排熱出力(/台)	52.5kW
定格燃料消費量(/台)	9.13m ³ N/h	定格排熱温水流量(/台)	150L/min
CGU負荷率100%時の効率	発電効率：31%、排熱回収効率：46%、総合効率：77% (高位発熱基準)		
冷房用熱源機器	-		
暖房用熱交換器	-		
給湯用熱源機器	プレート式熱交換器 1次側80℃→70℃ 2次側60℃→64.5℃		

運用・制御方法について			
負荷制御方式	常時定格運転	台数制御方式	負荷により管理者が手動で設定
稼働開始年月	2012年1月	年間平均運転時間	1600時間/年
排熱の取り出し方式	温水	設置場所	屋上
排熱取り出し温度設計値	88℃	排熱回路の流量制御	-
自家発補給契約電力	-	年間のピーク電力	1950kW
最低買電量	わからない	建物の契約電力	1950kW
排熱の利用先	給湯		
優先順位	-		
排熱の貯湯	有、貯湯容量4.5m ³ ×2台		
貯湯の利用先	給湯		
余剰排熱の放熱方法	-		

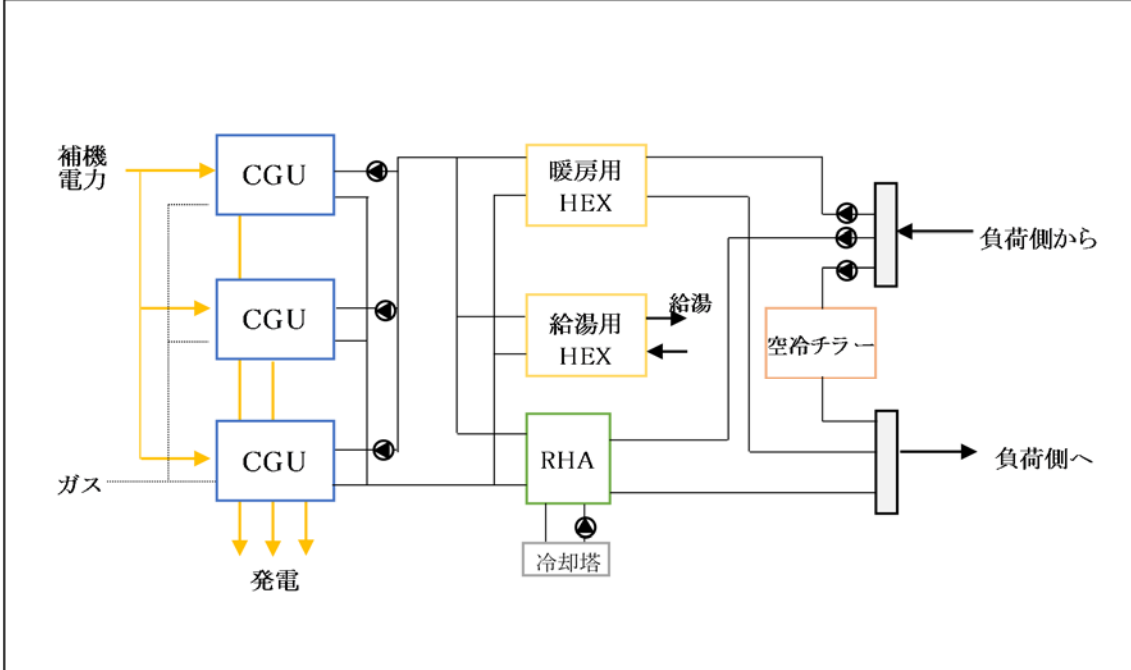
管理・メンテナンス方法について	
運転管理者	外部の専門家が管理
日常的な管理者の業務	定期的な目視確認
メンテナンス頻度	年に一度
メンテナンスの内容	契約会社によるメンテナンス

その他	
調査日時	2016年11月14日
CGS導入目的	省エネ、省コスト、省CO2、電力ピークカット
過去の不具合等	-
サイトオリジナルの管理方法・運転方法など	月1回の省エネ会議で運転スケジュールを決定 CGS運転終了時間を運用時に色々と変えている
夏期ピーク時の通常とは異なる運用	-
CGUやその他の機器を BEMS等でデータ計測しているか	している

コージェネレーションシステムに関するヒアリングシート



システムについて



スケジュールについて

建物の使用時間帯	7:00～21:00
CGU運転スケジュールの設定	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

機器仕様について

CGU設置台数	3台	CGUの種類	マイクロガスエンジン
定格発電出力(/台)	35kW	定格排熱出力(/台)	52.5kW
定格燃料消費量(/台)	9.13m ³ N/h	定格排熱温水流量(/台)	150L/min
CGU負荷率100%時の効率	発電効率：31%、排熱回収効率：46%、総合効率：77% (高位発熱基準)		
冷房用熱源機器	冷却能力527kW 排熱温水88℃→80.3℃ 冷水15℃→7℃		
暖房用熱交換器	プレート式熱交換器 1次側88℃→80.1℃ 2次側37℃→45℃		
給湯用熱源機器	プレート式熱交換器 1次側88℃→80.2℃ 2次側10～55℃→65℃		

運用・制御方法について			
負荷制御方式	常時定格運転	台数制御方式	負荷により管理者が手動で設定
稼働開始年月	2012年1月	年間平均運転時間	1600時間/年
排熱の取り出し方式	温水	設置場所	屋上
排熱取り出し温度設計値	88℃	排熱回路の流量制御	-
自家発補給契約電力	-	年間のピーク電力	1950kW
最低買電量	わからない	建物の契約電力	1950kW
排熱の利用先	冷房、暖房、給湯		
優先順位	①暖房、冷房 ②給湯		
排熱の貯湯	有、貯湯容量4.3m ³ ×1台		
貯湯の利用先	給湯		
余剰排熱の放熱方法	-		

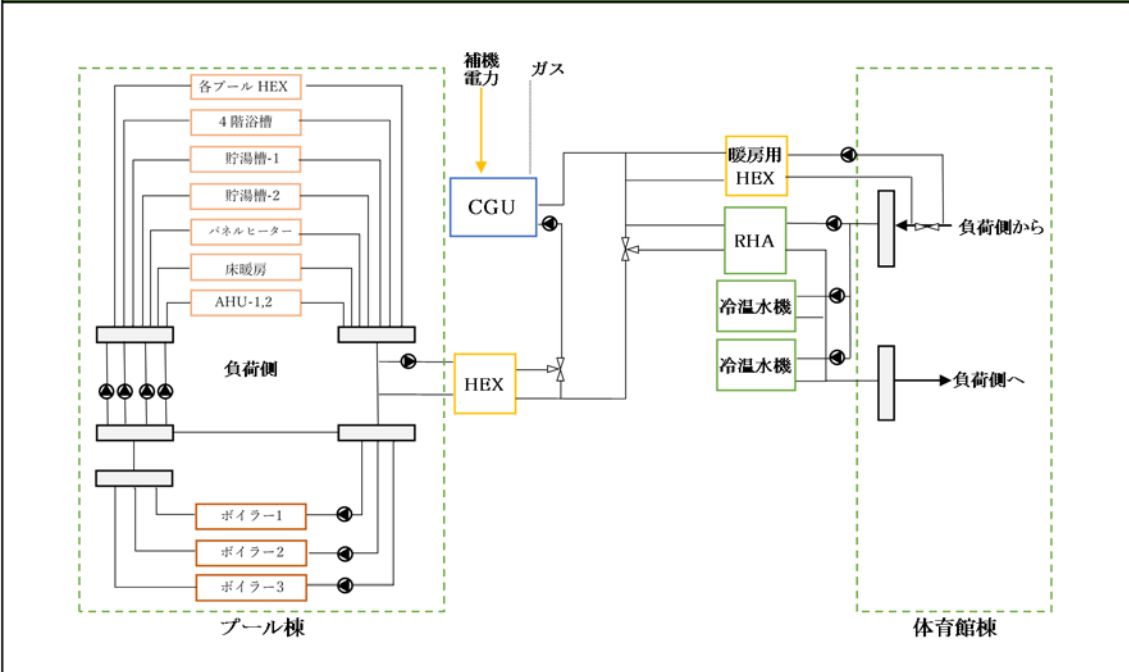
管理・メンテナンス方法について	
運転管理者	外部の専門家が管理
日常的な管理者の業務	定期的な目視確認
メンテナンス頻度	年に一度
メンテナンスの内容	契約会社によるメンテナンス

その他	
調査日時	2016年11月14日
CGS導入目的	省エネ、省コスト、省CO2、電力ピークカット
過去の不具合等	-
サイトオリジナルの管理方法・運転方法など	月1回の省エネ会議で運転スケジュールを決定 RHAを動かすためには3台分の排熱が必要 CGU3台に見合った負荷が常にあるわけではなく、 1時間のうちに何度もON/OFFを繰り返すことがある
夏期ピーク時の通常とは異なる運用	-
CGUやその他の機器を BEMS等でデータ計測しているか	している

コージェネレーションシステムに関するヒアリングシート



システムについて



スケジュールについて

建物の使用時間帯	-
CGU運転スケジュールの設定	夏期平日、休日 8:30~20:30 中間期平日、休日 8:30~20:30 冬期平日、休日 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)

機器仕様について

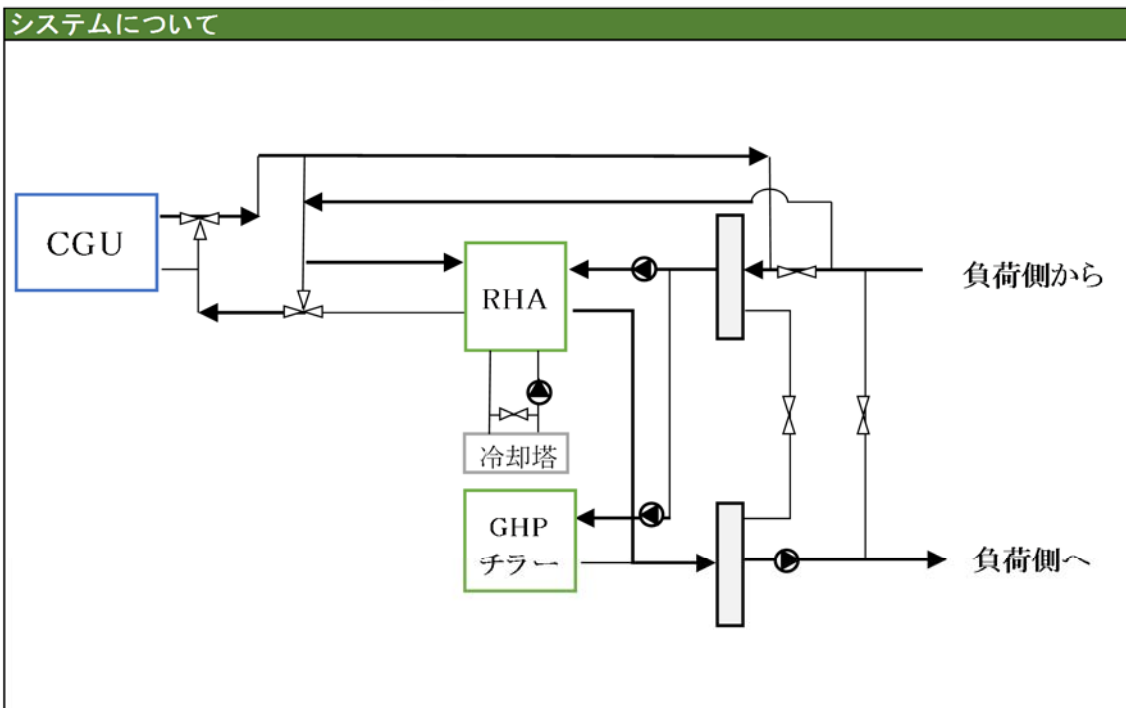
CGU設置台数	1台	CGUの種類	ガスエンジン
定格発電出力(/台)	350kW	定格排熱出力(/台)	-
定格燃料消費量(/台)	-	定格排熱温水流量(/台)	-
CGU負荷率100%時の効率	発電効率: 37%、排熱回収効率: 30%、総合効率: 67% (高位発熱基準)		
冷房用熱源機器(RHA)	冷温水発生機 台数3台(排熱投入型1台) 定格能力528kW(排熱投入なし)、定格能力739kW(排熱投入型) 定格消費電力全台3.55kW		
暖房用熱交換器	容量300kW、流量429L/min、台数2台、2次側出口温度設定80℃		
給湯用熱源機器	-		

運用・制御方法について			
負荷制御方式	電力負荷追従運転	台数制御方式	なし
稼働開始年月	2009年2月	年間平均運転時間	4080時間/年
排熱の取り出し方式	温水	設置場所	屋上以外の屋外
排熱取り出し温度設計値	90℃	排熱回路の流量制御	定流量
自家発補給契約電力	350kW	年間のピーク電力	900kW
最低買電量	470kW	建物の契約電力	900kW
排熱の利用先	給湯、暖房、冷房		
優先順位	①暖房、冷房 ②給湯		
排熱の貯湯	なし		
貯湯の利用先	-		
余剰排熱の放熱方法	冷却塔 能力385.1kW、ファン動力5.5kW、放熱用ポンプ動力3.7kW 本体ラジエータ 放熱用ポンプ動力3.7kW		

管理・メンテナンス方法について	
運転管理者	契約会社
日常的な管理者の業務	検針
メンテナンス頻度	月に1回業者による点検
メンテナンスの内容	業者委託

その他	
調査日時	2016年12月5日
CGS導入目的	省エネ、省コスト、省CO2
過去の不具合等	起動不良、運転停止など
サイトオリジナルの管理方法・運転方法など	特になし
夏期ピーク時の通常とは異なる運用	消費電力が471kWを超えたら自動で起動する
CGUやその他の機器を BEMS等でデータ計測しているか	保守管理者により24時間遠隔監視

コージェネレーションシステムに関するヒアリングシート



スケジュールについて	
建物の使用時間帯	10:00～18:00
CGU運転スケジュールの設定	夏期・冬期・中間期(水曜日を除く)：9:30～17:00 夏期・冬期・中間期水曜日：OFF

機器仕様について			
CGU設置台数	1台	CGUの種類	マイクロガスエンジン
定格発電出力(/台)	35kW	定格排熱出力(/台)	52.5kW
定格燃料消費量(/台)	9.13m ³ N/h	定格排熱温水流量(/台)	150L/min
CGU負荷率100%時の効率	発電効率：31%、排熱回収効率：46%、総合効率：77% (高位発熱基準)		
冷房用熱源機器	小型廃熱投入型吸収式冷温水機 冷凍能力211kW、暖房能力138kW		
暖房用熱交換器	なし		
給湯用熱源機器	なし		

運用・制御方法について			
負荷制御方式	常時定格運転	台数制御方式	なし
稼働開始年月	2014年3月	年間平均運転時間	-
排熱の取り出し方式	温水	設置場所	屋上
排熱取り出し温度設計値	90℃	排熱回路の流量制御	定流量
自家発補給契約電力	-	年間のピーク電力	600kW
最低買電量	-	建物の契約電力	(600kW)
排熱の利用先	冷房、暖房		
優先順位	-		
排熱の貯湯	なし		
貯湯の利用先	なし		
余剰排熱の放熱方法	-		

管理・メンテナンス方法について	
運転管理者	中央監視者と遠隔監視者
日常的な管理者の業務	排熱の有効利用方法の検討、制御
メンテナンス頻度	メーカーの基準に従い実施
メンテナンスの内容	メーカーの基準に従い実施

その他	
調査日時	2016年12月9日
CGS導入目的	展示用
過去の不具合等	-
サイトオリジナルの管理方法・運転方法など	-
夏期ピーク時の通常とは異なる運用	なし
CGUやその他の機器を BEMS等でデータ計測しているか	BEMSデータあり

6-7. 実測データ分析シート

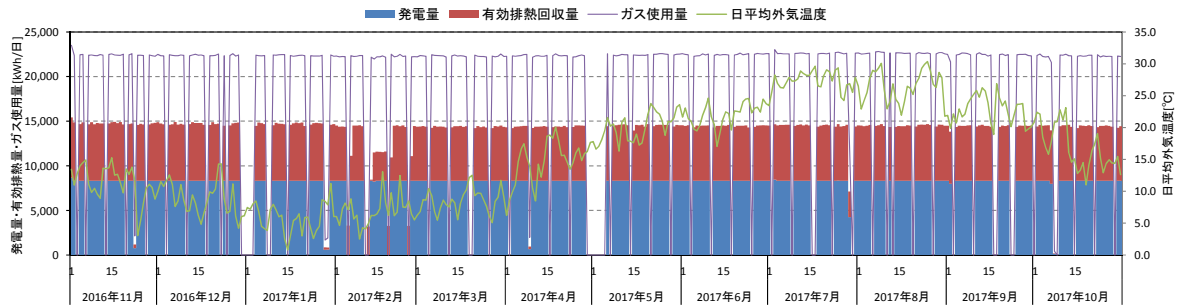
ID01 分析結果

CGU分析結果シート(CGU1)

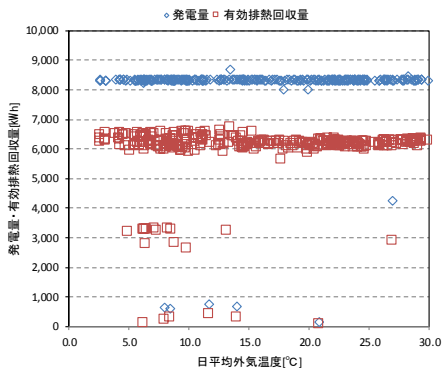
建物情報		CGU関連情報			データ情報		
建物ID	用途	延床面積	種類	定格発電量	設置台数	排熱回収利用先	計測期間
01	事務所、商業、駐車場、ホテル	約142,000㎡	ガスエンジン	700kW	1台	給湯、冷房、暖房、軟水予熱	2016/11/1～2017/10/31

実測値分析結果

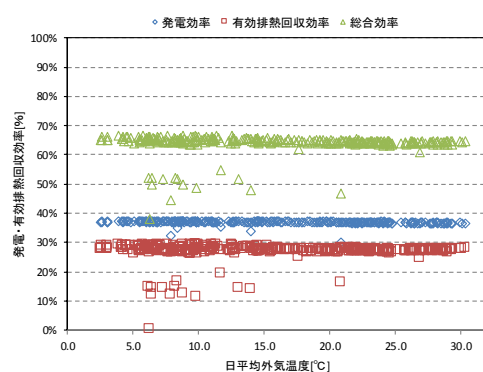
発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移



発電量、有効排熱回収量と日平均外気温度の推移



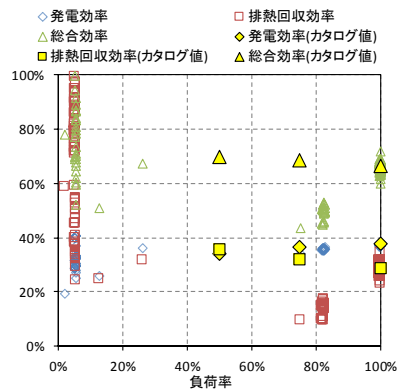
発電効率、有効排熱回収効率、有効総合効率と日平均外気温度の推移



負荷率による発電効率、排熱回収効率、総合効率の分布とカタログ値との比較

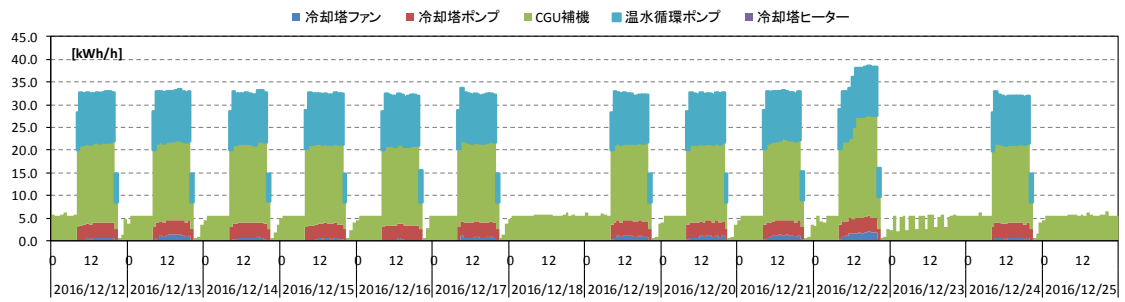
実測効率					
負荷率	発電	排熱回収	総合	度数	度数割合
0～10%	33%	58%	91%	284	44%
10～20%	30%	28%	58%	4	1%
20～30%	36%	31%	67%	1	0%
30～40%	37%	24%	61%	1	0%
40～50%	35%	8%	44%	1	0%
50～60%	-	-	-	0	0%
60～70%	-	-	-	0	0%
70～80%	34%	10%	44%	1	0%
80～90%	36%	14%	50%	42	7%
90～100%	37%	27%	65%	306	48%
				合計	100%

カタログ効率			
負荷率	発電	排熱回収	総合
50%	34%	36%	70%
75%	36%	32%	69%
100%	38%	29%	67%

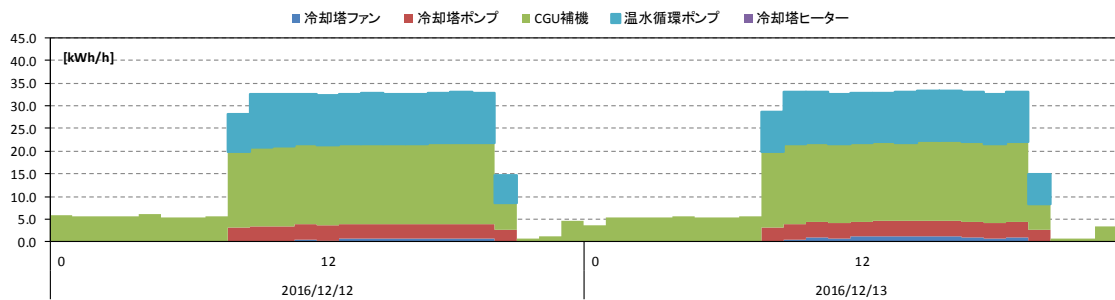


実測値分析結果

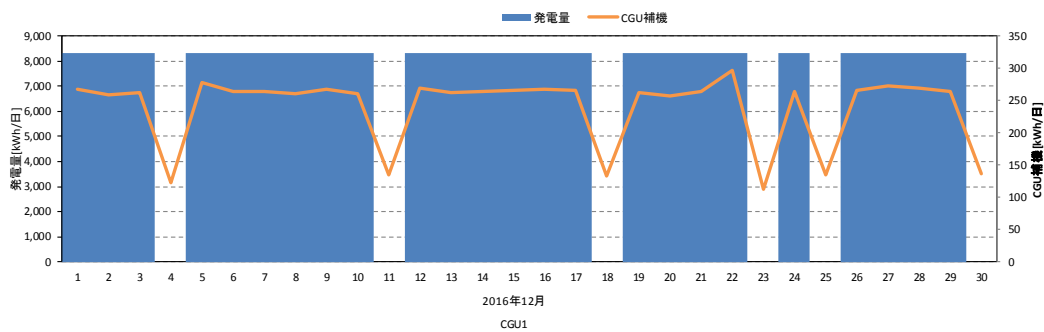
代表週の補機消費電力の推移



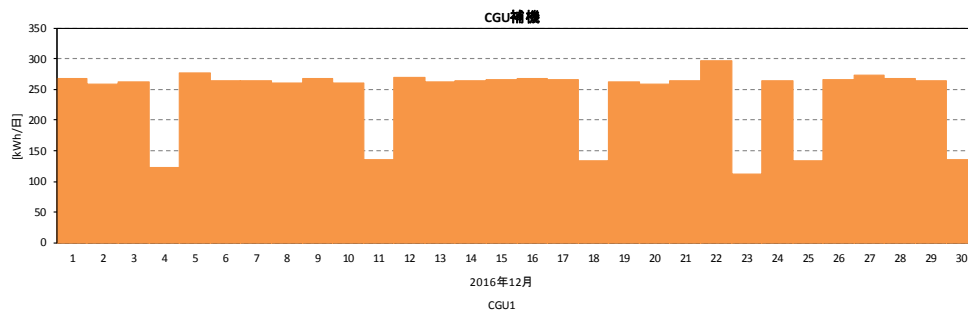
代表日の補機消費電力の推移



12月の発電量、CGU補機の日積算値



11月のCGU補機の日積算値

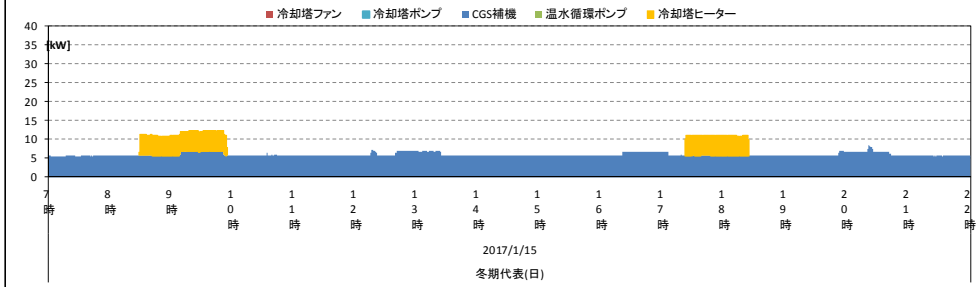


CGS分析結果シート(CGS1)

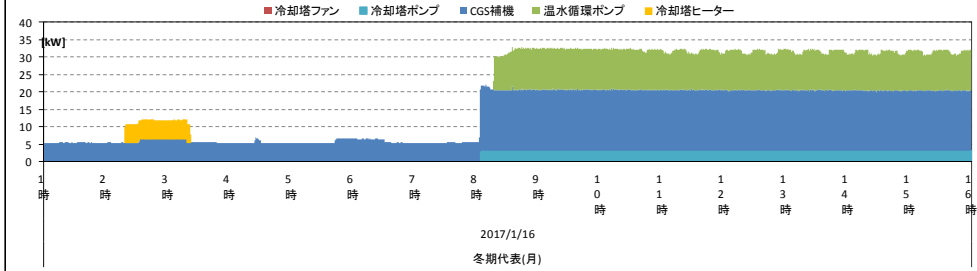
建物情報		CGS調達情報				データ情報	
建物ID	用途	延床面積	種類	定格発電量	設置台数	排熱利用先	計測期間
01	事務所、商業、駐車場、ホテル	約142,000㎡	ガスエンジン	700kW	1台	給湯、冷房、暖房、軟水予熱	2016/11/1～2016/11/30

実測値分析結果

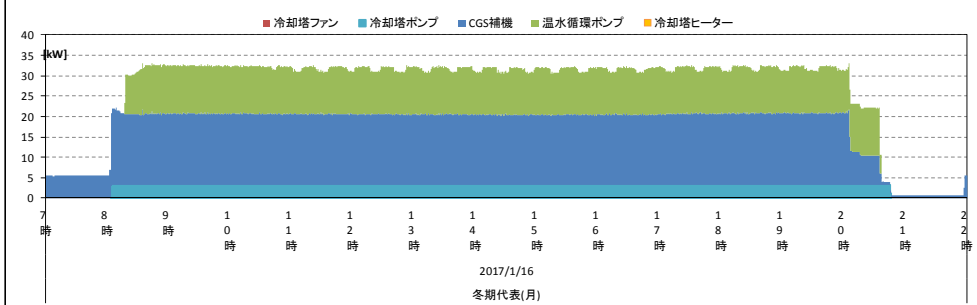
冬期代表日(日)の補機起動特性



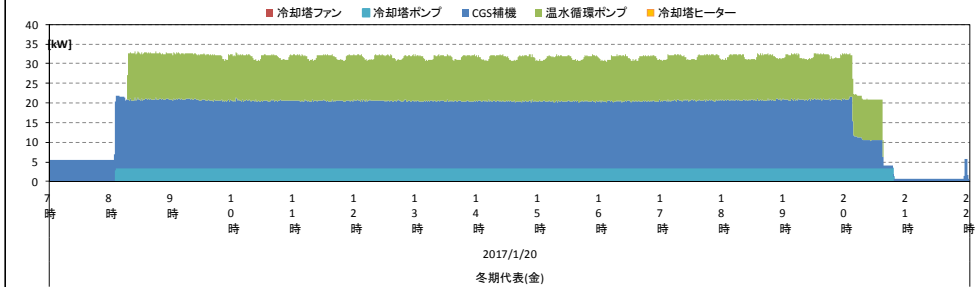
冬期代表日(月)の補機起動特性



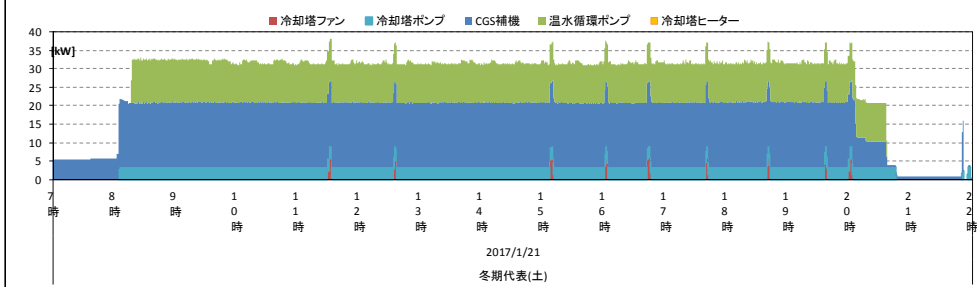
冬期代表日(月)の補機起動特性



冬期代表日(金)の補機起動特性



冬期代表日(土)の補機起動特性



ID02 分析結果

CGU分析結果シート(CGU1～CGU4) 11月

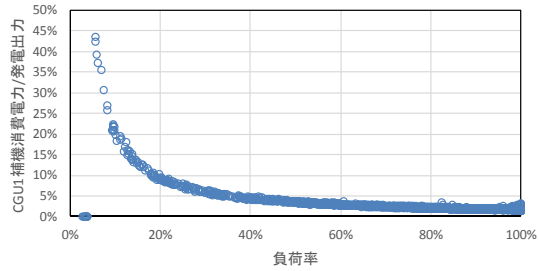
建物情報			CGU関連情報			データ情報	
建物ID	用途	延床面積	種類	定格発電	設置台数	排熱利用先	計測期間
02	工場(給食センター)	約2,000㎡	マイクロガスエンジン	35kW	4台	給湯、冷房、暖房	2016/11/14～2016/12/6

実測値分析結果

負荷率によるCGU1補機消費電力割合の分布

負荷率	CGU補機消費電力割合	度数	度数割合
0～10%	16.3%	29	1%
10～20%	13.2%	46	1%
20～30%	7.7%	59	1%
30～40%	5.2%	62	1%
40～50%	4.0%	103	2%
50～60%	3.3%	179	3%
60～70%	2.8%	227	4%
70～80%	2.4%	343	7%
80～90%	2.1%	480	9%
90～100%	1.9%	3627	70%
合計			100%

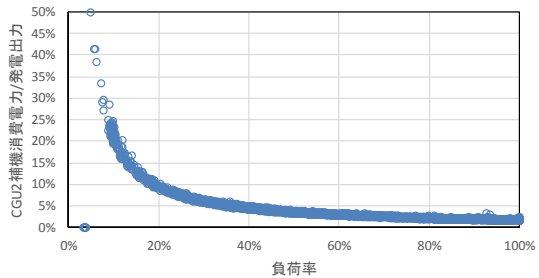
CGU1補機消費電力分布



負荷率によるCGU2補機消費電力割合の分布

負荷率	CGU補機消費電力割合	度数	度数割合
0～10%	21.4%	73	1%
10～20%	14.0%	143	3%
20～30%	7.3%	155	3%
30～40%	5.3%	315	6%
40～50%	4.1%	403	8%
50～60%	3.3%	465	9%
60～70%	2.8%	507	10%
70～80%	2.4%	502	10%
80～90%	2.1%	529	10%
90～100%	1.9%	2062	40%
合計			100%

