

建築研究資料

Building Research Data

No. 201

November 2020

新設地域熱供給プラントの 一次エネルギー換算係数に関する研究

Research on Primary Energy Factor of
Newly Constructed District Heating and Cooling System

桑原淳、河村佳彦、岡垣晃、李致雨、西師和、橋本一輝、笹嶋賢一、平石拓也、
川北浩司、佐々木邦治、宮田征門、澤地孝男、西澤繁毅

Sunao KUWAHARA, Yoshihiko KAWAMURA, Akira OKAGAKI, Cheewoo LEE,
Morokazu NISHI, Kazuki HASHIMOTO, Kenichi SASAJIMA, Takuya HIRAISHI,
Hiroshi KAWAKITA, Kuniharu SASAKI,
Masato MIYATA, Takao SAWACHI, Shigeki NISHIZAWA

国立研究開発法人 建築研究所

Published by

Building Research Institute

National Research and Development Agency, Japan

国立研究開発法人建築研究所、関係機関及び著者は、
読者の皆様が本資料の内容を利用することで生じた
いかなる損害に対しても、一切の責任を負うものでは
ありません。

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「建築物の室内環境性能を確保した省エネルギー性能評価の実効性向上（令和元～令和3年度）」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手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、地域単位で熱源機器を集約して運転することでエネルギーの利用効率を高めるシステムである地域熱供給プラントについて、実績値がある既設の地域熱供給プラントについては当該プラントの実績に基づく一次エネルギー換算係数（熱の使用量を一次エネルギー消費量に換算するための係数）の使用を認めているが、新設の地域熱供給プラントについては係数の評価方法を定めておらず、建築物省エネ法に基づく省エネ適判時等において審査側が評価を行えないため、平成28年国土交通省告示265号（基準告示）別表第1で定められた既定値（1.36 kJ/kJ）以外は実質使用できない。近年の新設プラントの効率は高いが、現状では評価する方法がなく、新設の地域熱供給プラントから熱を受け取る建築物の省エネ性能は過小評価されているという課題がある。

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「E11 新設地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数に関する検討（平成30年度～令和元年度）」を実施した事業主体（日本環境技研株式会社、株式会社日建設計総合研究所、株式会社三菱地所設計、株式会社日本設計、一般社団法人日本熱供給事業協会）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、最終的に新設地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数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「E11 新設地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数に関する検討」において、平成30年度～令和元年度の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、実稼働している地域熱供給の運転データの分析結果や、エネルギーシミュレーションによる一次エネルギー換算係数の算出方法及びその検証結果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。

令和2年11月
国立研究開発法人建築研究所
理事長 緑川 光正

新設地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数に関する研究

桑原淳^{*1}、河村佳彦^{*1}、岡垣晃^{*2}、李致雨^{*2}、西師和^{*3}、橋本一輝^{*3}、
笹嶋賢一^{*4}、平石拓也^{*4}、川北浩司^{*5}、佐々木邦治^{*5}、
宮田征門^{*6}、澤地孝男^{*7}、西澤繁毅^{*7}

概 要

地域単位で熱源機器を集約して運転する地域熱供給プラントは、エネルギー利用効率が高く、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。しかし、現状の省エネルギー基準では、新設の地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数（熱の使用量を一次エネルギー消費量に換算するための係数）は告示で定められた既定値（1.36 kJ/kJ）以外は使用できず、新設の地域熱供給プラントから熱を受け取る建築物の省エネルギー性能は過小評価されているという課題がある。そこで、本研究では、新設の地域熱供給プラントを対象として、冷温熱製造及び熱搬送のためのエネルギー消費量や配管からの熱損失量などを実測し、プラントのエネルギー消費性能の実態を明らかにしたうえで、当該プラントの一次エネルギー換算係数を実態にあった適切な値として算出する方法について検討を行った。

日本環境技研株式会社^{*1}、株式会社日建設計総合研究所^{*2}
株式会社三菱地所設計^{*3}、株式会社日本設計^{*4}
一般社団法人日本熱供給事業協会^{*5}
国土技術政策総合研究所^{*6}、国立研究開発法人建築研究所^{*7}

※ 所属は研究終了時点（令和2年3月）

Research on Primary Energy Factor of Newly Constructed District Heating and Cooling System

Sunao KUWAHARA^{*1}, Yoshihiko KAWAMURA^{*1}, Akira OKAGAKI^{*2}, Cheewoo LEE^{*2},
Morokazu NISHI^{*3}, Kazuki HASHIMOTO^{*3}, Kenichi SASAJIMA^{*4}, Takuya HIRAISHI^{*4}
Hiroshi KAWAKITA^{*5}, Kuniharu SASAKI^{*5},
Masato MIYATA^{*6}, Takao SAWACHI^{*7}, Shigeki NISHIZAWA^{*7}

ABSTRACT

A district cooling and heating (DHC) system that operates by consolidating heat source equipment within a region has high energy use efficiency and It is one of the key technologies for energy conservation in buildings. However, under current Japanese building energy code, the primary energy factor of a newly constructed DHC system, which is a factor for converting heat usage amount into primary energy consumption, may not be used other than the default value specified in the building energy code (1.36 kJ/kJ), and the energy-saving performance of buildings that receive heat from DHC system is underestimated. Therefore, this study measured the energy consumption of the heat source system of the DHC system and the heat loss from the pipes and clarified the actual energy consumption performance of the DHC system and developed an evaluation method on the primary energy conversion factor of a DHC system as an appropriate value.

Japan Environment Systems Co., Ltd. ^{*1}, Nikken Sekkei Research Institute ^{*2},
Mitsubishi Jisho Sekkei Inc. ^{*3}, Nihon Sekkei, Inc. ^{*4},
Japan Heat Supply Business Association ^{*5},
National Institute for Land and Infrastructure Management ^{*6}, Building Research Institute ^{*7}

目 次

1. 検討概要	
1.1 背景・目的	1-1
1.2 検討項目	1-3
(1) 地域熱供給プラントの実態調査と本検討の対象の特定	1-3
(2) 地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明	1-3
(3) 地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発	1-3
1.3 調査検討フロー	1-4
1.4 検討体制・スケジュール	1-5
(1) 検討体制	1-5
(2) 検討スケジュール	1-6
2. 地域熱供給プラントの実態と本検討の対象の特定	
2.1 地域熱供給プラントの種別件数	2-1
(1) 熱供給事業法に基づく熱供給事業地域	2-1
(2) 東京都の「地域におけるエネルギーの有効利用計画制度」による地域冷暖房地域	2-1
(3) 住宅・建築物省エネルギーCO ₂ 先導事業、サステナブル建築物等先導事業(省CO ₂ 先導型) におけるエネルギー面的利用地域	2-1
(4) その他の地点熱供給地域	2-2
2.2 本検討で対象とする地域熱供給プラント	2-2
3. 地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明	
3.1 一次エネルギー換算係数実態値の把握	3-1
(1) プラントの熱供給量とエネルギー消費量の変化	3-1
3.2 検討対象プラントの概要	3-3
(1) プラントの選定方針	3-3
(2) 選定プラントの一次エネルギー換算係数の算出	3-4
(3) 選定プラントの概要	3-5

3.3 熱源機器・制御システムの特⼒把握	3-27
(1) 目的	3-27
(2) 検討対象	3-28
(3) 熱源機器のエネルギー消費性能：調査結果と解析	3-30
(4) 制御機器のエネルギー消費性能	3-70
(5) 調査結果のまとめ	3-78
3.4 地域導管の熱損失の検討	3-80
(1) 目的	3-80
(2) 用語の定義	3-80
(3) 熱損失の計算方法	3-81
(4) 熱損失実態の調査	3-85
(5) 実測結果	3-88
(6) 熱損失率による計算方法のための分析	3-99
(7) 配管断面モデルによる計算法のための熱損失の分析	3-107
(8) 調査結果のまとめ	3-120
4. 地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発	
4.1 一次エネルギー換算係数算定方法開発方針の検討	4-1
(1) 検討の目的	4-1
(2) 検討の対象施設	4-1
(3) 一次エネルギー換算係数の算定及び妥当性検証の考え方	4-2
(4) 一次エネルギー換算係数の算出手順	4-3
(5) 一次エネルギー換算係数算定の試⼒	4-4
4.2 他人から供給された熱の一次エネルギー換算係数の算定方法	4-5
5. 検討結果のまとめ	
(1) 熱供給プラント一次エネルギー換算係数の算出	5-1
(2) 熱源機器・制御システムの特⼒把握	5-2
(3) 地域導管の熱損失の検討	5-2

資料編

他人から供給された熱の一次エネルギー換算係数の算定方法.....	資料編-1
附属書 A シミュレーションソフトの妥当性の検証方法.....	資料編-21
附属書 B 一次エネルギー換算係数の算出に関わる根拠資料の例（その1）.....	資料編-28
附属書 B' 一次エネルギー換算係数の算出に関わる根拠資料の例（その2）.....	資料編-72
附属書 C 建築基準法施行規則の建築物用途と計算上の建物用途.....	資料編-103
附属書 D エネルギーシステムの設計情報データベース（各種負荷原単位）.....	資料編-105

1. 検討概要

1.1 背景・目的

一定規模以上の非住宅建築物を新設または増改築する際は、省エネルギー基準の適合性判定を受けることが義務付けられている。この際、建築物が他の建築物から熱を受ける場合は、平成 28 年国土交通省告示 265 号の別表第 1 で定められた「他人から供給された熱の一次エネルギー換算係数」を使用して、当該建築物のエネルギー消費性能を評価することとされている。ここで、熱の供給を行う「他人」とは、熱供給事業法で規定されている熱供給事業だけではなく、より小規模な街区等の単位での熱供給や、建物間熱融通のように最小 1:1 での熱供給までも想定している。本研究ではこれらを総称して「地域熱供給プラント」と呼ぶことにする。

表 1.1 他人から供給された熱の一次エネルギー換算係数（告示別表第 1）（抜粋）

他人から供給された熱 (蒸気、温水、冷水)	1 キロジュールにつき 1.36 キロジュール（他人から供給された熱を発生するために使用された燃料の発熱量を算出する上で適切と認められるものを求めることができる場合においては、当該係数を用いることができる。）
--------------------------	--

地域熱供給プラントから熱の供給を受ける建築物のエネルギー消費性能を評価する際、既設の地域熱供給プラントについては、公表されている販売熱量等を元に当該熱供給プラントの一次エネルギー換算係数を算出し、この値を使用して評価することが認められている。一方、新設の地域熱供給プラントや大規模な改修を行った地域熱供給プラントについては、性能の実績値がないため、別表第 1 で定められた 1.36kJ（一次エネルギー効率に換算すると 0.735）を必ず使用することとなっている。しかし、近年新設される地域熱供給プラントの一次エネルギー効率は 1.0 以上（一次エネルギー換算係数では 1.0 以下）のものが多く、1.3（一次エネルギー換算係数では 0.77 以下）を超えるものもみられる（図 1.1、図 1.2 参照）。つまり、現状では、新設の地域熱供給プラントから熱の供給を受ける建築物については省エネルギー性能が過小評価されており、需要家にとってはメリットが小さくなり、地域熱供給プラントの普及の障害になっている可能性がある。

そこで、本研究では、この課題を解決するための第一歩として、新設の地域熱供給プラントを対象として確からしい一次エネルギー換算係数をシミュレーション等を援用して算定する方法について検討を行う。本研究の成果は平成 29 年 3 月 15 日付けの技術的助言（国住建環第 215 号、国住指第 4190 号）で規定されている「建築物等のエネルギー消費性能に係る任意評定制度」等で活用されることを想定し、第三者による審査が可能な、透明性が高く公平・公正な算出方法を開発することとする。

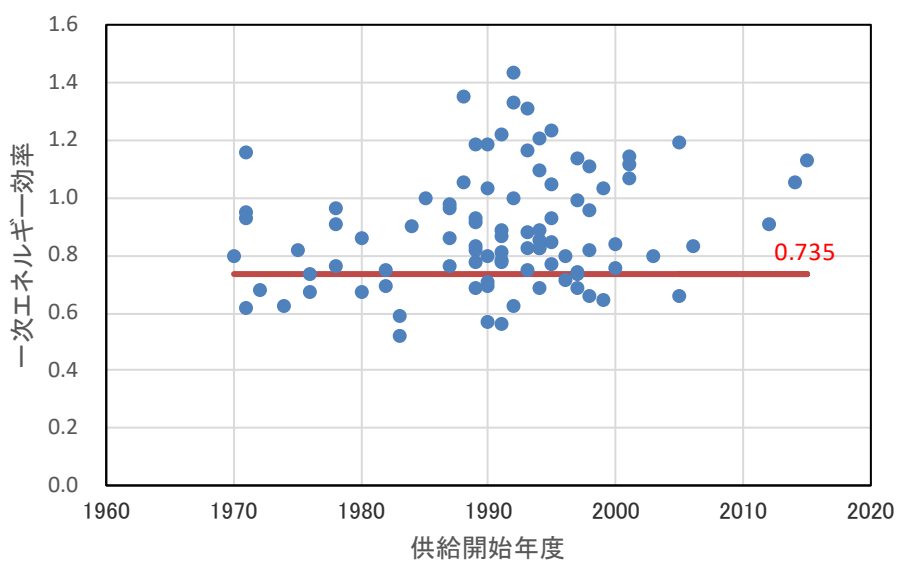


図 1.1 熱供給事業法に基づく熱供給事業地域の一次エネルギー効率

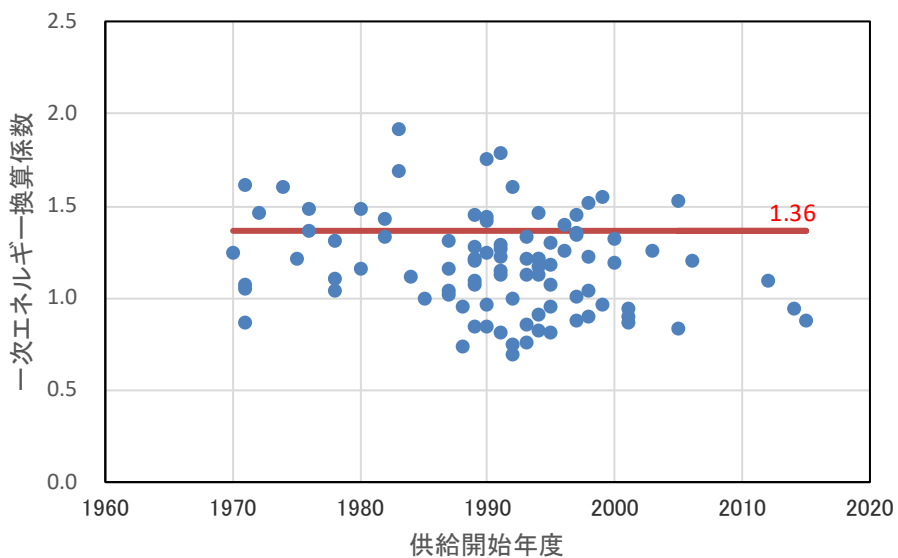


図 1.2 熱供給事業法に基づく熱供給事業地域の一次エネルギー換算係数と供給開始年度との関係

※ 図 1.1、図 1.2 は、H28 年度実績：熱供給事業便覧(H29)、ただし便覧からの数値だけでは計算できないものを除く 96 地域からさらに熱源がエネルギー計上されないごみ排熱等である 3 地域を除いた 93 地域を対象にして作成

1.2 検討項目

(1) 地域熱供給プラントの実態調査と本検討の対象の特定

全国の地域熱供給プラントの実態（熱源種別、竣工年度別等の一次エネルギー効率分布等）について整理し、近年の地域熱供給の特性について分析する。また、熱供給事業法で規定された地域熱供給事業以外にも、熱供給事業法以外の地点熱供給事業についても整理し、それらの取り扱いについて言及する。

(2) 地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明

一次エネルギー換算係数算定方法検討のために、実稼働中の地域熱供給プラントを対象に、熱源機器、制御システムの運転性能（部分負荷特性等）の実態を整理・分析・評価する。また、地域熱導管における熱損失の実態を調査・分析し、熱損失の予測が可能なモデルを検討する。

(3) 地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発

一次エネルギー換算係数算定方法の開発のために、評価・審査ルートに関する検討、算定条件（計算ロジック、入力条件）の検討、シミュレーションプログラムによる一次エネルギー換算係数算定の試行、算定方法の検討・素案の作成等を行う。

1.3 調査検討フロー

本研究の調査検討フローを図 1.3 に示す。

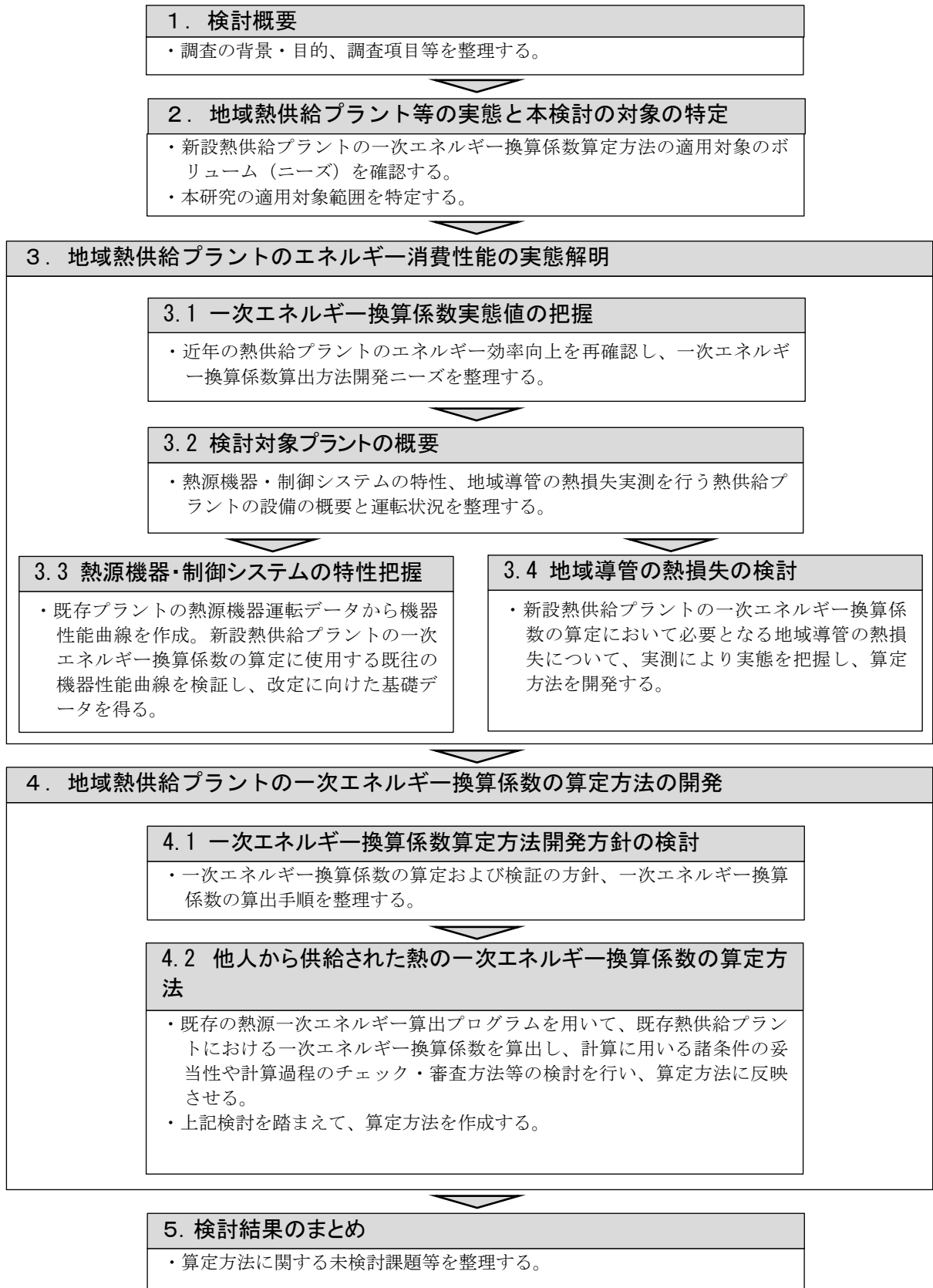


図 1.3 調査のフロー

1.4 検討体制・スケジュール

(1) 検討体制

本研究の検討体制を図 1.4 に示す。

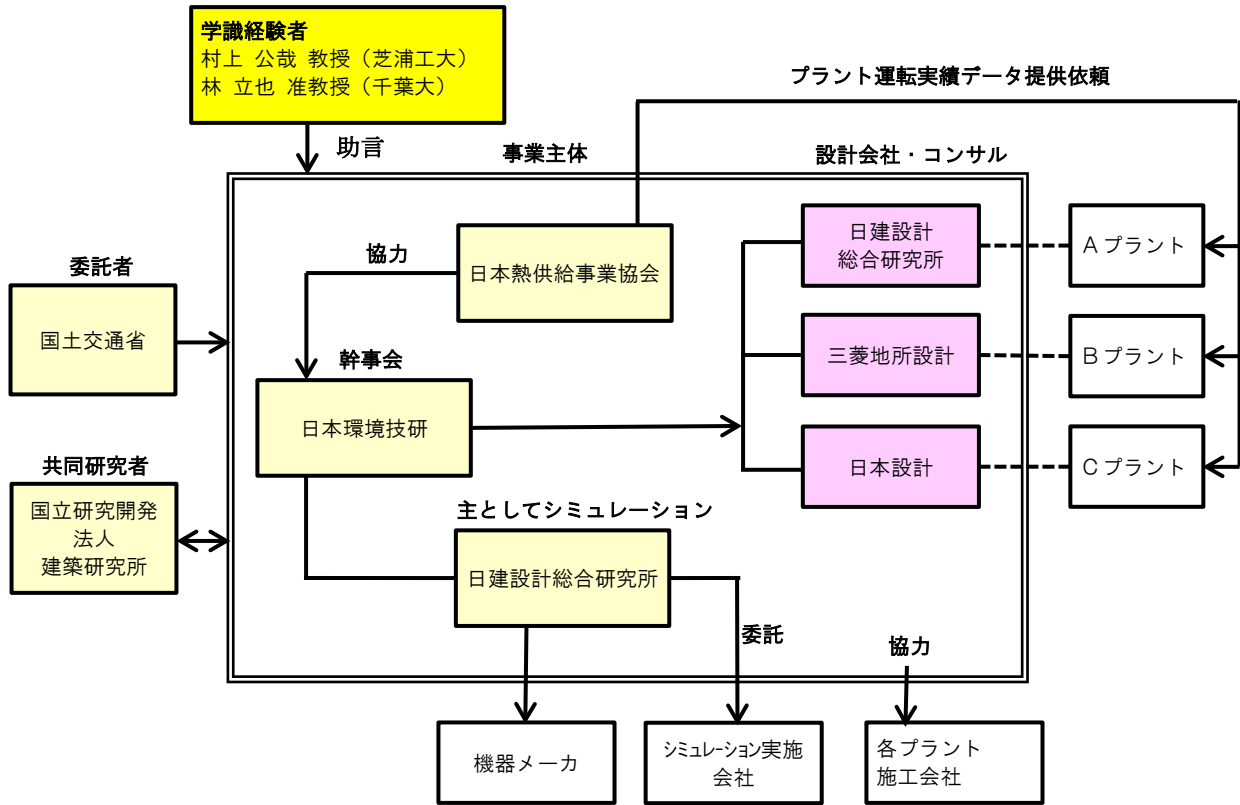


図 1.4 検討体制

(2) 検討スケジュール

本研究の検討スケジュールを表 1.2 に示す。

表 1.2 検討スケジュール

調査スケジュール	平成30年度												令和元年度											
	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
1. 検討方針整理																								
2. 地域熱供給プラント等の実態と本検討の対象の整理																								
3. 地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明																								
(1) 一次エネルギー消費量換算係数実態の把握																								
(2) 検討対象プラントの概要整理																								
(3) 熱源機器・制御システムの特性把握																								
① 熱源機器特性把握																								
② 制御システム特性把握																								
③ ガイドラインへの反映																								
(4) 地域導管の熱損失の把握																								
① 実測計画																								
② 準備・実測																								
③ 分析・評価																								
④ ガイドラインへの反映																								
4. 地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発																								
(1) 一次エネルギー消費量換算係数算定方法開発方針の検討																								
(2) 一次エネルギー換算係数の試行																								
① Aプラント検討																								
② Cプラント検討																								
(3) 一次エネルギー換算係数算定方法の検討																								
① 素案の検討																								
② 審査チェックリスト作成																								
③ 算定方法検討																								
5. 検討結果のまとめ																								

2. 地域熱供給プラントの実態と本検討の対象の特定

地域熱供給プラントの種別やその定義、実際の採用件数等について調査を行い、本研究で検討対象とする地域熱供給プラントを具体的に定義する。

2.1 地域熱供給プラントの種別件数

(1) 熱供給事業法に基づく熱供給事業地域

熱供給事業とは、複数の一般の需要家に冷水・温水・蒸気を送る事業で、熱発生施設の加熱能力が 21GJ/時以上の熱供給をいう。熱供給事業者は供給区域ごとに、毎年、製造熱量（原・燃料使用量）、販売熱量を届け出、数値は「熱供給事業便覧」に掲載、公表される。

平成 28 年度末の全国での地域数は 133 地域で、最多であった平成 18 年度の 153 地域から若干減少している。過去 20 年程度での新設地域数（平成 11 年以降供給開始）は 27 地域（年間 1.35 件）で、平成 21 年以降はスカイツリー、JR 東海名古屋駅北、ささじまライブの 3 地域となっている（地域数等は、平成 29 年版「熱供給事業便覧」資源エネルギー庁監修による）。

(2) 東京都の「地域におけるエネルギーの有効利用計画制度」による地域冷暖房地域

東京都「都民の健康と安全を確保する環境に関する条例」の「東京都エネルギー有効利用指針」では、一定規模（5 万 m²）以上の開発地域における一定規模（1 万 m²）以上の新築建築物、地域冷暖房施設は、エネルギーの有効利用について必要な措置（地域冷暖房への加入検討、未利用エネルギーの利用等）を示した届出を計画時に提出することとしている。また、毎年エネルギー効率等を記載した実績報告書を提出、公表される。地域冷暖房は、冷房または暖房及び給湯用に供される熱量が 21GJ/時以上の施設が指定され、その他の要件がないため、熱供給事業の適用を受けたものと受けないものがある（認定地冷とも総称されている）。平成 28 年度末で都内に 80 超の地域がある。過去 20 年程度での新規供給開始地域は 28 地域（年間 1.47 件）で、熱供給事業法の適用：非適用地域は、平成 11-20 年度で 11:7、平成 21-29 年で 2:8 と近年は非適用地域（紀尾井町、赤坂九丁目、渋谷駅周辺など）が増えている（地域数等は東京都環境局ホームページによる）。東京都の他にも、大阪府、名古屋市、横浜市等で、次のような地域冷暖房の推進に係る制度を有する。

大阪府：地域冷暖房システムの導入に関する指導要綱

名古屋市：地域冷暖房施設の整備促進に関する指導要綱

横浜市：地域冷暖房推進指針

(3) 住宅・建築物省エネルギーCO₂先導事業、サステナブル建築物等先導事業（省 CO₂ 先導型）におけるエネルギー面的利用地域

国土交通省では平成 20 年度から「住宅・建築物省 CO₂先導事業」を、平成 27 年度から「サス

テナブル建築物等先導事業（省 CO₂先導型）」を実施している。同事業では、事業の提案時に省エネルギー性能の表示、省 CO₂対策の明記が求められ、事業後原則 3 年間、計画時に示した方法による運用時のエネルギー使用量の実績や省 CO₂技術導入の成果報告が求められる。なお、採択事例については、採択事例の技術紹介報告書※により、省エネルギー対策の区分がなされ、街区での取り組み—エネルギーの面的利用—熱の面的利用事例として抽出できる。同報告書から、平成 27-29 年度の非住宅採択案件 34 の内、32%にあたる 11 件でエネルギーの面的利用が行われ、平成 20-29 年度では 30 件（年間 3.33 地域）で行われている。この 30 件の内、中之島、ささしまライブ、豊洲ふ頭等 6 地域が熱供給事業の適用地域であり、残りの 24 地域（阿部野橋、大阪駅北、立命館大学等）は適用外である。

※「サステナブル建築物等先導事業（省 CO₂先導型）（平成 27-29 年度）における採択事例の技術紹介」建築研究所、日本サステナブル建築協会

（注）同報告書によるエネルギーの面的利用地域の抽出及び、それに基づく熱供給事業の適用の有無は地域名称からの推定であり、地域数は概ねの傾向と捉えるべき。

（4）その他の地点熱供給地域

その他の街区単位等のエネルギー供給地域（単一需要家の複数建物への熱供給、または熱供給規模が 21GJ/時未満の地域）として地点熱供給地域がある。地点熱供給は法的な位置づけもない点から、正確な件数の把握は困難である。また、地点熱供給としての届出やエネルギー使用量の実績報告等の義務もない。

全国の地点熱供給地域の件数把握の例として、平成 25 年度新エネルギー等導入促進基礎調査（熱供給サービス事業に関連する制度・手続きに関する調査）（資源エネルギー庁委託）がある。同調査で地点熱供給として捕捉された地域数は、その時点で 195 地域あった。その内訳は、業務・商業複合施設 41 地域、医療・福祉施設 44 地域、大学等施設 54 地域、官公庁施設 14 地域、住宅＋一部施設 29 地域、その他施設 13 地域である。

2.2 本検討で対象とする地域熱供給プラント

地域熱供給の各類型について、その要件や件数等を整理した結果を表 2.1 に示す。我が国の地域熱供給等の地域数（重複あり）は、①熱供給事業法上の熱供給事業地域が 130 地域強、②東京都のエネルギー有効利用制度による地域冷暖房地域が 30 地域弱、③国土交通省による省 CO₂先導事業によるエネルギー面的利用地域が約 80 地域、④その他の地点熱供給地域が 200 地域程度ある。他人から供給された熱の一次エネルギー換算係数の算定を課題とする本検討においては、面的エネルギー供給に対する省エネルギー政策上の期待も踏まえると、上記でいう①、②、③、④のすべてをカバーするのが望ましい。ただし、①、②が計画時点での申請及び運転実績の報告についての制度的保証があるのに対し、③は補助対象事業で採否の有無があり、採択の場合

は結果として①、②あるいは④に区分される。また、④については制度的な裏付けがないことから、一次エネルギー換算係数はデフォルト値を採用することが妥当と思われる。したがって本検討において作成する算定方法では、①、②における一次エネルギー換算係数の算定を検討の主たる対象とする。

なお、④で特段のエネルギー対策を実施した場合は、実績値の報告を担保したうえで、デフォルト値以外の一次エネルギー換算係数の採用に向けた選択肢を用意する必要もあると思われる。

表 2.1 地域熱供給の類型別件数等

類型	導入地域の要件等	地域数 (概括)		エネルギー消費実績の確認	備考
		全数	最近 10-20 年		
①熱供給事業法に基づく熱供給事業地域	・複数の一般需要家対象 ・加熱能力 21GJ/時以上	133 地域 (H28 年度末)	(H11-29 年度)27 地域 (1.4 地域/年)	製造・販売熱量届出、公表	H. 21-29 は 3 地域
②東京都エネルギー有効利用計画制度による地域冷暖房地域	・5 万 m ² 以上開発地域の 1 万 m ² 以上新築建物対象 ・冷房、暖房、給湯能力 21GJ/時以上	約 80 地域 (H28 年度末)	(H11-29 年度)28 地域 熱事：非熱事は 13 地域 15 地域 (1.5 地域/年)	エネルギー効率等記載の実績報告書を提出、公表	大阪府、名古屋市、横浜市他にも地域冷暖房指導要綱あり
(参考)③省 CO ₂ 先導事業、サステナブル建築物先導事業によるエネルギー面的利用地域	面積、加熱能力等の要件なし	(事業は H21 年度以降)	(H20-29 年度)30 地域 熱事：非熱事は 6 地域 24 地域 (3.3 地域/年)	事業後 3 年間、運用時のエネルギー使用量を実績報告	各件数は出典報告書からの類推値
(参考)④その他の地点熱供給地域	面積、加熱能力等の要件なし	約 195 地域 (H25 調査)	不明	特になし	

(注) 地域数等は以下を参照した。

- ①平成 29 年版「熱供給事業便覧」資源エネルギー庁監修
- ②東京都環境局ホームページ
- ③「サステナブル建築物等先導事業 (省 CO₂ 先導型) における採択事例の技術紹介」建築研究所、日本サステナブル協会
- ④「平成 25 年度新エネルギー等導入促進基礎調査 (熱供給サービス事業に関連する制度・手続きに関する調査)」内部資料 (資源エネルギー庁委託)

以下で、一次エネルギー換算係数の検討対象となる地域熱供給プラントの年間件数を推定する。

- 最近 19 年間（平成 11-29 年度）の新設件数は、①熱供給事業地域が 27 地域（年間 1.35 地域）、②東京都エネルギー有効利用制度上の地域冷暖房 28 地域（年間 1.47 地域）であった（（参考）③の省 CO2 先導事業による面的利用地域は、定義が必ずしも明確でないが、同事業報告書からの類推地として約 30 地域。④のその他の地点熱供給は把握できず。）。
- ②で供給事業法上の熱供給事業の適用外の地域数は、全 28 件に対して 15 件と推定される。①を含めると、熱供給事業地域（②の 13 件は①の 27 件に含まれる）27 件に対し、熱供給事業の適用外地域は 15 件程度と推定される。
- 従って、年間では新設の熱供給事業地域は 1.5 件程度、熱供給事業法適用外地域は 1 件弱となり、合わせて年間 2～3 件程度が一次エネルギー換算係数の検討がなされ得る件数となる。これに、プラントの大規模改修（多くの場合新規需要対応）によりエネルギー効率の向上が図られる地域が検討対象になる。

3. 地域熱供給プラントのエネルギー消費性能の実態解明

3.1 一次エネルギー換算係数実態値の把握

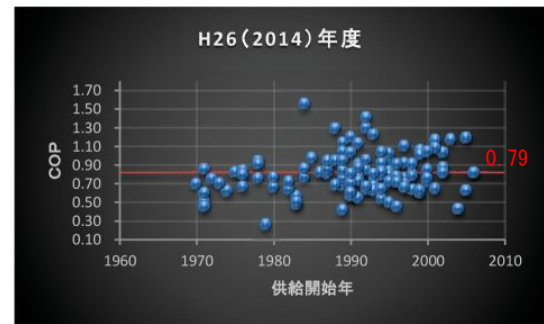
(1) プラントの熱供給量とエネルギー消費量の変化

全国の熱供給プラントの一次エネルギー効率（熱事業便覧に公表されている原・燃料使用量、販売熱量から算出）の推移を図 3.1 に示す。平成 9 年度には全国の熱供給プラントの平均一次エネルギー効率は 0.67 であったが、平成 26 年度には 0.79 まで上昇している。（図 3.1 (a) (b) (c)）。

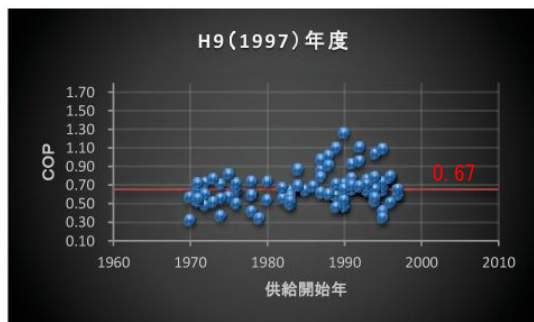
他人から供給された熱に適用される一次エネルギー換算係数 1.36kJ/kJ（デフォルト値）は、プラント一次エネルギー効率0.735（1.36の逆数）に相当する。図 3.1(d)はH9年度とH26年度の一次エネルギー効率を重ねたものであるが、2000年代（H12～H21年度）に新設された熱供給プラントの一次エネルギー効率は大半が0.735を上回っており、1.3を超えるプラントもみられる。また、1970年から1980年代半ばまで（S45～S60年度）に建設された熱供給プラントは、リニューアル等によりプラント一次エネルギー効率の改善がなされ、改善後の一次エネルギー効率が0.735を上回るプラントも多く見られる。



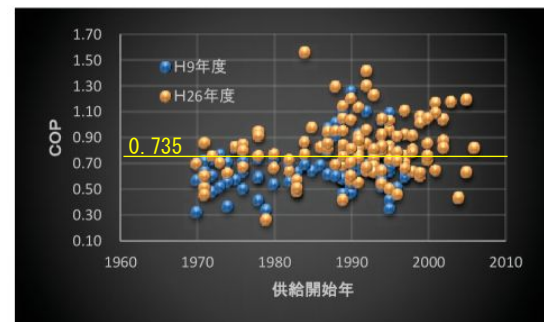
(a) 原・燃料使用量と販売熱量、全国プラント一次エネルギー効率の推移



(c) 供給開始年別全国プラント一次エネルギー効率 (H26年度：平均効率 0.79)



(b) 供給開始年別全国プラント一次エネルギー効率 (H9年度：平均効率 0.67)



(d) 全国プラント一次エネルギー効率の比較 (H9年度とH26年度)

出所 「熱供給事業便覧 総括 2016（熱供給事業便覧から見える熱供給事業の動向）」
一般社団法人日本熱供給事業協会 技術委員会ワーキング

図 3.1 熱供給プラントの一次エネルギー効率の推移

以上のことから、新設の熱供給プラントの大半が、一次エネルギー効率 0.735（デフォルト値）を上回っていることが改めて確認できた。現状においては、新築建築物の建築確認申請時に必要となる省エネルギー適合性判定に、高効率な熱供給プラントから熱を受け入れるメリットが反映されないことから、熱供給事業の普及推進の障壁となっている可能性がある。需要家建築物が高効率な熱供給プラントから熱を受け入れるメリットを省エネルギー適合性判定に反映させるしくみが必要である。

また、熱供給プラントの改修・更新により、一次エネルギー効率が 0.735（デフォルト値）を上回るケースが多くあることがわかった。熱供給プラントの改修・更新は建築物の新設に合わせて行われることもあり、これらの新築建築物においても同様に、高効率な熱供給プラントの熱を受け入れるメリットを省エネルギー適合性判定に反映させる必要がある。

3.2 検討対象プラントの概要

(1) プラントの選定方針

熱供給プラントの熱源システムは様々であるが、大きくは、①電気熱源方式、②電気・ガス併用熱源方式、③ガス熱源方式の3つに分類することができ、①電気熱源方式では蓄熱システムが採用されることが多く、③ガス熱源方式ではコージェネレーションシステム（以下、「CGS」とする。）とCGS排熱利用熱源機器が採用されることが多いなど、それぞれ特徴的な熱源システムの構成となる。

本研究では、熱供給プラントの代表的なシステムの実態を把握するために、3種類の熱源方式を代表する3つの熱供給プラントを選定し、熱供給プラントの実態を把握する。選定した3プラントの特徴を表 3.1 に示す。

表 3.1 選定プラントの特徴

プラント	熱源方式	プラントの特徴
プラント A	電気熱源方式	<ul style="list-style-type: none">・ 電気熱源(ターボ冷凍機・熱回収ヒートポンプ等) および水蓄熱槽を有する。・ 蓄熱槽を災害時の消防・生活用水として活用。
プラント B	電気・ガス併用熱源方式	<ul style="list-style-type: none">・ B1 プラントの熱源機器は蒸気ボイラーのみ。需要家に蒸気を供給するとともに、B2 サブプラントに対して蒸気吸収式冷凍機用蒸気を供給。・ B2 サブプラントの熱源機器はターボ冷凍機と蒸気吸収式冷凍機。需要家に冷水を供給。・ B3 サブプラントの熱源機器はターボ冷凍機のみ。需要家に冷水を供給。
プラント C	ガス熱源方式	<ul style="list-style-type: none">・ ガスエンジン CGS 設置。防災対策を推進する企業や自治体のニーズを踏まえて設備やシステムのリニューアルを行い、行政や企業の BCP（事業継続計画）に貢献。

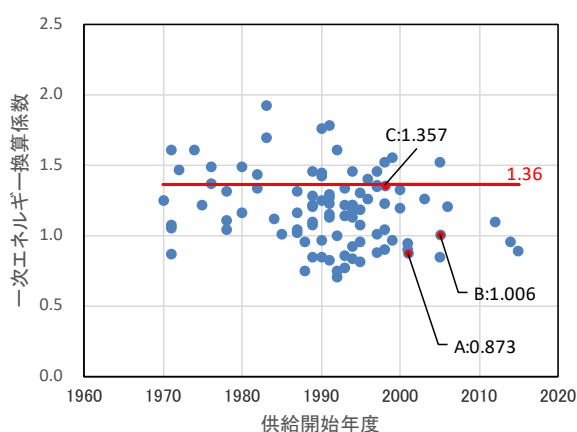
(2) 選定プラントの一次エネルギー換算係数の算出

検討対象とする3箇所の熱供給プラントの一次エネルギー換算係数を表 3.2 に示す。なお、Bプラントは複数のサブプラントがあり、今回はその中で B2、B3 サブプラントを対象とした。よって、一次エネルギー換算係数も熱供給事業便覧の数値ではなく、別途 B2、B3 サブプラントのみを取り出した。また、Cプラントについては、需要家数が少なく、需要家建物の個人情報保護の観点から熱供給便覧に販売熱量の記載が無いことから、別途、実績データから算出した。

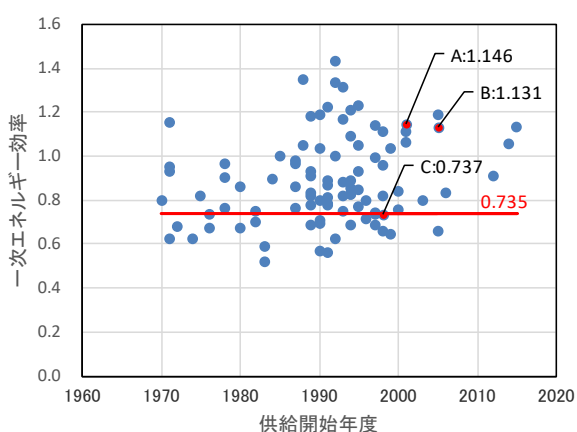
図 3.2 に全国の熱供給プラントについて、供給開始年度と一次エネルギー換算係数及び一次エネルギー効率の関係を示す。また、この図上に A～C プラントの一次エネルギー換算係数及び一次エネルギー効率を示す。プラント A の一次エネルギー換算係数は 0.873、プラント B は 0.884 であり、図 3.2 より近年の熱供給プラントの中でも高効率なものであることが分かる。一方、プラント C は 1.357 であり、全国の熱供給プラントの平均程度である。ただし、プラント C の一次エネルギー換算係数には CGS 導入による排熱利用効果が反映されていない

表 3.2 対象熱供給プラントの一次エネルギー換算係数等 (2016 年度)

	供給開始年度	一次エネルギー換算係数	一次エネルギー効率	備考
Aプラント	2001年	0.873	1.146	熱供給事業便覧 H29 年度版による
Bプラント	2005～2012年	0.884	1.131	B1 プラント B2・B3 サブプラントの実測値から計算
Cプラント	1998年	1.357	0.737	熱供給事業便覧には購入排熱 (CGS) に対して 1.36KJ/KJ を適用



(a) 供給開始年度と一次エネルギー換算係数



(b) 供給開始年度と一次エネルギー効率

図 3.2 供給開始年度と一次エネルギー換算係数等

(3) 選定プラントの概要

1) Aプラント

① プラント概要

Aプラントの概要を表3.3に示す。このプラントでは、電力をエネルギー源とした高効率ヒートポンプ、ターボ冷凍機と国内最大級の大容量蓄熱槽（約19,000m³）を組み合わせた蓄熱式ヒートポンプシステムを導入している。また、大温度差利用（ $\Delta t=10^{\circ}\text{C}$ ）を行うことで供給用搬送動力の省エネルギーを図っている。

表 3.3 Aプラントの概要

供給区域面積	6.1 ha
供給対象延床面積	438,000m ²
主な供給対象建物用途	オフィスビル、商業施設、ホール、展示場
供給条件	冷水：往 6℃ 返16℃ 温水：往47℃ 返37℃
供給開始年	2001年
地域導管延長	冷水（往・返計）：1,062m 温水（往・返計）：1,081m

② 設備概要

Aプラントの設備システムの概要を表3.4に、システムフローを図3.3に示す。

表 3.4 Aプラント設備概要

		設備容量	基数
温熱源	電動ターボ冷凍機（熱回収型）	6.8 GJ/h	2 基
	ヒーティングターボヒートポンプ（熱回収型）	12.6 GJ/h	2 基
	計	38.8 GJ/h	4 基
冷熱源	電動ターボ冷凍機（固定速）	1180 RT (14.9 GJ/h)	2 基
	電動ターボ冷凍機（熱回収型）	430 RT (5.4 GJ/h)	2 基
	ヒーティングターボヒートポンプ（熱回収型）	1445 RT (18.3 GJ/h)	2 基
	計	6110 RT (77.2 GJ/h)	6 基
蓄熱槽	蓄熱槽（冷温水槽）	4700 m ³	2 基
	蓄熱槽（冷水槽）	4700 m ³	2 基
	蓄熱槽（温水槽）	260 m ³	1 基
	計	19060 m ³	5 基

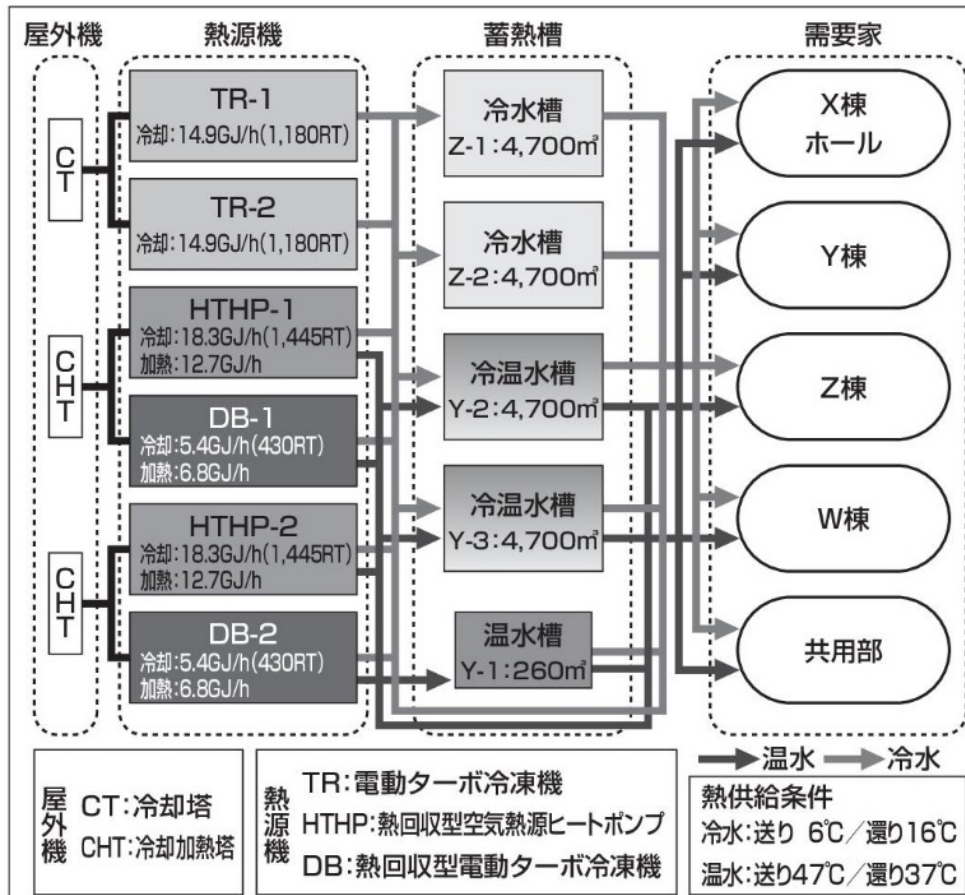


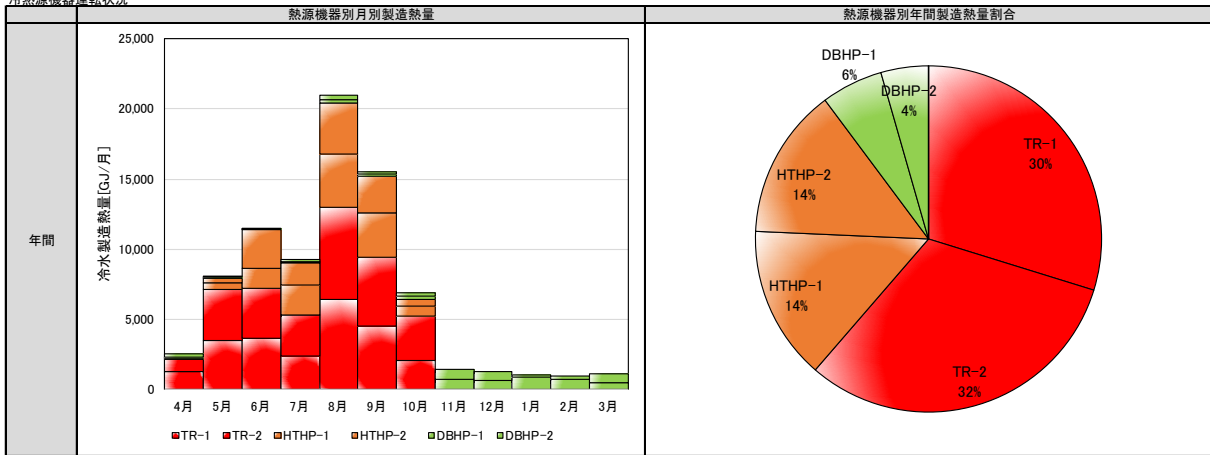
図 3.3 A プラントシステムフロー

③ 熱源機器運転状況

熱源機器の運転状況を図 3.4 及び図 3.5 に示す。冷房需要は主に 4～10 月、暖房需要は主に 11～3 月に発生する。これに合わせて、冷房期（4～10 月）には冷房効率の高いターボ冷凍機（冷房専用）を最優先で運転し、次にヒーティングタワーヒートポンプ（熱回収型）を運転している。運転時間帯は蓄熱システムであることから夜間（20:00～8:00）を原則としているが、冷房需要が大きい平日には昼間も運転している。

一方、暖房期（11～3 月）には、冷房需要がほとんど無いことから、ターボ冷凍機（冷房専用）は運転せずに、ヒーティングタワーヒートポンプを優先的に運転している。運転時間帯は冷熱同様に夜間（20:00～8:00）を原則としているが、暖房需要が大きい平日には昼間も運転している。

冷熱源機器運転状況



熱源機器別製造熱量 (代表日)

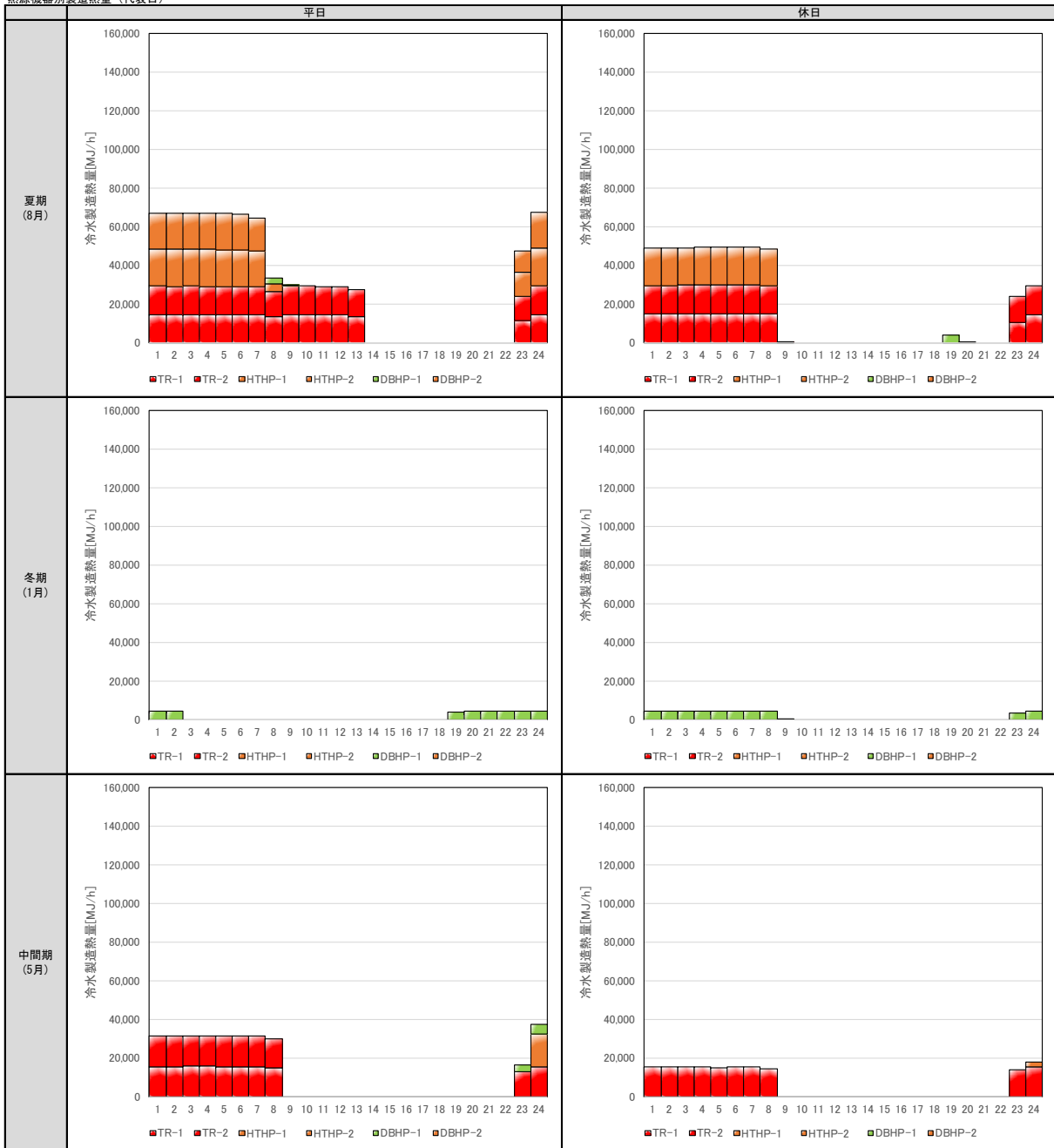
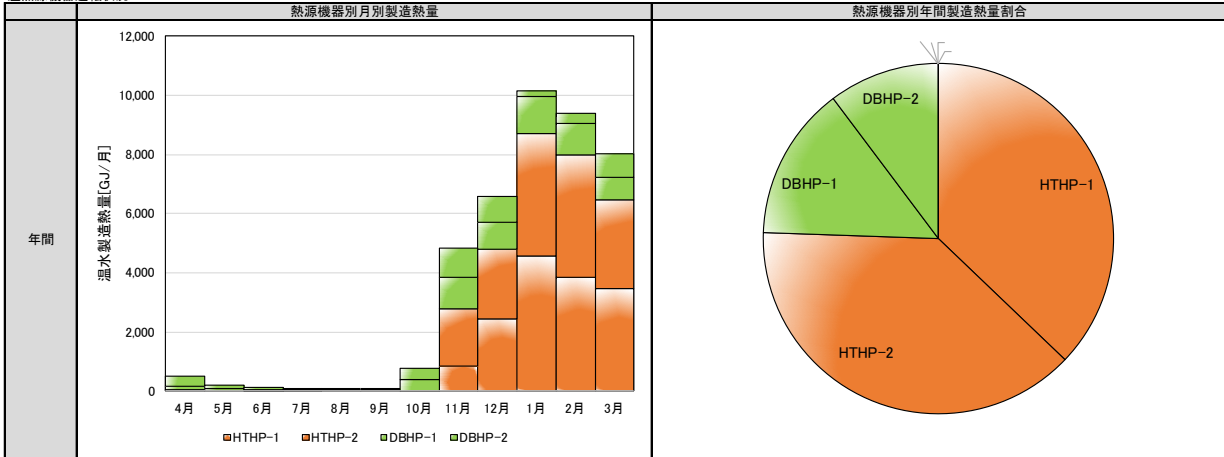


図 3.4 A プラント冷熱源機器運転状況 (2016 年度)

温熱源機器運転状況



熱源機器別製造熱量（代表日）

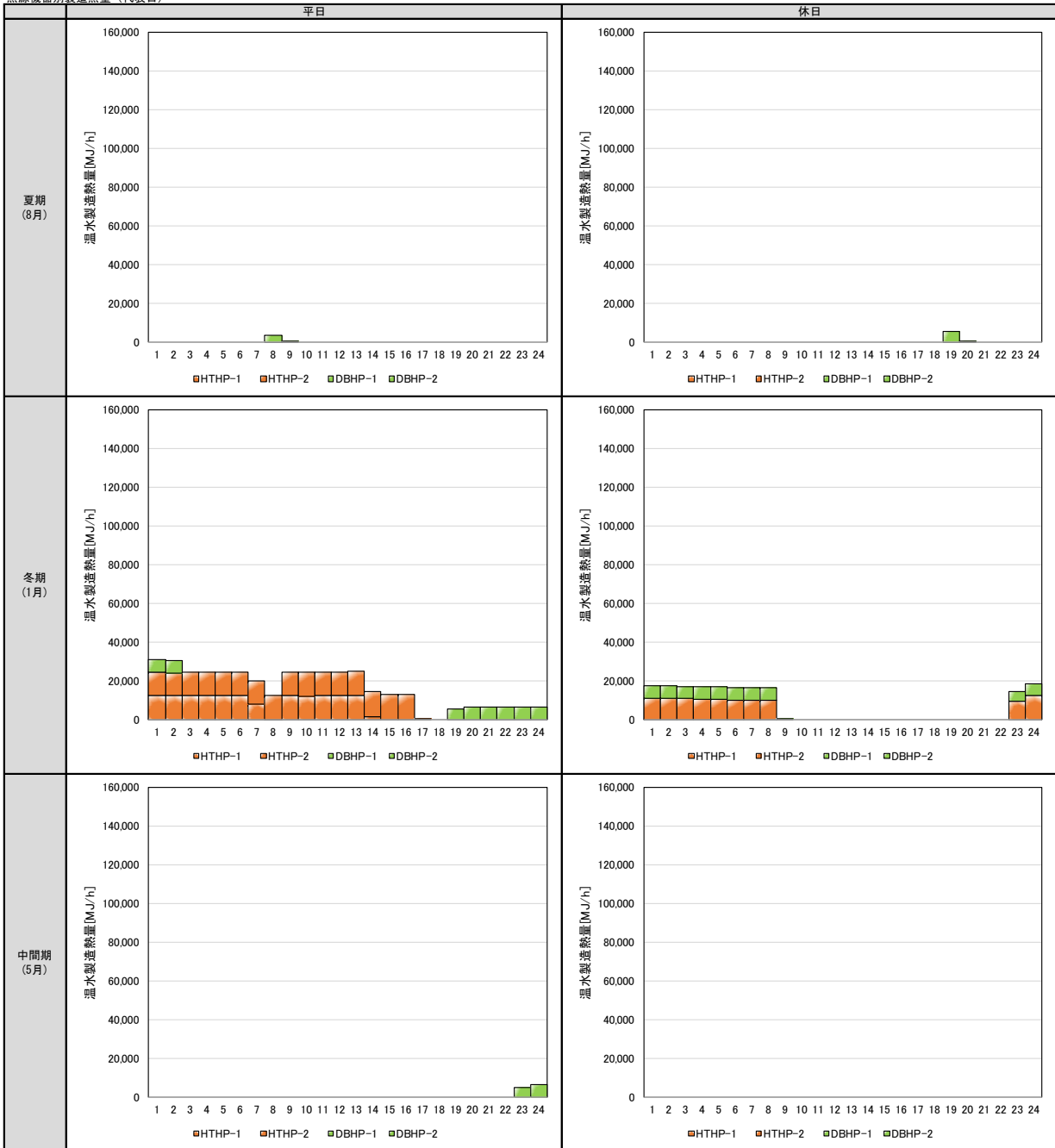


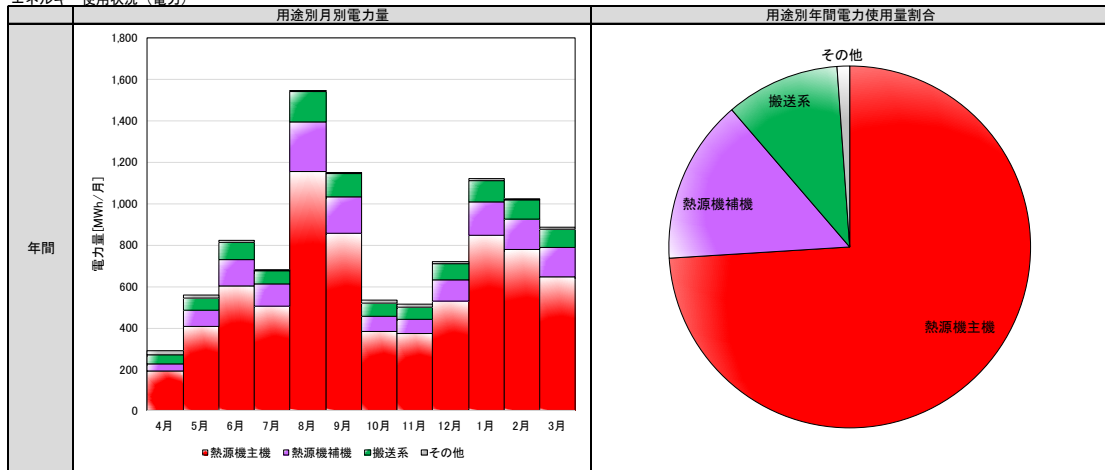
図 3.5 A プラント 温熱源機器運転状況 (2016 年度)

④ 用途別エネルギー使用状況

用途別のエネルギー使用状況を図 3.6 に示す。冷房需要、暖房需要を、電力をエネルギー源とした熱源機器で対応していることから、電力使用量は、夏期、冬期に多くなり、中間期に少なくなる。用途別年間電力使用量割合は、熱源機主機が全体の約 74% を占め、熱源機補機が約 15%、搬送動力が約 10% となっている。

時刻別変動については、蓄熱運転により、夜間に一定の電力使用が発生している。また、夏期、冬期は夜間の蓄熱だけでは1日の熱需要を賄いきれないため、昼間時間帯も蓄熱運転を行っており、昼間時間帯にも熱源機器の電力使用が発生している。

エネルギー使用状況（電力）



用途別電力量（代表日）

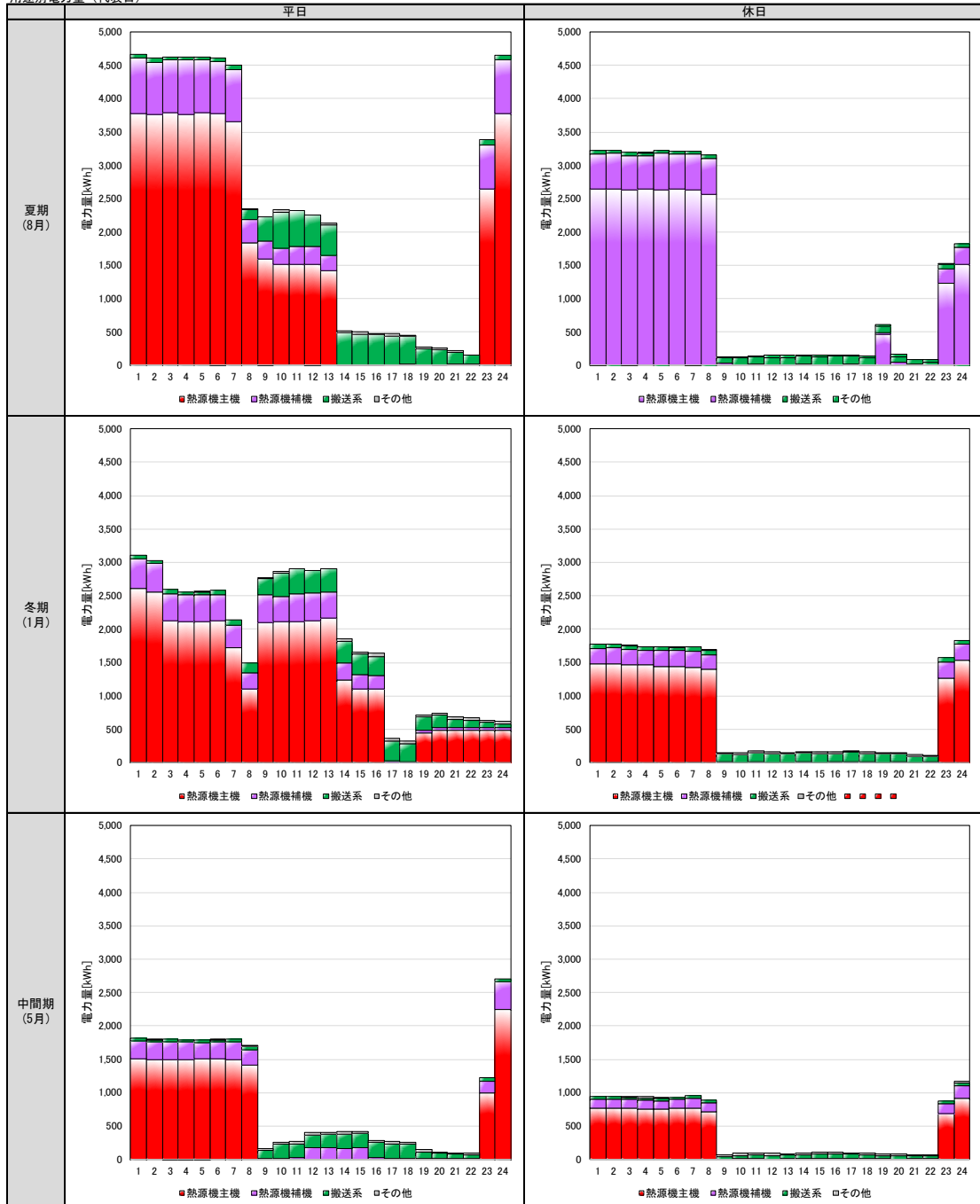


図 3.6 A プラント電力使用状況（2016 年度）

2) Bプラント

① プラント概要

Bプラントの概要を表3.5に示す。当該供給区域は1ヶ所の温熱源プラント（以降B1プラント）と2ヶ所の冷熱源プラント（以降B2、B3サブプラント）で運用されている。B1プラントには炉筒煙管ボイラーが設置されており、区域全体の供給を賄っている。

B2サブプラントには蒸気二重効用吸収式冷凍機（1,000RT）が3基、電動ターボ冷凍機（固定速）（550RT）が1基、電動ブライントーボ冷凍機（350RT）が2基設置されており、夏場の電力負荷抑制及び氷蓄熱システムによる負荷の平準化を狙ったシステム構成となっている。

一方、B3プラントは全ての機器が電動ターボ冷凍機となっており、タンデム仕様（1,350RT）が3基、シングル仕様（1,350RT）が2基、インバータ仕様（400RT）が2基設置されている。冷水、冷却水ポンプに関してもタンデム仕様とインバータ仕様の電動ターボ冷凍機に関しては、インバータ仕様となっており、効率重視のシステム構成となっている。

表 3.5 Bプラントの概要

供給区域面積	約14.6ha
供給対象延床面積	約36.2万㎡
主な供給対象建物用途	オフィスビル、商業施設
供給条件	冷水：往 標準温度 5.5℃ /返 標準温度 12.5℃ 蒸気：0.73MPa ～ 0.83MPa
供給開始年	1973年 B2プラント：2005年運用開始 B3プラント：2012年運用開始
地域導管延長	約3,000m

② 設備概要

Bプラントの設備の概要を表3.6に、システムフローを図3.7に示す。

表 3.6 Bプラント設備概要

		設備容量	基数
温熱源 (B1プラント)	炉筒煙管ボイラ	30.0 t/h (67.7 GJ/h)	3 基
	炉筒煙管ボイラ	15.0 t/h (33.9 GJ/h)	1 基
	計	105.0 t/h (237.0 GJ/h)	4 基
冷熱源 (B2プラント)	蒸気二重効用吸収式冷凍機	1000 RT(12.7 GJ/h)	3 基
	電動ターボ冷凍機 (固定速)	550 RT(7.0 GJ/h)	1 基
	電動ブライントーボ冷凍機	350 RT(4.4 GJ/h)	2 基
	計	4250 RT(53.8 GJ/h)	6 基
冷熱源 (B3プラント)	電動ターボ冷凍機 (INV)	400 RT(5.1 GJ/h)	2 基
	電動ターボ冷凍機 (固定速)	1350 RT(17.1 GJ/h)	5 基
	計	7550 RT(95.6 GJ/h)	7 基
冷熱源合計		11800 RT(149.4 GJ/h)	13 基
蓄熱槽	蓄熱槽 (氷)	2300 RTh (29.1 GJ)	2 基
	計	4600 RTh (58.2 GJ)	2 基

