

## 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

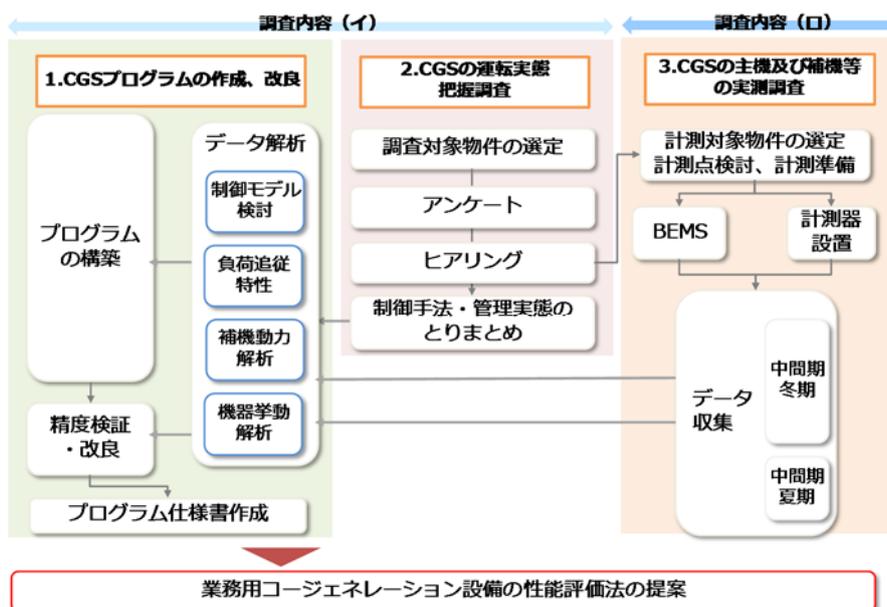


図 1-2.1 調査フロー

## 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。

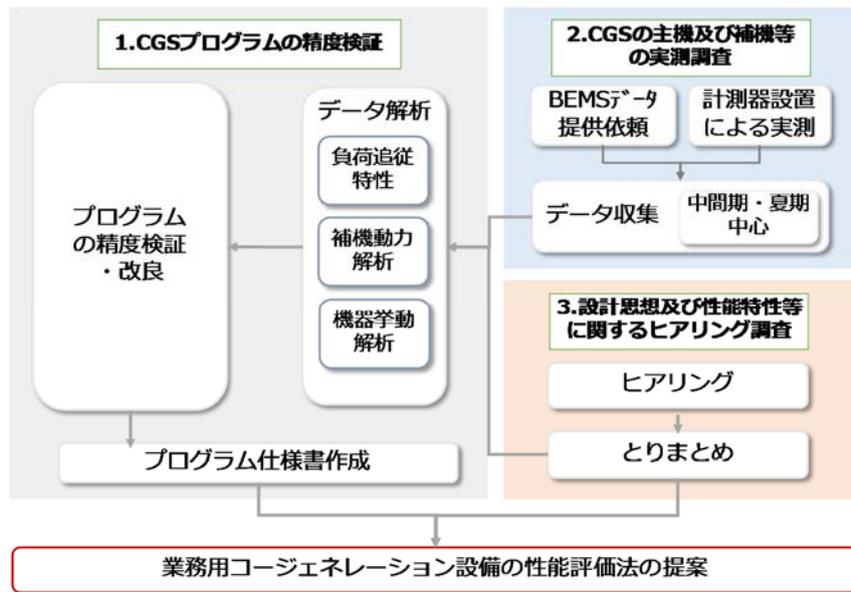


図 1-2.2 平成 29 年度の調査フロー

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"> <li>・ 現行の「CASCADE Ⅲ」の改良と評価法の構築</li> <li>・ 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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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</li> <li>・ 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）</li> <li>・ 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）</li> </ul>
	(ロ) 実測調査の準備 と実データの収集	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実物件での実測調査、BEMS 等データ収集</li> <li>・ 取得データによる分析</li> <li>・ 評価法の精度検証</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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</li> <li>・ 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</li> <li>・ 実データに基づく制御モデルの精度検証に向けた提案</li> <li>・ 評価法構築にあたっての課題等の抽出</li> </ul>
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"> <li>・ 実物件での実測調査、BEMS 等データ収集</li> <li>・ 取得データによる分析</li> <li>・ 評価法の精度検証と評価法の改良</li> <li>・ 評価法の提案</li> <li>・ 仕様書の作成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ CGU 発電量や補機電力等の実測調査、実稼働データの収集</li> <li>・ 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</li> <li>・ 実データに基づく評価法の精度検証</li> <li>・ 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</li> </ul>