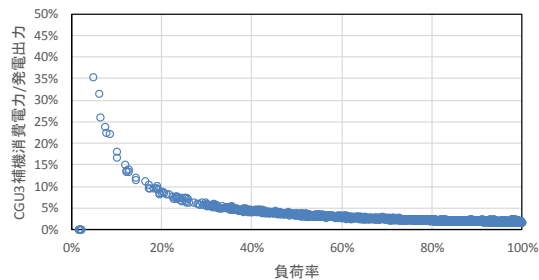
CGU2補機消費電力分布



負荷率によるCGU3補機消費電力割合の分布

負荷率	CGU補機消費電力割合	度数	度数割合
0～10%	12.5%	17	0%
10～20%	11.7%	20	0%
20～30%	7.1%	32	1%
30～40%	4.9%	92	2%
40～50%	4.0%	120	2%
50～60%	3.2%	220	4%
60～70%	2.7%	263	5%
70～80%	2.4%	316	6%
80～90%	2.1%	513	10%
90～100%	1.9%	3412	68%
合計			100%

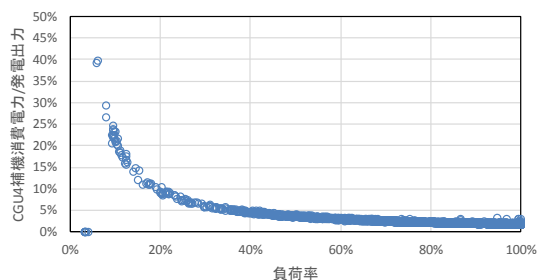
CGU3補機消費電力分布



負荷率によるCGU4補機消費電力割合の分布

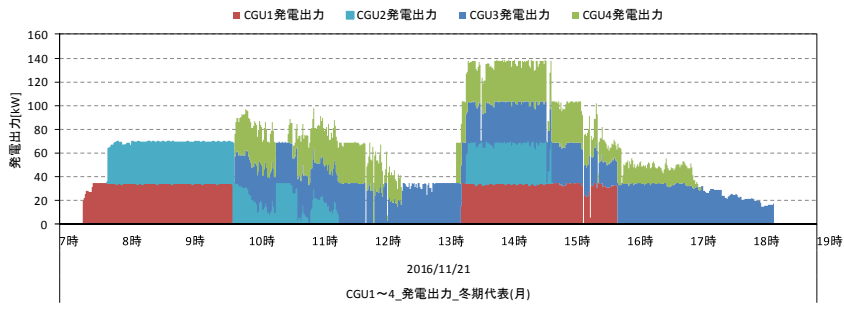
負荷率	CGU補機消費電力割合	度数	度数割合
0～10%	17.7%	23	0%
10～20%	15.6%	31	1%
20～30%	7.9%	40	1%
30～40%	5.2%	58	1%
40～50%	4.1%	144	3%
50～60%	3.4%	209	4%
60～70%	2.8%	274	5%
70～80%	2.4%	328	7%
80～90%	2.2%	500	10%
90～100%	1.9%	3405	68%
合計			100%

CGU4補機消費電力分布

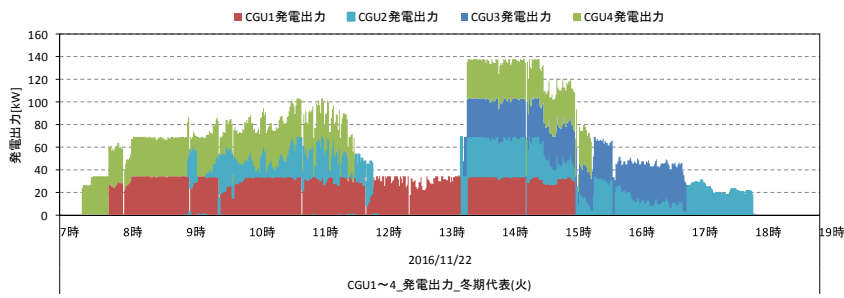


実測値分析結果

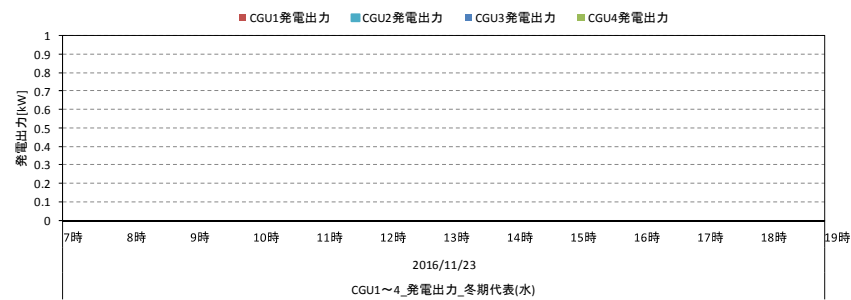
冬期代表日(月)の起動特性、停止特性



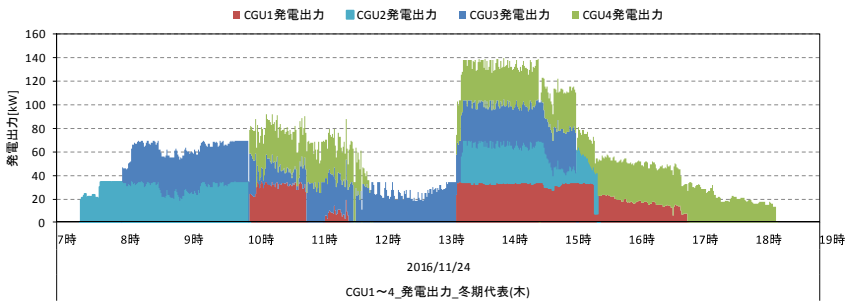
冬期代表日(火)の起動特性、停止特性



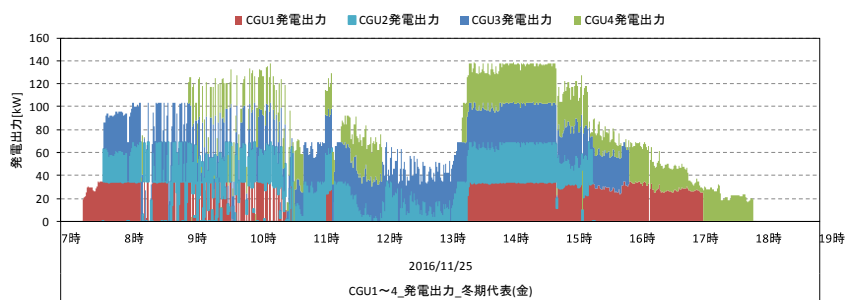
冬期代表日(水)の起動特性、停止特性



冬期代表日(木)の起動特性、停止特性



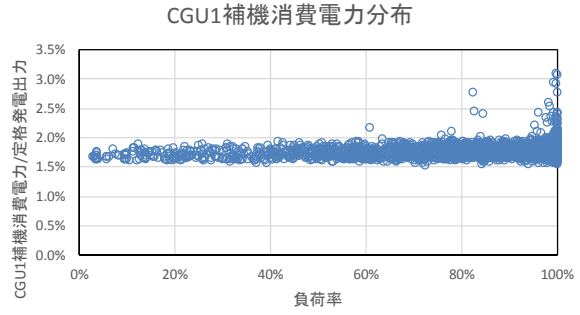
冬期代表日(金)の起動特性、停止特性



実測値分析結果

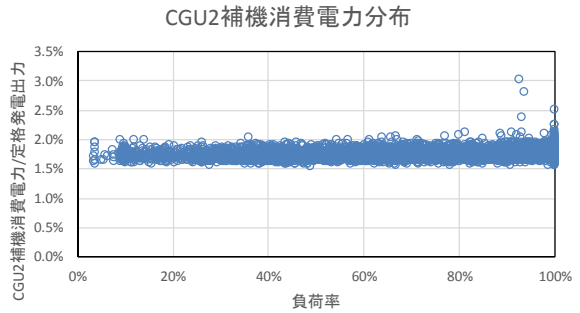
負荷率によるCGU1補機消費電力割合の分布

負荷率	CGU補機消費電力割合	度数	度数割合
0~10%	16.3%	29	1%
10~20%	13.2%	46	1%
20~30%	7.7%	59	1%
30~40%	5.2%	62	1%
40~50%	4.0%	103	2%
50~60%	3.3%	179	3%
60~70%	2.8%	227	4%
70~80%	2.4%	343	7%
80~90%	2.1%	480	9%
90~100%	1.9%	3627	70%
合計			100%



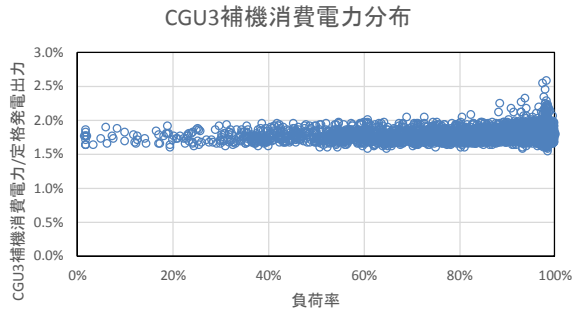
負荷率によるCGU2補機消費電力割合の分布

負荷率	CGU補機消費電力割合	度数	度数割合
0~10%	21.4%	73	1%
10~20%	14.0%	143	3%
20~30%	7.3%	155	3%
30~40%	5.3%	315	6%
40~50%	4.1%	403	8%
50~60%	3.3%	465	9%
60~70%	2.8%	507	10%
70~80%	2.4%	502	10%
80~90%	2.1%	529	10%
90~100%	1.9%	2062	40%
合計			100%



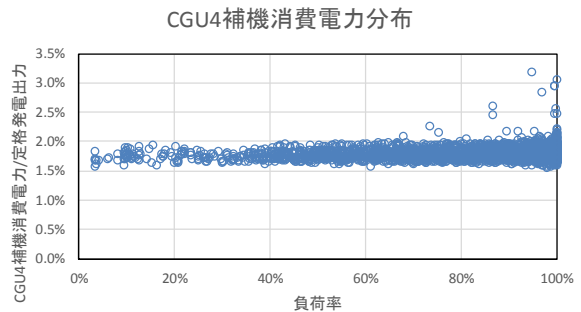
負荷率によるCGU3補機消費電力割合の分布

負荷率	CGU補機消費電力割合	度数	度数割合
0~10%	12.5%	17	0%
10~20%	11.7%	20	0%
20~30%	7.1%	32	1%
30~40%	4.9%	92	2%
40~50%	4.0%	120	2%
50~60%	3.2%	220	4%
60~70%	2.7%	263	5%
70~80%	2.4%	316	6%
80~90%	2.1%	513	10%
90~100%	1.9%	3412	68%
合計			100%



負荷率によるCGU4補機消費電力割合の分布

負荷率	CGU補機消費電力割合	度数	度数割合
0~10%	17.7%	23	0%
10~20%	15.6%	31	1%
20~30%	7.9%	40	1%
30~40%	5.2%	58	1%
40~50%	4.1%	144	3%
50~60%	3.4%	209	4%
60~70%	2.8%	274	5%
70~80%	2.4%	328	7%
80~90%	2.2%	500	10%
90~100%	1.9%	3405	68%
合計			100%



ID04 分析結果

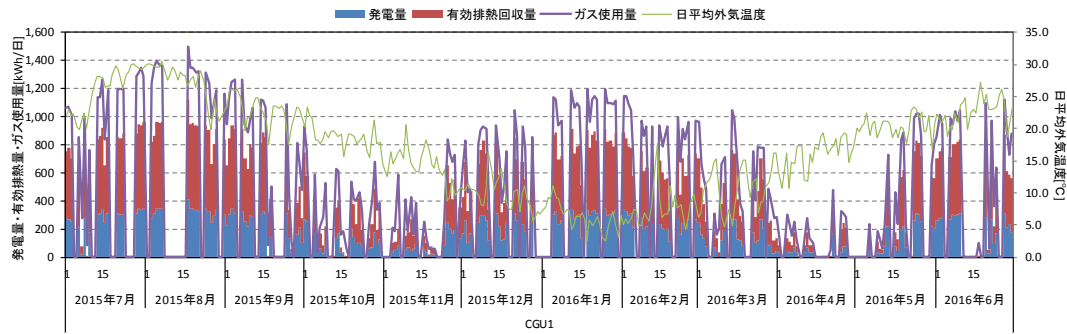
※この建物では熱主運転制御が実施されている

CGU分析結果シート(CGU1)

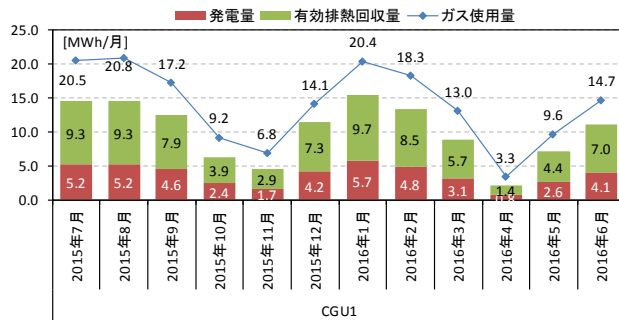
建物情報		CGU関連情報			データ情報		
建物ID	用途	延床面積	種類	定格発電量	設置台数	排熱回収利用先	計測期間
04	事務所	約9,000㎡	マイクロガスエンジン	35kW	3台	冷房、暖房予熱	2015/2/5～2016/8/31

実測値分析結果

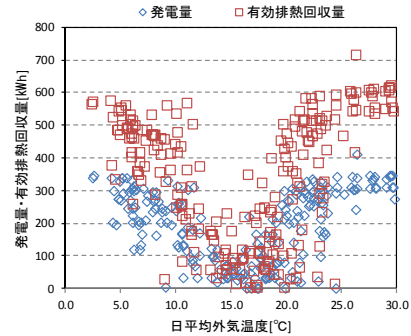
発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移



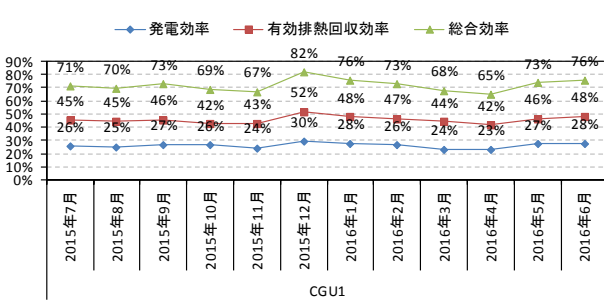
月別発電量、有効排熱回収量、ガス使用量の推移



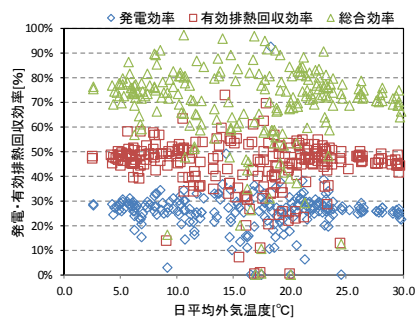
発電量、有効排熱回収量と日平均外気温度の推移



月別発電効率、有効排熱回収効率、総合効率の推移



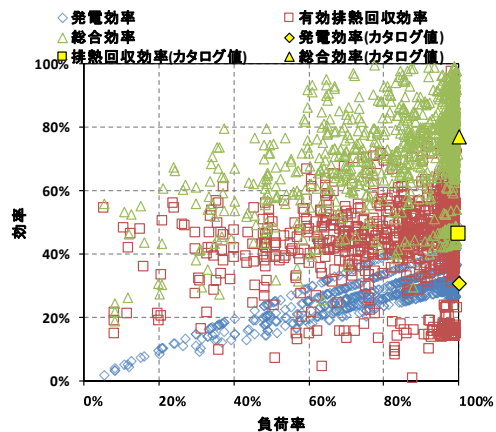
発電効率、有効排熱回収効率、総合効率と日平均外気温度の推移



負荷率による発電効率、有効排熱回収効率、総合効率の分布とカタログ値との比較

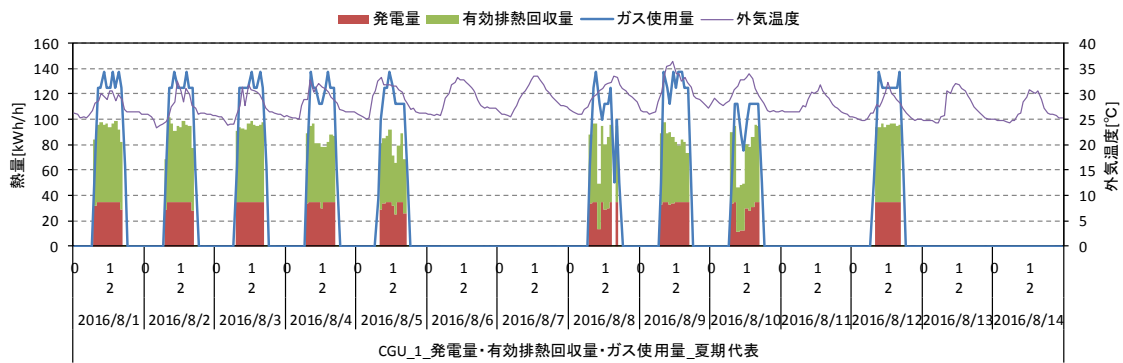
実測効率					
負荷率	発電	有効排熱回収	総合	度数	度数割合
0～10%	3%	27%	30%	4	0%
10～20%	7%	37%	44%	7	0%
20～30%	12%	40%	52%	11	1%
30～40%	15%	39%	54%	24	1%
40～50%	19%	42%	60%	33	2%
50～60%	22%	40%	62%	36	2%
60～70%	25%	44%	70%	75	4%
70～80%	28%	44%	72%	96	5%
80～90%	30%	45%	75%	142	8%
90～100%	31%	47%	78%	1386	76%
				合計	100%

カタログ効率			
負荷率	発電	排熱回収	総合
100%	31%	46%	77%

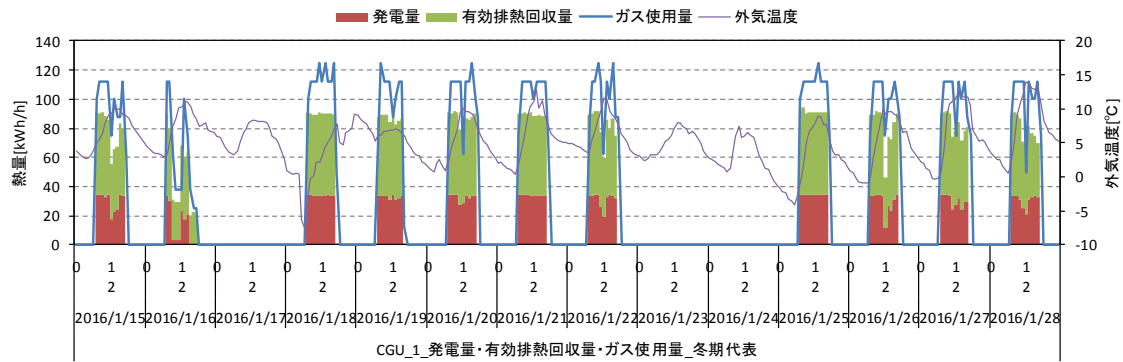


実測値分析結果

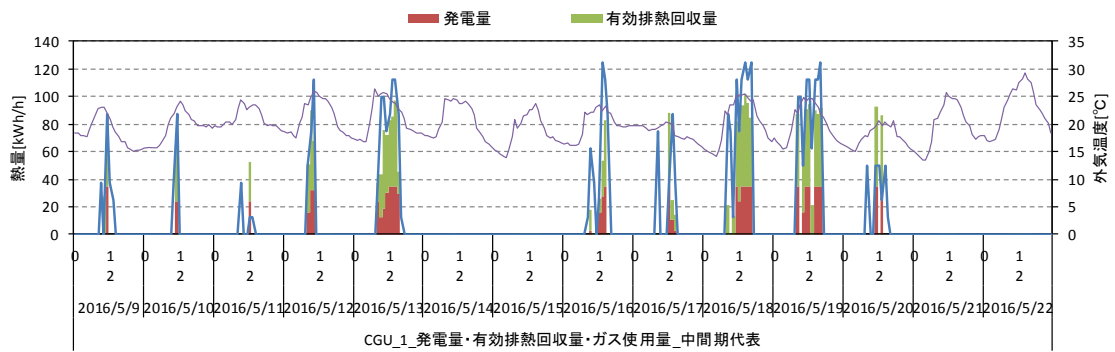
夏期代表週の発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移



冬期代表週の発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移

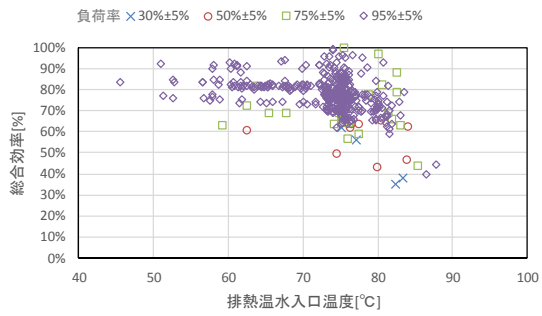


中間期代表週の発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移

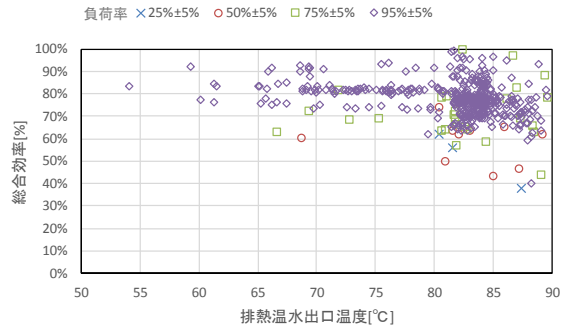


実測値分析結果

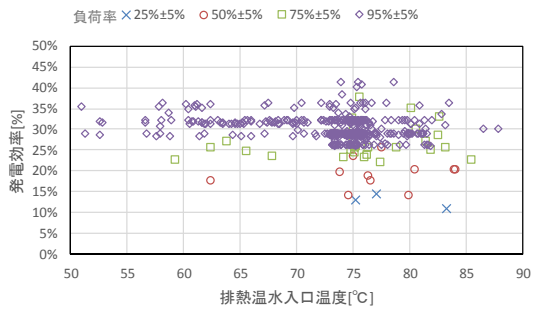
排熱温水入口温度による総合効率特性



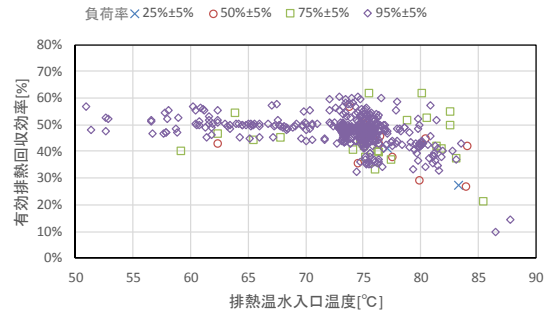
排熱温水出口温度による総合効率特性



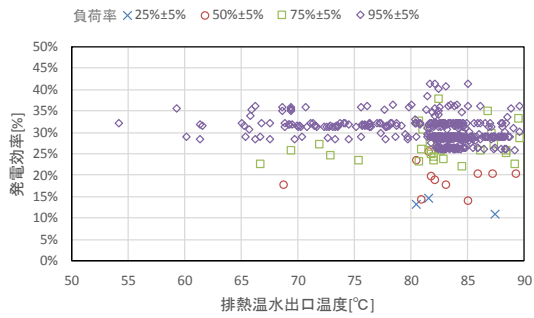
排熱温水入口温度による発電効率特性



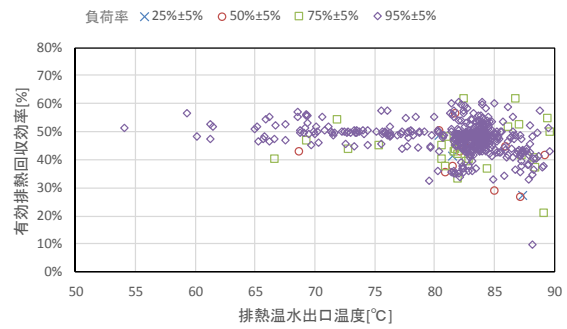
排熱温水出口温度による発電効率特性



排熱温水入口温度による有効排熱回収効率特性

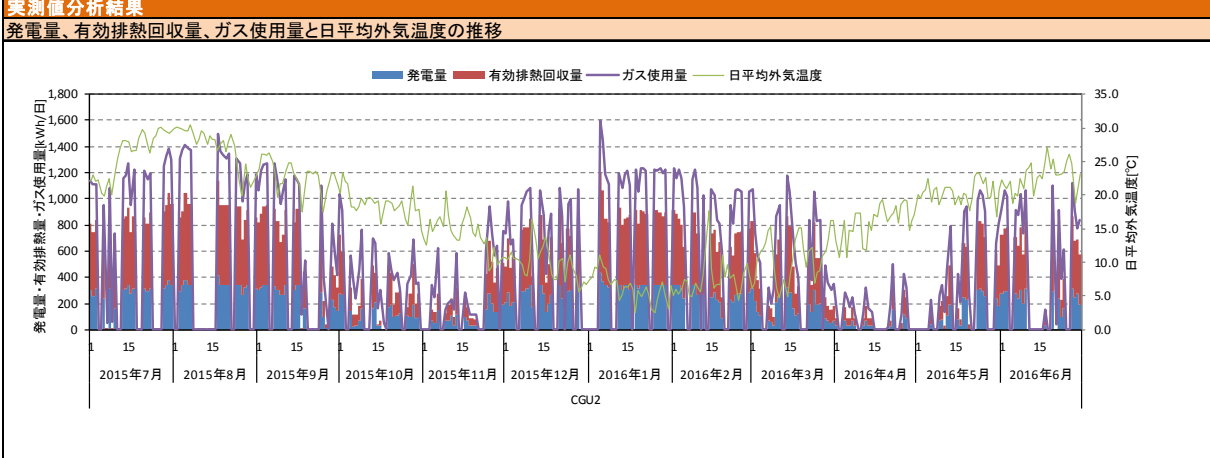


排熱温水出口温度による有効排熱回収効率特性

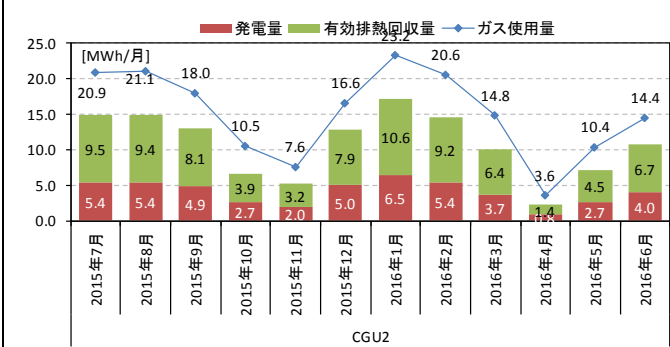


CGU分析結果シート(CGU2)

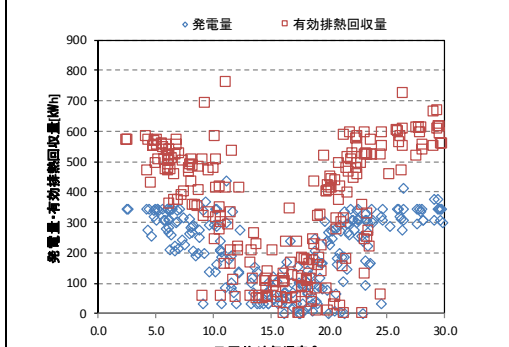
建物情報		CGU関連情報			データ情報	
建物ID	用途	延床面積	種類	定格発電量	設置台数	排熱回収利用先
04	事務所	約9,000㎡	マイクロガスエンジン	35kW	3台	冷房、暖房予熱
実測値分析結果				計測期間		
発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移				2015/2/5～2016/8/31		



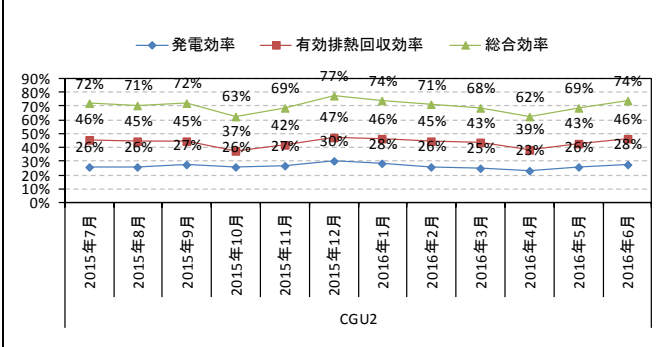
月別発電量、有効排熱回収量、ガス使用量の推移



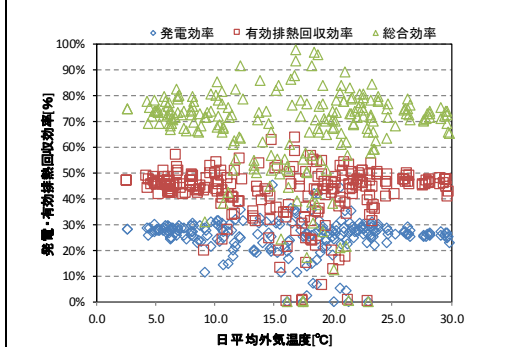
発電量、有効排熱回収量と日平均外気温度の推移



月別発電効率、有効排熱回収効率、総合効率の推移



発電効率、有効排熱回収効率、総合効率と日平均外気温度の推移



負荷率による発電効率、有効排熱回収効率、総合効率の分布とカタログ値との比較

実測効率	負荷率	発電	有効排熱回収	総合	度数	度数割合
0～10%	4%	19%	23%	4	0%	
10～20%	8%	18%	26%	3	0%	
20～30%	10%	36%	47%	7	0%	
30～40%	14%	41%	55%	11	1%	
40～50%	17%	35%	52%	10	1%	
50～60%	20%	41%	61%	31	2%	
60～70%	24%	40%	64%	32	2%	
70～80%	26%	37%	63%	42	2%	
80～90%	29%	42%	71%	63	3%	
90～100%	31%	47%	78%	1663	89%	
合計					100%	

カタログ効率	負荷率	発電	排熱回収	総合
100%	30%	45%	76%	

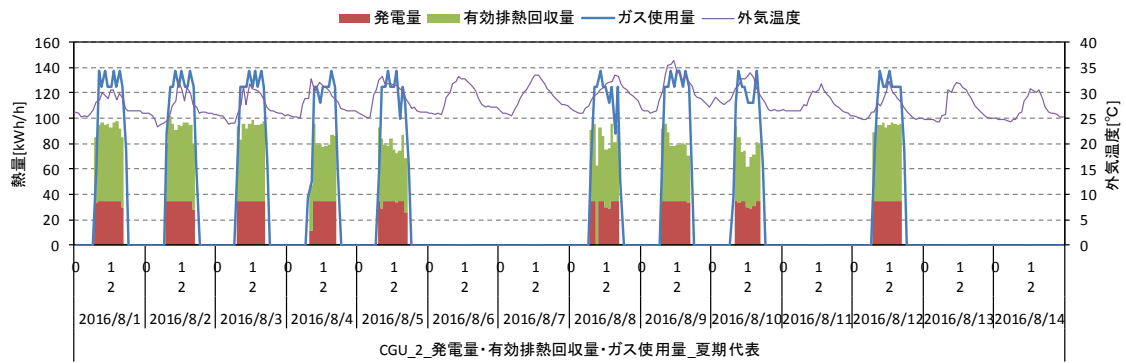
負荷率による発電効率、有効排熱回収効率、総合効率の分布とカタログ値との比較

Y軸: 効率 [%] (0-100)