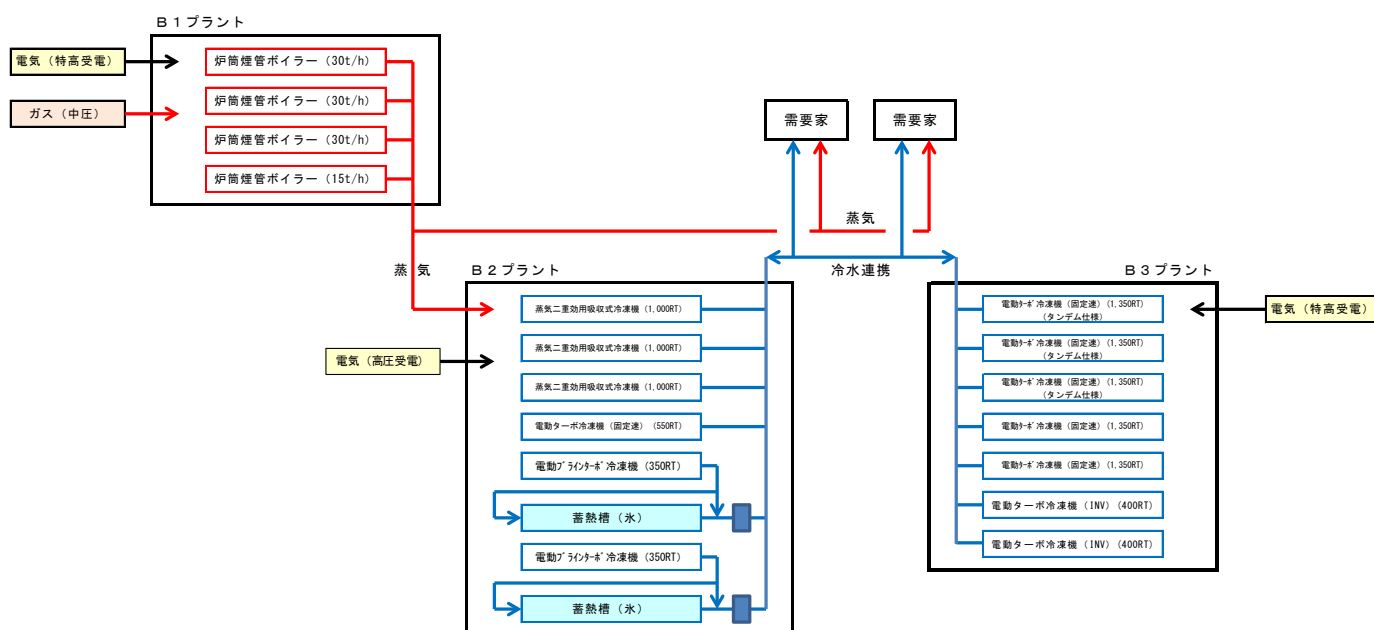


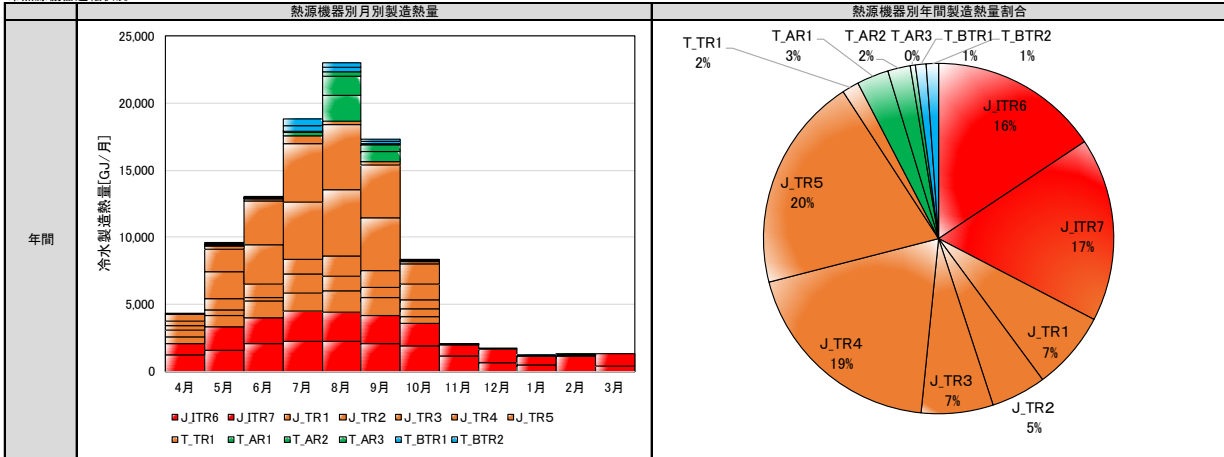
図 3.7 Bプラントシステムフロー

③ 熱源機器運転状況

熱源機器の運転状況を図 3.8、図 3.9 に示す。Bプラントの冷熱源は2つのプラントを連携運用しているため、年間を通して新しいB3サブプラントの効率の高い電動ターボ冷凍機（INV）をベースに運転を行っている。冷熱負荷が大きくなるにつれて電動ターボ冷凍機（固定速）、さらにピークとなる夏期平日についてはB2サブプラントの蒸気二重効用吸収式冷凍機を増段して運転を行っている。

温熱源機器は温熱負荷の大きい時期や時間帯については30t/h炉筒煙管ボイラーを中心に、負荷の小さい夜間や休日については15t/h炉筒煙管ボイラーを中心に運転を行っている。

冷熱源機器運転状況



熱源機器別製造熱量（代表日）

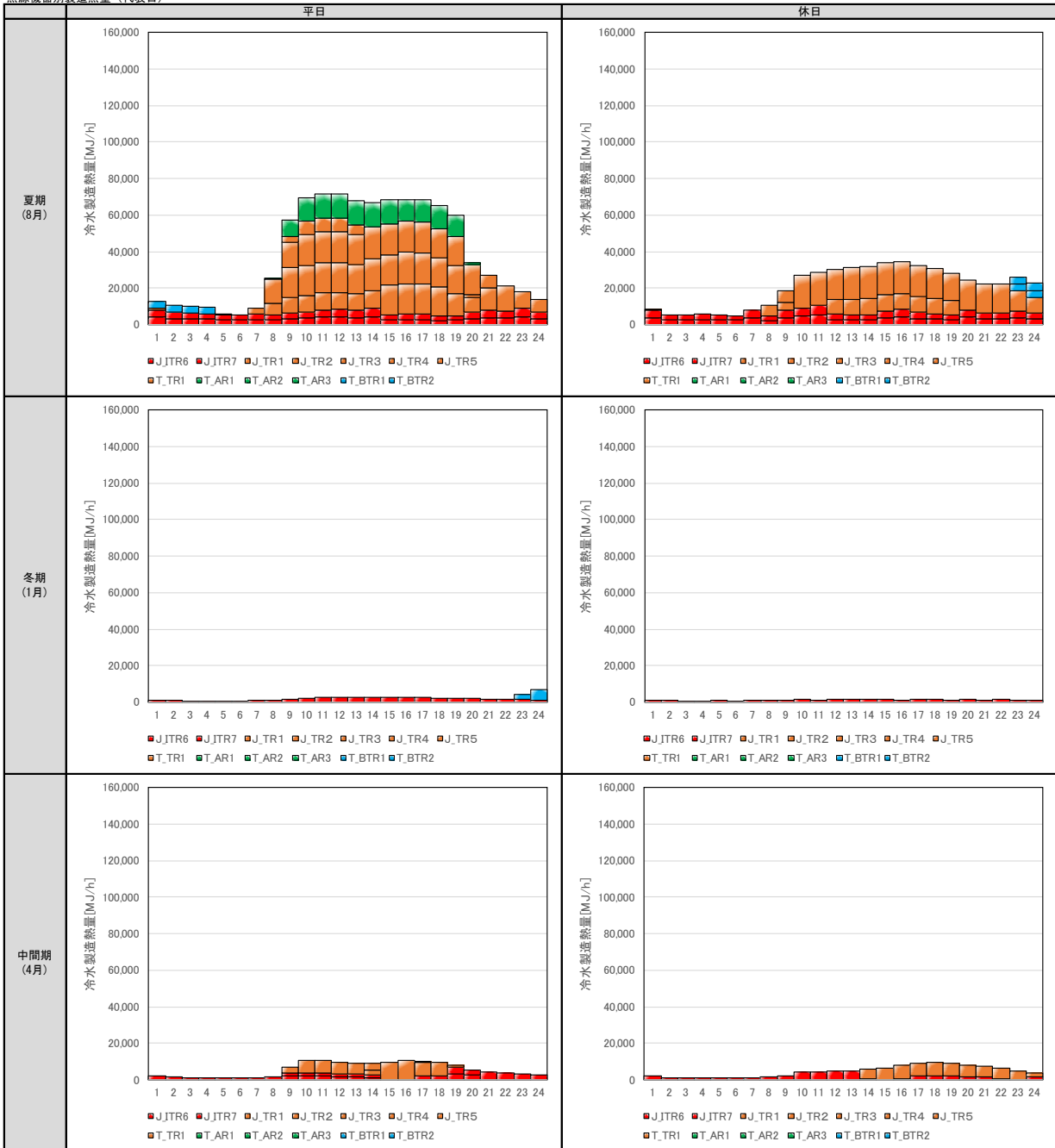
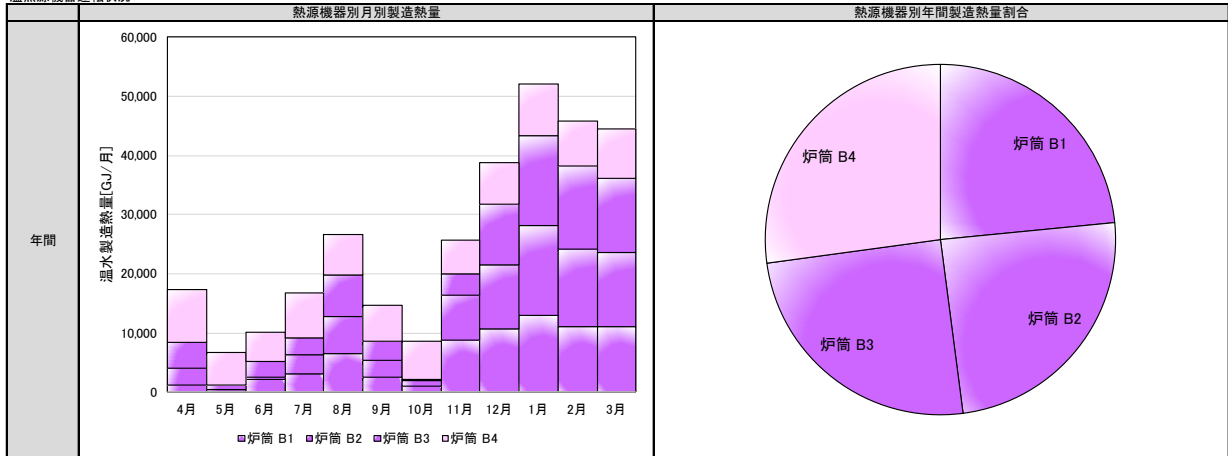


図 3.8 Bプラント冷熱源機器運転状況（2016年度）

温熱源機器運転状況



熱源機器別製造熱量（代表日）

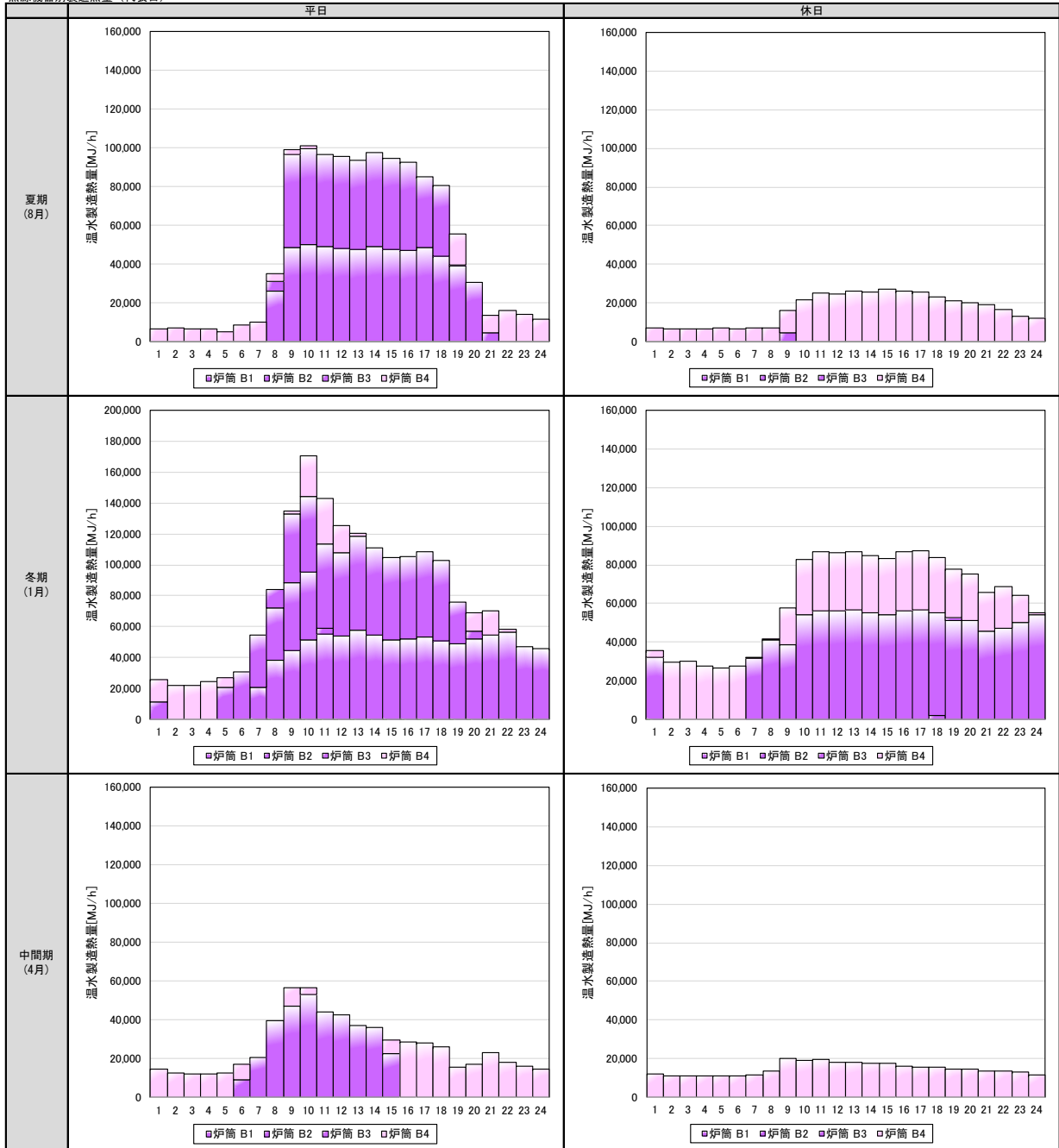
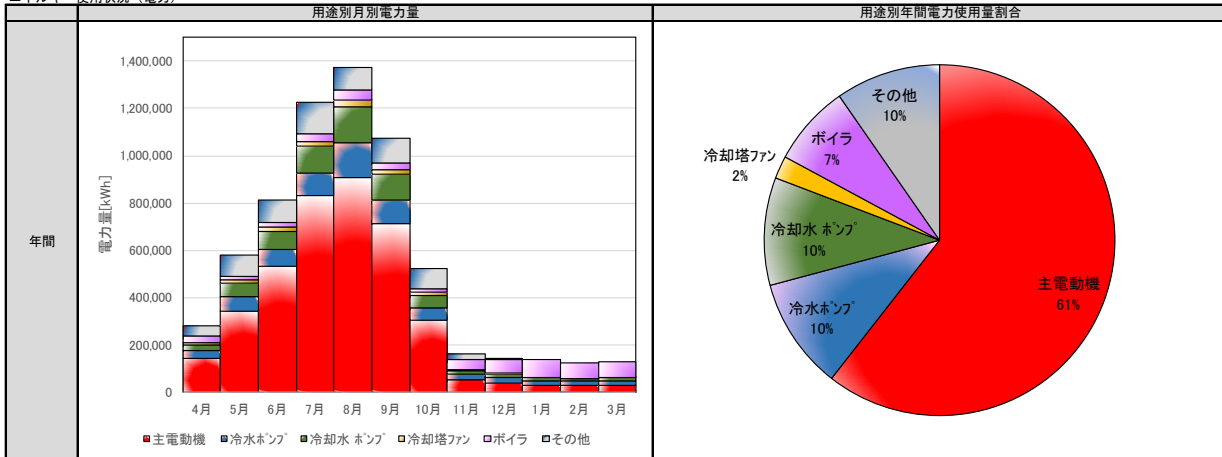


図 3.9 Bプラント温熱源機器運転状況（2016年度）

④ 用途別エネルギー使用状況

用途別のエネルギー使用状況を図 3.10 に示す。B2・B3 サブプラントでは、B1 プラントで製造した蒸気の供給を受けている。年間では、電動ターボ冷凍機の電力使用量が全体の約 6 割を占め、冷水ポンプ、冷却水ポンプの搬送系電力が約 2 割となっている。

エネルギー使用状況（電力）



用途別電力量（代表日）

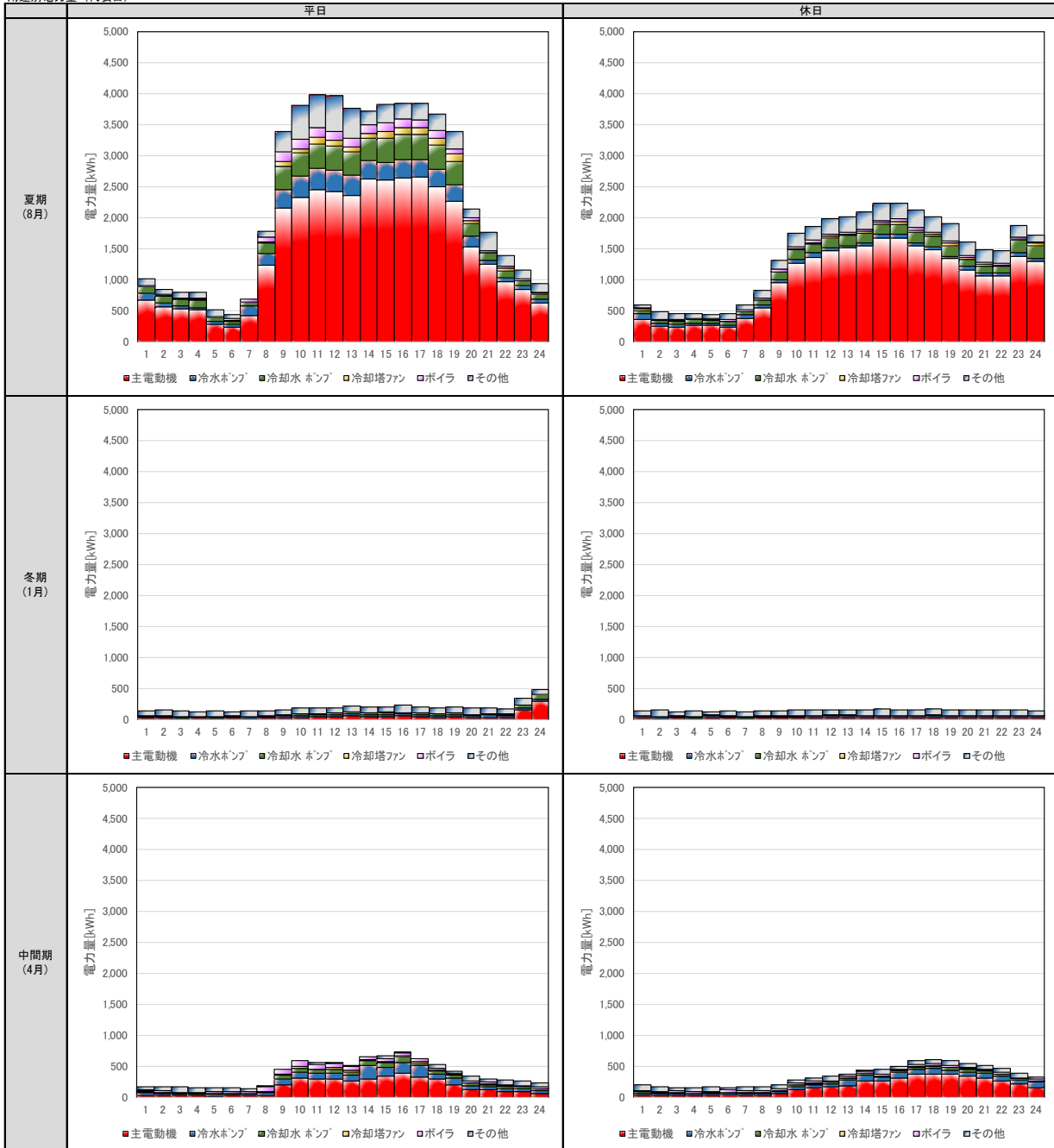


図 3.10 Bプラント電力使用状況（2016年度）

3) Cプラント

① プラント概要

Cプラントの概要を表3.7に示す。1997年に竣工した当初は、蒸気ボイラ及び蒸気吸収式冷凍機を主体とした熱源構成として、建物側が所有しているガスタービンCGSの排熱蒸気を受け入れて省エネルギーを図る熱源システムを構築していた。その後、機器の劣化更新に伴い、建物側所有のガスタービンCGSを熱供給プラント所有のガスエンジンCGSに更新し、建物へCGS電力を全量供給すると共に、CGSの排熱温水を利用した蒸気焚ジェネリンクを増設した。また、効率改善のためにインバーターターボ冷凍機の増設と貫流ボイラを更新している。

表 3.7 Cプラントの概要

供給区域面積	約5.0ha
供給対象延床面積	約127,000m ²
主な供給対象建物用途	オフィスビル、ホテル、区民ホール
供給条件	冷水：往 7℃ 返14℃ 蒸気：0.68～0.88MPa（還水：60℃）
供給開始年	1998年
地域導管延長	冷水（往・返 計） 64m 蒸気 117m 還水 63m

② 設備概要

Cプラントの設備の概要を表3.8に、システムのフローを図3.11に示す。

表 3.8 Cプラント設備概要

		設備容量	基数
温熱源	炉筒煙管ボイラ	9.6 t/h (21.7 GJ/h)	2 基
	貫流ボイラ	3.0 t/h (6.8 GJ/h)	1 基
	CGS排熱ボイラ	0.548 t/h (1.2 GJ/h)	2 基
	計	23.3 t/h (52.6 GJ/h)	5 基
冷熱源	蒸気二重効用吸収式冷凍機	1300 RT (16.5 GJ/h)	1 基
	蒸気二重効用吸収式冷凍機	800 RT (10.1 GJ/h)	1 基
	蒸気焚ジェネリンク	600 RT (7.6 GJ/h)	1 基
	電動ターボ冷凍機 (INV)	750 RT (9.5 GJ/h)	1 基
	計	3450 RT (43.7 GJ/h)	4 基
CGS	ガスエンジンCGS	930 kW	2 基
	計	1860 kW	2 基

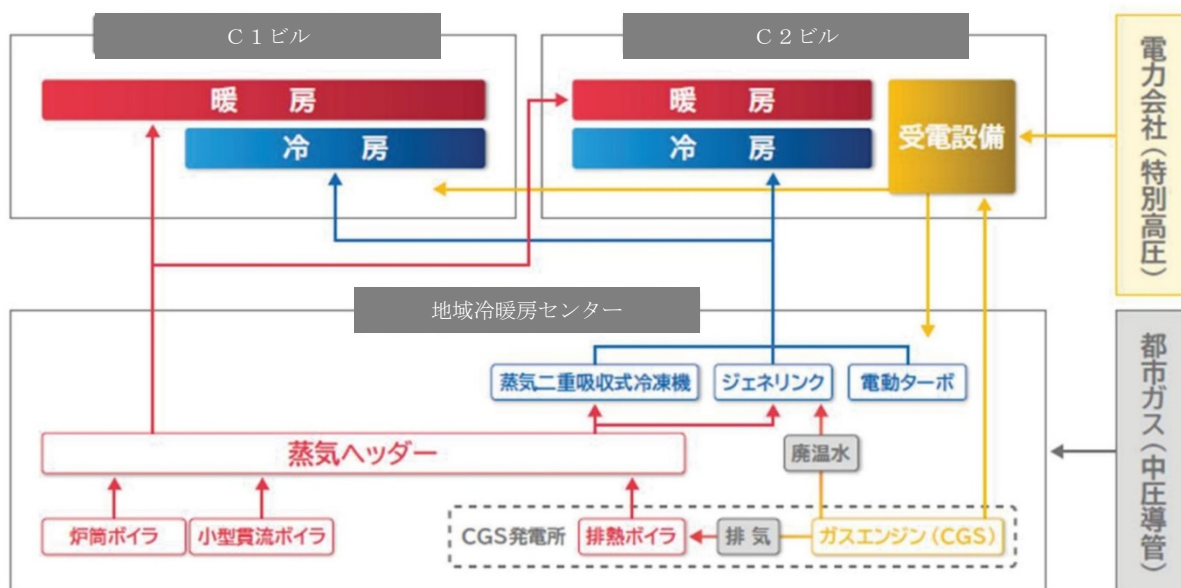
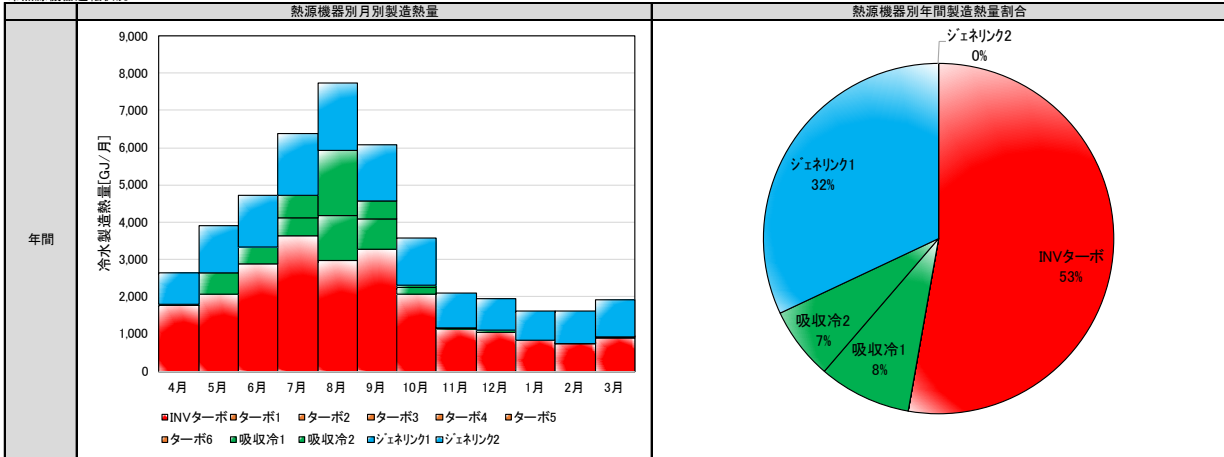


図 3.11 Cプラントシステムフロー

③ 熱源機器運転状況

熱源機器の運転状況を図 3.12、図 3.13 に示す。平日の昼間時間帯に CGS を運転していることから、冷熱については、平日の昼間時間帯は CGS 排熱温水を有効利用するために蒸気焚ジェネリンクを運転している。冷熱需要があまり大きくない冬期・中間期の平日は蒸気焚ジェネリンクに加えてインバーターターボ冷凍機を運転しているが、冷熱需要の大きい夏期平日は、更に蒸気吸収式冷凍機を運転している。

冷熱源機器運転状況



熱源機器別製造熱量（代表日）

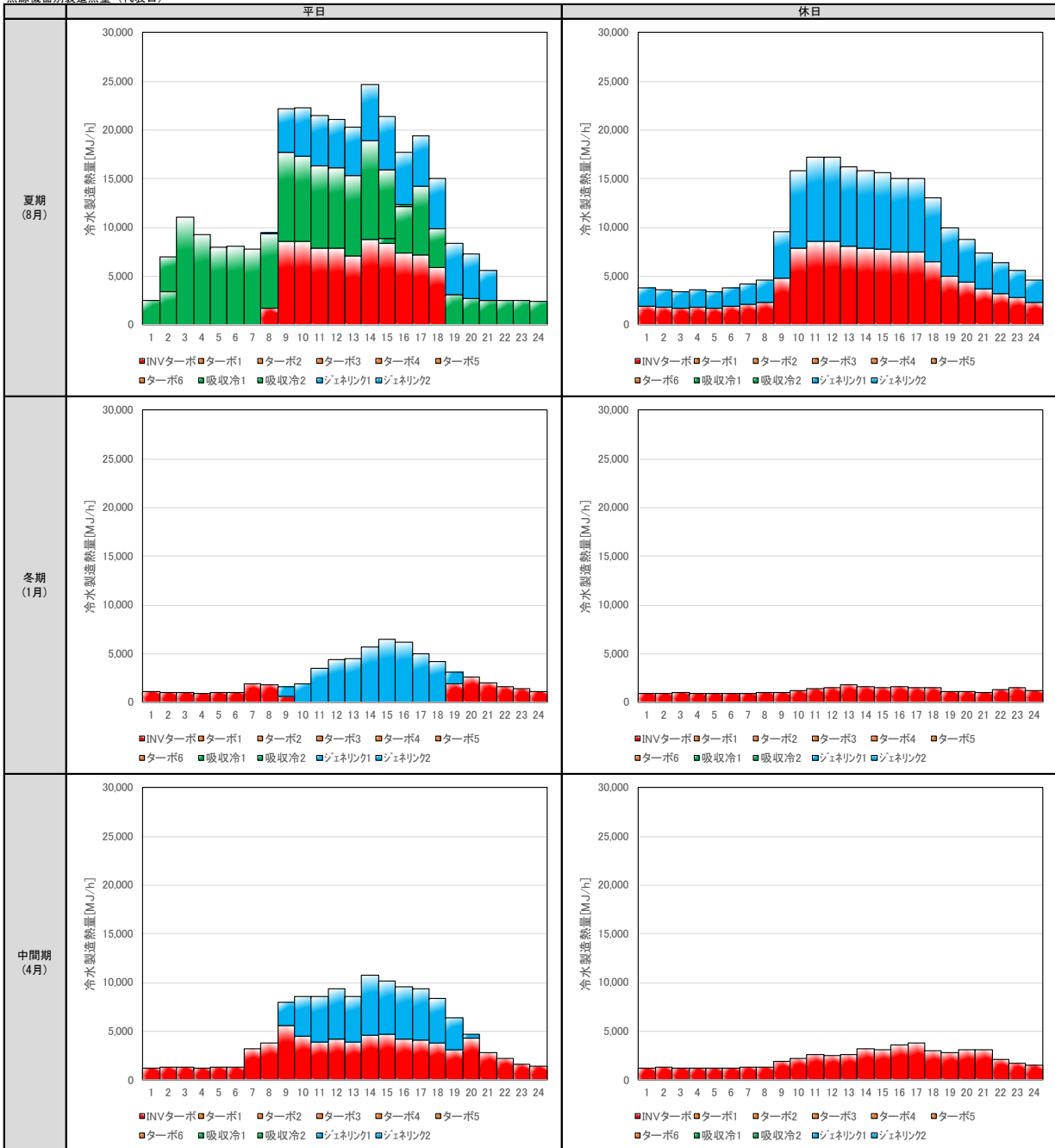
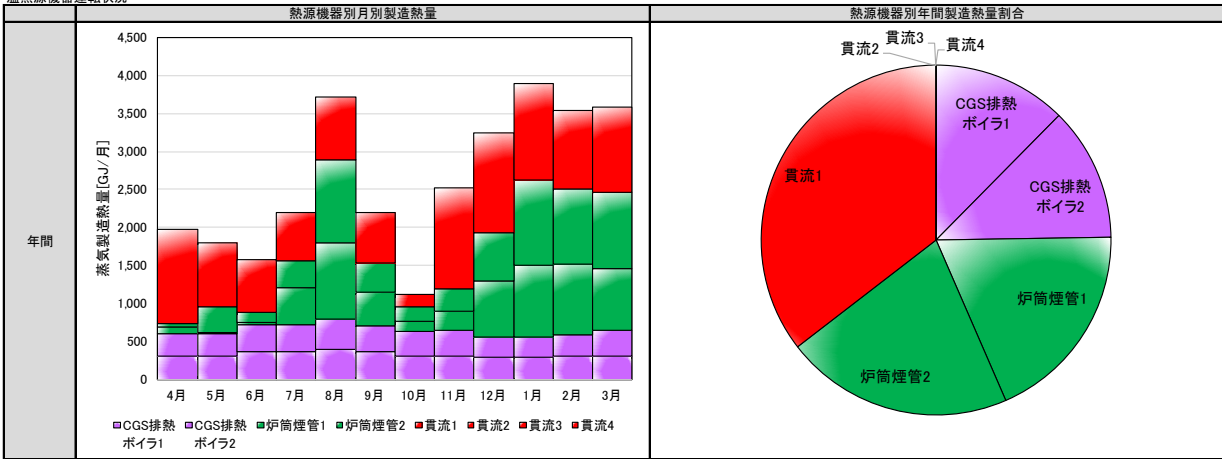


図 3.12 Cプラント冷熱源機器運転状況（2016年度）

温熱源機器運転状況



熱源機器別製造熱量（代表日）

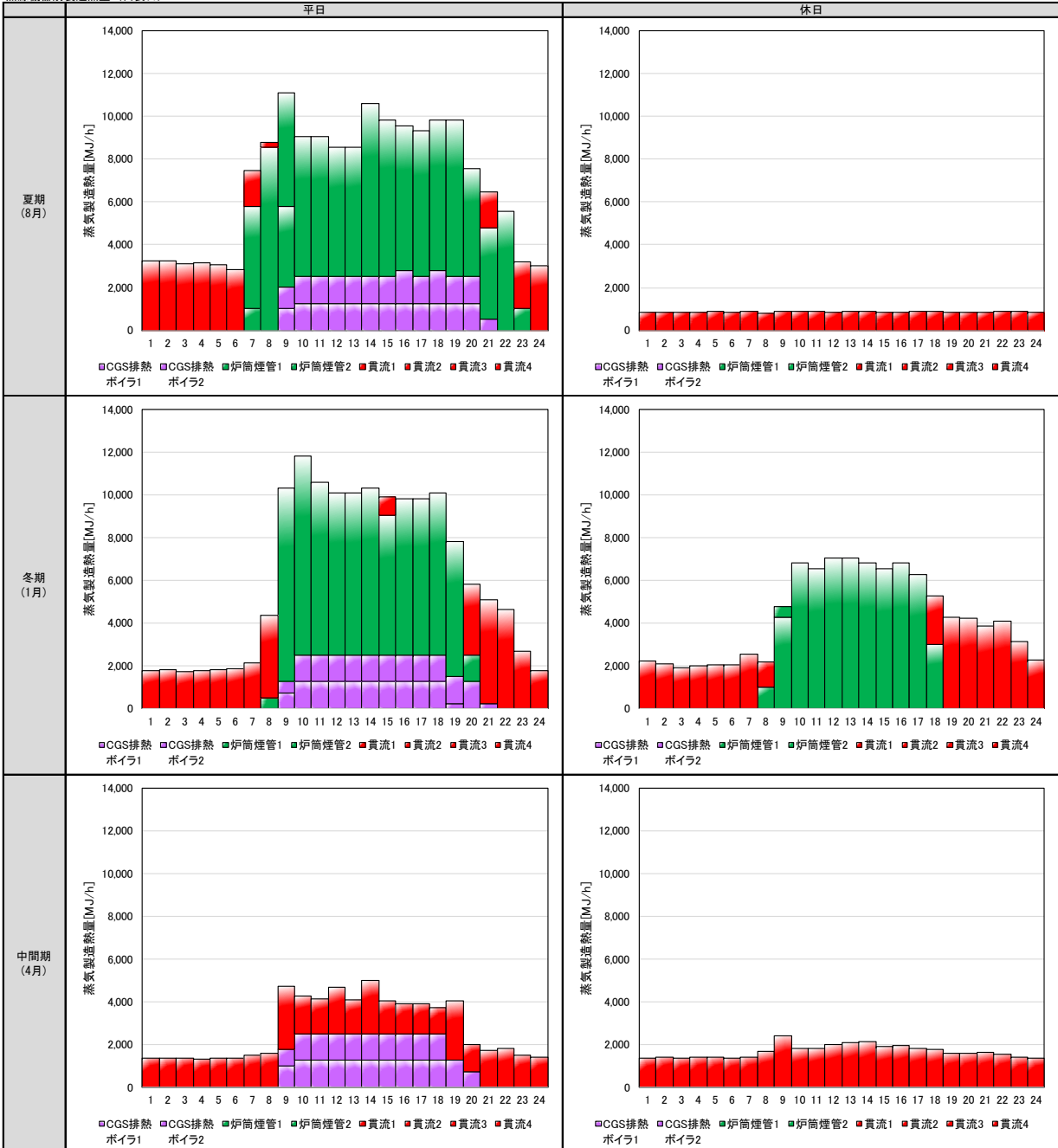


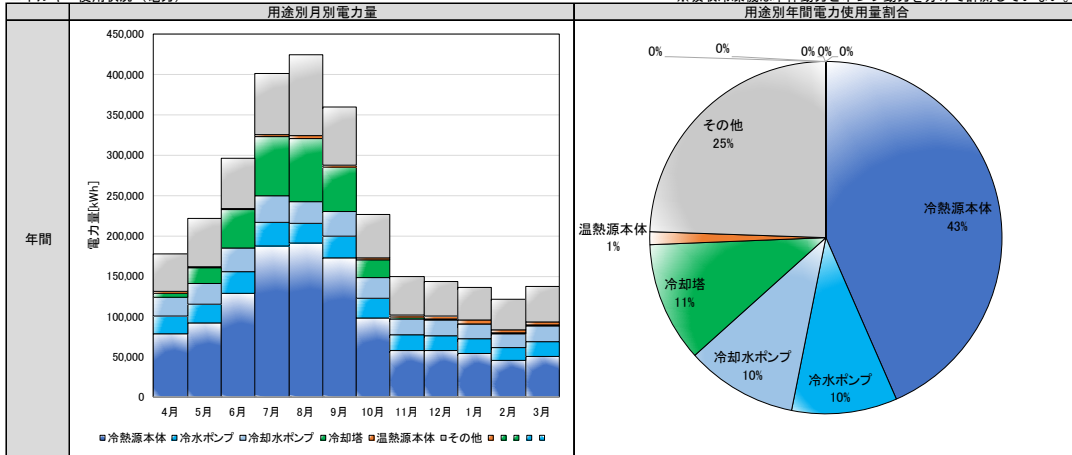
図 3.13 Cプラント温熱源機器運転状況（2016年度）

④ 用途別エネルギー使用状況

図 3.14 に年間の電力消費量を、図 3.15 に年間のガス使用量を示す。年間の電力消費量については、冷凍機本体の電力使用量が全体の約 4 割を占め、冷水ポンプ、冷却水ポンプの搬送系電力が約 2 割となっている。年間のガス使用量については、ボイラのガス使用量が全体の約 3 割を占め、CGS のガス使用量が全体の約 7 割となっている。

エネルギー使用状況（電力）

※吸収冷凍機は本体動力とポンプ動力を分けて計測していない。



Cプラント

電力消費量（代表日）

※吸収冷凍機は本体動力とポンプ動力を分けて計測していない。

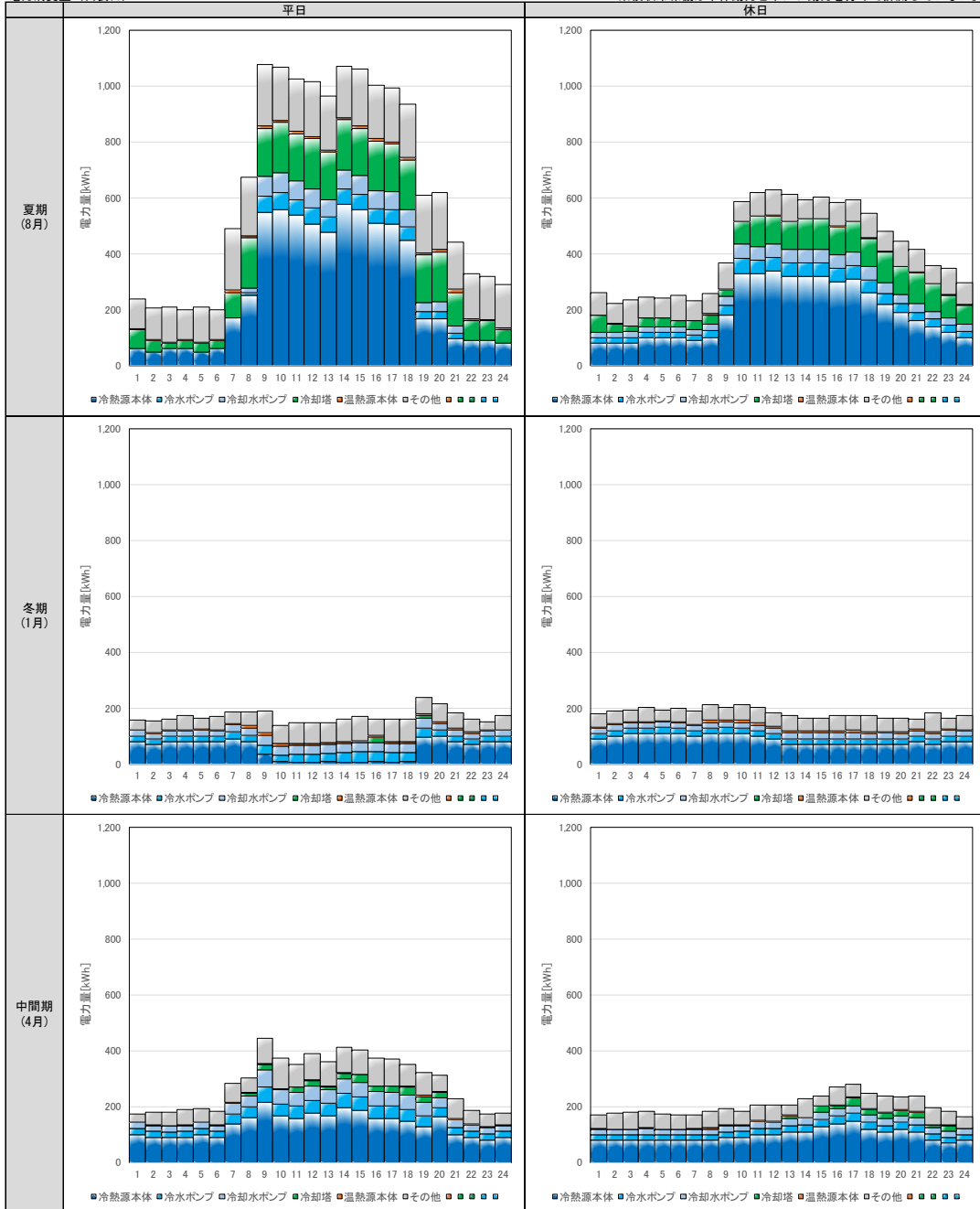
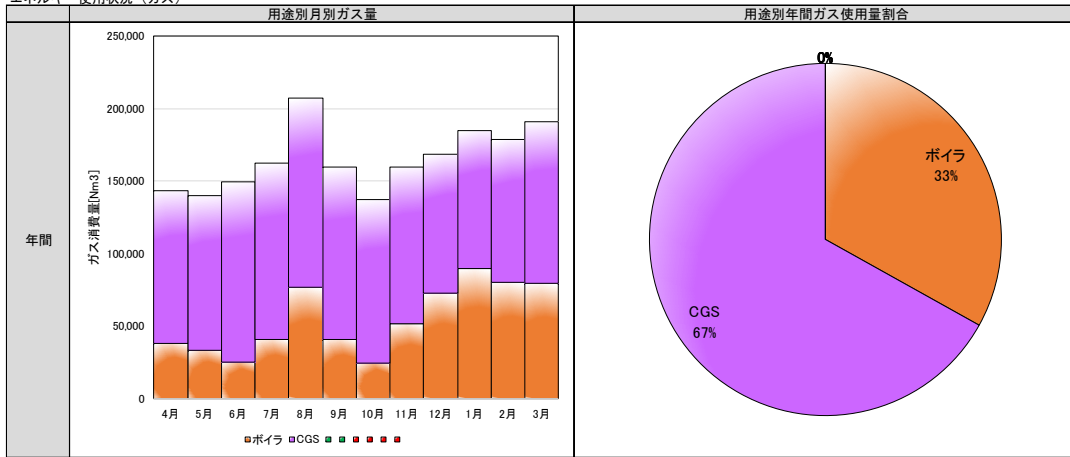


図 3.14 Cプラント電力消費量状況（2016年度）

エネルギー使用状況（ガス）



Cプラント
ガス消費量（代表日）

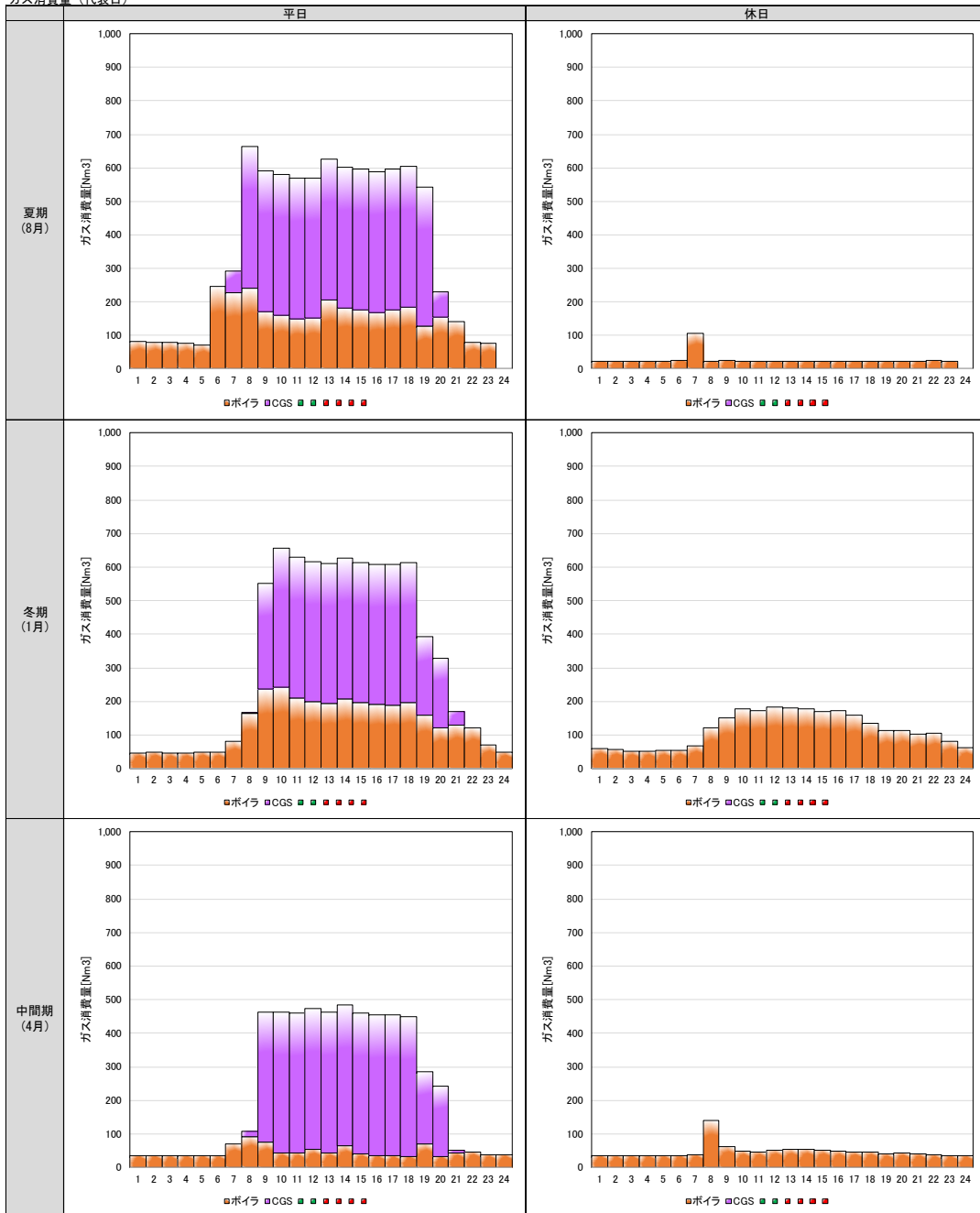


図 3.15 Cプラントガス消費量状況（2016年度）

3.3 熱源機器・制御システムの特性把握

(1) 目的

熱供給プラントの運転実態に即した一次エネルギー換算係数が得られるように、既設熱供給プラントの運転実態を分析し、エネルギー消費性能計算プログラム（非住宅版）（WEB プログラムという）に適用している機器特性の拡充、改定の基礎データとする。本研究における調査項目と調査目的を表 3.9 に示す。

表 3.9 熱源機器・制御システム特性把握の目的

調査項目	調査の目的	(熱供給) 一次エネルギー 換算係数算定方法 への適用	(単体建物) WEB プログラム との関係
熱源機器の 特性把握	任意評定においては、WEB プログラムに適用している熱源機器特性データを使用することを原則とするが、より高効率な熱源機器が開発される中、高効率熱源機器の採用が熱供給プラント一次エネルギー換算係数の計算結果に反映されるよう、適宜、熱源機器データを更新することが望ましい。今回の調査では、熱源機器の実運転データを整理することにより、更新のための基礎的データを整理することを目的とする。	原則として熱源機器特性は WEB プログラムのデータを適用するように規定する。 →将来的なデータ更新に今回調査の知見を活用。	代表的熱源のデータあり。 →将来的なデータ更新に今回調査の知見を活用。
制御システムの特性把握	効果的な自動制御ロジックについて、地域熱供給プラントの運転実態を踏まえて、熱供給プラント一次エネルギー換算係数算定に反映することを目的とする。 例として熱負荷に応じたポンプ流量制御による動力の低減が挙げられ、運転実態より自動制御の効果を分析し、一次エネルギー換算係数算定方法に反映する。	効果が明らか、かつ高いものについて、実態調査の分析結果に基づき評価方法を規定する。 (例) 熱負荷に応じた搬送動力の低減等	VWV などの評価のみ。

(2) 検討対象

検討対象3プラントに設置されている熱源機器を対象とする。対象機器を表3.10、表3.11に示す。

表 3.10 検討対象熱源機器

機器名称		WEBプログラム 対応状況	対象3プラント			その他
			A	B	C	
ターボ冷凍機	固定速ターボ冷凍機	○	●	●	●	—
	インバータターボ冷凍機	○	—	●	●	—
ヒーティングタワーヒートポンプ		—	●	—	—	—
熱回収ヒートポンプ		—	●	—	—	—
吸収式冷凍機	蒸気吸収式(二重効用)	○	—	—	●	—
	蒸気焚ジェネリンク	○	—	—	●	—
ボイラ	炉筒煙管ボイラ	○	—	●	●	—
	貫流ボイラ	○	—	—	●	—
再エネ・未利用	木質バイオマスボイラ	—	—	—	—	●

表 3.11 主要3プラントの熱源機器一覧

	Aプラント		Bプラント		Cプラント	
	設備容量	基数	設備容量	基数	設備容量	基数
温熱源機器	炉筒煙管式ボイラ		30.0 t/h (67.7 GJ/h)	3 基	9.6 t/h (21.7 GJ/h)	2 基
	炉筒煙管式ボイラ		15.0 t/h (33.9 GJ/h)	1 基		
	貫流ボイラ				3.0 t/h (6.8 GJ/h)	1 基
	CGS排熱ボイラ				0.548 t/h (1.2 GJ/h)	2 基
	電動ターボ冷凍機 (熱回収型)	6.8 GJ/h	2 基			
	ヒートポンプ (熱回収型)	12.6 GJ/h	2 基			
	計	38.8 GJ/h	4 基	105.0 t/h (237.0 GJ/h)	4 基	23.3 t/h (52.6 GJ/h)
冷熱源機器	蒸気二重効用吸収式冷凍機		1000 RT(12.7 GJ/h)	3 基	1300 RT (16.5 GJ/h)	1 基
	蒸気二重効用吸収式冷凍機				800 RT (10.1 GJ/h)	1 基
	蒸気蒸ジェネリンク				600 RT (7.6 GJ/h)	1 基
	電動ターボ冷凍機 (INV)				750 RT (9.5 GJ/h)	1 基
	電動ターボ冷凍機 (INV)			400 RT(5.1 GJ/h)	2 基	
	電動ターボ冷凍機 (固定速)			1350 RT(17.1 GJ/h)	5 基	
	電動ターボ冷凍機 (固定速)	1180 RT(14.9 GJ/h)	2 基			
	電動ターボ冷凍機 (固定速)			550 RT(7.0 GJ/h)	1 基	
	電動ブライントーボ冷凍機			350 RT(4.4 GJ/h)	2 基	
	電動ターボ冷凍機 (熱回収型)	430 RT(5.4 GJ/h)	2 基			
	ヒートポンプ (熱回収型)	1445 RT(18.3 GJ/h)	2 基			
計	6110 RT(77.2 GJ/h)	6 基	11800 RT(149.4 GJ/h)	####	3450 RT (43.7 GJ/h)	4 基
CGS	ガスエンジンCGS				930 kW	2 基
	計				1860 kW	2 基
蓄熱槽	蓄熱槽 (冷温水槽)	4700 m ³	2 基			
	蓄熱槽 (冷水槽)	4700 m ³	2 基			
	蓄熱槽 (温水槽)	260 m ³	1 基			
	蓄熱槽 (氷)			2300 RTh (29.1 GJ)	2 基	
	計	19060 m ³	5 基	4600 RTh (58.2 GJ)	2 基	

(3) 熱源機器のエネルギー消費性能：調査結果と解析

1) 冷熱源機器

冷却水温度別部分負荷効率曲線を、「省エネルギー基準に準拠した算定方法及び解説」（以下、緑本という）に記載の機器特性と比較する。

① Aプラント

a) 固定速ターボ冷凍機

冷却水温度別の部分負荷特性を図 3.16 に、データ数を表 3.12 に示す。蓄熱システムであるため、おおむね負荷率 0.7 以上で運転されている。冷却水温度が高いほど入力比が大きくなる傾向がある。

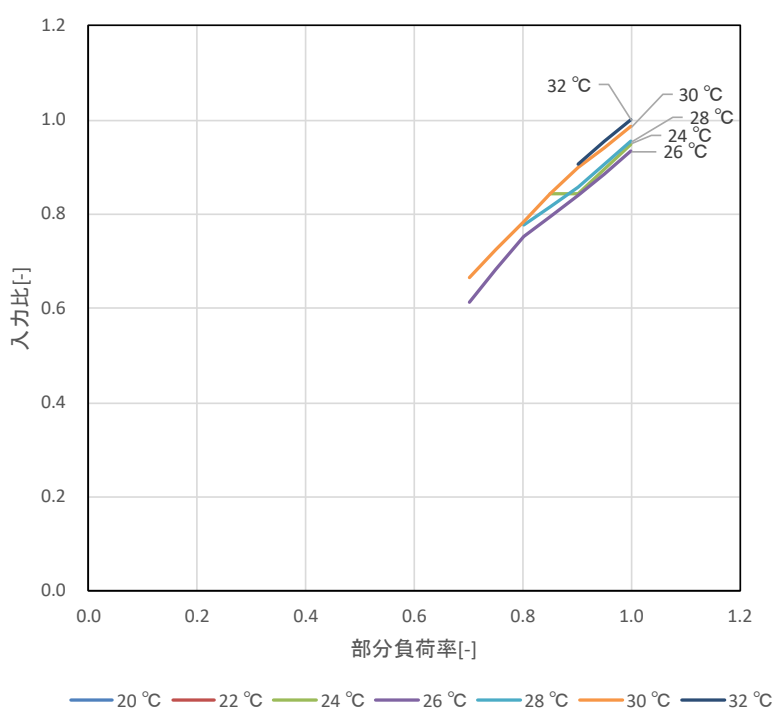


図 3.16 冷却水温度別部分負荷特性

※冷却水流量制御により冷却水流量が定格流量よりも削減されたデータである。

表 3.12 データ数

	部分負荷率	冷却水温度										合計		
		12 °C	14 °C	16 °C	18 °C	20 °C	22 °C	24 °C	26 °C	28 °C	30 °C		32 °C	
	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	0.7	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	3
	0.8	0	0	0	0	0	0	0	17	37	23	0	0	77
	0.9	0	0	0	0	0	0	1	20	19	48	3	0	91
	1.0	0	0	0	0	2	0	2	173	605	392	0	0	1,174
	合計	0	0	0	0	2	0	3	214	662	464	3	0	1,348

冷却水温度別のグラフを図 3.17 に示す。実績値と緑本性能曲線とを比較すると、冷却水流量制御を行っているため実績が上回っているが、実性能を推定するための補正係数 1.2 を乗じた値に対しては冷却水温度 24℃（データ数 3 点）を除き下回っている。

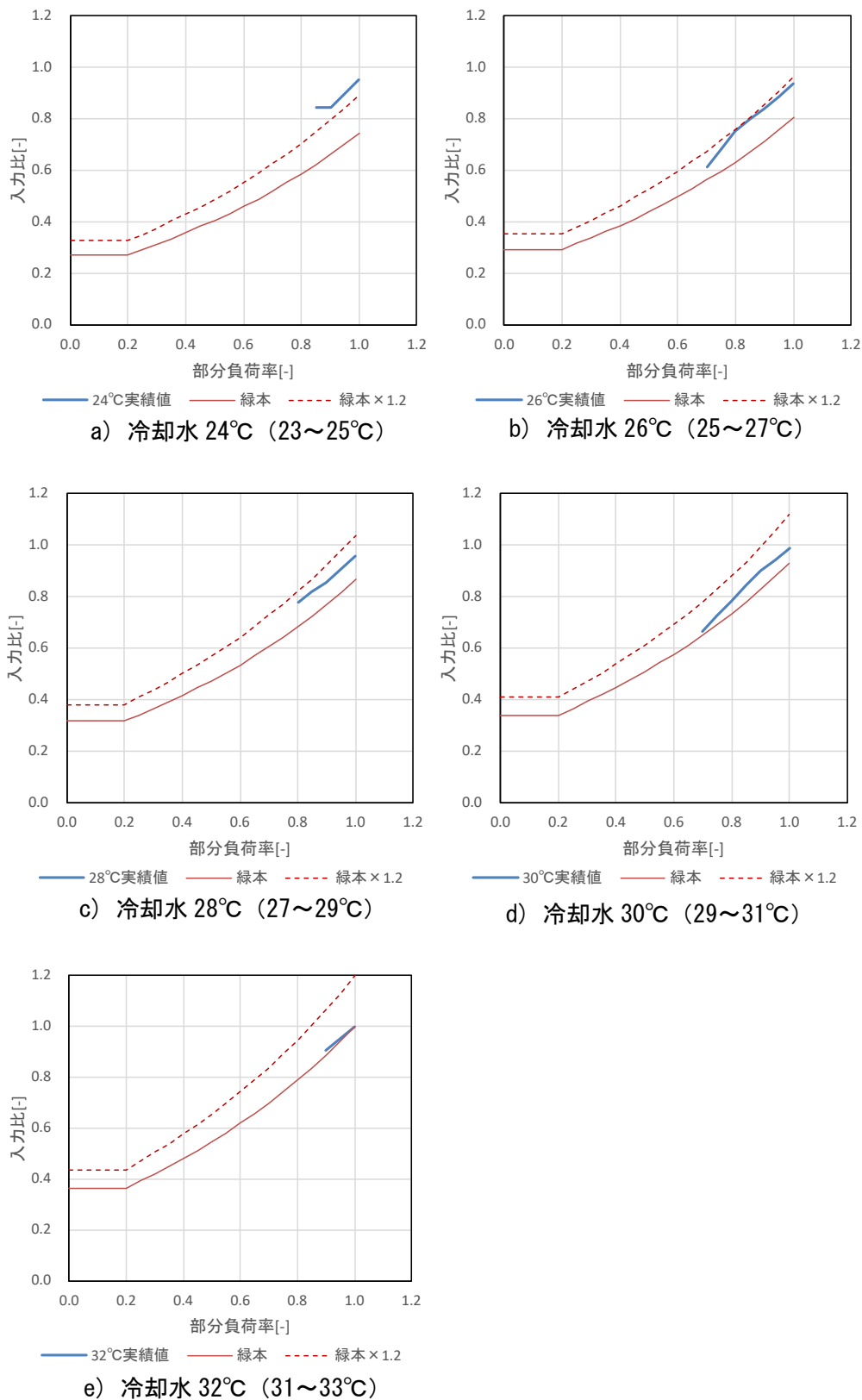


図 3.17 冷却水温度別部分負荷特性<緑本機器特性との比較>

※冷却水流量制御により冷却水流量が定格流量よりも削減されたデータである。

b) ヒーティングタワーヒートポンプ

冷却水温度別の部分負荷特性を図 3.18 に、データ数を表 3.13 に示す。蓄熱システムであるため、おおむね負荷率 0.7 以上で運転されている。冷却水温度が高いほど入力比が大きくなる傾向が見て取れるが、固定速ターボ冷凍機と比較すると変化が少ない。

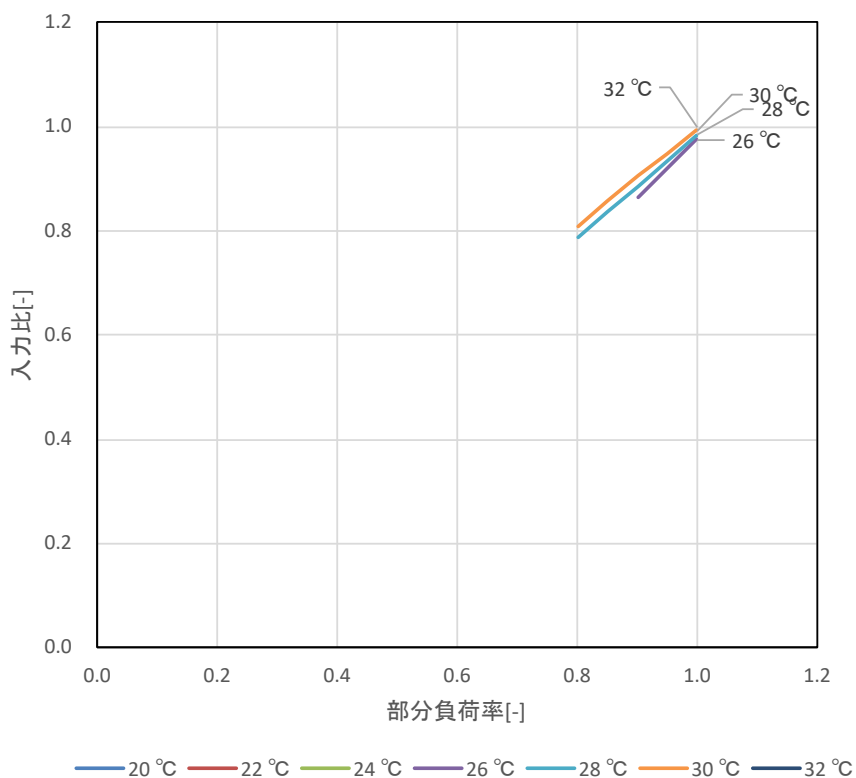


図 3.18 冷却水温度別部分負荷特性

表 3.13 データ数

データ数 (運転時間)

		冷却水温度										合計	
		12 °C	14 °C	16 °C	18 °C	20 °C	22 °C	24 °C	26 °C	28 °C	30 °C		32 °C
部分負荷率	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	4
	0.6	0	0	0	0	0	0	0	3	4	0	0	7
	0.7	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	0	5
	0.8	0	0	0	0	0	0	0	3	11	1	0	15
	0.9	0	0	0	0	0	0	2	25	40	30	1	98
1.0	0	0	0	0	0	2	1	246	600	433	2	1,284	
合計	0	0	0	0	0	2	4	280	660	464	3	1,413	

冷却水温度別のグラフを図 3.19 に示す。ヒーティングタワーヒートポンプの性能曲線は緑本にはないことから、固定速ターボ冷凍機の性能曲線との比較を行った。固定速ターボ冷凍機と比較して、冷却水温度が低下した場合の効率向上が大きくないことから、冷却水温度が低くなるにつれ、性能曲線よりも実績の入力比が上回る傾向があるが、実性能を推定するための補正係数 1.2 を乗じた値に対してはおおむね下回っている。

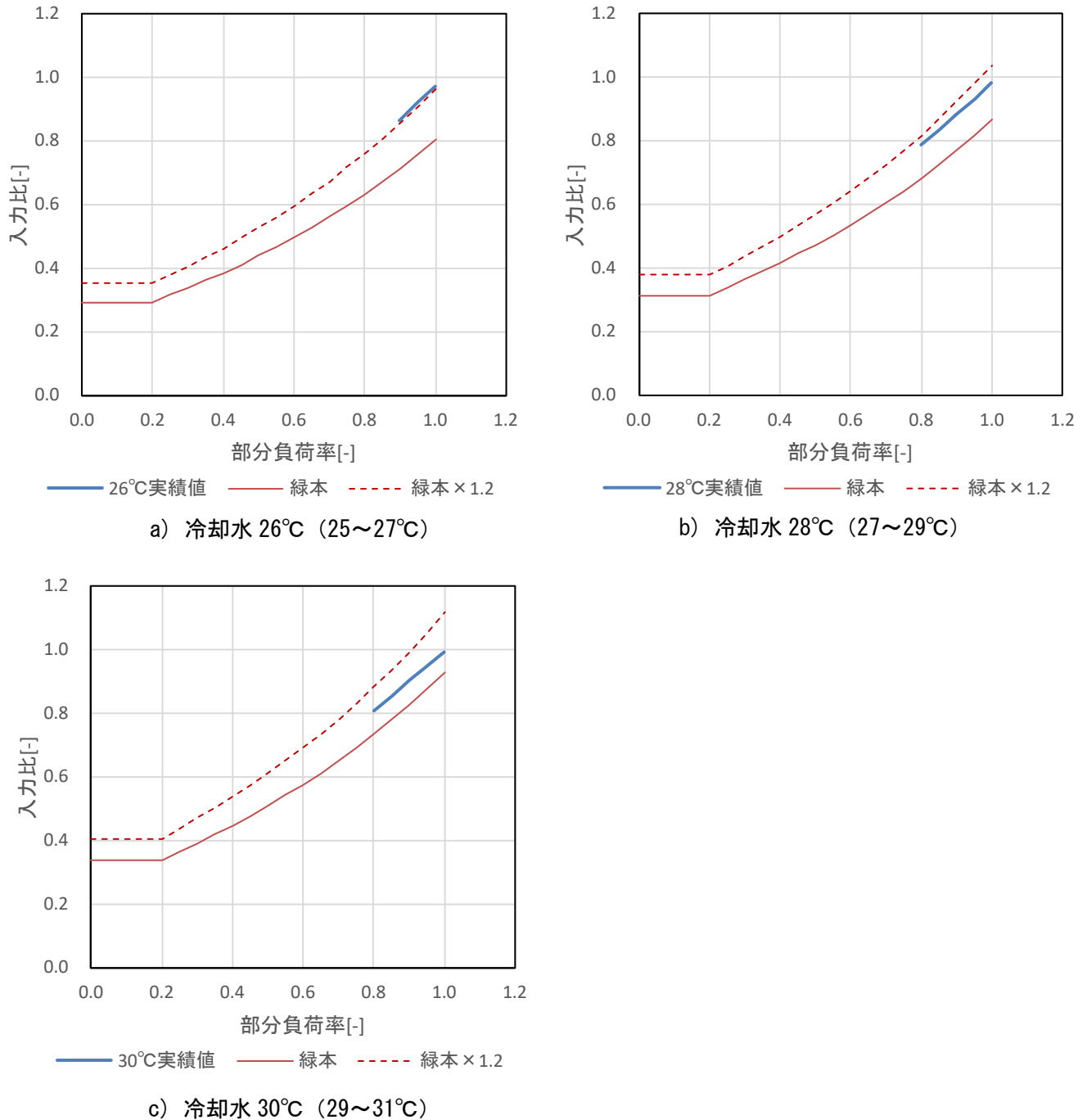


図 3.19 冷却水温度別部分負荷特性<緑本機器特性との比較>

c) 熱回収ヒートポンプ【熱回収運転モード】

冷却水温度別の部分負荷特性を図 3.20 に、データ数を表 3.14 に示す。熱回収運転モードでは、冷水と温水を同時に取り出すことで機器の効率が高まる。

- ・年間運転時間は 763 時間で、部分負荷率 90%以上での運転が大部分となっている。
- ・熱源水温度は 44~46℃付近に集中している。

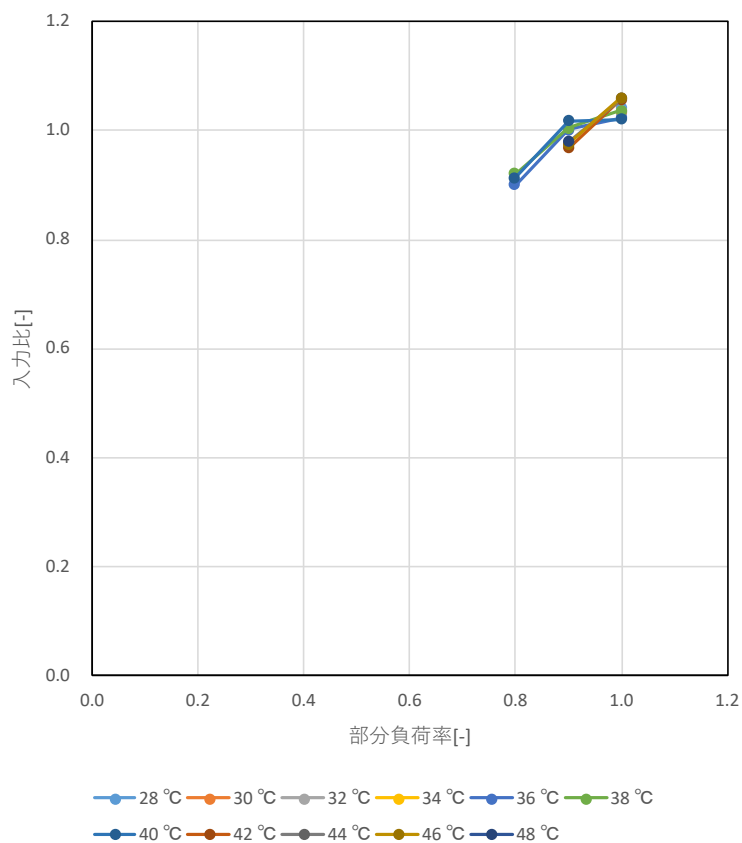
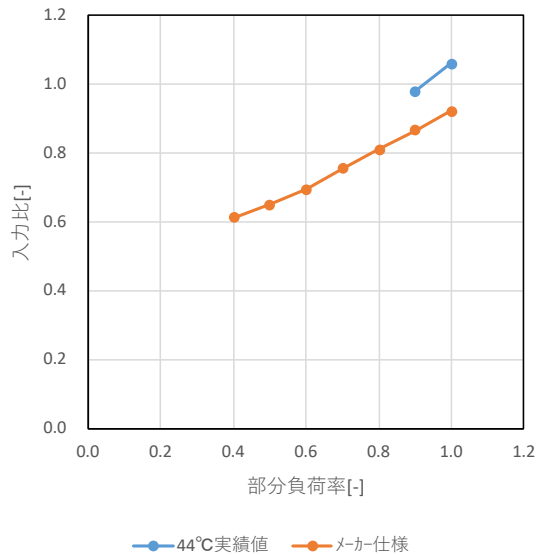