		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）。

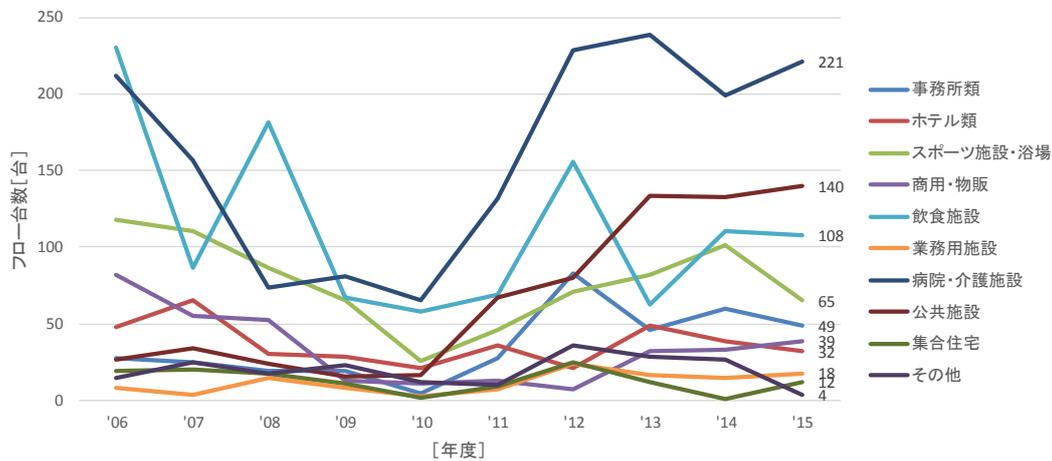


図 1-5.1 業種別 CGU 新設台数

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

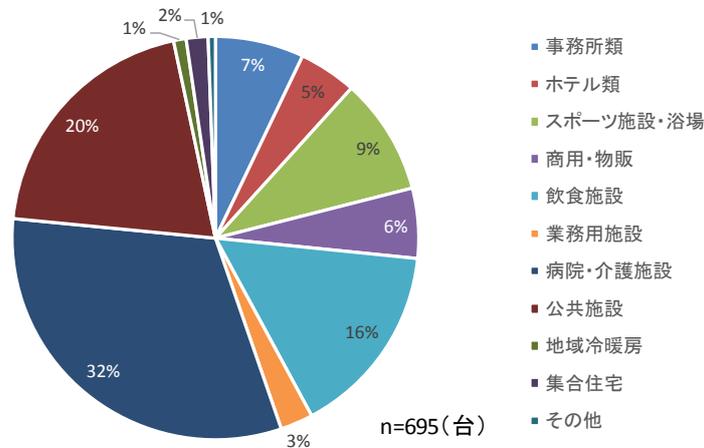
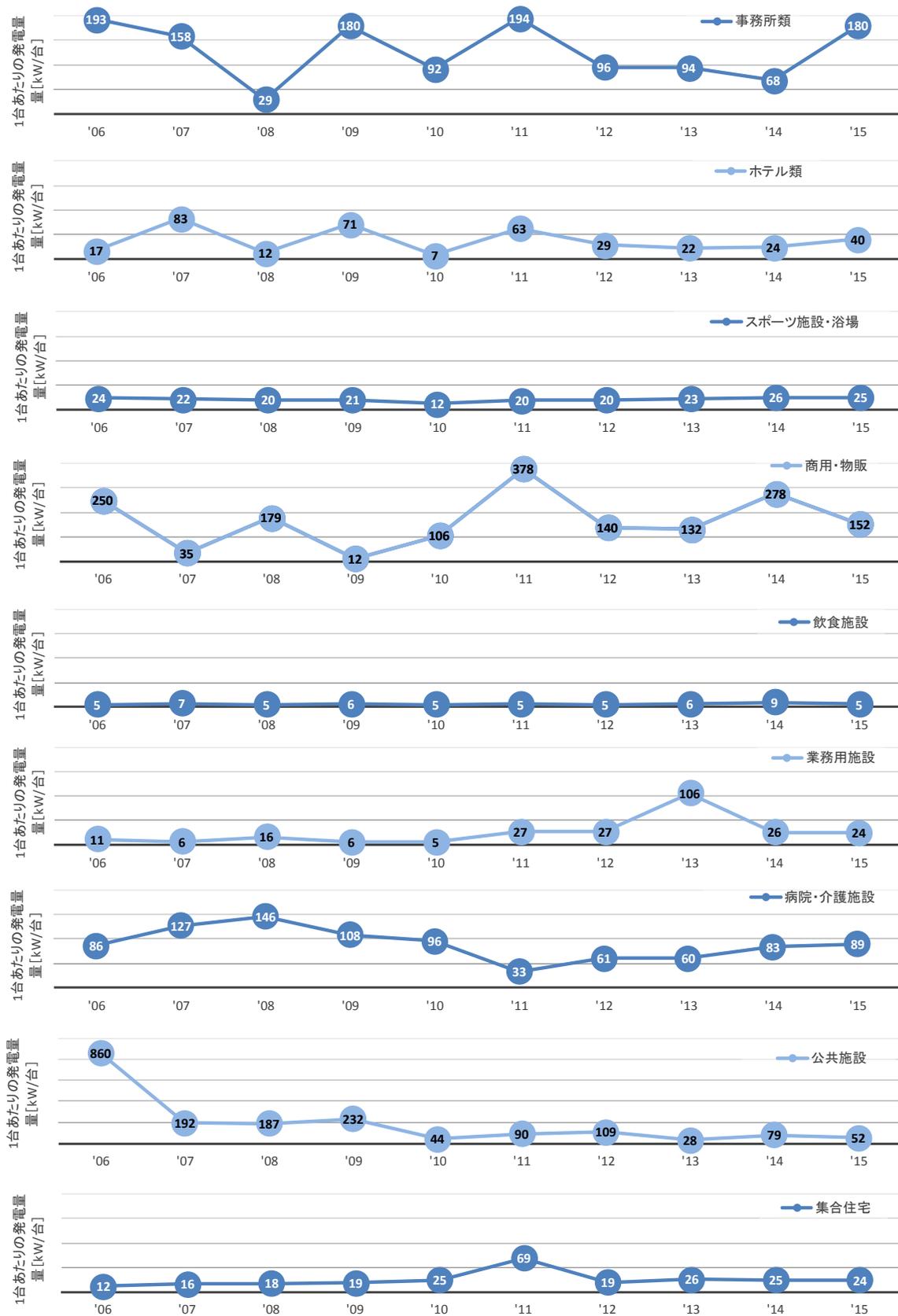