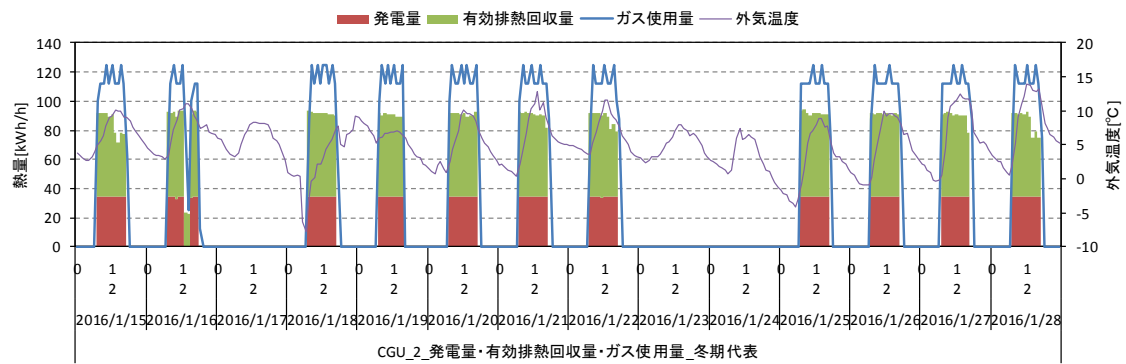
X軸: 負荷率 (0-100)

実測値分析結果

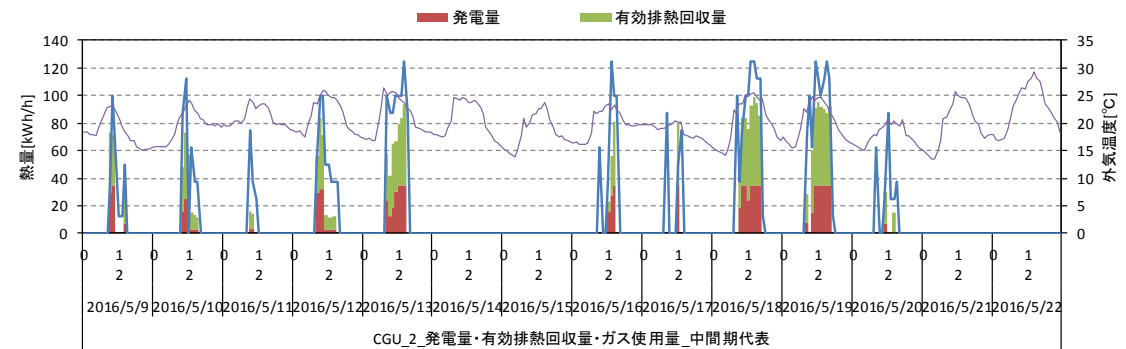
夏期代表週の発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温の推移



冬期代表週の発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温の推移

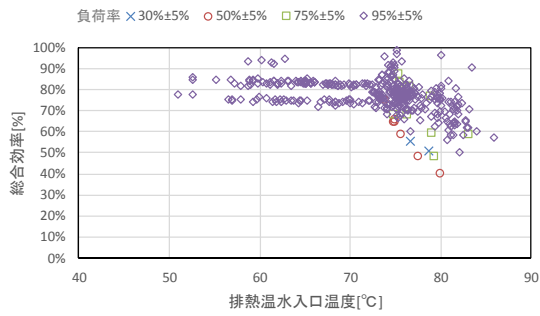


中間期代表週の発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温の推移

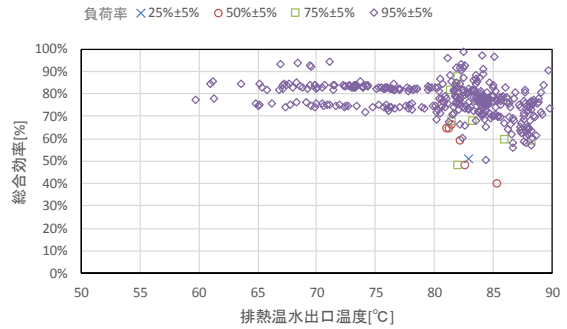


実測値分析結果

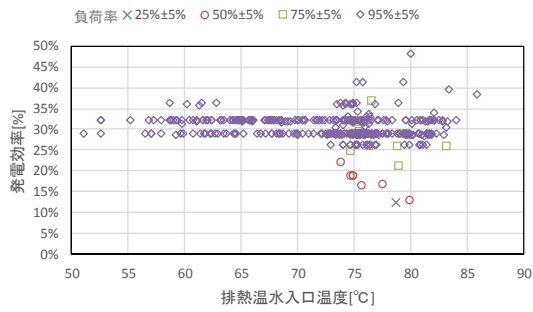
排熱温水入口温度による総合効率特性



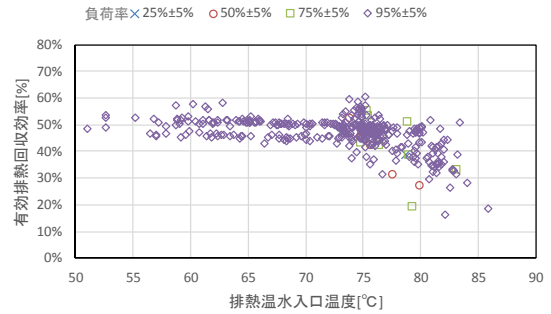
排熱温水出口温度による総合効率特性



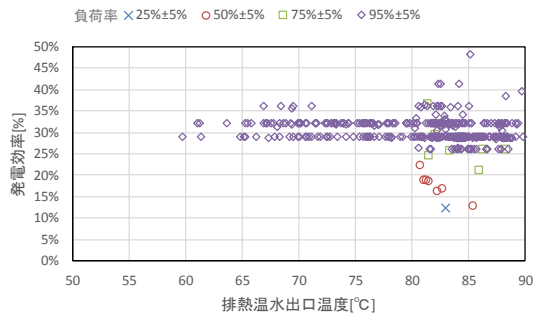
排熱温水入口温度による発電効率特性



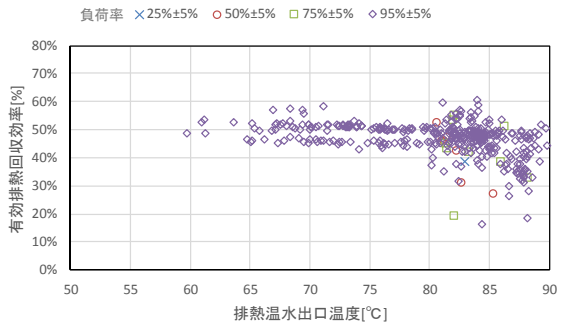
排熱温水出口温度による発電効率特性



排熱温水入口温度による有効排熱回収効率特性

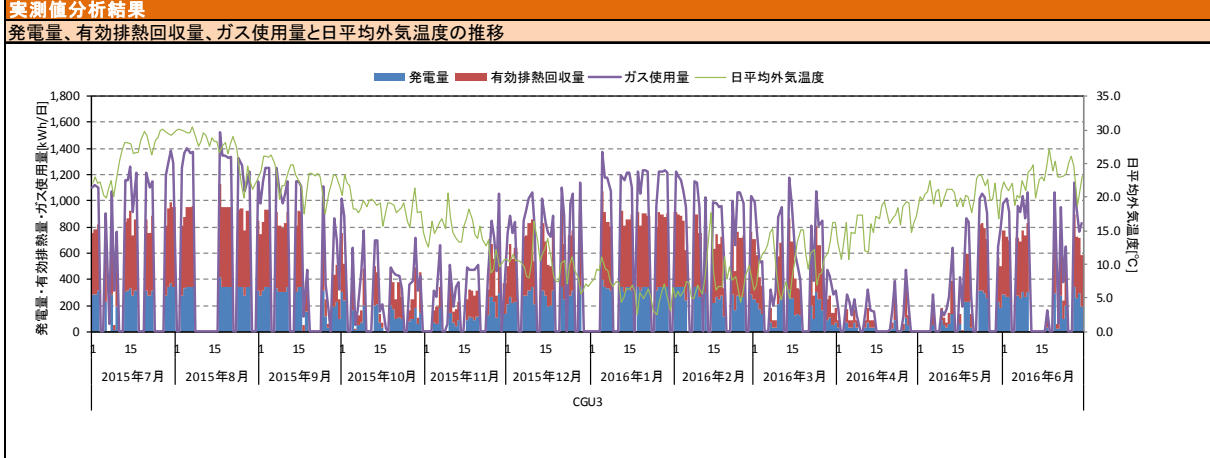


排熱温水出口温度による有効排熱回収効率特性

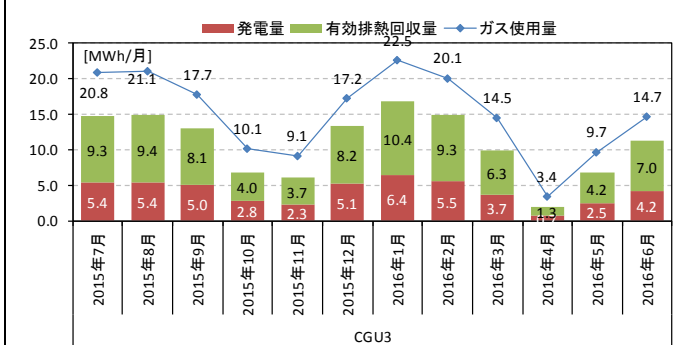


CGU分析結果シート(CGU3)

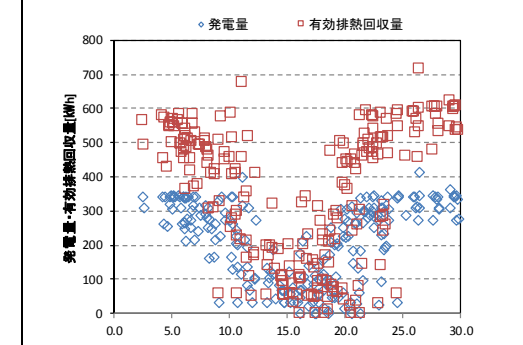
建物情報		CGU関連情報			データ情報	
建物ID	用途	延床面積	種類	定格発電量	設置台数	排熱回収利用先
04	事務所	約9,000㎡	マイクロガスエンジン	35kW	3台	冷房、暖房予熱
実測値分析結果				計測期間		
発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温の推移				2015/2/5～2016/8/31		



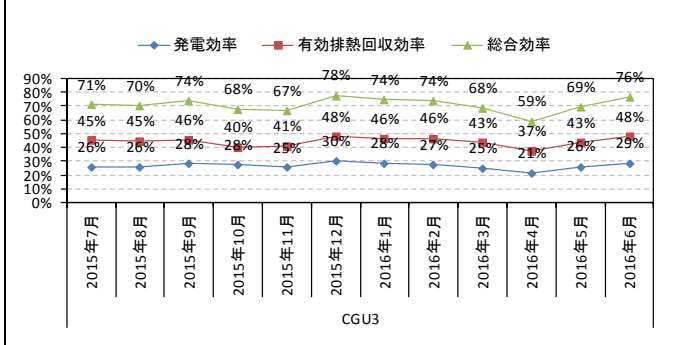
月別発電量、有効排熱回収量、ガス使用量の推移



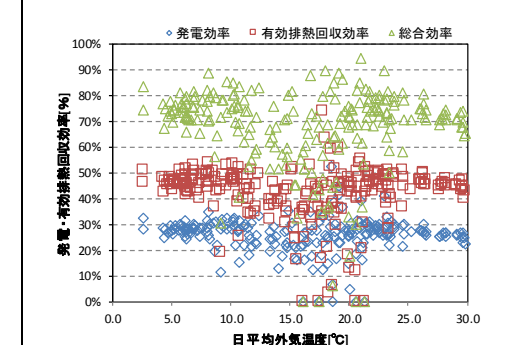
発電量、有効排熱回収量と日平均外気温の推移



月別発電効率、有効排熱回収効率、総合効率の推移



発電効率、有効排熱回収効率、総合効率と日平均外気温の推移



負荷率による発電効率、有効排熱回収効率、総合効率の分布とカタログ値との比較

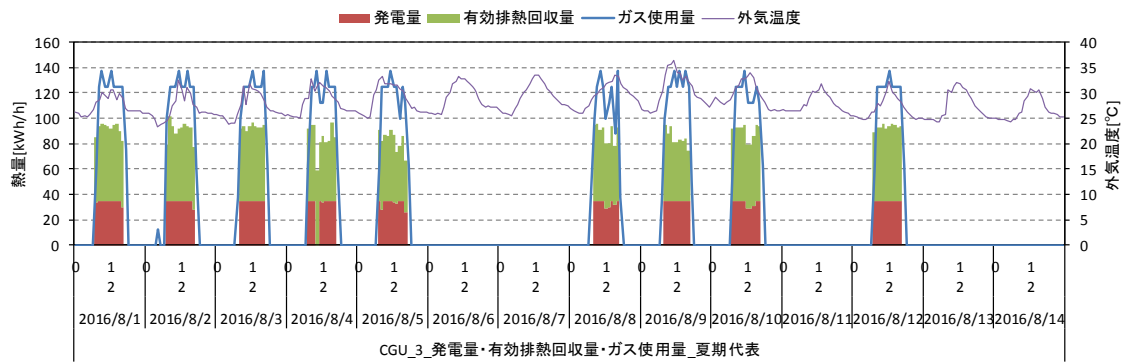
実測効率	負荷率	発電	有効排熱回収	総合	度数	度数割合
0～10%	3%	35%	39%	10	1%	
10～20%	6%	24%	30%	6	0%	
20～30%	10%	35%	45%	4	0%	
30～40%	15%	41%	56%	15	1%	
40～50%	18%	42%	60%	13	1%	
50～60%	20%	37%	57%	31	2%	
60～70%	24%	42%	67%	37	2%	
70～80%	26%	40%	66%	49	3%	
80～90%	30%	41%	71%	76	4%	
90～100%	31%	47%	78%	1660	87%	
合計					100%	

カタログ効率	負荷率	発電	排熱回収	総合
100%	30%	45%	76%	

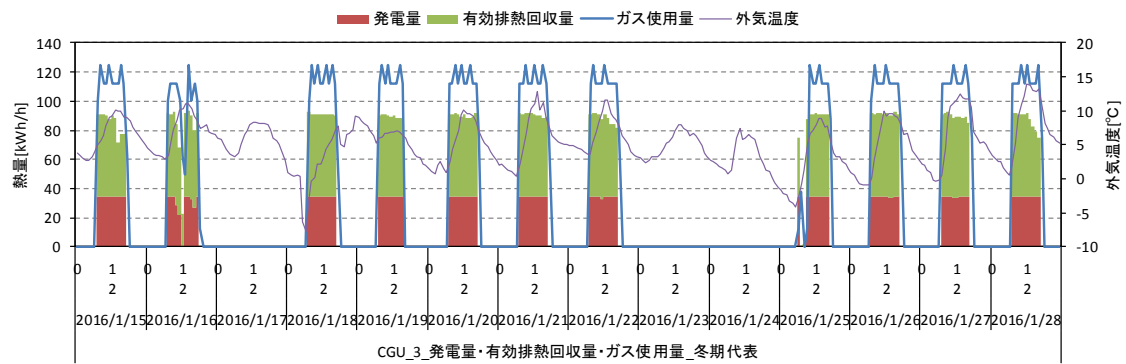
負荷率

実測値分析結果

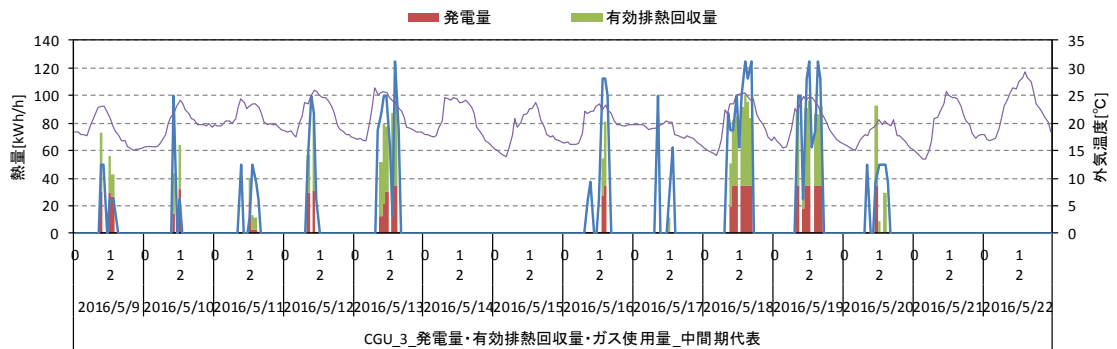
夏期代表週の発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温の推移



冬期代表週の発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温の推移

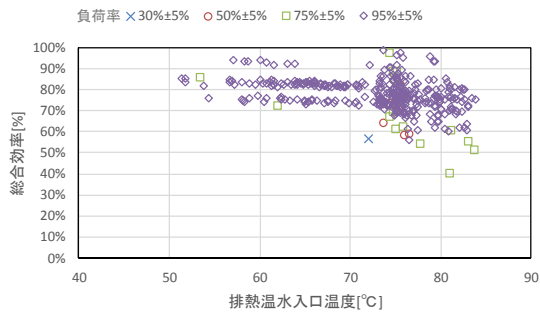


中間期代表週の発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温の推移

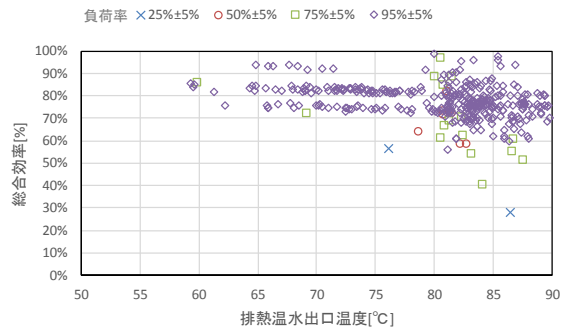


実測値分析結果

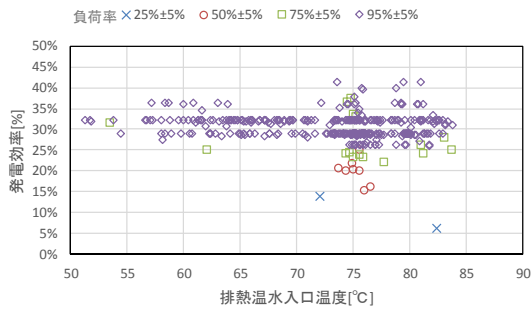
排熱温水入口温度による総合効率特性



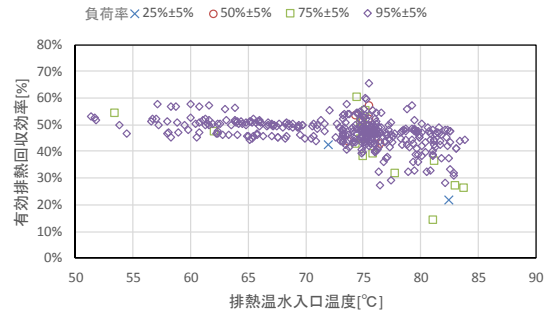
排熱温水出口温度による総合効率特性



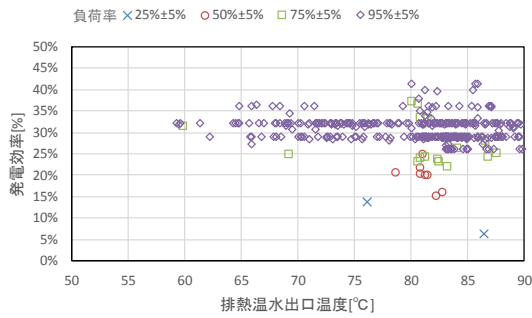
排熱温水入口温度による発電効率特性



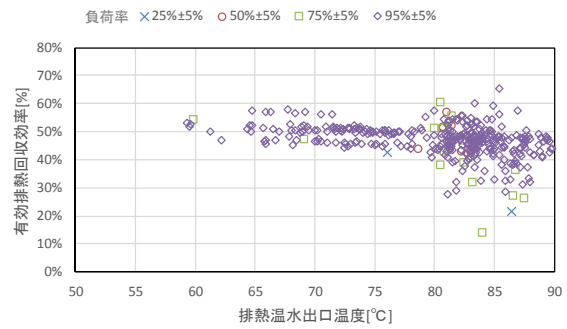
排熱温水出口温度による発電効率特性



排熱温水入口温度による有効排熱回収効率特性



排熱温水出口温度による有効排熱回収効率特性

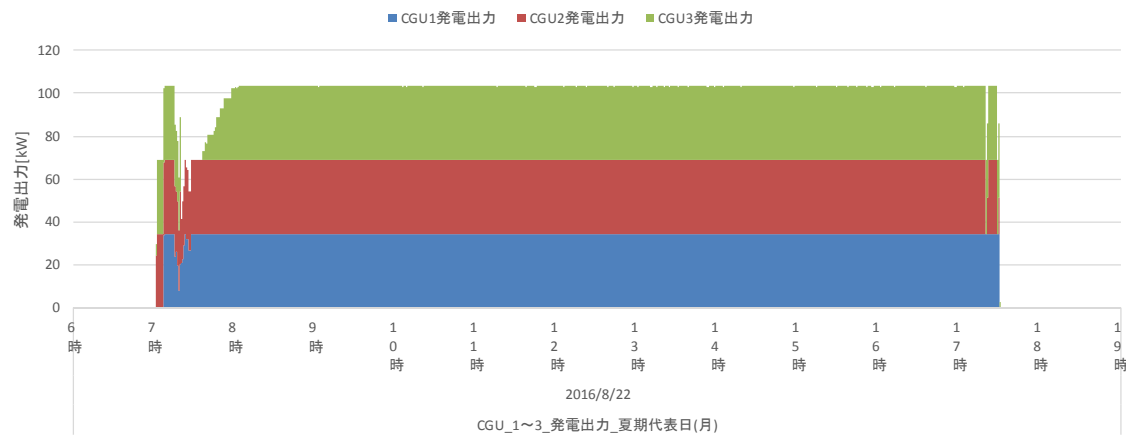


CGU分析結果シート(CGU1~3)

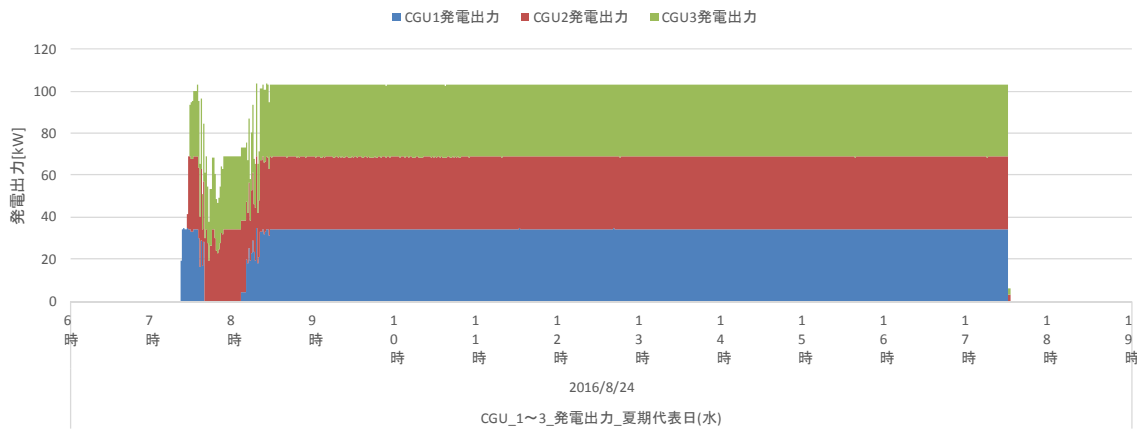
建物情報			CGU関連情報				データ情報	
建物ID	用途	延床面積	種類	定格発電量	設置台数	排熱利用先	計測期間	
04	事務所	約9,000㎡	マイクロガスエンジン	35kW	3台	冷房、暖房予熱	2015/2/5~2016/8/31	

突測値分析結果

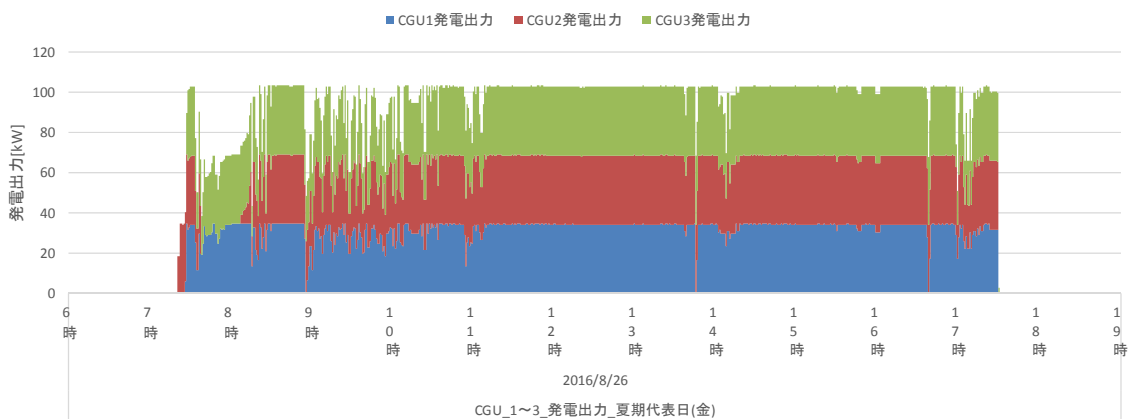
夏期代表日(月)の起動特性、停止特性



夏期代表日(水)の起動特性、停止特性



夏期代表日(金)の起動特性、停止特性

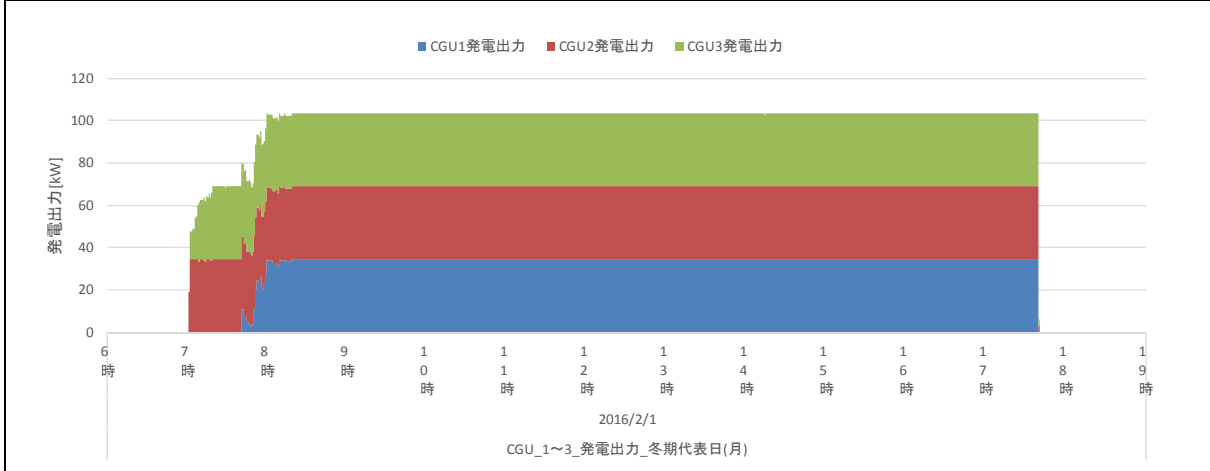


CGU分析結果シート(CGU1~3)

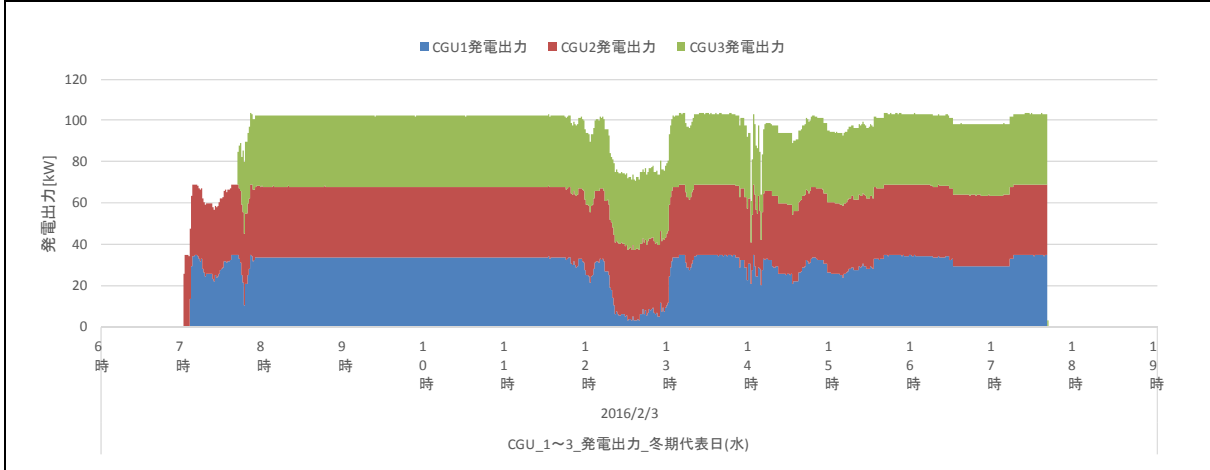
建物情報			CGU関連情報				データ情報
建物ID	用途	延床面積	種類	定格発電量	設置台数	排熱利用先	計測期間
04	事務所	約9,000㎡	マイクロガスエンジン	35kW	3台	冷房、暖房予熱	2015/2/5~2016/8/31