図 3.20 冷却水温度別部分負荷特性

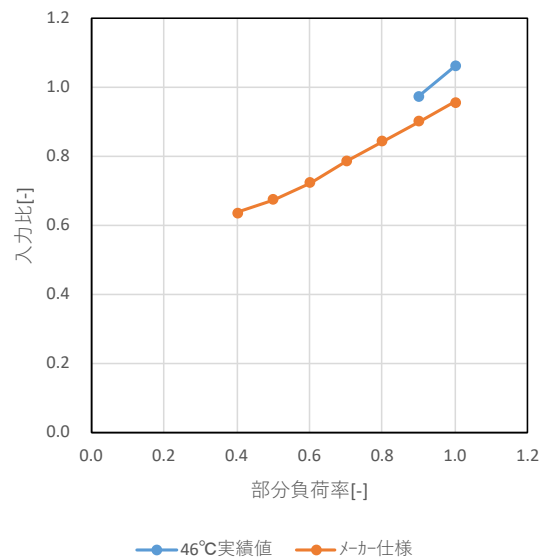
表 3.14 データ数

データ数 (運転時間)		熱源水温度											合計	
		28 °C	30 °C	32 °C	34 °C	36 °C	38 °C	40 °C	42 °C	44 °C	46 °C	48 °C		
部分負荷率	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.8	0	0	0	0	3	14	25	0	0	0	0	0	42
	0.9	0	0	0	0	2	3	1	9	75	303	39	432	
	1.0	2	4	3	0	1	10	41	18	81	129	0	289	
合計	2	4	3	0	6	27	67	27	156	432	39	763		

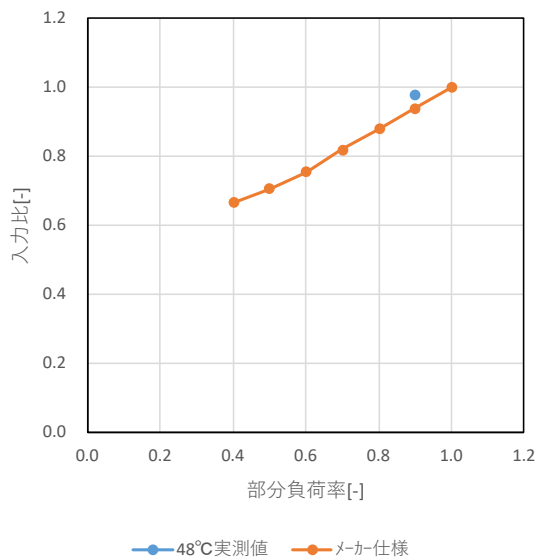
WEB プログラムにおいては、熱回収ヒートポンプの熱源機器特性データが存在しないことから、メーカー仕様値との比較を行った。結果を図 3.21 に示す。入力比は熱源水温度が変化してもほとんど変化しない結果となった。メーカー仕様では熱源水温度が低くなると入力比が小さくなる傾向があるため、熱源水温度が低くなるほどメーカー仕様より値が大きくなっている。



a) 熱源水 44°C (43~45°C)



b) 熱源水 46°C (45~47°C)



c) 熱源水 48°C (47~49°C)

図 3.21 熱源水温度別部分負荷特性<メーカー仕様値との比較>

d) 熱回収ヒートポンプ【冷房単独運転モード】

冷却水温度別の部分負荷特性を図 3.22、図 3.23 に、データ数を表 3.15 に示す。冷房単独運転モードにおいては、冷水、温水同時取出しは行わずに冷水だけを取り出し、凝縮器の冷却は冷却塔を使用している。

- ・年間運転時間は 76 時間で、部分負荷率 90%以上での運転が大部分となっている。
- ・冷却水温度は 28~30℃付近に集中している。
- ・入力比はメーカー仕様に対して、若干大きくなっている。

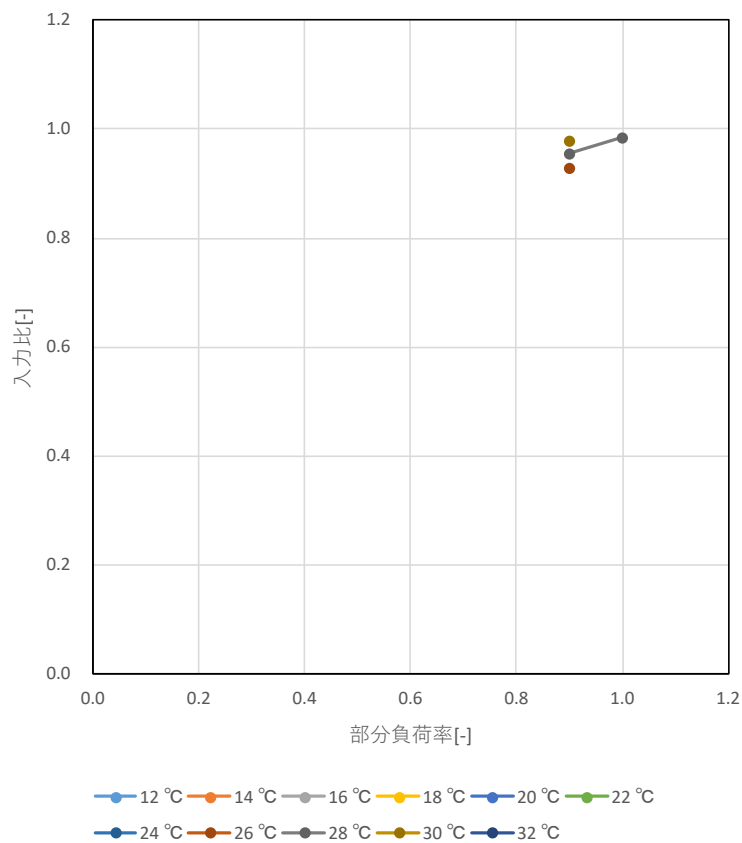
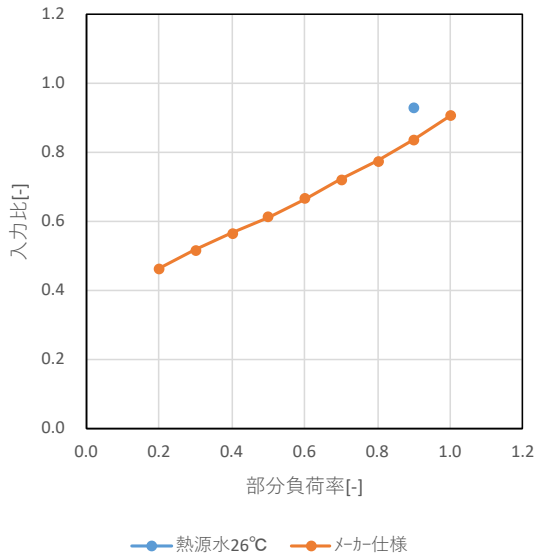


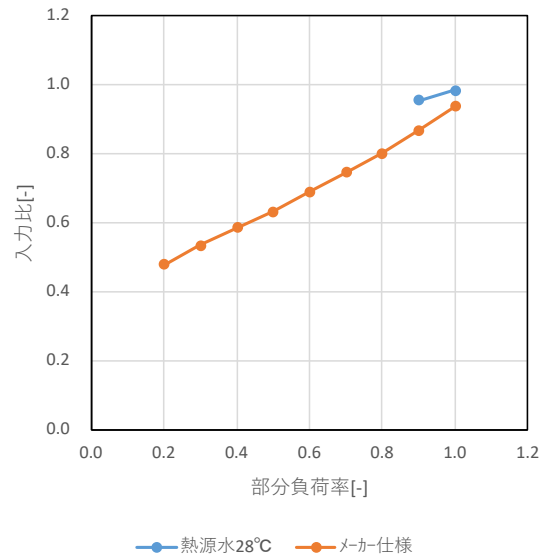
図 3.22 冷却水温度別部分負荷特性

表 3.15 データ数

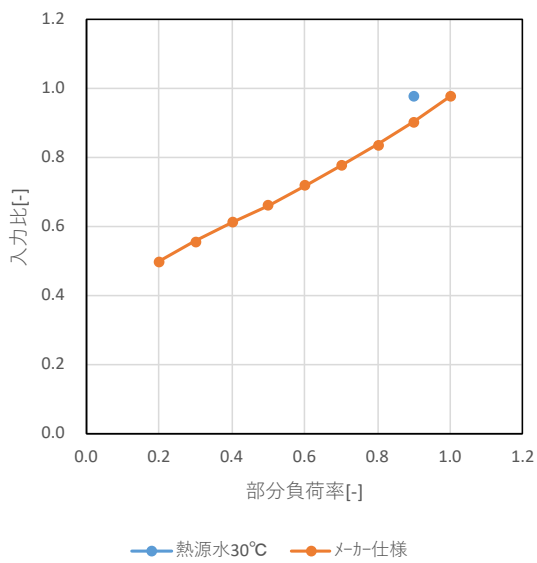
データ数 (運転時間)		冷却水温度											合計
部分負荷率		12 °C	14 °C	16 °C	18 °C	20 °C	22 °C	24 °C	26 °C	28 °C	30 °C	32 °C	
		0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	18	56	0	75
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
合計	0	0	0	0	0	0	0	0	1	19	56	0	76



a) 熱源水 26°C (25~26°C)



b) 熱源水 28°C (27~29°C)



c) 熱源水 30°C (29~31°C)

図 3.23 熱源水温度別部分負荷特性<メーカー仕様値との比較>

② Bプラント

a) 固定速ターボ冷凍機

冷却水温度別の部分負荷特性を分析した結果を図 3.24 に、データ数を表 3.16 に示す。負荷率 1.0 周辺での運転頻度が高い。冷却水温度が高いほど入力比が大きくなる傾向がある。

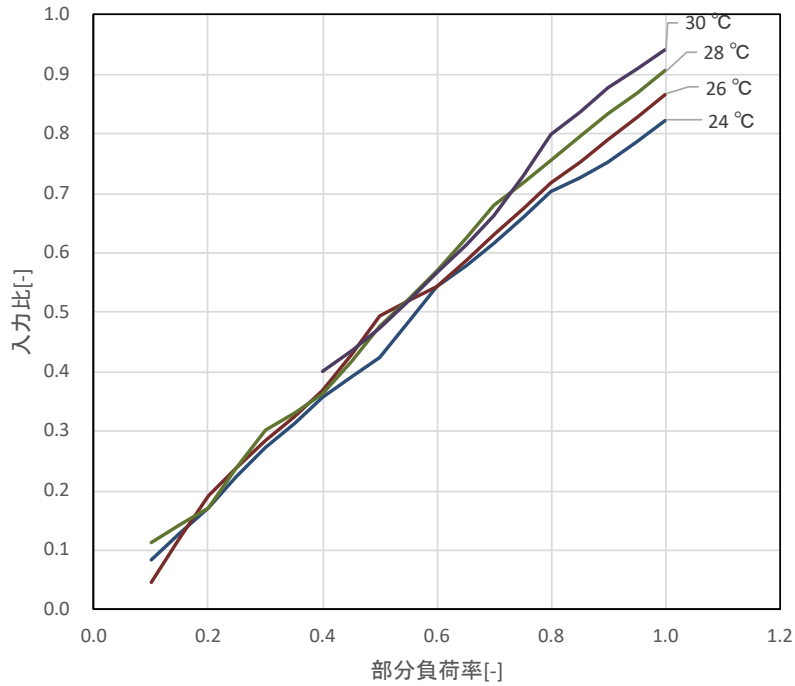


図 3.24 冷却水温度別部分負荷特性

表 3.16 データ数

		冷却水温度										合計	
		12 °C	14 °C	16 °C	18 °C	20 °C	22 °C	24 °C	26 °C	28 °C	30 °C		32 °C
部分負荷率	0.0							1	1	3	1		6
	0.1							7	4	15	1		27
	0.2							2	7	7	1		17
	0.3							12	5	4			21
	0.4							6	11	7	1		25
	0.5							4	6	4	2		16
	0.6							1	2	6	1		10
	0.7							6	10	12	1		29
	0.8							17	29	32	4		82
	0.9							55	87	135	55		332
	1.0							98	93	198	122		511
1.1							14	14	8	3		39	
合計		0	0	0	0	0	0	223	269	431	192	0	1,115

実績値と緑本性能曲線とを比較した結果を図 3.25 に示す。緑本性能曲線よりも実績の入力比が低負荷帯で下回るものの高負荷帯では上回る傾向がある。しかし、実性能を推定するための補正係数 1.2 を乗じた値に対してはおおむね下回っている。

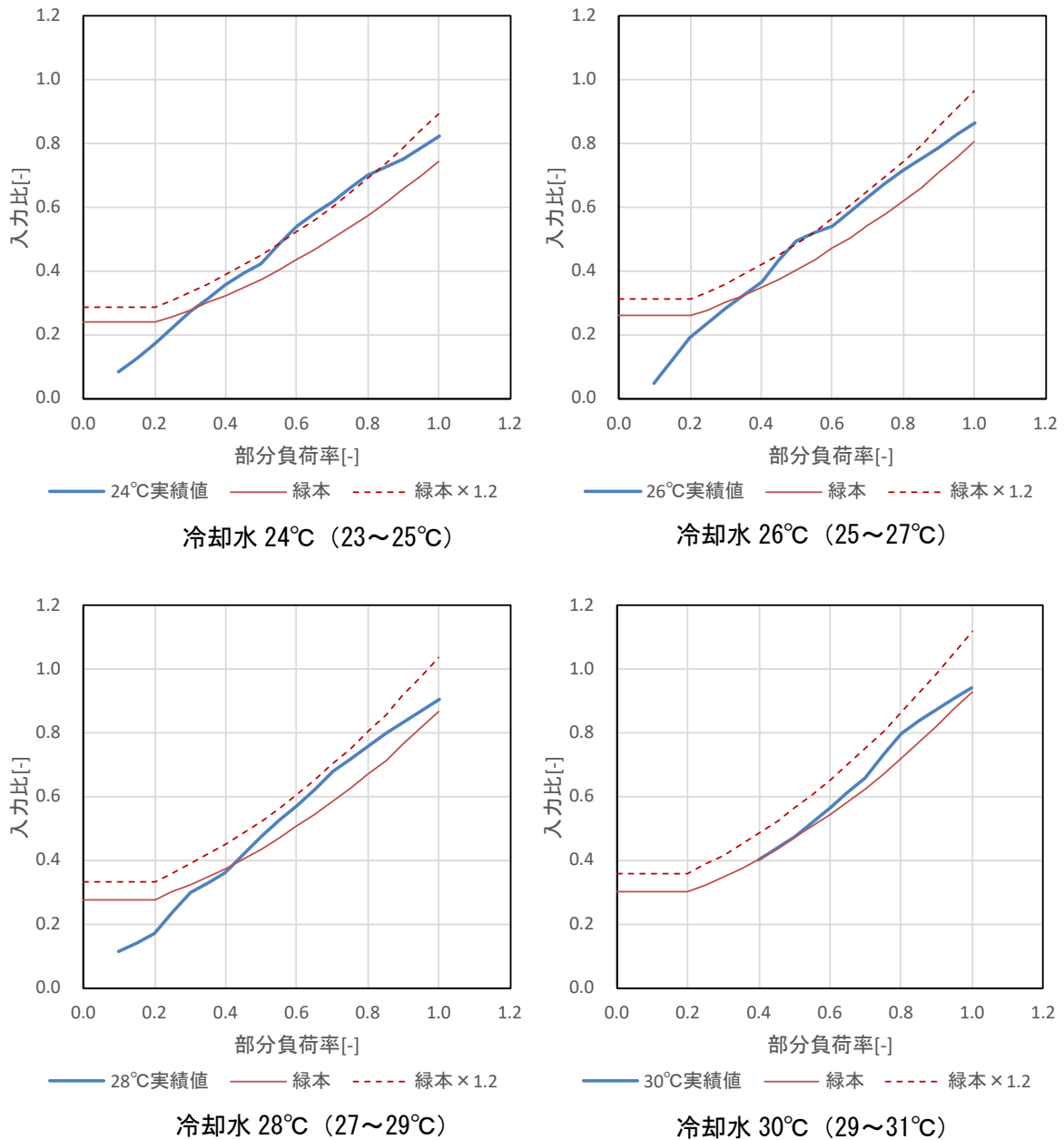


図 3.25 冷却水温度別部分負荷特性<緑本機器特性との比較>

b) INV ターボ冷凍機

冷却水流量100%のデータを選定し、冷却水温度別部分負荷特性を分析した結果を図3.26に、データ数を表3.17に示す。冷却水温度が高いほど入力比が大きくなる傾向がある。

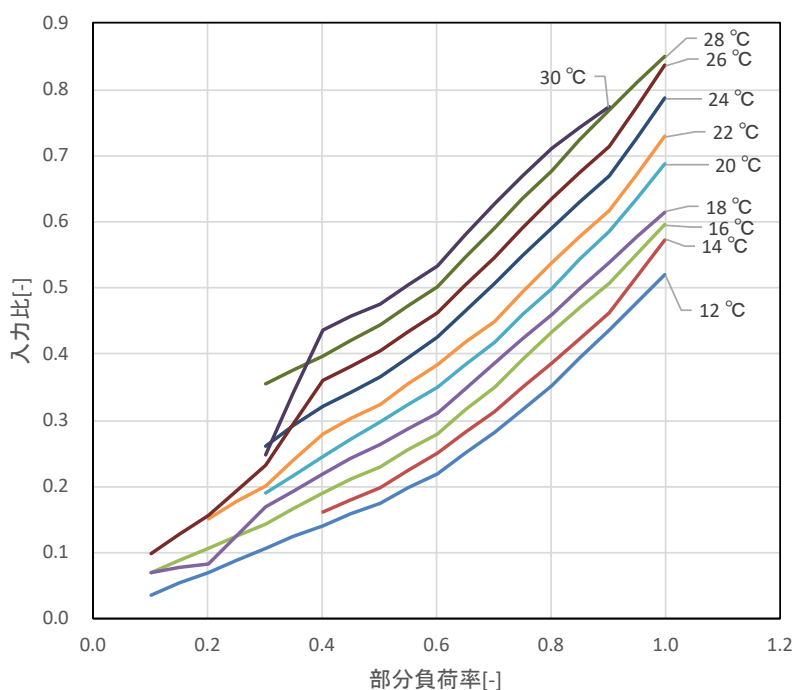


図 3.26 冷却水温度別部分負荷特性

※冷却水流量100%データを選定。

表 3.17 データ数

		冷却水温度 (流量: 100%)										合計	
		12 °C	14 °C	16 °C	18 °C	20 °C	22 °C	24 °C	26 °C	28 °C	30 °C		32 °C
部分負荷率	0.0												0
	0.1	1		1	2	4		2	4				14
	0.2	2	2	3	3	4	4	5					19
	0.3	3		6	4	6	6	3	2	1	1		32
	0.4	286	33	42	41	40	41	33	50	37	7		610
	0.5	270	56	66	58	110	104	139	232	151	41		1,227
	0.6	169	60	51	87	85	123	171	207	240	80		1,273
	0.7	63	35	46	79	91	104	160	145	179	40		942
	0.8	17	29	37	37	56	42	100	86	101	19		524
	0.9	10	10	18	21	29	22	52	38	42	4		246
1.0	10	8	11	10	10	4	11	6	7			77	
1.1	5	1	2	6	1		1	3				19	
合計	836	234	283	348	432	450	672	778	758	192	0	4,983	

図 3.27 に示すとおり、実績値と緑本性能曲線を比較すると、おおむね一致する。

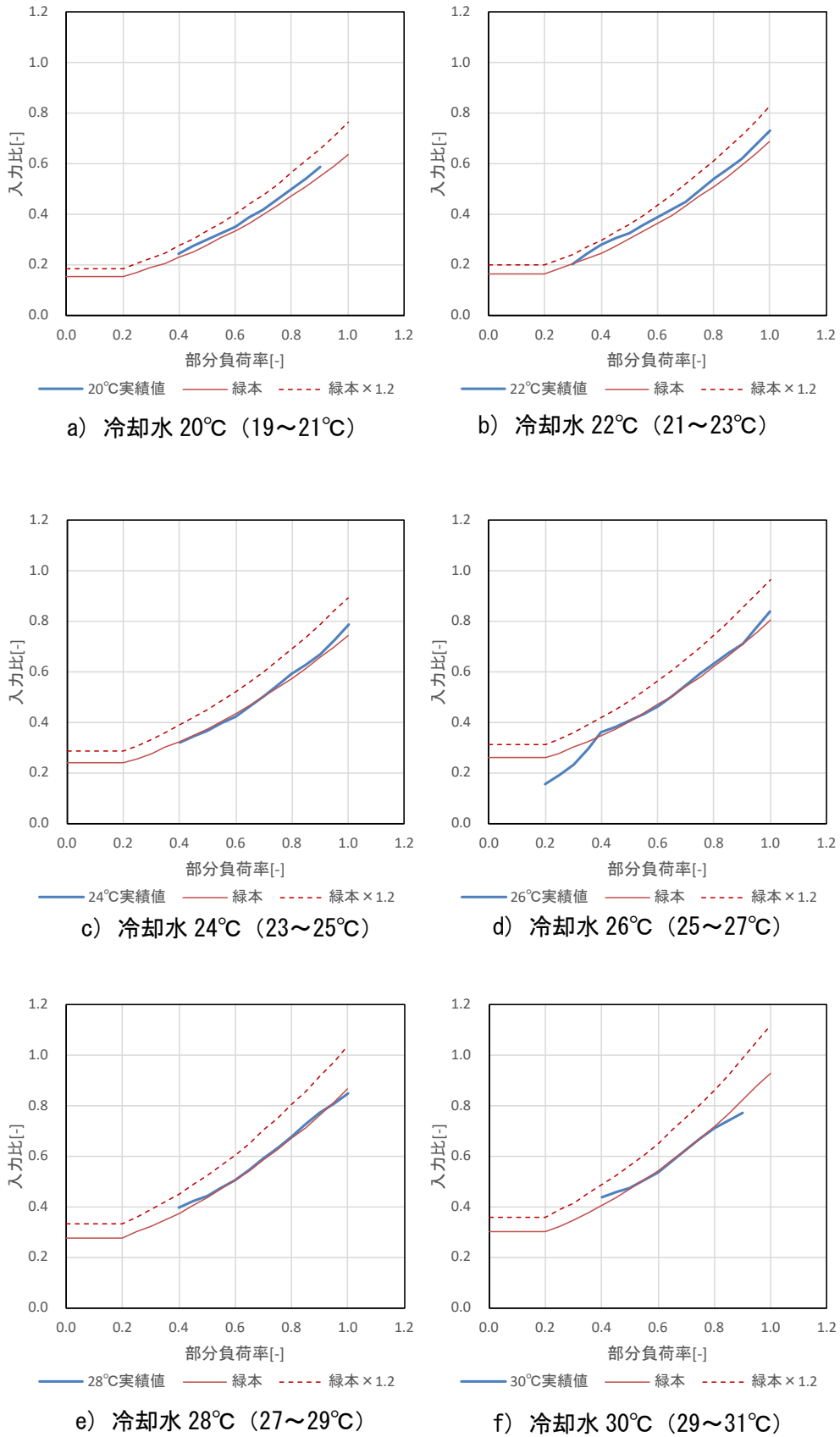


図 3.27 冷却水温度別部分負荷特性<緑本機器特性との比較>

※冷却水流量 100%データを選定。

③ Cプラント

a) INV ターボ冷凍機

冷却水温度別の部分負荷特性を図 3.28 に、データ数を表 3.18 に示す。冷却水温度は定格 32℃ よりも低い時間帯がほとんどであり、冷却水入口温度が低いほど入力比は低くなる傾向がある。

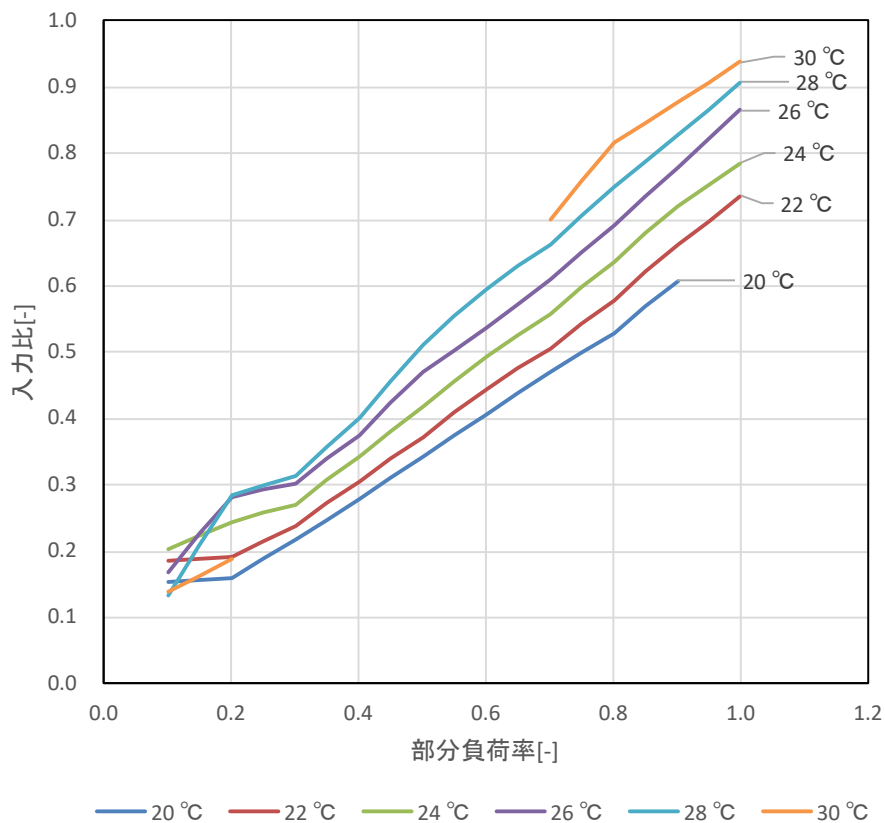


図 3.28 冷却水温度別部分負荷特性

※冷却水流量制御により冷却水流量が定格流量よりも削減されたデータである。

表 3.18 データ数

		冷却水温度											合計	
		12 °C	14 °C	16 °C	18 °C	20 °C	22 °C	24 °C	26 °C	28 °C	30 °C	32 °C		34 °C
部分 負 荷 率	0.0	0	0	0	4	138	397	304	117	63	157	89	2	1,271
	0.1	0	0	0	0	1,496	500	166	20	4	4	0	0	2,190
	0.2	0	0	0	0	897	549	337	88	5	5	0	0	1,881
	0.3	0	0	0	0	450	286	149	83	7	0	0	0	975
	0.4	0	0	0	0	249	191	91	46	3	0	0	0	580
	0.5	0	0	0	0	161	107	113	67	7	0	0	0	455
	0.6	0	0	0	0	71	68	93	95	19	0	0	0	346
	0.7	0	0	0	0	48	74	71	124	40	3	0	0	360
	0.8	0	0	0	0	11	36	77	120	49	1	0	0	294
	0.9	0	0	0	0	5	30	61	90	61	2	0	0	249
	1.0	0	0	0	0	0	13	15	24	8	5	0	0	65
	1.1	0	0	0	0	1	7	24	41	21	0	0	0	94
1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
合計	0	0	0	4	3,527	2,258	1,501	915	287	177	89	2	8,760	

実績値と緑本性能曲線を比較した結果を図 3.29 に示す。冷却水流量制御を行っていることもあり、実績がおおむね上回っているが、実性能を推定するための補正係数 1.2 を乗じた値に対してはおおむね下回っている。冷却水温度別の実データを図 3.30 に示す。

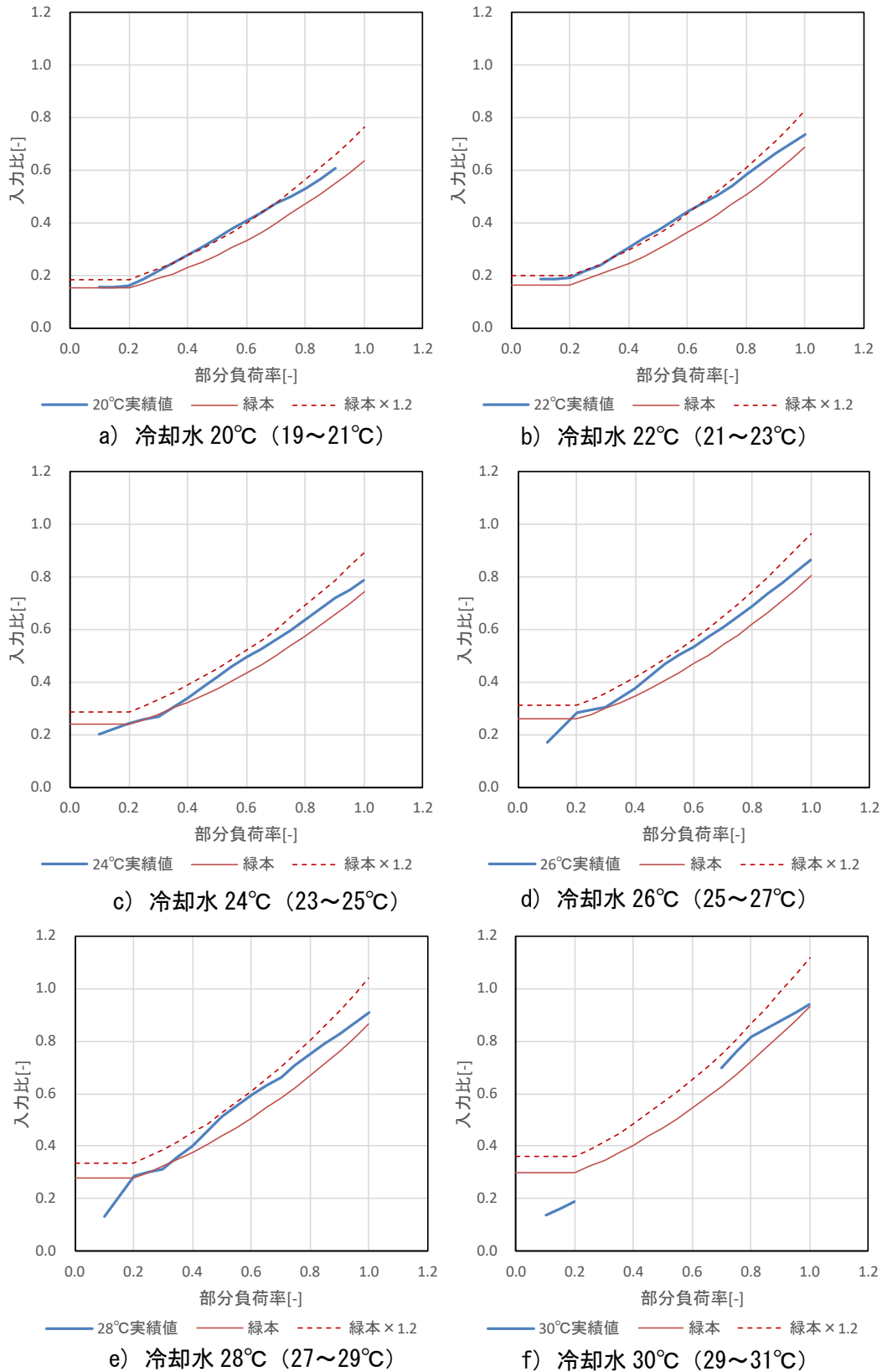


図 3.29 冷却水温度別部分負荷特性<緑本機器特性との比較>

※冷却水流量制御により冷却水流量が定格流量よりも削減されたデータである。

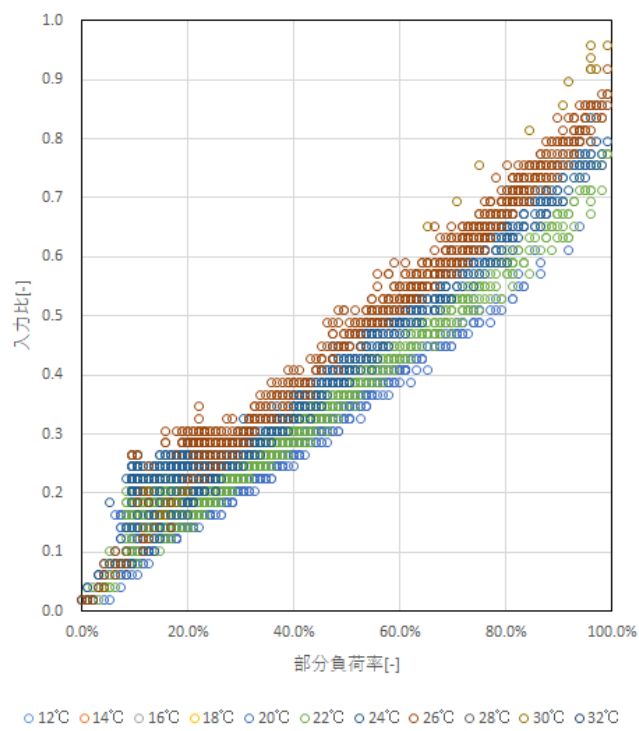


図 3.30 冷却水温度別部分負荷特性<実データ>

b) 蒸気吸収式冷凍機

冷却水温度別の部分負荷特性を図 3.31 に、データ数を表 3.19 に示す。冷却水温度は定格 32℃よりも低い時間帯がほとんどであり、入力比は低く抑えられている。

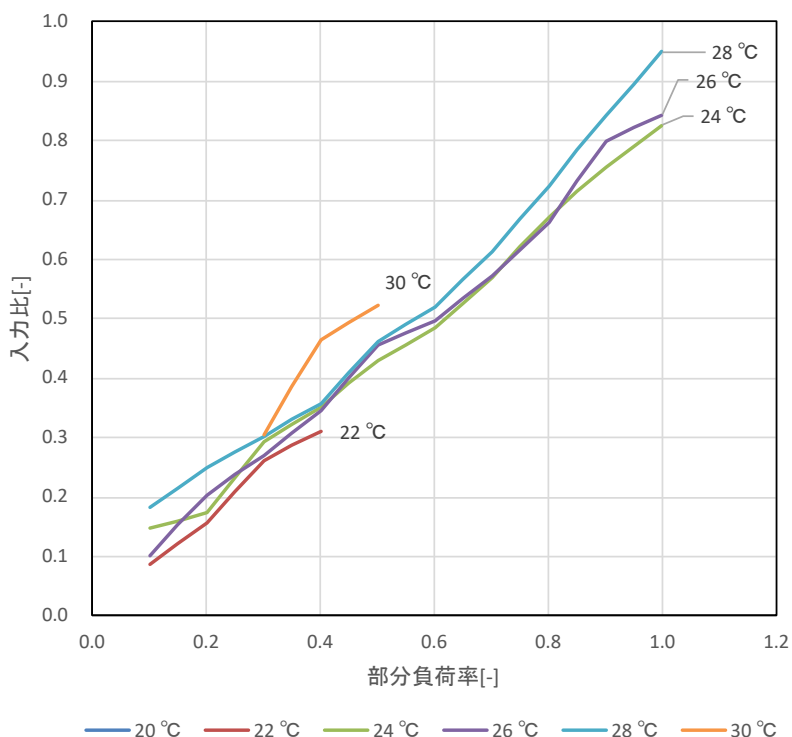


図 3.31 冷却水温度別部分負荷特性

※冷却水流量制御により冷却水流量が定格流量よりも削減されたデータである。

表 3.19 データ数

		冷却水温度												合計
		12 °C	14 °C	16 °C	18 °C	20 °C	22 °C	24 °C	26 °C	28 °C	30 °C	32 °C	34 °C	
部分負荷率	0.0	0	0	0	0	3,207	2,078	1,346	983	310	28	1	0	7,953
	0.1	0	0	0	0	1	2	29	12	4	0	0	0	48
	0.2	0	0	0	0	0	5	37	87	14	0	0	0	143
	0.3	0	0	0	0	0	1	13	55	10	2	0	0	81
	0.4	0	0	0	0	0	3	30	43	6	2	0	0	84
	0.5	0	0	0	0	0	0	53	121	14	1	1	0	190
	0.6	0	0	0	0	0	0	23	95	12	0	0	0	130
	0.7	0	0	0	0	0	0	7	21	17	0	0	0	45
	0.8	0	0	0	0	0	0	18	18	9	0	0	0	45
	0.9	0	0	0	0	0	0	15	2	4	0	0	0	21
	1.0	0	0	0	0	0	0	7	3	3	0	0	0	13
	1.1	0	0	0	0	0	0	3	1	2	0	0	0	6
1.2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
合計		0	0	0	0	3,208	2,089	1,581	1,442	405	33	2	0	8,760

実績値と緑本性能曲線とを比較した結果を図 3.32 に示す。実測値が下回っていることが分かる。冷却水温度別の実データを図 3.33 に示す。

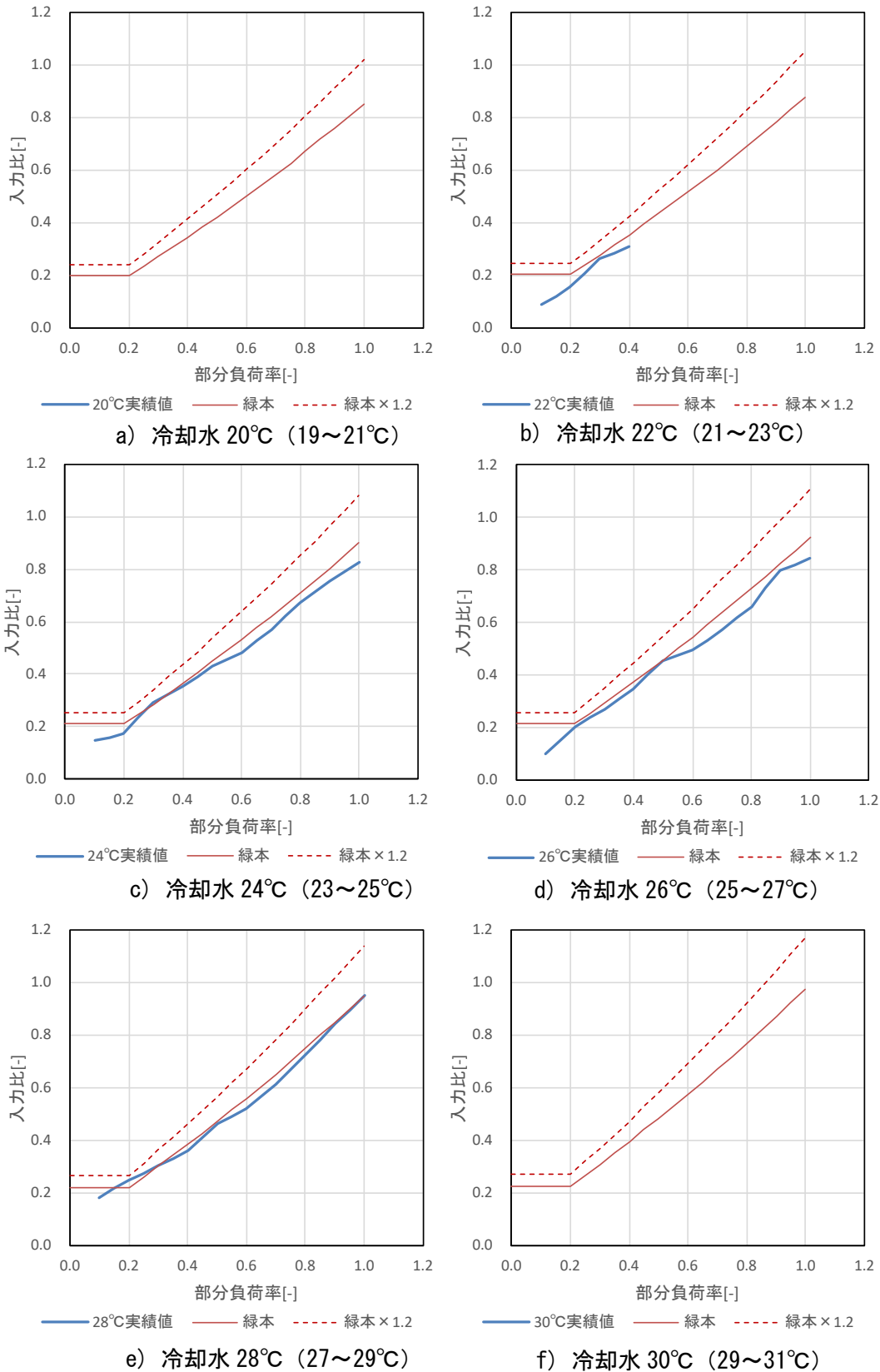


図 3.32 冷却水温度別部分負荷特性<緑本機器特性との比較>

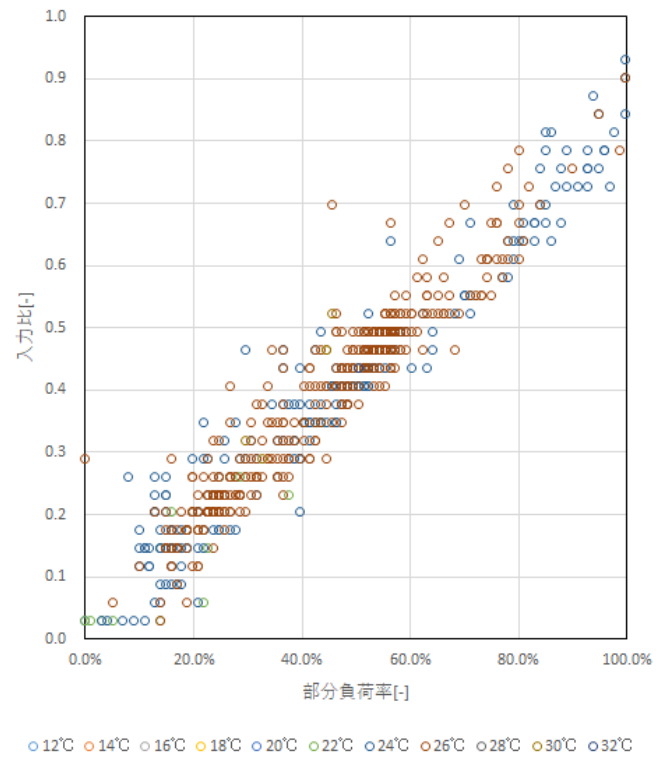


図 3.33 冷却水温度別部分負荷特性<実データ>

c) 蒸気焚ジェネリンク

<蒸気焚ジェネリンクの概要>

蒸気焚ジェネリンクは二重効用蒸気吸収式冷凍機と単効用温水吸収式冷凍機を組み合わせた機能を持っており、CGS 排熱温水投入することにより、蒸気使用量を低減することが可能となっている。図 3.34 に排熱温水投入有無と蒸気消費率の関係を、図 3.35 に排熱温水入口温度と排熱温水投入熱量の関係をそれぞれ示す。

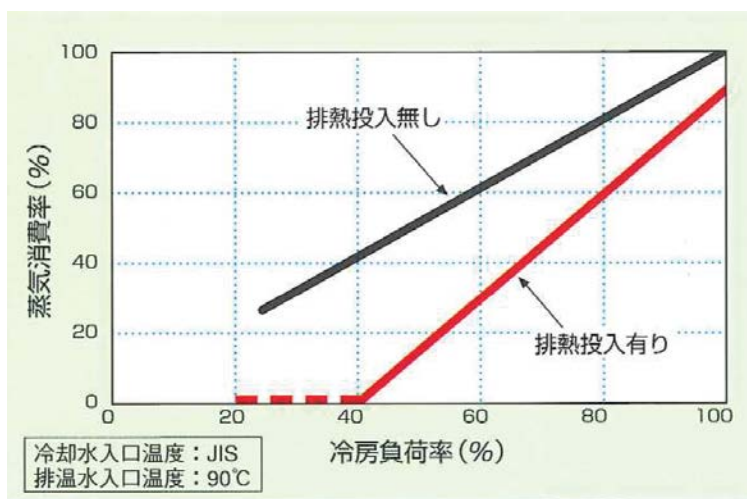


図 3.34 排熱温水投入有無と蒸気消費率の関係

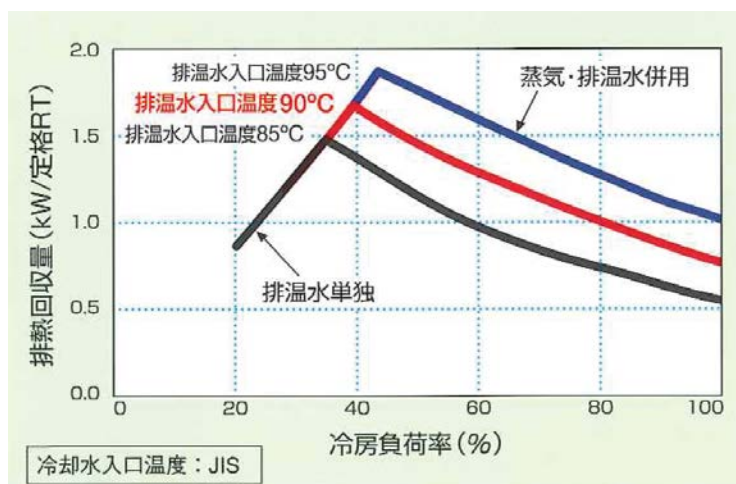


図 3.35 排熱温水入口温度と排熱温水投入熱量の関係

<対象熱源機器の仕様>

対象となる蒸気焚ジェネリンクの概要は表 3.20 の通りである。

表 3.20 対象蒸気焚ジェネリンクの仕様

項目	仕様
冷房能力	2,110kW (600RT)
冷水	13.5℃~6.5℃ (259.2m ³ /h)
冷却水	32℃~40℃ (411.0m ³ /h)
蒸気	2,160kg/h (排熱温水なし)、1,842kg/h (排熱温水あり)
還水	90℃以下
排熱温水	88~83℃ (排熱温水回収量 411kW) < 最大 88~78℃ (排熱温水回収量 824kW)

<冷却水温度別排熱温水投入可能熱量と部分負荷率の関係の分析>

対象蒸気焚ジェネリンクのメーカーによる冷却水温度別排熱温水投入可能熱量の部分負荷特性図を図 3.36 に示す。これによると冷却水入口温度が低くなるにつれて、高負荷率域での排熱温水投入可能熱量 (図 3.36 では廃熱回収量) が大きくなる傾向がある。

ジェネリンクは、負荷率が上昇するとジェネリンク内部の温度が上昇し、排熱温水温度との温度差が小さくなることから、排熱温水投入可能熱量が減少するという特性を有している。これに対して冷却水温度が低くなると、ジェネリンク内部温度上昇による排熱温水投入可能熱量の減少が抑制される。冷却水温度が低くなるほどその効果は大きくなり、冷却水入り口温度が 23℃以下であれば、排熱温水投入可能熱量の減少はみられない。

冷凍容量に対する廃熱回収量特性 (廃熱量上限: 1085kW)

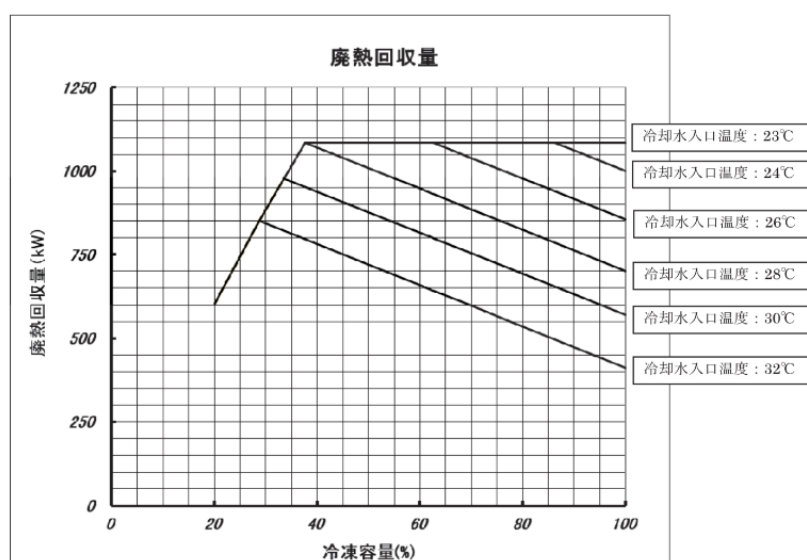


図 3.36 冷却水温度別排熱温水投入可能熱量の部分負荷特性図 (メーカー特性)

冷却水温度別に実績値とメーカー特性図との比較を行ったものを図 3.37、図 3.38 に示す。なお分析にあたっては、分析精度の向上のため、①CGS1 台運転時、②機器立上げ直後、③機器停止直前 のデータを除外している。

蒸気焚ジェネリンクへの排熱温水投入熱量の実績値は 900~1,000kW 程度が上限になっており、メーカー特性値の最大 1,085kW を下回っている。これは、CGS の定格時温水排熱温水熱量が 426kW/台 (852kW/2 台) であり、排熱温水投入熱量の上限に達していることによる。CGS 排熱温水熱量を余らせることなく有効利用するために裕度をもって蒸気焚ジェネリンクの容量を設定したためである。

一方、冷却水温度が高い場合 (28°C以上)、高負荷率帯で実績値がメーカー仕様値を上回る傾向がある。メーカーによると、導入当時は蒸気焚ジェネリンクの導入実績が少なく、設計裕度を多く見込んでいたことによる。

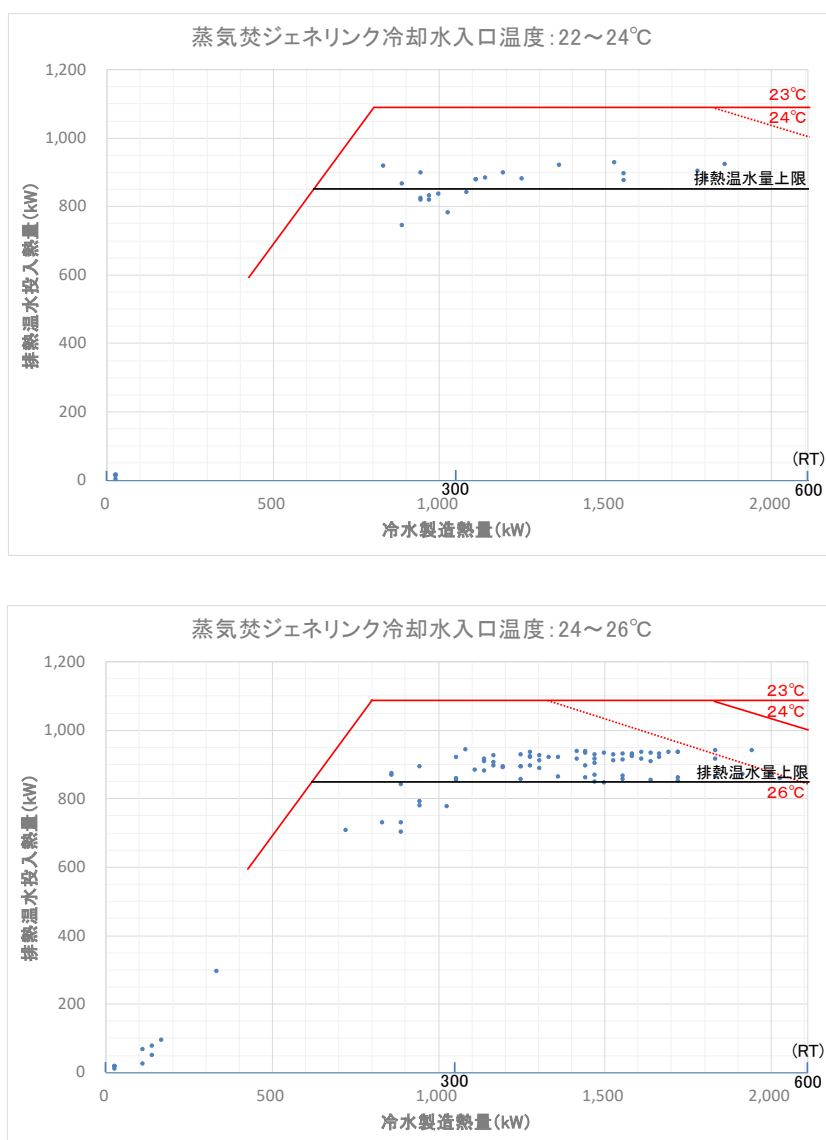


図 3.37 排熱温水投入熱量と部分負荷率 (その 1)

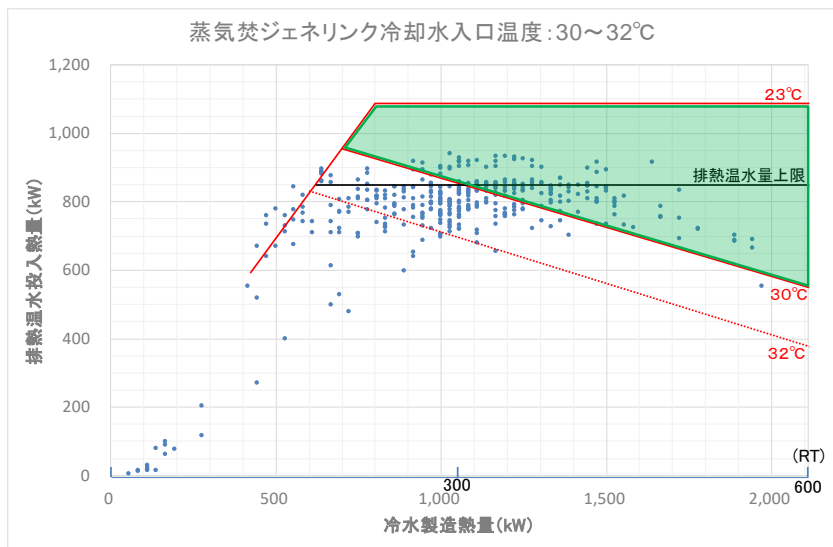
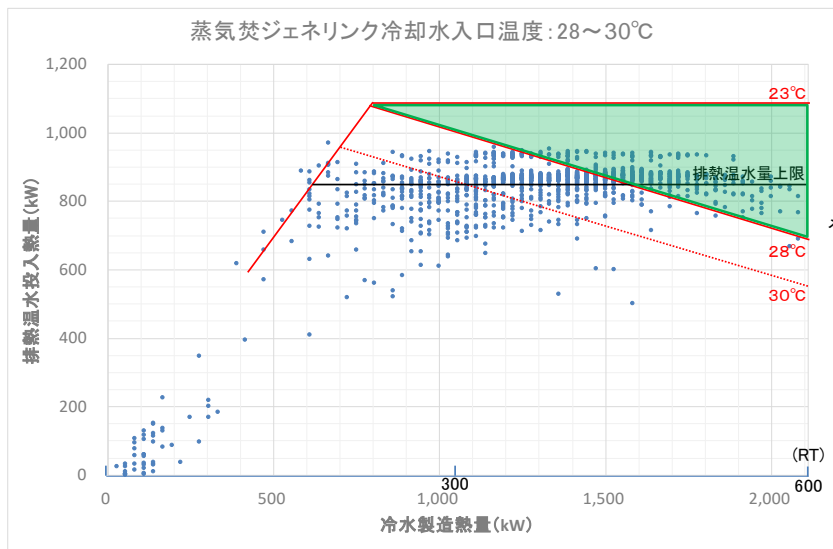
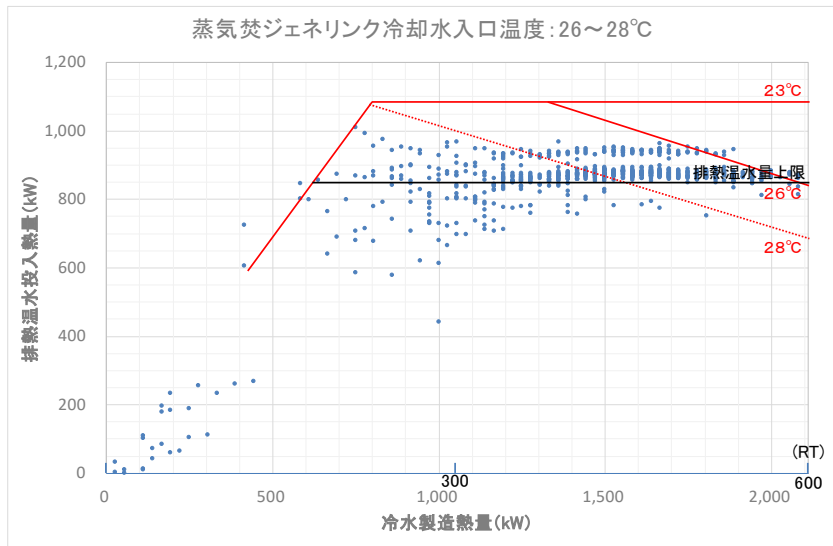


図 3.38 排熱温水投入熱量と部分負荷率 (その 2)

<排熱温水投入率と部分負荷率の関係の分析>

緑本では、排熱投入型温水吸収冷温水機（ジェネリンク）の排熱投入可能率の部分負荷特性が規定されている。排熱投入可能率は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割合と定義されており、投入エネルギーは都市ガスを前提条件としているが、蒸気焚ジェネリンクの場合は、都市ガスを蒸気に置き換えて適用することが可能である。

なお、排熱投入型温水吸収冷温水機（ジェネリンク）では排熱投入可能率という言葉を使用しているが、蒸気焚ジェネリンクにおいては、「排熱投入可能率」を「排熱温水投入可能率」に言い換えることとする。

この排熱温水投入可能率のメーカー特性値と緑本における規定値の比較を図 3.39 に、また実績値を冷却水温度帯別に区分し、部分負荷率帯ごとに平均値を算出して作成した曲線との比較を図 3.40 に示す。

蒸気焚ジェネリンクのメーカー特性値（定格：冷却水入口温度 32℃）は緑本規定値と近い曲線となっているが多少上回っている。また、冷却水入口温度が低くなるにつれて、全体的に排熱温水投入可能率が上昇する。

一方、排熱温水投入率の実績値についてみると、すべての負荷率帯において排熱温水投入率の実績値が緑本規定値を上回っていることが確認できる。

また、冷却水温度低下時に排熱温水投入率が図 3.39 に比べ低くなっているのは、実際の運転においてCGSからの排熱温水量が限られていることによるものである。

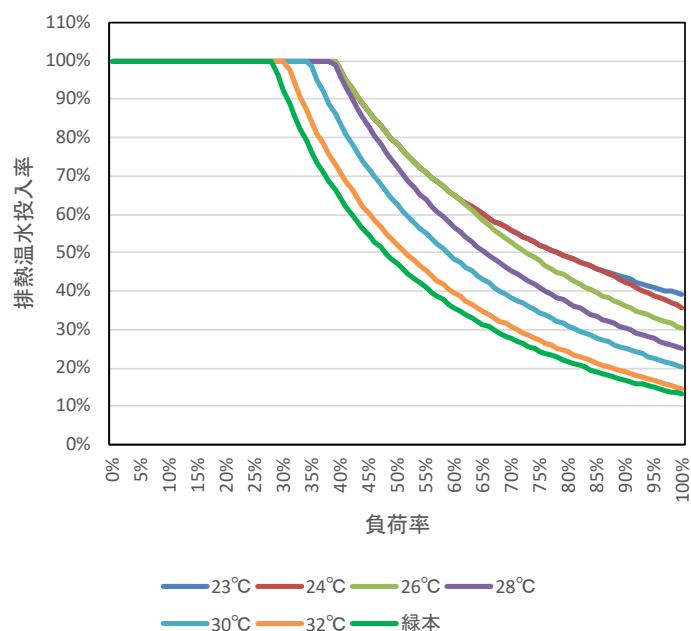


図 3.39 排熱温水投入可能率（メーカー特性値と緑本規定値との比較）

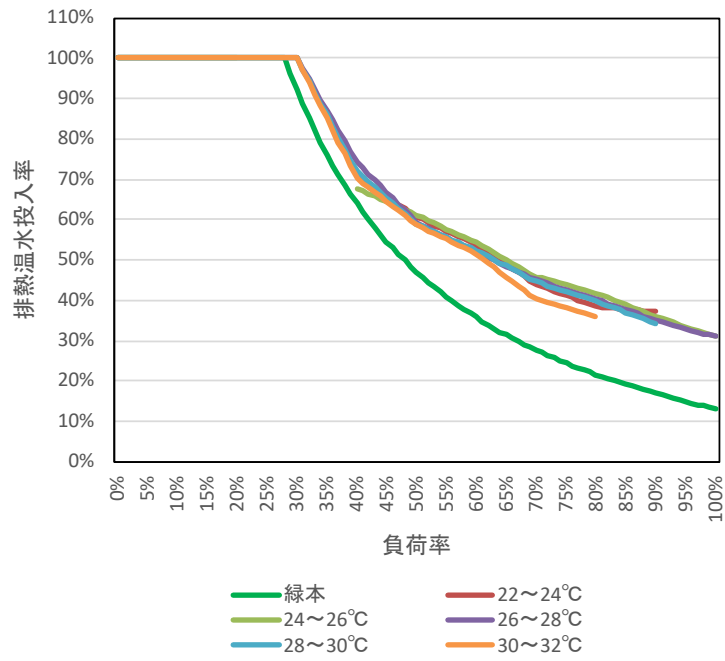


図 3.40 排熱温水投入可能率（実績値と緑本規定値との比較）

2) 温熱源機器

① Aプラント

a) ヒーティングタワーヒートポンプ

熱源水温度別の部分負荷特性を図 3.41 に、データ数を表 3.21 に示す。

- 年間運転時間は 430 時間で、部分負荷率 90%以上での運転が大部分となっている。
- 熱源水温度は-6~-4℃付近に集中している。
- 熱源水温度が高くなるほど入力比は小さくなる傾向がみられる。メーカー仕様値ともおおむね一致している。

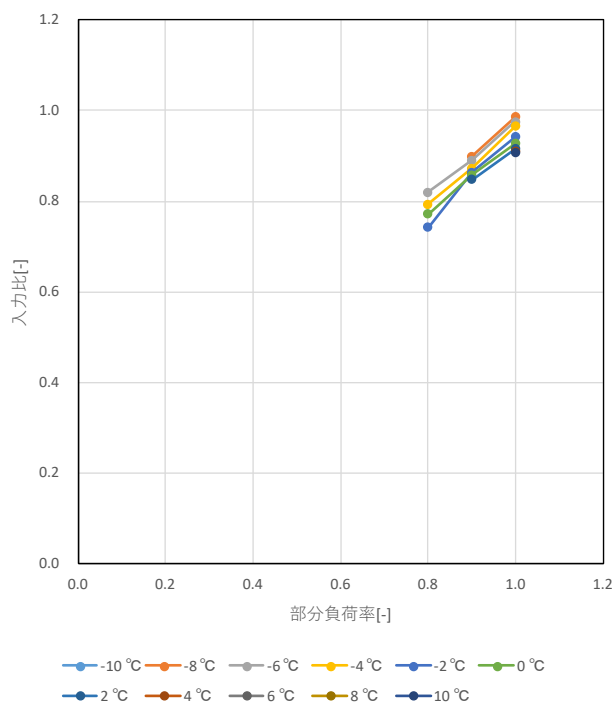
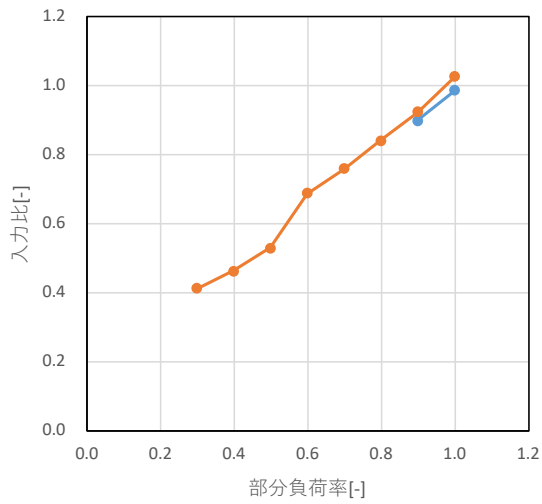


図 3.41 熱源水温度別部分負荷特性

表 3.21 データ数

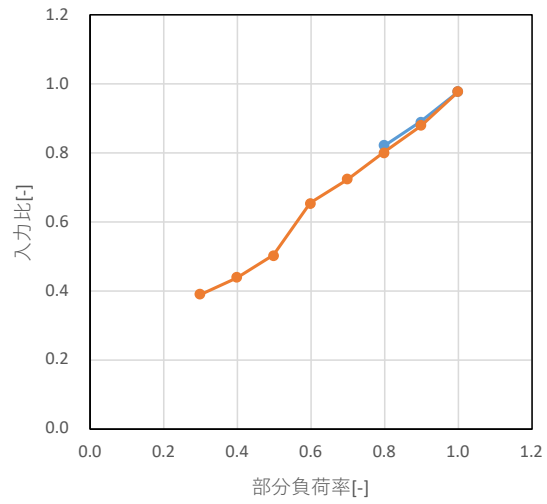
データ数 (運転時間)		熱源水温度											合計	
		-10 °C	-8 °C	-6 °C	-4 °C	-2 °C	0 °C	2 °C	4 °C	6 °C	8 °C	10 °C		
部分負荷率	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.8	0	0	1	5	1	1	0	0	0	0	0	0	8
	0.9	0	29	20	11	5	7	6	0	0	0	0	0	78
	1.0	0	3	207	103	14	7	5	4	0	0	0	1	344
合計	0	32	228	119	20	15	11	4	0	0	0	1	430	

熱源水温度別に実測値とメーカー仕様値を比較した結果を図 3.42 に示す。両者はよく一致している。



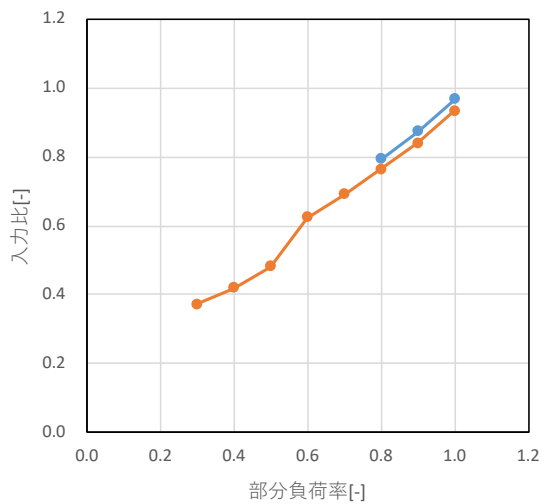
—●— 熱源水-8°C —●— メーカー仕様

a) 熱源水-8°C (-9~-7°C)



—●— 熱源水-6°C —●— メーカー仕様

b) 熱源水-6°C (-7~-5°C)



—●— 熱源水-4°C —●— メーカー仕様

c) 熱源水-4°C (-5~-3°C)

図 3.42 熱源水温度別部分負荷特性

② Bプラント

a) 炉筒煙管ボイラ (B-1 30t/h)

部分負荷特性を図 3.43 に示す。負荷率 0.2 付近での運転頻度が高くなっている。図 3.44 に入力比の実績値とメーカー仕様値を比較した結果を示す。負荷率の低いところではおおむね一致し、負荷率 0.6 以上で実績値が下回る傾向がある。ボイラ効率は高負荷率の時ほど高くなる。

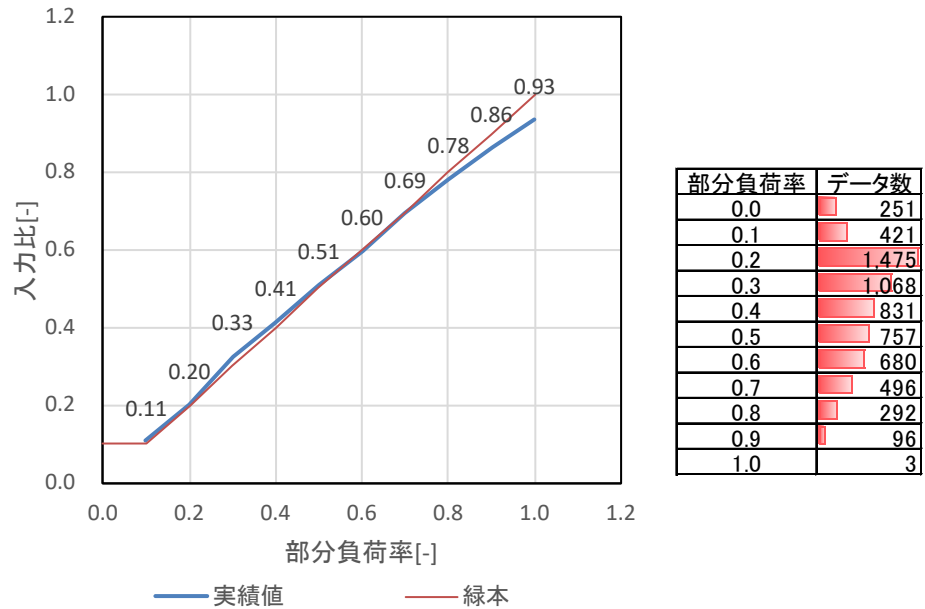


図 3.43 部分負荷特性<緑本機器特性との比較>

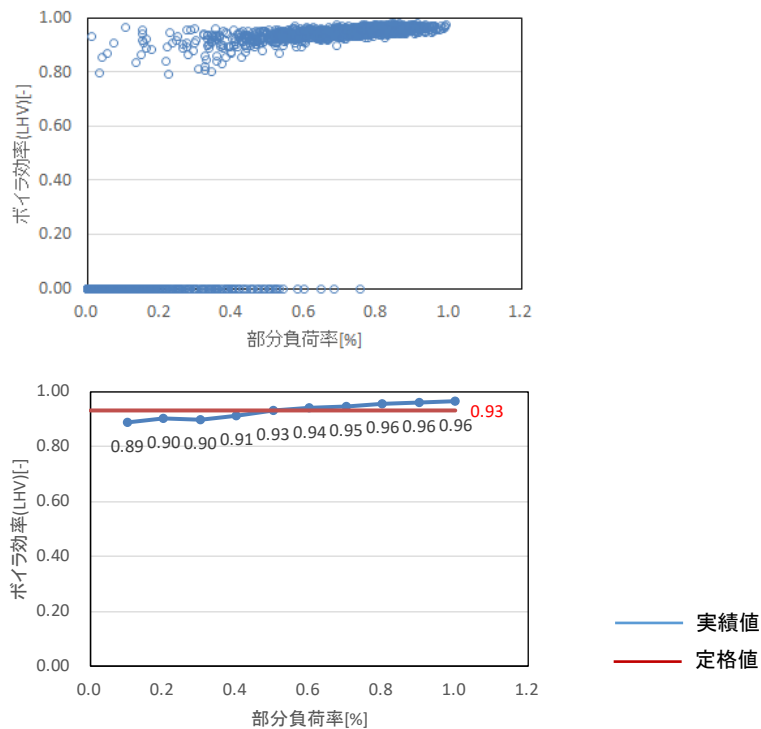


図 3.44 部分負荷特性<メーカー仕様との比較>

b) 炉筒煙管ボイラ (B-2 30t/h)

部分負荷特性を図 3.45 に示す。負荷率 0.7~0.8 付近での運転頻度が高くなっている。図 3.46 に実績値とメーカー仕様値を比較した結果を示す。負荷率の低いところではおおむね一致し、負荷率 0.5 以上で実績値が下回る傾向がある。ボイラ効率は高負荷率の時ほど高くなる。