図 1-5.2 2015 年度の CGU 新設台数の割合

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）。

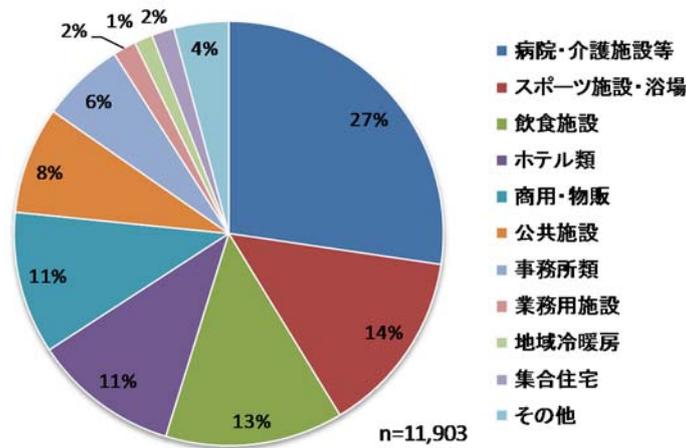


図 1-5.3 業種別 CGU 導入台数実績（累積値：降順表記）

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

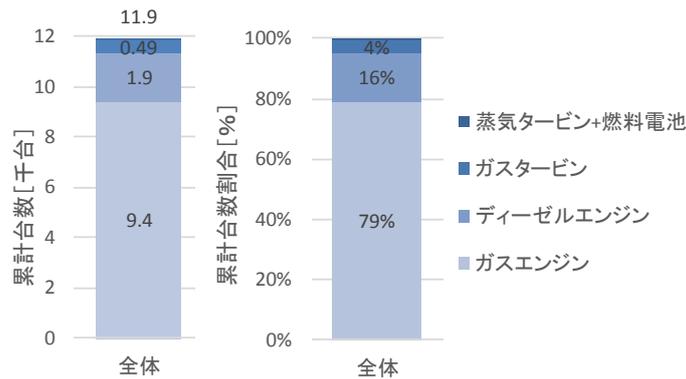
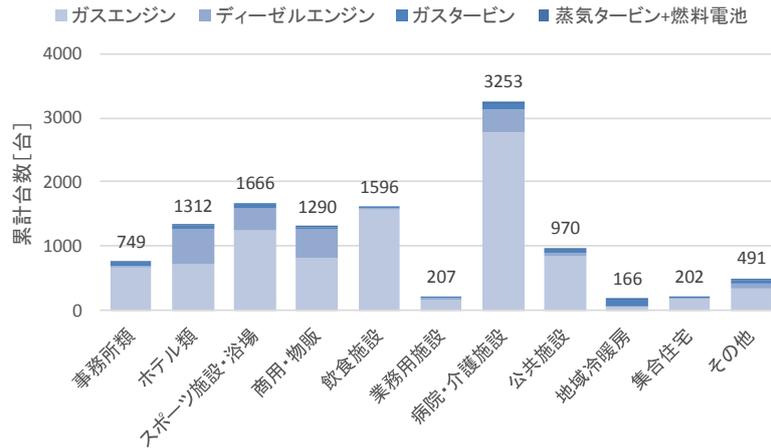
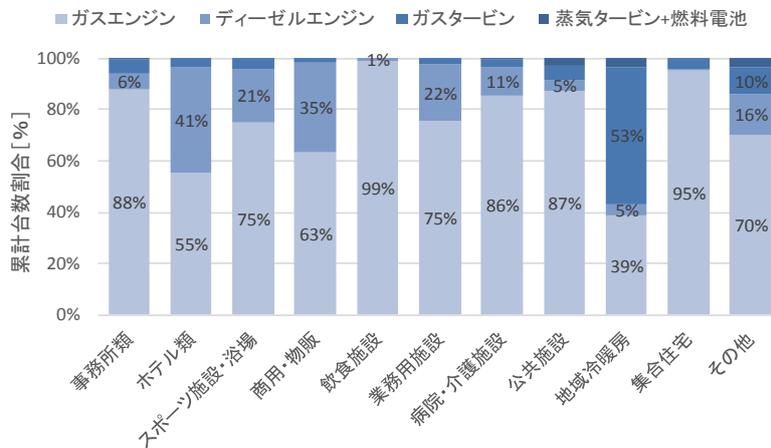


図 1-5.4 原動機種別導入台数の実績（累積値）（左：導入台数、右：導入割合）