突測値分析結果

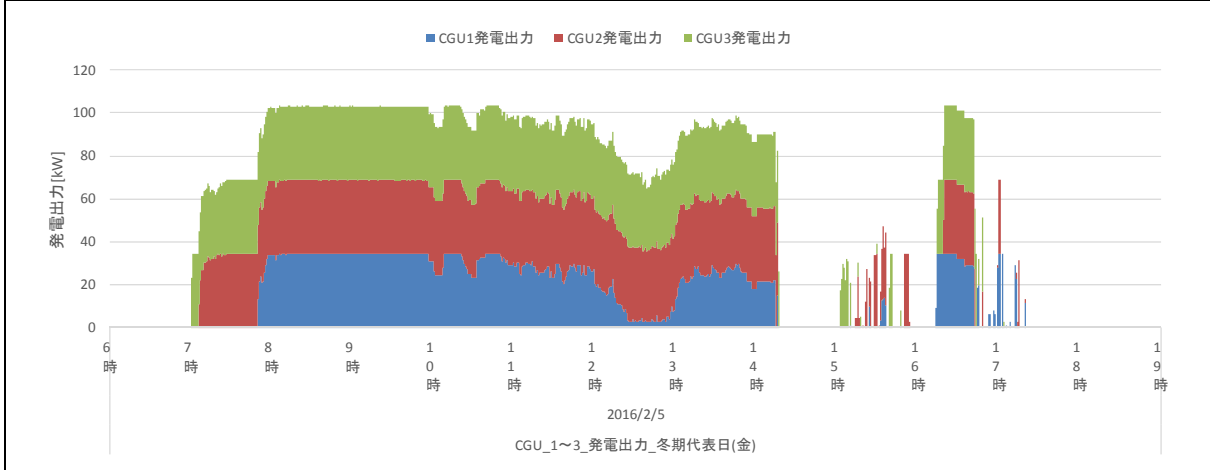
冬期代表日(月)の起動特性、停止特性



冬期代表日(水)の起動特性、停止特性



冬期代表日(金)の起動特性、停止特性

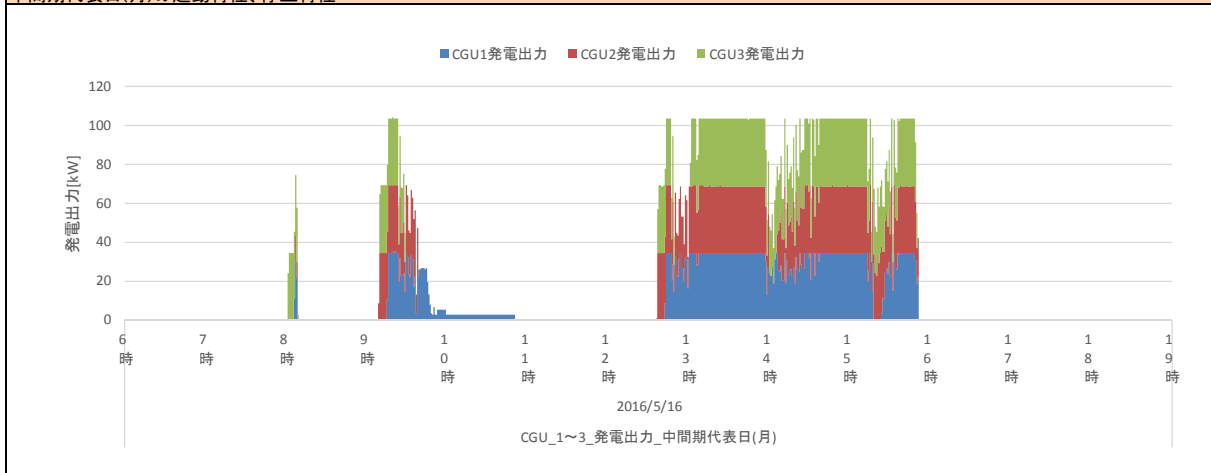


CGU分析結果シート(CGU1~3)

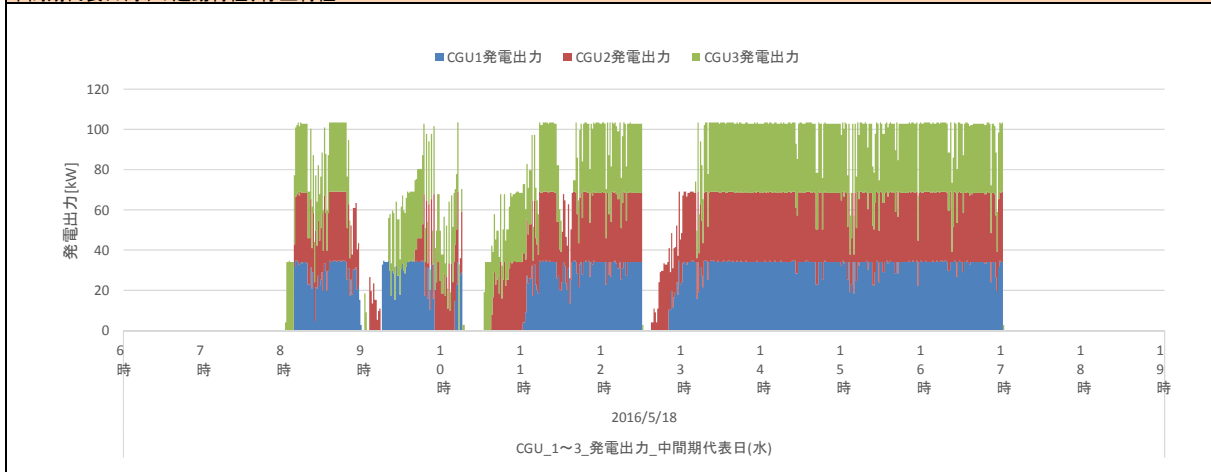
建物情報			CGU関連情報				データ情報
建物ID	用途	延床面積	種類	定格発電量	設置台数	排熱利用先	計測期間
04	事務所	約9,000㎡	マイクロガスエンジン	35kW	3台	冷房、暖房予熱	2015/2/5~2016/8/31

実測値分析結果

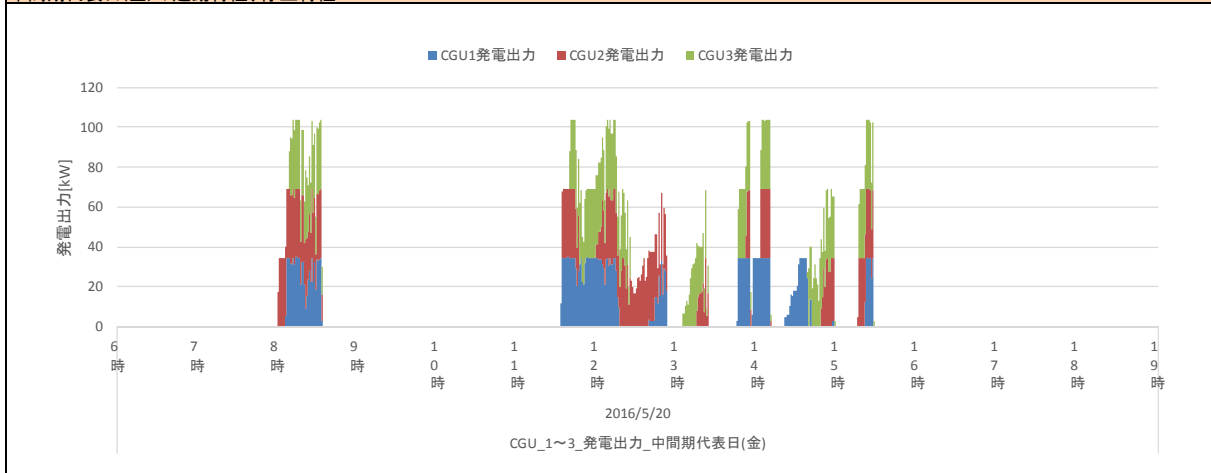
中間期代表日(月)の起動特性、停止特性



中間期代表日(水)の起動特性、停止特性



中間期代表日(金)の起動特性、停止特性



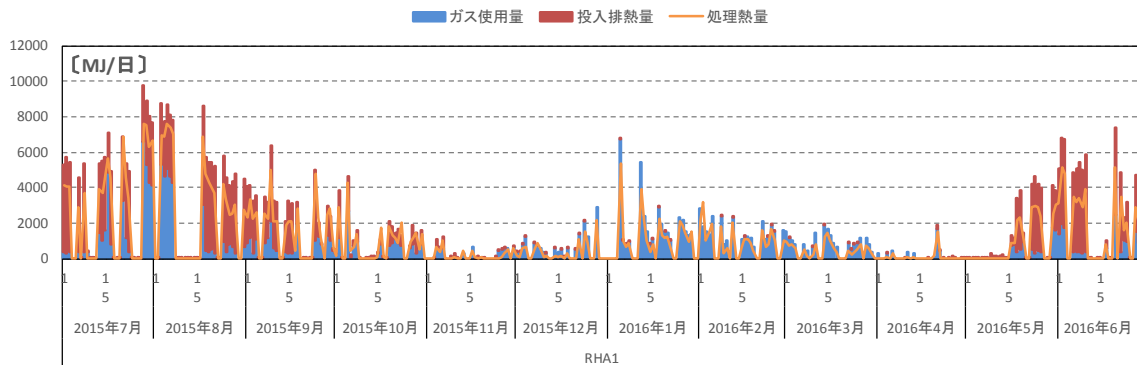
※この建物ではある負荷帯において RHA でガスを燃やさない制御(燃焼禁止指令)が実施されている

RHA分析結果シート(RHA1)

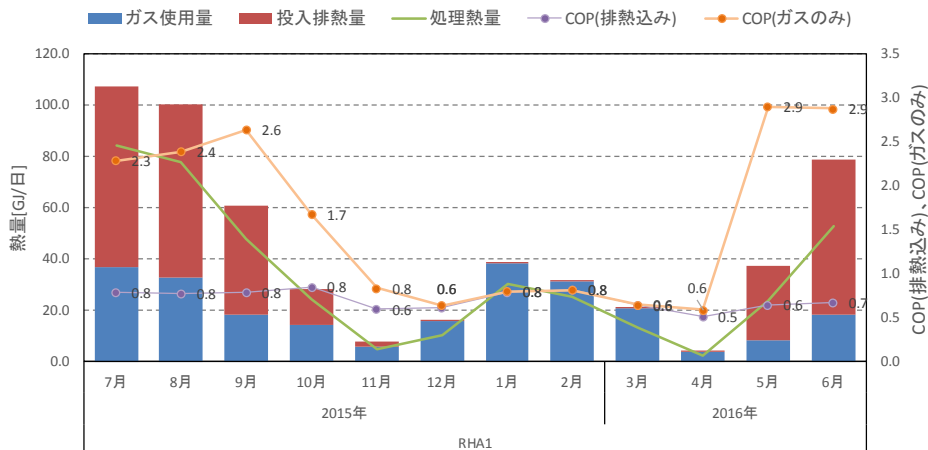
建物情報			RHA関連情報			データ情報	
建物ID	用途	延床面積	種類	定格冷房能力	定格暖房能力	設置台数	計測期間
04	事務所	約9,000㎡	排熱投入型吸収冷温水機	281kW	186kW	2台	2015/2/5～2016/8/31

実測値分析結果

ガス使用量、投入排熱量、処理熱量の月別推移



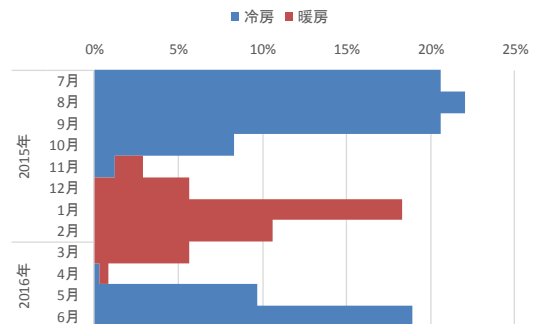
月別ガス使用量、投入排熱量、処理熱量とCOP(排熱込み)、COP(ガスのみ)の関係



月別冷房、暖房、停止比率

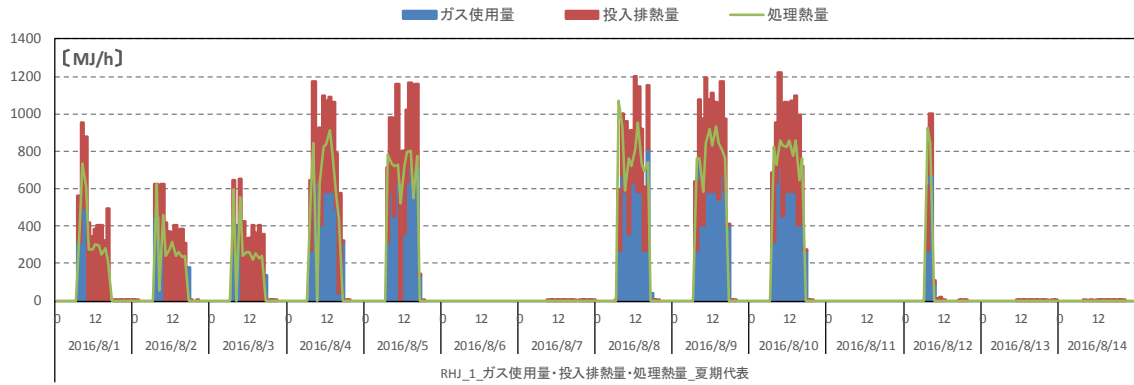
年	月	N	冷房	暖房	停止
2015	7	744	21%	0%	79%
2015	8	744	22%	0%	78%
2015	9	720	21%	0%	79%
2015	10	744	8%	0%	92%
2015	11	720	1%	2%	97%
2015	12	744	0%	6%	94%
2016	1	744	0%	11%	82%
2016	2	696	0%	6%	94%
2016	3	744	0%	1%	99%
2016	4	720	0%	0%	100%
2016	5	744	10%	0%	90%
2016	6	720	19%	0%	81%

月別冷房、暖房比率

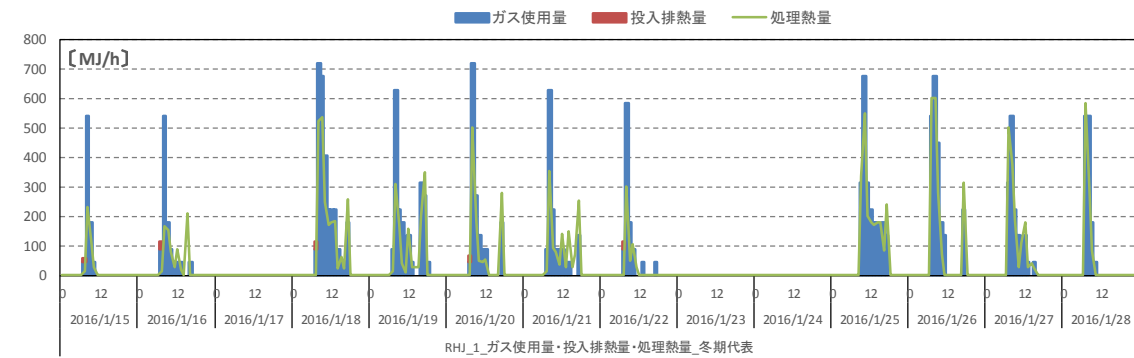


実測値分析結果

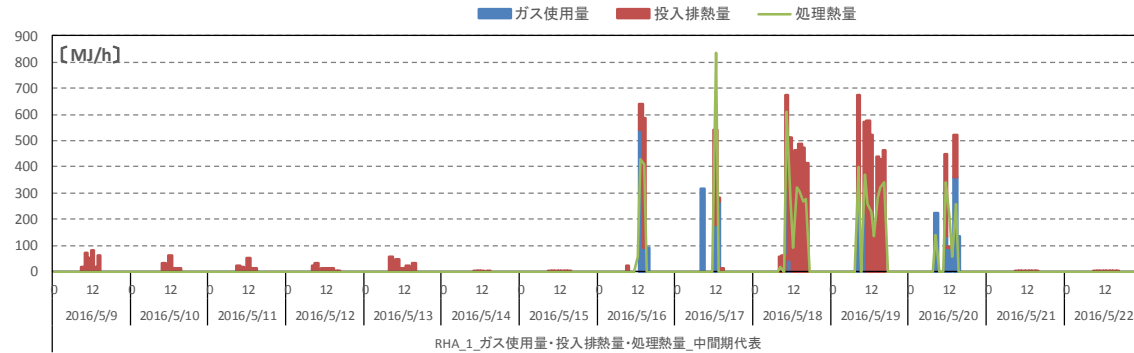
夏期代表週のガス使用量、投入排熱量、処理熱量の推移



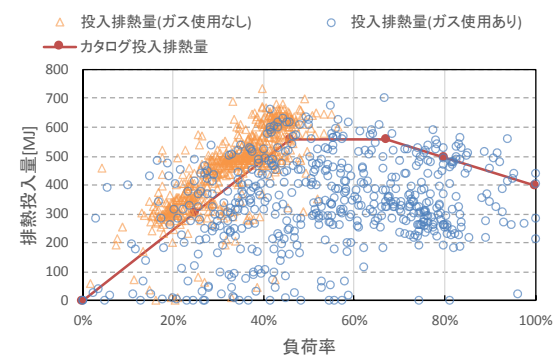
冬期代表週のガス使用量、投入排熱量、処理熱量の推移



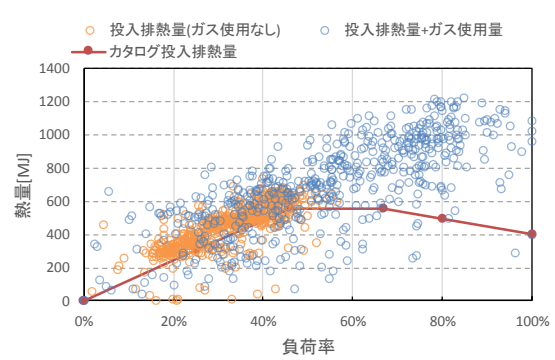
中間期代表週のガス使用量、投入排熱量、処理熱量の推移



負荷率と投入排熱量とカタログ特性の比較



負荷率と投入排熱量、ガス使用量の関係



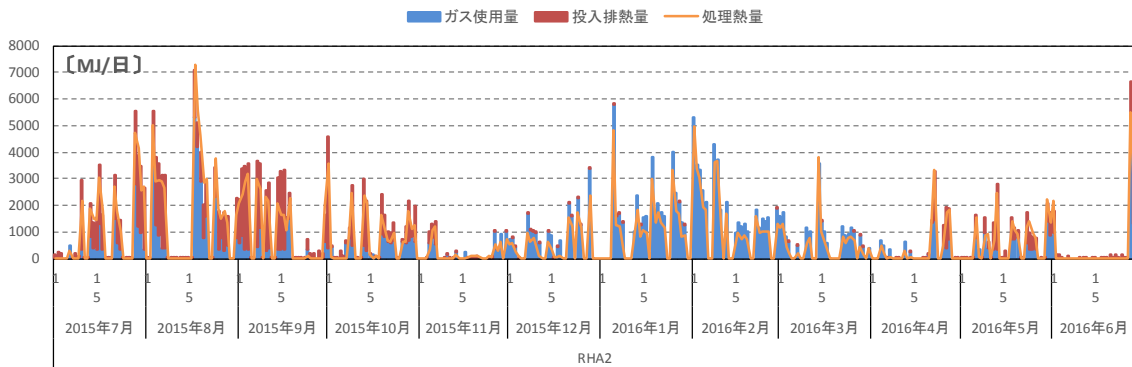
※この建物ではある負荷帯において RHA でガスを燃やさない制御(燃焼禁止指令)が実施されている

RHA分析結果シート(RHA2)

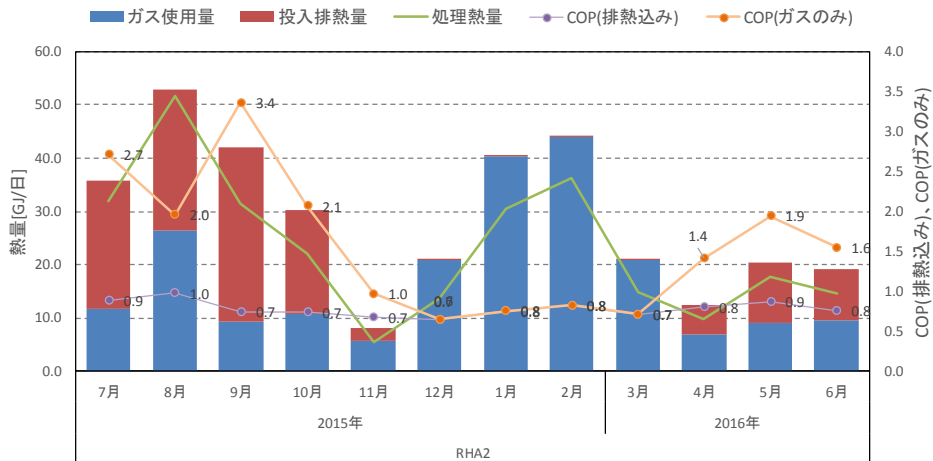
建物情報			RHA関連情報			データ情報	
建物ID	用途	延床面積	種類	定格冷房能力	定格暖房能力	設置台数	計測期間
04	事務所	約9,000㎡	排熱投入型吸収冷温水機	281kW	186kW	2台	2015/2/5～2016/8/31

実測値分析結果

ガス使用量、投入排熱量、処理熱量の月別推移



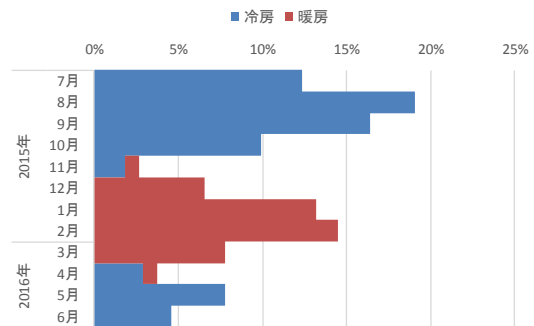
月別ガス使用量、投入排熱量、処理熱量とCOP(排熱込み)、COP(ガスのみ)の関係



月別冷房、暖房、停止比率

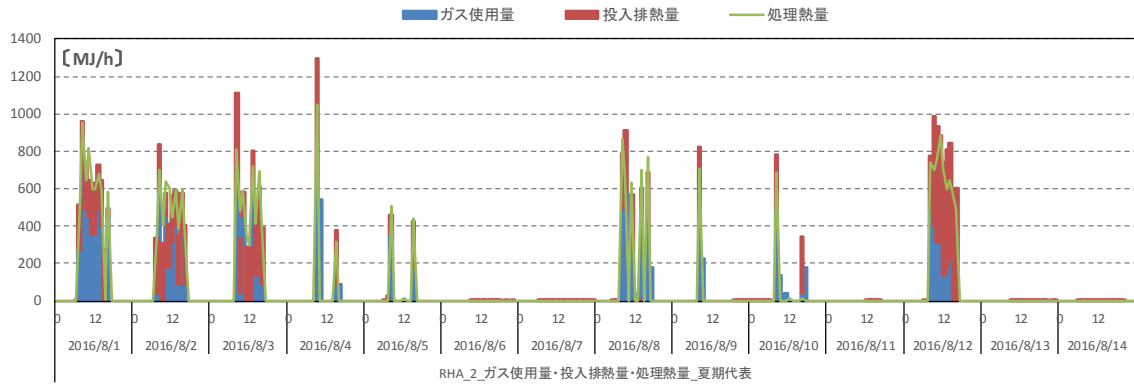
年	月	N	冷房	暖房	停止
2015	7	744	12%	0%	88%
2015	8	744	19%	0%	81%
2015	9	720	16%	0%	84%
2015	10	744	10%	0%	90%
2015	11	720	2%	1%	97%
2015	12	744	0%	7%	93%
2016	1	744	0%	13%	87%
2016	2	696	0%	15%	85%
2016	3	744	0%	8%	92%
2016	4	720	3%	1%	96%
2016	5	744	8%	0%	92%
2016	6	720	5%	0%	95%

月別冷房、暖房比率

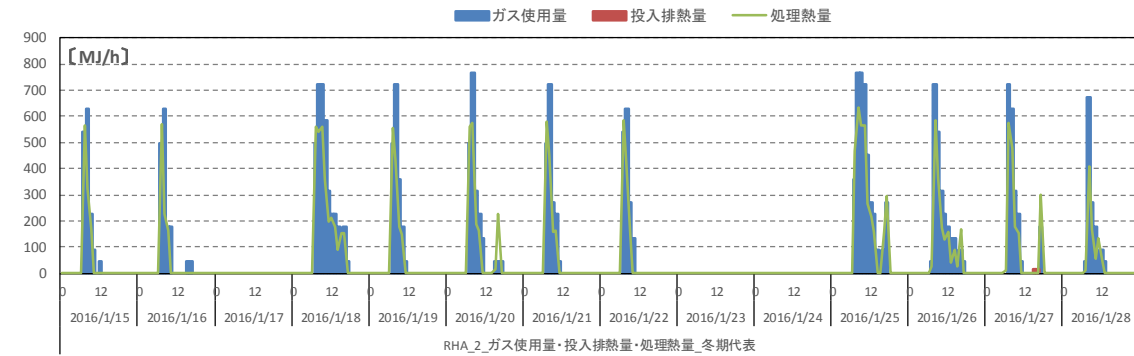


実測値分析結果

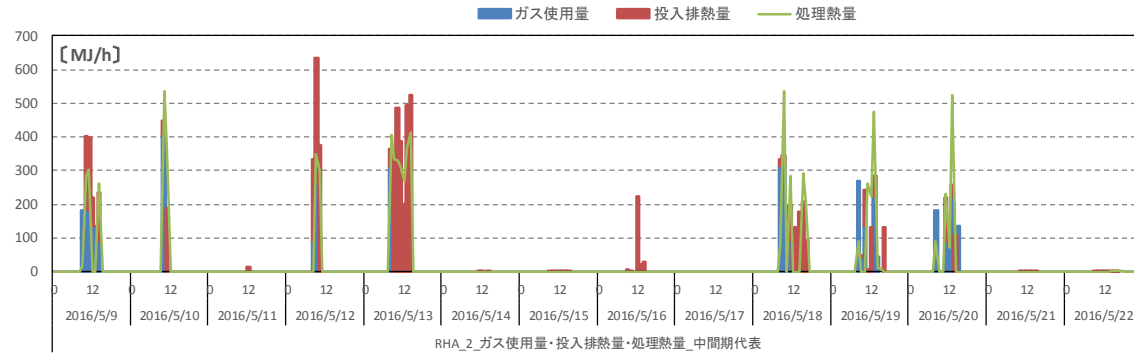
夏期代表週のガス使用量、投入排熱量、処理熱量の推移



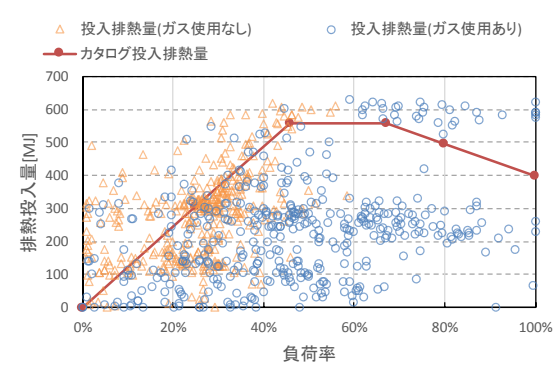
冬期代表週のガス使用量、投入排熱量、処理熱量の推移



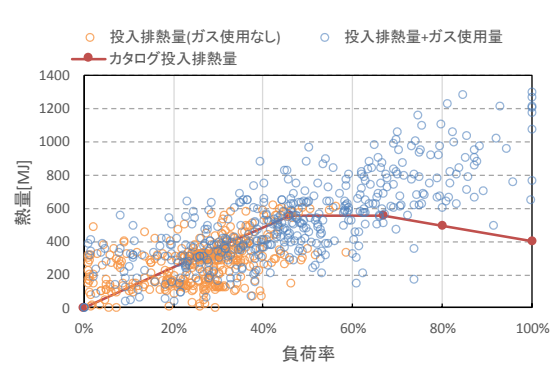
中間期代表週のガス使用量、投入排熱量、処理熱量の推移



負荷率と投入排熱量とカタログ特性の比較



負荷率と投入排熱量、ガス使用量の関係

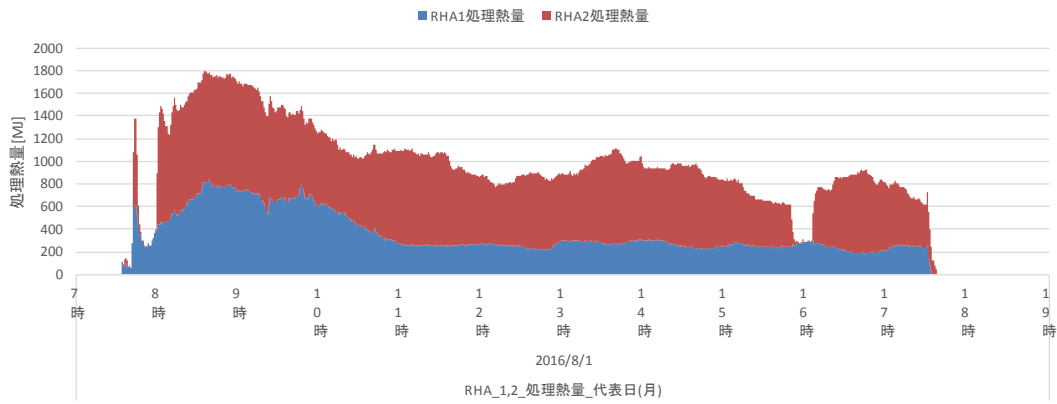


RHA分析結果シート(RHA1,2)

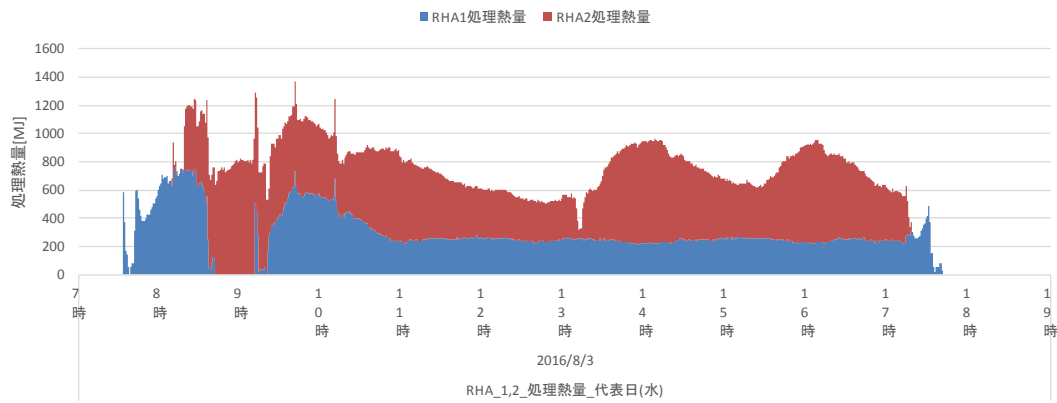
建物情報			RHA関連情報			データ情報	
建物ID	用途	延床面積	種類	定格冷房能力	定格暖房能力	設置台数	計測期間
04	事務所	約9,000㎡	排熱投入型吸収冷温水機	281kW	186kW	2台	2015/2/5~2016/8/31