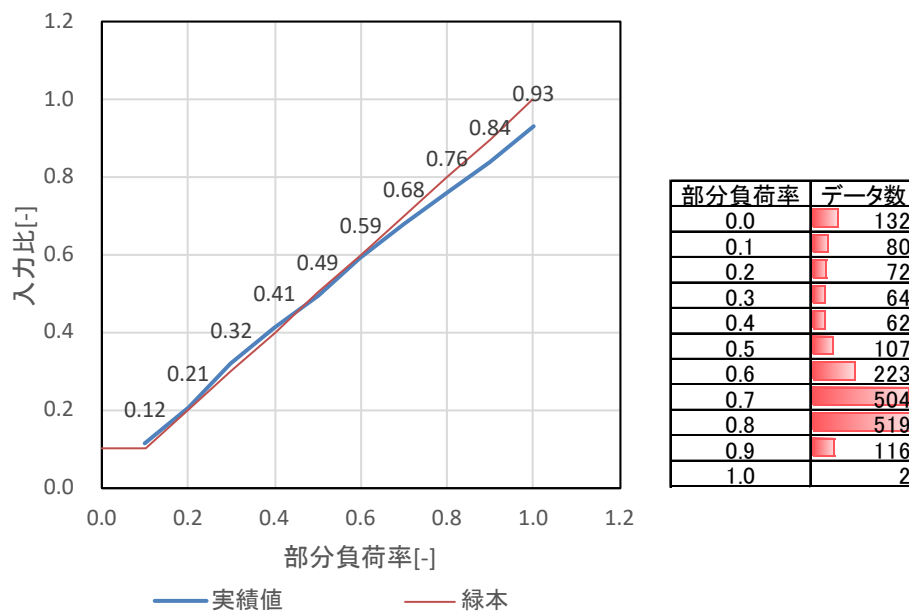


図 3.45 部分負荷特性<緑本機器特性との比較>

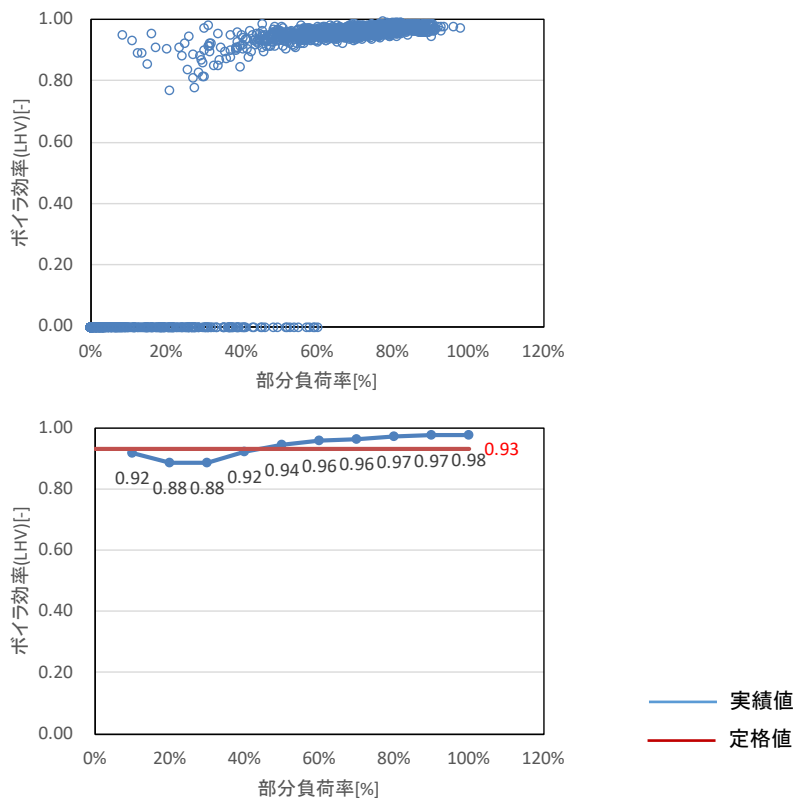


図 3.46 部分負荷特性<メーカー仕様との比較>

c) 炉筒煙管ボイラ (B-3 30t/h)

部分負荷特性を図 3. 47 に示す。負荷率 0.7~0.8 付近での運転頻度が高くなっている。図 3. 48 に実績値とメーカー仕様値を比較した結果を示す。負荷率 0.1~0.2 で既往値を上回り、負荷率 0.6 以上で実績値が既往値を下回る傾向がある。ボイラ効率は負荷率 0.3 以下でメーカー仕様値 0.93 を下回り、0.4 以上で上回っている。

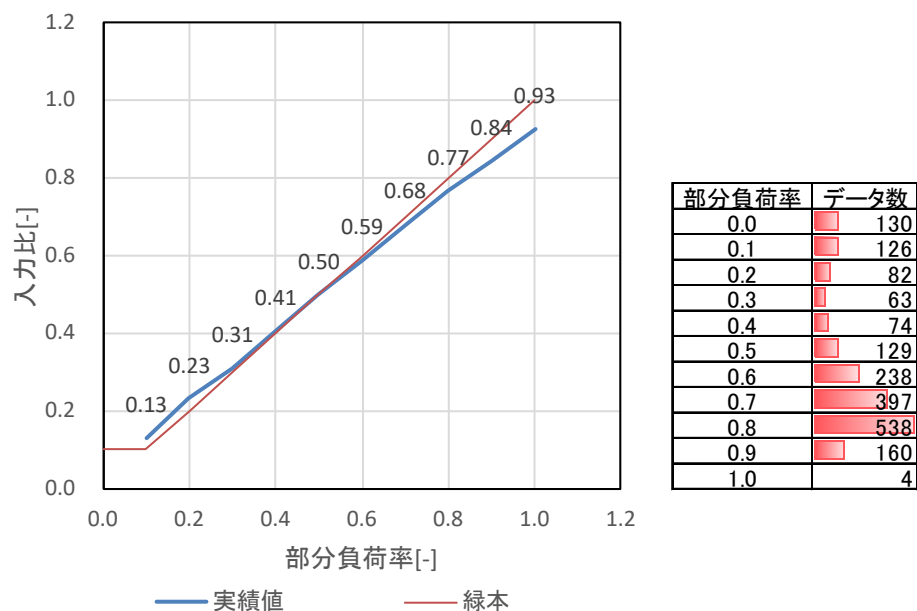


図 3. 47 部分負荷特性<緑本機器特性との比較>

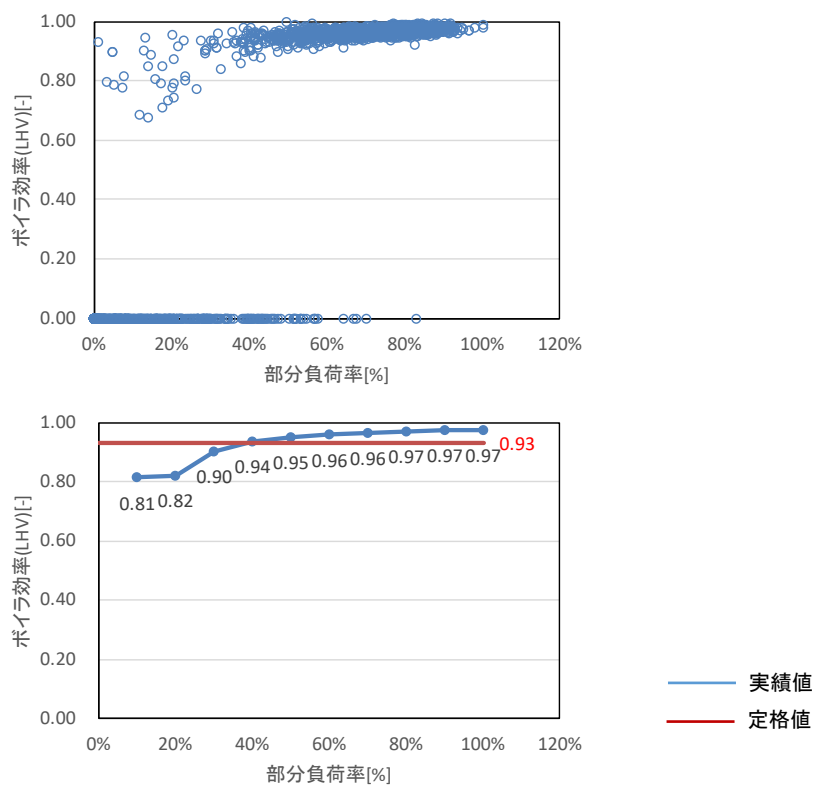


図 3. 48 部分負荷特性<メーカー仕様との比較>

d) 炉筒煙管ボイラ (B-4 15t/h)

部分負荷特性を図 3.49 に示す。負荷率 0.2 付近での運転頻度が高くなっている。図 3.50 に実績値とメーカー仕様値を比較した結果を示す。負荷率 0.8 以下ではおおむね一致しており、負荷率 0.8 以上で実績値が既往値を下回っている。ボイラ効率は高負荷率の時ほど高くなる傾向がある。

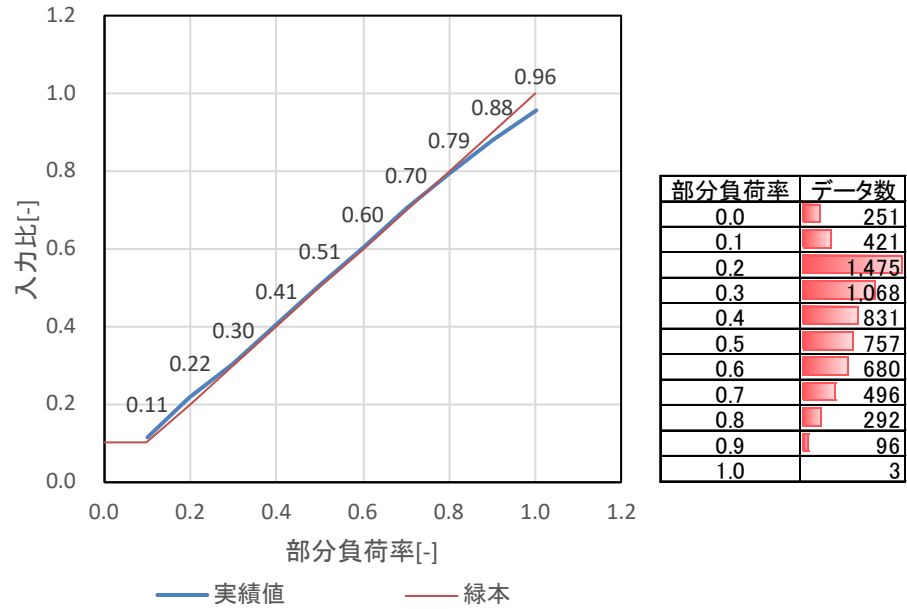


図 3.49 部分負荷特性<緑本機器特性との比較>

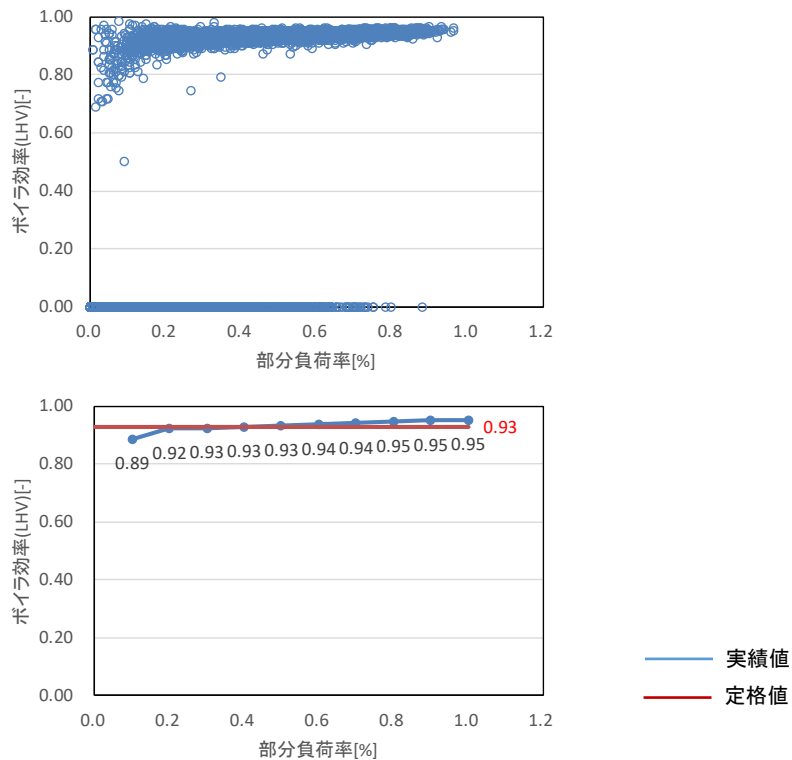


図 3.50 部分負荷特性<メーカー仕様との比較>

③ Cプラント

a) 炉筒煙管ボイラ (B-1 9.6t/h)

部分負荷特性を図 3.51 に示す。負荷率 60%を超えて運転することがなく、低負荷での運転となっている。図 3.52 に実績値とメーカー仕様値を比較した結果を示す。入力比は緑本機器特性の値を上回っている (図 3.51)。ボイラ効率は 0.95 程度であり (図 3.52)、メーカー仕様 0.92 を上回っている。

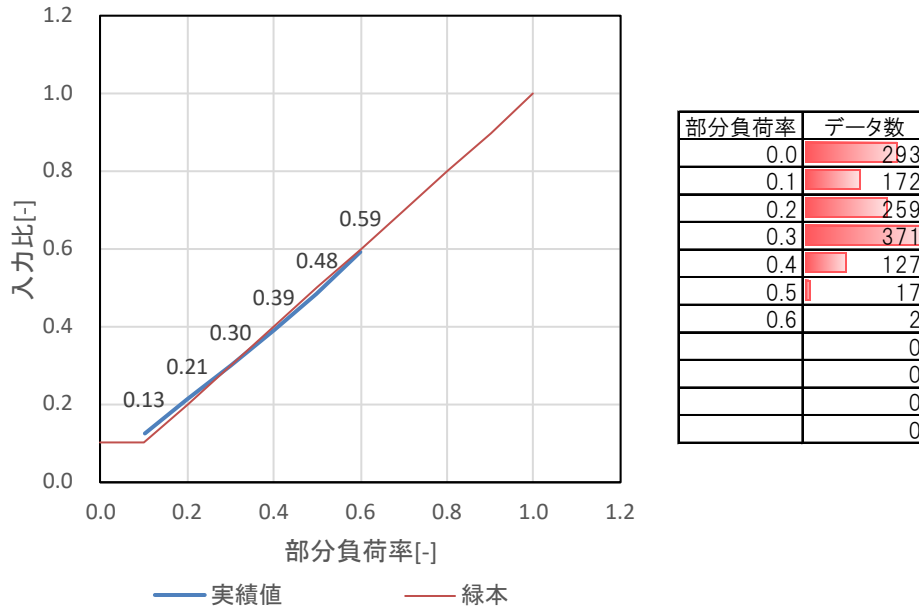


図 3.51 部分負荷特性<緑本機器特性との比較>

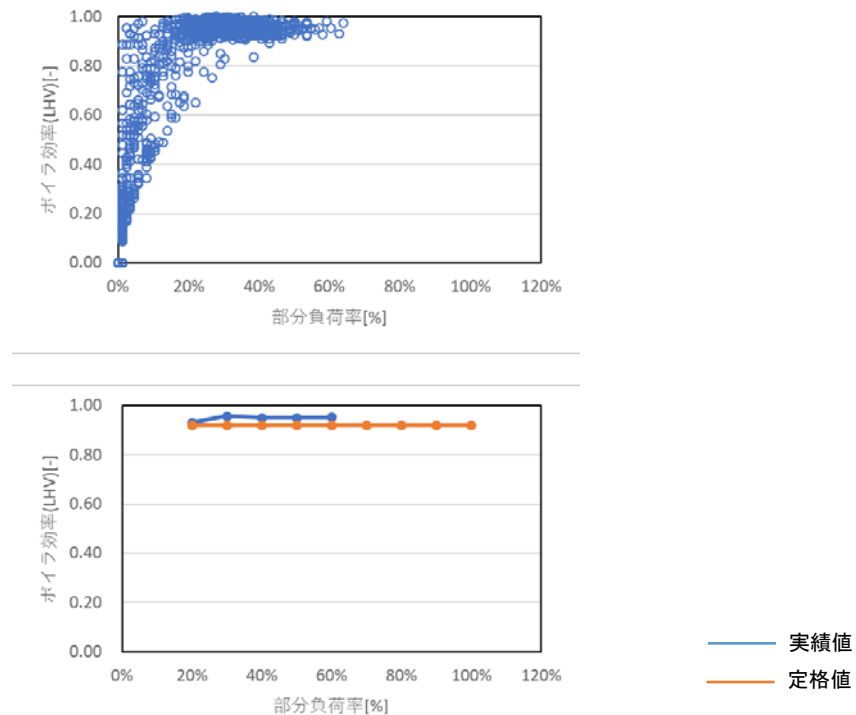


図 3.52 部分負荷特性<メーカー仕様との比較>

b) 炉筒煙管ボイラ (B-2 9.6t/h)

部分負荷特性を図 3.53 に示す。B-1 と同様に、負荷率 0.6 を超えて運転することがなく、低負荷での運転となっている。入力比は緑本機器特性の値を上回っている。図 3.54 に実績値とメーカー仕様値を比較した結果を示す。ボイラ効率は 0.95 程度であり、メーカー仕様 0.92 を上回っている。

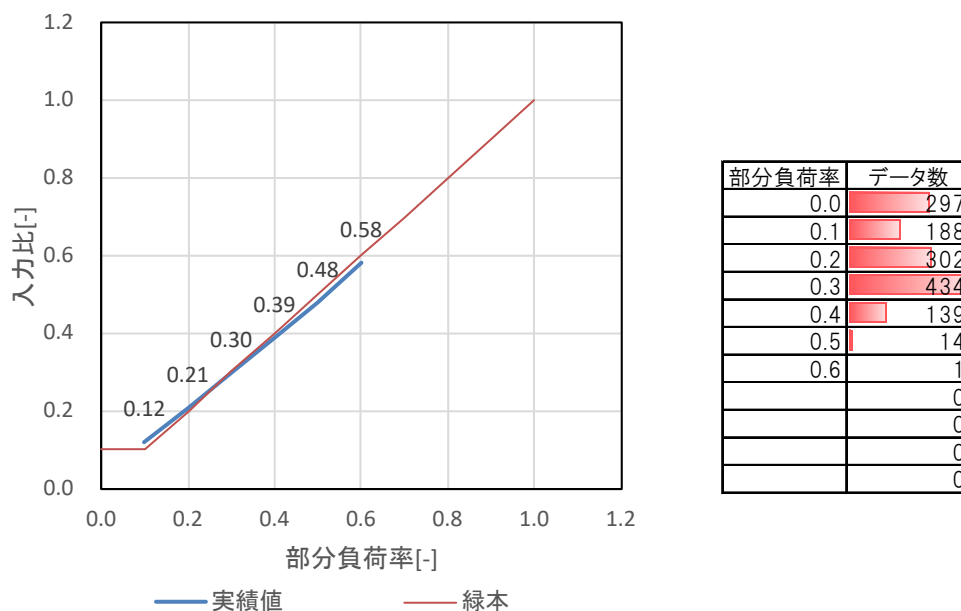


図 3.53 部分負荷特性<緑本機器特性との比較>

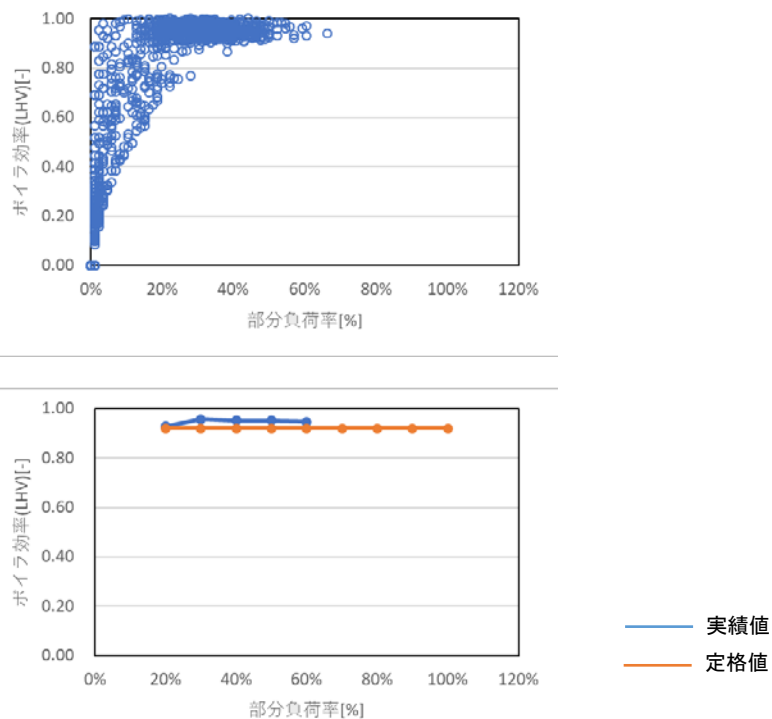


図 3.54 部分負荷特性<メーカー仕様との比較>

b) 貫流ボイラ (B-3 0.548t/h)

部分負荷特性を図 3.55 に示す。負荷率 0.6 以下での運転となっている。入力比は緑本機器特性の値とほぼ一致している。図 3.56 に実績値とメーカー仕様値を比較した結果を示す。ボイラ効率率は 0.93 程度であり、メーカー仕様を若干下回っている。

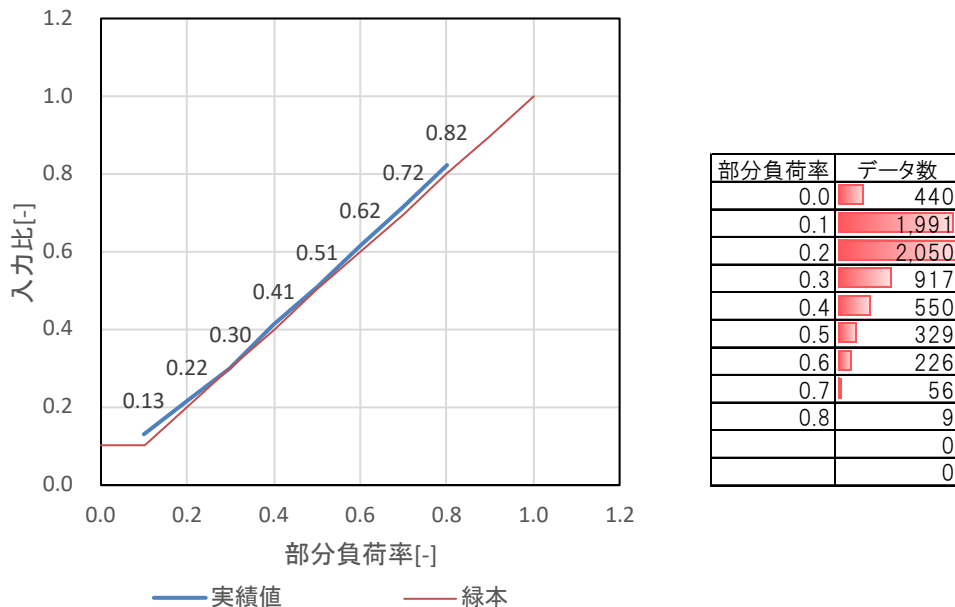


図 3.55 部分負荷特性<緑本機器特性との比較>

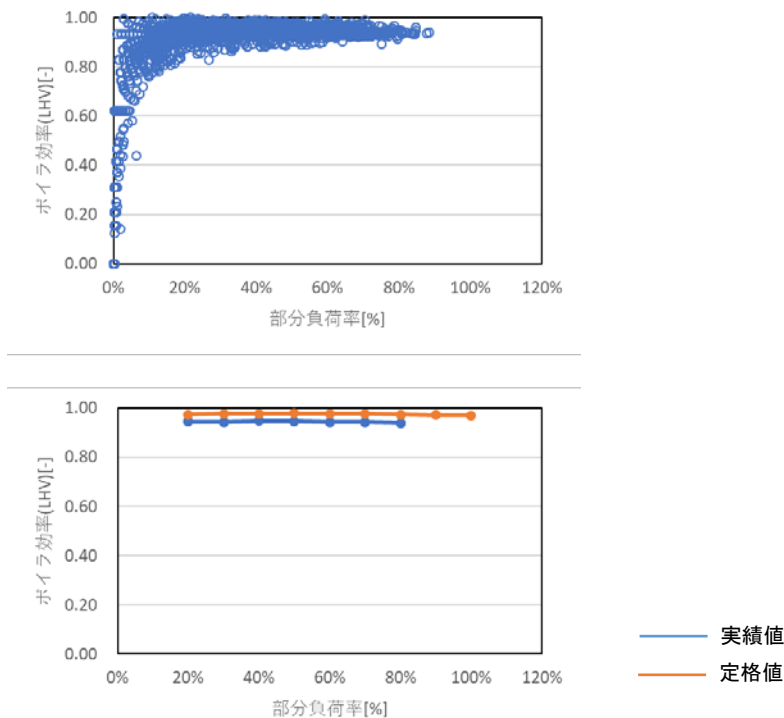


図 3.56 部分負荷特性<メーカー仕様との比較>

④ 再生可能エネルギー利用熱源設備

ここでは、再生可能エネルギー利用熱源設備として木質バイオマスボイラをとりあげて運転データを収集し分析を行う。

木質バイオマスボイラの場合、他の熱源設備のように時刻別の燃料使用量を計測しておらず、その代替として燃料購入量のデータを適用して分析を行わざるを得ないことから、部分負荷特性等の詳細な分析を行うことは不可能である。ここでは、3プラントにおける分析結果から、部分負荷特性はおおむね安定しているものとして、燃料の含水率の変化等により季節によってボイラの運転効率に変化が生じるかどうかについて分析を行うこととした。

a) ペレット焚バイオマスボイラ (90kW)

計測対象機器の仕様を表 3.22 に示す。

表 3.22 対象熱源機器の仕様

機器名称	ペレット焚バイオマスボイラ
定格出力	90kW
温水温度	(往)80℃、(返)65℃
温水流量	5.28 m ³ /h
出力制御	30～100%

運転データを収集整理した結果を表 3.23 に示す。これによると製造熱量があるにもかかわらず、燃料購入量が0となる月があるなど、月間スパンでの計上では燃料購入量と実際の熱源機器燃料消費量との差異の割合が大きく、見かけ上のボイラ効率が1を超えるような月も発生する。年間で見れば、見かけ上のボイラ効率が2017年度0.93、2018年度0.98となっている。

表 3.23 ペレット焚バイオマスボイラ運転データ

ペレットボイラ【2017年度】

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間
製造熱量 [MJ/月]	24,055	29,405	20,790	9,022	23,360	11,351	14,051	37,537	98,586	97,193	83,491	103,180	552,020
燃料購入量 [kg/月]	0	1,400	1,357	660	1,306	1,240	1,800	4,800	5,132	8,069	5,209	7,526	38,499
燃料発熱量(15.5MJ/kg) [MJ/月]	0	21,700	21,026	10,230	20,243	19,220	27,900	74,400	79,546	125,070	80,740	116,653	596,727
見かけ上のボイラ効率 [-]	#DIV/0!	1.36	0.99	0.88	1.15	0.59	0.50	0.50	1.24	0.78	1.03	0.88	0.93
見かけ上のボイラ効率(3か月加重平均) [-]			1.74			0.88			0.83			0.88	0.93

※見かけ上のボイラ効率とは燃料の発熱量が一定であるとして計算したボイラ効率のことをいう。

ペレットボイラ【2018年度】

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間
製造熱量 [MJ/月]	65,754	18,468	23,857	33,379	16,556	23,886	46,526	45,162	45,907	54,389	140,357	72,745	586,987
燃料購入量 [kg/月]	2,816	1,410	2,148	1,404	0	1,401	4,632	3,064	3,098	6,050	8,482	4,216	38,719
燃料発熱量(15.5MJ/kg) [MJ/月]	43,648	21,847	33,286	21,754	0	21,708	71,796	47,492	48,019	93,775	131,471	65,348	600,145
見かけ上のボイラ効率 [-]	1.51	0.85	0.72	1.53	#DIV/0!	1.10	0.65	0.95	0.96	0.58	1.07	1.11	0.98
見かけ上のボイラ効率(3か月加重平均) [-]			1.09			1.70			0.82			0.92	0.98

※見かけ上のボイラ効率とは燃料の発熱量が一定であるとして計算したボイラ効率のことをいう。

各月における見かけ上のボイラ効率を図 3.57 に示す。前述のように燃料購入量と実際の燃料消費量の際により見かけのボイラ効率は上下しているが特に季節的に大きな変動傾向はみられない結果であった。

ペレット燃料は圧縮加工をしていることから、含水率は変化しにくく発熱量も安定しているため、季節的に大きな変動はないものと考えられる。

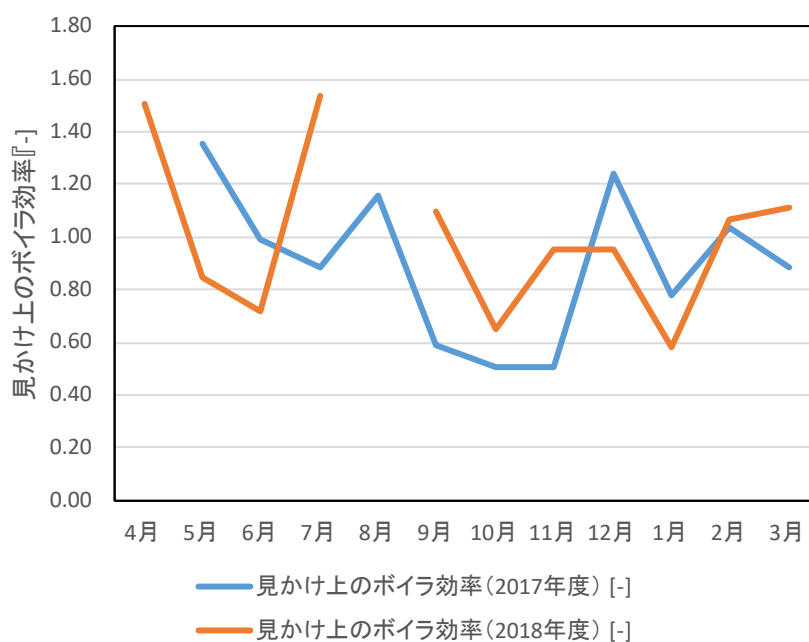


図 3.57 見かけ上のボイラ効率

b) 乾燥チップ焚バイオマスボイラ (90kW)

計測対象機器の仕様を表 3.24 に示す。

表 3.24 対象熱源機器の仕様

機器名称	乾燥チップ焚バイオマスボイラ
定格出力	90kW
温水温度	(往)80℃、(返)65℃
温水流量	5.28 m ³ /h
出力制御	30～100%

運転データを収集整理した結果を表 3.25 に示す。ペレット焚バイオマスボイラ同様、製造熱量があるにもかかわらず、燃料購入量が0となる月があるなど、月間スパンでの計上では燃料購入量と実際の熱源機器燃料消費量との差異の割合が大きく、見かけ上のボイラ効率が1を超えるような月も発生する。年間で見つた場合は、見かけ上のボイラ効率が2017年度0.74、2018年度0.69となっている。

表 3.25 乾燥チップ焚バイオマスボイラ運転データ

チップボイラ【2017年度】

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間
製造熱量 [MJ/月]	25,805	19,721	18,104	22,406	10,940	21,089	32,015	49,565	47,401	48,679	45,904	16,600	358,229
燃料購入量 [kg/月]	1,740	1,860	1,570	1,910	1,490	1,620	6,520	3,270	6,100	7,410	8,520	0	42,010
燃料発熱量(11.56MJ/kg) [MJ/月]	20,114	21,502	18,149	22,080	17,224	18,727	75,371	37,801	70,516	85,660	98,491	0	485,636
見かけ上のボイラ効率 [-]	1.28	0.92	1.00	1.01	0.64	1.13	0.42	1.31	0.67	0.57	0.47	-	0.74
燃料含水率 [-]	50.8	59.0	35.5	58.0	36.8	33.7	42.5	47.0	38.7	50.6	50.8	-	46.4
燃料単位体積あたり重量 [kg/m ³]	193.3	206.7	174.4	212.2	165.6	180.0	181.1	181.7	169.4	205.8	189.3	-	186.7
見かけ上のボイラ効率(3か月加重平均) [-]			1.06			0.94			0.70			0.60	0.74
燃料含水率(3か月加重平均) [-]			49.1			43.9			41.9			50.7	46.4

※.見かけ上のボイラ効率とは燃料の発熱量が一定であるとして計算したボイラ効率のことをいう。

チップボイラ【2018年度】

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間
製造熱量 [MJ/月]	19,746	42,059	24,649	5,245	22,324	20,786	17,291	61,398	121,576	128,365	89,932	88,056	641,426
燃料購入量 [kg/月]	0	6,330	3,870	1,750	2,250	2,060	1,830	8,980	12,640	15,930	10,000	14,550	80,190
燃料発熱量(11.56MJ/kg) [MJ/月]	0	73,175	44,737	20,230	26,010	23,814	21,155	103,809	146,118	184,151	115,600	168,198	926,996
見かけ上のボイラ効率 [-]	-	0.57	0.55	0.26	0.86	0.87	0.82	0.59	0.83	0.70	0.78	0.52	0.69
燃料含水率 [-]	-	48.1	53.1	51.2	42.2	58.1	70.9	52.6	43.0	45.7	50.7	48.7	51.3
燃料単位体積あたり重量 [kg/m ³]	-	234.4	215.0	194.4	160.7	228.9	203.3	199.6	180.6	189.6	178.6	207.9	199.4
見かけ上のボイラ効率(3か月加重平均) [-]			0.73			0.69			0.74			0.65	0.69
燃料含水率(3か月加重平均) [-]			50.0			50.2			48.8			48.0	48.7

※.見かけ上のボイラ効率とは燃料の発熱量が一定であるとして計算したボイラ効率のことをいう。

月別の見かけ上のボイラ効率の変化を図 3.58 に示す。前述のように燃料購入量と実際の燃料消費量の差異により見かけのボイラ効率は上下しているが特に季節的に大きな変動傾向はみられない結果であった。

月別の燃料含水率の変化を図 3.59 に示す。含水率は30～70%と変動幅があるものの、季節的な変動の傾向は見えて取ることができなかった。

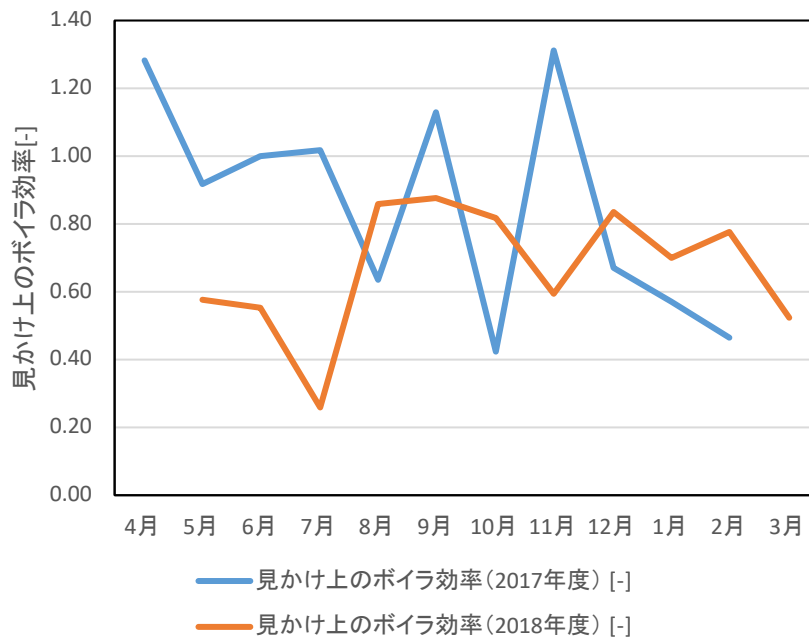


図 3.58 見かけ上のボイラ効率

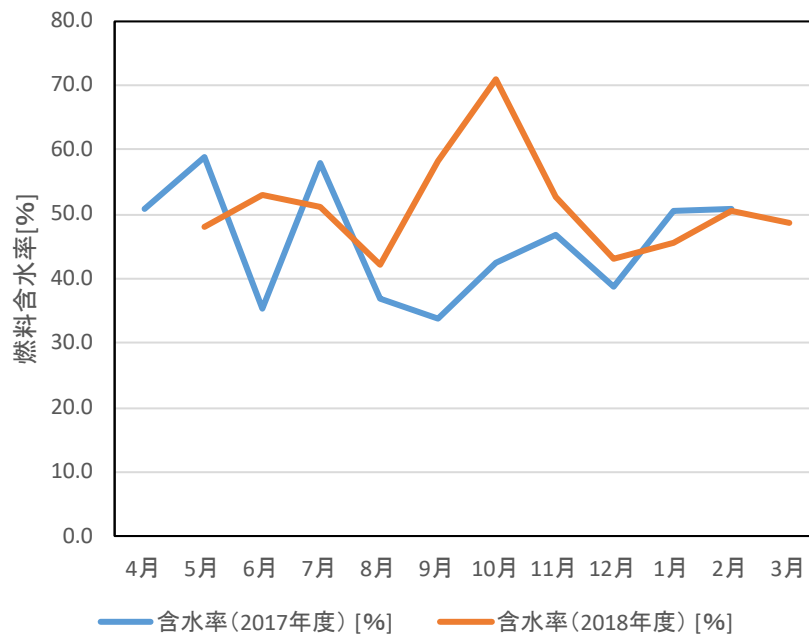


図 3.59 チップ燃料含水率

チップ燃料の含水率と単位体積あたりの重量との関係を図 3.60 に示す。あまり相関は高くないものの、含水率が大きくなるほど単位体積あたりの重量が重くなる傾向がある。

月別に計算したチップ燃料の含水率と見かけ上のボイラ効率との関係を図 3.61 に示す。見かけ上のボイラ効率についてばらつきが大きいのは前述のとおりであるが、含水率が大きくなるほど見かけ上のボイラ効率が低くなる結果となった。これは含水率が高いほど燃料の重量が重くなり単位重量あたりの燃料の実質量が小さくなる上に、燃料が保有する燃焼発熱量が水の蒸発潜熱に奪われるため、ボイラ入力熱量が小さくなることが原因と考えられる。

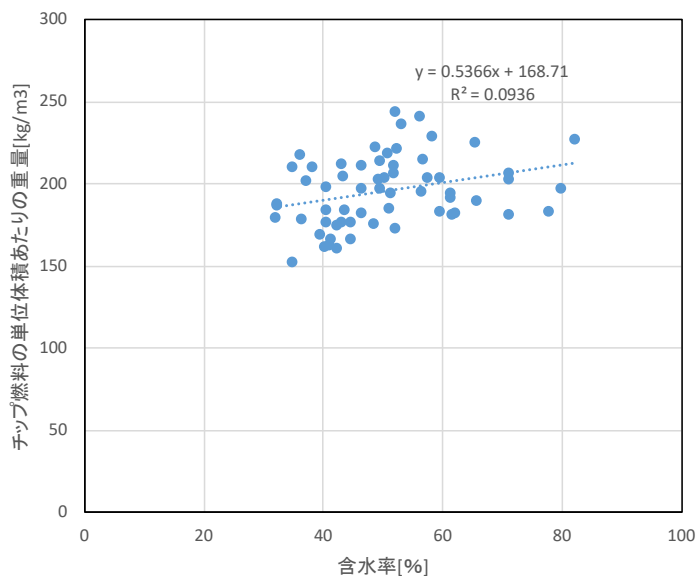


図 3.60 チップ燃料の含水率と単位体積あたりの重量との関係

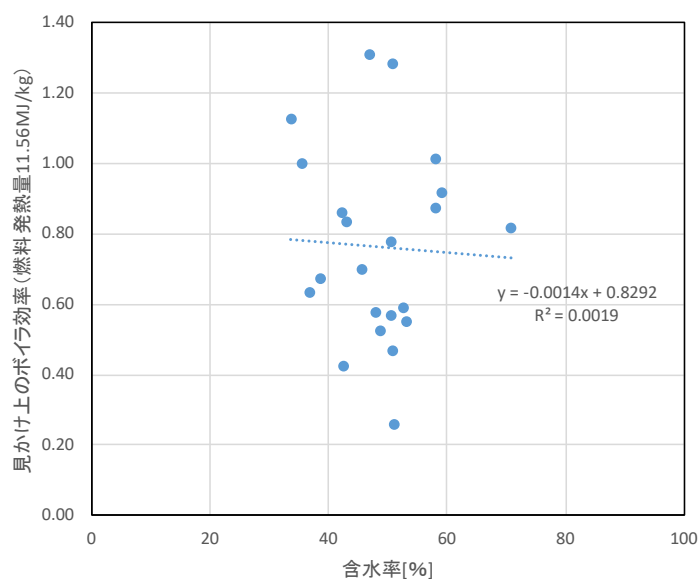


図 3.61 チップ燃料の含水率と見かけ上のボイラ効率との関係

3) 冷却塔

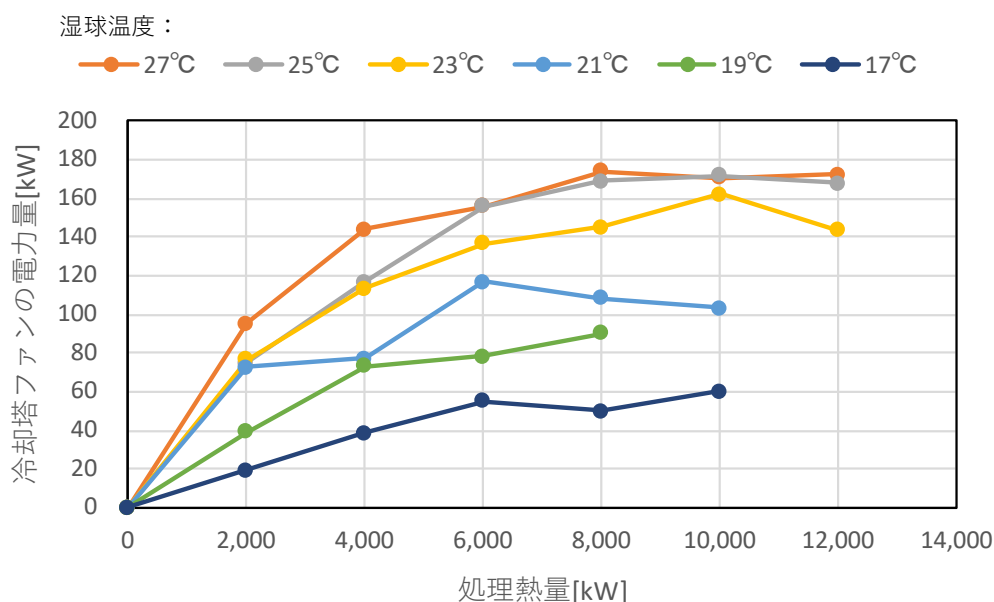
① 冷却塔の制御方法

Cプラントでは、冷凍機と冷却塔が1対1ではなく複数の冷凍機に対して共通の冷却水配管を介して冷却塔と接続される集合管方式を採用している。冷却塔本体は角型直交流式、処理能力24,186kWである。内部は8セルに分かれ、それぞれに定格30kWのファンを有する。

冷却塔の制御はファンの台数制御と4P/8Pの極数変換による変風量制御であり、処理熱量と外気湿球温度条件を判断基準とし、その制御は運転管理員の手動設定で行っている。

② 湿球温度別の処理熱量と電力量

湿球温度別に処理熱量と電力量の関係を確認した結果を図3.62に示す。手動による発停・容量制御であり制御手法との関連性は把握出来ないが、湿球温度が低いほど空気と水の熱交換効率が良くなり冷却塔ファンの消費電力量が小さくなる傾向が確認できた。



※湿球温度は±1°Cの幅で分析を行う。

図 3.62 冷却塔ファンのエネルギー消費特性

(4) 制御機器のエネルギー消費性能

1) Bプラント

① 冷水ポンプ・冷却水ポンプ（電動ターボ冷凍機（固定速）用）の分析

Bプラントの電動ターボ冷凍機（固定速）の能力は1350RT、冷水流量は581.5m³/h（12.0～5.0℃）、冷却水流量は606.5m³/h（32.0～40.0℃）である。

a) ポンプ制御内容

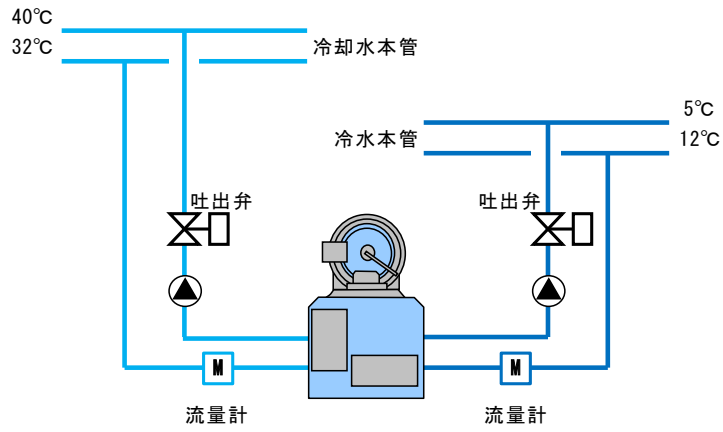
冷水・冷却水ポンプは流量一定となるよう吐出弁制御を行っている（図 3.63 a））。

b) 運転状況

運転状況を図 3.63 b)に示す。冷水、冷却水共に吐出弁制御により、一定流量に保たれている。

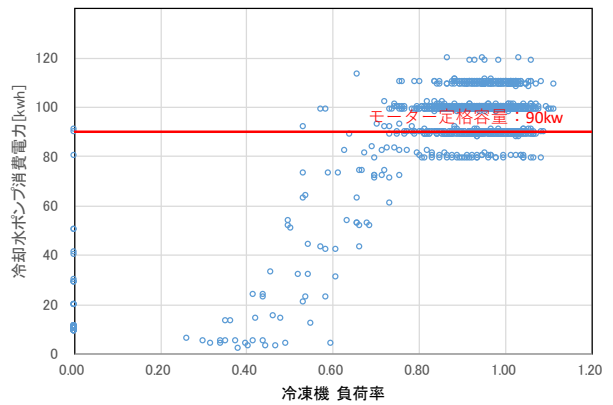
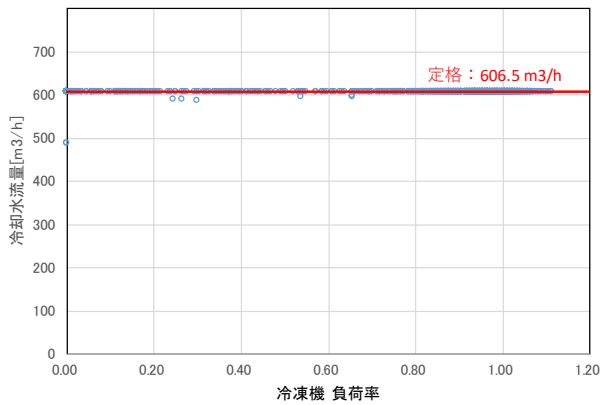
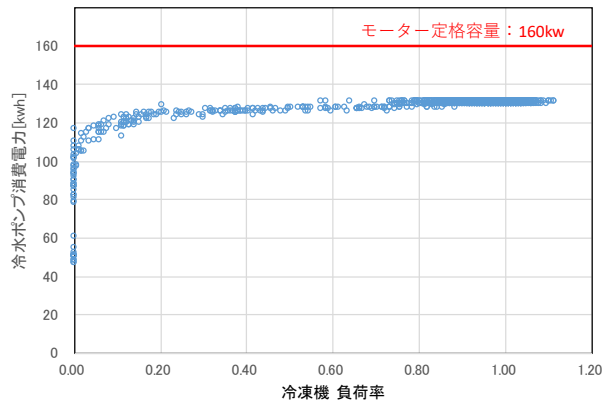
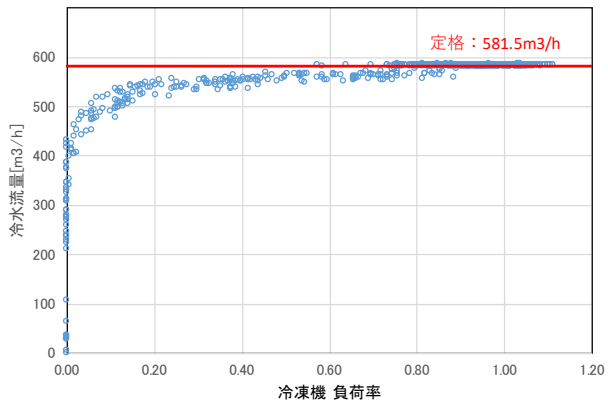
冷水ポンプの消費電力については、モーター定格消費電力160kWに対して、高負荷率帯では約130kWとなっている。これはポンプの定格運転時に必要な消費電力よりも大きめのモーターを選定しているためである。冷水ポンプの定格条件における消費電力は試験成績表においても約130kWであることが確認できる（図 3.64）。

冷却水ポンプの消費電力については、電力量メーターのデータが欠落しており、TR5のシステム全体の消費電力から、冷凍機本体、冷凍機補器類及び冷水ポンプの消費電力を差し引いて求めた計算値を使用している。モーター定格容量に対して、バラつきのあるデータとなっている。



a) 制御システムの概要

TR5 冷水・冷却水ポンプ 運転状況



b) 運転状況

図 3.63 冷水・冷却水ポンプの仕様と運転データ

自主検査

ポンプ試験成績表

試験日 : 11-07-18

冷水ポンプ

ITEM No. :

御立会者 :

御注文主 :

御使用先 :

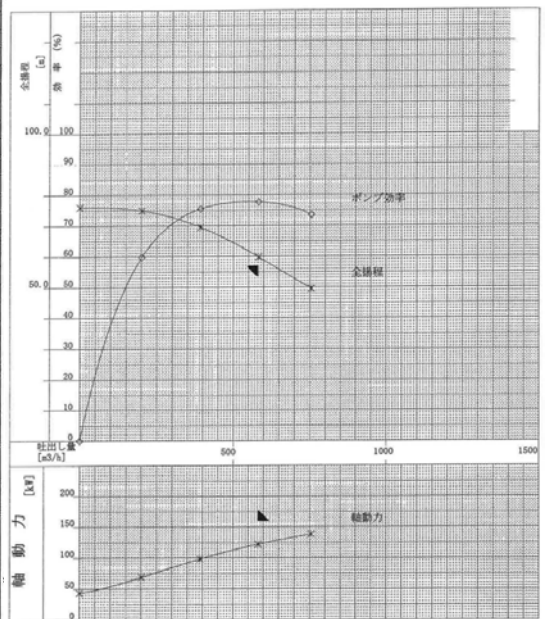
: P 11707658

2/ 2

機名 : 200X150HBLND5160

規 定 要 目		使 用 電 動 機 附 属 用								
吐出量	583 m ³ /h	効 率	-----	%	電 圧	400 V	測 定 器 の 倍 率			
全 揚 程	57 m	計 画 軸 動 力	-----		電 流	272.0 A	電 圧	1 / 4		
回転速度	1490 min ⁻¹	NPSHreq	-----		回転速度	1485 min ⁻¹	電 流	1 / 60		
原 動 機 出 力	160.00 kW	NPSHav	-----		出 力	160.00 kW	電 力	1 / 10		
密 度	1000.0 kg/m ³	最 小 流 量	-----		製 造 者 番 号	E116DX2HM				
粘 度	-----				流 量 測 定	1 電磁式				
判定基準	JIS B8301									
テスト 番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9
液 温	℃	35.4	35.3	35.3	35.2	34.9				
NPSH	m									
回 転 速 度	min ⁻¹	1496	1494	1493	1490	1489				
測 定 器 の 読 み	m ³ /min	0.000	3.356	6.536	9.720	12.580				
吐 出 量	m ³ /min	0.000	3.356	6.536	9.720	12.58				
吐 出 量	m ³ /h	82.35	80.61	73.47	60.82	47.04				
吸 込 高 差	m	6.84	6.47	5.56	4.03	2.23				
揚 程 測 点 高 差	m	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50				
速 度 水 頭 差	m	0.00	0.30	1.13	2.50	4.19				
全 揚 程	m	76.01	74.94	69.54	59.79	49.50				
水 動 力	kW	0.000	41.11	74.29	94.99	101.8				
ポ ン プ 効 率	%	0.0	59.8	75.5	77.7	73.5				
計 測 器 の 読 み	V	101.8	101.5	100.8	100.4	100.2				
(50 Hz) 効 率	%	1.967	2.458	3.126	3.722	4.133				
出 力	W	20.0	30.9	43.5	53.9	61.0				
伝 達 装 置 の 効 率	%	89.9	92.7	94.2	94.5	94.6				
軸 動 力	kW	43.15	68.75	98.34	122.2	138.5				
規 定 状 態 に 換 算 し た 値	Q	m ³ /h	0.000	201.3	392.1	583.2	754.8			
	H	m	76.01	74.94	69.54	59.79	49.50			
	L	kWh	43.15	68.75	98.34	122.2	138.5			
N=-----	min ⁻¹									
ρ=1000.0	kg/m ³									
試 験 条 件	水 圧 試 験	05-17-10	Hv = 0.026496	XQt ²						
大 気 圧	1011.00 hPa	3.9	MPaG	Hs = -----	XQt ²					
吸 込 口 径	204.7 mm	機 能 試 験	合 格							
吐 出 口 径	155.2 mm	絶 縁 抵 抗	-----	MΩ						
吸 込 測 点 高 差	-----	判 定	合 格							

消費電力 =
122.2kW/0.945
≒130kW



10 -P026-101109000000

図 3.64 冷水ポンプの消費電力 (ポンプ・電動機試験成績表)

② 冷水ポンプ・冷却水ポンプ（電動ターボ冷凍機（INV）用）の分析

電動ターボ冷凍機（INV）の能力は400RT（過流量対応機）、冷水流量はポンプ1台運転時は172.3m³/h（12.0～5.0℃）、ポンプ2台運転時は344.6m³/h（8.5～5.0℃）であり、流量制御範囲は86.2～344.6m³/h（50～200%流量制御）である。冷却水流量は、182m³/h（32.0（下限12.0℃）～40.0℃、50～100%流量制御）である。

a) インバータポンプ制御内容

電動ターボ冷凍機（INV）は冷水還り温度により過流量制御を行うことが可能である。冷水ポンプ1台運転時は、50～100%の範囲内で流量制御を行い、冷水還り温度が8.5℃以下になった場合、過流量領域と判断し、2台目の冷水ポンプを起動することが可能である。それぞれの冷水ポンプを50～100%の範囲内で流量制御を行い、2台合計で100～200%の範囲内で流量制御を行う。

冷却水ポンプについては、温度差一定モード（変流量制御）もしくは流量一定モード（変揚程）の2モードの選択運転を行うことが可能である。

b) 運転状況

ポンプの運転状況を図3.65に示す。TR7は年間を通じて、最も稼働時間の長い冷凍機となる。特に冬期、中間期はフル稼働しており、年間を通じて相当時間数、過流量域における運転を行っていることが分かる。（需要家側で温度差が取れていない）

小負荷対応時の冷水の配管抵抗値は小さく、冷水ポンプの消費電力はINV制御により、効果的に削減されている。冷却水ポンプは流量一定制御をベースとし、冷凍機低負荷運転時には変流量運転を行っている。

TR7 冷水・冷却水ポンプ 運転状況

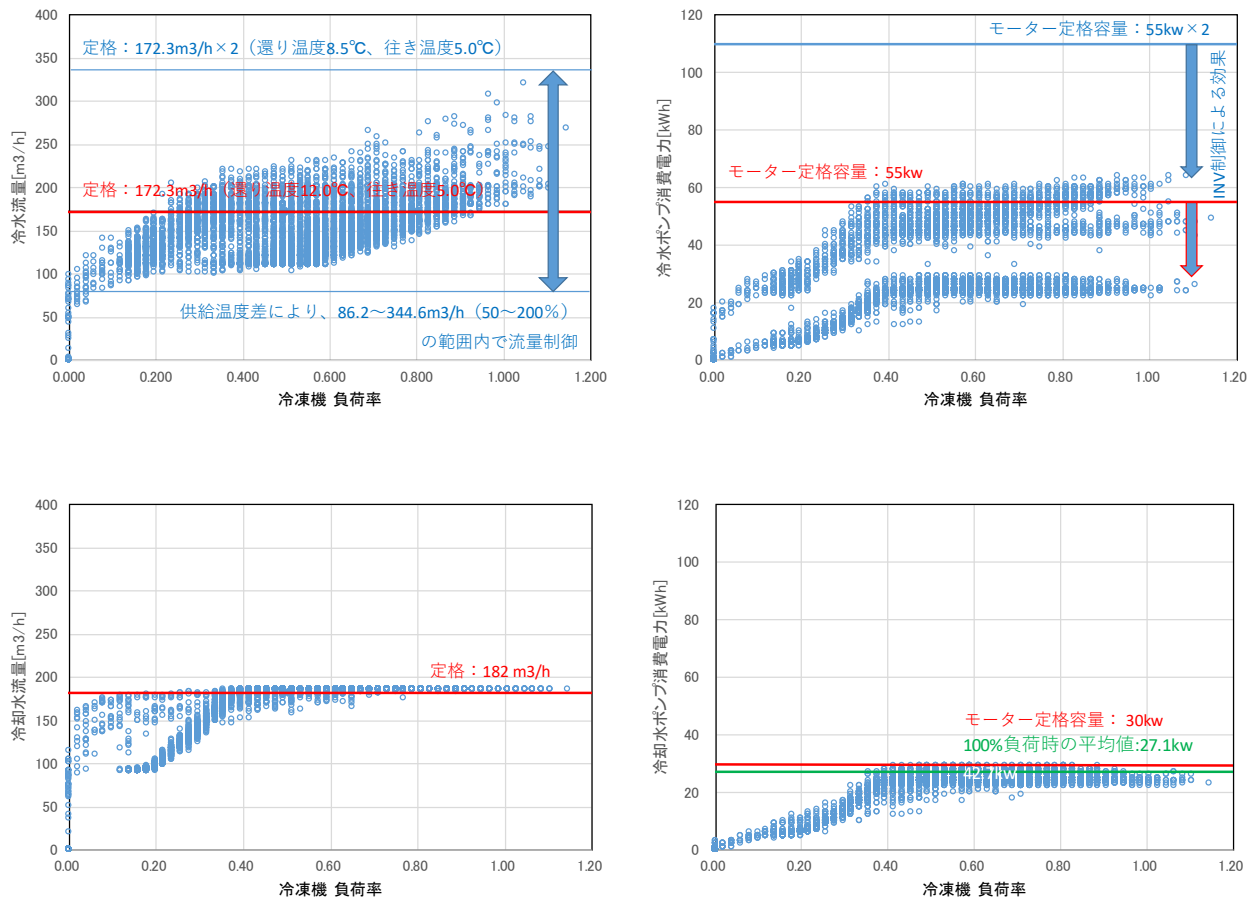


図 3.65 冷水・冷却水ポンプ運転状況

2) Cプラント

① 冷水ポンプ・冷却水ポンプ（INVターボ冷凍機用）の分析

a) インバータポンプ制御内容

冷水流量は冷凍機負荷率と冷水入出口温度差により必要流量を演算し制御を行う。ただし、冷水流量下限値が50%であるため、流量演算結果が50%以下の場合は冷水流量を50%固定とする。

冷却水流量は冷凍機負荷率により流量を同率で減らす制御を行う。但し冷却水流量下限値が50%であるため、冷凍機負荷率50%以下の場合は冷却水流量を50%固定とする。

b) 運転状況

ポンプの運転状況を図3.66に示す。下限値50%流量まで絞る運用ができているため、設計通りの運用ができています。

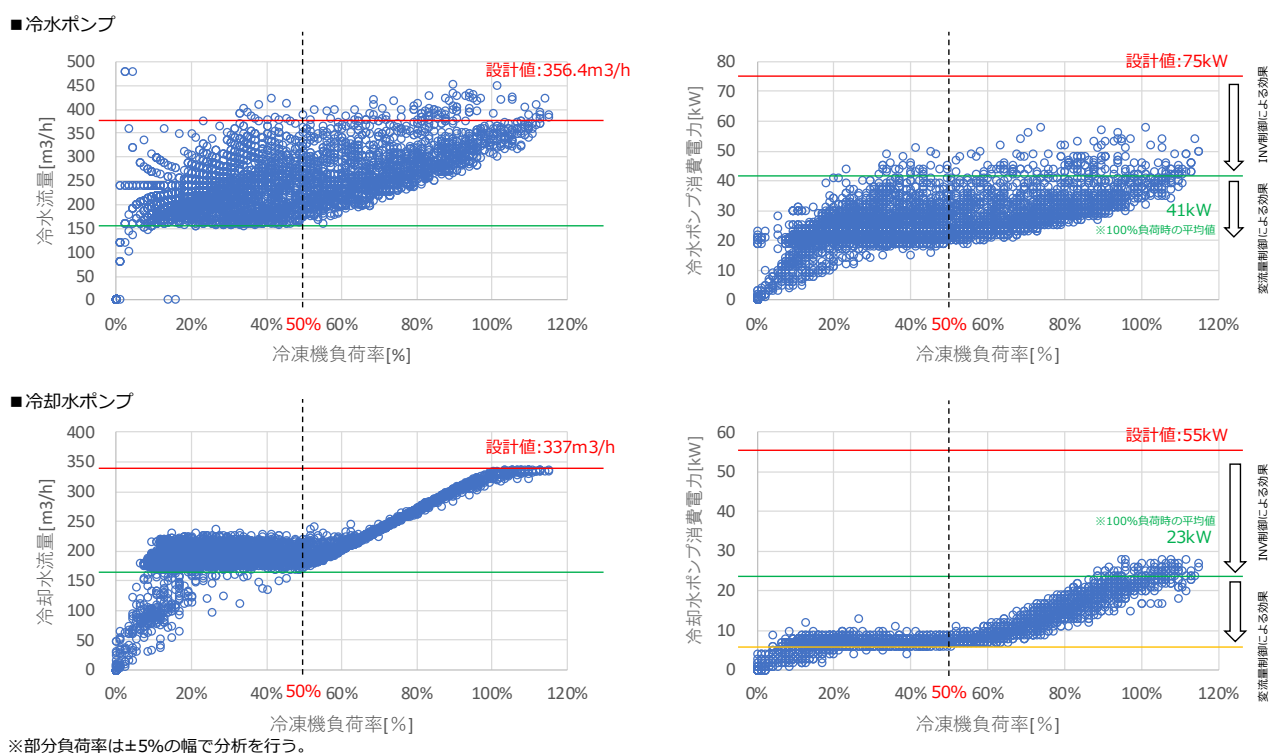
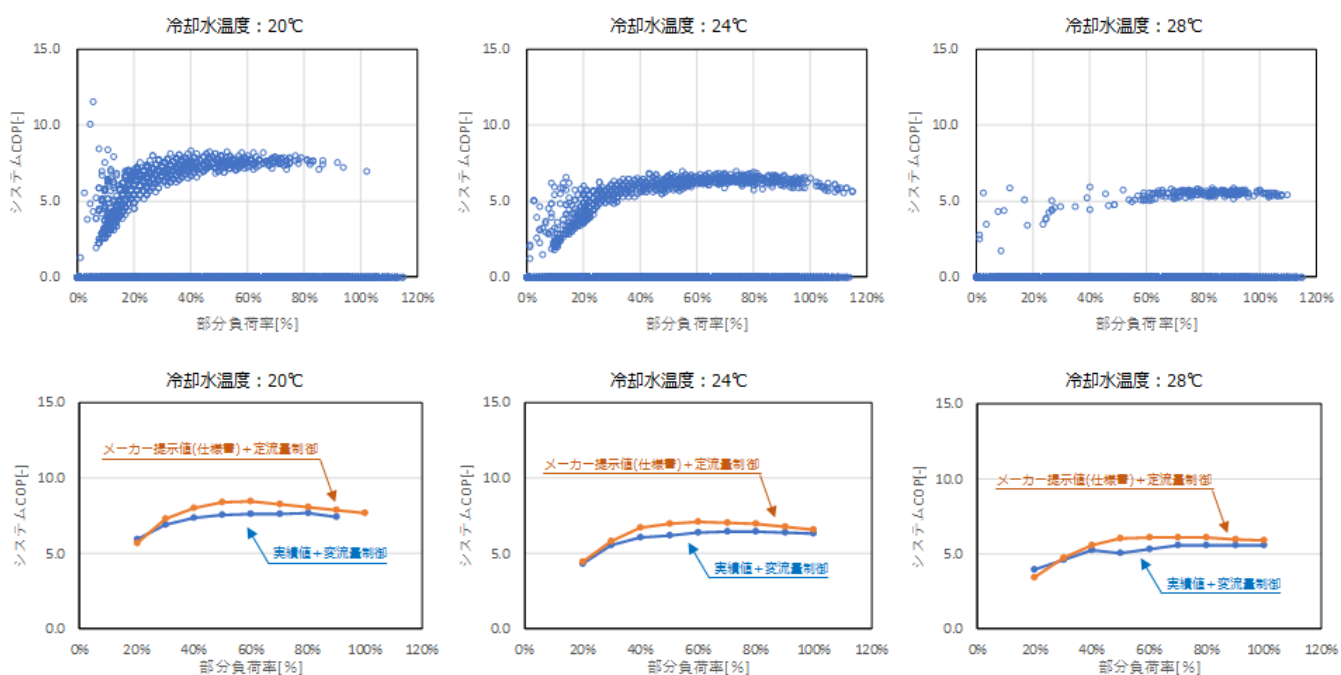


図 3.66 冷水・冷却水ポンプ運転状況

c) システム COP(本体動力+冷却水ポンプ動力)と部分負荷率の分析

本体動力だけでなく冷却水ポンプ動力も含めたシステム COP で評価を行い、メーカー提示値(仕様書)と比較を行った。結果を図 3.67 に示す。メーカー提示値は定流量制御のため、前述の定流量時のポンプ動力 23kW を加え、実績値は変流量制御によるポンプ動力を加え分析を行った。冷却水定流量制御時にメーカー提示値と同様の性能が出るとした場合、冷却水変流量制御時よりもシステム COP が高くなる結果となった。今後、ターボ冷凍機システムの制御について見直しの検討をする必要があることがわかった。



※冷却水温度は±1℃の幅、部分負荷率は±5%の幅で分析を行う。

図 3.67 システム COP(本体動力+冷却水ポンプ動力)と部分負荷率の分析

ポンプ消費電力設計値とは、設計段階において、定格流量及び揚程計算により算出した揚程から選定したポンプのモーターの定格動力を示す。

② 冷水ポンプ・冷却水ポンプ（蒸気焚ジェネリンク用）の分析

a) インバータポンプ制御内容

冷水流量は冷凍機負荷率と冷水入出口温度差により必要流量を演算し制御を行う。但し冷水流量下限値が 50% であるため、流量演算結果が 50% 以下の場合は冷水流量を 50% に固定する。

冷却水流量は定格流量で固定とし、定流量変揚程制御を行う。

b) 運転状況

ポンプの運転状況を図 3.68 に示す。下限値 50% 流量まで絞る運用ができているため、設計通りの運用ができています。

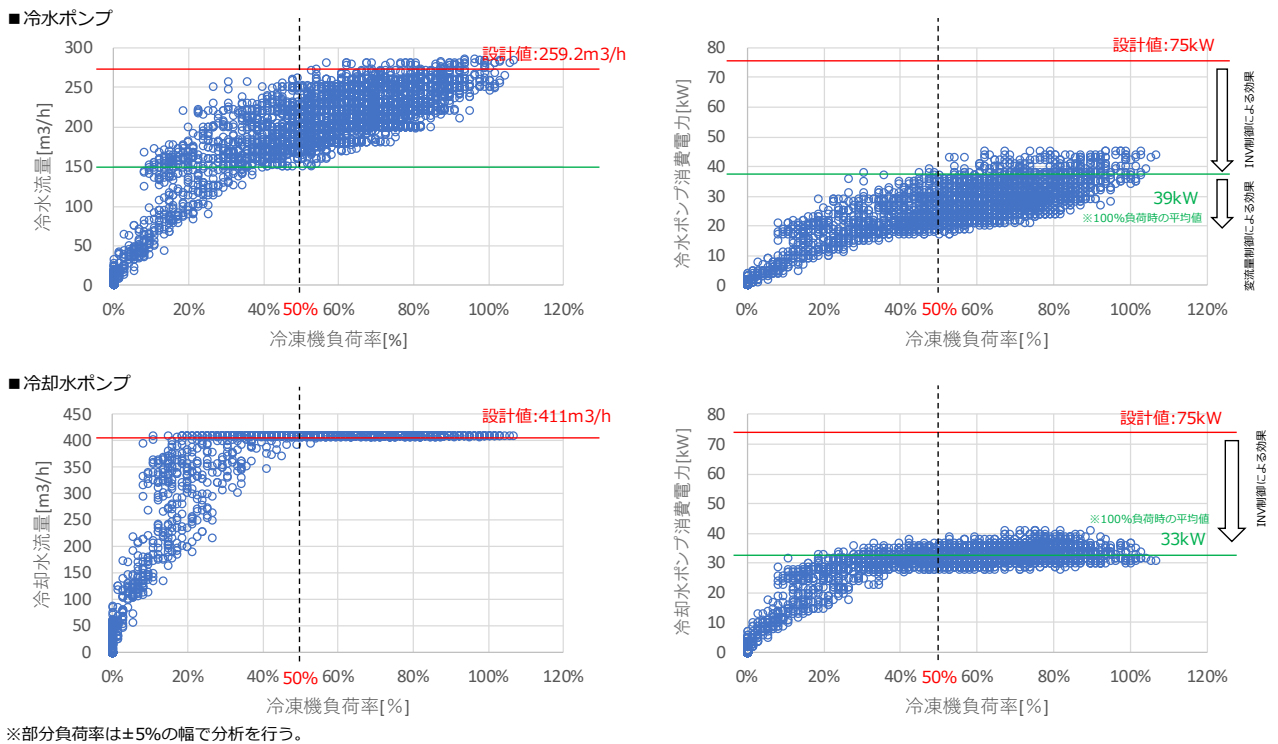


図 3.68 冷水・冷却水ポンプ運転状況

ポンプ消費電力設計値とは、設計段階において、定格流量及び揚程計算により算出した揚程から選定したポンプのモーターの定格動力を示す。

(5) 調査結果のまとめ

1) 既往データの追加・修正検討

冷熱源機器、温熱源機器の分析結果のまとめと既往機器性能曲線改定に向けた結論を表 3.26、表 3.27 に示す。概括すると既往機器性能曲線があるものについては、実績データはおおむねその曲線と補正係数を乗じた曲線の範囲におさまっており、既往機器性能曲線が適切であることが検証された。