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

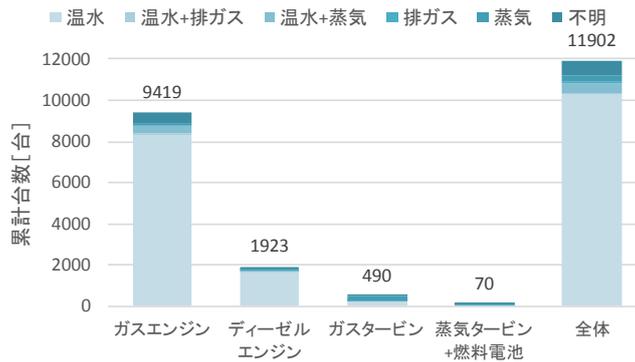


(b) 導入割合

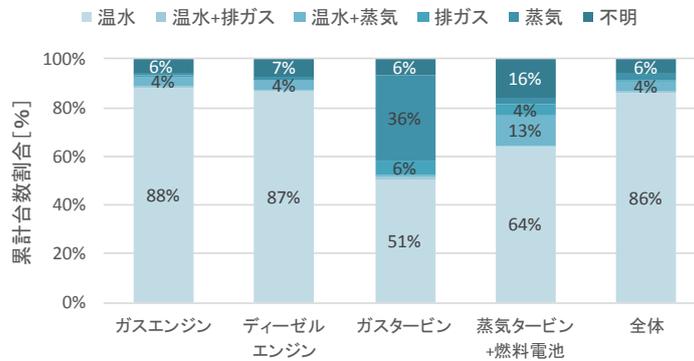
図 1-5.5 業種別原動機種別導入台数の実績（累積値）

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

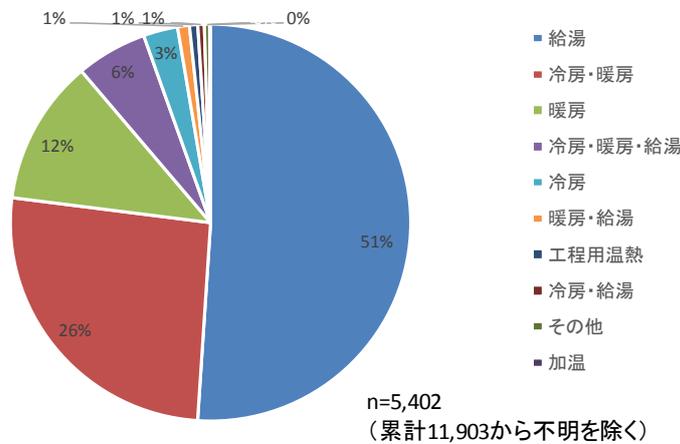


図 1-5.7 回収熱利用先の内容

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