実測値分析結果

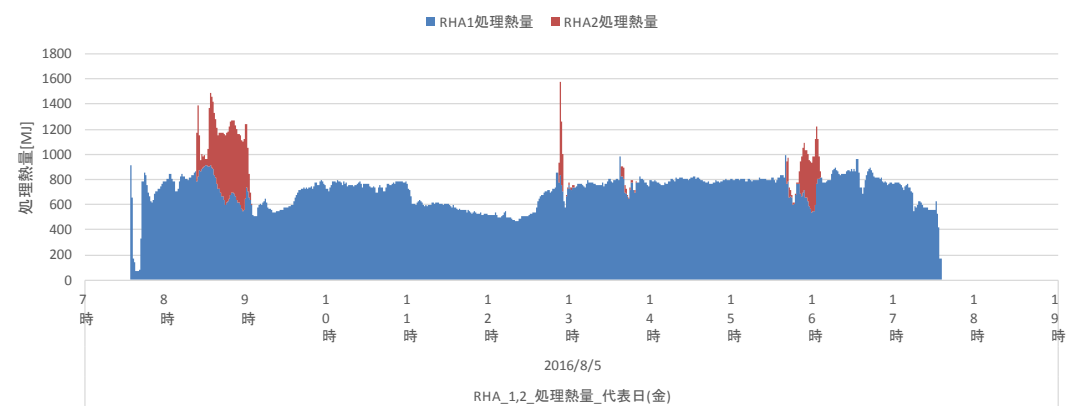
夏期代表日(月)の起動特性、停止特性



夏期代表日(水)の起動特性、停止特性



夏期代表日(金)の起動特性、停止特性

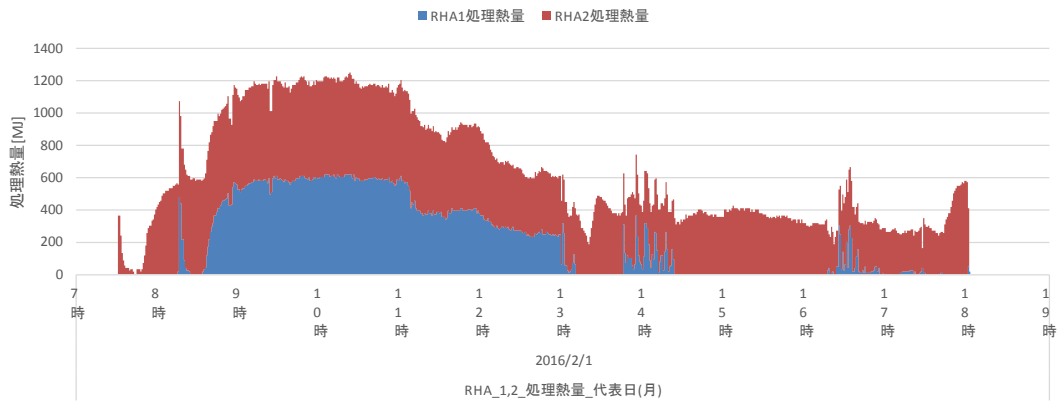


RHA分析結果シート(RHA1.2)

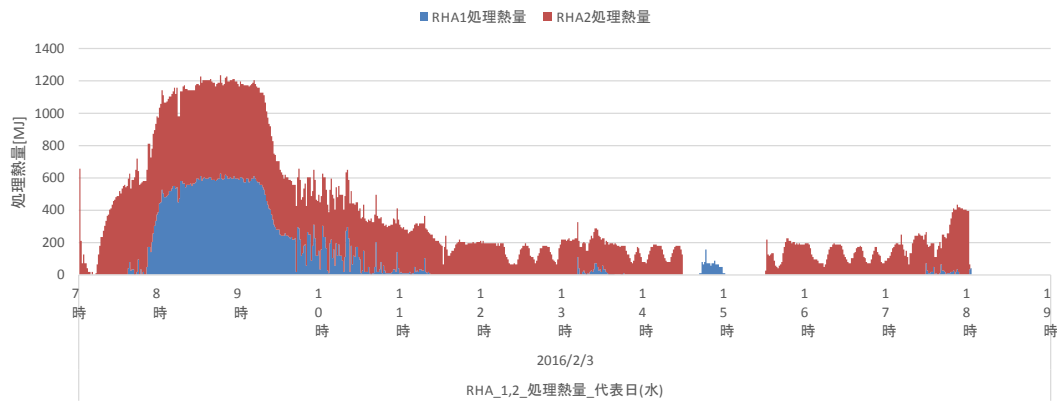
建物情報		RHA関連情報				データ情報	
建物ID	用途	延床面積	種類	定格冷房能力	定格暖房能力	設置台数	計測期間
04	事務所	約9,000㎡	排熱投入型吸収冷温水機	281kW	186kW	2台	2015/2/5~2016/8/31

実測値分析結果

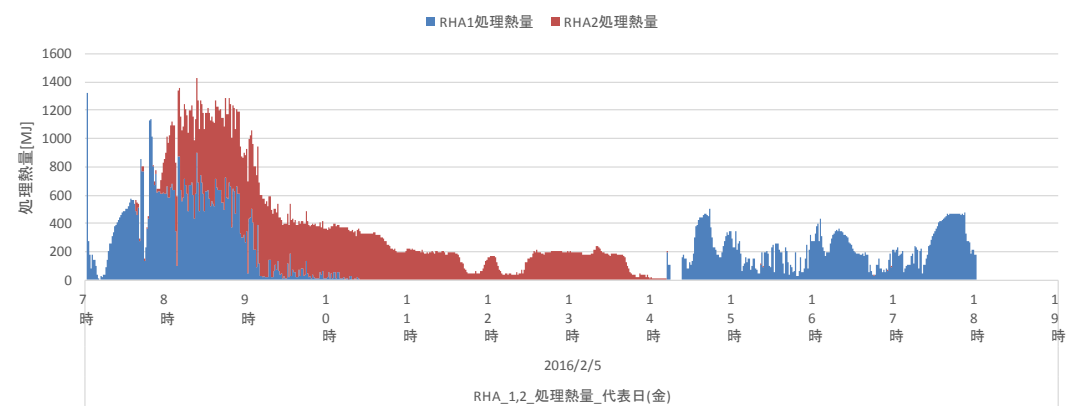
冬期代表日(月)の起動特性、停止特性



冬期代表日(水)の起動特性、停止特性



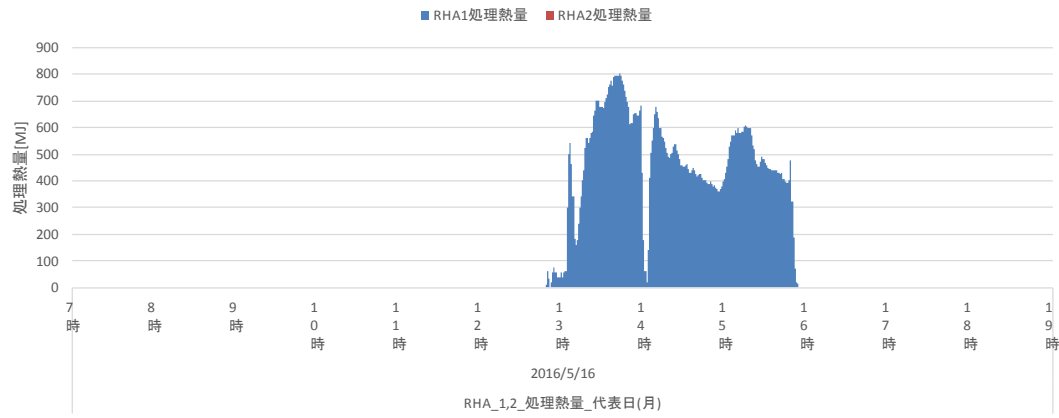
冬期代表日(金)の起動特性、停止特性



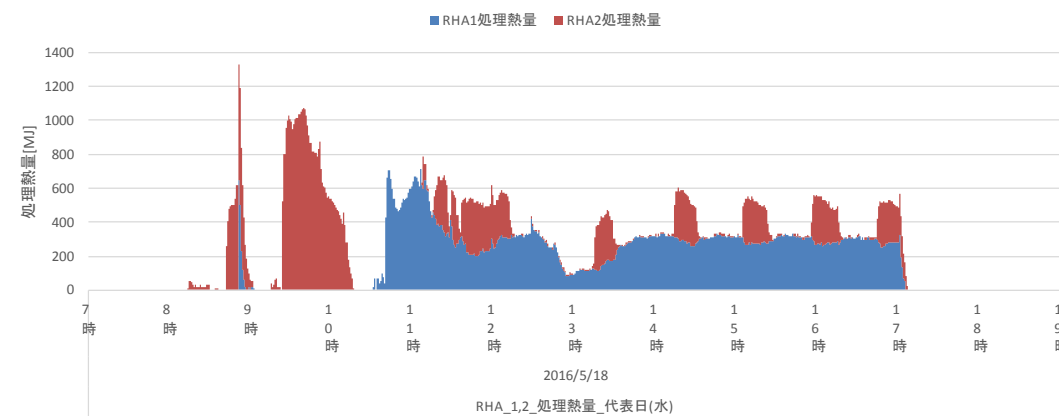
RHA分析結果シート(RHA1)

建物情報			RHA関連情報			データ情報
建物ID	用途	延床面積	種類	定格冷房能力	定格暖房能力	設置台数
04	事務所	約9,000㎡	排熱投入型吸収冷温水機	281kW	186kW	2台
実測値分析結果						計測期間
						2015/2/5~2016/8/31

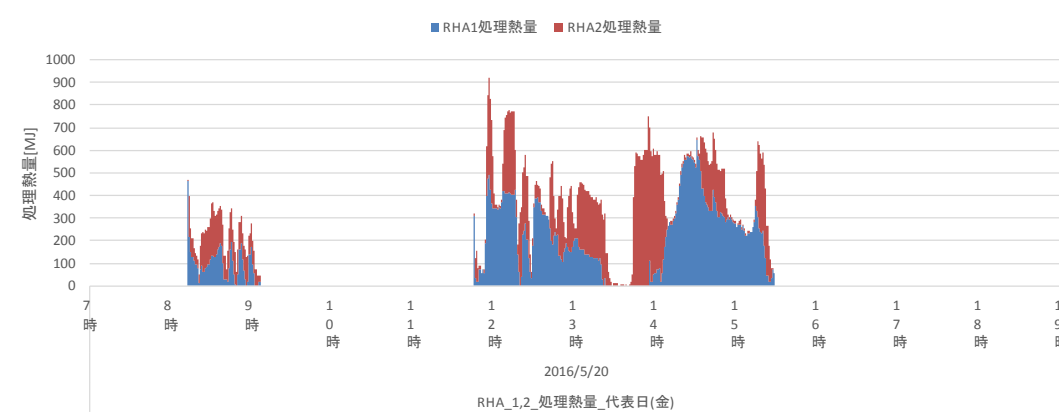
中間期代表日(月)の起動特性、停止特性



中間期代表日(水)の起動特性、停止特性



中間期代表日(金)の起動特性、停止特性

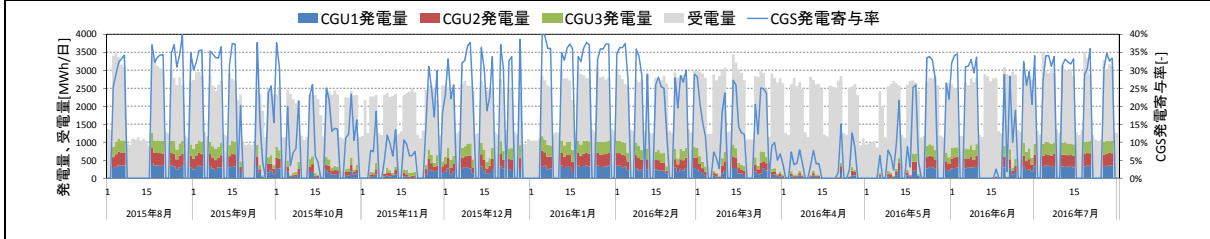


システム分析結果シート

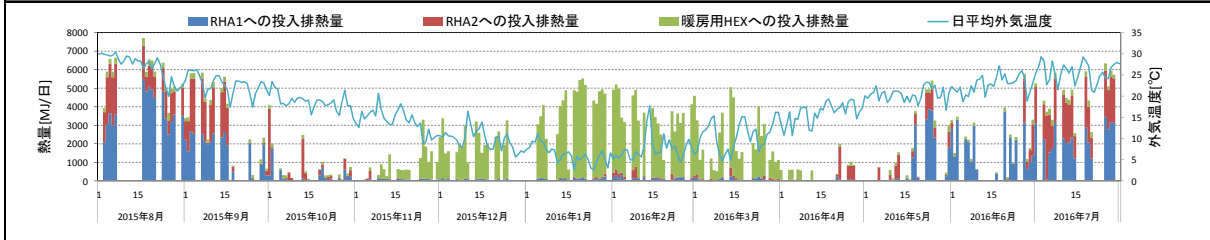
建物情報			CGS排熱利用情報		データ情報	
建物ID	用途	延床面積	排熱利用機器		優先順位	計測期間
04	事務所	約9,000㎡	RHA、暖房用HEX		なし	2015/2/5～2016/8/31

実測値分析結果

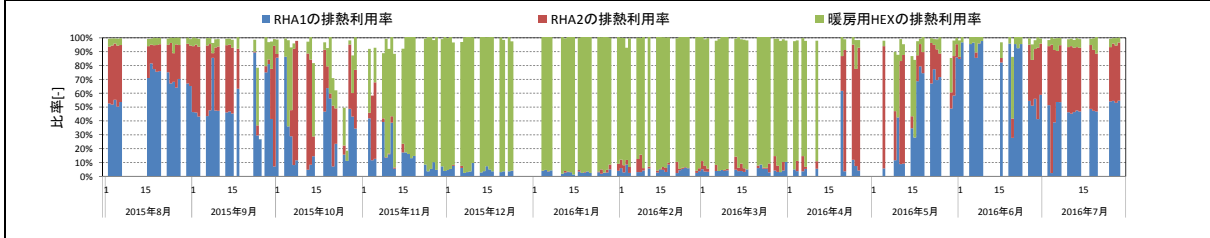
日積算発電量、受電量、CGS発電寄与率の推移



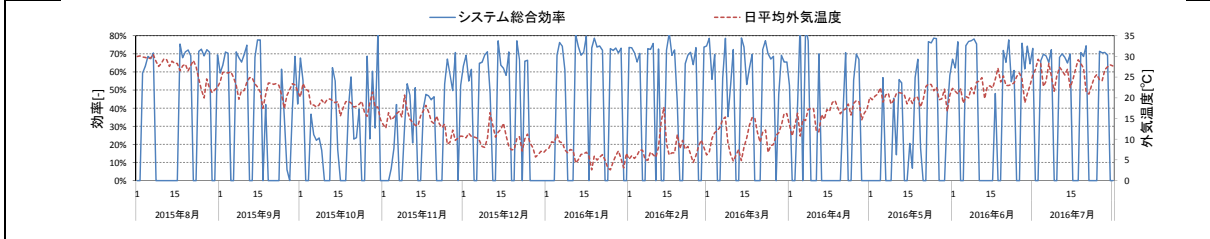
日積算投入排熱量と日平均外気温の関係



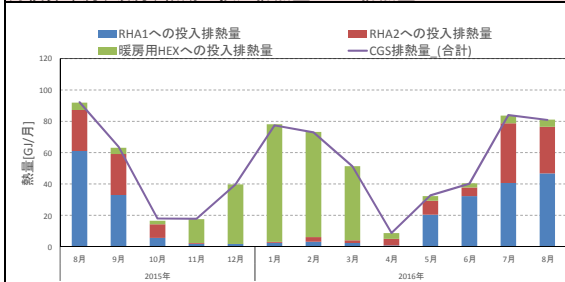
日別排熱利用率の推移



日別システム総合効率と日平均外気温の関係



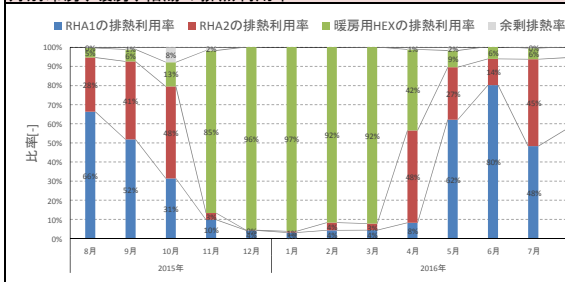
月積算冷房、暖房、給湯の投入排熱量とCGS排熱量



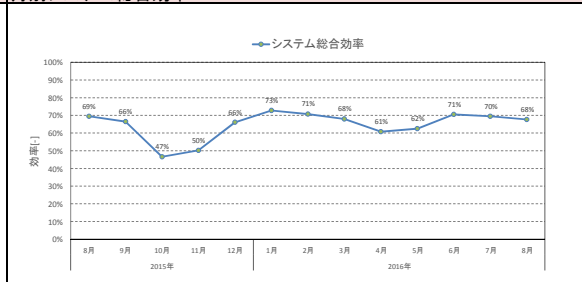
月積算CGS発電量、受電量、CGS発電寄与率



月別冷房、暖房、給湯の排熱利用率



月別システム総合効率



ID05 分析結果

CGU分析結果シート(CGU1)

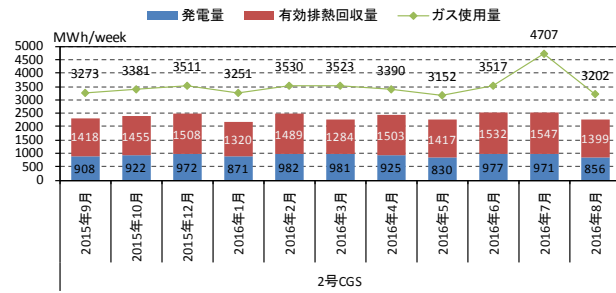
建物情報			CGS関連情報			データ情報	
建物ID	用途	延床面積	種類	定格発電量	設置台数	排熱利用先	計測期間
05	工場(化学プラント)	約413,000㎡	ガスタービン	7730kW	1台	生産反応熱、一部はタービンの吸気温度低下のための吸収式冷凍機に使用	2015/9～2016/8 (毎月1週間のみ)

実測値分析結果

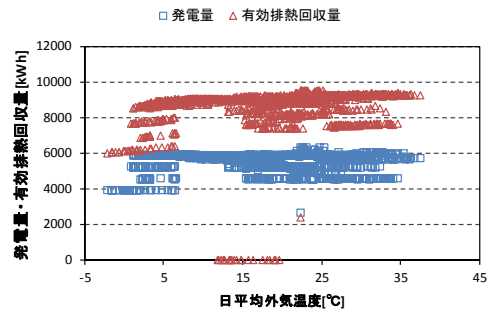
発電量、有効排熱量、ガス使用量と日平均外気温の推移



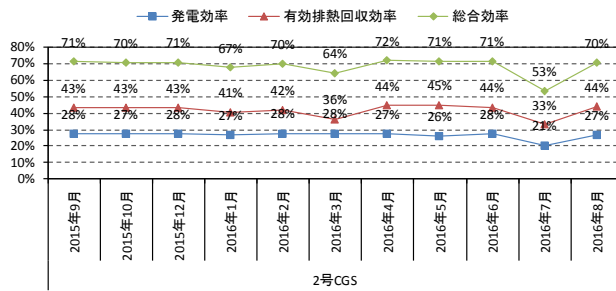
一週間別発電量、有効排熱回収量、ガス使用量の推移



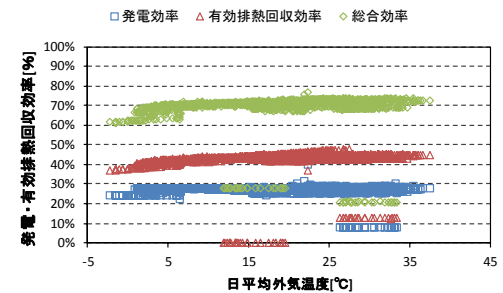
発電量、有効排熱回収量と日平均外気温度の推移



一週間別発電効率、有効排熱回収効率、総合効率の推移



発電効率、有効排熱回収効率、総合効率と日平均外気温度の推移



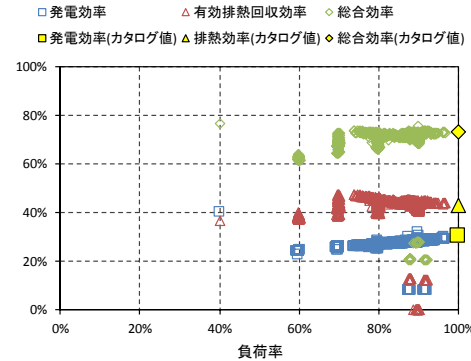
負荷率による発電効率、有効排熱回収効率、総合効率の分布とカタログ値との比較

実測値

負荷率	発電	有効排熱回収	総合	度数
0~10%	-	-	-	0
10~20%	-	-	-	0
20~30%	-	-	-	0
30~40%	-	-	-	0
40~50%	40%	37%	77%	1
50~60%	24%	38%	62%	23
60~70%	26%	43%	68%	158
70~80%	27%	44%	70%	303
80~90%	27%	42%	70%	1222
90~100%	27%	41%	68%	133

カタログ値

負荷率	発電	有効排熱回収	総合
100%	30.3%	43.1%	73.4%



CGU分析結果シート(CGU2)

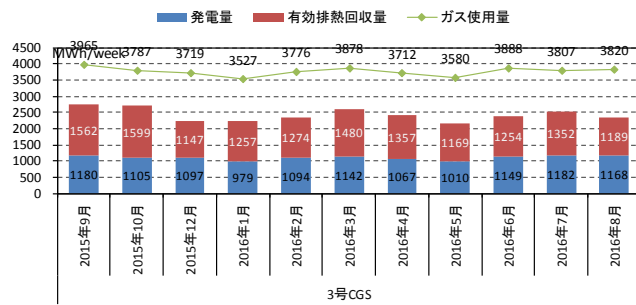
建物情報		CGS関連情報			データ情報		
建物ID	用途	延床面積	種類	定格発電量	設置台数	排熱利用先	計測期間
05	工場(化学プラント)	約413,000㎡	ガスタービン	6530kW	1台	生産反応熱、一部はタービンの吸気温度低下のための吸収式冷凍機に使用	2015/9~2016/8 (毎月1週間のみ)

実測値分析結果

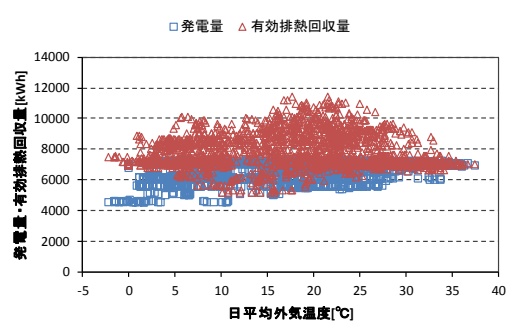
発電量、有効排熱量、ガス使用量と日平均外気温度の推移



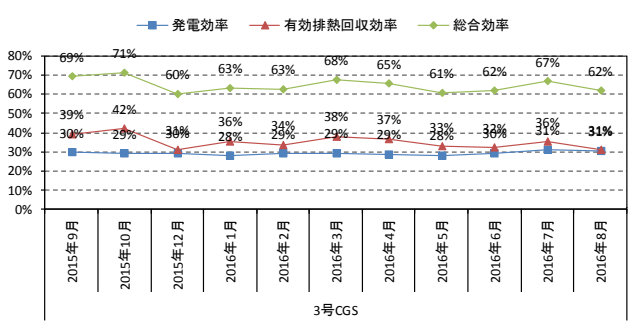
一週間別発電量、有効排熱回収量、ガス使用量の推移



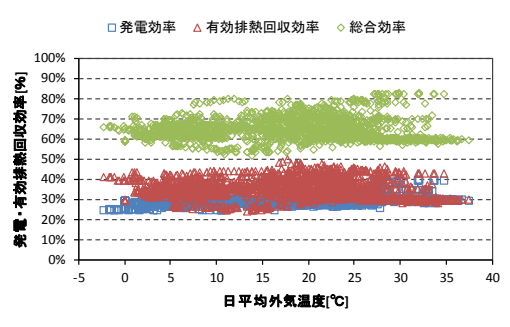
発電量、有効排熱回収量と日平均外気温度の推移



一週間別発電効率、有効排熱回収効率、総合効率の推移



発電効率、有効排熱回収効率、総合効率と日平均外気温度の推移



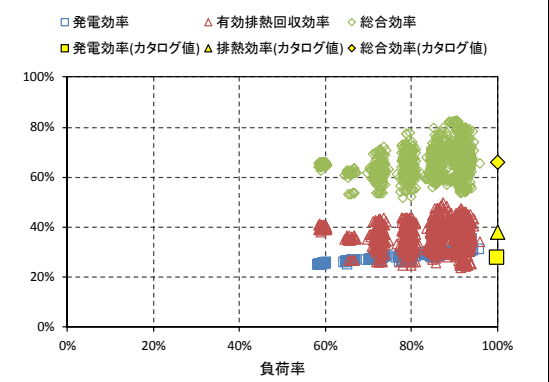
負荷率による発電効率、有効排熱回収効率、総合効率の分布とカタログ値との比較

実測値

負荷率	発電	有効排熱回収	総合	度数
0~10%	-	-	-	0
10~20%	-	-	-	0
20~30%	-	-	-	0
30~40%	-	-	-	0
40~50%	-	-	-	0
50~60%	25%	40%	65%	25
60~70%	26%	35%	61%	39
70~80%	28%	35%	63%	484
80~90%	30%	36%	65%	504
90~100%	30%	35%	66%	796

カタログ値

負荷率	発電	有効排熱回収	総合
100%	27.7%	38.2%	65.9%

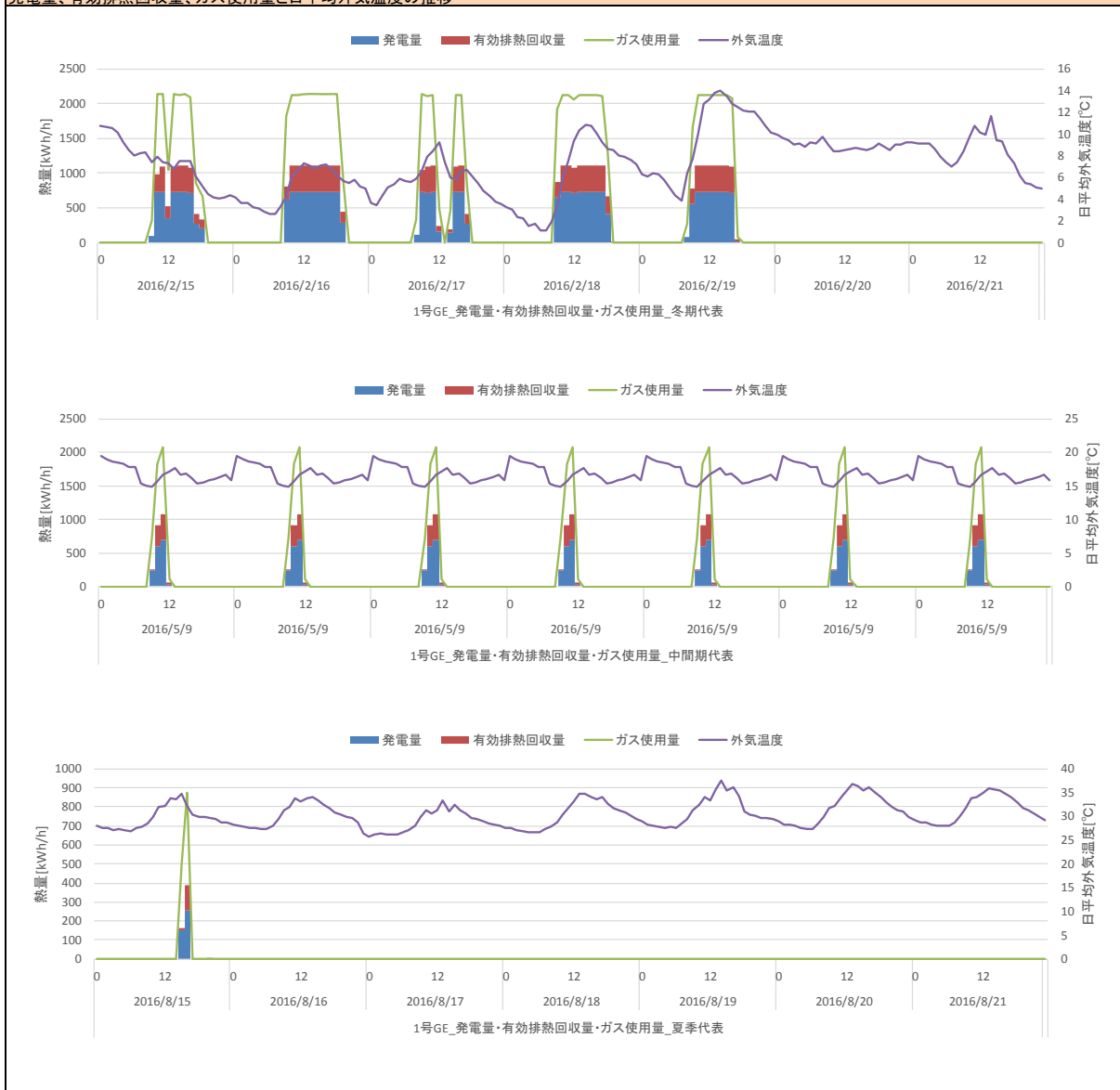


CGU分析結果シート(CGU3)

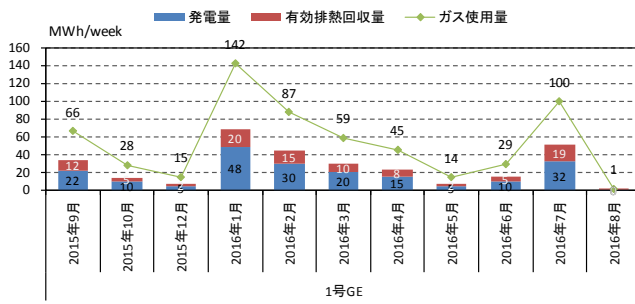
建物情報		CGS関連情報				データ情報	
建物ID	用途	延床面積	種類	定格発電量	設置台数	排熱利用先	計測期間
05	工場(化学プラント)	約413,000㎡	ガスエンジン	735kW	8台	生産反応熱、一部はタービンの吸気温度低下のための吸収式冷凍機に使用	2015/9~2016/8 (毎月1週間のみ)

実測値分析結果

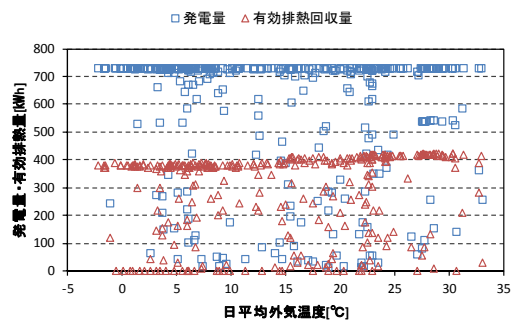
発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移



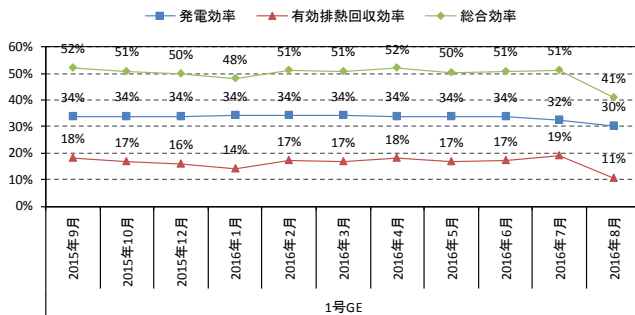
一週間別発電量、有効排熱回収量、ガス使用量の推移



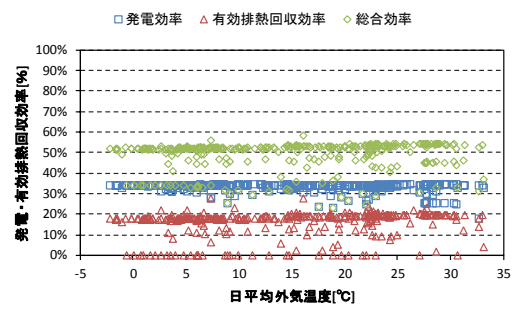
発電量、有効排熱回収量と日平均外気温度の推移



一週間別発電効率、有効排熱回収効率、総合効率の推移



発電効率、有効排熱回収効率、総合効率と日平均外気温度の推移



負荷率による発電効率、有効排熱回収効率、総合効率の分布とカタログ値との比較

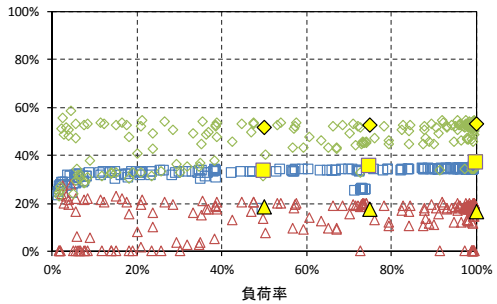
実測値

負荷率	発電	有効排熱回収	総合	度数
0~10%	29%	10%	39%	25
10~20%	32%	10%	42%	12
20~30%	32%	11%	43%	11
30~40%	32%	13%	45%	14
40~50%	30%	18%	48%	6
50~60%	33%	15%	49%	8
60~70%	33%	13%	47%	7
70~80%	29%	17%	46%	18
80~90%	34%	16%	49%	11
90~100%	34%	17%	51%	226