表 3.26 冷熱源機器の特性分析結果のまとめ

プラント	熱源機器種類	設備容量	分析結果	既往機器性能曲線改定に向けて
A	固定速ターボ冷凍機	1,180RT	<ul style="list-style-type: none"> 冷却水流量制御を行っていることも影響し、既往性能曲線に比べて、部分負荷性能が良くない。 	<ul style="list-style-type: none"> 冷却水流量制御を行っていることから、既往の機器性能曲線の改定の材料としては適切ではない。
A	熱回収ヒートポンプ	430RT	<ul style="list-style-type: none"> 蓄熱運転を行っており、大部分の時間帯において負荷率 90%以上の運転となっている。おおむね定格の効率で運転されていることが確認できた。 	<ul style="list-style-type: none"> 大部分の時間帯において負荷率 90%以上の運転となっていることから、実測値をもって部分負荷性能曲線を新たに作成することは困難。
A	ヒーティングタワーヒートポンプ	1,445RT	<ul style="list-style-type: none"> 蓄熱システムであることから高負荷運転となっている。 既往機器性能曲線（固定速ターボ冷凍機）に比べて部分負荷性能が良くない傾向があるが、実性能を推定するための補正係数を乗じた曲線よりはおおむね部分負荷性能が良い。 	<ul style="list-style-type: none"> 新たにヒーティングタワーヒートポンプの性能曲線を追加するには、データが不足している。
B	固定速ターボ冷凍機	1,350RT	<ul style="list-style-type: none"> 実績値と既往性能曲線とを比較すると、実績値の方が低負荷部分で性能が良く、高負荷部分で性能が悪い傾向が見られる。特に負荷率 0.2 以下においても、入力比は一定にならず部分負荷率の低減に応じて入力比も低減している。 	<ul style="list-style-type: none"> 既往の機器性能曲線では、負荷率 0.2 を下限として、それ以下では一定の入力比になるとしているが、例えば曲線の変化の下限値を負荷率 0.1 に改定する可能性が考えられる。ただし、低負荷時のデータ数が少なく、実際に改定を行うためにはサンプル数を増やす必要がある。
B	インバーターターボ冷凍機	400RT	<ul style="list-style-type: none"> 冷却水流量制御を行っているが、冷却水流量が定格値付近のデータのみを選別して分析した。 おおむね既往の機器性能曲線に近い結果となっている。 	<ul style="list-style-type: none"> 既往のインバーターターボ冷凍機の性能曲線がおおむね適正であることが検証された。当面既往性能曲線の改訂の必要はないと判断される。
C	インバーターターボ冷凍機	600RT	<ul style="list-style-type: none"> 既往の機器性能曲線に比べて部分負荷性能が良くないが、実性能を推定するための補正係数 1.2 を乗じた曲線よりは部分負荷性能が良い。 	<ul style="list-style-type: none"> おおむね実性能を推定するための補正係数 1.2 を乗じた性能曲線よりも性能は良く、当面既往性能曲線の改訂の必要はないと判断される。
C	蒸気吸収式冷凍機	1,300RT	<ul style="list-style-type: none"> 冷却水温度の違いによらず、全体的に、既往の機器性能曲線よりも部分負荷性能が良い傾向にある。 	<ul style="list-style-type: none"> 全体的に既往の機器性能曲線よりも部分負荷性能が高い傾向があるが、大幅に異なるものではない。当面既往性能曲線の改訂の必要はないと判断される。
C	蒸気焚ジェネリンク	600RT	<ul style="list-style-type: none"> 冷却水入口温度の変化によって、温水排熱投入可能熱量が変化することを確認した。 温水排熱投入可能率の実績値が（冷却水温度 32°C 付近）既往性能曲線におおむね一致することを確認した。 	<ul style="list-style-type: none"> 冷却水入口温度の変化による温水排熱投入可能率の変化を改定に盛り込むことが考えられる。

表 3.27 温熱源機器の特性分析結果のまとめ

プラント	熱源機器種類	設備容量	分析結果	既往機器性能曲線改定に向けて
A	ヒーティングタワーヒートポンプ		・蓄熱システムであることから高負荷運転となっている。	・新たにヒーティングタワーヒートポンプの性能曲線を追加するには、データが不足している。
B	炉筒煙管ボイラ	30t/h×3 15t/h×1	・4台ともに、低負荷時には既往性能曲線に比べて部分負荷性能が悪く、高負荷時には良くなる傾向がある。	既往性能曲線とほぼ同等の性能が確保されていることが検証できた。既往性能曲線を改定する必要は無いと判断される。
C	炉筒煙管ボイラ	9.6t/h×2	・2台ともに、負荷率0.6以下の低負荷運転となっている。既往性能曲線とほぼ一致している。	
C	貫流ボイラ	0.548t/h×1	・負荷率0.8以下の運転となっている。既往性能曲線とほぼ一致している。	
他	木質ペレットバイオマスボイラ	90kW	・燃料購入量[kg]から算定した見かけのボイラ効率に季節的な変動の傾向はみられなかった。	—
他	木質チップバイオマスボイラ	90kW	・燃料購入量[kg]から算定した見かけ上のボイラ効率に季節的な変動の傾向はみられなかった。 ・燃料の含水率が高まると運転効率が低くなる傾向がみられるが、含水率の季節的な変動の傾向はみられなかった。	—

3.4 地域導管の熱損失の検討

(1) 目的

地域熱導管の熱損失量について、地域熱供給プラントの運転実態を踏まえて、熱供給プラントの一次エネルギー換算係数算定に反映することを目的とする。

従来、地域熱供給における熱損失を計画時点で見込む場合、統計値、経験値等から、需要家の熱負荷または製造熱量等に対する割合（熱損失率と呼ぶ）を設定することが多かった。しかし、地域導管延長や断熱仕様により熱損失量が増減するものであり、熱損失率で熱損失量を設定する場合、それらが考慮されないこととなる。

そこで本検討では、従来の熱損失についての既存知見等を整理し、熱損失率を使用して熱損失量を計算する方法について精査するのに加えて、地域導管延長や断熱仕様の違いを反映できる計算方法（配管断面モデルによる計算方法）を検討する。

配管断面モデルによる計算方法は、地域導管における熱損失量を、従来と比べてより実態に沿って反映することが可能となること、地域導管の断熱仕様等を向上させた場合には、その効果が計算に反映されるため、断熱性向上へのインセンティブとなることをめざすものである。

(2) 用語の定義

本検討において使用する用語の定義を表 3.28 に示す。

表 3.28 用語の定義

用語	定義
製造熱量[GJ]	各熱源設備の製造熱量（熱媒出入口温度差×流量）の合計値。ただし、蒸気製造熱量については、蒸気吸収式冷凍機に使用する蒸気熱量を差し引いた値とする。
販売熱量[GJ]	各需要家に販売熱量を計測するために設置された熱量計の合計値。
自己消費熱量[GJ]	プラント内の冷暖房等で消費する熱量。
熱損失実測値[GJ]	製造熱量[GJ]－販売熱量[GJ] 熱損失実測値には地域導管部分の熱損失だけではなく、プラント内の配管や機器における熱損失、自己消費熱量、ポンプによる入熱・放熱、その他の熱損失等が含まれる。
熱損失計算値[GJ]	冷水：配管周囲からの入熱[GJ] ＋ポンプ入熱[GJ]＋配管摩擦損失による入熱[GJ] 温水：配管周囲からの放熱[GJ] 蒸気：配管周囲からの放熱[GJ]
ポンプ入熱量[GJ] <計算値>	熱損失のうち、ポンプを稼働することによって熱媒系統に入熱する熱量。 Σ ポンプ消費電力[kW]×モーター効率×インバータ効率×3.6[MJ/h]
配管周囲からの入熱量・放熱量（計算値）[GJ] <計算値>	配管断面モデルにより配管口径、断熱仕様、周囲温度等の条件から計算によって求めた入熱量・放熱量の値。

(3) 熱損失の計算方法

1) 熱損失率による計算方法

熱損失量の算出方法を式 3.1 から式 3.4 に示す。熱媒種類に応じて、表 3.29 に示す熱損失率を用いて算定する。

$$Q_{,ref} = Q_{,ac} + Q_{,loss} \quad (\text{式 3.1})$$

$$Q_{,loss} = \frac{q_{,loss}}{1 - q_{,loss}} \times Q_{,ac} \quad (\text{式 3.2})$$

$$q_{,loss} = \frac{Q_{,loss}}{Q_{,ref}} \quad (\text{式 3.3})$$

$Q_{,ref}$: 熱源製造熱量 [MJ]

$Q_{,ac}$: 需要家熱負荷 [MJ]

$Q_{,loss}$: 地域導管熱損失 [MJ]

$q_{,loss}$: 熱損失率 [-] (既往調査の実績等に基づき設定)

表 3.29 熱損失率 $q_{,loss}$

供給熱媒	熱損失率 $q_{,loss}$
冷水	3.0% + $q_{,ac,pump,heat}$
温水	5.0%
蒸気	10.0%

$$q_{,ac,pump,heat} = \frac{Q_{,ac,pump,heat}}{Q_{,ref}} \quad (\text{式 3.4})$$

$Q_{,ac,pump,heat}$: 冷水ポンプ入熱量 [MJ] (別途算定)

$q_{,ac,pump,heat}$: 熱損失率 (ポンプ入熱量分) [-]

2) 配管断面モデルによる計算方法 (試案)

① 計算方法の概要

申請時における地域熱供給設備計画の熟度や、計算作業負荷の軽減等を考慮して、地域導管の最大口径部における配管断面熱収支モデルにより単位長さあたりの熱損失[W/m]を計算し、式 3.5、式 3.6 により算定することとする。

<熱媒配管別に計算>

$$Q_{\text{loss,時刻別}} = Q \times L_{\text{地域導管}} \times K_{\text{地域導管}} \times 3.6 \quad (\text{式 3.5})$$

$$Q_{\text{loss,年間}} = Q \times 365 \text{ 日/年} \times 24\text{h/日} \quad (\text{式 3.6})$$

$Q_{\text{loss,年間}}$: 地域導管熱損失 (年間) [MJ/年]

$Q_{\text{loss,時刻別}}$: 地域導管熱損失 (時刻別) [MJ/h]

Q : 地域導管単位長さあたりの熱損失[W/m]

申請プラントの地域導管の保温材仕様を反映したい場合は、地域導管最大口径部における配管断面熱収支モデルにより計算する。

$L_{\text{地域導管}}$: 地域導管配管延長[m]

$K_{\text{地域導管}}$: 補正係数[-]

最大口径部における配管断面モデル計算により求められる Q は、地域導管の代表断面(直管部分)を想定したものであるが、架台や弁類の設置部分等において、より大きな熱損失が発生している。このような実態を踏まえて設定した割増のための補正係数である。

② 配管断面熱収支モデルによる単位長さあたりの熱損失の計算

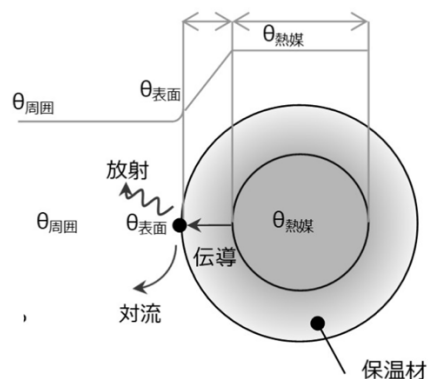
単位長さあたりの熱損失量 Q [W/m]については、熱媒ごとに下記に示すように最大口径部における断面モデルを設定し、式 3.7 によって計算する。

<配管断面熱集モデルの設定>

$$Q_{\text{伝導}} = \frac{2\pi}{\ln\left(\frac{D+2t}{D}\right)} \cdot \lambda \cdot (\theta_{\text{熱媒}} - \theta_{\text{表面}})$$

$$Q_{\text{総合}} = \pi(D+2t) \cdot \alpha_{\text{総合}} \cdot (\theta_{\text{表面}} - \theta_{\text{周囲}})$$

$$Q = Q_{\text{伝導}} = Q_{\text{総合}}$$



上記方程式を整理すると下式のようなになる。

$$Q = \frac{2\pi(\theta_{\text{熱媒}} - \theta_{\text{周囲}})}{(2/(D+2t)/\alpha_{\text{総合}}) + (1/\lambda) \ln\left(\frac{D+2t}{D}\right)} \quad (\text{式 3.7})$$

Q : 地域導管単位長さあたりの熱損失[W/m]

$Q_{\text{伝導}}$: 熱伝導による法熱量[W/m]

$Q_{\text{対流}}$: 熱伝導による法熱量[W/m]

λ : 保温材の熱伝導率[W/m・K]

$\alpha_{\text{総合}}$: 総合表面熱伝達率[W/m²・K]

$\theta_{\text{熱媒}}$: 熱媒の温度[°C]

$\theta_{\text{表面}}$: 保温材表面の温度[°C]

$\theta_{\text{周囲}}$: 周囲空気温度[°C]

D : 配管の外径[m] (呼び径としてもよい)

t : 保温材の厚さ[m]

<各変数の設定>

表 3.30 に示すとおり各変数に適切な値を入力し、単位長さ当たりの熱損失 Q [W/m]を算定する。

表 3.30 各変数の設定

変数	代入値
λ : 保温材の熱伝導率[W/m・K]	最大口径部の採用保温材の熱伝導率を代入する。
$\alpha_{\text{表面}}$: 表面熱伝達率[W/m ² ・K]	12 W/m ² ・Kを代入する。
$\theta_{\text{熱媒}}$: 熱媒の温度[°C]	採用熱媒温度を代入する。
$\theta_{\text{周囲}}$: 周囲空気温度[°C]	年間一定として、表 3.31 の値を代入する。
D : 配管の外径[m]	該当配管の外径または呼び径を代入する。
t : 保温材の厚さ[m]	最大口径部の採用保温材の厚さを代入する。

周囲空気温度については、表 3.31 のように想定する。

表 3.31 周囲空気温度 $\theta_{\text{周囲}}$

熱媒種類	洞道内の他の熱媒の有無	$\theta_{\text{周囲}}$
冷水	他の熱媒なし	25°C
冷水	蒸気配管あり	30°C
温水	—	20°C
蒸気	—	25°C

※地域導管洞道内の空気温度実測結果を踏まえて設定。

<補正係数>

補正係数の検討結果については P3-118 の検討を参照のこと。

(4) 熱損失実態の調査

1) 実測調査対象の選定

地域導管は維持管理を考慮して、洞道（共同溝含む）内に敷設される場合が大部分であることから、今回の実測調査は、洞道内に敷設された地域導管を対象とする。

2) 調査対象地域導管の概要

今回調査の対象プラントの地域導管概要を表 3.32 に示す。Cプラントは熱導管延長が短く、計測に適した箇所が見当たらなかったことから、Dプラント、Eプラントを追加した。

表 3.32 地域導管敷設延長（概算）

地域	敷設状況	冷水管	温水管	蒸気管	還水管
Aプラント	洞道（トレンチ） 1,072m	531m×2 =1,062m	540m×2 =1,080m	—	—
Bプラント	専用洞道 226m 直埋 22m その他 3,002m	222m×2 =444m	—	1,542m	1,486m
Cプラント	専用洞道 244m	117m×2 =234m	—	64m	63m
Dプラント	専用洞道 1,892m	475m×2 950m	—	533m	521m
Eプラント	専用洞道	1,837.5m× 2 3,675m	—	1,668m	1,669m

3) 測定方法

① 熱量計データの活用

測定対象プラントに設置された熱量計のデータが1時間間隔で記録されていることから、このデータを活用する。

② 代表断面箇所における実測調査

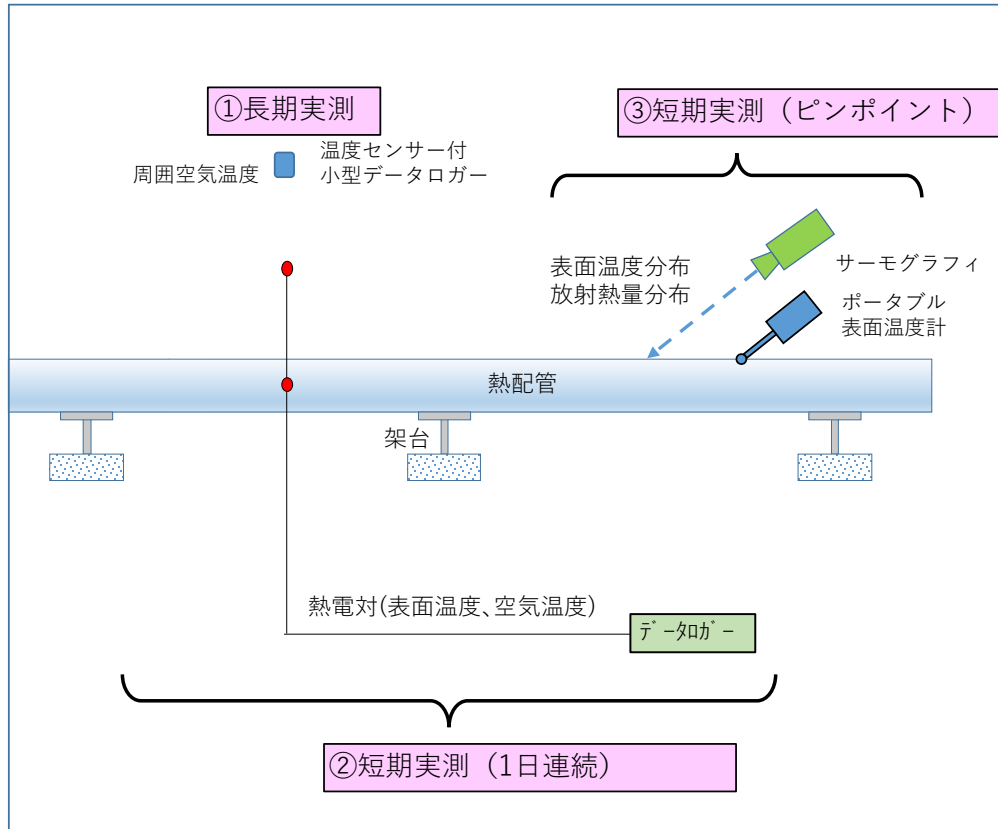
計測の項目、スケジュール、実測の様子を表 3.33、表 3.34、図 3.69 に示す。長期実測については、温度センサー付小型データロガーを洞道内等に長期設置し、配管周囲空気温度の通年変化を把握する。短期実測においては、サーモグラフィにより温度分布を把握する。また、確実性を考慮して、必要に応じて配管の表面温度をポータブル表面温度計により測定する。

表 3.33 測定項目

	測定項目	測定目的	計測機器	点数
①長期実測 (年間)	周囲空気温度	計算条件確認	温度センサー付小型データロガー (おんどとり)	2点程度
②短期実測 (1週間)	配管表面(断熱材上)温度	計算値との整合確認	熱電対⇒データロガー	1管につき2点程度
	架台表面温度	計算値との整合確認	熱電対⇒データロガー	2点程度
	周囲空気温度	計算条件確認	熱電対⇒データロガー	2点程度
	周囲壁面温度	計算条件確認	熱電対⇒データロガー	2点程度
③短期実測 (1日)	表面温度分布(放射熱分布)	温度分布傾向把握 放射率把握	サーモグラフィ	—
	配管表面(断熱材上)温度	計算値との整合確認	ポータブル表面温度計	—
	架台表面温度	計算値との整合確認	ポータブル表面温度計	—
④プラント実測 データ活用	供給熱量合計(製造熱量合計)	全体熱損失把握	プラント実測データ活用	—
	販売熱量合計	全体熱損失把握	プラント実測データ活用	—

表 3.34 熱導管実測スケジュール

		8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
Aプラント	①長期実測(年間)		[長期実測期間]							
	②短期実測(1日連続)		夏期実測				冬期実測			
	③短期実測(ピンポイント)		□ 9/12					□ 1/29		
Bプラント	①長期実測(年間)		[長期実測期間]							
	②短期実測(1日連続)		□ 9/11 (蒸気系統) □ 9/13 (冷水系統)							
	③短期実測(ピンポイント)		□				□ 1/30			
Dプラント	①長期実測(年間)		[長期実測期間]							
	②短期実測(1日連続)									
	③短期実測(ピンポイント)		□ 9/10					□ 1/29		



測定機器 (例)

サーモグラフィ測定例 (都内地域熱供給)



図 3.69 熱導管実測の様子

(5) 実測結果

プラント運転実測データは後述する熱損失の分析において示すこととし、ここでは、対象プラントの地域導管に対して実施した実測調査の結果を示す。

1) 地域導管温度実測（表面温度計による実測）

① Aプラント

a) 計測箇所

図 3.70 に導管敷設状況を示す。

- 需要家ビルトレンチ内
- ・ 冷水管 550A (往・返)
 - ・ 温水管 400A (往・返)



温水配管 (往・返)



トレンチ内



冷水配管 (行き・返り)

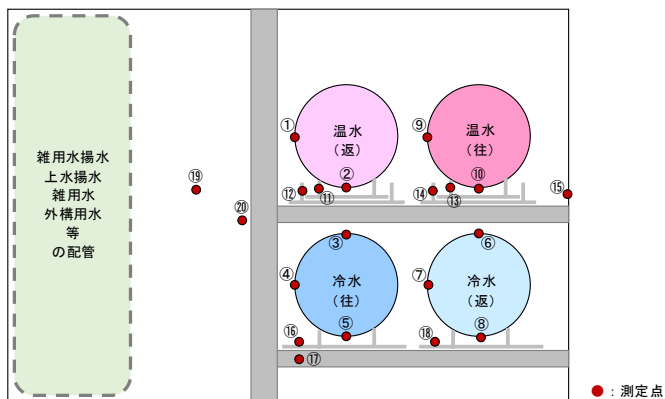
図 3.70 地域導管敷設状況 (Aプラント)

b) 表面温度計による実測結果

図 3.71 から図 3.73 に表面温度測定結果を示す。

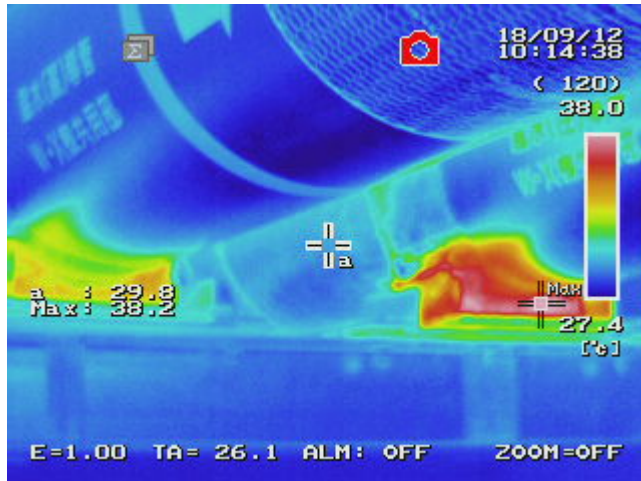
表面温度計による測定
測定日：2018年9月12日 (水) 10:15~10:45

測定点	表面温度 (°C)
① 温水 (返) : 中	28.7
② 温水 (返) : 下	28.5
③ 冷水 (往) : 上	24.2
④ 冷水 (往) : 中	24.1
⑤ 冷水 (往) : 下	23.9
⑥ 冷水 (返) : 上	25.1
⑦ 冷水 (返) : 中	24.3
⑧ 冷水 (返) : 下	23.8
⑨ 温水 (往) : 中	30.0
⑩ 温水 (往) : 下	28.8
⑪ 温水 (返) : 架台 (1)	33.0
⑫ 温水 (返) : 架台 (2)	28.8
⑬ 温水 (往) : 架台 (1)	38.1
⑭ 温水 (往) : 架台 (2)	31.0
⑮ 壁体 (RC)	27.3
⑯ 冷水 (往) : 架台 (1)	24.3
⑰ 冷水 (往) : 架台 (2)	25.2
⑱ 冷水 (返) : 架台	25.3
⑲ 周辺空気	26.9
⑲ 周辺空気 (おんどとり)	



温水・冷水配管 概要図

図 3.71 表面温度計による測定結果 (Aプラントー夏期)

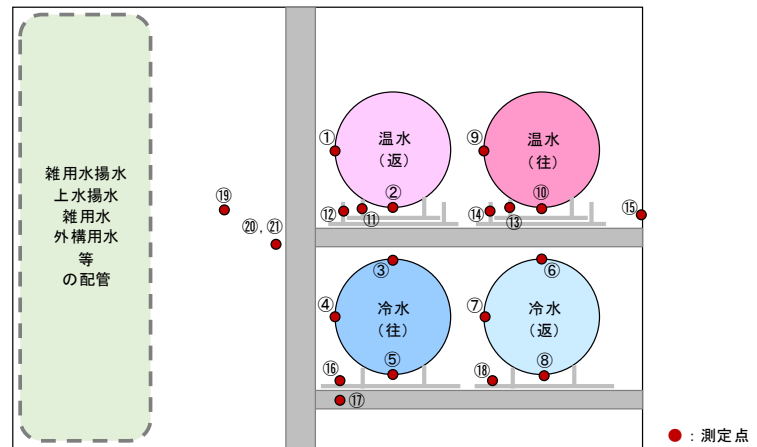


架台部分が配管部分よりも温度が高くなっている。配管固定部分が熱橋となり放熱している。
 (左：温水(返)、右：温水(往))

図 3.72 サーモグラフィによる実測結果 (Aプラントー夏期)

表面温度計による測定
 測定日：2019年1月29日 (火) 10:10~10:45

測定点	表面温度 (°C)
① 温水 (返) : 中	19.1
② 温水 (返) : 下	19.4
③ 冷水 (往) : 上	16.1
④ 冷水 (往) : 中	15.9
⑤ 冷水 (往) : 下	15.8
⑥ 冷水 (返) : 上	16.8
⑦ 冷水 (返) : 中	16.4
⑧ 冷水 (返) : 下	16.2
⑨ 温水 (往) : 中	20.5
⑩ 温水 (往) : 下	21.2
⑪ 温水 (返) : 架台(1)	28.5
⑫ 温水 (返) : 架台(2)	21.0
⑬ 温水 (往) : 架台(1)	34.6
⑭ 温水 (往) : 架台(2)	23.9
⑮ 壁体 (RC)	18.6
⑯ 冷水 (往) : 架台(1)	16.1
⑰ 冷水 (往) : 架台(2)	16.6
⑱ 冷水 (返) : 架台	16.6
⑲ 周辺空気	17.7
⑳ 周辺空気 (おんどとり)	
㉑ 周辺空気 (おんどとり)	



温水・冷水配管 概要図

図 3.73 表面温度計による測定結果 (Aプラントー冬期)

② Bプラント

a) 計測箇所

図 3.74 に導管敷設状況を示す。

洞道内

- ・ 蒸気 550A
- ・ 還水 200A
- ・ 高圧還水 80A



建物内

- ・ 冷水管 400A<立て管>
(往・返)

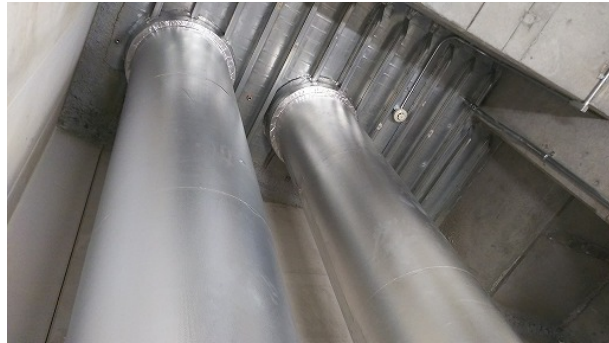


図 3.74 地域導管敷設状況 (Bプラント)

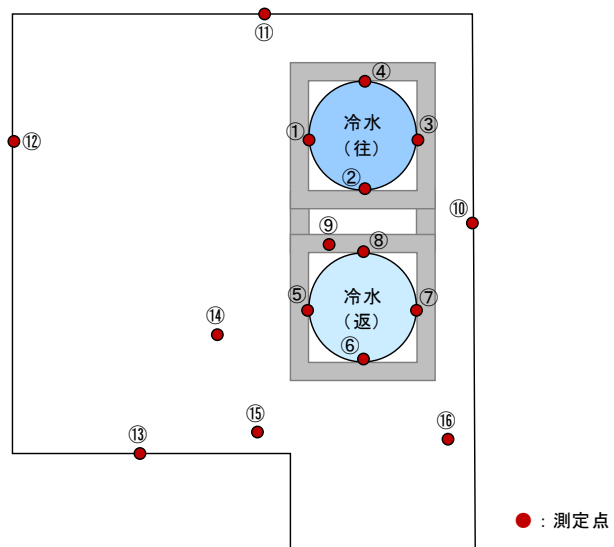
b) 表面温度計による実測結果

図 3.75 から図 3.79 に表面温度測定結果を示す。

表面温度計による測定

測定日：2018年9月13日 (木) 10:30~11:45

測定点	表面温度 (°C)
① 冷水 (往) : 前面	27.3
② 冷水 (往) : 側面(1)	26.2
③ 冷水 (往) : 後面	27.2
④ 冷水 (往) : 側面(2)	26.8
⑤ 冷水 (返) : 前面	27.2
⑥ 冷水 (返) : 側面(1)	27.2
⑦ 冷水 (返) : 後面	27.3
⑧ 冷水 (返) : 側面(2)	27.3
⑨ 架台	26.3
⑩ 壁(1)	28.2
⑪ 壁(2)	28.5
⑫ 壁(3)	28.2
⑬ 壁(4)	28.4
⑭ 周辺空気	28.8
⑮ 周辺空気 (おんどり)	
⑯ 周辺空気 (おんどり)	

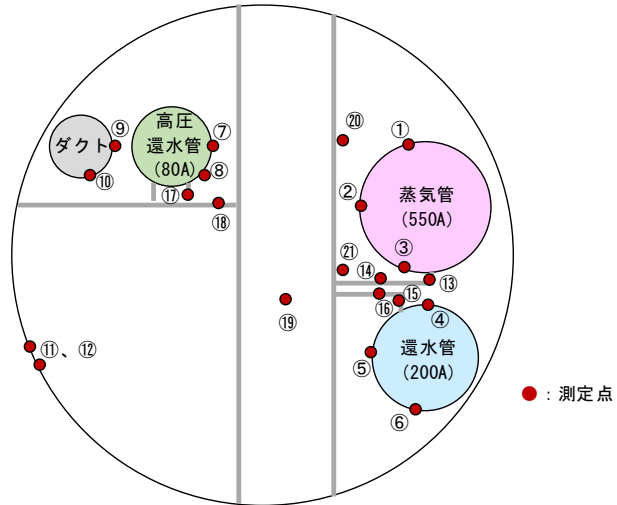


冷水配管 概要図

図 3.75 表面温度計による実測結果 (Bプラント冷水-夏期)

表面温度計による測定
測定日：2018年9月11日（火）13：30～16：00

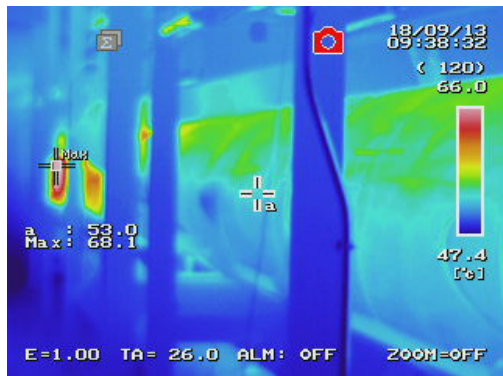
測定点	表面温度 (°C)
① 蒸気管 (550A) : 上	57.7
② 蒸気管 (550A) : 中	54.1
③ 蒸気管 (550A) : 下	55.6
④ 還水管 (200A) : 上	49.4
⑤ 還水管 (200A) : 中	46.8
⑥ 還水管 (200A) : 下	47.4
⑦ 高圧還水管 (80A) : 中	52.1
⑧ 高圧還水管 (80A) : 下	51.7
⑨ ダクト : 中	49.2
⑩ ダクト : 下	49.2
⑪ 壁体 (金属部)	46.6
⑫ 壁体 (R C)	46.4
⑬ 蒸気管 (550A) : 架台(1)	57.6
⑭ 蒸気管 (550A) : 架台(2)	48.6
⑮ 還水管 (200A) : 架台(1)	49.4
⑯ 還水管 (200A) : 架台(2)	47.2
⑰ 高圧還水管 (80A) : 架台(1)	46.4
⑱ 高圧還水管 (80A) : 架台(2)	46.4
⑲ 周辺空気	46.0
⑳ 周辺空気 (おんどとり)	
㉑ 周辺空気 (おんどとり)	



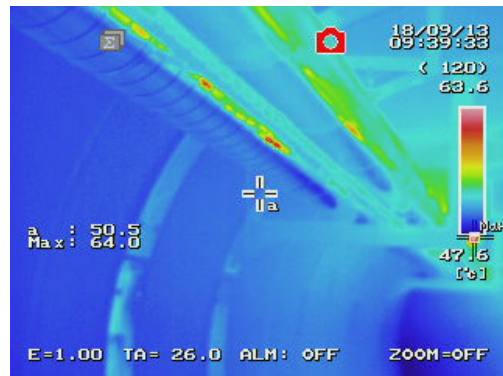
蒸気系統配管 概要図

図 3.76 表面温度計による実測結果 (Bプラント蒸気-夏期)

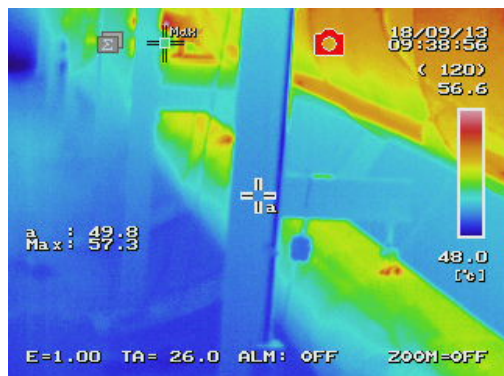
c) サーモグラフィによる実測結果



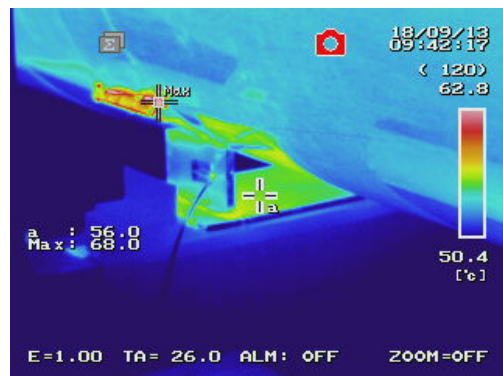
蒸気管



高圧還水管 (右)



還水管 (下)

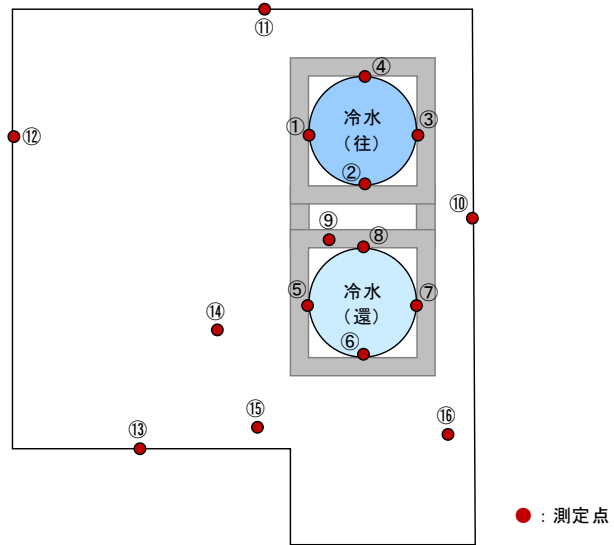


蒸気管架台

図 3.77 サーモグラフィによる実測結果 (Bプラント-夏期)

表面温度計による測定
 測定日：2019年1月30日（水）15：00～15：30

測定点	表面温度 (°C)
① 冷水（往）：前面	19.6
② 冷水（往）：側面(1)	19.8
③ 冷水（往）：後面	19.1
④ 冷水（往）：側面(2)	18.3
⑤ 冷水（返）：前面	18.3
⑥ 冷水（返）：側面(1)	18.2
⑦ 冷水（返）：後面	17.9
⑧ 冷水（返）：側面(2)	17.4
⑨ 架台	14.8
⑩ 壁(1)	18.6
⑪ 壁(2)	17.8
⑫ 壁(3)	15.6
⑬ 壁(4)	15.5
⑭ 周辺空気	19.2
⑮ 周辺空気（おんどとり）	
⑯ 周辺空気（おんどとり）	

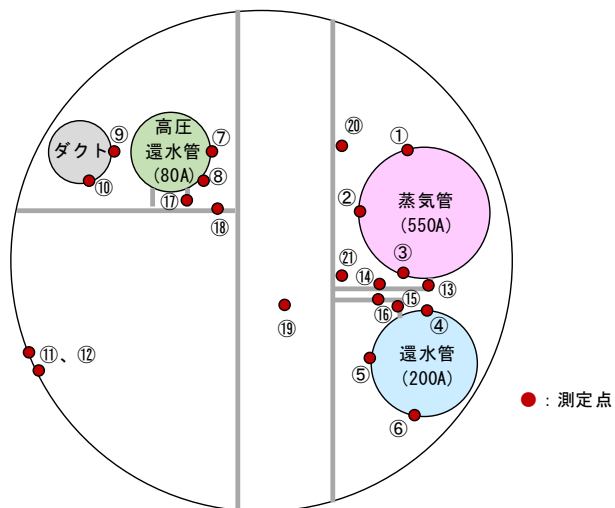


冷水配管 概要図

図 3.78 表面温度計による実測結果（Bプラント冷水－冬期）

表面温度計による測定
 測定日：2019年1月30日（水）14：30～15：00

測定点	表面温度 (°C)
① 蒸気管（550A）：上	46.7
② 蒸気管（550A）：中	48.3
③ 蒸気管（550A）：下	43.6
④ 還水管（200A）：上	39.6
⑤ 還水管（200A）：中	37.4
⑥ 還水管（200A）：下	37.3
⑦ 高圧還水管（80A）：中	43.3
⑧ 高圧還水管（80A）：下	43.4
⑨ ダクト：中	40.0
⑩ ダクト：下	40.3
⑪ 壁体（金属部）	37.8
⑫ 壁体（RC）	37.8
⑬ 蒸気管（550A）：架台(1)	50.8
⑭ 蒸気管（550A）：架台(2)	38.9
⑮ 還水管（200A）：架台(1)	40.6
⑯ 還水管（200A）：架台(2)	38.2
⑰ 高圧還水管（80A）：架台(1)	41.0
⑱ 高圧還水管（80A）：架台(2)	41.1
⑲ 周辺空気	36.2
⑳ 周辺空気（おんどとり）	
㉑ 周辺空気（おんどとり）	



蒸気系統配管 概要図

図 3.79 表面温度計による実測結果（Bプラント蒸気－冬期）

③ Dプラント

a) 計測箇所

図 3.80 に導管敷設状況を示す。

- 専用洞道内
- ・冷水管 550A (往・返)
 - ・蒸気管 250A
 - ・還水管 150A



専用洞道内

図 3.80 地域導管敷設状況 (Dプラント)

b) 表面温度計による実測結果

図 3.81 から図 3.83 に表面温度測定結果を示す。

表面温度計による測定
測定日：2018年9月10日 (月) 13:30~14:10

測定点	表面温度 (°C)
① 冷水 (返) : 上	—
② 冷水 (返) : 中	29.8
③ 冷水 (返) : 下	29.2
④ 冷水 (往) : 上	30.8
⑤ 冷水 (往) : 中	30.3
⑥ 冷水 (往) : 下	29.2
⑦ 蒸気 : 上	42.1
⑧ 蒸気 : 中	39.8
⑨ 蒸気 : 下	38.4
⑩ 還水 : 上	36.1
⑪ 還水 : 中	35.1
⑫ 還水 : 下	34.7
⑬ 架台 (1)	34.7
⑭ 架台 (2)	34.5
⑮ 壁体 (冷水側)	32.2
⑯ 壁体 (還水側)	32.7
⑰ 壁体 (上面)	33.0
⑱ 周辺空気 (おんどとり)	32.1

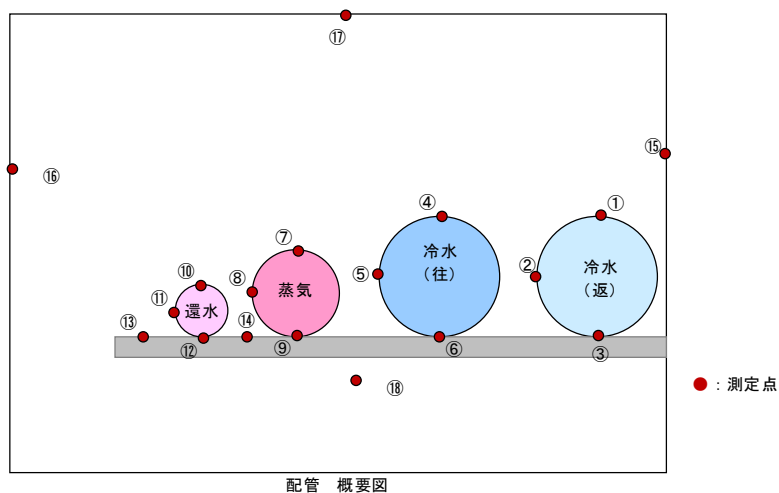
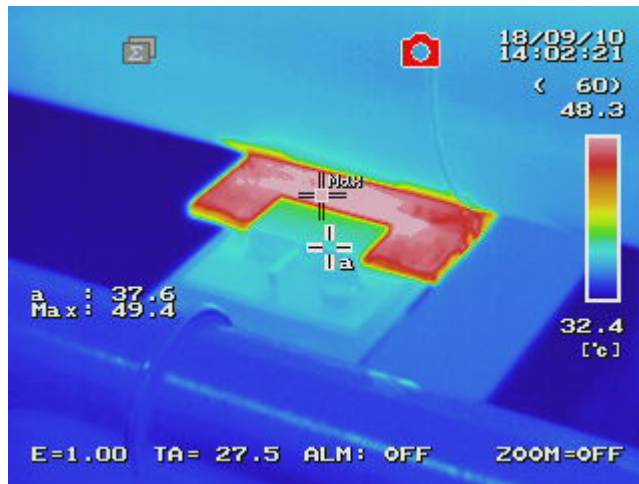


図 3.81 表面温度計による実測結果 (Dプラントー夏期)



蒸気管架台固定部分の放熱

図 3.82 サーモグラフィによる実測結果（Dプラントー夏期）

表面温度計による測定
測定日：2019年1月29日（火）13：30～13:45

測定点	表面温度 (°C)
① 冷水（返）：上	20.0
② 冷水（返）：中	19.9
③ 冷水（返）：下	19.7
④ 冷水（往）：上	19.7
⑤ 冷水（往）：中	21.0
⑥ 冷水（往）：下	19.8
⑦ 蒸気：上	29.5
⑧ 蒸気：中	28.8
⑨ 蒸気：下	27.8
⑩ 還水：上	28.0
⑪ 還水：中	26.8
⑫ 還水：下	26.7
⑬ 架台(1)	26.5
⑭ 架台(2)	25.0
⑮ 壁体（冷水側）	19.6
⑯ 壁体（還水側）	19.8
⑰ 壁体（上面）	19.7
⑱ 周辺空気（おんどとり）	21.7

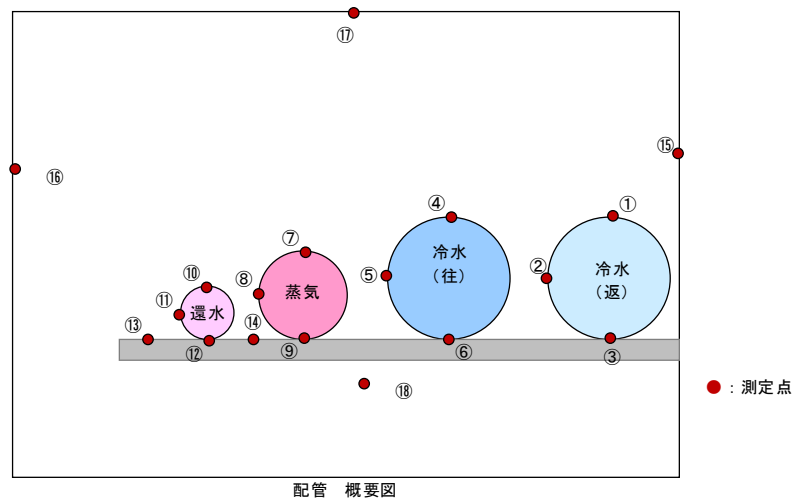


図 3.83 表面温度計による実測結果（Dプラントー冬期）

④ Eプラント

a) 計測箇所

図 3.84 に導管敷設状況を示す。



専用洞道内

- ・ 冷水管 300A (行き・返り)
- ・ 蒸気管 250A
- ・ 還水管 80A

専用洞道内

図 3.84 地域導管敷設状況 (Eプラント)

b) 表面温度計による実測結果

図 3.85 から図 3.87 に表面温度測定結果を示す。

表面温度計による測定
測定日：2019年10月24日

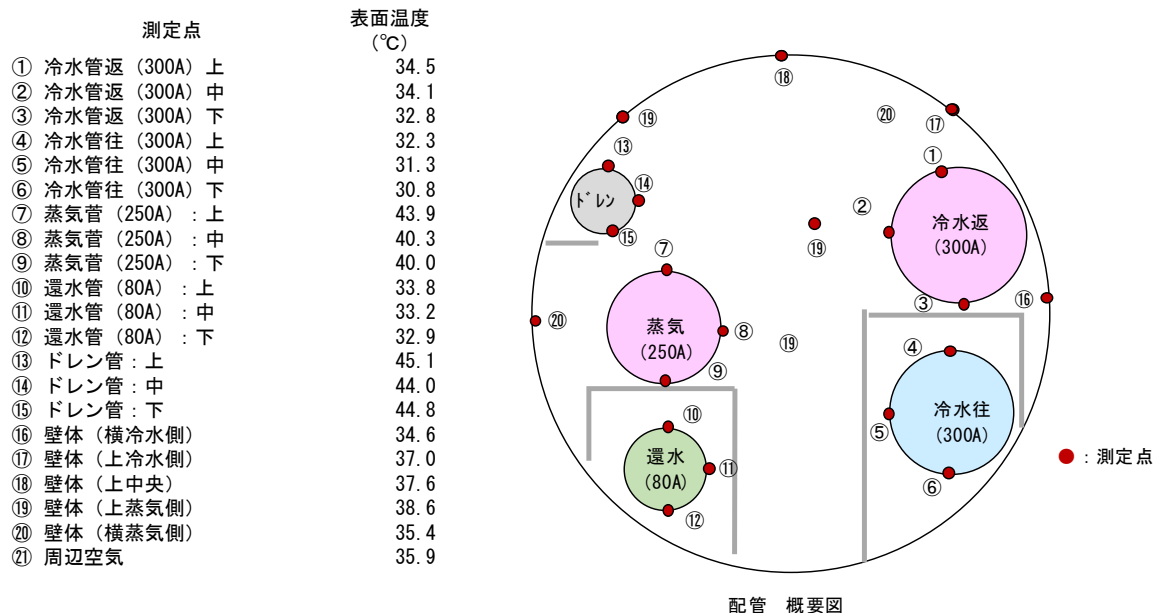


図 3.85 表面温度計による実測結果 (Eプラントー従来断熱仕様一冬期)

表面温度計による測定
測定日：2019年10月24日

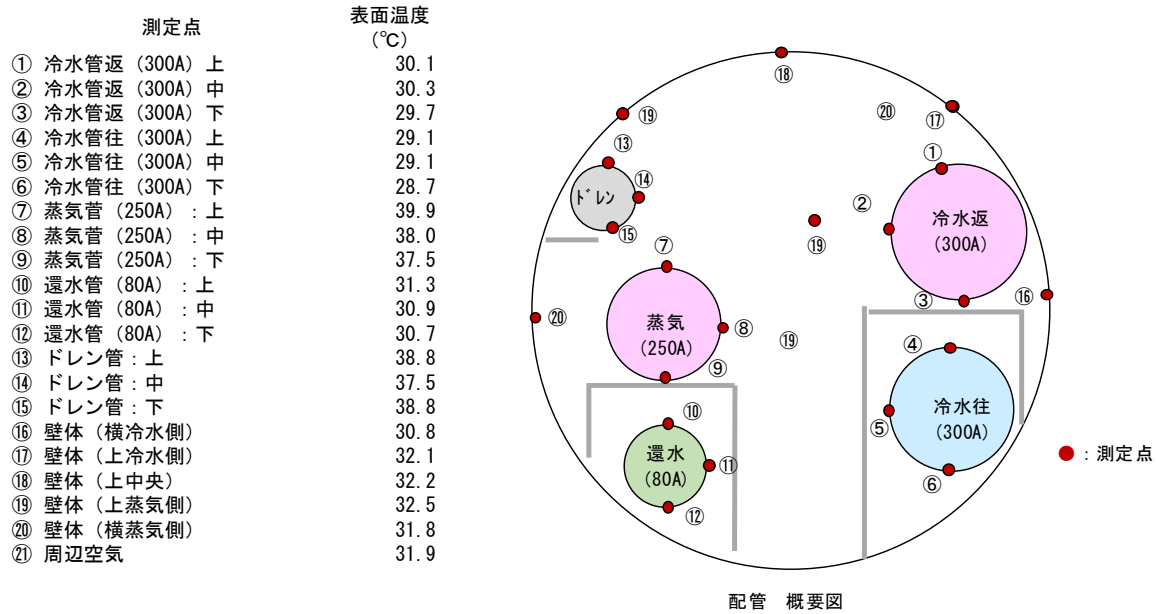
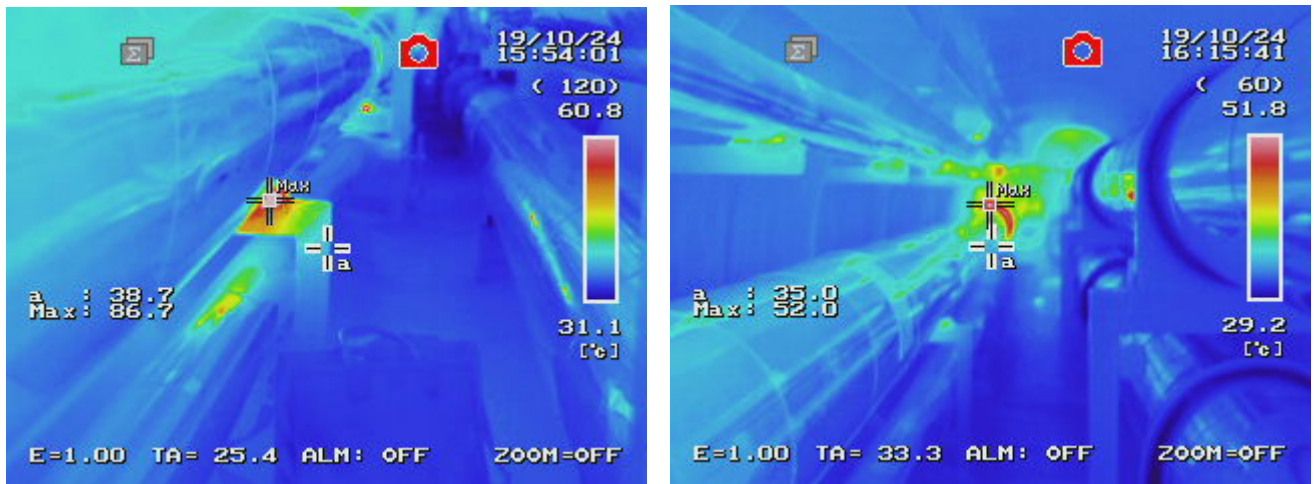


図 3.86 表面温度計による実測結果 (Eプラントー高断熱仕様ー冬期)



従来断熱仕様

架台固定部分が高温になっており、放熱がみられる。

高断熱仕様

架台固定部分はあまり高温になっていない。

図 3.87 サーモグラフィによる実測結果 (Eプラントー冬期)

2) 洞道内温度長期実測の結果

各プラントにおける洞道内空気温度の実測結果を表 3.35、図 3.88 に示す。各プラントとも、外気温度（アメダスデータ東京3年間平均）に対して高い温度で推移しており、外気温度に対して追従して変動する傾向があるが、特に冬期に外気温度と比べて温度が高くなる傾向がある。年間の平均温度は、蒸気系統配管のみが収容されるBプラントの蒸気洞道が 41.1℃と高く、次に冷水と蒸気が収容されるDプラント、冷水と温水が収容されるAプラント 22.1℃と続いている。

表 3.35 洞道内空気温度実測結果

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間	備考
Aプラント	19.4	21.3	23.0	24.8	25.8	26.1	25.0	23.3	21.0	18.6	18.1	18.4	22.1	冷水・温水
Bプラント冷水	18.3	21.6	24.2	25.5	28.3	26.4	24.6	21.8	18.3	15.5	15.1	16.7	21.4	冷水のみ
Bプラント蒸気	38.0	39.0	40.5	42.5	45.6	45.8	44.5	42.9	41.3	38.1	37.2	37.7	41.1	蒸気のみ
Dプラント	23.4	25.9	27.9	28.9	31.4	30.5	28.9	26.9	24.3	21.9	21.3	22.3	26.1	冷水・蒸気
Eプラント(従来仕様)									37.5	37.1	36.9			冷水・蒸気
Eプラント(高断熱仕様)									32.8	32.1	31.5			冷水・蒸気
平均気温(東京2017~2019年)	15.1	19.9	22.1	26.6	27.6	23.6	18.4	13.0	7.8	5.4	6.5	10.2	16.4	

※A、B、Dプラント：H30.10～H31.9 Eプラント：R1.12～R2.2の実測結果

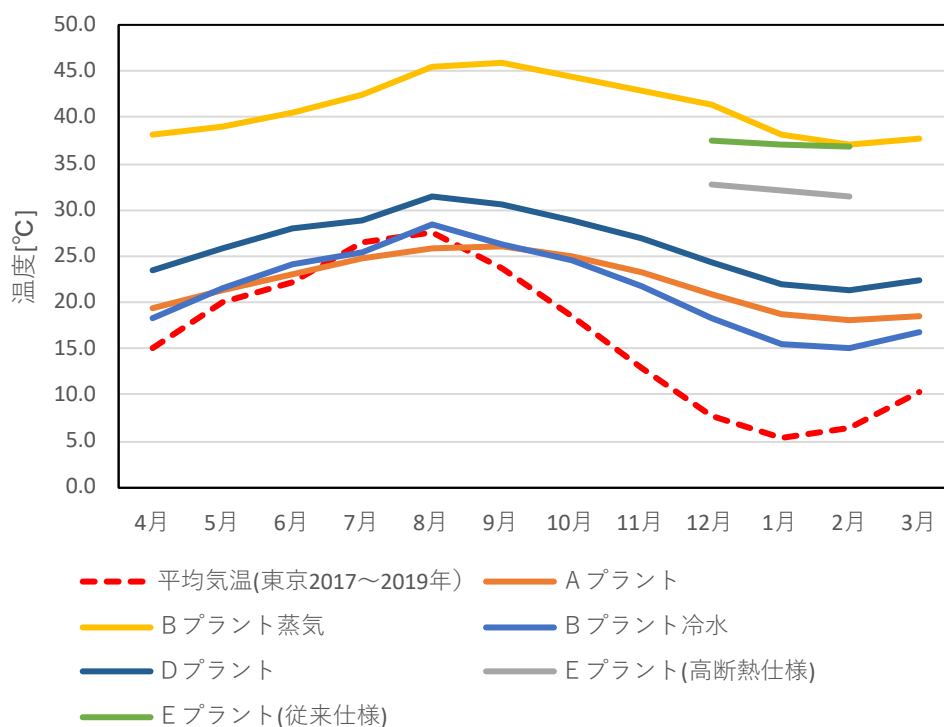


図 3.88 洞道内空気温度実測結果

Eプラントでは、連続する地域導管において、配管保温材を従来仕様のままとしている区間と、新たに配管および保温をやり直し、高断熱仕様となっている区間とがある。今回、双方について洞道内の空気温度実測を行った。結果を表 3.36、図 3.89 を示す。また、配管保温材の仕様を表 3.37 に示す。高断熱仕様においては、洞道内の空気温度は、従来仕様の場合と比較して5°C程度低くなっており、高断熱仕様としたことにより特に蒸気系統配管の放熱が抑えられていると考えられる。

表 3.36 洞道内空気温度実測結果

	12月	1月	2月
従来断熱仕様 (a)	37.5	37.1	36.9
高断熱仕様 (b)	32.8	32.1	31.5
温度差 (a) - (b)	4.6	5.0	5.4

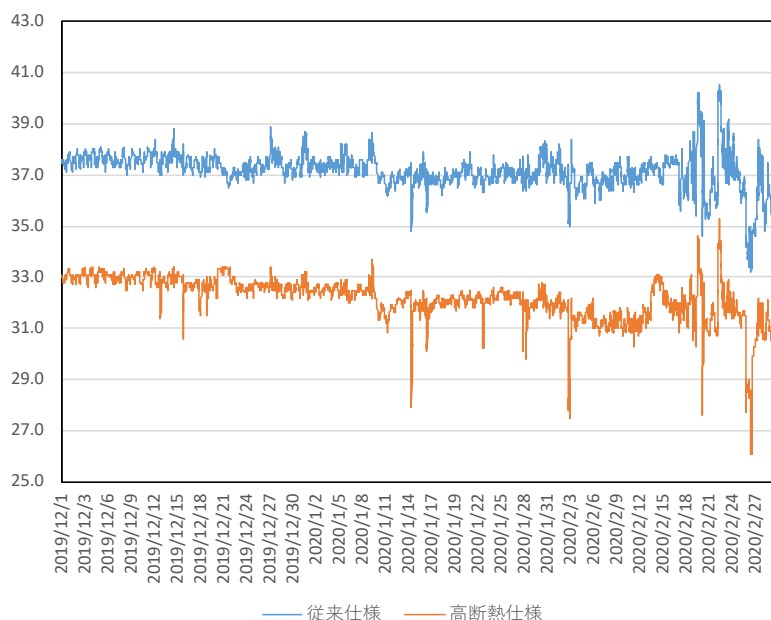


図 3.89 洞道内空気温度実測結果

表 3.37 Eプラント配管保温材仕様

		種類	厚さ	熱伝導率
従来断熱仕様	冷水(往・返)	ポリスチレンフォーム	50mm	0.037W/m・K
	蒸気	ロックウール	65mm	0.048W/m・K
	還水	グラスウール	40mm	0.037W/m・K
高断熱仕様	冷水(往・返)	超低熱伝導率保温材	25mm	0.020W/m・K
	蒸気	超低熱伝導率保温材	65mm	0.026W/m・K
	還水	超低熱伝導率保温材	40mm	0.026W/m・K

(6) 熱損失率による計算方法のための分析

1) 既往調査の整理

既往調査「地域冷暖房における搬送動力と熱ロスに関する調査」（H26.9 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 小山一茂ほか）（以下「小山らの調査」とする。）においては、計10箇所の熱供給プラントを対象に、冷水および蒸気系統の熱損失の実態について分析を行っている。

小山らの調査においては、表 3.38、表 3.39 に示すように 10 地区の熱供給施設において熱量計によって実測した実測熱損失率（（製造熱量－販売熱量）／製造熱量）と配管断面モデルとポンプの消費電力から求めた計算熱損失の比較を行っている。10 地区における平均では、実測熱損失率（冷水年間）は 5.9%、実測熱損失率（蒸気年間）は 6.7%となっている。

表 3.38 熱供給施設熱損失率（冷水）

		A地区	B地区	C地区	D地区	E地区	F地区	G地区	H地区	I地区	平均
既往調査	実測熱損失率 (a)	4.3%	5.8%	10.0%	4.0%	5.3%	8.0%	0.7%	12.2%	2.8%	5.9%
	計算熱損失率 (b)	3.6%	3.9%	4.7%	4.8%	6.4%	5.1%	2.8%	8.4%	1.7%	4.6%
	配管周囲からの入熱 (c)	0.2%	0.7%	0.3%	0.9%	1.3%	0.5%	0.2%	0.3%	0.1%	0.5%
	ポンプからの入熱 (d)	3.4%	3.2%	4.4%	3.9%	5.1%	4.6%	2.6%	8.1%	1.6%	4.1%
今回調査	実測熱損失率－ポンプ入熱 (e)	0.9%	2.6%	5.6%	0.1%	0.2%	3.4%	-1.9%	4.1%	1.2%	1.8%

※(a) 実測熱損失率：（製造熱量－販売熱量）／製造熱量

※(b) 計算熱損失率＝(c)＋(d)

※(c) 配管周囲からの入熱：配管断面モデルによる計算値

※(d) ポンプからの入熱＝（ポンプ消費電力実績値[kWh]×モーター効率×インバータ効率×3.6）／製造熱量[MJ]

※(e) ポンプ入熱分は別途計算するために除いているが、その他の熱損失は含まれている。

表 3.39 熱供給施設熱損失率（蒸気）

		A地区	B地区	C地区	D地区	E地区	F地区	G地区	H地区	I地区	平均
既往調査	実測熱損失率 (a)	6.1%	7.7%	6.8%	6.4%	9.0%	10.1%	1.4%	9.0%	4.1%	6.7%
	計算熱損失率 (b)	3.4%	4.1%	2.6%	3.0%	4.8%	2.2%	0.9%	3.3%	1.5%	2.9%
	配管周囲からの放熱 (c)	2.7%	3.4%	2.2%	2.5%	4.1%	1.8%	0.7%	2.8%	1.2%	2.4%
	架台からの放熱 (d)	0.7%	0.7%	0.4%	0.5%	0.7%	0.4%	0.2%	0.5%	0.3%	0.5%

【熱損失率の設定（冷水・蒸気）】

本検討においては、より実態に即した熱損失率を反映することを目的に、小山らの調査データにおける実測熱損失率を適用することとする。これは地域導管のみだけでなくプラントで発生する熱損失ほかを含んだ熱損失率となる。ただし、冷水熱損失率については、ポンプ発熱量の影響が大きいことから、これは別途エネルギーシミュレーションプログラムにより算定することを条件とする。

<冷水熱損失率（既往調査 10 地区平均）>

- ・実測熱損失率：5.9%
- ・ポンプ入熱分：4.1%
- ・実測熱損失率 5.9%－ポンプ入熱分 4.1%=1.8% →3.0%

実測熱損失率の 10 地区平均が 5.9%となっていること、ポンプからの入熱が支配的であると考えられること等を踏まえて、実測熱損失率 5.9%の半分程度の 3.0%が適切であると判断した。

冷水熱損失率は以下のとおり設定する。

冷水熱損失率：3.0%＋ポンプ入熱分（別途計算）

<蒸気熱損失率（既往調査 10 地区平均）>

- ・蒸気熱損失率：6.7% →10.0%

蒸気熱損失率は以下のとおり設定する。

蒸気熱損失率：10.0%

2) 対象プラントにおける実測調査の整理

地域導管調査対象プラント 4 プラントについて実測熱損失率（（製造熱量－販売熱量）/製造熱量）の結果を表 3.40 に示す。

Eプラント蒸気の熱損失率 17.7%は小山らの調査の 10 地区のばらつきの範囲内に収まらない値となった。この理由としてEプラントは蒸気の地域導管延長が約 1.7km と他の地区と比較しても長く、その影響であると考えられる。

表 3.40 対象プラントにおける熱損失率のまとめ

	冷水	温水	蒸気
Aプラント	4.9%	4.0%	—
Bプラント	2.1%	—	—
Dプラント	2.5%	—	10.3%
Eプラント	4.3%	—	17.7%

※冷水熱損失率はポンプ発熱量を除いた値である。

【熱損失率の設定（温水）】

温水供給を行っている事例はAプラントのみであり、熱損失率は 4.0%である。これより温水の熱損失率は 5.0%と設定する。これは地域導管のみだけでなくプラントで発生する熱損失その他を含んだ熱損失率である。

温水熱損失率：5.0%

<冷水熱損失におけるポンプ入熱量の算定方法>

小山らの調査においては、熱供給施設計8か所において、配管系統を①熱源分（プラント）、②地域導管分、③需要家分に区分し、それぞれにおける摩擦損失比を算定している（図 3.90、表 3.41）。8施設の平均値は、①熱源分：47%、②地域導管分：22%、③需要家分：31%となっている。このうち③需要家分については実測熱損失量に含まれないことから除くこととし、ポンプ入熱量は下式によって算出する。

$$\text{ポンプ入熱量[MJ]} = \text{ポンプ消費電力[kWh]} \times 3.6 \times 0.84 \times 0.69$$

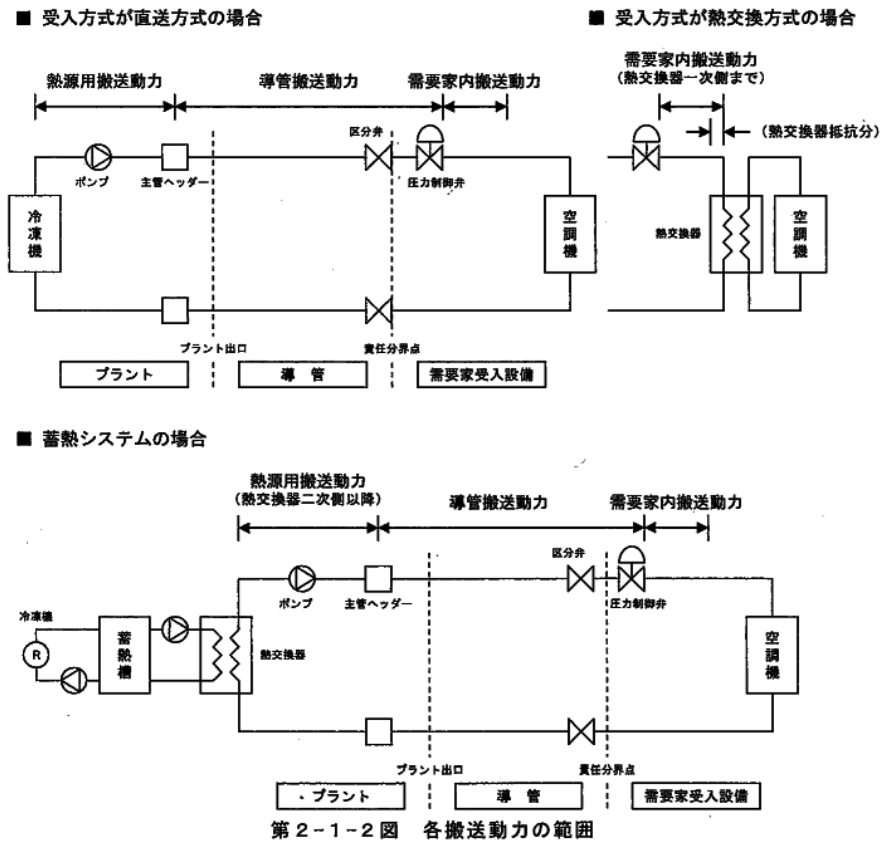


図 3.90 搬送動力の範囲

表 3.41 摩擦損失比[%]

	熱源分	導管分	需要家分
A地区	55.6	25.1	19.3
B地区	31.7	41.3	27
C地区	51.7	33.5	14.8
D地区	38.5	4.7	56.8
E地区	50.7	34.7	14.6
F地区	40.3	18.4	41.3
G地区	50.2	8.3	41.5
H地区	55.2	10.5	34.3
平均値	46.7	22.1	31.2

「地域冷暖房における搬送動力と熱ロスに関する調査」(H26.9 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 小山一茂ほか)

<Aプラント>

Aプラントは大容量蓄熱槽を有し、蓄熱槽の冷温切替時に大きな蓄熱槽熱損失が発生する。一次エネルギー換算係数の計算においても蓄熱槽熱損失は別途計算するものとしていることから、蓄熱槽冷温切替による熱損失分は製造熱量から差し引いて検討を行う。また、冷水についてはポンプ入熱分を別途シミュレーションにより算定することとし、ここではポンプ入熱分を除いた熱損失を算定する。

Aプラントの製造熱量等の算定結果を表 3.42、表 3.43 に示す。冷水熱損失率（ポンプ入熱分除く）が 4.9%、温水熱損失率が 4.0%となった。冷水熱損失率は（ポンプ入熱分除く）は小山らの調査による 10 地区のばらつきの範囲内に収まっている。

表 3.42 Aプラント製造熱量・販売熱量・熱損失（冷水一年間）

		単位	年間		割合
冷水	製造熱量	GJ	87,659	a	101.3%
	蓄熱槽冷温切替熱損失(計算値)	GJ	1,141	b	1.3%
	製造熱量－蓄熱槽切替損失	GJ	86,518	c=a-b	100.0%
	販売熱量	GJ	79,184	d	91.5%
	ポンプ消費電力	MWh	1,495	e=a-c	
	熱損失全体(製造－販売)	GJ	7,334	f=c-d	8.5%
	ポンプ入熱	GJ	3,119	g=e × 3.6 × 0.84 × 0.69	3.6%
	熱損失(ポンプ入熱分除く)	GJ	4,215	j=f-g	4.9%
	熱損失率(ポンプ入熱分除く)		4.9%		

表 3.43 Aプラント製造熱量・販売熱量・熱損失（温水一年間）

		単位	年間		割合
温水	製造熱量	GJ	40,912	a	103.0%
	蓄熱層冷温切替熱損失(計算値)	GJ	1,180	b	3.0%
	製造熱量－蓄熱槽切替損失	GJ	39,732	c=a-b	100.0%
	販売熱量	GJ	38,154	d	96.0%
	熱損失	GJ	1,578	f=c-d	4.0%
	熱損失率		4.0%		

<Bプラント>

Bプラントにおいては、蒸気系統は他プラントからの供給を受けており、製造熱量を特定することが困難であることから、冷水系統のみを整理した。製造熱量等の算定結果を表 3.44 に示す。冷水熱損失率（ポンプ入熱分除く）が 2.1%、小山らの調査による 10 地区の実測熱損失率 5.8%よりも低い値となっている。

表 3.44 Bプラント製造熱量・販売熱量・熱損失（冷水一年間）

		単位	年間		割合
冷水	製造熱量	GJ	101,525	c	100.0%
	販売熱量	GJ	97,634	d	96.2%
	ポンプ消費電力	MWh	864	e=a-c	
	熱損失全体（製造－販売）	GJ	3,891	f=c-d	3.8%
	ポンプ入熱	GJ	1,802	g=e × 3.6 × 0.84 × 0.69	1.8%
	熱損失（ポンプ入熱除く）	GJ	2,089	j=f-g	2.1%
	熱損失率（ポンプ入熱除く）		2.1%		

<Dプラント>

Dプラントの製造熱量等の算定結果を表 3.45、表 3.46 に示す。冷水熱損失率はポンプ入熱分を考慮すると 2.3%、蒸気熱損失率は 10.3%となる。双方とも小山らの調査結果の範囲内にはば入っている。