カタログ値

負荷率	発電	有効排熱回収	総合
100%	36.6%	16.3%	52.9%
75%	35.3%	17.3%	52.6%
50%	33.1%	18.6%	51.7%

発電効率、有効排熱回収効率、総合効率と負荷率の推移



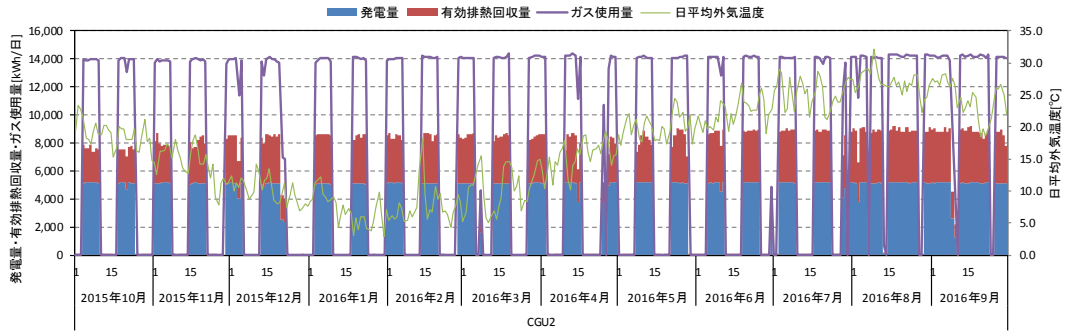
ID08 分析結果

CGU分析結果シート(CGU2)

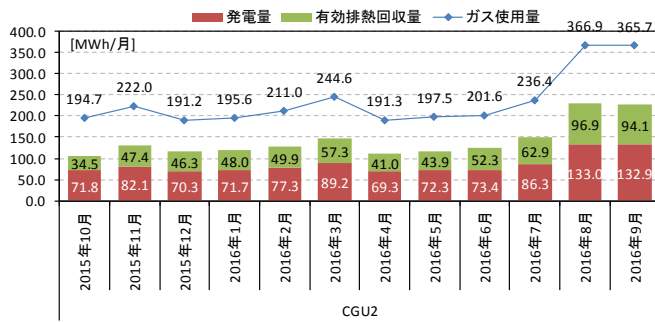
建物情報			CGU関連情報			データ情報	
建物ID	用途	延床面積	種類	定格発電量	設置台数	排熱利用先	計測期間
08	病院	約45,000㎡	ガスエンジン	370kW	2台	給湯、暖房、冷房	2015/10/1～2016/9/30

実測値分析結果

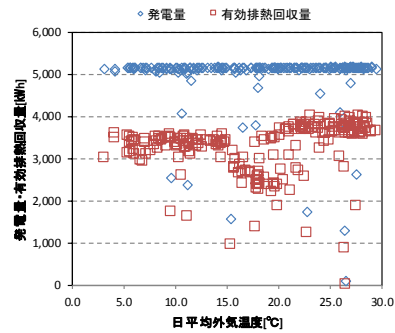
発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移



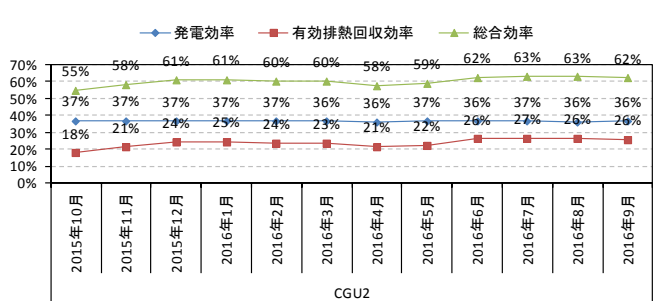
月別発電量、有効排熱回収量、ガス使用量の推移



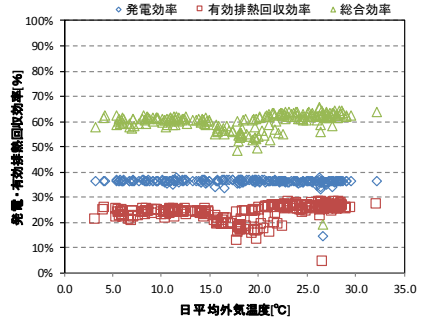
発電量、有効排熱回収量と日平均外気温度の推移



月別発電効率、有効排熱回収効率、総合効率の推移



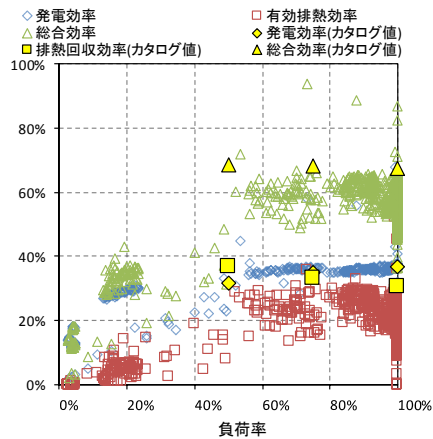
発電効率、有効排熱回収効率、総合効率と日平均外気温度の推移



負荷率による発電効率、有効排熱回収効率、総合効率の分布とカタログ値との比較

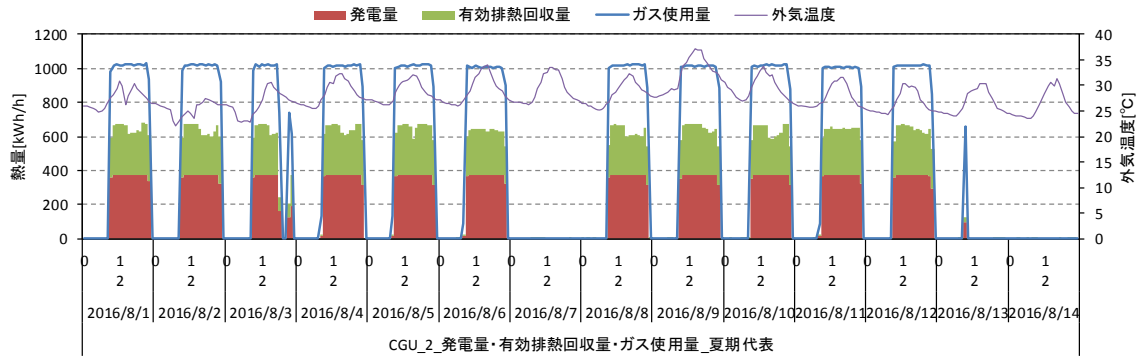
実測効率					
負荷率	発電	有効排熱回収	総合	度数	度数割合
0～10%	13%	0%	13%	52	2%
10～20%	28%	5%	32%	46	2%
20～30%	28%	6%	34%	23	1%
30～40%	19%	8%	27%	4	0%
40～50%	26%	12%	38%	7	0%
50～60%	36%	25%	61%	12	0%
60～70%	36%	23%	58%	28	1%
70～80%	37%	23%	60%	31	1%
80～90%	36%	26%	62%	60	2%
90～100%	37%	24%	61%	2663	91%
				合計	100%

カタログ効率			
負荷率	発電	排熱回収	総合
50%	32%	37%	69%
75%	35%	33%	68%
100%	37%	31%	68%

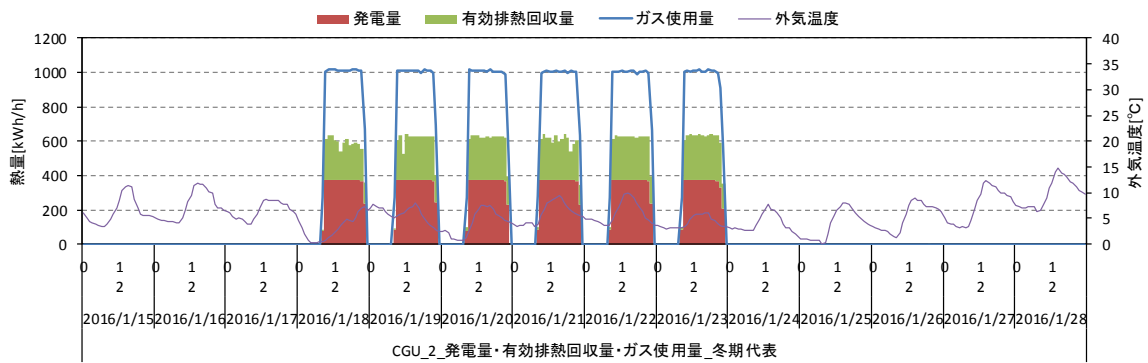


突測値分析結果

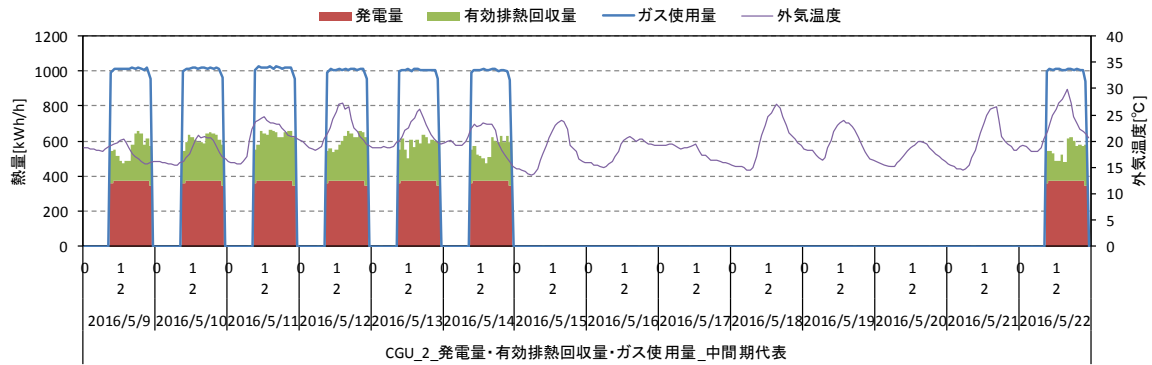
夏期代表週の発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移



冬期代表週の発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移



中間期代表週の発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移

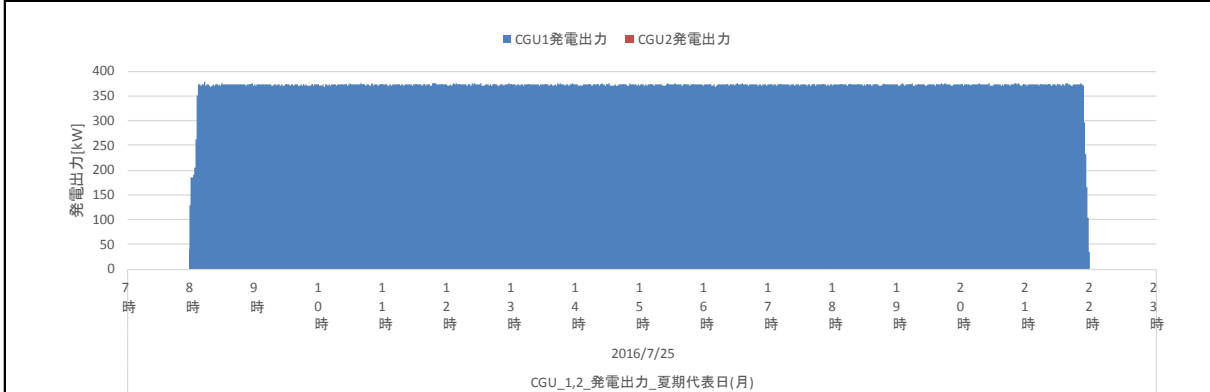


CGU分析結果シート(CGU1,2)

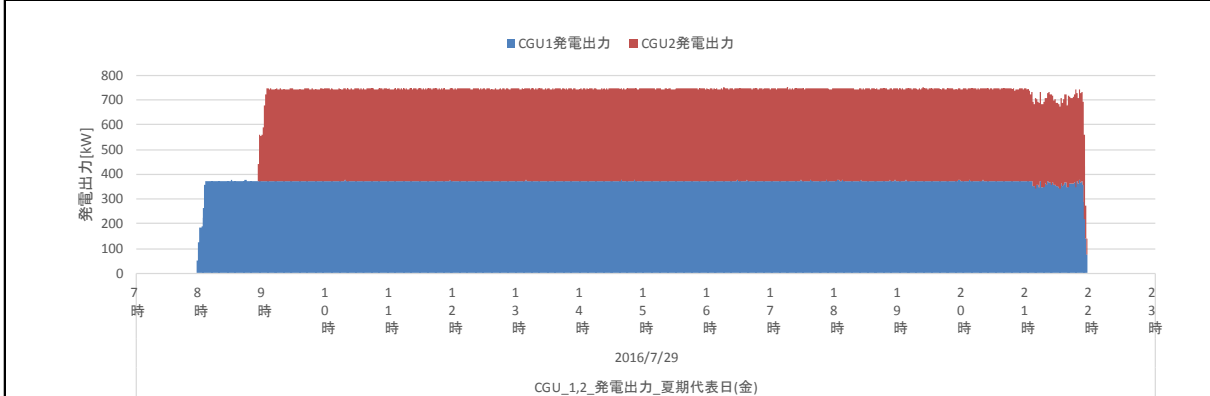
建物情報			CGU関連情報				データ情報	
建物ID	用途	延床面積	種類	定格発電量	設置台数	排熱利用先	計測期間	
08	病院	約45,000㎡	ガスエンジン	370kW	2台	給湯、暖房、冷房	2015/10/1～2016/9/30	

実測値分析結果

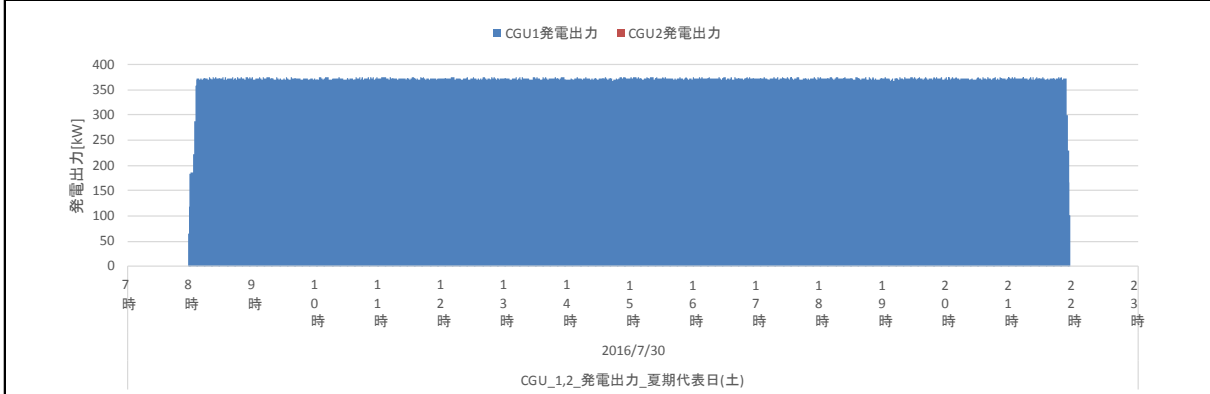
夏期代表日(月)の起動特性、停止特性



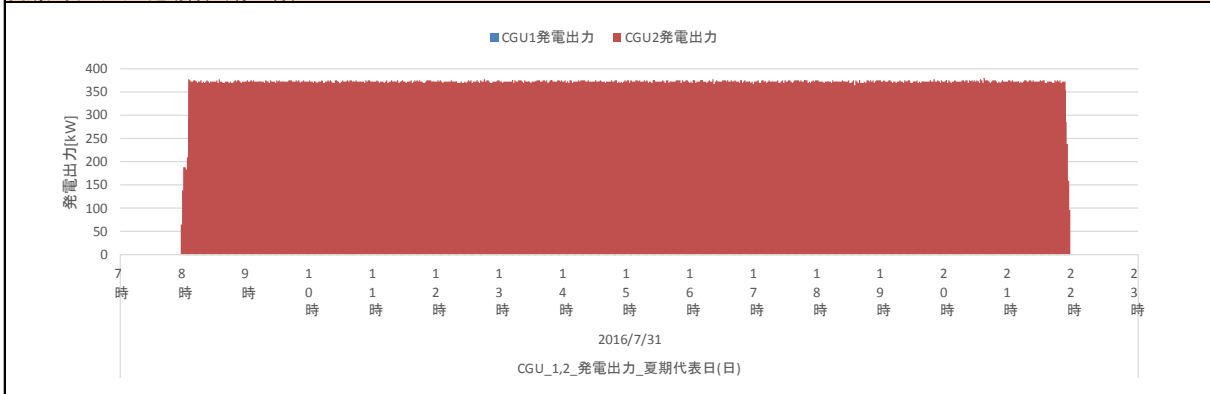
夏期代表日(金)の起動特性、停止特性



夏期代表日(土)の起動特性、停止特性



夏期代表日(日)の起動特性、停止特性

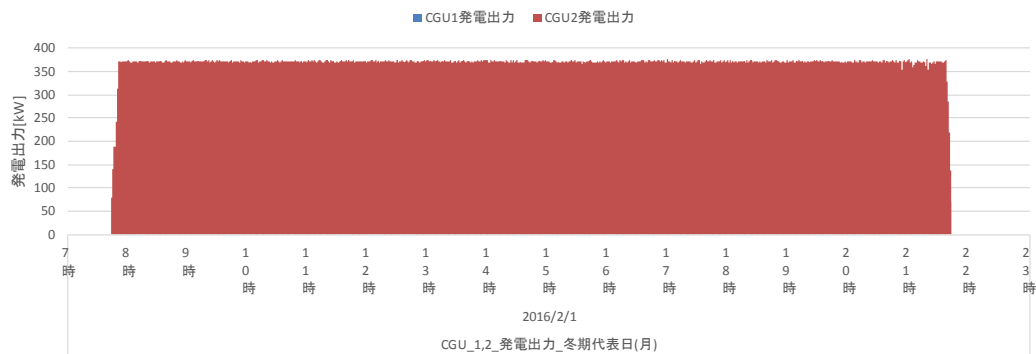


CGU分析結果シート(CGU1,2)

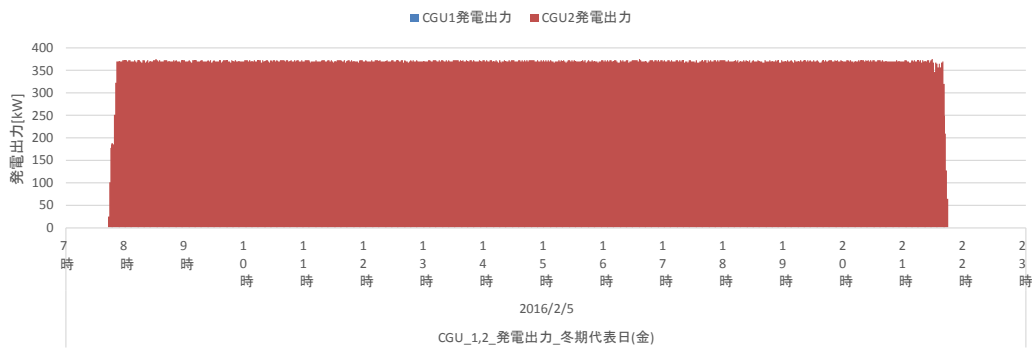
建物情報			CGU関連情報				データ情報
建物ID	用途	延床面積	種類	定格発電量	設置台数	排熱利用先	計測期間
08	病院	約45,000㎡	ガスエンジン	370kW	2台	給湯、暖房、冷房	2015/10/1～2016/9/30

実測値分析結果

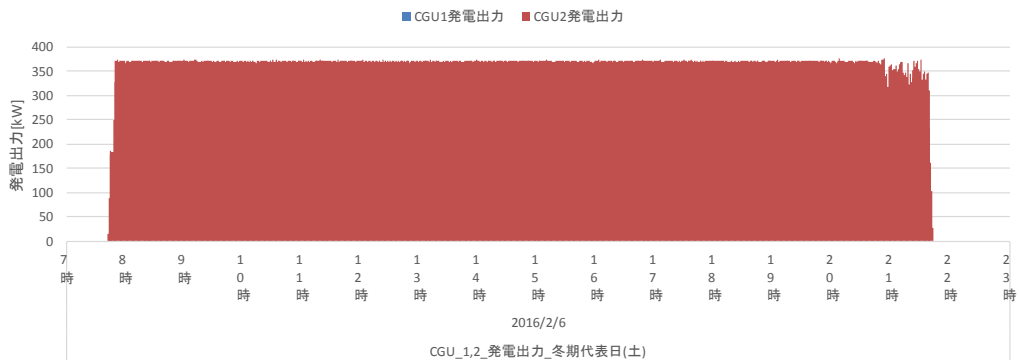
冬期代表日(月)の起動特性、停止特性



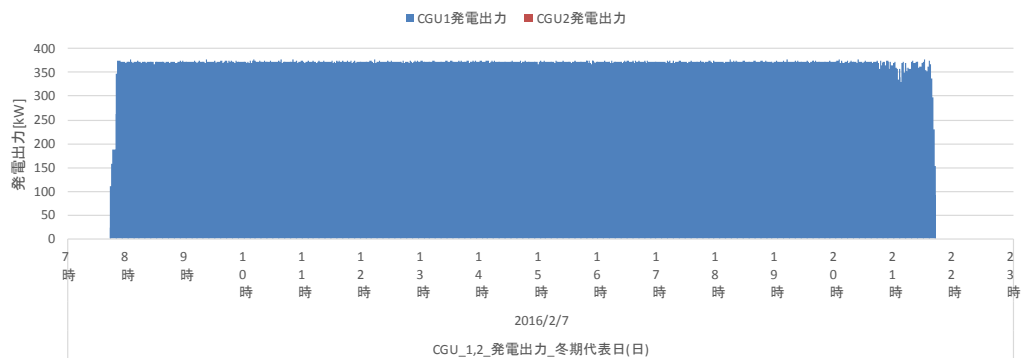
冬期代表日(金)の起動特性、停止特性



冬期代表日(土)の起動特性、停止特性



夏期代表日(日)の起動特性、停止特性



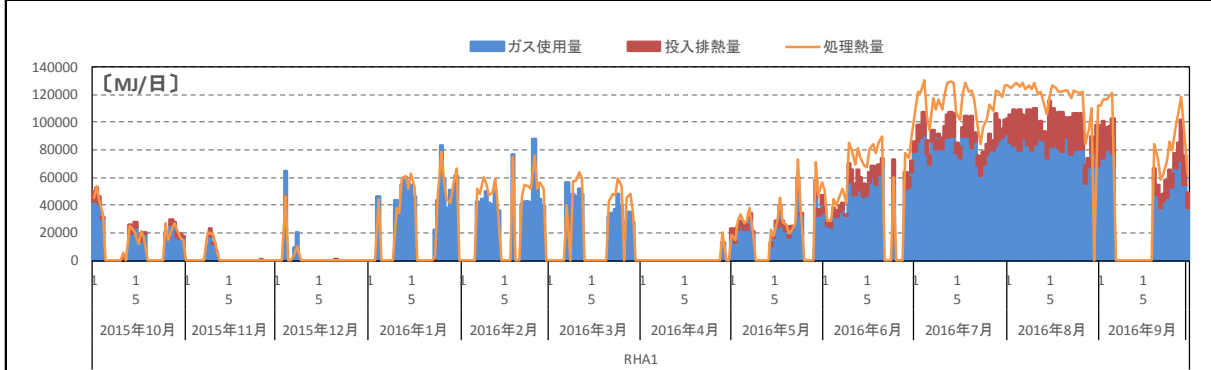
※ガス消費量、投入排熱量のデータが2台合計値しかないのので、2台中1台単独稼働時を抜き出して分析している

RHA分析結果シート(RHA1)

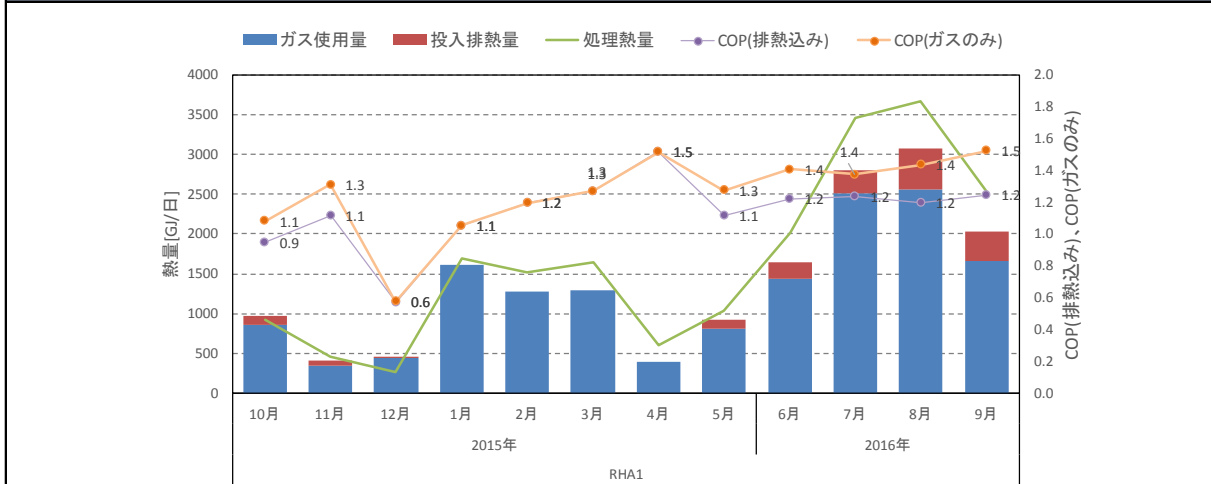
建物情報			RHA関連情報			データ情報
建物ID	用途	延床面積	種類	定格冷房能力	定格暖房能力	設置台数
08	病院	約45,000㎡	二重効用吸収冷水機	1,583kW	1,050kW	2台
						計測期間
						2015/10/1~2016/9/30

実測値分析結果

ガス使用量、投入排熱量、処理熱量の月別推移



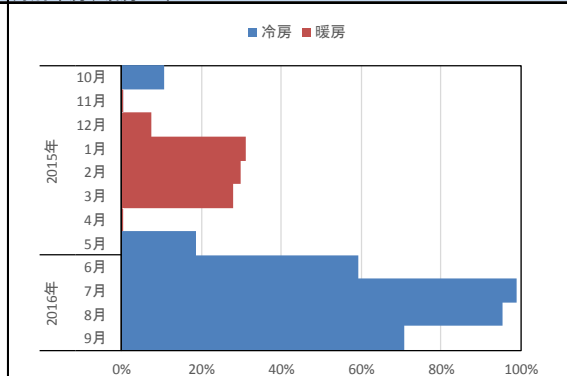
月別ガス使用量、投入排熱量、処理熱量とCOP(排熱込み),COP(ガスのみ)の関係



月別冷房、暖房、停止比率

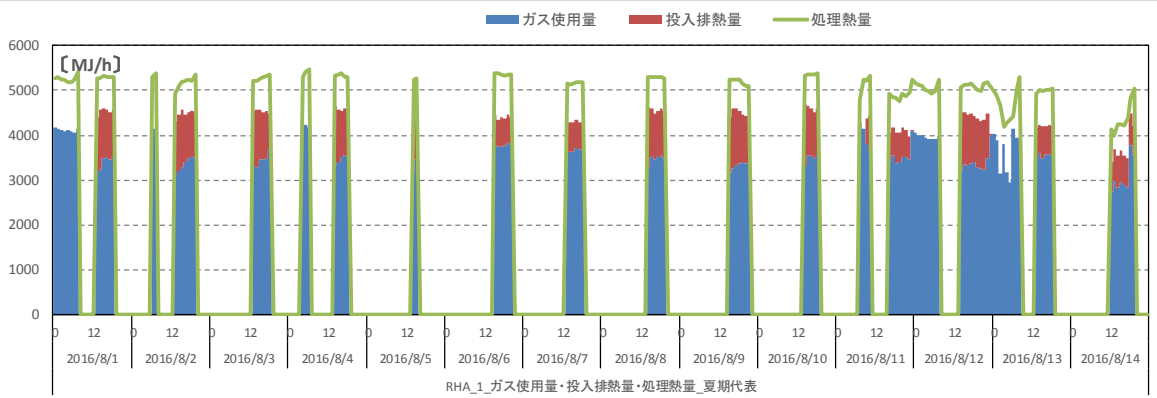
年	月	N	冷房	暖房	停止
2015	10	744	11%	0%	89%
2015	11	720	0%	0%	100%
2015	12	744	0%	8%	92%
2016	1	744	0%	31%	69%
2016	2	696	0%	30%	70%
2016	3	744	0%	28%	72%
2016	4	720	0%	0%	100%
2016	5	744	19%	0%	81%
2016	6	720	59%	0%	41%
2016	7	744	99%	0%	1%
2016	8	744	95%	0%	5%
2016	9	720	71%	0%	29%

月別冷房、暖房比率

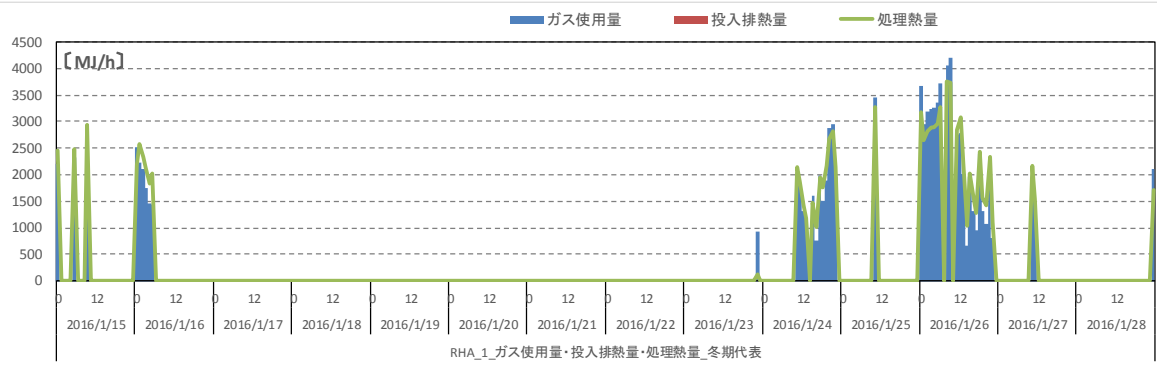


実測値分析結果

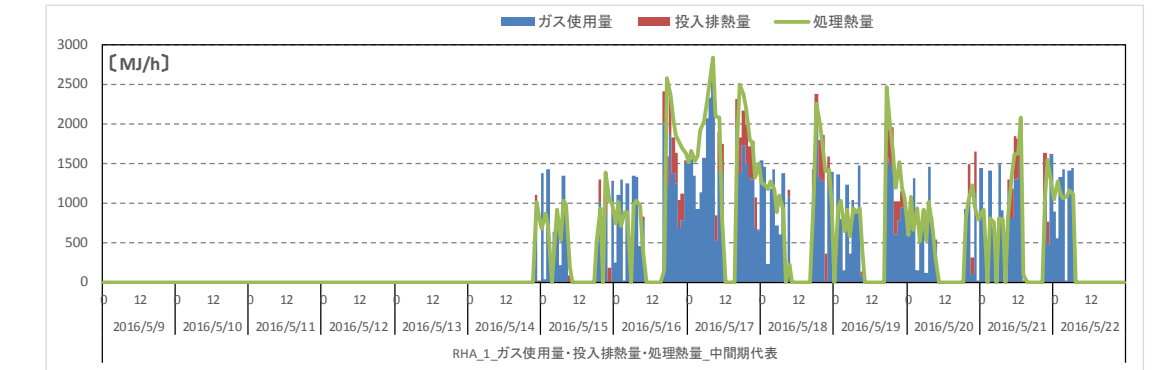
ガス使用量、投入排熱量、処理熱量の月別推移



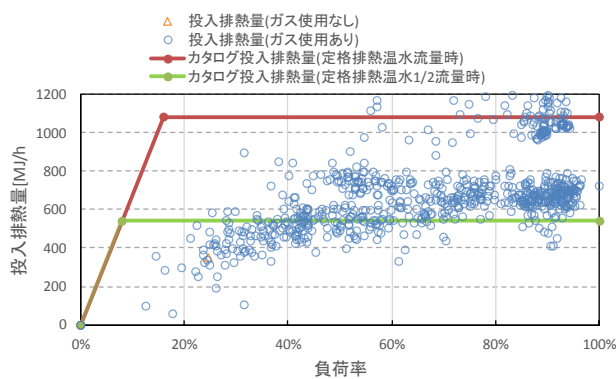
月別ガス使用量、投入排熱量、処理熱量とCOP(排熱込み)の関係



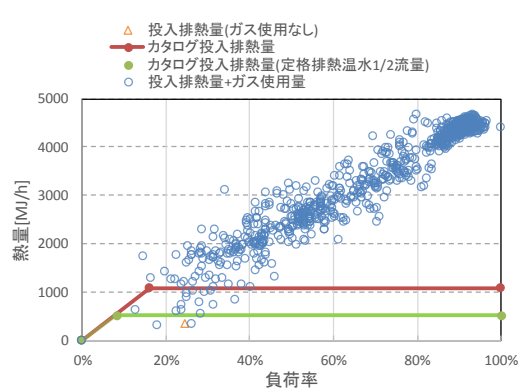
月別ガス使用量、投入排熱量、処理熱量とCOP(ガスのみ)の関係



負荷率と投入排熱量とカタログ特性の比較



負荷率と投入排熱量、ガス使用量の関係



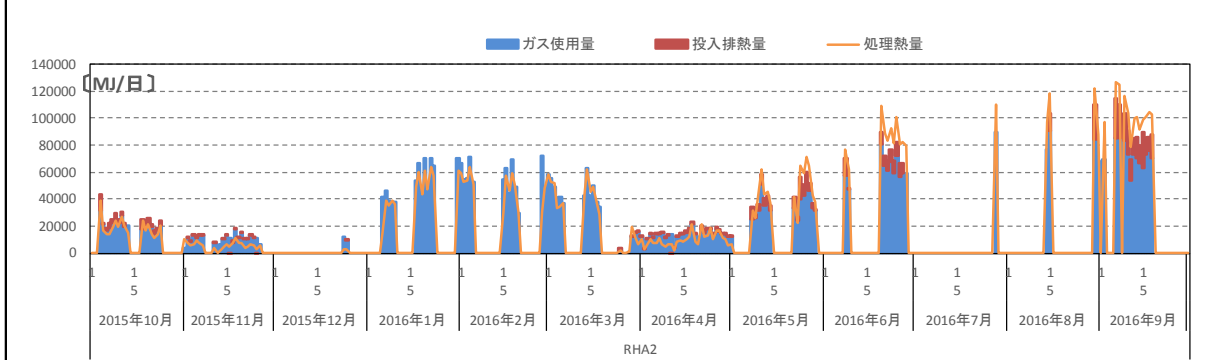
※ガス消費量、投入排熱量のデータが2台合計値しかないので、2台中1台単稼働時を抜き出して分析している

RHA分析結果シート(RHA2)

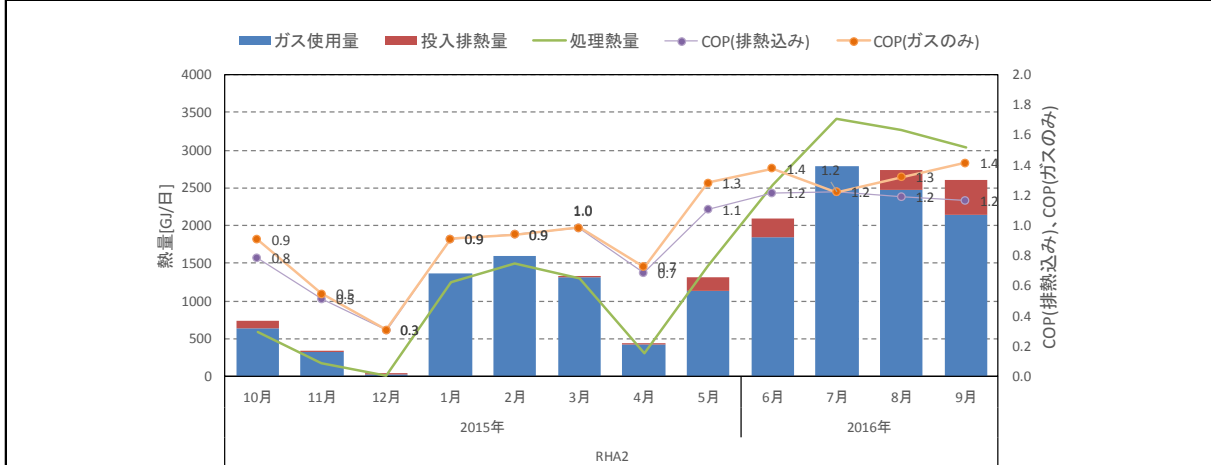
建物情報			RHA関連情報			データ情報	
建物ID	用途	延床面積	種類	定格冷房能力	定格暖房能力	設置台数	計測期間
08	病院	約45,000㎡	二重効用吸収冷水機	1,583kW	1,050kW	2台	2015/10/1～2016/9/30

実測値分析結果

ガス使用量、投入排熱量、処理熱量の月別推移



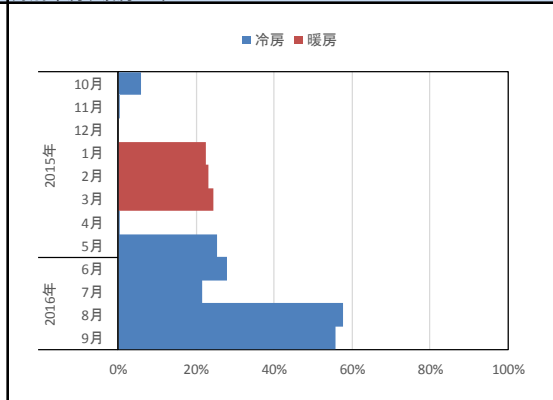
月別ガス使用量、投入排熱量、処理熱量とCOP(排熱込み),COP(ガスのみ)の関係



月別冷房、暖房、停止比率

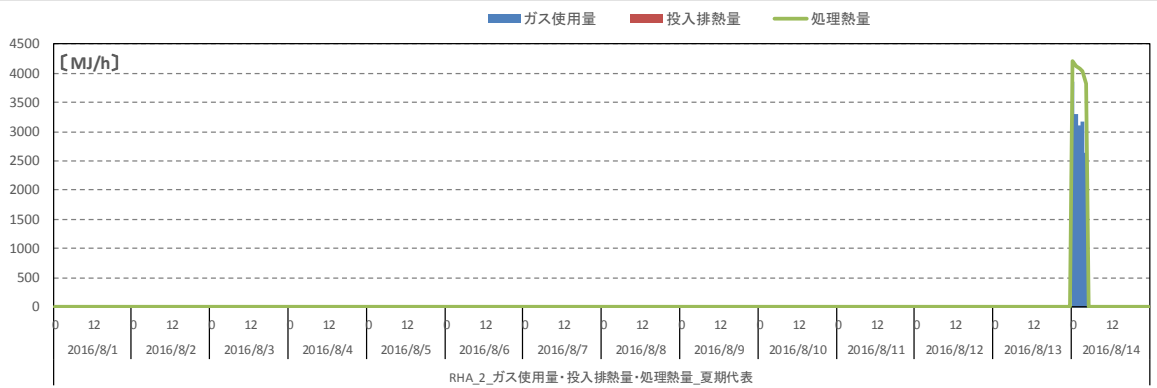
年	月	N	冷房	暖房	停止
2015	10	744	6%	0%	94%
2015	11	720	0%	0%	100%
2015	12	744	0%	0%	100%
2016	1	744	23%	0%	77%
2016	2	696	23%	0%	77%
2016	3	744	25%	0%	75%
2016	4	720	1%	0%	99%
2016	5	744	25%	0%	75%
2016	6	720	28%	0%	72%
2016	7	744	22%	0%	78%
2016	8	744	58%	0%	42%
2016	9	720	56%	0%	44%

月別冷房、暖房比率

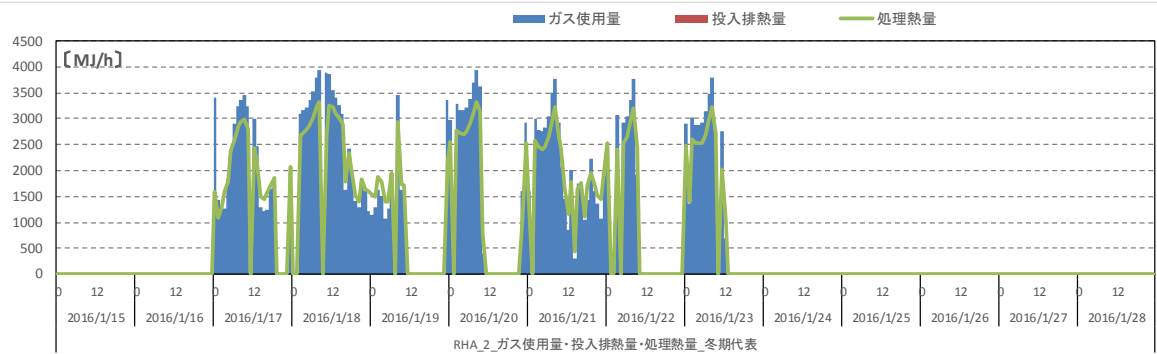


実測値分析結果

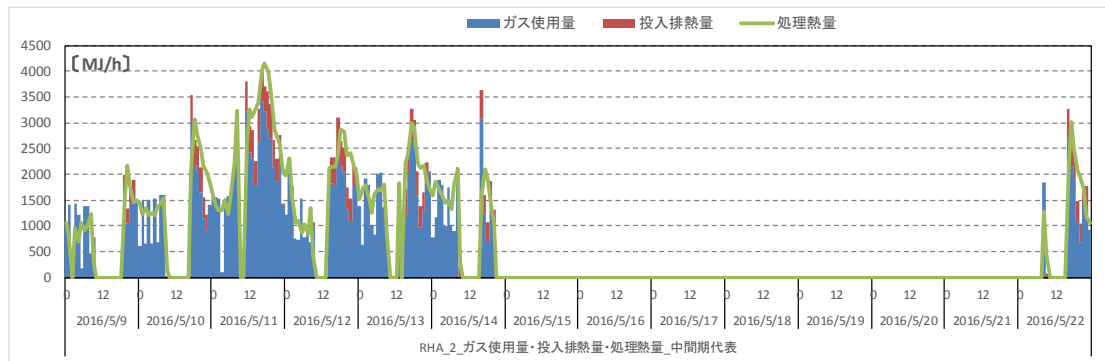
ガス使用量、投入排熱量、処理熱量の月別推移



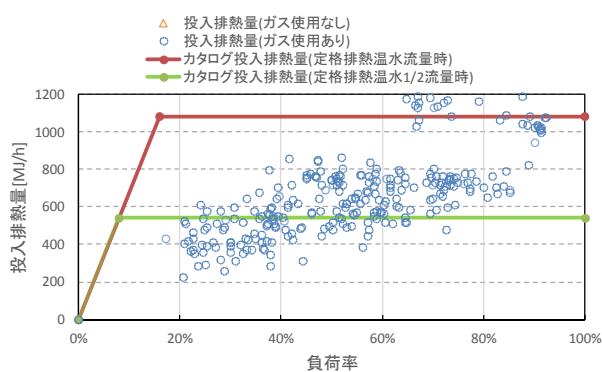
月別ガス使用量、投入排熱量、処理熱量とCOP(排熱込み)の関係



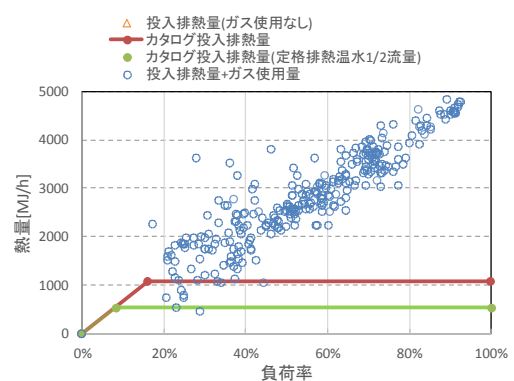
月別ガス使用量、投入排熱量、処理熱量とCOP(ガスのみ)の関係



負荷率と投入排熱量とカタログ特性の比較



負荷率と投入排熱量、ガス使用量の関係

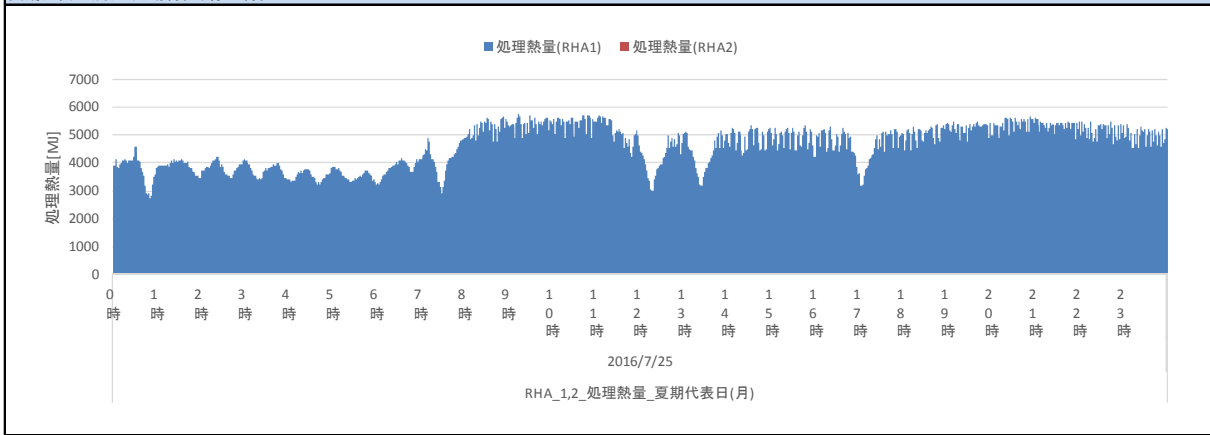


RHA分析結果シート(RHA1,2)

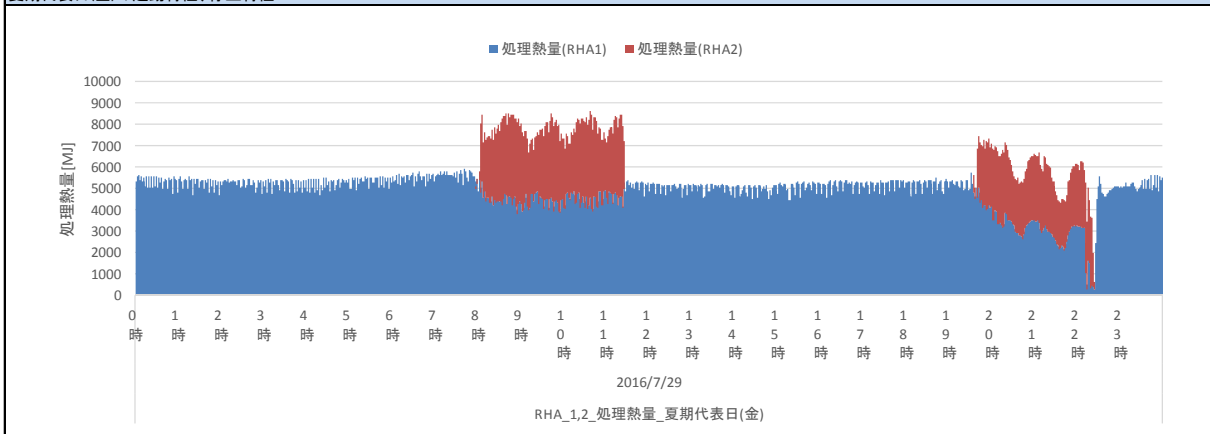
建物情報			RHA関連情報				データ情報	
建物ID	用途	延床面積	種類	定格冷房能力	定格暖房能力	設置台数	計測期間	
08	病院	約45,000㎡	二重効用吸収冷水機	1,583kW	1,050kW	2台	2015/10/1～2016/9/30	

実測値分析結果

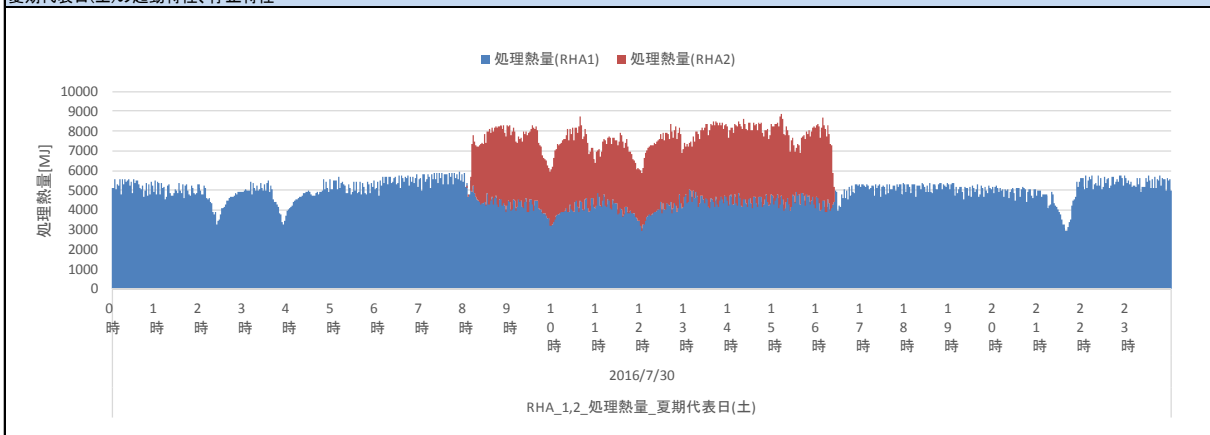
夏期代表日(月)の起動特性、停止特性



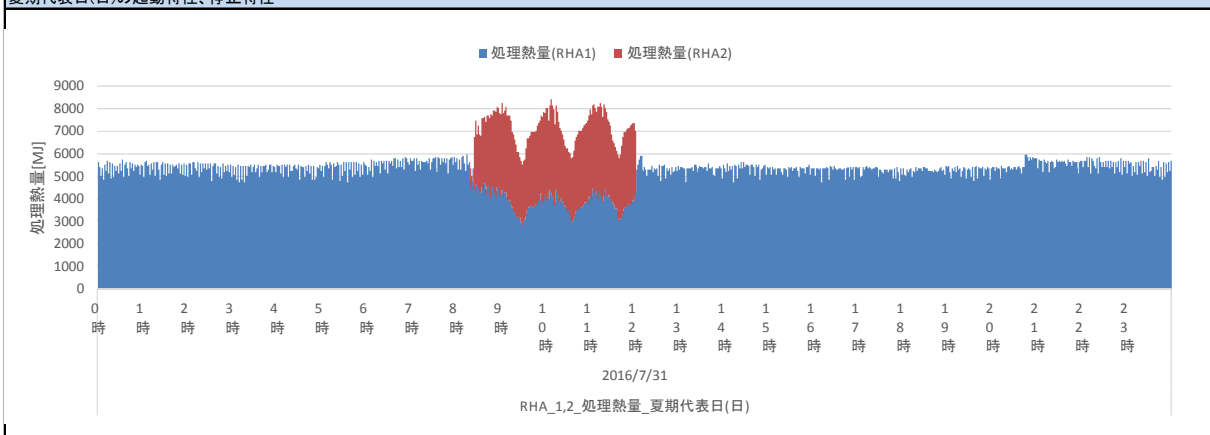
夏期代表日(金)の起動特性、停止特性



夏期代表日(土)の起動特性、停止特性



夏期代表日(日)の起動特性、停止特性

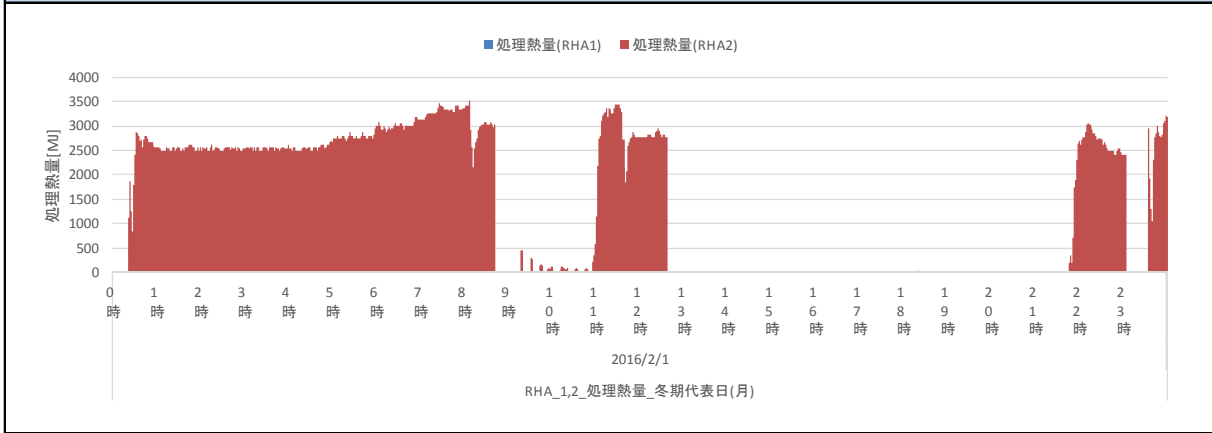


RHA分析結果シート(RHA1,2)

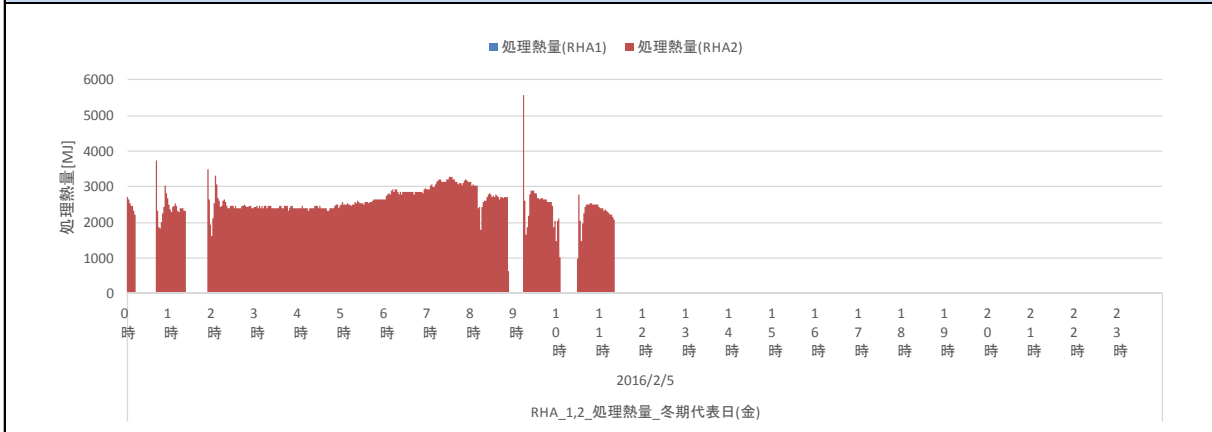
建物情報			RHA関連情報				データ情報	
建物ID	用途	延床面積	種類	定格冷房能力	定格暖房能力	設置台数	計測期間	
08	病院	約45,000㎡	二重効用吸収冷温水機	1,583kW	1,050kW	2台	2015/10/1～2016/9/30	

実測値分析結果

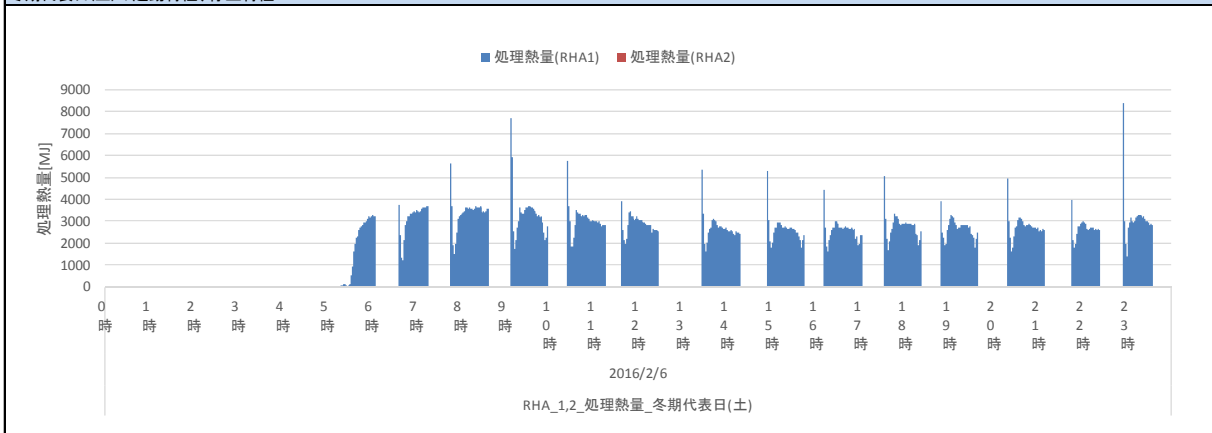
冬期代表日(月)の起動特性、停止特性



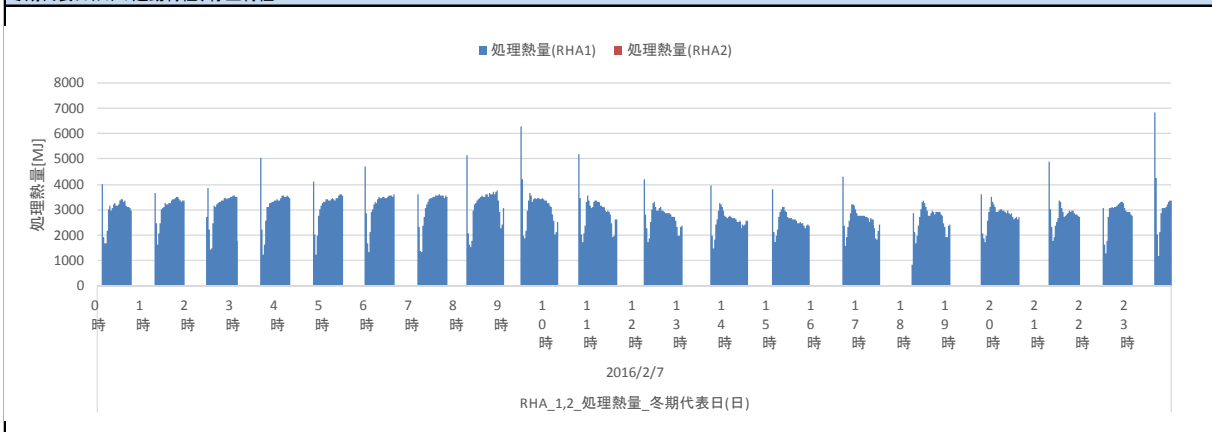
冬期代表日(金)の起動特性、停止特性



冬期代表日(土)の起動特性、停止特性



冬期代表日(日)の起動特性、停止特性

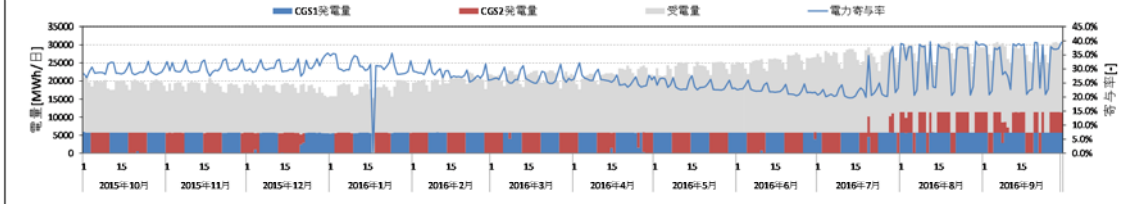


システム分析結果シート

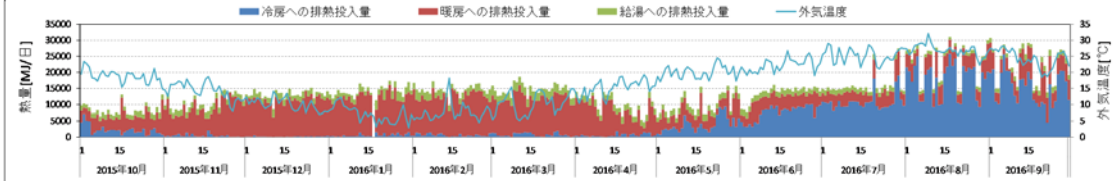
建物情報		CGS排熱利用情報		データ情報	
建物ID	用途	延床面積	排熱利用機器	優先順位	計測期間
OS	病院	約45,000㎡	RHA、暖房用HEX、給湯用HEX	①冷房 ②暖房 ③給湯	2015/10/1~2016/9/30