表 3.45 Dプラント製造熱量・販売熱量・熱損失（冷水一年間）

		単位	年間		割合
冷水	製造熱量	GJ	108,707	a	100.0%
	販売熱量	GJ	104,878	b	96.5%
	冷水ポンプ消費電力	MWh	685	c	
	熱損失全体（製造－販売）	GJ	3,829	d=a-b	3.5%
	ポンプ入熱	GJ	1,430	e=c × 3.6 × 0.84 × 0.69	1.3%
	地域導管熱損失（ポンプ入熱除く）	GJ	2,685	f=d-e	2.5%
	熱損失率（ポンプ入熱除く）		2.5%		

表 3.46 Dプラント製造熱量・販売熱量・熱損失（蒸気一年間）

		単位	年間		割合
蒸気	製造熱量	GJ	59,476	a	100.0%
	販売熱量	GJ	53,357	b	89.7%
	熱損失全体（製造－販売）	GJ	6,119	d=a-b	10.3%
	熱損失率		10.3%		

<Eプラント>

Eプラントの製造熱量等の算定結果を表 3.47、表 3.48 に示す。Eプラントにおける冷水熱損失率はポンプ入熱分を考慮すると 4.3%、蒸気熱損失率は 17.7%となる。地域導管延長が冷水約 1.8km、蒸気約 1.7km と他のプラントと比較しても延長が長いことから蒸気熱損失率は小山らの調査結果の最大値 10.1%よりも上回っている。

表 3.47 Eプラント製造熱量・販売熱量・熱損失（冷水一年間）

		単位	年間		割合
冷水	製造熱量	GJ	236,701	a	100.0%
	販売熱量	GJ	222,910	b	94.2%
	冷水ポンプ消費電力	MWh	2,155	c	
	熱損失全体(製造－販売)	GJ	13,791	d=a-b	5.8%
	ポンプ入熱	GJ	4,496	e=c × 3.6 × 0.84 × 0.69	1.9%
	地域導管熱損失(ポンプ入熱除く)	GJ	10,194	f=d-e	4.3%
	熱損失率(ポンプ入熱除く)		4.3%		

表 3.48 Eプラント製造熱量・販売熱量・熱損失（蒸気一年間）

		単位	年間		割合
蒸気	製造熱量	GJ	111,196	a	100.0%
	販売熱量	GJ	91,560	b	82.3%
	熱損失全体(製造－販売)	GJ	19,636	d=a-b	17.7%
	熱損失率		17.7%		

<プラントでの自己消費熱量についての分析>

これまで扱ってきた熱損失の中には、プラントでの自己消費分も含まれている。プラント自己消費分の量的把握を行うために、入手した実績データや推計により整理を行う。

(Bプラント)

Bプラントにおいてはプラント自家消費熱量を計測している。計測結果を表 3.49 に示す。これより自家消費分は製造熱量に対して 0.5%となっている。

表 3.49 Bプラント自家消費熱量（冷水）

		単位	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間
冷水	製造熱量	GJ	4,046	9,332	12,911	17,691	23,870	17,596	8,543	2,118	1,561	1,308	1,217	1,334	101,525
	プラント自家消費熱量	GJ	3	50	75	95	124	102	72	4	0	0	0	0	525
	熱損失率		0.1%	0.5%	0.6%	0.5%	0.5%	0.6%	0.8%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%

(Aプラント)

Aプラントにおいてはプラント自家消費熱量を計測していない。実態としては、電気室の冷却のために冷房を行っていることから、この冷水負荷について推計する。結果を表 3.50 に示す。トランス損失から計算した結果、製造熱量の 0.3%と試算された。これはBプラントにおける 0.5%とも近い値となっている。

表 3.50 Aプラント自家消費熱量（冷水）<トランス損失から推計>

ポイント名	単位	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間	
3回線総合有効電力量	MWh	288	558	823	1,204	1,542	1,151	535	517	719	1,124	1,025	887	10,373	
トランス損失	MWh	14	16	17	21	23	20	16	15	16	18	17	17	211	
トランス損失率	-	4.9%	2.8%	2.1%	1.7%	1.5%	1.7%	3.0%	2.9%	2.3%	1.6%	1.6%	1.9%	2.0%	
電気室冷却負荷	GJ	17	19	20	25	28	24	19	18	20	22	20	21	253	COP=3.0と想定
製造熱量(蓄熱槽切替損失除く)	GJ	2,598	6,950	11,504	16,007	20,986	15,545	6,940	1,481	1,315	1,047	1,006	1,138	86,518	
電気室冷水負荷率	-	0.7%	0.3%	0.2%	0.2%	0.1%	0.2%	0.3%	1.2%	1.5%	2.1%	2.0%	1.8%	0.3%	

(7) 配管断面モデルによる計算法のための熱損失の分析

地域導管の配管断面モデルから算出される計算結果との比較を行うにあたって、図 3.91 に示すように、各プラントにおける熱損失値から地域導管熱損失分を抽出し、これについて分析を行い地域熱導管熱損失の計算方法を検討する。

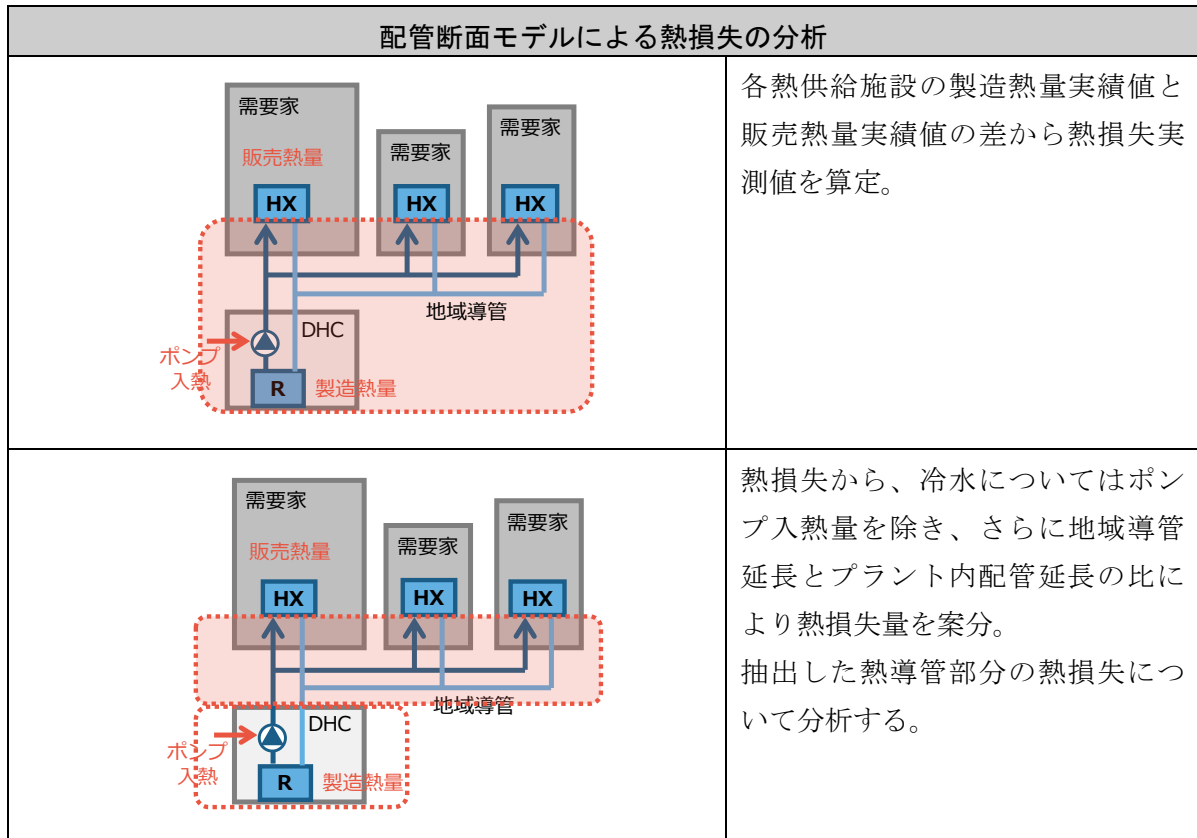


図 3.91 配管断面モデルによる計算法における地域導管の熱損失分析の考え方

① Aプラント熱損失の分析

Aプラントの熱損失の算定結果を表 3.51 から表 3.55、図 3.92 に示す。Aプラントでは地域導管部分の熱損失率（年間平均）は、冷水 3.8%、温水 3.1%となる。一方、地域導管の代表断面における熱収支モデルにより算定した熱損失率（計算値）は、冷水 0.6%、温水 1.6%と算定され、冷水は実績値が計算値の 6.96 倍、温水は 2.46 倍となる。

月別の値を比較すると、冷水では特異値の 4 月を除き、実測値が計算値を上回っている。一方、温水では夏期は比較の実測値と計算値に近い値になっているが、冬期に実測値が計算値を上回る傾向が見て取れる。

表 3.51 製造熱量・販売熱量・熱損失（冷水一年間）

		単位	年間	割合	
冷水	製造熱量	GJ	87,659	101.3%	a
	蓄熱槽冷温切替熱損失(計算値)	GJ	1,141	1.3%	b
	製造熱量－蓄熱槽切替損失	GJ	86,518	100.0%	c=a-b
	販売熱量	GJ	79,184	91.5%	d
	ポンプ消費電力	MWh	1,495		e=a-c
	熱損失全体(製造－販売)	GJ	7,334	8.5%	f=c-d
	ポンプ入熱	GJ	3,119	3.6%	g=e × 3.6 × 0.84 × 0.69
	熱損失(ポンプ入熱除く)	GJ	4,215	4.9%	j=f-g
	地域導管分抽出(配管延長案分)	GJ	3,288	3.8%	k=j × 0.78
熱損失率(ポンプ入熱除く)			3.8%		

※プラント内配管延長(各熱媒、往・返別)を150mと想定し、地域導管延長との比で熱損失を案分した。

$$531 / (531 + 150) = 0.78$$

表 3.52 地域導管熱損失の計算値と実測値の比較（冷水一年間）

		単位	年間	割合	
冷水	計算値	冷水往	GJ	342	0.4%
		冷水返	GJ	130	0.1%
		計	GJ	472	0.5%
	実測値	GJ	3,288	3.8%	
	実測値/計算値			6.96	

表 3.53 製造熱量・販売熱量・熱損失（温水一年間）

		単位	年間	割合	
温水	製造熱量	GJ	40,912	103.0%	a
	蓄熱層冷温切替熱損失(計算値)	GJ	1,180	3.0%	b
	製造熱量－蓄熱槽切替損失	GJ	39,732	100.0%	c=a-b
	販売熱量	GJ	38,154	96.0%	d
	熱損失全体(製造－販売)	GJ	1,578	4.0%	f=c-d
	地域導管分抽出	GJ	1,231	3.1%	g=f × 0.78
	熱損失率(ポンプ入熱除く)			3.1%	

※プラント内配管延長(各熱媒、往・返別)を150mと想定し、地域導管延長との比で熱損失を案分した。

$$540 / (540 + 150) = 0.78$$

表 3.54 地域導管熱損失の計算値と実測値の比較（温水一年間）

		単位	年間	割合	
温水	計算値	温水往	GJ	402	1.0%
		温水返	GJ	241	0.6%
		計	GJ	643	1.6%
	実測値	GJ	1,578	4.0%	
	実測値/計算値		2.46		

表 3.55 製造熱量・販売熱量・熱損失（月別）

		単位	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間
冷水	製造熱量	GJ	2,598	8,091	11,504	16,007	20,986	15,545	6,940	1,481	1,315	1,047	1,006	1,138	87,659
	蓄熱槽冷温切替熱損失(計算値)	GJ		1,141											1,141
	製造熱量－蓄熱槽切替損失	GJ	2,598	6,950	11,504	16,007	20,986	15,545	6,940	1,481	1,315	1,047	1,006	1,138	86,518
	販売熱量	GJ	2,555	6,493	10,500	14,499	19,958	14,478	6,472	1,211	930	701	644	745	79,184
	ポンプ消費電力	MWh	59	123	185	261	335	253	119	35	34	30	28	32	1,495
	熱損失全体(製造－販売)	GJ	43	458	1,004	1,508	1,028	1,067	469	270	386	346	363	393	7,334
	ポンプ入熱	GJ	123	256	387	545	699	529	249	73	71	63	59	67	3,119
	熱損失(ポンプ入熱除く)	GJ	-80	202	617	963	329	538	220	198	315	283	303	327	4,215
	地域導管分抽出(配管延長案分)	GJ	-62	158	481	751	257	420	172	154	245	220	237	255	3,288
熱損失率(ポンプ入熱除く)		-2.4%	2.3%	4.2%	4.7%	1.2%	2.7%	2.5%	10.4%	18.7%	21.1%	23.5%	22.4%	3.8%	

		単位	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間
温水	製造熱量	GJ	521	206	140	122	106	112	762	4,818	6,576	10,158	9,372	8,019	40,912
	蓄熱層冷温切替熱損失(計算値)	GJ							590	590					1,180
	製造熱量－蓄熱槽切替損失	GJ	521	206	140	122	106	112	172	4,228	6,576	10,158	9,372	8,019	39,732
	販売熱量	GJ	991	54	79	79	65	70	50	3,832	6,300	9,868	8,909	7,856	38,154
	熱損失全体(製造－販売)	GJ	-470	152	61	42	41	42	121	396	277	290	463	163	1,578
	地域導管分抽出	GJ	-367	119	48	33	32	33	95	309	216	226	361	127	1,231
	熱損失率(ポンプ入熱除く)		-70.4%	57.6%	34.1%	27.1%	30.1%	29.2%	55.1%	7.3%	3.3%	2.2%	3.9%	1.6%	3.1%

		単位	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間	
冷水	計算値	冷水往	GJ	23	28	30	34	36	35	34	30	27	23	20	342	
		冷水返	GJ	6	10	12	16	18	18	16	13	9	5	3	4	130
		計	GJ	29	37	42	50	54	53	50	43	36	28	23	27	472
	実測値	GJ	-62	158	481	751	257	420	172	154	245	220	237	255	3,288	
	実測値/計算値		-2.13	4.21	11.44	15.04	4.80	7.94	3.40	3.59	6.81	8.01	10.21	9.47	6.96	
温水	計算値	温水往	GJ	37	35	32	30	29	28	30	31	36	39	36	39	402
		温水返	GJ	23	21	19	17	15	14	16	18	22	25	23	25	241
		計	GJ	60	57	50	47	44	42	47	50	58	64	59	65	643
	実測値	GJ	-470	152	61	42	41	42	121	396	277	290	463	163	1,578	
	実測値/計算値		-7.83	2.69	1.22	0.90	0.93	1.00	2.60	7.97	4.80	4.52	7.82	2.52	2.46	

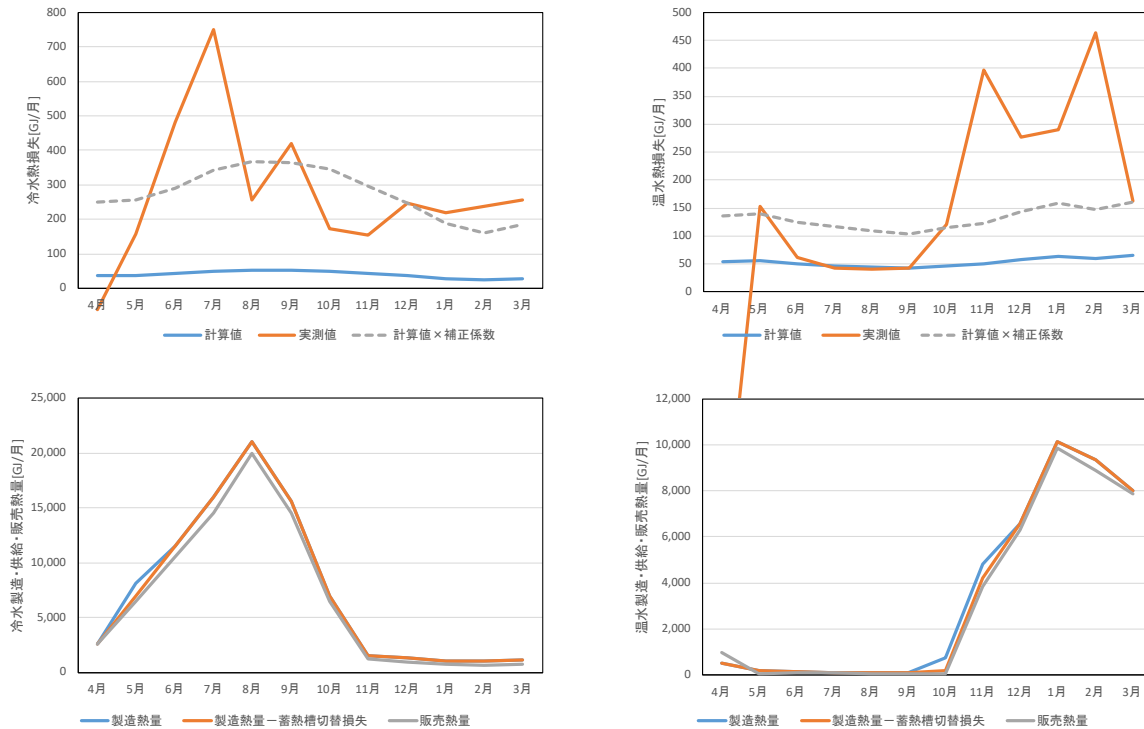


図 3.92 地域導管熱損失・製造熱量・販売熱量（月別）

② Bプラント熱損失の分析

Bプラントの熱損失の算定結果を表 3.56 から表 3.58、図 3.93 に示す。Bプラントでは地域導管部分の冷水熱損失率（年間平均）は 1.2%となる。一方、地域導管の代表断面における熱収支モデルにより算定した熱損失率（計算値）は、0.2%と算定され、実績値が計算値の 9.61 倍となる。

月別の値を比較すると、冷水は通年で実績値が計算値を上回っているが、特に8月で大きく上回っている。

表 3.56 製造熱量・販売熱量・熱損失（冷水一年間）

		単位	年間	割合	
冷水	製造熱量	GJ	101,525	100.0%	c
	販売熱量	GJ	97,634	96.2%	d
	ポンプ消費電力	MWh	864		e=a-c
	熱損失全体（製造－販売）	GJ	3,891	3.8%	f=c-d
	ポンプ入熱	GJ	1,802	1.8%	g=e × 3.6 × 0.84 × 0.69
	熱損失（ポンプ入熱除く）	GJ	2,089	2.1%	j=f-g
	地域導管分抽出（配管延長案分）	GJ	1,254	1.2%	k=j × 0.60
	熱損失率			1.2%	

※プラント内配管延長（各熱媒、往・返別）を150mと想定し、地域導管延長との比で熱損失を案分した。

$$222 / (222 + 150) = 0.60$$

表 3.57 地域導管熱損失の計算値と実測値の比較（冷水一年間）

		単位	年間
冷水	計算値	冷水往	GJ 86
		冷水返	GJ 44
		計	GJ 130
	実測値	GJ 1,254	
	実測値/計算値		

表 3.58 製造熱量・販売熱量・熱損失（月別）

		単位	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間
冷水	製造熱量	GJ	4,046	9,332	12,911	17,691	23,870	17,596	8,543	2,118	1,561	1,308	1,217	1,334	101,525
	販売熱量	GJ	3,889	9,087	12,605	17,216	23,033	17,047	8,299	1,888	1,298	1,013	1,019	1,240	97,634
	ポンプ消費電力	MWh	41	79	103	144	182	138	69	24	23	21	19	21	864
	熱損失全体(製造-販売)	GJ	157	245	306	475	837	549	244	230	263	295	198	94	3,891
	ポンプ入熱	GJ	87	164	214	301	381	287	145	50	48	43	39	44	1,802
	熱損失(ポンプ入熱除く)	GJ	70	81	92	174	456	262	99	180	214	252	158	51	2,089
	地域導管分抽出(配管延長案分)	GJ	42	49	55	104	274	157	60	108	129	151	95	30	1,254
	熱損失率			1.0%	0.5%	0.4%	0.6%	1.1%	0.9%	0.7%	5.1%	8.2%	11.6%	7.8%	2.3%

		単位	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間	
冷水	計算値	冷水往	GJ	6	7	8	9	11	10	9	7	6	4	4	5	86
		冷水返	GJ	2	4	5	6	7	6	5	4	2	1	1	1	44
		計	GJ	8	11	13	15	18	16	14	11	8	5	4	6	130
	実測値	GJ	42	49	55	104	274	157	60	108	129	151	95	30	1,254	
	実測値/計算値		5.50	4.31	4.12	6.85	15.09	10.08	4.15	9.69	16.17	29.64	22.31	4.79	9.61	

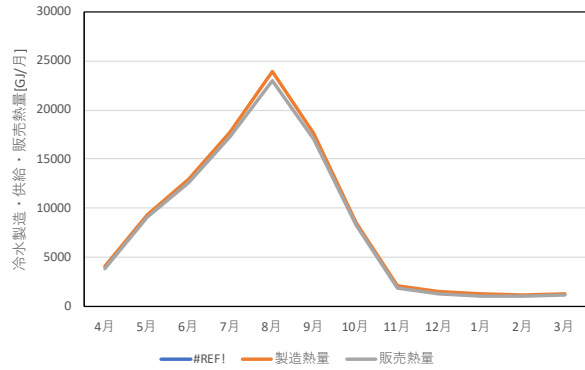
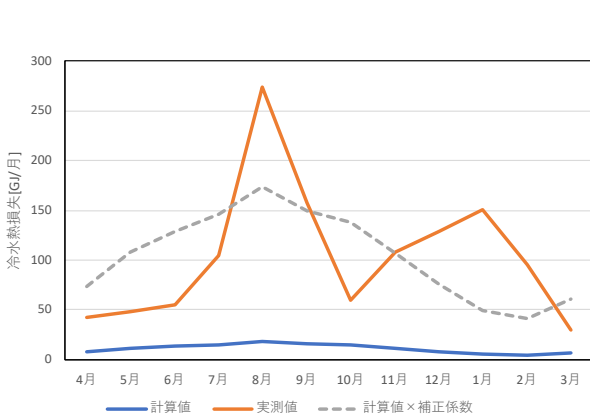


図 3.93 地域導管熱損失・製造熱量・販売熱量（月別）

③ Dプラント熱損失の分析

Dプラントの熱損失の算定結果を表 3.59 から表 3.63、図 3.94 に示す。Dプラントでは地域導管部分の熱損失率（年間平均）は、冷水 1.9%、蒸気 8.0%となる。一方、地域導管の代表断面における熱収支モデルにより算定した熱損失率（計算値）は、冷水 0.6%、蒸気 2.0%と算定され、冷水は実績値が計算値の 3.07 倍、蒸気は 2.14 倍となる。

月別の値を比較すると、冷水では 5~7 月において実測値が計算値を大きく上回っているが、その他の月では比較的近い値となっている。一方、蒸気は季節的な変動は冷水に比べて小さい。

表 3.59 製造熱量・販売熱量・熱損失（冷水一年間）

		単位	年間	割合	
冷水	製造熱量	GJ	108,707	100.0%	a
	販売熱量	GJ	104,878	96.5%	b
	冷水ポンプ消費電力	MWh	685		c
	熱損失全体（製造－販売）	GJ	3,829	3.5%	d=a-b
	ポンプ入熱	GJ	1,430	1.3%	e=c × 3.6 × 0.84 × 0.69
	地域導管熱損失（ポンプ入熱除く）	GJ	2,685	2.5%	f=d-e
	地域導管熱損失<地域導管抽出>	GJ	2,040	1.9%	g=f × 0.76
	熱損失率<地域導管抽出>		1.9%		

※プラント内配管延長（各熱媒、往・返別）を150mと想定し、地域導管延長との比で熱損失を案分した。

$$475 / (475 + 150) = 0.76$$

表 3.60 地域導管熱損失の計算値と実測値の比較（冷水一年間）

		単位	年間
冷水	計算値	冷水往	GJ 407
		冷水返	GJ 258
		計	GJ 665
	実測値<地域導管抽出>	GJ 2,040	
	実測値/計算値		3.07

表 3.61 製造熱量・販売熱量・熱損失（温水一年間）

		単位	年間	割合	
蒸気	製造熱量	GJ	59,476	100.0%	a
	販売熱量	GJ	53,357	89.7%	b
	熱損失全体（製造－販売）	GJ	6,119	10.3%	d=a-b
	地域導管熱損失<地域導管抽出>	GJ	4,773	8.0%	g=d×0.78
	熱損失率		8.0%		

※プラント内配管延長（各熱媒、往・返別）を150mと想定し、地域導管延長との比で熱損失を案分した。

$$527 / (527 + 150) = 0.78$$

表 3.62 地域導管熱損失の計算値と実測値の比較（温水一年間）

		単位	年間	割合	
蒸気	計算値	蒸気往	GJ	1,874	1.7%
		蒸気返	GJ	351	0.3%
		計	GJ	2,225	2.0%
	実測値<地域導管抽出>	GJ	4,773	4.4%	
	実測値/計算値		2.14		

表 3.63 製造熱量・販売熱量・熱損失（月別）

		単位	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間
冷水	製造熱量	GJ	5,706	9,255	12,271	21,987	21,528	14,291	7,262	4,680	2,839	2,204	2,250	4,436	108,707
	販売熱量	GJ	5,524	8,676	11,747	21,020	21,216	14,101	7,041	4,448	2,743	1,990	2,079	4,296	104,878
	冷水ポンプ消費電力	MWh	37	58	79	126	121	83	48	33	25	22	21	32	685
	熱損失全体（製造－販売）	GJ	183	579	523	967	312	191	221	232	96	214	171	140	3,829
	ポンプ入熱	GJ	78	121	165	264	253	173	100	69	53	46	43	67	1,430
	地域導管熱損失（ポンプ入熱除く）	GJ	120	483	391	756	110	52	141	177	54	177	137	86	2,685
	地域導管熱損失<地域導管抽出>	GJ	91	367	297	575	84	39	107	135	41	135	104	66	2,040
	熱損失率<地域導管抽出>		1.6%	4.0%	2.4%	2.6%	0.4%	0.3%	1.5%	2.9%	1.4%	6.1%	4.6%	1.5%	1.9%

		単位	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間
蒸気	製造熱量	GJ	4,644	1,808	1,532	1,514	1,522	1,532	1,796	5,870	10,342	11,679	10,420	6,818	59,476
	販売熱量	GJ	4,219	1,270	967	895	890	895	1,321	5,289	9,932	11,015	10,118	6,547	53,357
	熱損失全体（製造－販売）	GJ	426	538	565	619	632	637	475	581	410	664	301	271	6,119
	地域導管熱損失<地域導管抽出>	GJ	332	420	440	483	493	497	370	453	320	518	235	211	4,773
	熱損失率		7.1%	23.2%	28.8%	31.9%	32.4%	32.4%	20.6%	7.7%	3.1%	4.4%	2.3%	3.1%	8.0%

		単位	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間	
冷水	計算値	冷水往	GJ	29	34	36	39	44	41	39	35	31	27	23	28	407
		冷水返	GJ	16	21	24	27	31	29	27	23	19	14	12	15	258
		計	GJ	45	56	61	66	75	70	66	57	50	41	35	43	665
	実測値<地域導管抽出>	GJ	91	367	297	575	84	39	107	135	41	135	104	66	2,040	
	実測値/計算値		2.03	6.60	4.90	8.66	1.11	0.56	1.61	2.35	0.83	3.28	2.95	1.54	3.07	
蒸気	計算値	蒸気往	GJ	157	159	152	156	153	149	156	153	161	164	149	163	1,874
		蒸気返	GJ	31	30	27	27	25	25	27	28	31	34	31	33	351
		計	GJ	188	190	180	184	179	174	184	181	193	197	179	197	2,225
	実測値<地域導管抽出>	GJ	332	420	440	483	493	497	370	453	320	518	235	211	4,773	
	実測値/計算値		1.76	2.21	2.45	2.63	2.76	2.85	2.02	2.50	1.66	2.62	1.31	1.07	2.14	

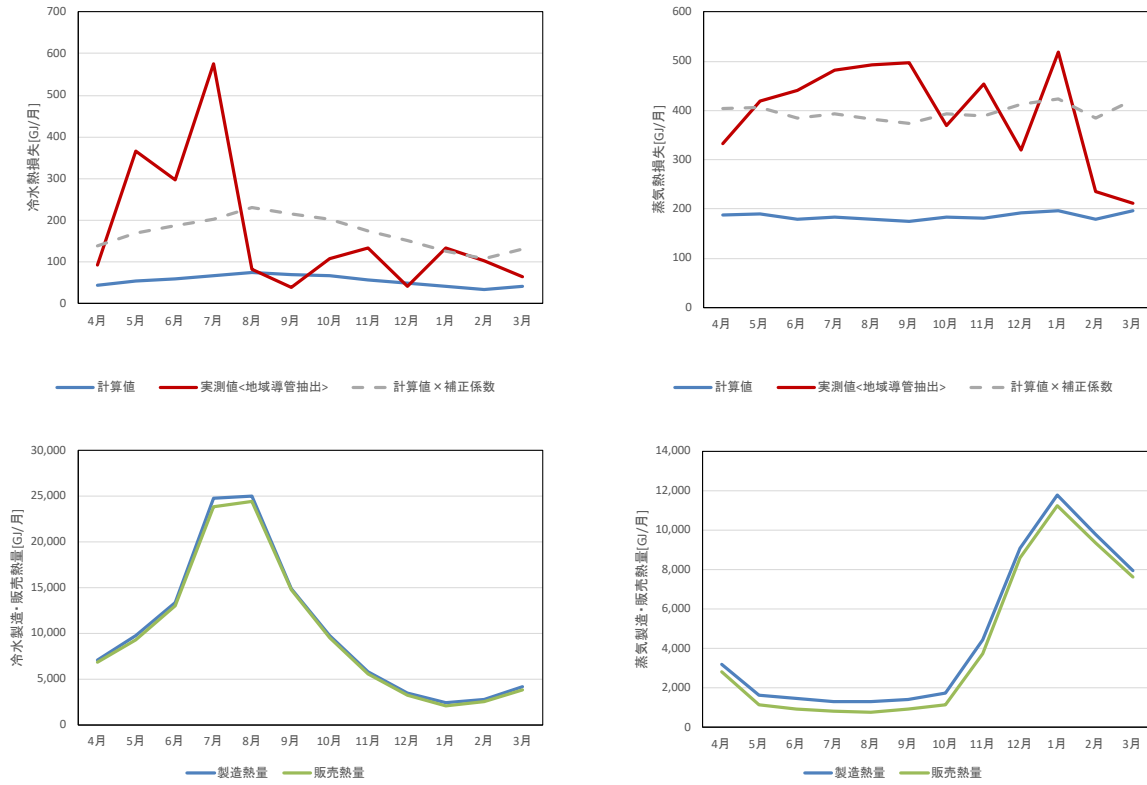


图 3.94 地域導管熱損失・製造熱量・販売熱量（月別）

④ Eプラント熱損失の分析

Eプラントの熱損失の算定結果を表 3.64 から表 3.68、図 3.95 に示す。Eプラントでは地域導管部分の熱損失率（年間平均）は、冷水 4.0%、蒸気 16.2%となる。一方、地域導管の代表断面における熱収支モデルにより算定した熱損失率（計算値）は、冷水 1.2%、蒸気 7.9%と算定され、冷水は実績値が計算値の 3.20 倍、蒸気は 2.06 倍となる。

月別の値を比較すると、冷水は通年で実測値が計算値を上回っているが、5～8 月において特に大きく上回っている。一方、蒸気は通年で実測値が計測値を上回っているが、特に冬期に大きく上回っている。

表 3.64 製造熱量・販売熱量・熱損失（冷水一年間）

		単位	年間	割合	
冷水	製造熱量	GJ	236,701	100.0%	a
	販売熱量	GJ	222,910	94.2%	b
	冷水ポンプ消費電力	MWh	2,155		c
	熱損失全体（製造－販売）	GJ	13,791	5.8%	d=a-b
	ポンプ入熱	GJ	4,496	1.9%	e=c × 3.6 × 0.84 × 0.69
	地域導管熱損失（ポンプ入熱除く）	GJ	10,194	4.3%	f=d-e
	地域導管熱損失<地域導管抽出>	GJ	9,378	4.0%	g=f × 0.92
	熱損失率		4.0%		

※プラント内配管延長（各熱媒、往・返別）を150mと想定し、地域導管延長との比で熱損失を案分した。

$$1838 / (1838 + 150) = 0.92$$

表 3.65 地域導管熱損失の計算値と実測値の比較（冷水一年間）

		単位	年間	割合	
冷水	計算値	冷水往	GJ	1,635	0.7%
		冷水返	GJ	1,300	0.5%
		計	GJ	2,935	1.2%
	実測値<地域導管抽出>※2	GJ	9,378	4.0%	
	実測値/計算値		3.20		

表 3.66 製造熱量・販売熱量・熱損失（温水一年間）

		単位	年間	割合	
蒸気	製造熱量	GJ	111,196	100.0%	a
	販売熱量	GJ	91,560	82.3%	b
	熱損失全体(製造－販売)	GJ	19,636	17.7%	c=a-b
	地域導管熱損失<地域導管抽出>	GJ	18,065	16.2%	d=g×0.92
	熱損失率		16.2%		

※プラント内配管延長(各熱媒、往・返別)を150mと想定し、地域導管延長との比で熱損失を案分した。

$$1668 / (1668 + 150) = 0.92$$

表 3.67 地域導管熱損失の計算値と実測値の比較（温水一年間）

		単位	年間	割合	
蒸気	計算値	蒸気往	GJ	8,452	7.6%
		蒸気返	GJ	336	0.3%
		計	GJ	8,787	7.9%
	実測値<地域導管抽出>※2	GJ	18,065	16.2%	
	実測値/計算値		2.06		

表 3.68 製造熱量・販売熱量・熱損失（月別）

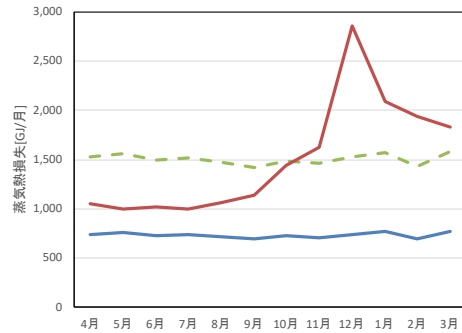
		単位	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間
冷水	製造熱量	GJ	13,925	19,703	25,865	47,258	47,774	28,040	17,481	10,218	7,089	5,791	5,614	7,944	236,701
	販売熱量	GJ	12,889	18,575	23,906	44,934	45,627	27,332	16,784	9,587	6,383	4,966	4,873	7,053	222,910
	冷水ポンプ消費電力	MWh	125	172	228	416	416	254	156	99	81	64	60	83	2,155
	熱損失全体(製造－販売)	GJ	1,036	1,128	1,959	2,324	2,146	708	696	631	706	824	742	891	13,791
	ポンプ入熱	GJ	262	358	476	868	868	530	325	207	170	133	126	173	4,496
	地域導管熱損失(ポンプ入熱除く)	GJ	827	841	1,578	1,629	1,452	283	436	466	570	718	641	752	10,194
	地域導管熱損失<地域導管抽出>	GJ	760	774	1,452	1,499	1,336	261	401	429	525	660	590	692	9,378
	熱損失率		5.5%	3.9%	5.6%	3.2%	2.8%	0.9%	2.3%	4.2%	7.4%	11.4%	10.5%	8.7%	4.0%

		単位	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間
蒸気	製造熱量	GJ	7,213	3,842	3,470	3,161	3,215	3,338	4,600	7,880	17,428	22,985	18,692	15,372	111,196
	販売熱量	GJ	6,068	2,754	2,359	2,081	2,063	2,103	3,031	6,109	14,325	20,709	16,581	13,377	91,560
	熱損失全体(製造－販売)	GJ	1,145	1,088	1,110	1,080	1,152	1,235	1,569	1,771	3,103	2,276	2,111	1,995	19,636
	地域導管熱損失<地域導管抽出>	GJ	1,053	1,001	1,022	994	1,060	1,136	1,444	1,629	2,855	2,094	1,942	1,835	18,065
	熱損失率		14.6%	26.1%	29.4%	31.4%	33.0%	34.0%	31.4%	20.7%	16.4%	9.1%	10.4%	11.9%	16.2%

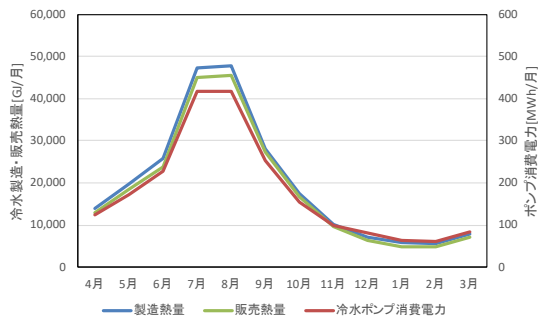
		単位	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間	
冷水	計算値	冷水往	GJ	122	130	132	144	157	153	153	142	140	126	111	125	1,635
		冷水返	GJ	95	102	104	116	128	125	124	114	111	98	85	97	1,300
		計	GJ	217	232	236	260	285	278	277	256	251	225	196	222	2,935
	実測値<地域導管抽出>※2	GJ	760	774	1,452	1,499	1,336	261	401	429	525	660	590	692	9,378	
	実測値/計算値		3.51	3.34	6.14	5.76	4.68	0.94	1.45	1.68	2.09	2.94	3.01	3.12	3.20	
蒸気	計算値	蒸気往	GJ	710	729	698	711	695	671	700	685	717	734	667	735	8,452
		蒸気返	GJ	32	32	29	26	22	21	23	25	28	33	31	34	336
		計	GJ	742	761	726	737	717	692	724	710	745	767	698	769	8,787
	実測値<地域導管抽出>※2	GJ	1,053	1,001	1,022	994	1,060	1,136	1,444	1,629	2,855	2,094	1,942	1,835	18,065	
	実測値/計算値		1.42	1.32	1.41	1.35	1.48	1.64	1.99	2.29	3.83	2.73	2.78	2.39	2.06	



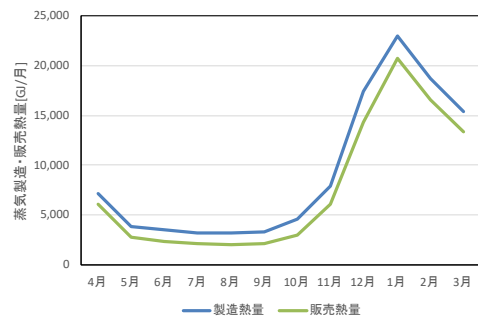
— 計算値 - - 計算値×補正係数 — 実測値<地域導管抽出>※2



— 計算値 - - 計算値×補正係数 — 実測値<地域導管抽出>※2



— 製造熱量 — 販売熱量 — 冷水ポンプ消費電力



— 製造熱量 — 販売熱量

図 3.95 地域導管熱損失・製造熱量・販売熱量（月別）

⑤ 分析のまとめ

分析対象3プラントの結果をまとめたものを表 3.69 に示す。熱媒別に実測値÷計算値の平均値をとり補正係数として設定すると、冷水が6.0、温水が2.5、蒸気が2.5となる(表 3.70)。また、この補正係数を適用した場合の各プラントの地域導管熱損失率を再計算すると、Aプラント冷水、Bプラント冷水以外は実績値を上回る値となる。

表 3.69 分析結果のまとめ

		熱損失率 全体	熱損失率 地域導管分 <実測値>	熱損失率 地域導管分 <計算値>	実測値÷ 計算値	補正係数	地域導管 熱損失率 補正係数適用	地域導管延長
		(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
Aプラント	冷水	9.7%	3.8%	0.5%	6.96	—	3.3%	531m×2
	温水	6.7%	3.1%	1.3%	2.46	—	3.2%	540m×2
Bプラント	冷水	3.8%	1.2%	0.1%	9.61	—	0.8%	222m×2
Dプラント	冷水	3.6%	1.9%	0.6%	3.07	—	3.7%	521m×2
	蒸気	10.6%	8.0%	3.7%	2.14	—	9.4%	蒸気533m/還水521m
Eプラント	冷水	5.8%	4.0%	1.2%	3.20	—	7.4%	1,838m×2
	蒸気	17.7%	16.2%	7.9%	2.06	—	19.8%	蒸気1,668m/還水1,669m
平均 (単純平均)	冷水	5.7%	2.7%	0.5%	5.71	6.00	4.8%	—
	温水	6.7%	3.1%	1.3%	2.46	2.50	3.2%	—
	蒸気	14.1%	12.1%	5.8%	2.10	2.50	14.6%	—

(a) 製造熱量－販売熱量

(b) 冷水：(a)から冷水ポンプ入熱分を除き、地域導管分を配管延長比で案分して抽出
温水・蒸気：(a)から地域導管分を配管延長比で案分して抽出

(c) 最大口径部における配管断面モデルより算定

(d) = (b) ÷ (c)

(e) 単純平均値を丸めて適用

表 3.70 補正係数の案

熱媒種類	補正係数
冷水	6.0
温水	2.5
蒸気	2.5

(参考) 既往調査における熱損失実測値と計算値の比較

「地域冷暖房における供給エネルギー損失に関する研究（第2報）熱供給に係る熱損失の実態解析と計算値に関する検討」（空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 H21.9 百田真史ほか）では、熱供給プラント計2か所について、熱量計により実測した熱損失（論文内ではBEMS熱損失と呼称）とJIS計算方法に従って計算した熱損失（計算値）との比較を行っている。

たとえばA地区についてみると、BEMS熱損失を100とした場合の熱損失の計算値は2.3～3.4%であり、この計算値にポンプ入熱を追加しても実測値の50%程度であり、実測値と計算値の乖離が激しい（図3.96）。温熱の場合、ポンプ入熱は熱損失ではなく熱取得になるためその乖離はさらに激しくなっている。論文著者の百田教授に対してヒアリングを行ったが、この乖離の原因は解明できていないとのことである。

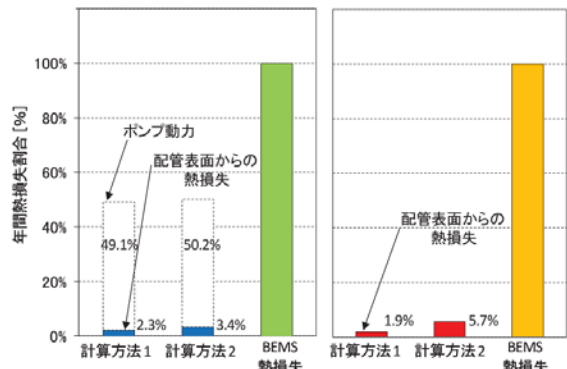


図4 配管表面からの熱損失量算出結果とBEMS熱損失量(A地区)

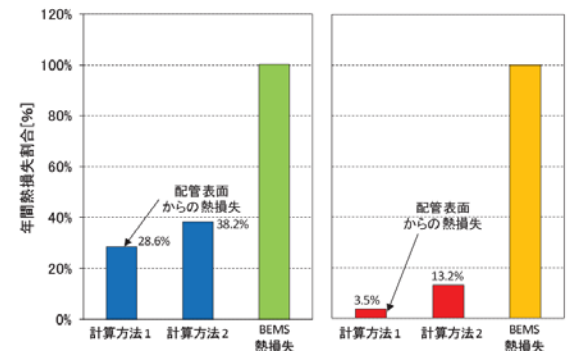


図5 配管表面からの熱損失量算出結果とBEMS熱損失量(B地区)

図 3.96 百田らの調査における熱損失実測値と計算値の比較

出典：「地域冷暖房における供給エネルギー損失に関する研究（第2報）熱供給に係る熱損失の実態解析と計算値に関する検討」（空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 H21.9 百田真史ほか）

表1 JIS 計算式

計算方法1

$$Q_a = 1 / \left(\frac{1}{h_{se} D} + \frac{1}{2\pi \lambda L} + \frac{1}{h_{ho} \pi D_o} \right) \cdot |\theta_{ho} - \theta_{hi}| \quad [W/m]$$

$$h_{se} = 4 \left(\frac{\theta_{ho} + \theta_{hi}}{2} \right)^{0.25} \cdot \epsilon \cdot \rho + 1.19 \left(\frac{\theta_{ho} - \theta_{hi}}{D} \right)^{0.25} \cdot \left(\frac{w}{0.348} \right)^{0.5} \quad [W/m^2 \cdot K]$$

Q_a : 放熱量 [W/m] h_{se} : 表面熱伝達率 [W/(m²·K)] D : 断熱厚さ [m]
 θ_{ho} : 管内温度 [°C] D_o : 断熱材の外径 [m] θ_{ho} : 断熱材外側温度 [°C]
 D_i : 断熱材の内径 [m] θ_{hi} : 断熱材内側温度 [°C]
 λ : 断熱材の熱伝導率 [W/(m·K)] ϵ : 放射率(0.94)
 ρ : ステファン・ボルツマン定数 5.67·10⁻⁸ [W/m²·K⁴] w : 風速[m/s]

計算方法2

$$Q_a = m \cdot \theta_{fm} \quad [W/m]$$

$$|\theta_{fm} - \theta_{im}| = |\theta_{fm} - \theta_{im}| \cdot e^{-\alpha l} \quad [°C]$$

$$\alpha = (U \cdot 3.6) / (m \cdot C_p) \quad [m^{-1}]$$

Q_a : 放熱量 [W/m] θ_{fm} : 流体の出口温度 [°C] θ_{im} : 流体の入口温度 [°C]
 θ_{im} : 管内温度 [°C] C_p : 流体の定圧比熱 [kJ/(kg·K)]
 m : 流量 [kg/h] l : 管の長さ [m] U : 管の熱通過率[W/(m·K)]

表2 計算式に用いた数値

記号	項目	用いた数値	備考
h_{se}	表面熱伝達率	計算値	θ_{ho} と θ_{hi} より算出
D	断熱厚さ	設計値	竣工図記載の仕様に基づく
D_i	断熱材内径	設計値	竣工図より、管径別に算出
D_o	断熱材外径	計算値	$D_i + D \times 2$
θ_{ho}	管内温度	実測値 + 補完値	冬期: 実測平均値、中間期: 11月平均値、夏期: 35°C(A地区)、50°C(B地区)
θ_{hi}	断熱材外側温度	計算値	$\theta_{ho} \pm$ 実測期間中の θ_{ho} と θ_{hi} の差を平均した値
θ_{im}	断熱材内側温度	固定値	実測期間中に任意変動が無いため平均値で年間固定
θ_{im}	流体の入口温度	BEMS	プラント出口温度
w	風速	固定値	感知しない程度(0.3m/s)で固定
C_p	流体の定圧比熱	固定値	4.18 kJ/(kg·K)
m	流量	BEMS	流量計データ
l	管の長さ	設計値	竣工図、管径別長さの総和
U	管の長さ熱通過率	計算値	$1 / \left(\frac{1}{h_{se} D} + \frac{1}{2\pi \lambda L} + \frac{1}{h_{ho} \pi D_o} \right)$

*計測期間: 2008年11月21日～2009年3月28日
 *夏期: 6～9月、中間期: 4・5・10～11月、冬期: 12～3月
 *BEMSデータは年間データを使用

(8) 調査結果のまとめ

① 調査結果のまとめ

既往調査を整理することで地域導管熱損失計算に使用する熱損失率の設定を行った。また、対象プラントにおける実測データにもとづき、地域導管分の熱損失を抽出し、地域導管の配管断面熱収支モデルから計算される熱損失計算値との比較・分析を行った。これに加えて、地域導管の保温仕様や延長を反映することが可能な地域導管熱損失計算手法の検討を行った。

② 今後に向けて

<地域導管熱損失計算方法の精度について>

今回の検討により、熱量計による熱損失の実測値（製造熱量－販売熱量）と配管断面における熱収支モデルから計算した計算値とが大きく異なることが判明した。具体的には、実測値が計算値に対して、冷水で平均 6 倍程度、温水・蒸気で 2～2.5 倍程度の乖離があった。計算値は直管断面における熱収支モデルにより計算していることから、弁類や架台部分での熱損失は含まれていないため、実績値が計算値を上回ることが説明がつくものの、6 倍の乖離となると他の要因が絡んでいることも考えられることから、現段階で計算方法として掲載することは難しいとの判断に至った。なお、この乖離については、既往調査においても指摘されており、現時点では解明できていない。今後、地域導管の熱損失のメカニズムが解明することが期待される。

<単体建物との比較について>

地域熱供給施設における熱損失は、大きく地域導管で発生する熱損失とプラント内の配管、機器類で発生する熱損失に区分できる。

国交省では単体建物において WEB プログラムを使用して、建物が使用する一次エネルギー使用量を計算することとしているが、WEB プログラムにおいては、図 3.97 に示すように、ポンプ入熱を見込んでいるが、プラントで発生する熱損失等は見込んでいない。よって、WEB プログラムで計算した単体建物における一次エネルギー消費量との比較する場合は、条件を同等にするため地域導管で発生する熱損失のみを考慮することが適切であると考えられる。

一方で、熱供給の運転が開始され、一次エネルギー換算係数の実績値を適用するようになると、結果にはプラントで発生する熱損失等を含めて反映されることから、これとの整合を考慮するとプラントで発生する熱損失等を含めるのが適切であると考えられる。

単体建物と熱供給との比較において公平性を保ちつつ、一次エネルギー消費量の計算値と実績値との整合性を保つためには、単体建物・熱供給双方において、熱源機械室またはプラントで発生する熱損失を見込むようにすることが望ましく、将来的にはそのような改良がなされるべきであると考えられる。

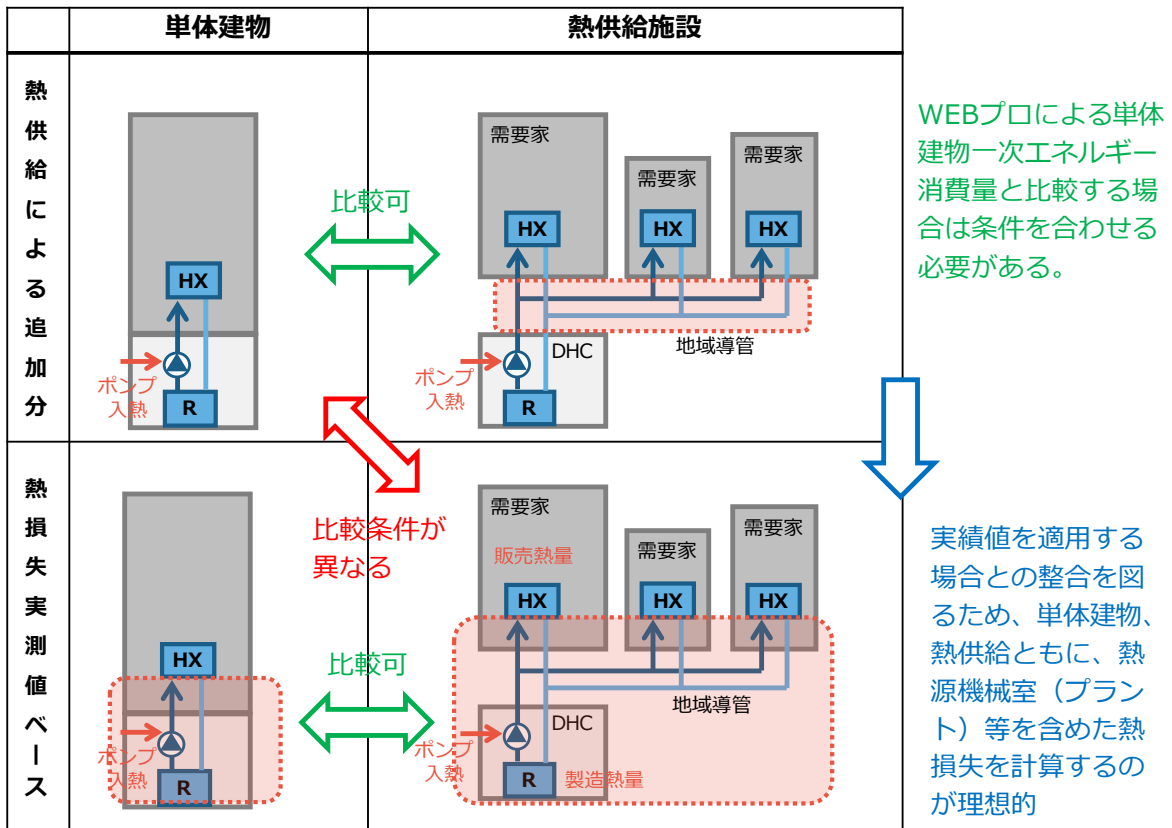


図 3.97 地域導管熱損失の考え方（単体建物との比較）

地域導管の配管断面モデルから算出される計算結果との比較を行うにあたっては、図 3.98 に示すように、各プラントにおける熱損失値から地域導管熱損失分を抽出し、これについて分析を行い地域熱導管における熱損失の計算方法の提案を行った。これにより、地域導管における熱損失のみを計上して、WEB プログラムで計算した単体建物と比較することも可能であり、かつ、地域導管の熱損失計算方法をプラント内配管にも準用して加算することで、プラント内の熱損失も見込んだ計算結果を得ることも可能である。

配管断面モデルによる熱損失実測値の分析	
	<p>各熱供給施設の製造熱量と販売熱量の差から熱損失量を算定。</p>
	<p>上記熱損失量をもとに、冷水についてはポンプ入熱量を除き、さらに地域導管延長とプラント内配管延長の比により熱損失量を案分。抽出した熱導管部分の熱損失について分析して、地域導管部分熱損失計算方法を提案。</p>
配管断面モデルによる熱損失の計算の運用案	
<p>※ポンプ熱取得はポンプ消費電力等から計算</p>	<p>提案した計算方法により地域導管分の熱損失を計算することが可能である。 →現状WEBプログラムによる単体建物一次エネルギー消費量との比較が可能である。</p>
<p>※ポンプ熱取得はポンプ消費電力等から計算</p>	<p>提案した計算方法において地域導管延長の代わりにプラント内配管延長を適用することで、プラント内配管系による熱損失を概算。これを加算することにより、熱供給施設全体の熱損失量を算定する。</p>

図 3.98 配管断面モデルによる計算法における地域導管熱損失の分析および運用案

※ここで実測値から抽出した地域導管熱損失の中には、需要家建物壁体から受入設備までの間の熱損失が含まれているが、その割合は小さいと考えられることから、これを含んだままで分析を行うこととした。

4. 地域熱供給プラントの一次エネルギー換算係数の算定方法の開発

4.1 一次エネルギー換算係数算定方法開発方針の検討

(1) 検討の目的

本章では、熱供給プラントの一次エネルギー換算係数を算出する手順についてまとめ、算出した一次エネルギー換算係数の妥当性を客観的に評価するための算定方法を作成することを目的とする。

(2) 検討の対象施設

本検討は、新設および大規模改修を行う熱供給プラントを対象として、平成 28 年国土交通省告示第 265 号別表第 6 に定める「他人から供給された熱（蒸気、温水、冷水）の一次エネルギー換算係数」を算出する方法を規定するものである。

検討の対象とする施設の適用範囲は以下の通りとする。

- ・ 実績値が存在しない新設熱供給プラント及び大規模改修を行う熱供給プラントを対象とする※¹。
- ・ 検討の対象とする熱供給プラントは、供給熱量とエネルギー消費量の実績を供給開始後報告することが求められている、「熱供給事業法に基づく熱供給プラント※²」、「都民の健康と安全を確保する環境に関する条例（以下「東京都環境確保条例」という）に基づく地域冷暖房区域内の熱供給プラント※³」とする。

※¹ 既存の熱供給プラントの一次エネルギー換算係数は、省エネルギー基準の告示別表第 1 において表 4.1 のように規定されており、算出の根拠を明確に示すことができれば、任意の換算係数を使用してもよいとされている。このため、既存の熱供給プラントは本算定方法の対象外とする。

表 4.1 他人から供給された熱の一次エネルギー換算係数（告示別表第 1）（抜粋）

他人から供給された熱 (蒸気、温水、冷水)	1キロジュールにつき 1.36 キロジュール(他人から供給された熱を発生するために使用された燃料の発熱量を算出する上で適切と認められるものを求めることができる場合においては、当該係数を用いることができる。)
--------------------------	---

※² 熱供給開始後、毎年の運転実績（供給熱量、エネルギー消費量等）を経済産業省に提出するとともに、その内容を（一社）日本熱供給事業協会が「熱供給事業便覧」として毎年発行している。

※³ 東京都環境確保条例では、地域エネルギー供給事業者は地域エネルギー供給報告書を毎年東京都に提出し、東京都はその内容を公表することとしている。

既存の熱供給プラントは、一般社団法人日本熱供給事業協会が毎年発行する「熱供給事業便覧」に熱供給量及びエネルギー消費量等の実績値が公表されているため、この値を使用するものとする。

(3) 一次エネルギー換算係数の算定及び妥当性検証の考え方

熱供給プラントの一次エネルギー換算係数は、一定の手順に沿って計算するものとする。計算に用いるシミュレーションソフト等は任意とするが、必要に応じて計算過程を提示することによって、計算の妥当性を第三者が客観的に検証できるようにする。

熱供給プラントの一次エネルギー換算係数は、前述のように熱供給を受ける建築物が省エネルギー基準の適合判定を受ける際に用いることを想定している。したがって一次エネルギー換算係数の妥当性の検証に時間を要すると、建築物の工期等にも大きな影響を与えることになる。このため、計算の妥当性の検証には、シミュレーションソフトの計算ロジックを逐一チェックするのではなく、計算過程の段階ごとに結果をチェックすることによって、妥当性の検証を速やかに行えるようにする。

また熱供給プラントの場合、過去の運転実績に基づく膨大なデータを積み重ねており、計算値と運転実績値との差異を比較的容易に検証できるという特徴がある。このため、申請に使用するシミュレーションソフトを用いて、あらかじめ既存熱供給プラントの運転実績値と計算値との比較を行い、シミュレーションソフトの妥当性を検証することとする。こうした二重のチェックによって、計算結果の信頼性を高めることができる。

(4) 一次エネルギー換算係数の算出手順

一次エネルギー換算係数の申請を行う熱供給事業者等が開発した算定方法に沿って書類を作成して第三者による評価・審査等を受ければ、建築物の省エネルギー適合判定の際に建築主がその値を使用できるようになることを想定している。開発した算定方法の運用の手順の案を以下に示す。

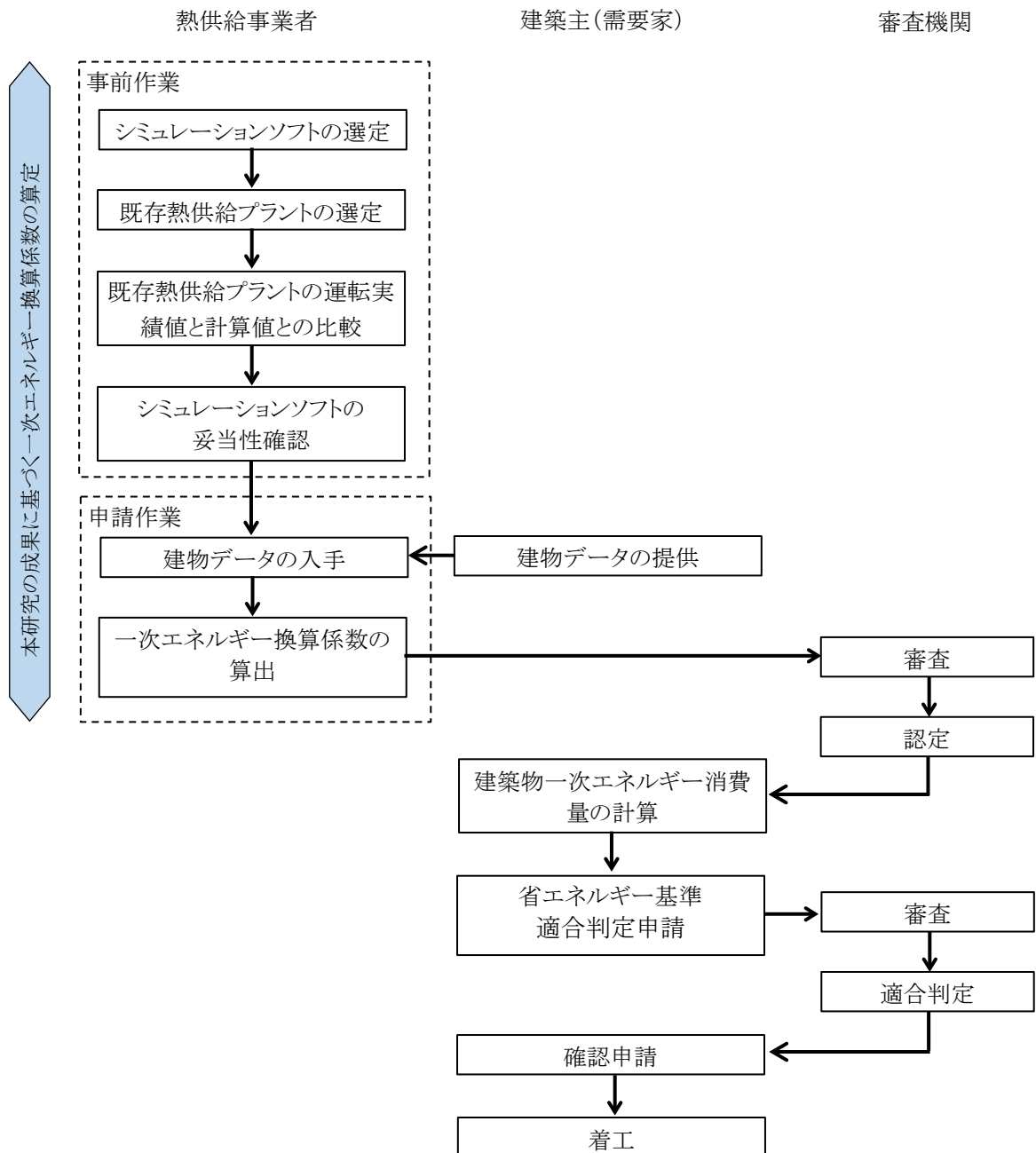


図 4.1 一次エネルギー換算係数の算出手順案

(5) 一次エネルギー換算係数算定の試行

1) 概要

① 試行の目的

算定方法の作成にあたり、まず既存の熱供給プラント一次エネルギー算出プログラムを用いて、既存熱供給プラントにおける一次エネルギー換算係数を算出する。これによって、計算に用いる諸条件の妥当性や、計算過程のチェック・審査方法等の検討を行い、算定方法に反映させる。試行は以下の2段階で行う。

- ・ 一次エネルギー換算係数の計算手順の検討
- ・ シミュレーションソフトの妥当性検証

② 試行に用いるシミュレーションソフト及び熱供給プラントの選定

試行に用いるシミュレーションソフトは、熱供給プラントの一次エネルギー計算に用いられる Enepro21 ver 4.5.2 (株式会社 E. I. エンジニアリング作成) とする。試行対象の熱供給プラントは、「3.2 検討対象プラントの概要」のうち、A プラントと C プラントとする (p. 3-3 参照)。

2) 一次エネルギー換算係数の計算手順の検討

試行の事例として、A プラントの検討事例 (附属書 B) と C プラントの検討事例 (附属書 B') を作成した。一次エネルギー換算係数の算出については、各附属書の B.1 を参照する (p. 資料編-28、p. 資料編-72 参照)。

3) シミュレーションソフトの妥当性検証

試行の事例として、A プラントの検討事例 (附属書 B) と C プラントの検討事例 (附属書 B') を作成した。シミュレーションソフトの妥当性検証については、各附属書の B.2 を参照する (p. 資料編-50、p. 資料編-86 参照)。

4.2 他人から供給された熱の一次エネルギー換算係数の算定方法

本検討によって得られた一次エネルギー換算係数算出の手順を整理して取り纏めた。算定方法の構成は、「任意評定のためのガイドライン策定要領」（一般社団法人住宅性能評価・表示協会）に準じたものとした。算定方法の具体的内容については、資料編及び附属書 A～D を参照のこと。

表 4.2 算定方法の構成

1. 適用範囲
2. 引用規格等
3. 用語の定義
4. 記号及び単位
5. 一次エネルギー換算係数の算出手順
5.1 全体の流れ
5.2 計算条件の設定
5.3 需要家及び供給条件の設定
5.4 プラントのシステム構成の入力
5.5 熱源製造熱量の算出
5.6 一次エネルギー消費量の算出
5.7 一次エネルギー換算係数の算出
6. 評定員による評定
7. 評定書に記載する性能
附属書 A シミュレーションソフトの妥当性の検証方法
附属書 B 一次エネルギー換算係数の算出に関わる根拠資料の例
附属書 C 建築基準法施行規則の建築物用途と計算上の建物用途
附属書 D エネルギーシステムの設計情報データベース（各種負荷原単位）

5. 検討結果のまとめ

(1) 熱供給プラント一次エネルギー換算係数の算出

1) 検討の成果

建築物の省エネルギー基準への適合性判定の際に、熱供給プラントから熱を受入れる建築主等が任意の一次エネルギー換算係数を使用できるように、新設の熱供給プラントにおける熱源一次エネルギー換算係数の算定方法を開発した。

新設の熱供給プラントから熱を受入れる場合、現状はプラントの性能に関わらず、「他人から供給された熱」として決められた一次エネルギー換算係数（1.36）を使用するものと規定されている（省エネルギー基準の告示別表第1）。ただし告示の中で、「適切と認められるものを求めることができる場合においては、当該係数を用いることができる。」とされている。このため、本研究で作成した一次エネルギー換算係数の計算方法が適切と認められれば、新設の熱供給プラントから熱を受入れる建築主等は、実際のプラント性能に応じた一次エネルギー換算係数を使用することができるようになる。これによって、熱供給事業の普及に弾みがつくことが期待される。

また、開発した算定方法の適用事例として、二つの既存熱供給プラントの運転実績データを入力し、一次エネルギー換算係数の算出シミュレーションとの比較検証を行った。比較検証は、一次エネルギー換算係数だけでなく、機器別の運転効率等について実施した。その結果、熱源一次エネルギー換算係数、機器別運転効率とも、実績データとシミュレーションの結果が一定の範囲内で一致することを確認した。このようなシミュレーションソフトを用いることによって、新設の熱源プラントの一次エネルギー換算係数を適切に予測することが可能であることが実証できた。

2) 検討結果から抽出された課題

検討の中で、以下のような点が課題として抽出された。

① 熱負荷の原単位と実態とのかい離

熱供給事業の場合、熱源システムの検討と需要家建物の設計スケジュールが必ずしも一致していないために、需要家建物の熱負荷を、熱負荷計算によって算出できないことが多い。このため、需要家建物の詳細な仕様が不明な場合は、文献などを用いた用途別原単位にて熱負荷を算出することとしている。しかし、実際の建物の熱負荷実績値と、原単位による熱負荷計算値を比較すると、両者の間にかい離の見られることがある。例えば附属書Bでは、需要家側が外気冷房制御のような熱負荷削減策を採ったために、冬期の冷熱負荷実績値がほとんど0になっている。このように、熱源システムの計画・設計段階で需要家側のシステムがある程度明らかになっており、熱負荷に影響を与えると考えられる場合は、熱負荷原単位や負荷パターンに何らか

の補正を行うことも検討する必要がある。

② さまざまな自動制御システムの評価方法

自動制御システムについては、さまざまなバリエーションが考えられるため、申請者が計算上の制御のアルゴリズムを提示することとしている。このアルゴリズムをもとに、実際の制御における運転実績値と計算値をどのように評価するかが課題として挙げられる。

自動制御システムはさまざまなバリエーションが考えられるため、その内容がすべてシミュレーションソフトにて計算できるようにすることは難しい。想定していない特殊な制御の場合は、エネルギー算出が安全側で計算されるような検討が必要と思われる。

③ シミュレーションソフトの妥当性検証方法

シミュレーションソフトの妥当性を検証する際の判断基準として、各機器の運転実績値とシミュレーションによる計算値との差が、概ね±10%の範囲に収まることとしている。しかし、このような機器別の熱源効率における誤差が、熱供給プラントの一次エネルギー換算係数に与える影響は非常に小さいと思われる。このため、シミュレーションソフトの妥当性の判断基準としてどの程度の精度を求める必要があるか、今後検証データが集まる中で適宜見直しを行っていくことが望ましい。

(2) 熱源機器・制御システムの特性把握

WEB プログラムに適用している機器特性の拡充、改定に向けた基礎データを得るために、既存プラントの熱源機器（INV ターボ冷凍機、固定速ターボ冷凍機、ヒーティングタワーヒートポンプ、熱回収ヒートポンプ、蒸気吸収式冷凍機、蒸気焚ジェネリンク、炉筒煙管ボイラ、貫流ボイラ、木質バイオマスボイラ）の運転データを収集・整理し、機器性能曲線を作成し、従来のWEB プログラムの機器特性との比較を行った。概括すると、従来の機器性能曲線と大きく異なることはないことが確認できた。制御システムについては、冷却水流量制御の実態を分析した。Cプラントにおいては、熱源機器に冷却水ポンプを含めたシステム効率の向上がみられるか評価を行ったが、冷却水流量制御によって、必ずしも省エネルギーになっていないことが確認できた。

1) 既往基準改定のためのサンプル数の充実

熱源機器を個別に見ていくと、従来の機器性能曲線と傾向が異なるものも見られるが、あくまで一例の結果であり、この結果のみに基づいて従来の機器性能曲線を改定するにはサンプル数が不足している。改定を行うにあたっては、さらなるサンプル数の充実が必要と考えられる。

(3) 地域導管の熱損失の検討

地域導管の熱損失量について、熱供給プラント一次エネルギー換算係数算定に反映すること

を目的として、既往知見等を踏まえて熱損失率による計算方法を整理するとともに、配管断面モデルによる計算方法の試案を作成した。

この中で、以下のような点が課題として明らかになった。

1) 地域導管熱損失計算方法の精度について

今回の検討により、熱量計による熱損失の実測値（製造熱量－販売熱量）と配管断面における熱収支モデルから計算した計算値とが大きく異なることが判明した。具体的には、実測値が計算値に対して、冷水で平均 6 倍程度、温水・蒸気で 2～2.5 倍程度のかい離があった。計算値は代表断面（直管部分）における熱収支モデルにより計算していることから、弁類や架台部分での熱損失は含まれていないため、実績値が計算値を上回ることは説明がつくものの、6 倍のかい離となると他の要因が絡んでいることが考えられることから、現段階で計算方法として掲載することは難しいとの判断に至った。なお、このかい離については、既往調査においても指摘されており、現時点では解明できていない。今後、地域導管の熱損失のメカニズムが解明することが期待される。

2) 単体建物との比較について

地域熱供給の熱損失は、大きく地域導管で発生する熱損失とプラントで発生する熱損失に区分できる。現状 WEB プログラムにおいては単体建物の一次エネルギー消費量を計算する際には熱源機械室（熱供給設備のプラントに相当）で発生する熱損失を計上していないことから、地域熱供給と単体建物を同じ条件で比較するためには、地域熱供給施設においてもプラントで発生する熱損失を除くことが適切である。