実測値分析結果

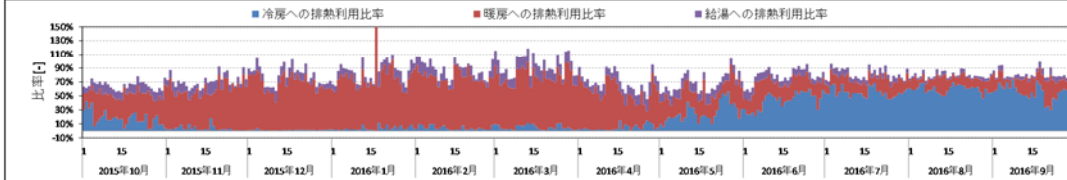
発電量、有効排熱量、ガス使用量と日平均外気温の推移



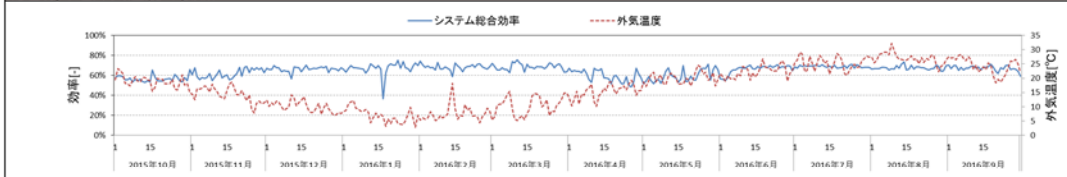
月別排熱投入量と外気温の関係



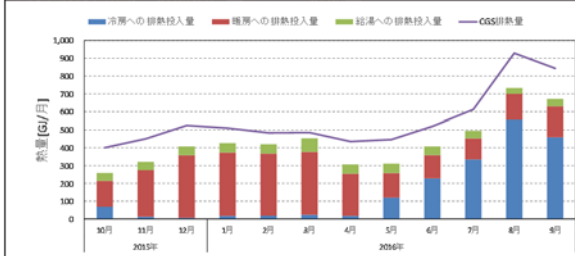
排熱の利用率の月別推移



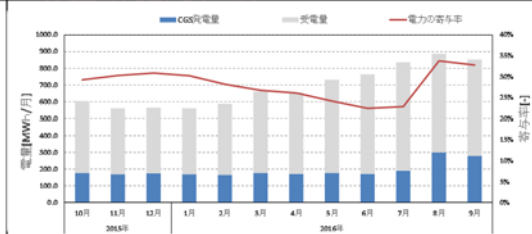
総合効率と外気温の関係



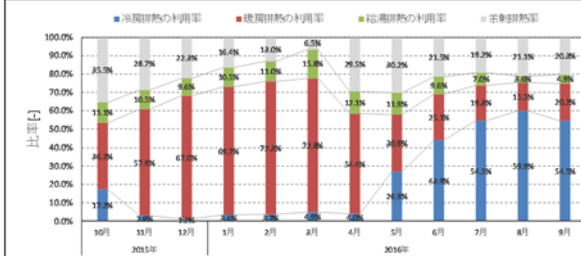
冷房、暖房、給湯の排熱投入量とCGSの排熱量



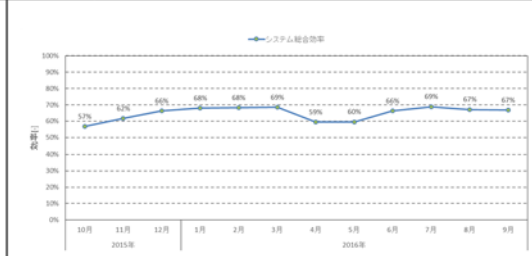
CGS発電量、受電量、電力の寄与率



冷房、暖房、給湯の排熱の利用率



月別総合効率



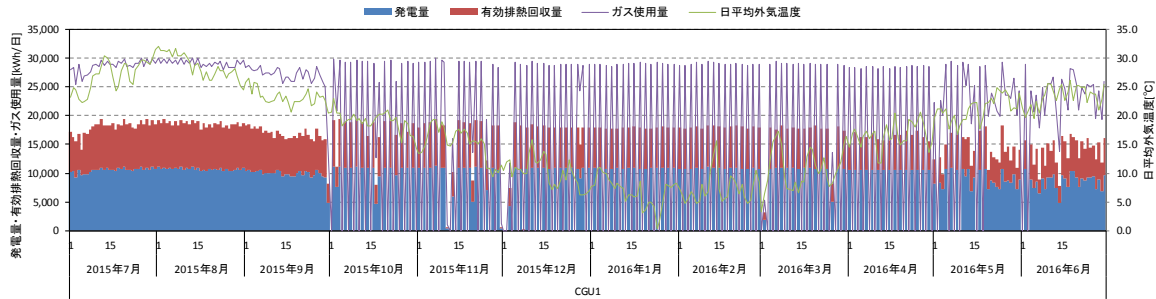
ID10 分析結果

CGU分析結果シート(CGU1)

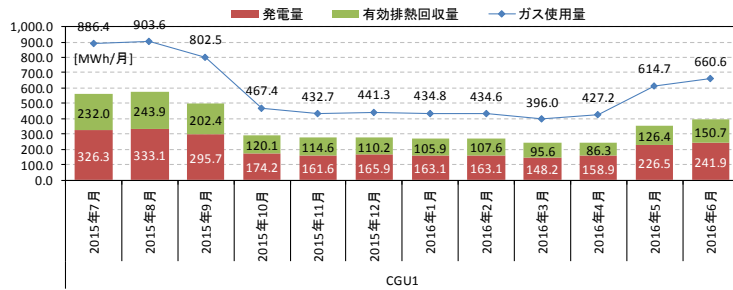
建物情報			CGU関連情報			データ情報	
建物ID	用途	延床面積	種類	定格発電量	設置台数	排熱回収利用先	計測期間
10	物販店舗、飲食店	約76,000㎡	ガスエンジン	815kW	2台	暖房、冷房	2015/7/1～2016/9/30

実測値分析結果

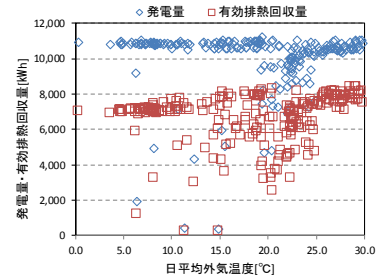
発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移



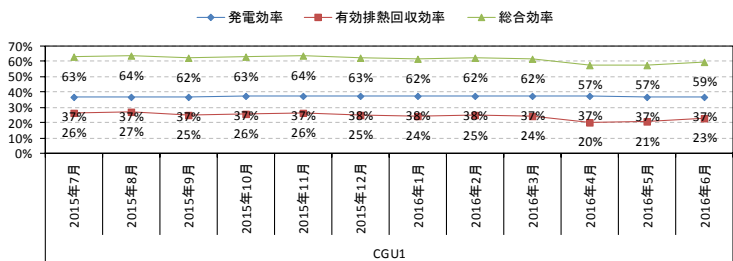
月別発電量、有効排熱回収量、ガス使用量の推移



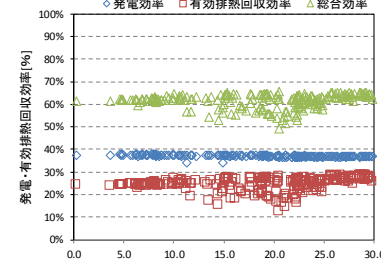
発電量、有効排熱回収量と日平均外気温度の推移



月別発電効率、有効排熱回収効率、総合効率の推移



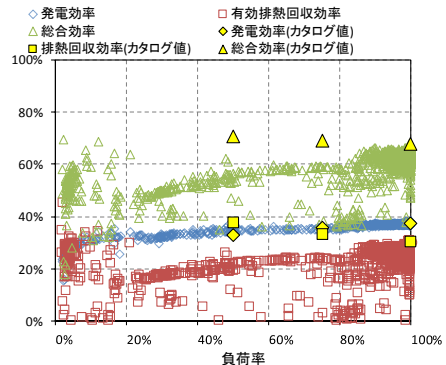
発電効率、有効排熱回収効率、総合効率と日平均外気温度の推移



負荷率による発電効率、有効排熱回収効率、総合効率の分布とカタログ値との比較

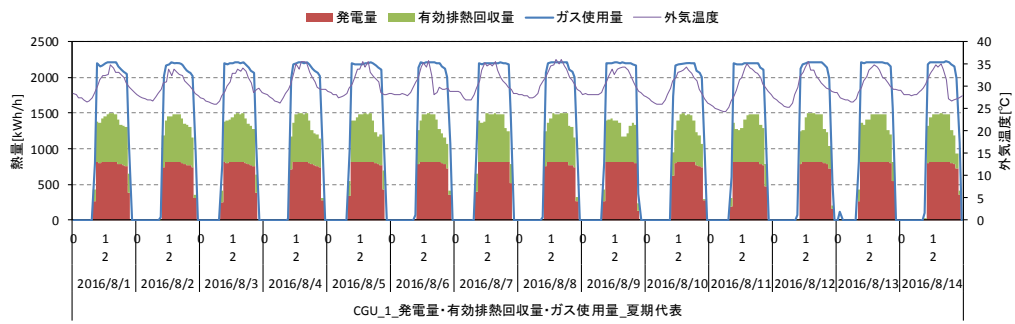
負荷率	発電	有効排熱回収	総合	度数	度数割合
0～10%	27%	24%	51%	96	4%
10～20%	32%	14%	46%	30	1%
20～30%	32%	16%	48%	37	1%
30～40%	33%	16%	49%	42	2%
40～50%	34%	19%	53%	42	2%
50～60%	35%	19%	54%	20	1%
60～70%	35%	20%	55%	22	1%
70～80%	35%	17%	53%	32	1%
80～90%	36%	18%	54%	102	4%
90～%	37%	26%	64%	2088	83%
合計					100%

負荷率	発電	排熱回収	総合
50%	33%	38%	71%
75%	36%	33%	69%
100%	37%	31%	68%

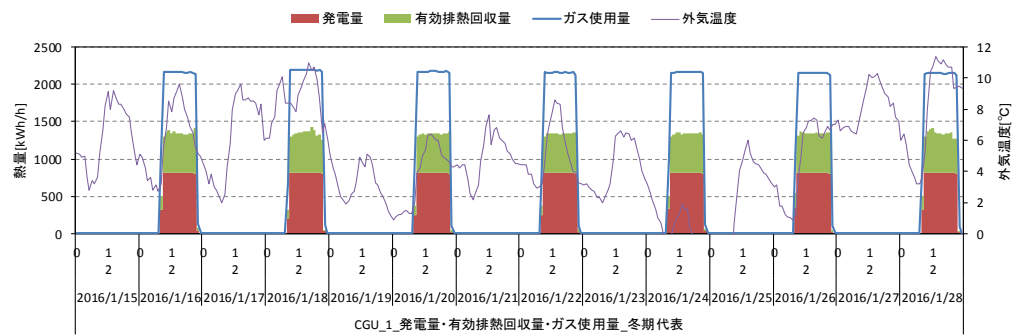


実測値分析結果

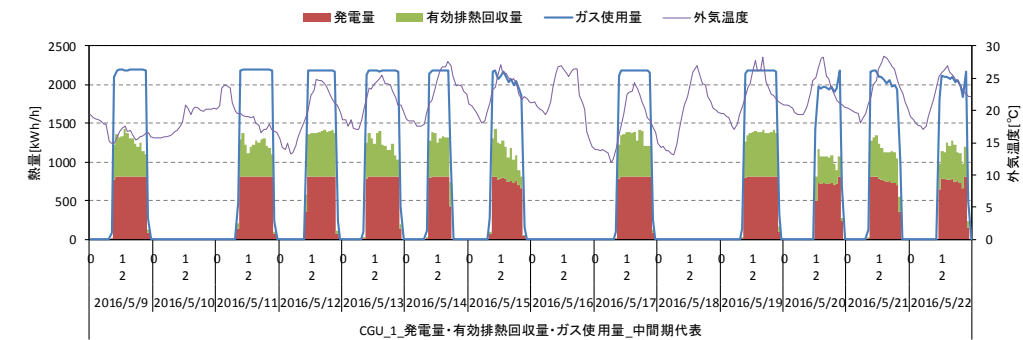
夏期代表週の発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移



冬期代表週の発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移

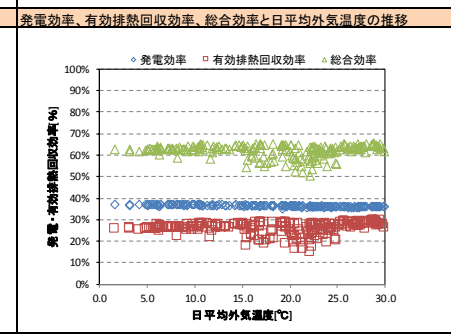
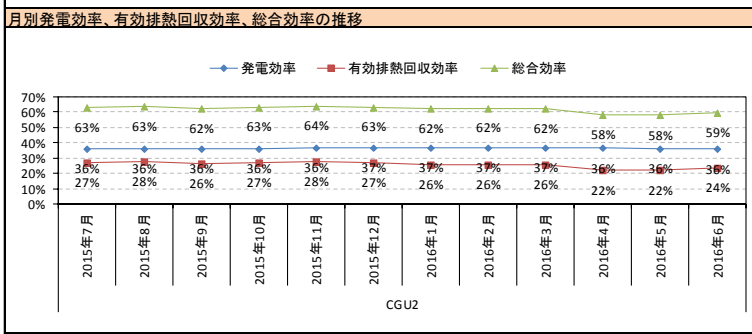
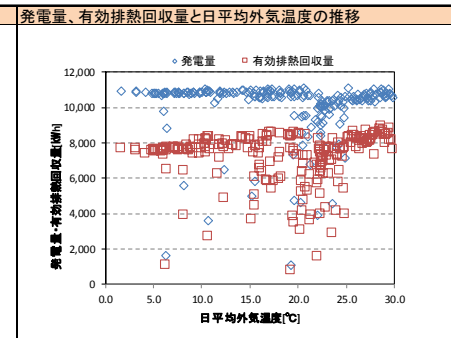
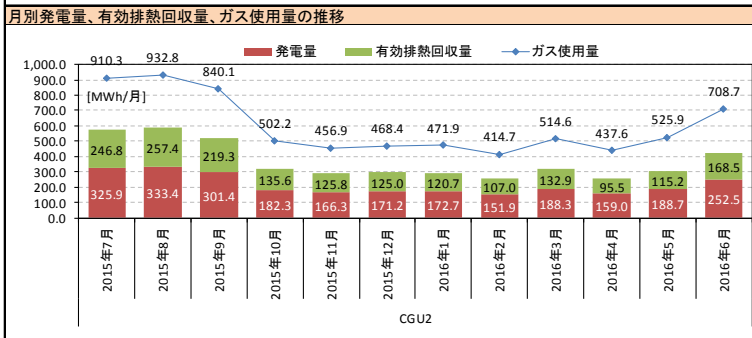
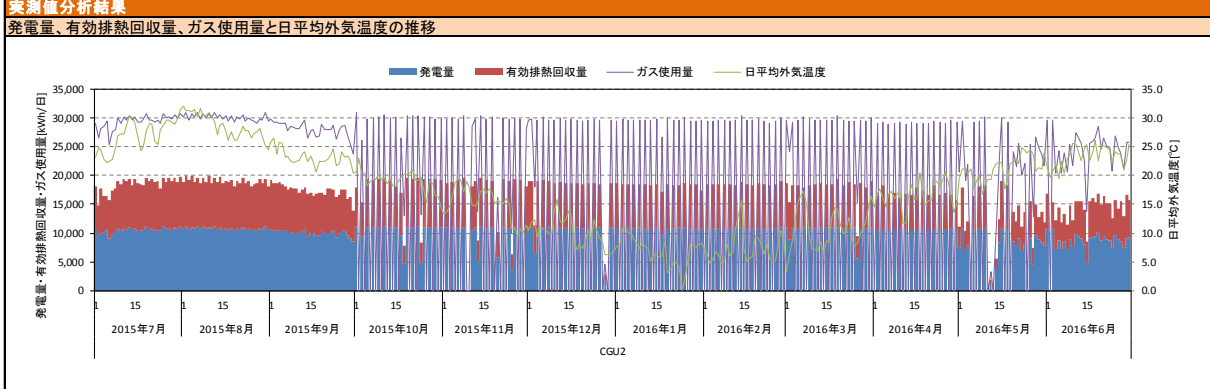


中間期代表週の発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移



CGU分析結果シート(CGU2)

建物情報		CGU関連情報			データ情報	
建物ID	用途	延床面積	種類	定格発電量	設置台数	排熱回収利用先
10	物販店舗、飲食店	約76,000㎡	ガスエンジン	815kW	2台	暖房、冷房
実測値分析結果				計測期間		
発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移				2015/7/1～2016/9/30		



負荷率による発電効率、有効排熱回収効率、総合効率の分布とカタログ値との比較

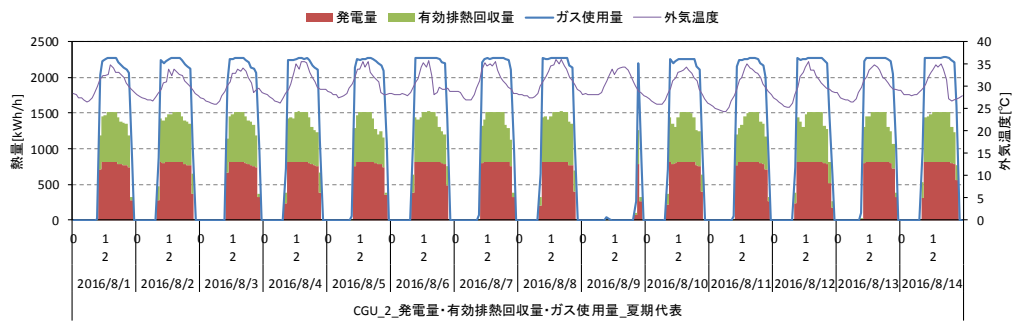
実測効率	負荷率	発電 (%)	有効排熱回収 (%)	総合 (%)	度数	度数割合
0~10%	26%	24%	51%	94	4%	
10~20%	31%	15%	46%	24	1%	
20~30%	32%	16%	48%	48	2%	
30~40%	32%	16%	49%	34	1%	
40~50%	34%	18%	52%	32	1%	
50~60%	34%	20%	54%	32	1%	
60~70%	34%	19%	53%	21	1%	
70~80%	35%	20%	54%	31	1%	
80~90%	35%	19%	54%	96	4%	
90~100%	36%	27%	64%	2099	84%	
合計					100%	

カタログ効率	負荷率	発電 (%)	排熱回収 (%)	総合 (%)
50%	33%	38%	71%	
75%	36%	33%	69%	
100%	37%	31%	68%	

負荷率

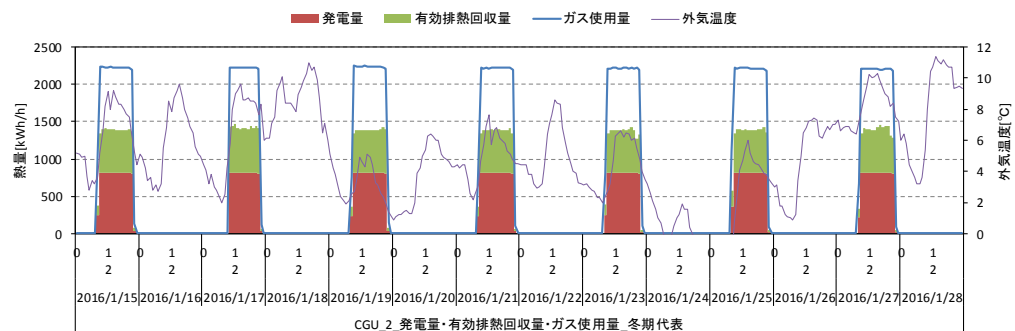
実測値分析結果

夏期代表週の発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移



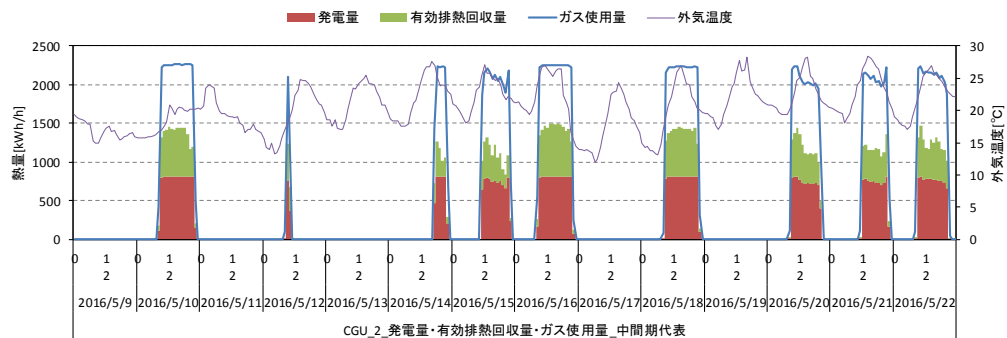
CGU_2_発電量・有効排熱回収量・ガス使用量_夏期代表

冬期代表週の発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移



CGU_2_発電量・有効排熱回収量・ガス使用量_冬期代表

中間期代表週の発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移



CGU_2_発電量・有効排熱回収量・ガス使用量_中間期代表

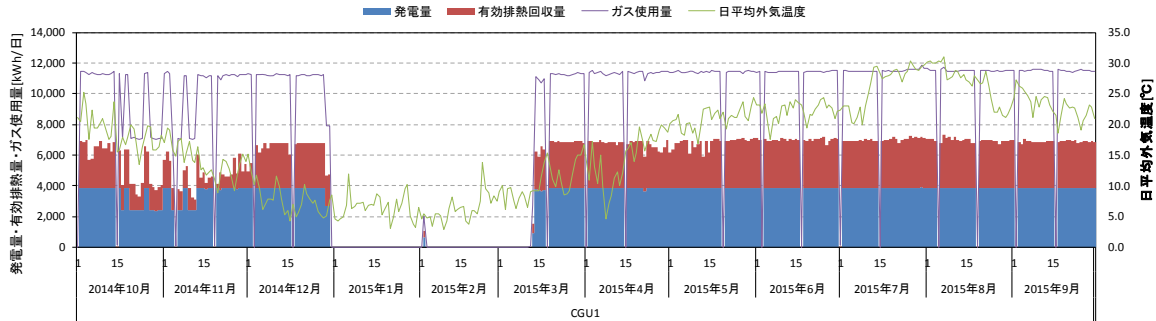
ID13 分析結果

CGU分析結果シート(CGU1)

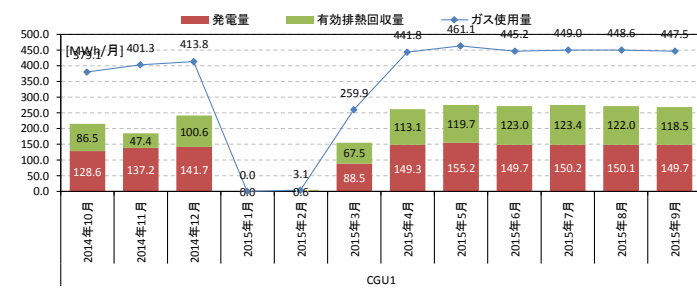
建物情報		CGU関連情報			データ情報		
建物ID	用途	延床面積	種類	定格発電量	設置台数	排熱回収利用先	計測期間
13	体育館・屋内プール	約21,000㎡	ガスエンジン	350kW	1台	暖房、冷房、給湯	2014/10/01～2015/9/30

実測値分析結果

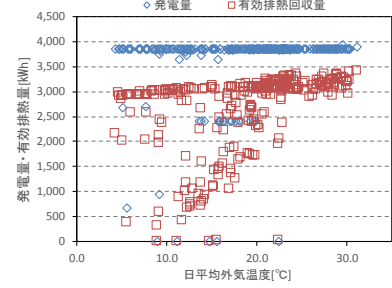
発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温の推移



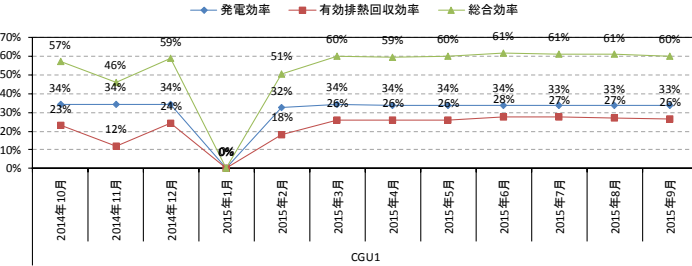
月別発電量、有効排熱回収量、ガス使用量の推移



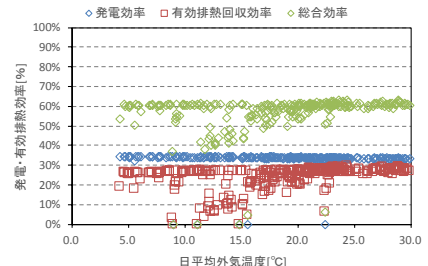
発電量、有効排熱回収量と日平均外気温の推移



月別発電効率、有効排熱回収効率、総合効率の推移



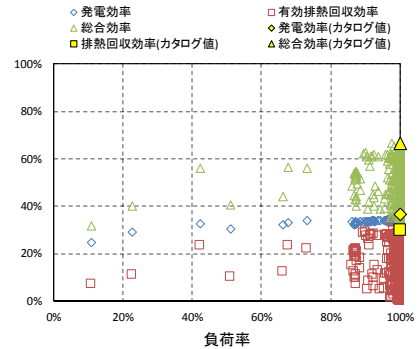
発電効率、有効排熱回収効率、総合効率と日平均外気温の推移



負荷率による発電効率、有効排熱回収効率、総合効率の分布とカタログ値との比較

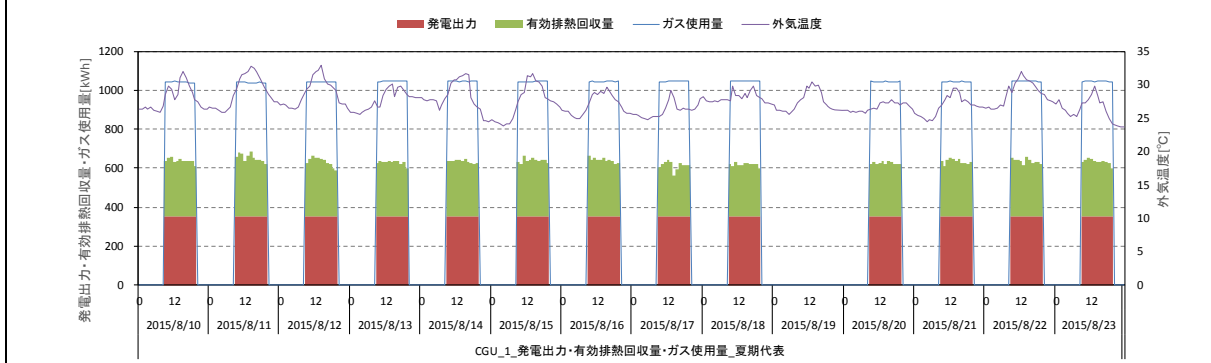
負荷率	発電	有効排熱回収	総合	度数	度数割合
0～10%	-	-	-	0	0
10～20%	25%	7%	32%	1	0
20～30%	29%	11%	40%	1	0
30～40%	-	-	-	0	0
40～50%	33%	23%	56%	1	0
50～60%	31%	10%	41%	1	0
60～70%	33%	18%	50%	2	0
70～80%	34%	22%	56%	1	0
80～90%	33%	18%	50%	22	0
90～100%	34%	25%	58%	2919	1
合計					100%

負荷率	発電効率	排熱回収効率	総合効率
100%	37%	30%	67%

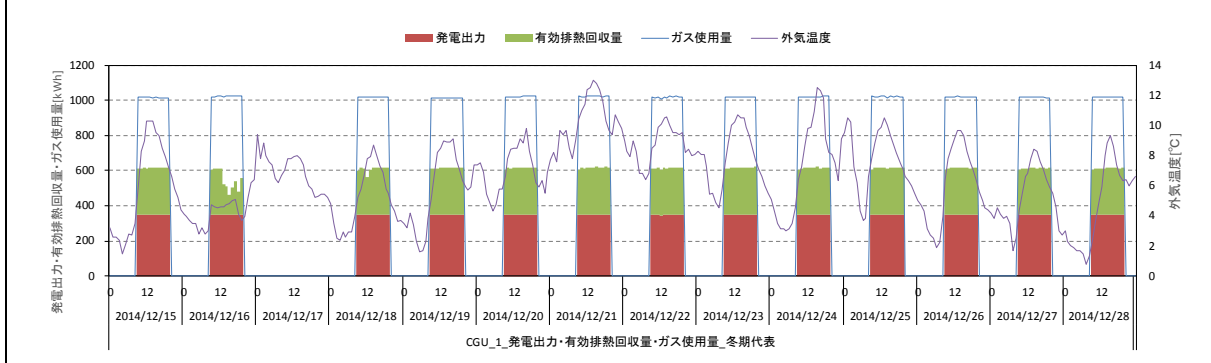


実測値分析結果

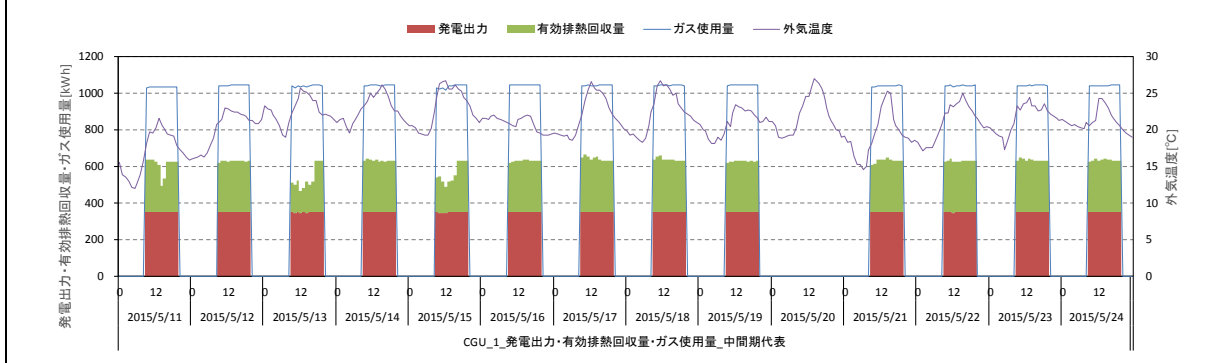
夏期代表週の発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移



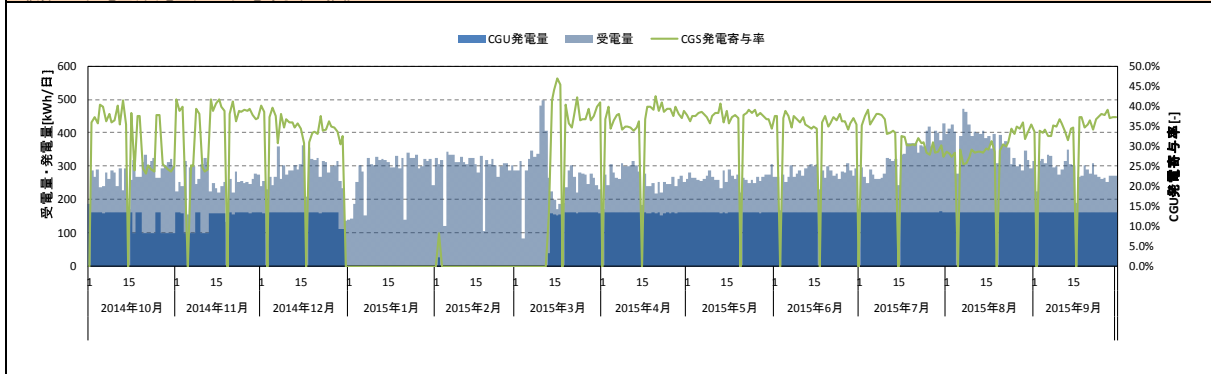
冬期代表週の発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移



中間期代表週の発電量、有効排熱回収量、ガス使用量と日平均外気温度の推移



日積算CGS発電量、受電量、CGS発電寄与率の推移



© 建築研究資料 第 191 号

平成 31 年 4 月 印刷・発行
編集・発行 国立研究開発法人建築研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは下記まで
国立研究開発法人建築研究所企画部企画調査課
〒305-0802 茨城県つくば市立原 1 番地
電話 (029) 864-2151(代)