一方で、熱供給の一次エネルギー換算係数の実績値を適用する場合との整合を考慮すると、プラントで発生する熱損失を含めたすべての熱損失を計上するのが適切である。本検討においては、地域導管に対して行った熱損失の計算方法をプラント内配管にも適用して計上することで、プラントで発生する熱損失を含めた熱損失が概算できるものと考えている。しかし、単体建物との比較を考慮すると、単体建物においても熱源機械室における熱損失を計上することが適切であり、将来的には WEB プログラムにおいて、熱源機械室における熱損失を計上する改定がなされるべきであると考えられる。

資料編

他人から供給された熱の一次エネルギー換算係数の算定方法

1. 適用範囲

本算定方法は、新設および大規模改修を行う熱供給施設を対象として、平成 28 年国土交通省告示第 265 号別表第 6 に定める「他人から供給された熱（蒸気、温水、冷水）の一次エネルギー換算係数」を算出する方法を規定するものである。

本算定方法の適用範囲は以下の通りとする。

- ・ 実績値が存在しない新設熱供給施設及び大規模改修を行う熱供給施設を対象とする^{※1}。
- ・ 検討の対象とする熱供給施設は、供給熱量とエネルギー消費量の実績を供給開始後報告することが求められている「熱供給事業法に基づく熱供給施設^{※2}」、「都民の健康と安全を確保する環境に関する条例（以下「東京都環境確保条例」という）に基づく地域冷暖房区域内の熱供給施設^{※3}」とする。

※1 既存の熱供給施設の一次エネルギー換算係数は、省エネルギー基準の告示別表第 1 において表 1.1.1 のように規定されており、算出の根拠を明確に示すことができれば、任意の換算係数を使用してもよいとされている。このため、既存の熱供給施設は本算定方法の対象外とする。

表 1.1.1 他人から供給された熱の一次エネルギー換算係数（告示別表第 1）

他人から供給された熱 (蒸気、温水、冷水)	1キロジュールにつき 1.36 キロジュール(他人から供給された熱を発生するために使用された燃料の発熱量を算出する上で適切と認められるものを求めることができる場合においては、当該係数を用いることができる。)
--------------------------	---

※2 熱供給開始後、毎年の運転実績（供給熱量、エネルギー消費量等）を経済産業省に提出するとともに、その内容を（一社）日本熱供給事業協会が「熱供給事業便覧」として毎年発行している。

※3 東京都環境確保条例では、地域エネルギー供給事業者は地域エネルギー供給報告書を毎年東京都に提出し、東京都はその内容を公表することとしている。

本算定方法で対象とする熱供給プラントと地域導管の概要を図 1.1.1 に示す。熱供給プラントは冷熱源、温熱源、冷却塔、冷却水ポンプ、一次ポンプ、二次ポンプで構成されているものとする。

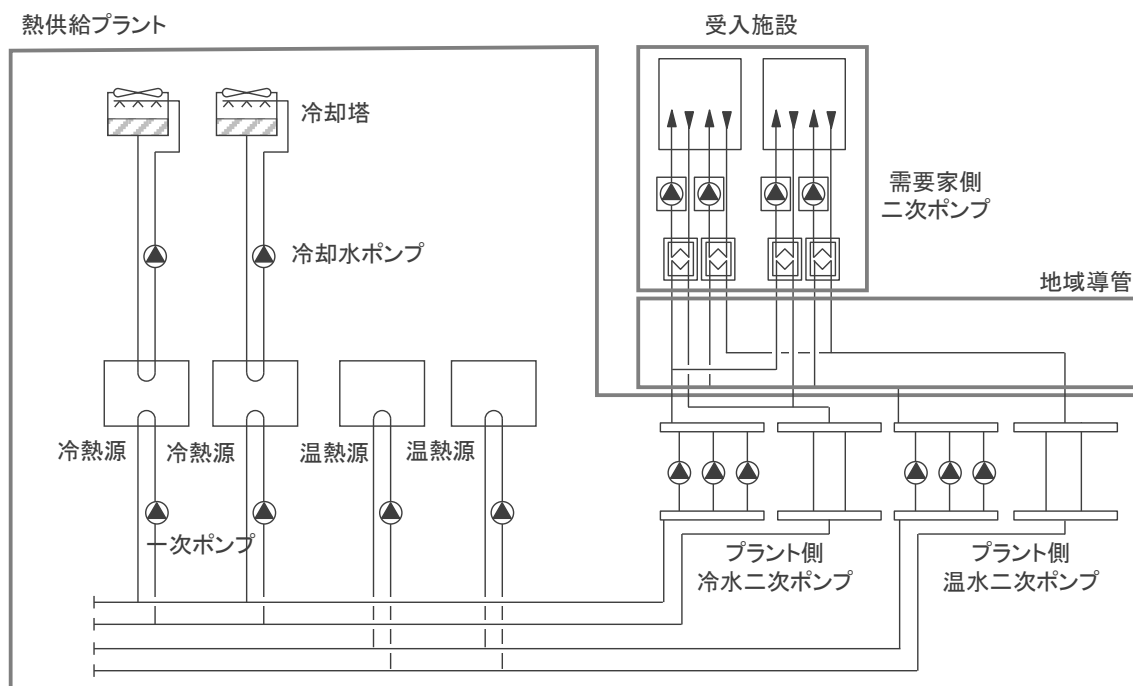


図 1.1.1 熱供給施設のシステム例

2. 引用規格等

- 1) 一般社団法人 日本熱供給事業協会：「熱供給事業における冷熱・温熱別換算係数算出に係わるガイドライン」、2017年6月

3. 用語の定義

本算定方法で用いる主な用語の定義は、「熱供給事業における冷熱・温熱別換算係数算出に係わるガイドライン」によるほか、次による。

3.1 熱供給施設

複数の建物に冷熱・温熱等を供給する施設。熱供給プラントと地域導管で構成されている。熱供給事業法に基づく熱供給施設の他に、自治体の条例に基づき計画や実績の報告制度がある地域冷暖房施設を含む。

3.2 大規模改修

需要家の新築工事など確認申請が必要な工事の際に、既存の熱供給施設の改修工事や増設工事を行ったり、同一の供給区域内にサブプラント等の新設工事を行うこと。

3.3 一次エネルギー換算係数

冷熱一次エネルギー換算係数とは、冷熱製造に要する一次エネルギー消費量を冷熱の負荷で除した係数をいう。温熱一次エネルギー換算係数とは、温熱製造に要する一次エネルギー消費量を温熱負荷

で除した係数をいう。総合一次エネルギー換算係数とは、冷熱と温熱製造に要する一次エネルギー消費量を冷熱負荷と温熱負荷の合計で除した係数をいう。

3.4 冷熱負荷、温熱負荷

冷熱負荷とは、冷房に使用される冷水負荷をいう。温熱負荷とは、暖房・給湯に使用される温水負荷及び蒸気負荷の合算負荷をいう。

3.5 需要家熱負荷

需要家が受け入れた熱量をいう。

3.6 受入施設等

熱供給施設から熱を受け入れている施設をいう。

3.7 製造熱量

熱供給施設が製造する冷熱量及び温熱量をいう。その熱量は、需要家熱負荷に導管熱損失とポンプ熱損失と機械室内熱損失を加えた値になる。

3.8 冷熱源、温熱源

冷熱源とは、冷熱を製造する熱源機器をいう。温熱源とは、温熱を製造する熱源機器をいう。

3.9 冷却塔、冷却水ポンプ

冷却塔とは、水などの熱媒体を大気と接触させて冷却を行う機器をいう。冷却水ポンプとは、冷却塔と熱源機器の冷却水を循環させるポンプをいう。

3.10 一次ポンプ

冷温熱源機器に直接接続され、冷温水を循環させるポンプをいう。

3.11 二次ポンプ

複数の熱源機器から製造された冷温水を需要家側に供給する場合、ヘッド側でまとめて供給する場合の供給ポンプをいう。熱供給施設側の二次ポンプと受入施設側の二次ポンプが存在するが、本算定方法では熱供給施設側の供給ポンプを対象とする。

3.12 補機

熱源機器に付随し運転する、冷却塔・冷却水ポンプ・冷温水一次ポンプ等を表す。

3.13 システム COP

熱源機器別製造熱量を熱源機器の一次エネルギー消費量とその補機の一次エネルギー消費量の合計で除した値をいう。

3.14 搬送効率 (WTF)

熱供給施設が供給した熱量を搬送ポンプのエネルギー消費量で除した値をいう。

3.15 地域導管

熱供給プラントから製造された熱量を需要家に供給する場合の、熱供給プラント出口（壁面または天井・床、以下「壁面等」という）から受入施設等の入口（壁面等）までの供給配管をいう。

3.16 導管熱損失

熱供給プラント出口から受入施設等の入口に至る、地域導管からの熱損失をいう。

3.17 その他の電力

熱製造に利用される電力量に直接的には含まれない機械室の換気・空調、照明、給排水設備ポンプ、計装コンプレッサー、制御電源等の電力をいう。

3.18 高位・低位発熱量

燃焼によって生成された水蒸気の凝縮分を含めた発熱量を高位発熱量という。また、高位発熱量から水蒸気の凝縮潜熱分を差し引いたものを低位発熱量という。

東京ガスの例：都市ガスの高位発熱量 45MJ/Nm³、低位発熱量 40.63MJ/Nm³

4. 記号及び単位

本算定方法で用いる記号及び単位は、表 4.1.1 による。

表 4.1.1 記号及び単位

記号	意味	単位
Q, ref	熱源製造熱量	MJ
Q, ac	需要家熱負荷	MJ
Q, ac, c	冷熱負荷	MJ
Q, ac, h	温熱負荷	MJ
Q, loss	導管熱損失	MJ
L, nt	部分負荷率	%
Q, nt	熱源機器の時刻における製造熱量	MJ
Q, n	熱源機器の定格能力	MJ
Q, pump	ポンプ搬送熱量	MJ
E, pump	搬送ポンプ電力消費量	kWh
K, cop	総合一次エネルギー換算係数	-
K, cop, c	冷熱一次エネルギー換算係数	-
K, cop, h	温熱一次エネルギー換算係数	-
E, ac, c	冷熱一次エネルギー消費量	MJ
E, ac, h	温熱一次エネルギー消費量	MJ

5. 一次エネルギー換算係数の算出手順

5.1 全体の流れ

5.1.1 任意評定の取得に必要な手続き

一次エネルギー換算係数の任意評定の取得に必要な手続きを図 5.1.1 に示す。

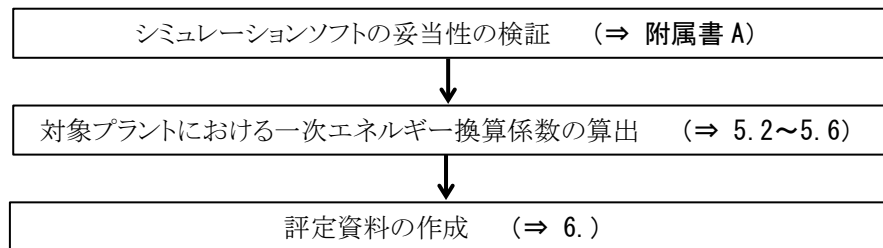


図 5.1.1 一次エネルギー換算係数の任意評定の取得に必要な手続き

5.1.2 シミュレーションの妥当性の検証

一次エネルギー換算係数は、シミュレーションソフトを使用して算出することとする。計算に用いるシミュレーションソフトは市販・自作は問わないが、使用するソフトは附属書 A に示す方法により事前にその精度が検証されている必要がある。また、計算の妥当性を登録省エネ審査機関等が客観的に検証できるようにするために、シミュレーションソフトにおける計算過程を提示することが求められる。

5.1.3 一次エネルギー換算係数の算出手順

一次エネルギー換算係数の算出手順を図 5.1.2 に示す。

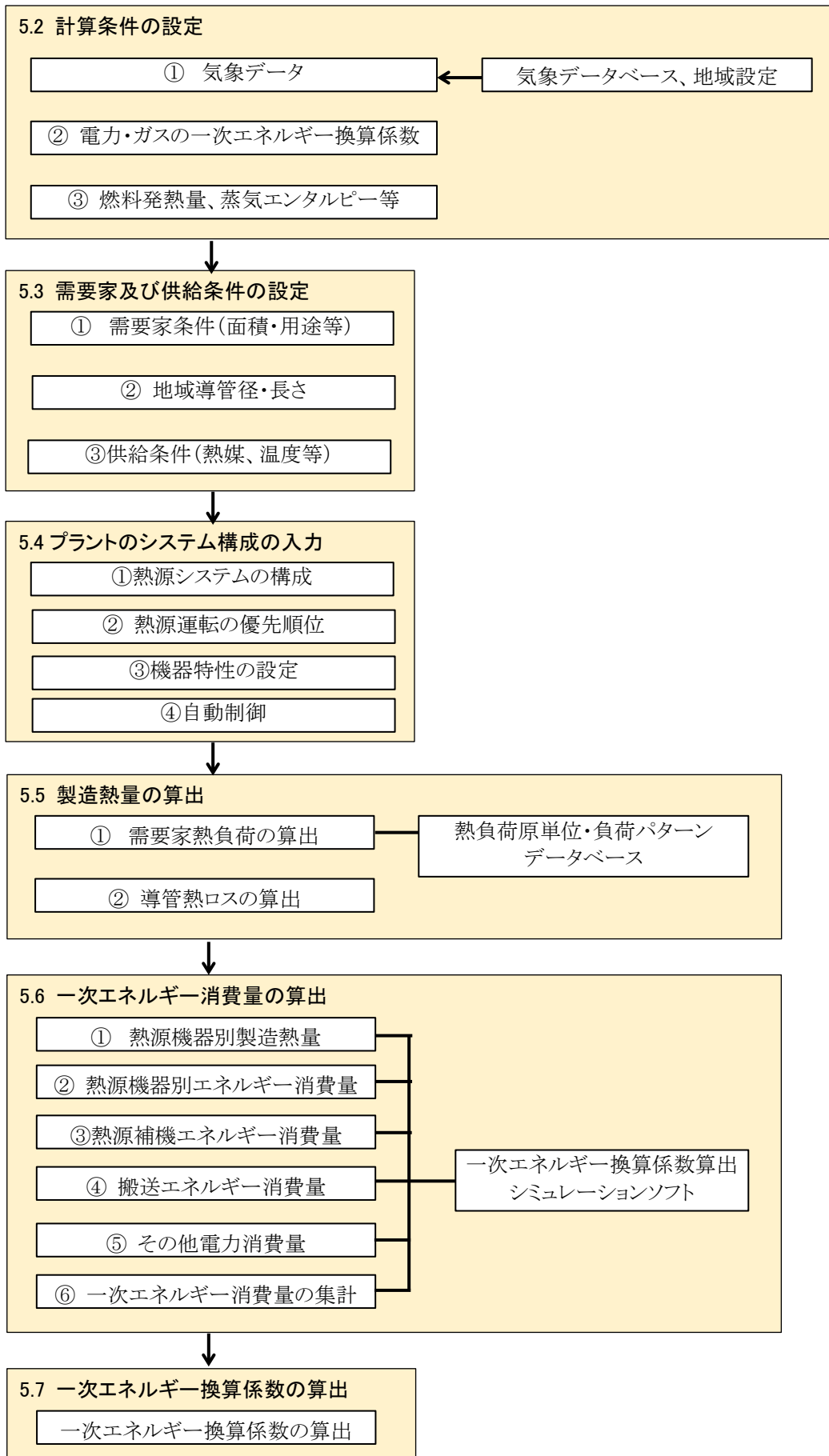


図 5.1.2 一次エネルギー換算係数の算出の手順

5.2 計算条件の設定

5.2.1 気象データ

「平成 28 年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説」（以下「省エネ基準解説」という。）に記載されている気象データを使用することとする。気象データは省エネルギー基準における地域区分（1～8 地域）毎に定まっているため、当該プラントの所在地より地域区分を調べ、使用する気象データを決定する。

なお、地下水や河川水等の未利用エネルギーを用いる場合は、対象となる水温等の実測値を用いるか、類似の文献の値を用いる。

5.2.2 電力・ガスの一次エネルギー換算係数

電力・ガスの一次エネルギー換算係数は、次の値を用いる。

電力：9.76MJ/kWh、都市ガス：45MJ/Nm³

5.2.3 燃料等の発熱量

冷熱 COP 及び温熱 COP の計算には、エネルギーの使用の合理化等に関する法律（省エネ法）で定められた一次エネルギー換算係数（高位発熱量ベース）を用いる。機器カタログなどに低位発熱量ベースで効率が記載された場合、高位発熱量ベースに換算を行う。

5.2.4 蒸気のエンタルピー

蒸気エンタルピーは飽和蒸気のエンタルピーを使用する。

5.3 需要家及び供給条件の設定

5.3.1 需要家条件

供給対象とする需要家について、熱供給事業申請書、あるいは需要家との規模・供給時期が分かる協議資料をもとに名称、延べ面積、建物用途別床面積等の情報をまとめる。需要家条件のまとめ方の例を表 5.3.1 に示す。なお、需要家については、認定を受ける段階で熱を供給することが決まっている建築物を計算の対象とすることを基本とする。

建物の詳細用途が決まっている場合は、附属書 C に記載された用途区分コード毎に床面積を集計する。建物の詳細用途が決まっていない場合は、需要家と協議の上、附属書 C を参照し建物用途を設定して床面積を集計する。

表 5.3.1 需要家一覧表の例

名称	竣工年月	任意評定対象施設	延べ面積 (㎡)	用途別床面積(㎡)						
				事務所	商業	宿泊	病院	官公庁	ホール	
A銀行ビル	2020.04	○	120,000	120,000						
B会館	2020.06	○	90,000	20,000	10,000			10,000	50,000	
C不動産ビル	2022.12	○	150,000	100,000	20,000	30,000				
D生命ビル	2024.04		100,000	80,000	15,000		5,000			
合計			360,000	240,000	30,000	30,000	0	10,000	50,000	

5.3.2 地域導管径・長さ

地域導管の径と長さを、熱供給事業申請書の配管図から集計し、熱損失を算出するための材料とする。延長長さについては、10m 単位とする。

5.3.3 供給条件

熱媒の種類（冷水・温水・蒸気等）と温度（送り温度、還り温度）は、熱供給規程に記載された、もしくは需要家との協議資料をもとに記載予定のものを使用する。

なおシミュレーション上、送り温度と還り温度は一定として計算する。

5.4 プラントのシステム構成の入力

5.4.1 熱源システムの構成

設計図書等より、機器構成及び系統を明らかにする。熱源機器の製造熱量及びエネルギー（電力・ガス等）消費量は、JIS等の規格に基づき規定された値もしくはメーカーがJIS等に準拠して測定した値を用いる。また、機器性能の測定等について準拠するJIS規格等を、設計図書等に記載する。なお、熱源機器は、供給開始時に設置される機器のみを計算の対象とする。

設計図書の記載事項の例を表5.4.1に示す。

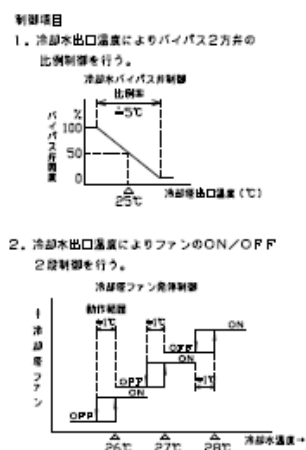
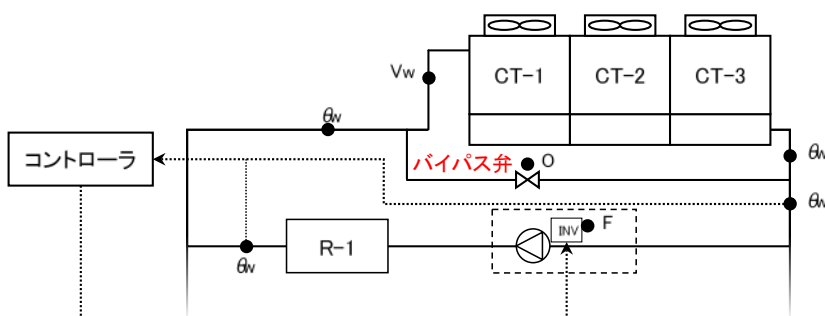
表 5.4.1 設計図書の記載事項の例

資料名	確認内容
機器表	熱源台数、製造熱量、効率、製造温度帯、エネルギー消費量 など
系統図	機器の系統、熱源接続状況
自動制御図	制御フロー、動作説明 など

5.4.2 自動制御

冷却塔ファン制御やポンプ変流量制御等の自動制御を採用する場合、その制御ロジックがわかる図面等を添付する。自動制御の例を以下に示す。

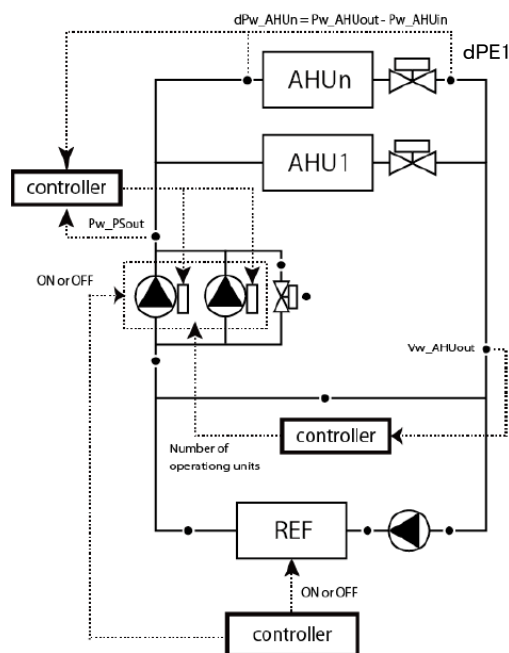
【参考】自動制御の制御例（冷却水温度制御）



(参考) 冷凍機入口温度による冷却水ポンプINV周波数制御方式

- ・冷却水の冷凍機出入口温度差に応じて冷却水ポンプのインバータ周波数を変更する。
- ・バイパス弁が開いている場合は最低周波数で運転し、バイパス弁開度が0%（全閉）のときのみインバータ周波数を変更する。

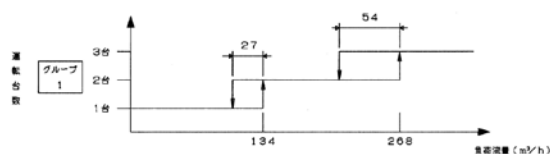
【参考】自動制御の制御例（VWV 制御）



中央監視室より冷水ポンプ群指令をONとする事により、冷水ポンプの台数制御を開始します。冷水ポンプの増減段判断は、通り配管に設置された電磁流量計（FM）で計測された負荷流量によって行われます。台数制御用の負荷流量は、瞬時値に対して5分間の移動平均を行う事により求められます。移動平均値が増段設定値を超えた場合、冷水ポンプを1台運転します。また移動平均値が減段設定値を下回った場合、冷水ポンプを1台停止します。増段判断流量はポンプ定格の60%とします。増段または減段後は一定時間経過するまでは台数制御の判断を行わないものとします。（効果待ちタイマー）

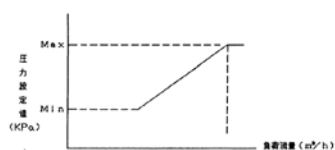
低層冷水ポンプ台数制御

低層冷水ポンプ運転パターン一覧				運転パターン毎の運転順序			
グループ	記号	名称	能力 (m ³ /h)	1	2	3	4
1	WL-T-PC-WB1-01	冷水動交一次ポンプ	224	停止	ローテーション1台	ローテーション2台	ローテーション3台
	WL-T-PC-WB1-02	冷水動交一次ポンプ	224				
	WL-T-PC-WB1-03	冷水動交一次ポンプ	224				



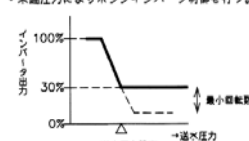
往還に設置された差圧発信器（dPE1）の計測値が、台数制御器にて設定された値に追従するよう、バイパス弁及び、冷水ポンプのインバータ制御を行います。往還差圧設定値は、負荷流量上昇時は設定を高く、負荷流量下降時は設定を低くなるよう、台数制御器内部にて自動的に変更されます。

往還差圧設定値演算



2) インバータ制御

・末端圧力によりポンプインバータ制御を行う。



（参考）ポンプ VWV 制御（送水圧力可変制御）

- 二次ポンプ回転数制御のうち、受入施設の末端にある空調機やファンコイルユニット等の負荷機器と制御弁の差圧（末端差圧）等により、熱供給プラント側の吐出圧力やヘッド差圧の目標値を自動的に変更する。

5.4.3 熱源機器特性

熱源等の機器特性については、次のように設定する。

- ・ 省エネ基準において機器特性が設定されている機種については、省エネ基準と同一の機器特性を使用する。

なお、省エネ基準の機器特性は以下の URL で公開されている。

https://www.kenken.go.jp/becc/documents/building/Definitions/REFLIST_H28_REFCURVE_H28.zip

- ・ 上記以外の機種については、JIS 等の規格に準拠した計測方法に基づいて測定した機器特性値、または測定値をもとに計算により求めた機器特性値を用いる。

5.4.4 熱源の運転順位

熱源の運転順位は、設計図書等に記載がある場合はその順位を用いる。記載がない場合は、シミュレーション上の熱源機器の運転優先順位（昼間/夜間、平日/休日、月または季節別）を設定する。

なお、熱源運転機種及び台数の増減段を行う際の判断基準として、製造熱量を用いる場合と供給流量を用いる場合がある。ただし、本算定方法では 5.3.3 供給条件に示すように、往還温度差をつねに一定として計算するため、どちらの基準を用いても、運転機種及び台数は同じ結果となる。

5.5 熱源製造熱量の算出

5.5.1 需要家熱負荷の算出

需要家熱負荷（冷熱・温熱）は、建物用途別原単位に、表 5.3.1 に示した建物用途別面積を乗じて求める。

建物用途別原単位は、「エネルギーシステムの設計情報データベース」（2015.10.30 公益社団法人空気調和・衛生工学会、以下「設計情報データベース」という）に記載された表 5.5.1 の値を用いる。

これらから定まった建物用途別原単位に、表 5.5.2 に示す地域係数を乗じて、ピーク熱負荷及び年間熱負荷を求める。

$$\text{ピーク熱負荷} = \Sigma (\text{建物用途別床面積} \times \text{建物用途別ピーク負荷原単位}) \times \text{地域係数}$$

$$\text{年間熱負荷} = \Sigma (\text{建物用途別床面積} \times \text{建物用途別年間負荷原単位}) \times \text{地域係数}$$

表 5.5.1 建物用途別熱負荷原単位

	年間熱負荷原単位						ピーク熱負荷原単位				
	事務所	官公庁	商業	宿泊	病院		事務所	官公庁	商業	宿泊	病院
冷房負荷 [MJ/m ² y]	301.7	159.8	471.8	323.5	260.7	冷房負荷 [W/m ²]	61.9	47.1	80.7	49.7	47.9
温熱負荷 [MJ/m ² y]	84.2	132.7	48.7	420.9	127.6	温熱負荷 [W/m ²]	31.8	40.4	13.1	42.5	30.7
電力負荷 [kWh/m ² y]	175.4	106.6	149.9	153.2	212.5	電力負荷 [Wh/m ²]	37.7	22.1	34.5	28.5	52.7

【出典 1】「エネルギーシステムの設計情報データベース」(2015.10.30 公益社団法人空気調和・衛生工学会)

表 5.5.2 地域係数

	最大熱負荷		年間熱負荷	
	冷房	暖房	冷房	暖房
北海道	0.8 [0.8]	1.5 [1.0]	0.5 [0.6]	2.4 [1.6]
東北	1.0	1.0	0.7	1.4
北陸			1.1	
関東			1.0	1.0
東海			1.1	0.9
近畿				
中国	1.2	0.7		
四国	1.5	0.07		
九州				
沖縄	1.1	0.5	1.5	0.07

【出典 2】「地域冷暖房技術手引書(改訂第 4 版)」(2013.11 一般社団法人都市環境エネルギー協会)

月別熱負荷、時刻別熱負荷については、設計情報データベースに記載された月別負荷パターン及び時刻別負荷パターンを用いて、年間熱負荷から平日、休日別に算出する。平日と休日の日数は省エネ基準のカレンダーパターンと合わせる。

省エネ基準のカレンダーパターンは以下の URL で公開されている。

https://www.kenken.go.jp/becc/documents/building/Definitions/CalendarPattern_20140303.pdf

なお、附属書 C で、一次エネルギー換算係数計算上の建物用途がない場合は、「エネルギー消費性能計算プログラム（非住宅版）」（国土技術政策総合研究所）を用いて熱負荷を算出する。建物の詳細が決定していない場合は、床面積と階数から建物形状を設定して計算を行う。

「エネルギー消費性能計算プログラム（非住宅版）」で求められた年間熱負荷から各月の時刻別熱負荷を作成する。具体的には、附属書 D に記載された各用途別の月別負荷比率、月別平日負荷比率、月別日数、時刻別負荷比率を考慮し、各月の時刻別熱負荷（平日、休日）を作成する。

5.5.2 導管熱損失・蓄熱槽放熱損失

熱供給プラント出口から受入施設等の入口までの導管熱損失は、以下の方法により求める。

- ・ 新設熱供給施設：本文 3.4 節の地域導管の熱損失の検討で定める導管熱損失算定方法を用いる。
- ・ 改修熱供給施設：同上または、実績値が利用できる場合は実績値を採用してもよい。

なお、蓄熱槽の放熱損失は、1日あたりの蓄熱量に対し 3%とする。

5.5.3 熱源製造熱量

熱源製造熱量は、需要家熱負荷と導管熱損失の合計とする。

$$Q_{\text{ref}} = Q_{\text{ac}} + Q_{\text{loss}}$$

Q_{ref} : 熱源製造熱量 [MJ]

Q_{ac} : 需要家熱負荷 [MJ]

Q_{loss} : 導管熱損失 [MJ]

5.6 一次エネルギー消費量の算出

5.5 で算出された熱源製造熱量を用いた年間計算により、一次エネルギー換算係数を求める。計算は、時刻別または日別に行う。

5.6.1 熱源機器別製造熱量

時刻別または日別に求めた熱源製造熱量と、熱源機器の定格能力から、5.4.4 で定めた熱源機器の運転順位に従って、優先順位の高い熱源機器から順番に運転する容量を割り当てる。

5.6.2 熱源機器別エネルギー消費量

時刻別または日別に、各機器のエネルギー消費量（電力・ガス等の使用量）を求める。熱源機器のエネルギー消費量は、熱源機器の部分負荷率、冷却水（熱源水）温度（空気熱源の場合は外気乾球温度）、冷水（温水）温度、冷却水（熱源水）流量等をもとに算出することとする。

熱源機器の部分負荷率は、以下の式により求める。

$$L_{,nt} = Q_{,nt} / Q_{,n}$$

$L_{,nt}$: 熱源機器の部分負荷率 [%]

$Q_{,nt}$: 熱源機器 n の時刻（日） t における製造熱量 [MJ]

$Q_{,n}$: 熱源機器 n の定格能力 [MJ]

冷却水（熱源水）温度は、冷却塔性能特性または外気温度との冷却水出口温度により求める。冷却塔性能特性による場合、冷却水温度は、外気湿球温度（ヒートポンプ加熱運転の場合は外気乾球温度）、熱源機器の製造熱量、冷却水流量等をもとに算出する。なお、熱源機器ごとに冷却水入口温度の下限値を設定し、その下限値を下回らないものとする。

5.6.3 熱源補機エネルギー消費量

冷却塔、冷却水ポンプ、冷水・温水一次ポンプ等の補機エネルギー消費量を算出する。冷却塔制御・冷却水ポンプ変流量制御等の自動制御を用いる場合は、制御フローや計算式を示した制御アルゴリズムどおりに算出することを基本とする。

5.6.4 搬送エネルギー消費量

冷水・温水二次ポンプ等の搬送エネルギー消費量及び搬送効率（WTF）を算出する。搬送ポンプの変流量制御等の自動制御を用いる場合は、制御フローや計算式を示した制御アルゴリズムどおりに算出することを基本とする。

搬送ポンプのWTFは、以下の式より求める。

$$WTF = Q_{\text{pump}} / E_{\text{pump}} / 3.6$$

Q_{pump} : ポンプ搬送熱量 [MJ]

E_{pump} : 搬送ポンプ電力消費量 [kWh]

5.6.5 その他の電力消費量

その他の電力として、当該熱供給施設のコージェネレーションシステムの発電量を除いた一次エネルギー消費量に対して、3%の電力消費量を加算する。

5.6.6 一次エネルギー消費量の集計

冷熱・温熱別に、年間一次エネルギー消費量を集計する。冷熱・温熱を同時に製造する熱源機器のエネルギー消費量は、「熱供給事業における冷熱・温熱別換算係数算出に係るガイドライン」(2017.6 一般社団法人日本熱供給事業協会)に従い、冷熱製造熱量と温熱製造熱量で按分する。冷熱・温熱一次エネルギー消費量は、以下の式により求める。

冷熱一次エネルギー消費量 = Σ 冷熱源機器の一次エネルギー消費量 + Σ 冷熱源補機の一次エネルギー消費量 + Σ 冷熱搬送ポンプの一次エネルギー消費量 + その他電力 (冷熱)

温熱一次エネルギー消費量 = Σ 温熱源機器の一次エネルギー消費量 + Σ 温熱源補機の一次エネルギー消費量 + Σ 温熱搬送ポンプの一次エネルギー消費量 + その他電力 (温熱)

【参考】エネルギー消費量の按分方法、「熱供給事業における冷熱・温熱別換算係数算出に係るガイドライン」
(2017.6 一般社団法人日本熱供給事業協会)

5) 冷温熱関連機器の消費電力量

- 冷温熱関連機器の消費電力量は、下記式により冷温水製造機器電力量（冷水製造用）と冷温水製造機器電力量（温水製造用）に振り分ける。

冷温水製造機器電力量（冷水製造用）

$$E. ch. co = E. corh. co + E. c\&h. to \times \frac{Q. c\&h. co}{Q. c\&h. co + Q. c\&h. ho}$$

冷温水製造機器電力量（温水製造用）

$$E. ch. ho = E. corh. ho + E. c\&h. to \times \frac{Q. c\&h. ho}{Q. c\&h. co + Q. c\&h. ho}$$

E. ch. co : 冷温水製造機器電力量（冷水製造用）[kWh]

E. ch. ho : 冷温水製造機器電力量（温水製造用）[kWh]

E. corh. co : 冷温水切替製造機器電力量（冷水製造用）[kWh]

E. corh. ho : 冷温水切替製造機器電力量（温水製造用）[kWh]

E. c&h. to : 冷温水同時製造機器電力量[kWh]

Q. c&h. co : 冷温水同時製造機器の冷水製造熱量[GJ]

Q. c&h. ho : 冷温水同時製造機器の温水製造熱量[GJ]

6) その他の電力量

- 熱供給事業に使用される電力量から熱製造用電力量を差し引いた電力量は、その他の電力量(所内電力量)とする。

$$\begin{aligned} E. ot. to &= E. to. pl - (E. co. co + E. st. co + E. ch. co) + (E. ho. ho + \\ & E. st. ho + E. ch. ho) + E. st. st \\ &= E. to. pl - (E. co. co + E. ho. ho + E. st. to + E. ch. co + E. ch. ho) \end{aligned}$$

E. ot. to : その他の電力量(所内電力量) [kWh]

E. to. pl : 熱供給事業に使用される電力量[kWh]

E. co. co : 冷水製造機器電力量[kWh]

E. ho. ho : 温水製造機器電力量[kWh]

E. st. to : 蒸気製造機器電力量[kWh]

E. st. co : 蒸気製造機器電力量（冷水製造用）[kWh]

E. st. ho : 蒸気製造機器電力量（温水製造用）[kWh]

E. st. st : 蒸気製造機器電力量（蒸気製造用）[kWh]

E. ch. co : 冷温水製造機器電力量 (冷水製造用) [kWh]

E. ch. ho : 冷温水製造機器電力量 (温水製造用) [kWh]

その他電力量 (所内電力量) は下記式によりその他の電力量 (冷水製造用) とその他の電力量 (温水製造用) とその他の電力量 (蒸気製造用) に振り分ける。

その他の電力量 (冷水製造用)

$$E. ot. co = E. ot. to \times \frac{Q. co. ld}{Q. co. ld + Q. ho. ld + Q. st. ld}$$

その他の電力量 (温水製造用)

$$E. ot. ho = E. ot. to \times \frac{Q. ho. ld}{Q. co. ld + Q. ho. ld + Q. st. ld}$$

その他の電力量 (蒸気製造用)

$$E. ot. st = E. ot. to \times \frac{Q. st. ld}{Q. co. ld + Q. ho. ld + Q. st. ld}$$

E. ot. to : その他の電力量 (所内電力量) [kWh]

E. ot. co : その他の電力量 (冷水製造用) [kWh]

E. ot. ho : その他の電力量 (温水製造用) [kWh]

E. ot. st : その他の電力量 (蒸気製造用) [kWh]

Q. co. ld : 冷水販売熱量 [GJ]

Q. ho. ld : 温水販売熱量 [GJ]

Q. st. ld : 蒸気販売熱量 [GJ]

5.7 一次エネルギー換算係数の算出

冷熱・温熱別に、一次エネルギー換算係数を求める。一次エネルギー換算係数は、以下の式により求める。一次エネルギー換算係数は、小数点以下 3 位を四捨五入し 2 桁とする。

$$K, cop, c = E, ac, c / Q, ac, c$$

$$K, cop, h = E, ac, h / Q, ac, h$$

$$K, cop = (E, ac, c + E, ac, h) / (Q, ac, c + Q, ac, h)$$

K, cop, c : 冷熱一次エネルギー換算係数 [-]

E, ac, c : 冷熱一次エネルギー消費量 [MJ]

Q, ac, c : 冷熱負荷 [MJ]

K, cop, h : 温熱一次エネルギー換算係数 [-]

E, ac, h : 温熱一次エネルギー消費量 [MJ]

Q, ac, h : 温熱負荷 [MJ]

K, cop : 総合一次エネルギー換算係数 [-]

6. 評定員による評定

6.1 妥当性の確認事項

評定員は、評定対象となる熱供給施設の一次エネルギー換算係数の算出について、以下の点について妥当性を確認する。

6.1.1 シミュレーションソフトの妥当性の検証

附属書 A に示す検証方法に基づき、シミュレーションソフトの妥当性を検証する。

- ① 使用するシミュレーションソフトで既存の熱供給施設の熱源システムを適切に設定できること
- ② シミュレーションソフトを用いて算出した計算値と既存の熱供給施設の実測値が附属書 A で定めた誤差の範囲であること。

6.1.2 評価対象とする熱供給施設の検討範囲

以下の項目が適切に示されていること。

- ① 検討範囲及び対象需要家の条件、地域導管（径・長さ・保温仕様）
- ② 供給条件（熱媒、供給温度等）
- ③ 熱源システムの構成
- ④ ほかに対象となる機器システムを特徴づける事項

6.1.3 一次エネルギー換算係数の算出と検証

- ① 気象条件及び需要家の熱負荷の設定及び計算が妥当であること
 - ・ 地域区分の選択、気象条件の設定が適切か
 - ・ 需要家の建物用途及び熱負荷原単位の設定が適切か
- ② 対象となる熱源システムの設定及び計算が妥当であること
 - ・ 熱源機器特性の設定が適切か
 - ・ 自動制御のアルゴリズムの設定が適切か
- ③ 熱源機器別製造熱量の設定及び計算が妥当であること
 - ・ 機器別製造熱量の合計値が、製造熱量（需要家熱負荷＋導管熱損失）と一致しているか
 - ・ 機器別運転時間が、熱源機器の運転優先順位通りになっているか
 - ・ 各機器の平均負荷率が適切か
- ④ 熱源機器別エネルギー消費量の計算が妥当であること
 - ・ 熱源機器特性からエネルギー消費量の求め方、冷却水温度の求め方が適切か。
 - ・ 機器別 COP が、機器表に記載の値に比べて大きくずれていないか
 - ・ 各機器の平均負荷率と COP が、機器特性に対して大きくずれていないか
- ⑤ 搬送エネルギー消費量の計算が妥当であること
 - ・ 各月の平均 WTF が、実績値の WTF と大きくかい離していないか

⑥ 一次エネルギー換算係数の計算が妥当であること

- ・ 総合、冷熱、温熱の一次エネルギー換算係数が、実績値と大きくずれていないか

6.2 評価に要する資料

任意評価のために必要な提出資料は、以下のとおりとする。

なお申請例は、附属書 B. を参照のこと。

6.2.1 一次エネルギー換算係数の算出（附属書 B.1）

（1）評価対象とする熱供給施設及び対象需要家の範囲

1) 検討範囲及び対象需要家の条件、地域導管径・長さ

- ①熱供給施設の概要（熱供給事業登録申請書等）
- ②供給範囲
- ③対象需要家一覧
- ④地域導管径・長さ・保温仕様

2) 供給条件

- ①熱媒、供給温度等

3) 熱源システムの構成

- ①熱供給設備（機器表、系統図、自動制御図等）

4) ほかに評価対象となる機器システムを特徴づける事項

（2）一次エネルギー換算係数の算出に必要となる入力項目

1) 地域及び需要家の熱負荷に関する事項

- ①気象条件
- ②熱負荷原単位・負荷パターン
- ③需要家の熱負荷

2) 対象となる熱源システムに関する事項

- ①熱源機器特性
- ②熱源の運転順位
- ③自動制御のアルゴリズム

（3）一次エネルギー換算係数の算出過程及び結果

- 3) 月別供給熱量、製造熱量（冷熱・温熱）
- 4) 熱源機器別製造熱量、エネルギー消費量、運転時間、補機エネルギー消費量
- 5) 熱源機器別一次エネルギーCOP（単体 COP・システム COP）
- 6) 搬送ポンプ電力消費量、搬送効率（WTF）

- 7) 一次エネルギー消費量 (冷熱・温熱)
- 8) 一次エネルギー換算係数 (総合・冷熱・温熱)

6.2.2 シミュレーションソフトの検証 (附属書 B.2)

- (1) 使用したシミュレーションソフトの概要
- (2) 実測した既存プラントの熱源システムの系統図、機器表及び検証概要
- (3) 実測と比較する際にシミュレーションソフトに与える計算条件
- (4) シミュレーションソフトを用いて算出した計算値と既存プラントの運転実測値との比較による妥当性の検証
 - 1) 年間製造熱量
 - 2) 熱源機器別エネルギー効率
 - 3) 冷却塔の性能
 - 4) システム別エネルギー効率
 - 5) 搬送動力のエネルギー効率
 - 6) 一次エネルギー消費量
 - 7) 一次エネルギー換算係数

7. 評定書に記載する性能

評定書には、任意評定実施要領に定める事項と併せ、以下の性能を明示する。

- ・ 評定書が適用される熱供給範囲
- ・ 一次エネルギー換算係数の値 (総合・冷熱・温熱)

附属書 A シミュレーションソフトの妥当性の検証方法

熱供給プラントの場合、過去の運転実績に基づく膨大なデータを積み重ねており、計算値と運転実績値との差異を比較的容易に検証できるという特徴がある。このため、申請に使用するシミュレーションソフトを用いて、あらかじめ既存の熱供給プラントの運転実績値と計算値との比較を行い、シミュレーションソフトの妥当性を検証することとする。検討に使用するシミュレーションソフトについては、A-4 で定めた検証項目が確認できるソフトとする。

A.1 検証手順

一次エネルギー換算係数の計算に用いるシミュレーションソフトの妥当性を検証するために、実際に運転している既存の熱供給プラントの負荷データをもとに、あらかじめ本シミュレーションソフトを用いて算出した計算結果と運転実測データとの比較検証を行う。既存の熱供給プラントの場合、機器の劣化等があるため、必ずしも計算結果と一致するわけではないが、参考として比較検証を行う。検証手順を図 A.1.1 に示す。

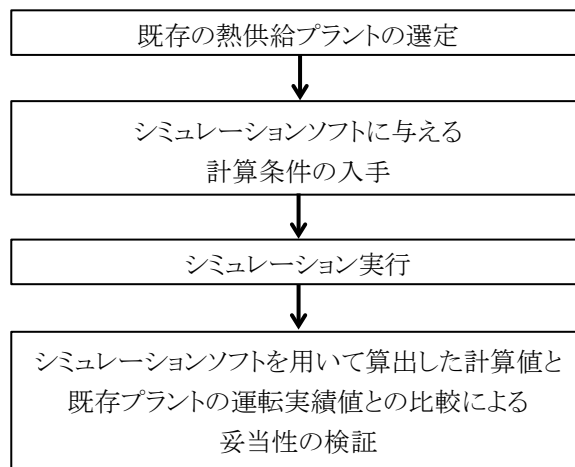


図 A.1.1 シミュレーションソフト妥当性の検証手順

A.2 既存の熱供給プラントの選定

シミュレーションソフトの妥当性を検証するために実測値を用いる既存プラントは、以下の項目を考慮し申請を行うプラントの機器構成に近いものを選定する。

- ・熱源機器システム構成（熱源機器種類、機器仕様など）
- ・自動制御（CGS 制御、冷却水制御、冷温水制御など）
- ・供給条件（熱媒、供給温度）

A.3 実測と比較する際にシミュレーションソフトに与える計算条件

1) 既存の熱供給プラントの供給条件、仕様等

- ・ 熱源機器種別、機器仕様
- ・ 熱源機器の運転順位
- ・ 自動制御、制御アルゴリズム
- ・ 供給条件（熱媒、供給温度）

2) 既存の熱供給プラントの実測値

既存の熱供給プラントとシミュレーションソフトの機器の運転状態を一致させるため、以下の条件は既存の熱供給プラントの実測値を用いる。熱供給プラントの実績値は1年間のデータを使用する。

- ・ 気象条件
- ・ 需要家の熱負荷（冷熱、温熱）

3) 機器特性等

- ・ シミュレーション上の機器特性値は、Webプログラムの機器特性を用いる。
- ・ シミュレーション上の往還温度は、実績値を用いることを基本とする。

4) 入力情報の提示

- ・ 1)～3)までの情報をまとめてシミュレーション上に入力した入力情報や入力画面等を提示する。

A.4 シミュレーションソフトを用いて算出した計算値と既存プラントの運転実測値との比較による妥当性の検証

シミュレーションソフトを用いて以下の計算値を求め、既存プラントの実測値との比較により、シミュレーションソフトの妥当性を検証する。

1) 年間製造熱量

① 計算値と実測値との比較

熱源機器の年間製造熱量について計算値と実績値との比較を行う。

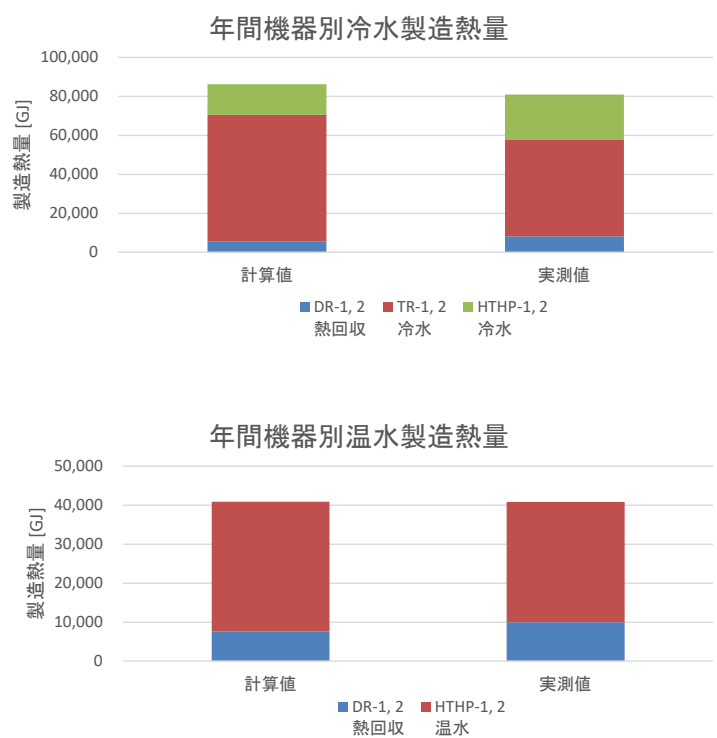


図 A. 4. 1 熱源機器別製造熱量の計算値と実績値との比較の例

②妥当性の検証

計算結果の妥当性は、以下の観点から判断する。

- ・ 熱源機の年間製造熱量について、計算値と実績値が±10%の範囲であることを確認する。
- ・ 計算値と実績値の差±10%以上の場合、その理由を明らかにする。

2) 熱源機器別エネルギー効率

①計算値と実測値との比較

熱源機器の単体 COP について、計算値と実績値との比較を行う。データは年間の月別または時刻別の値とする。

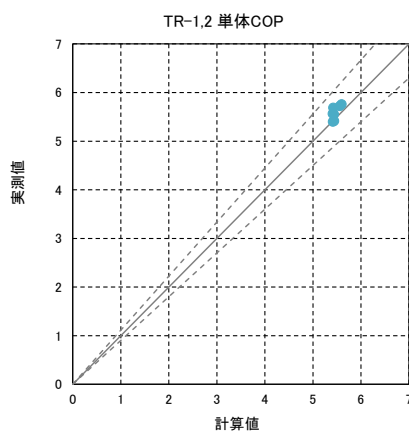


図 A. 4. 2 熱源機器別単体 COP の計算値と実績値との比較の例

②妥当性の検証

計算結果の妥当性は、以下の観点から判断する。

- ・ 熱源機の単体 COP について、計算値と実績値が±10%の範囲であることを確認する。
- ・ 計算値と実績値の差±10%以上の場合、その理由を明らかにする。

3) 冷却塔の性能

①計算値と実測値との比較

冷却塔の冷却水出口温度について、計算値と実績値との比較を行う。データは年間の月別または時刻別の値とする。

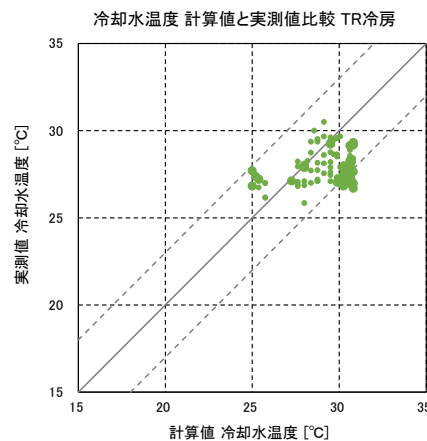


図 A. 4. 3 冷却塔の冷却水出口温度の計算値と実績値との比較の例

②妥当性の検証

計算結果の妥当性は、以下の観点から判断する。

- ・ 冷却水出口音素について、計算値と実績値が±3°Cの範囲であることを確認する。
- ・ 計算値と実績値の差±3°C以上の場合、その理由を明らかにする。

4) 熱源システム別エネルギー効率

①計算値と実測値との比較

熱源機器のシステム COP について、計算値と実績値との比較を行う。データは年間の月別または時刻別の値とする。

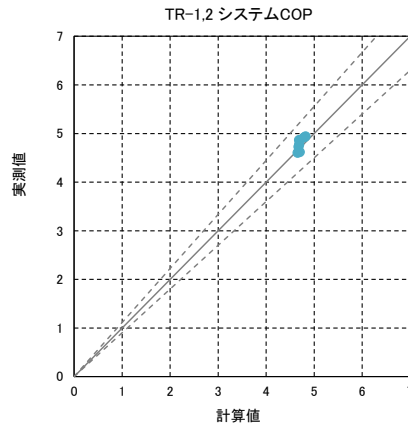


図 A. 4. 4 熱源機器別システム COP の計算値と実績値との比較の例

②妥当性の検証

計算結果の妥当性は、以下の観点から判断する。

- ・ 熱源システムのシステム COP について、計算値と実績値が±10%の範囲であることを確認する。
- ・ 計算値と実績値の差±10%以上の場合、その理由を明らかにする。

5) 搬送動力のエネルギー効率

①計算値と実測値との比較

搬送ポンプの WTF について、計算値と実績値との比較を行う。データは年間の月別または時刻別の値とする。

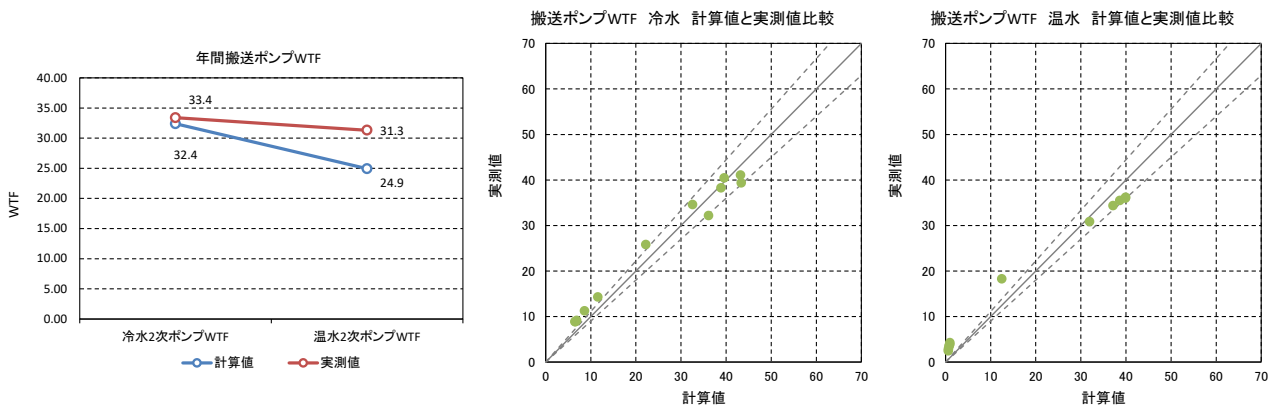


図 A. 4. 5 搬送ポンプ WTF の計算値と実績値との比較の例

②妥当性の検証

計算結果の妥当性は、以下の観点から判断する。

- ・ 搬送ポンプ WTF について、計算値と実績値が±10%の範囲であることを確認する。
- ・ 計算値と実績値の差±10%以上の場合、その理由を明らかにする。

6) 一次エネルギー消費量

①計算値と実測値との比較

冷熱一次エネルギー消費量、温熱一次エネルギー消費量、全体一次エネルギー消費量について、年間の計算値と実績値との比較を行う。

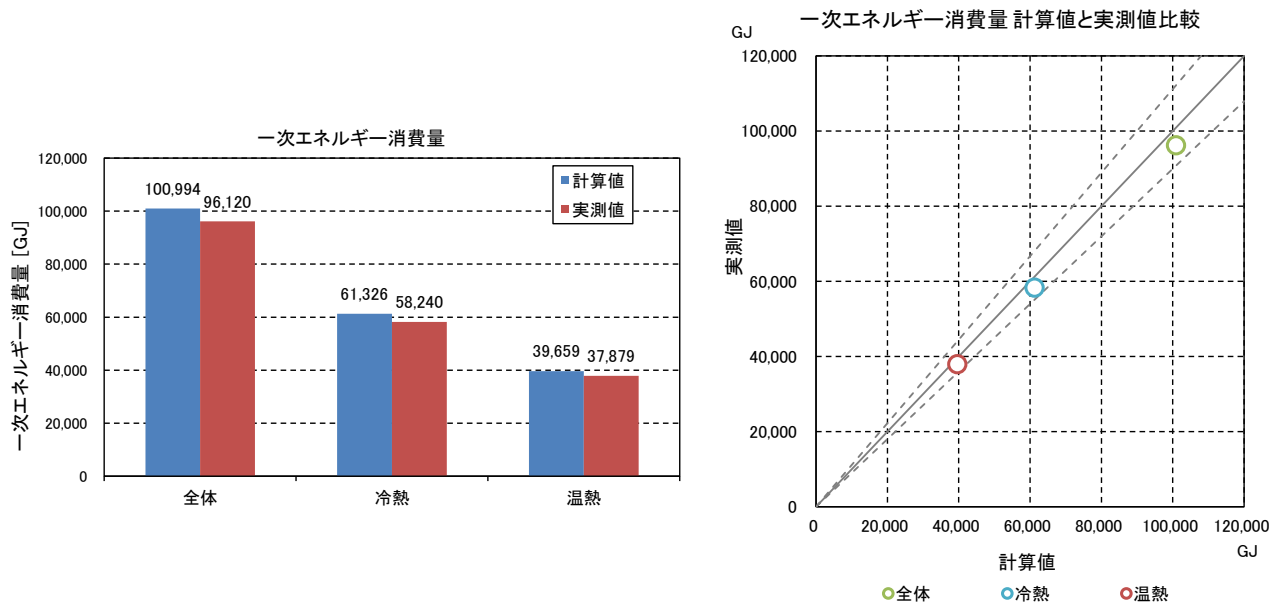


図 A.4.6 一次エネルギー換算係数の計算値と実績値との比較の例

②妥当性の検証

計算結果の妥当性は、以下の観点から判断する。

- ・ 一次エネルギー換算係数について、計算値と実績値が±10%の範囲であることを確認する。
- ・ 計算値と実績値の差±10%以上の場合、その理由を明らかにする。

7) 一次エネルギー換算係数

①計算値と実測値との比較

冷熱一次エネルギー換算係数、温熱一次エネルギー換算係数、総合一次エネルギー換算係数について、年間の計算値と実績値との比較を行う。

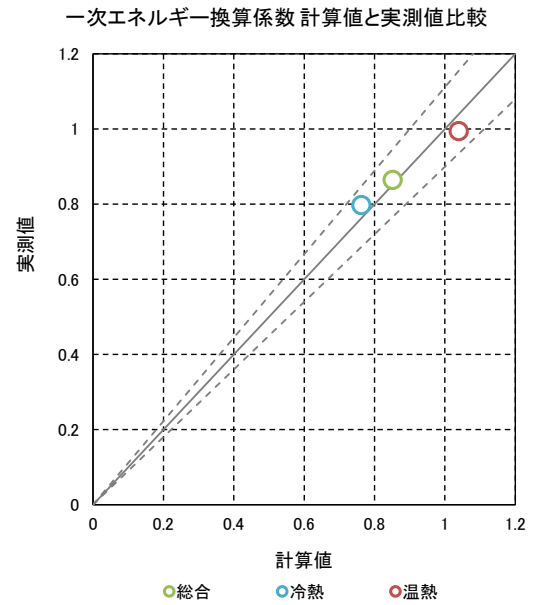
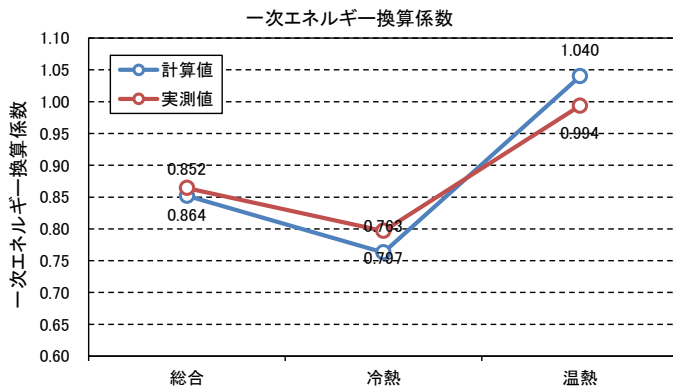


図 A. 4. 7 一次エネルギー換算係数の計算値と実績値との比較の例

②妥当性の検証

計算結果の妥当性は、以下の観点から判断する。

- ・ 一次エネルギー換算係数について、計算値と実績値が±10%の範囲であることを確認する。
- ・ 計算値と実績値の差±10%以上の場合、その理由を明らかにする。

附属書 B 一次エネルギー換算係数の算出に関わる根拠資料の例（その1）

B.1 一次エネルギー換算係数の算出

(1) 評価対象とする熱供給プラントの検討範囲

1) 検討範囲及び対象需要家の条件、地域導管径・長さ

① 熱供給プラントの概要（熱供給事業登録申請書等）

様式第1（第3条関係）

熱供給事業登録申請書

平成〇〇年〇〇月〇〇日

経済産業大臣 〇〇 〇〇 殿

住所 東京都港区虎ノ門10-3-20

氏名 日本熱供給株式会社

代表取締役社長 〇〇 〇〇 印

熱供給事業法第3条の規定により、熱供給事業の登録を受けたいので、次のとおり申請します。

(虎ノ門10丁目地域)

主たる営業所	名称		日本熱供給株式会社			
	所在地		東京都港区虎ノ門10-3-20			
その他の営業所	名称					
	所在地					
熱供給施設	設置の場所 (都道府県郡市区町村 字番地及び事業場名 を記載すること。)		種類	能力		
				加熱能力	冷却能力	
ボイラー	東京都港区 虎ノ門10-3- 20	虎ノ門10丁目 目エネルギー センター	蒸気ボイラー (都市ガス)	55,000GJ/h		
ヒートポンプ				30,000GJ/h	30,000GJ/h	
熱交換器 (他の者から供給され る温水等を使用する ものに限る。)						
冷凍設備 (冷却用のみに使用 されるものに限る。)			ターボ冷凍機		30,000GJ/h	
			吸収式冷凍機		30,000GJ/h	
温水又は冷水の貯水槽			—	2,000m ³		
輸送導管	設置の場所		内径 (mm)	温水等の温度 (℃)	温水等の圧力 (MPa)	
	区間	経過地				
	港区10丁目 ●●番地○ ○号から● ●番地△△ 号まで	国道1号線を 縦横断	温水管 (往) 300.0 (復) 300.0 冷水管 (往) 400.0 (復) 400.0	温水管 (往) 90.0 (復) 50.0 冷水管 (往) 7.0 (復) 14.0	温水管 (往) 0.93 (復) 0.93 冷水管 (往) 0.93 (復) 0.93	

- 1 -

他の者から温水等の供給を受ける場合における当該温水等の熱量等	契約の相手方の事業者名・所在地・契約締結日等						
	事業者名	事業者の所在地	契約締結日	契約期間	温水等の別	契約容量 (GJ/h)	備考
供給能力	温水等の別	供給能力の内訳 (GJ/h)				備考	
		熱源機器能力	蓄熱能力	他の者から調達する供給能力	合計		
	温水	85,000	0	0	85,000		
	冷水	90,000	30,000	0	120,000		
熱供給に対する需要	温水等の別	契約容量の見込み (単純合計)		最大需要の見込み	備考		
	温水	80,000 GJ/h		75,000 GJ/h			
	冷水	100,000 GJ/h		90,000 GJ/h			
事業開始の予定年月日	平成28年4月1日						
電話番号、電子メールアドレスその他の連絡先	本社 電話 03-3508-00001、 エネルギーセンター 電話 03-3508-00002 アドレス OOO@△△△.co.jp						
その行う熱供給事業以外の事業の概要	なし						

- 備考
- 1 ボイラーの「種類」の欄には、型式及び使用燃料を付記すること。
 - 2 「能力」の欄には、加熱能力又は冷却能力（温水又は冷水の貯水槽にあつては、最大貯水容量）を記載すること。
 - 3 輸送導管の「設置の場所」を記載するに当たつては、連続する導管であつて、その内径及び導管内の蒸気等の温度及び圧力が同一である範囲のものを一区間とし、「区間」の欄にはその始点及び終点の所在地を記載するとともに、「経通地」の欄には当該導管が経過する地名を記載すること。また、同一の輸送導管により温水等を輸送する場合には、「温水等の温度」及び「温水等の圧力」の欄には温水等を区分して記載すること。
 - 4 他の者から温水等の供給を受ける場合にあつては、「契約の相手方の事業者名・所在地・契約締結日等」の「備考」の欄に当該他の者の施設がメンテナンスに入る期間を記載すること。また、当該期間に当該他の者からの温水等が供給能力として見込めない場合には、その温水等については、供給能力に算入しないこと。
 - 5 該当事項のない欄は、省略すること。
 - 6 用紙の大きさは、日本工業規格 A 4 とすること。
 - 7 氏名を記載し、押印することに代えて、署名することができる。この場合において、署名は必ず本人が自署するものとする。

図 B.1.1 熱供給事業登録申請書

熱供給事業を営む地域を明示した縮尺五万分の一の地形図

1:50,000 地形図 NI-54-25-2
とうきょうとほくほく (東京2号)

東京東北部

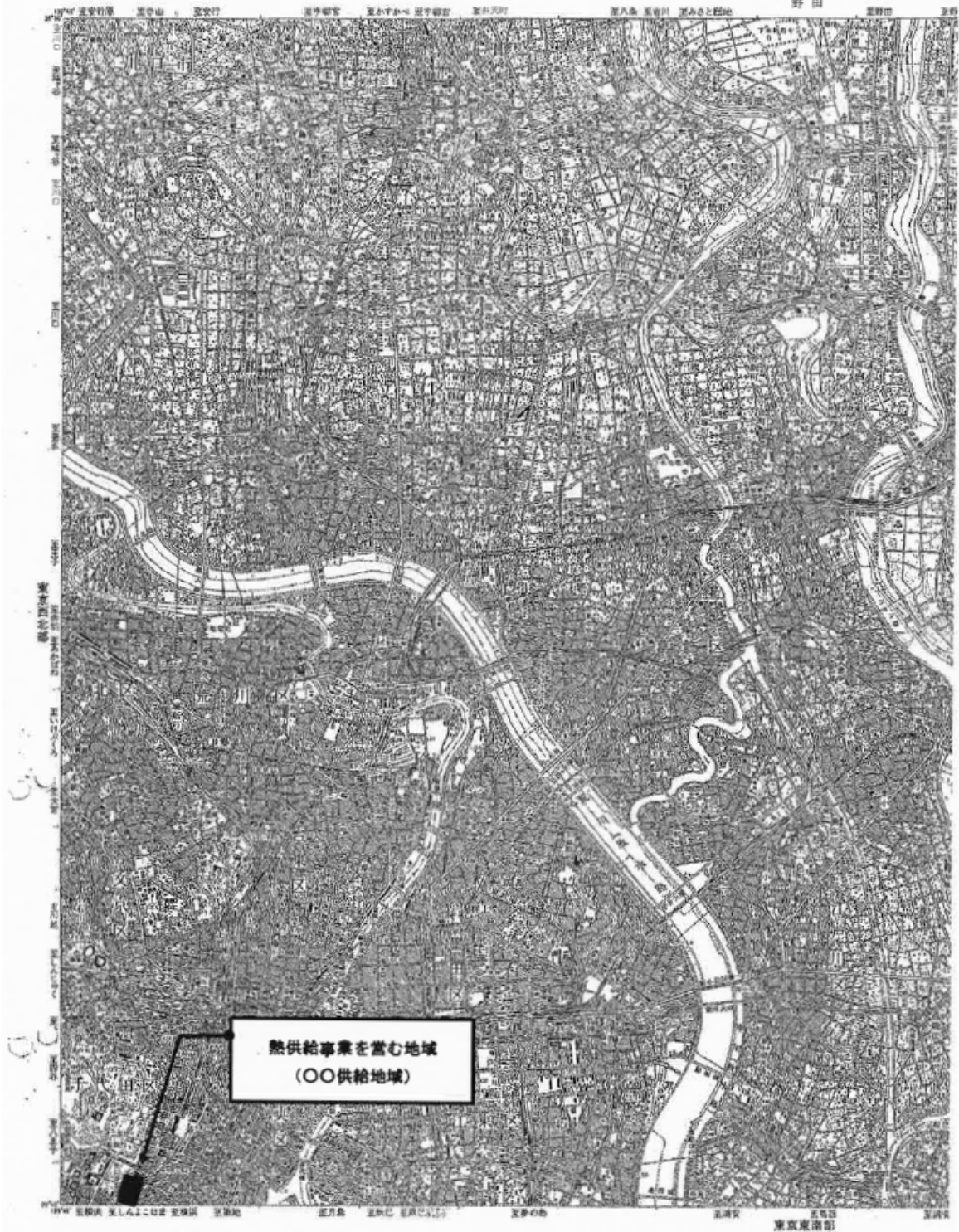


図 B. 1.2 熱供給事業の位置図

② 供給範囲

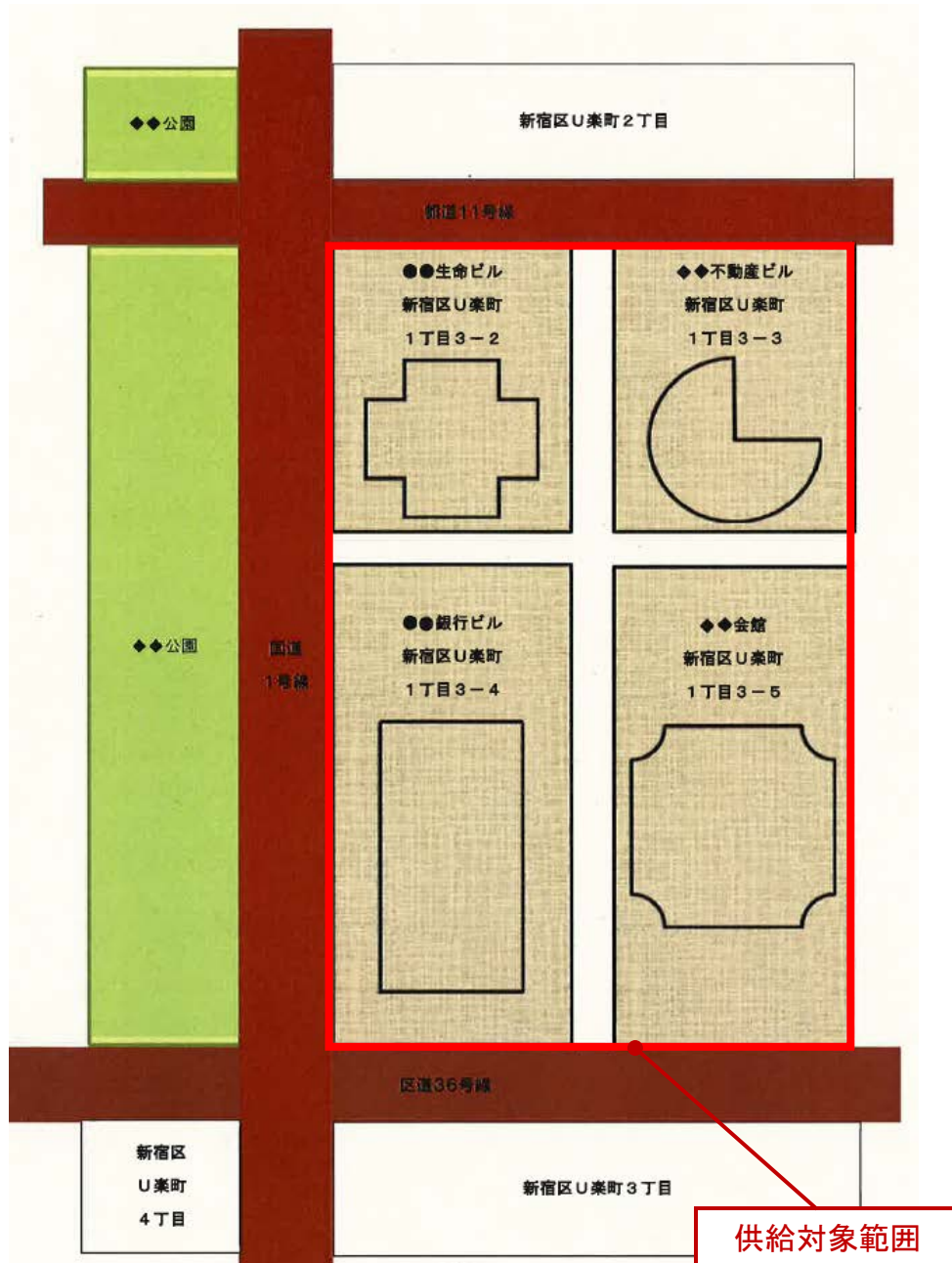


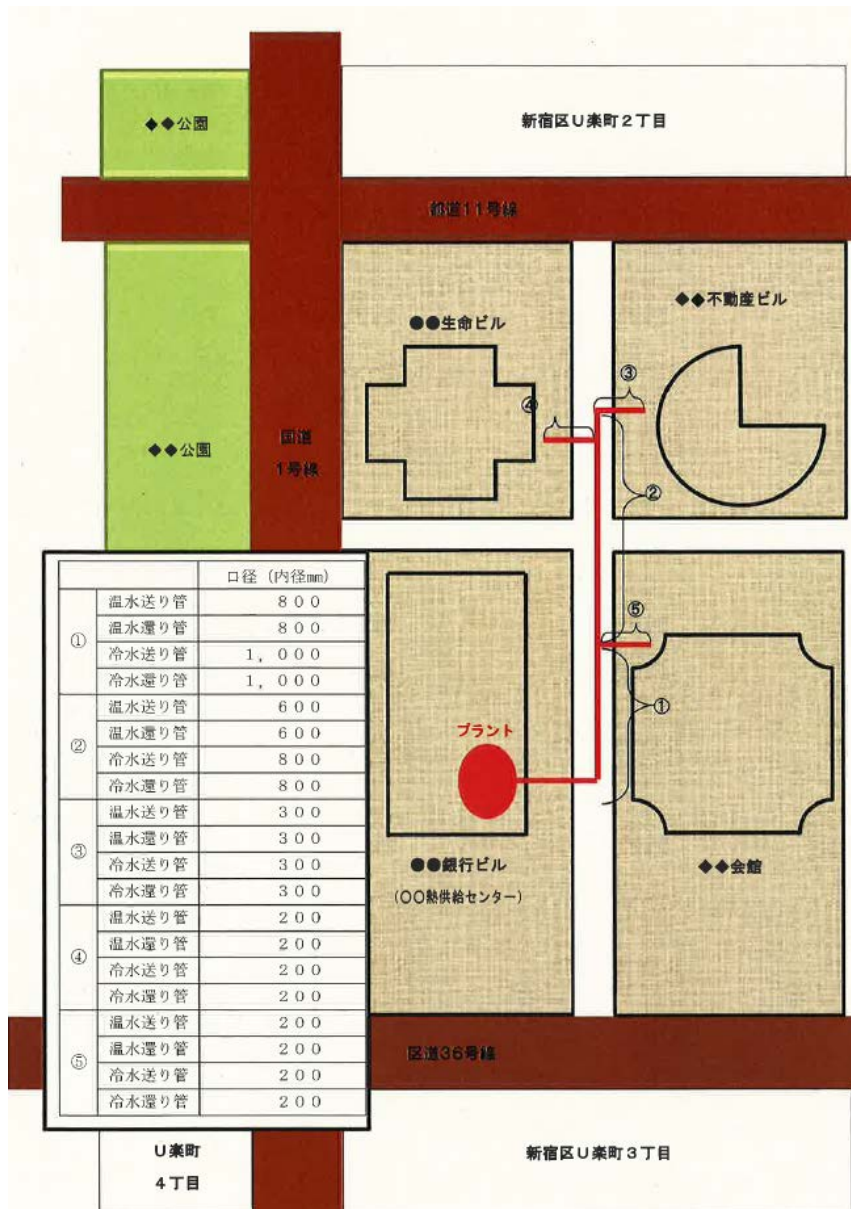
図 B. 1. 3 熱供給の対象範囲

③ 対象需要家一覧

表 B. 1. 1 需要家一覧表

名称	竣工年月	任意評定 対象施設	延床面積 (㎡)	用途別床面積(㎡)						
				事務所	商業	宿泊	病院	官公庁	ホール	
A銀行ビル	2020.04	○	120,000	120,000						
B会館	2020.06	○	90,000	20,000	10,000			10,000	50,000	
C不動産ビル	2022.12	○	150,000	100,000	20,000	30,000				
D生命ビル	2024.04		100,000	80,000	15,000		5,000			
合計			360,000	240,000	30,000	30,000	0	10,000	50,000	0

④ 地域導管径・長さ・保温仕様



熱媒種類	区間	口径(A)	設置方法	保温仕様	延長(m)
冷水(片道長さ)		250A	洞道	高密度ウレタン保温材	100
		300A	洞道	高密度ウレタン保温材	100
温水(片道長さ)		250A	直埋	高密度ウレタン保温材	200

図 B.1.4 地域導管の設置内容

2) 供給条件

① 熱媒、供給温度等

シミュレーション上の往還温度は、表 B.1.2 の値で固定とする。

表 B.1.2 熱供給条件

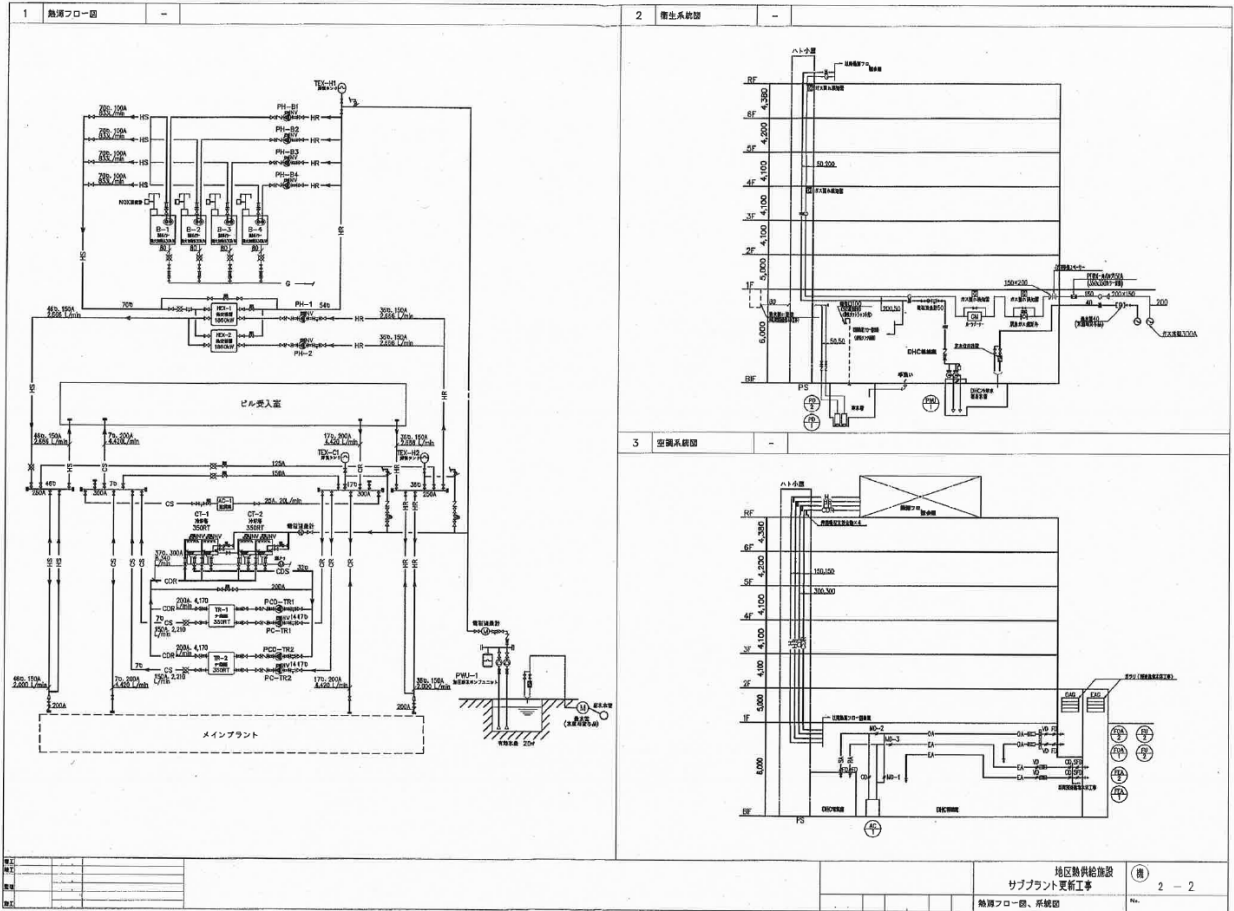
熱媒種類	往温度	還温度
冷水	7°C	17°C
温水	45°C	35°C

3) 熱源システムの構成

① 熱供給設備（機器表、系統図、自動制御図等）

表 B.1.3 機器リスト

記号	名称	仕様	台数 合計	動力 [kW]	電圧 [V]	備考					
HTHP-1, 2	ヒータリングタワー ヒートポンプ	型式	ターボヒートポンプ	2							
		冷媒	R-123								
		冷水能力	kW (RT)								
		冷水条件	m ³ /h (13.0℃~5.0℃)								
		冷却水条件	m ³ /h (31.0℃~36.0℃)								
		電力消費量	kW								
		COP	消費電力ベース)								
		温水能力	kW (Mcal/h)								
		温水条件	m ³ /h (40.0℃~48.0℃)								
		プライン条件	m ³ /h (-7.0℃~-11.0℃)								
		電力消費量	kW								
		COP	消費電力ベース)								
		冷温同時能力	kW (RT)								
		冷水条件	kW (Mcal/h)								
温水条件	m ³ /h (13.0℃~5.0℃)										
電力消費量	kW										
冷COP	消費電力ベース) (冷温COP: 6.40)										
メインモータ	メイン: kW x 2、ブースター: kW x 1			6,600							
					6,600						
DR- 1, 2	熱回収ターボ冷凍機	型式	ダブルバンドルターボヒートポンプ	2							
		冷媒	R-123								
		冷水能力	kW (RT)								
		冷水条件	m ³ /h (13.0℃~5.0℃)								
		冷却水条件	m ³ /h (31.0℃~36.0℃)								
		電力消費量	N								
		COP	消費電力ベース)								
		熱回収時能力	kW (RT)								
		冷水条件	kW (Mcal/h)								
		温水条件	m ³ /h (13.0℃~5.0℃)								
		電力消費量	N								
		冷COP	消費電力ベース) (冷温COP: 6.80)								
		メインモータ	N							6,600	
TR- 1, 2	ターボ冷凍機	型式	ターボ冷凍機	2							
		冷媒	R-123								
		冷水能力	kW (RT)								
		冷水条件	m ³ /h (13.0℃~5.0℃)								
		冷却水条件	m ³ /h (31.0℃~36.0℃)								
		電力消費量	N								
		COP	消費電力ベース)								
メインモータ	N			6,600							
CHT- 1, 2	冷却加熱塔	型式	開放式角型クロスフロー、低騒音型	2							
		冷却能力	kW (Mcal/h)								
		冷却水条件	m ³ /h (36.0℃~31.0℃)								
		外気条件	°B								
		加熱能力	kW (Mcal/h)								
		プライン条件	m ³ /h (-11.0℃~-7.0℃)								
		外気条件	°WB								
ファンモータ	N x 8			400							
制御方式	台数制御										
CT- 1	冷却塔	型式	開放式角型クロスフロー、低騒音型	1							
		冷却能力	kW (Mcal/h)								
		冷却水条件	m ³ /h (38.0℃~31.0℃)								
		外気条件	B								
		ファンモータ	N x 8							400	
制御方式	台数制御										
Z- 1, 2	冷水蓄熱槽	型式	成層型	2							
		容量	m ³								
		温度差	8℃								
Y- 2, 3	冷温水蓄熱槽	型式	成層型	2							
		容量	m ³								
		温度差	8℃								
CP1- T-1, 2	冷水一次ポンプ (TR系統)	型式	片吸込渦巻ポンプ	2							
		水量	m ³ /h								
		揚程	20.5 m								
		モータ	37 kW						37	400	
総合効率	69.8%										
HP1- H-1, 2	温水一次ポンプ (HTHP系統)	型式	片吸込渦巻ポンプ	2							
		水量	m ³ /h								
		揚程	26 m								
		モータ	37 kW						37	400	
総合効率	68.4%										
CP2- 1~5	冷水二次ポンプ	型式	片吸込渦巻ポンプ	5							
		水量	m ³ /h								
		揚程	64.5 m								
		モータ	180 kW						180	400	
総合効率	72.0%										
CP2- 6, 7	冷水二次ポンプ	型式	片吸込渦巻ポンプ	2							
		水量	m ³ /h								
		揚程	64.5 m								
		モータ	110 kW インバータ制御						110	400	
総合効率	69.9%										
HP2- 1~3	温水二次ポンプ	型式	片吸込渦巻ポンプ	3							
		水量	m ³ /h								
		揚程	64.5 m								
		モータ	132 kW						132	400	
総合効率	71.2%										



冷温水供給制御-1

運用概要

- 各モード共通制御です。
- 需要家の負荷に対応し、ポンプの台数制御及び小容量ポンプのインバータ制御を行います。又供給側温水の温度圧力制御を行います。

監視ポイント

<p>＜＜ 冷水系 ＞＞</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.W棟・X棟複合冷水供給流量 (FT-WX01) 2.2棟冷水供給流量 (FT-Z01) 3.Y棟冷水供給流量 (FT-Y01) 4.冷水送りヘッダー温度 (TE-PC01) 5.冷水送りヘッダー圧力 (PT-PC01) 6.冷水送りヘッダー温度 (TE-PC02)：監視用 7.冷水送りヘッダー圧力 (PT-PC02) 8.冷水PH (NH-PC01)：監視用 9.冷水導電率 (Cl-PC01)：監視用 10.冷水ポンプ (CP-2-1~7) 運転状態 	<p>＜＜ 温水系 ＞＞</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.W棟・X棟複合温水供給流量 (FT-WX02) 2.2棟温水供給流量 (FT-Z02) 3.Y棟温水供給流量 (FT-Y02) 4.温水送りヘッダー温度 (TE-PH01) 5.温水送りヘッダー圧力 (PT-PH01) 6.温水送りヘッダー温度 (TE-PH02)：監視用 7.温水送りヘッダー圧力 (PT-PH02) 8.温水PH (NH-PH01)：監視用 9.温水導電率 (Cl-PH01)：監視用 10.温水ポンプ (HP-2-1~6) 運転状態
---	---

1. 冷水供給ポンプ台数制御

1) 自動制御

- 各需要家(W棟・X棟、Z棟、Y棟)への冷水供給流量を算出し、供給流量にみあったポンプ台数を算出します。
- 供給ポンプは負荷がインバータ機2台分 (CP-2-6,7) の容量より小さい場合は、インバータ機2台による台数制御を行い、インバータ機2台分の容量を超えた場合はインバータ機2台運転に加え、大容量ポンプ (CP-2-1~5) の台数制御を行います。
- 台数制御のポンプ運転順序はポンプ運転/停止により自動切換えを行います。
- 単独運転モードで起動したポンプは台数制御対象外となります。

ポンプ増設条件: 流量規定値以上又はインバータ回転数100 %
ポンプ減設条件: 流量規定値以下且つインバータ最低回転数

2. 小容量ポンプインバータ制御

1) 自動制御

- 冷水供給ポンプの内、小容量ポンプ (CP-2-6,7) はインバータ制御を行います。
- 各需要家(W棟・X棟、Z棟、Y棟)への冷水供給流量から冷水送りヘッダー圧力設定値 (各需要家の高選択) を作成し、冷水送りヘッダー圧力が設定値となるよう、インバータ制御を行います。

3. 冷水送りヘッダー温度制御

1) 自動制御

- 冷水送りヘッダー温度が設定値より低い場合、送り側冷水の一部を送り側へ合流させ、温度を規定値に保ちます。

3. 冷水送りヘッダー圧力制御

1) 自動制御

- 冷水送りヘッダー圧力が設定値となるよう、冷水送りヘッダー圧力調節弁を制御します。

CT-1冷却塔制御

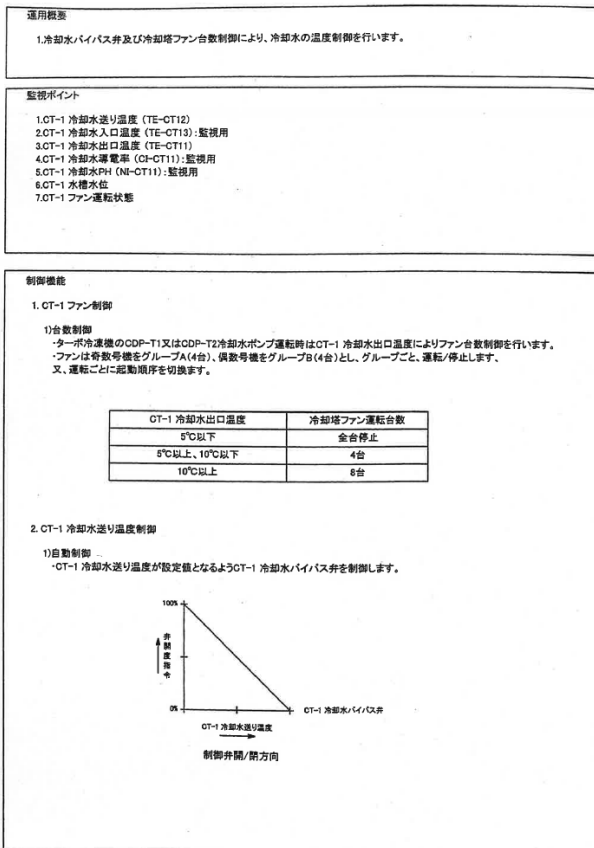


図 B. 1. 5 自動制御の計装図

4) ほかに評価対象となる機器システムを特徴づける事項

(2)一次エネルギー換算係数の算出に用いる資料

1) 地域及び需要家の熱負荷に関する事項

① 気象条件

外気温度と湿球温度は、WEB データを月別時刻別で単純平均したデータを使用する。

表 B.1.4 外気の乾球温度及び湿球温度（第6地域）

WEBデータの平均乾球温度
℃

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	8月2日	2月25日
													夏季設計日	冬季設計日
0-1時	3.4	3.1	5.3	12.5	16.2	21.2	25.3	26.0	21.9	15.3	10.3	5.2	25.3	-2.7
1-2時	3.1	2.7	4.9	12.0	15.7	20.7	25.0	25.6	21.6	15.0	10.0	5.0	24.8	-2.9
2-3時	2.9	2.2	4.6	11.4	15.2	20.4	24.7	25.2	21.3	14.7	9.7	4.8	24.0	-3.2
3-4時	2.7	1.9	4.4	10.9	14.9	20.0	24.5	24.9	20.9	14.5	9.3	4.6	23.4	-3.6
4-5時	2.6	1.6	4.1	10.6	14.6	19.8	24.3	24.6	20.7	14.2	9.0	4.3	23.1	-3.8
5-6時	2.3	1.6	3.8	10.4	14.5	19.7	24.2	24.5	20.4	13.9	8.8	4.2	23.0	-3.8
6-7時	2.1	1.5	3.8	10.5	14.9	20.1	24.6	24.7	20.4	13.8	8.6	4.0	23.5	-3.7
7-8時	2.1	1.8	4.7	11.4	15.9	21.0	25.5	25.6	21.1	14.3	8.9	4.1	25.0	-3.0
8-9時	3.0	3.0	6.4	13.0	17.3	22.3	26.6	26.8	22.5	15.8	9.9	5.0	27.4	-1.1
9-10時	4.5	4.6	8.3	14.8	18.7	23.6	27.6	27.9	23.9	17.7	11.6	6.5	29.8	1.6
10-11時	5.9	6.1	9.8	16.2	19.9	24.6	28.5	28.9	25.0	19.2	13.3	7.9	31.7	4.1
11-12時	6.8	7.1	10.7	17.2	20.8	25.5	29.3	29.6	26.0	20.2	14.5	9.0	33.1	5.3
12-13時	7.4	7.6	11.4	17.9	21.5	26.1	29.8	30.1	26.6	20.7	15.2	9.5	33.7	5.7
13-14時	7.7	7.8	11.9	18.4	22.1	26.3	30.1	30.6	26.9	21.1	15.6	9.8	34.2	5.1
14-15時	7.9	7.9	12.1	18.7	22.4	26.4	30.2	30.9	26.9	21.2	15.8	10.0	34.9	4.3
15-16時	7.7	7.7	12.0	18.7	22.4	26.3	30.0	30.9	26.7	21.0	15.6	9.9	35.3	4.6
16-17時	7.3	7.3	11.6	18.4	22.1	26.1	29.7	30.5	26.4	20.5	15.1	9.4	34.8	4.9
17-18時	6.7	6.7	10.7	17.8	21.5	25.7	29.2	29.9	25.8	19.7	14.4	8.6	33.5	4.4
18-19時	6.0	6.1	9.7	17.0	20.6	25.0	28.6	29.1	25.0	18.7	13.6	7.8	31.4	3.6
19-20時	5.4	5.5	8.6	16.1	19.7	24.3	28.0	28.3	24.3	17.9	12.7	7.1	29.7	2.6
20-21時	4.9	5.0	7.8	15.3	18.9	23.6	27.3	27.7	23.6	17.1	12.1	6.6	28.7	1.9
21-22時	4.4	4.5	7.1	14.5	18.3	22.9	26.8	27.2	23.1	16.5	11.5	6.1	27.5	1.1
22-23時	4.0	3.9	6.5	13.8	17.7	22.3	26.3	26.8	22.5	15.9	11.0	5.7	26.7	0.0
23-24時	3.7	3.5	6.0	13.2	17.0	21.7	25.8	26.4	22.1	15.4	10.5	5.3	26.2	-0.6

WEBデータの平均湿球温度
℃

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	8月2日	2月25日
													夏季設計日	冬季設計日
0-1時	1.3	0.8	3.7	9.3	13.4	18.1	22.7	23.5	19.1	13.2	8.2	3.1	22.0	-4.5
1-2時	1.2	0.5	3.4	9.0	13.2	18.0	22.6	23.4	19.0	13.0	8.0	3.0	21.7	-4.6
2-3時	1.0	0.3	3.1	8.8	13.1	17.9	22.5	23.3	18.8	12.9	7.8	2.8	21.5	-4.6
3-4時	0.9	0.1	3.0	8.6	12.9	17.7	22.4	23.2	18.7	12.7	7.5	2.7	21.4	-4.9
4-5時	0.7	-0.1	2.8	8.5	12.8	17.7	22.3	23.1	18.6	12.6	7.3	2.5	21.5	-5.1
5-6時	0.6	0.0	2.7	8.4	12.7	17.7	22.3	23.0	18.6	12.5	7.1	2.5	21.5	-5.1
6-7時	0.5	-0.1	2.8	8.5	12.9	17.9	22.5	23.1	18.6	12.4	6.9	2.4	21.7	-5.0
7-8時	0.6	0.1	3.4	9.0	13.3	18.3	22.9	23.4	18.9	12.6	7.0	2.4	22.2	-4.3
8-9時	1.1	0.9	4.4	9.9	13.9	18.8	23.3	23.7	19.4	13.2	7.6	3.0	23.0	-2.6
9-10時	2.1	1.8	5.4	10.6	14.5	19.3	23.7	24.0	19.8	13.9	8.5	3.8	23.7	-0.6
10-11時	2.9	2.6	6.2	11.1	14.9	19.6	23.9	24.3	20.1	14.5	9.4	4.6	24.3	0.9
11-12時	3.4	3.1	6.6	11.5	15.2	19.8	24.1	24.4	20.4	14.8	10.1	5.2	24.7	1.4
12-13時	3.7	3.3	6.9	11.7	15.4	20.0	24.3	24.6	20.5	15.0	10.4	5.4	24.9	1.5
13-14時	3.8	3.5	7.2	11.8	15.5	20.0	24.3	24.7	20.6	15.1	10.5	5.5	25.0	0.9
14-15時	3.9	3.6	7.3	11.8	15.4	20.0	24.2	24.7	20.5	15.1	10.5	5.6	25.2	1.0
15-16時	3.9	3.5	7.3	11.7	15.4	20.0	24.2	24.7	20.5	15.0	10.5	5.6	25.1	1.3
16-17時	3.7	3.4	7.0	11.5	15.2	19.9	24.1	24.6	20.4	14.9	10.4	5.3	24.4	1.2
17-18時	3.3	3.0	6.7	11.3	15.0	19.7	24.0	24.5	20.3	14.6	10.3	4.9	23.5	1.2
18-19時	3.0	2.7	6.2	10.9	14.9	19.5	23.9	24.3	20.1	14.3	10.0	4.5	22.4	0.9
19-20時	2.6	2.4	5.7	10.7	14.7	19.3	23.7	24.1	19.9	14.0	9.6	4.2	21.4	0.1
20-21時	2.3	2.1	5.2	10.5	14.5	19.0	23.5	24.0	19.8	13.8	9.3	3.9	20.4	-0.5
21-22時	2.0	1.8	4.8	10.3	14.3	18.8	23.3	23.9	19.6	13.6	9.0	3.7	19.7	-0.9
22-23時	1.8	1.4	4.4	9.9	14.0	18.6	23.0	23.7	19.3	13.3	8.7	3.4	19.5	-1.8
23-24時	1.5	1.1	4.1	9.6	13.8	18.4	22.9	23.6	19.1	13.1	8.4	3.2	19.3	-2.1

② 熱負荷原単位・負荷パターン

原単位及び負荷パターンは、エネルギーシステムの設計情報データベースの新負荷原単位を使用する。

表 B. 1. 5 建物用途別熱負荷原単位

	年間熱負荷原単位					ピーク熱負荷原単位					
	事務所	官公庁	商業	宿泊	病院	事務所	官公庁	商業	宿泊	病院	
冷房負荷 [MJ/m ² y]	301.7	159.8	471.8	323.5	260.7	冷房負荷 [W/m ²]	61.9	47.1	80.7	49.7	47.9
温熱負荷 [MJ/m ² y]	84.2	132.7	48.7	420.9	127.6	温熱負荷 [W/m ²]	31.8	40.4	13.1	42.5	30.7
電力負荷 [kWh/m ² y]	175.4	106.6	149.9	153.2	212.5	電力負荷 [Wh/m ²]	37.7	22.1	34.5	28.5	52.7

【出典 1】「エネルギーシステムの設計情報データベース」(2015.10.30 公益社団法人空気調和・衛生工学会)

各月の平日と休日の日数は、2016年度カレンダー（2016年4月～2017年3月）に基づくものとし、平日は年間244日、休日は年間121日として年間熱負荷を集計する。

③ 需要家の熱負荷

需要家の用途別床面積と熱負荷原単位を用いて、需要家の熱負荷を算出する。

需要家の月別・時刻別熱負荷を図 B. 1. 6 に示す。

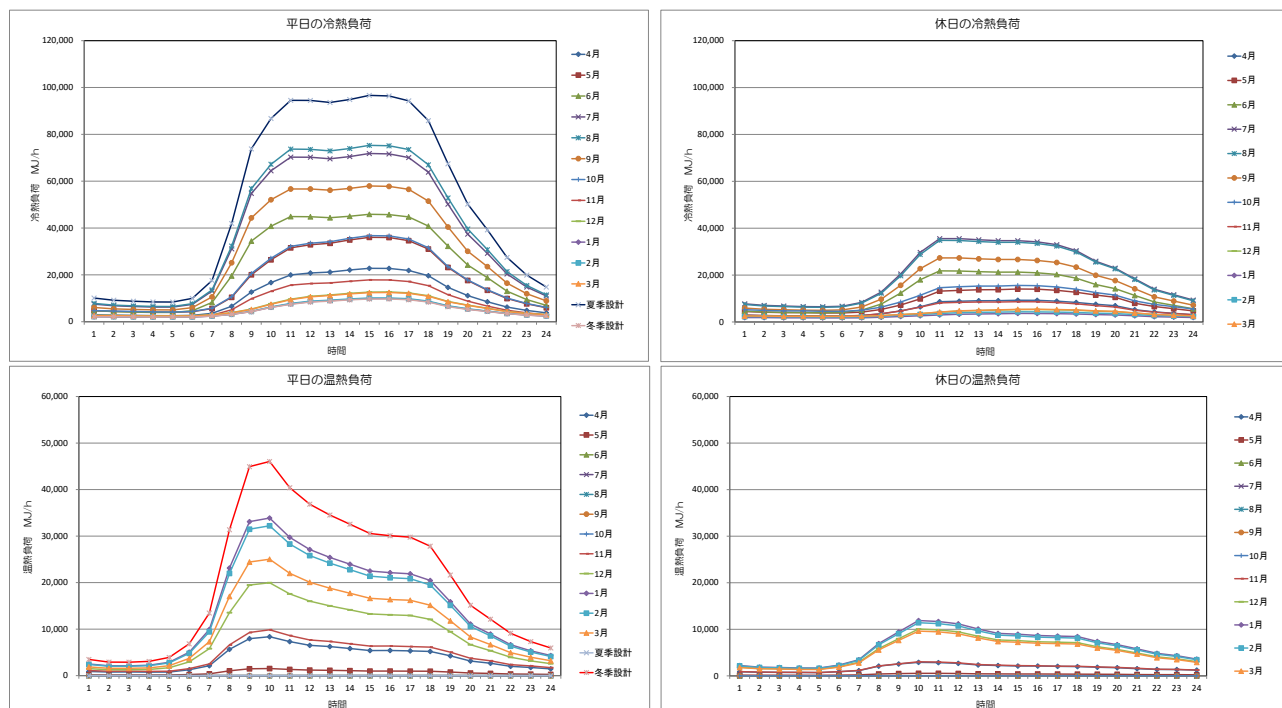
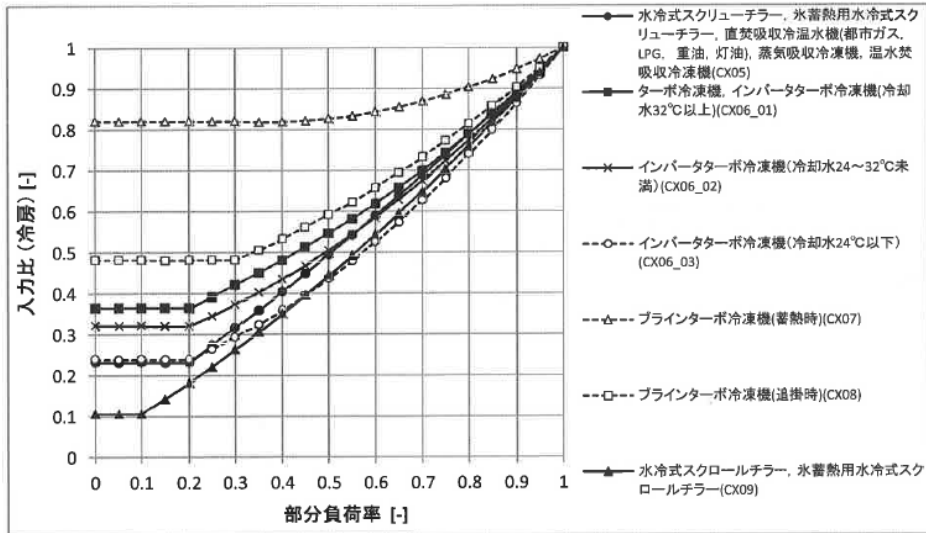


図 B. 1. 6 需要家の月別・時刻別熱負荷

2) 対象となる熱源システムに関する事項

① 熱源機器特性

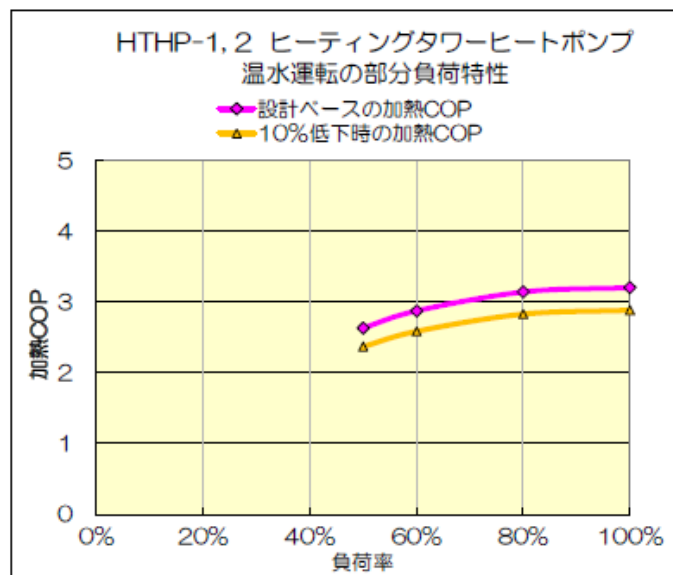
ターボ冷凍機の特性は省エネ基準の値を用いる（図 B.1.7）。



出典：「平成 25 年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説」

図 B.1.7 熱源機器の部分負荷特性

ヒーティングタワーヒートポンプ（冷却運転）及び熱回収冷凍機の特性は省エネ基準解説に記載がないが、概ねターボ冷凍機の特性に近いと考えられるため、ターボ冷凍機の特性値を用いる。一方、ヒーティングタワーヒートポンプの加熱運転は省エネ基準解説に記載がなく、また類似の特性値もない。このため、メーカー提示の特性値を用いる。



出典：メーカー提示資料をもとに作成

図 B.1.8 ヒーティングタワーヒートポンプ（加熱運転）の部分負荷特性

② 熱源の運転順位

効率の良い機器から優先的に運転するものとし、以下に示す。

- 夏期の冷水製造：①TR-1,2 ②HTHP の冷水運転
- 他期の冷水製造：①DR-1, 2 の熱回収運転 ②TR-1, 2
- 他期の温水製造：①DR-1, 2 の熱回収運転 ②HTHP-1, 2 の温水運転

上記で、夏期は冷水負荷のみの6月～10月の期間、他期は冷温水負荷のある11月～5月の期間とする。

③ 自動制御のアルゴリズム

・ 熱源機器の負荷率

熱源機器はすべて蓄熱槽を介して熱供給するため、冷凍機やヒートポンプは常に100%の負荷率で運転されるものとする。ただし、冷却水温度は、冷却塔ファンの台数制御により25℃～31℃での運転とする。

・ 冷却塔のファン制御

冷却塔の制御については、2 台のターボ冷凍機に対応する集合冷却塔が 1 セットと、1 台の熱回収ターボ冷凍機と 1 台のヒーティングタワーヒートポンプに対応する集合冷却加熱塔が 2 セット設置されている。

それぞれの集合冷却塔または集合冷却加熱塔は、8 台の定速ファンを有しており、ファンの運転台数制御により冷却塔出口温度を段階的に制御している。いかに、2 台のターボ冷凍機に対応する 1 セットの集合冷却塔について、通水台数、ファン運転台数（ファン電力）、冷却水温度を計算するアルゴリズムを示す。

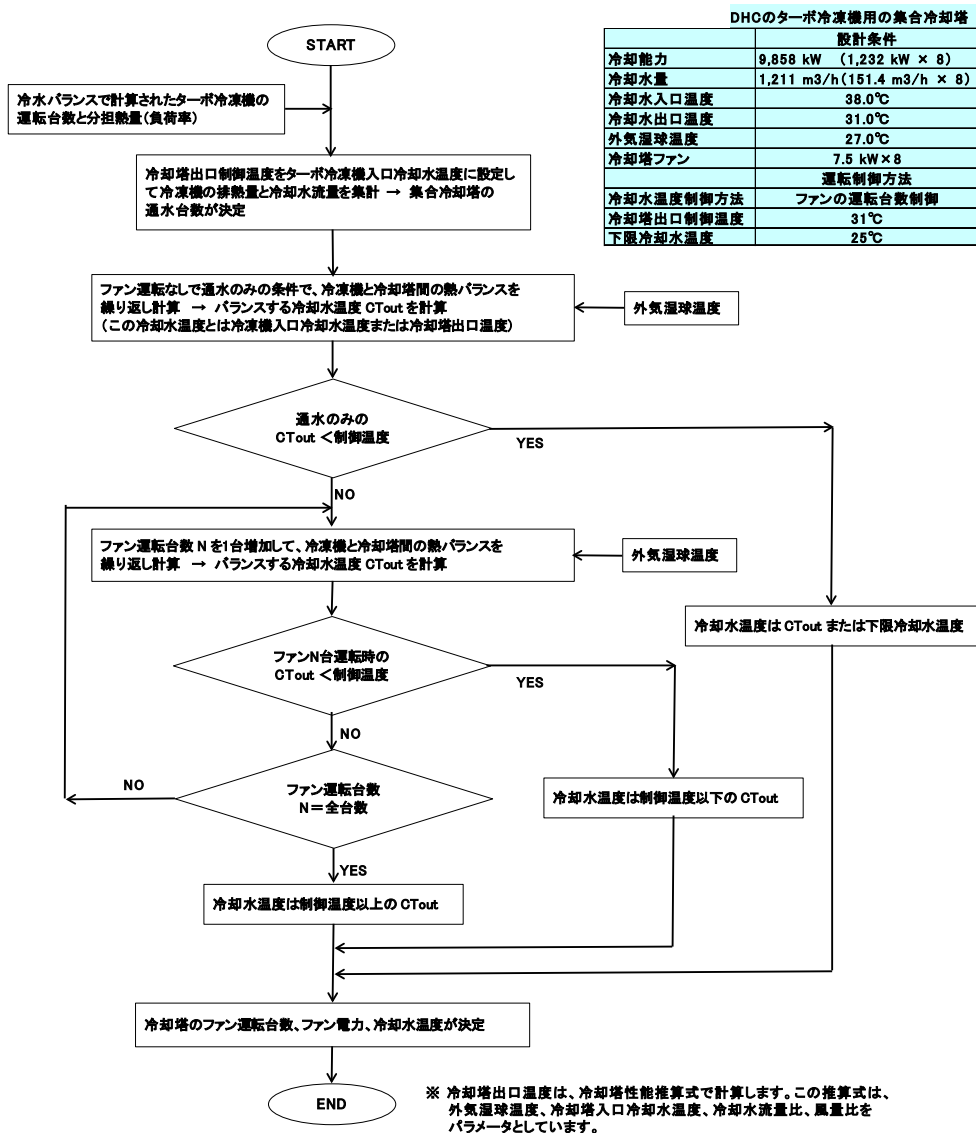


図 B.1.9 冷却塔ファンの制御アルゴリズム

・プラント側二次ポンプの変流量制御

プラント側二次ポンプの制御については、小容量機が2台と大容量機から構成されている。小容量機はインバータによる変流量運転で優先的に運転され、大容量機は定格流量の定流量運転として消費電力を計算する。供給差圧は一定と想定して、変流量運転時のポンプ揚程も変化しないものとする（吐出圧一定制御）。

冷水二次ポンプの電力計算アルゴリズムを以下に示す。温水二次ポンプについても同様の考え方とする。

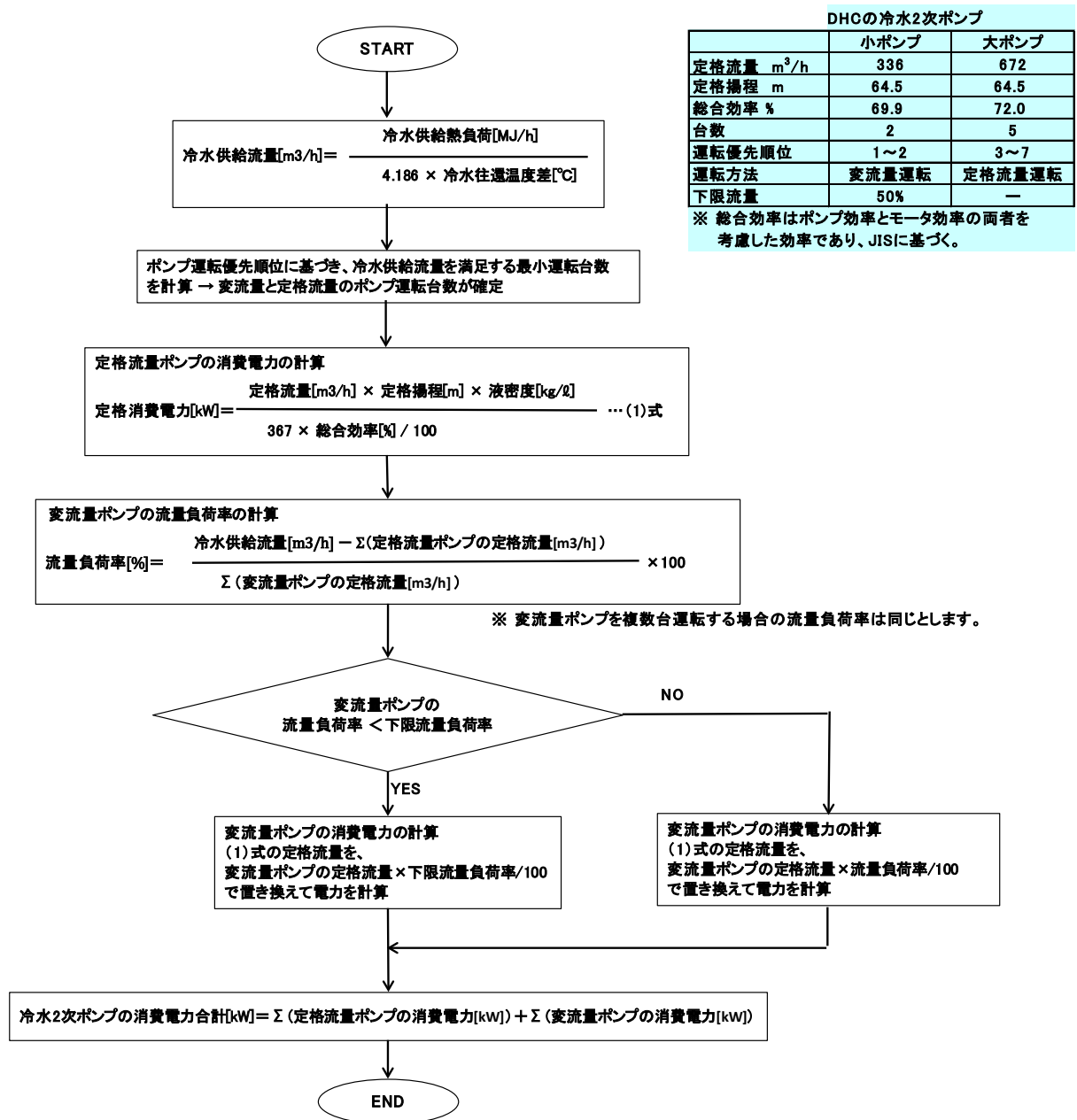


図 B.1.10 二次ポンプの制御アルゴリズム

3) 月別供給熱量、製造熱量 (冷熱・温熱)

①月別供給熱量

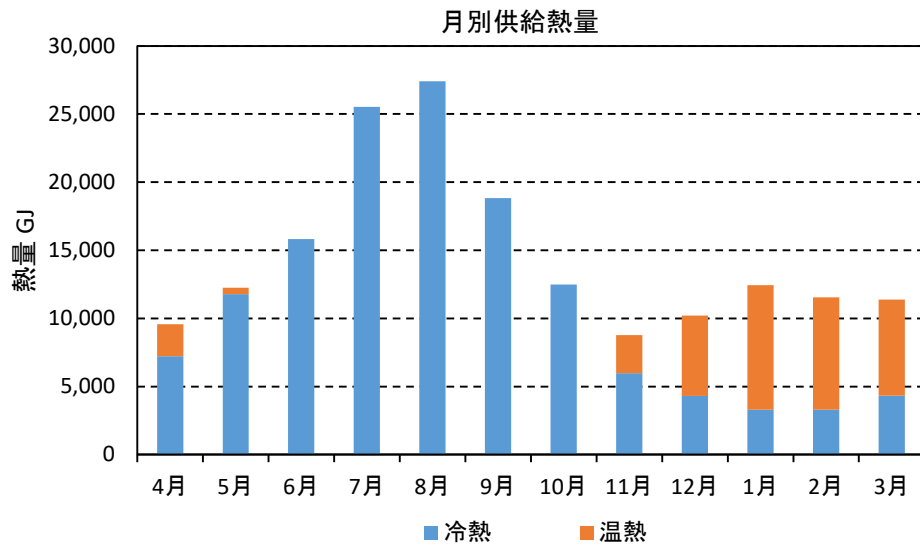


図 B. 1. 11 月別供給熱量

②月別製造熱量

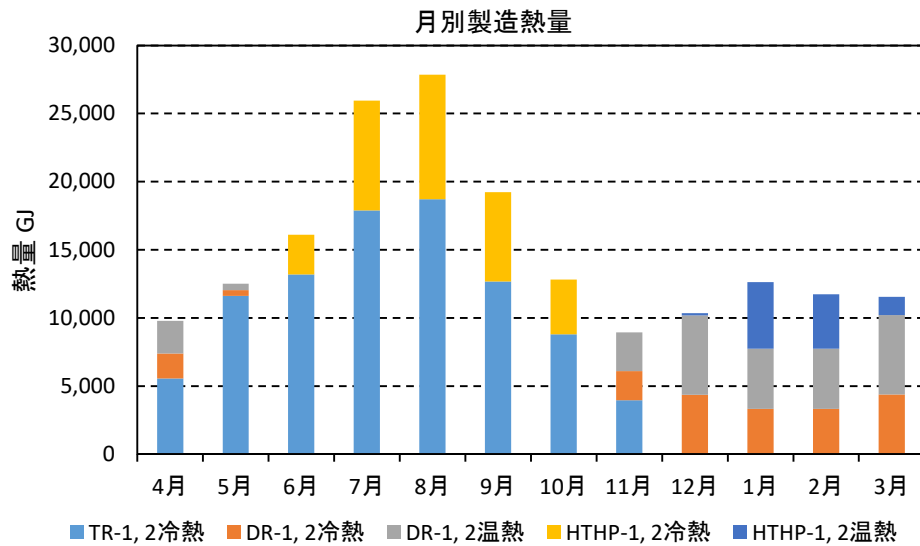


図 B. 1. 12 月別製造熱量

4) 熱源機器別製造熱量、エネルギー消費量、運転時間、補機エネルギー消費量

①年間熱源機器別の製造熱量（冷水、温水）

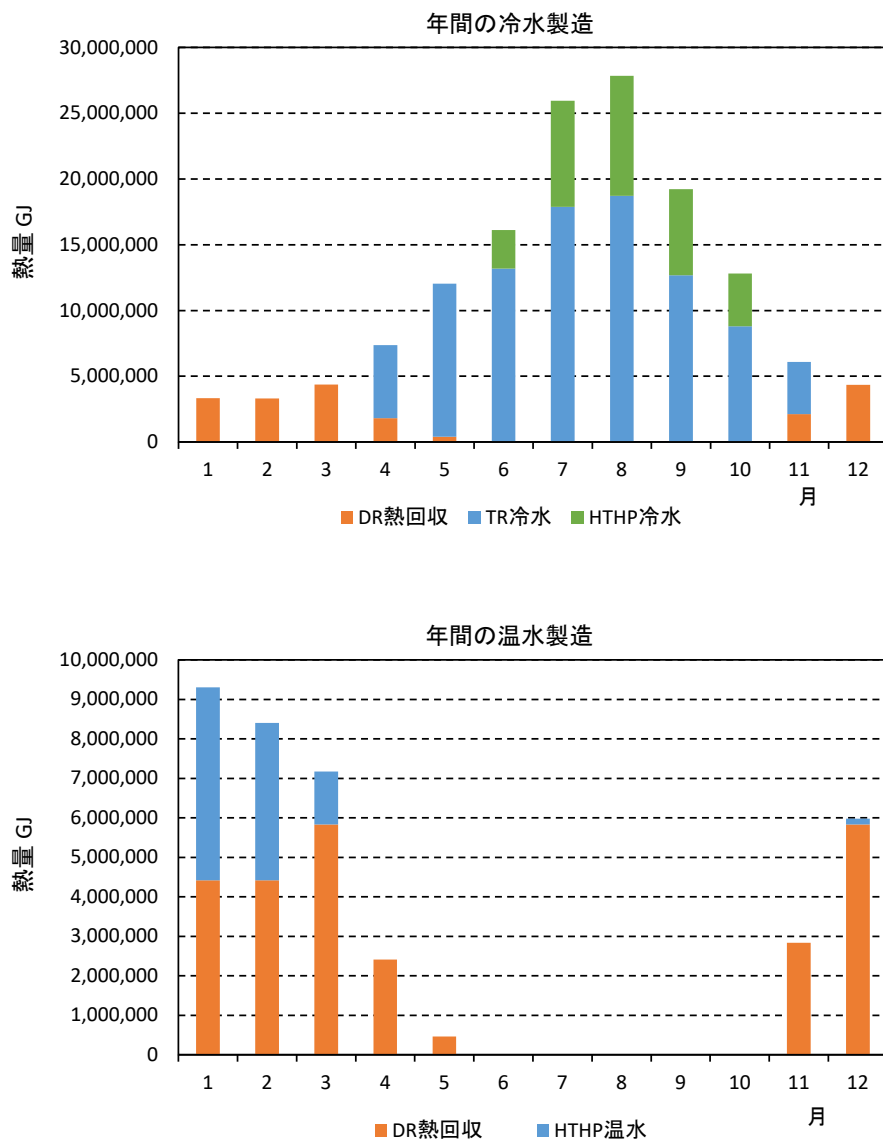


図 B. 1. 13 熱源機器別の製造熱量（上段：冷水、下段：温水）

②年間消費先別のエネルギー消費量

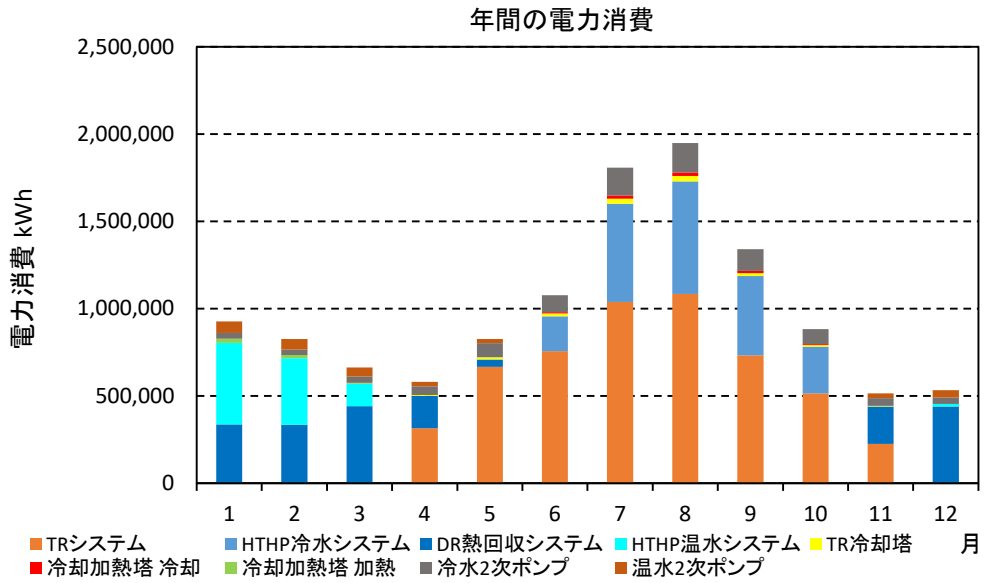


図 B. 1. 14 消費先別の電力消費量

③機器別の年間運転時間

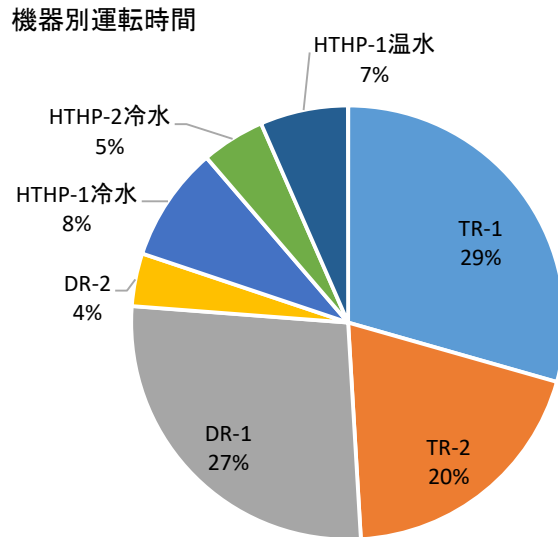


図 B. 1. 15 機器別の運転時間比率

④年間主機・補機エネルギー消費量

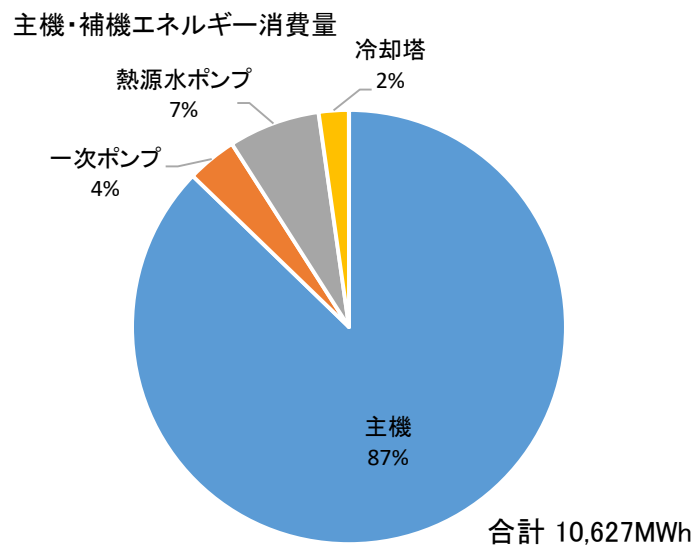


図 B. 1. 16 主機・補機のエネルギー消費量比率

5) 熱源機器別の効率 (単体 COP・システム COP)

① 単体 COP

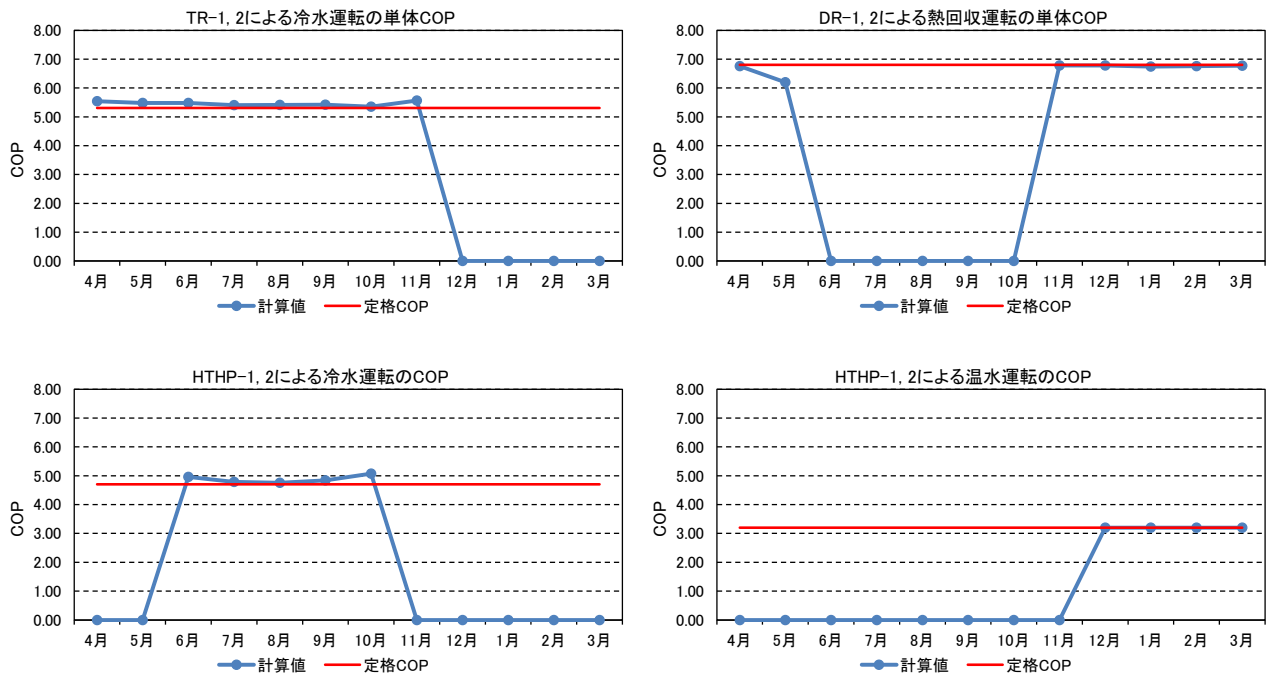


図 B. 1. 17 機器別の単体 COP

② システム COP

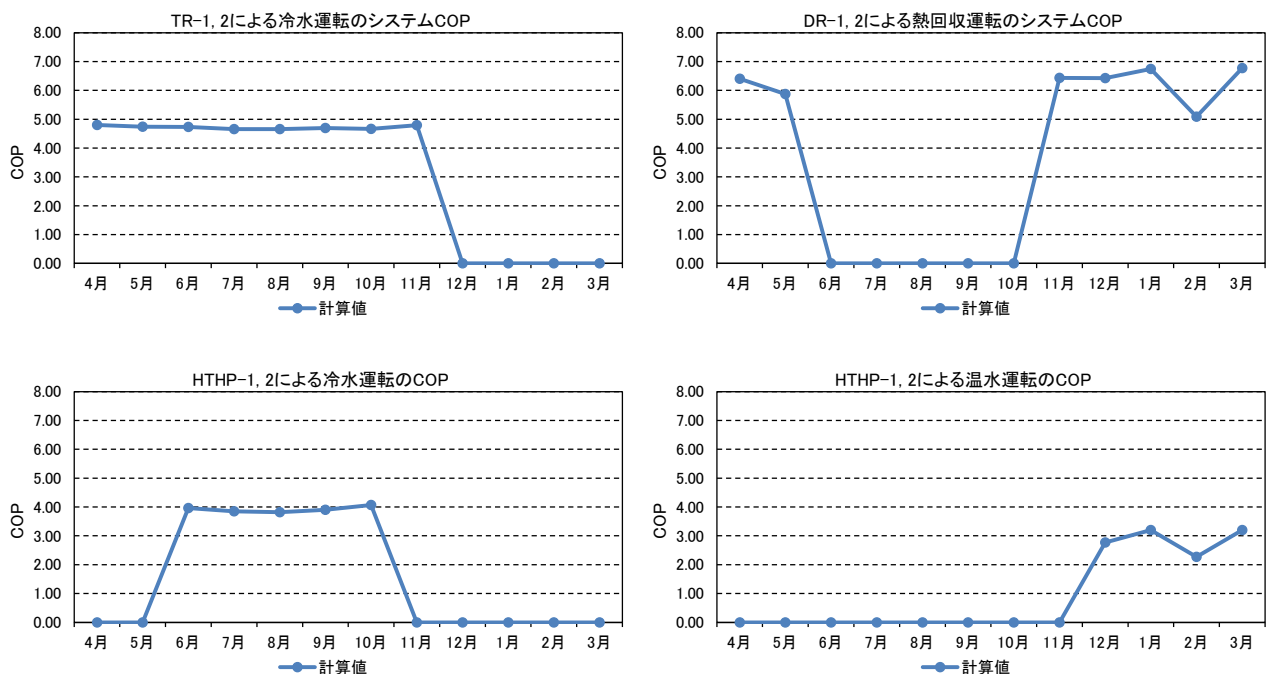


図 B. 1. 18 機器別のシステム COP

③熱源計算結果のまとめ

表 B.1.6 熱源運転結果まとめ

冷熱運転															
	機器表より						シミュレーション結果より				運転状況チェック				
	主機性能				補機性能		製造 熱量 GJ/年	電力消費量		運転 時間 h/年	全負荷 相当運 転時間 h/年	平均負荷率		年間COP	
	冷却 能力 kW	電力 消費量 kW	定格 COP	台数	補機 動力 kW	シス テム COP		主機	補機			製造 熱量	補機	主機	シス テム
TR-1,2	4,150	781	5.31	2	142	4.50	92,453	4,722	744	3,137	3,094	99%	84%	5.44	4.70
HTHP-1,2	5,082	1,081	4.70	2	300	3.68	30,654	1,759	429	850	838	99%	84%	4.84	3.89
温熱運転															
	機器表より						シミュレーション結果より				運転状況チェック				
	主機性能				補機性能		製造 熱量 GJ/年	電力消費量		運転 時間 h/年	全負荷 相当運 転時間 h/年	平均負荷率		年間COP	
	冷却 能力 kW	電力 消費量 kW	定格 COP	台数	補機 動力 kW	シス テム COP		主機	補機			製造 熱量	補機	主機	シス テム
HTHP-1,2	3,517	1,098	3.20	2	314	2.49	10,350	898	142	839	817	97%	54%	3.20	2.76
1台のみ運転															
熱回収運転															
	機器表より						シミュレーション結果より				運転状況チェック				
	主機性能				補機性能		製造 熱量 GJ/年	電力消費量		運転 時間 h/年	全負荷 相当運 転時間 h/年	平均負荷率		年間COP	
	冷却 加熱 能力 kW	電力 消費量 kW	定格 COP	台数	補機 動力 kW	シス テム COP		主機	補機			製造 熱量	補機	主機	シス テム
DR-1,2	1,407 1,892	486	6.79	2	26	6.44	19,729 26,224	1,890	104	1,987	1,935	97%	101%	6.75	6.40

6) 搬送ポンプ電力消費量、搬送効率 (WTF)

①搬送ポンプ電力消費量

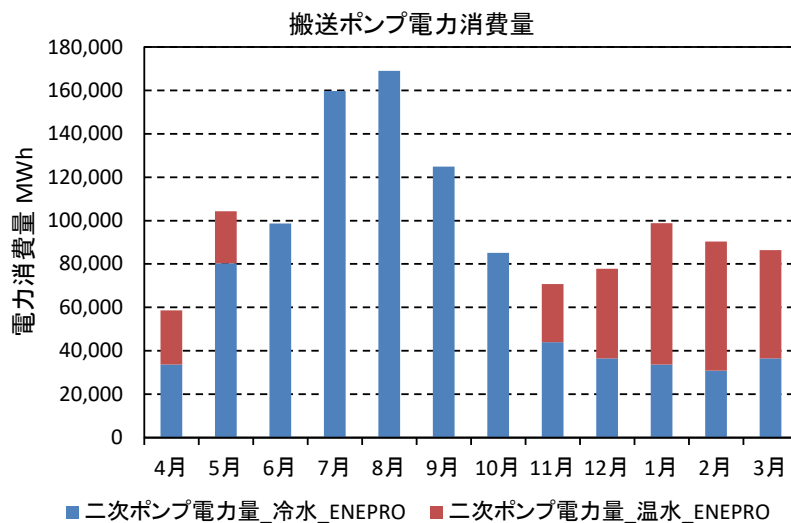


図 B. 1. 19 搬送ポンプの月別電力消費量

②搬送効率 (WTF)

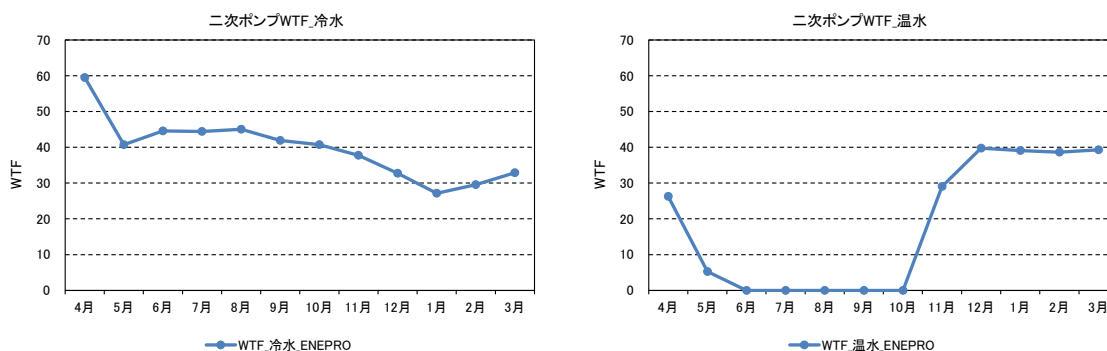
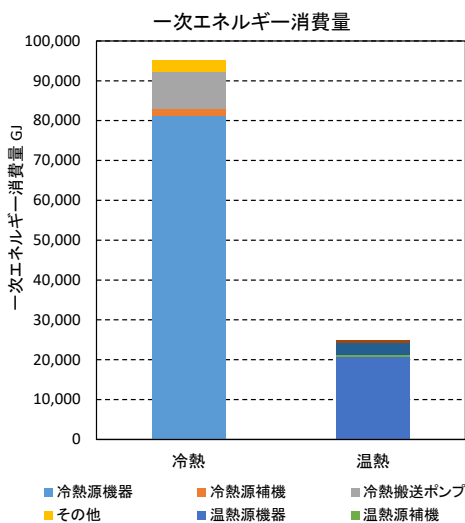


図 B. 1. 20 搬送ポンプのWTF

7) 一次エネルギー消費量 (冷熱・温熱)

一次エネルギー消費量の計算結果を図 B. 1. 21 に示す。



	冷熱	温熱
冷熱源機器	81,206	
冷熱源補機	1,856	
冷熱搬送ポンプ	9,269	
その他	2,770	
温熱源機器		20,776
温熱源補機		482
温熱搬送ポンプ		2,844
その他		723

図 B. 1. 21 年間一次エネルギー消費量の計算結果

8) 一次エネルギー換算係数（総合・冷熱・温熱）

一次エネルギー換算係数の計算結果を図 B. 1. 22 に示す。

		冷熱	温熱	合計
熱負荷	GJ/年	133,587	34,273	167,860
一次エネルギー消費量	熱源機器 GJ/年	84,400	19,700	104,100
	搬送ポンプ GJ/年	9,269	2,844	12,113
	その他電力 GJ/年	2,774	712	3,486
	合計 GJ/年	96,444	23,255	119,699
一次エネルギー換算係数		0.72	0.68	0.71

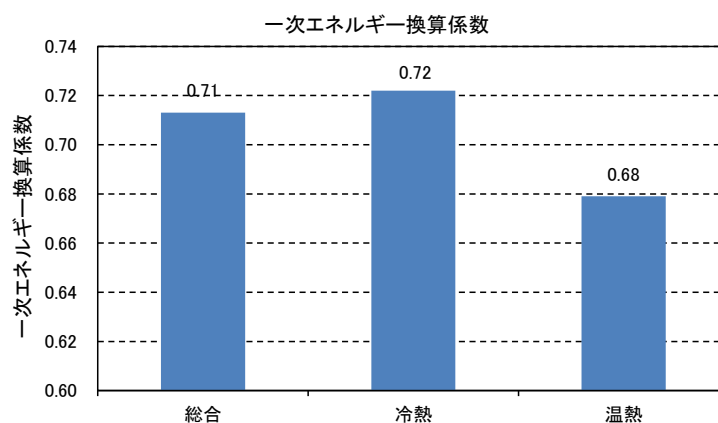


図 B. 1. 22 一次エネルギー換算係数の計算結果

B.2 シミュレーションソフトの検証

(1) 使用したシミュレーションソフトの概要

シミュレーションソフトは Enepro21 ver 4.5.2 を使用する。

(2) 既存の熱供給プラントの選定

実測した既存プラントは、東京都内に立地する A プラントとする。実測した A プラントの検討範囲及び対象需要家の条件概要を以下に示す。

① 熱供給プラントの概要（熱供給事業登録申請書等）

様式第1（第3条関係）

熱供給事業登録申請書

平成〇〇年〇〇月〇〇日

経済産業大臣 〇〇 〇〇 殿

住所 東京都港区虎ノ門10-3-20

氏名 日本熱供給株式会社

代表取締役社長 〇〇 〇〇 印

熱供給事業法第3条の規定により、熱供給事業の登録を受けたいので、次のとおり申請します。

(虎ノ門10丁目地域)

主たる営業所	名称		日本熱供給株式会社			
	所在地		東京都港区虎ノ門10-3-20			
その他の営業所	名称					
	所在地					
熱供給施設	設置の場所 (都道府県市区町村 字番地及び事業場名 を記載すること。)		種 類	能 力		
				加熱能力	冷却能力	
ボイラー	東京都港区 虎ノ門10-3- 20	虎ノ門10丁目 目エネルギー センター	蒸気ボイラー (都市ガス)	55,000GJ/h		
ヒートポンプ				30,000GJ/h	30,000GJ/h	
熱交換器 (他の者から供給され る温水等を使用する ものに限る。)						
冷凍設備 (冷却用のみに使用 されるものに限る。)			ターボ冷凍機		30,000GJ/h	
			吸収式冷凍機		30,000GJ/h	
温水又は冷水の貯水槽				2,000m ³		
輸送導管	設置の場所		内 径	温水等の温度	温水等の圧力	
	区 間	経 過 地				(mm)
	港区10丁目 ●●番地○ ○号から● ●番地△△ 号まで	国道1号線を 縦横断	温水管 (往) 300.0 (復) 300.0 冷水管 (往) 400.0 (復) 400.0	温水管 (往) 90.0 (復) 50.0 冷水管 (往) 7.0 (復) 14.0	温水管 (往) 0.93 (復) 0.93 冷水管 (往) 0.93 (復) 0.93	

- 1 -

他の者から温水等の供給を受ける場合における当該温水等の熱量等	契約の相手方の事業者名・所在地・契約締結日等						
	事業者名	事業者の所在地	契約締結日	契約期間	温水等の別	契約容量 (GJ/h)	備考
供給能力	温水等の別	供給能力の内訳 (GJ/h)				備考	
		熱源機器能力	蓄熱能力	他の者から調達する供給能力	合計		
	温水	85,000	0	0	85,000		
	冷水	90,000	30,000	0	120,000		
熱供給に対する需要	温水等の別	契約容量の見込み (単純合計)		最大需要の見込み	備考		
	温水	80,000 GJ/h		75,000 GJ/h			
	冷水	100,000 GJ/h		90,000 GJ/h			
事業開始の予定年月日	平成28年4月1日						
電話番号、電子メールアドレスその他の連絡先	本社 電話 03-3508-00001、 エネルギーセンター 電話 03-3508-00002 アドレス OOO@△△△.co.jp						
その行う熱供給事業以外の事業の概要	なし						

- 備考
- 1 ボイラーの「種類」の欄には、型式及び使用燃料を付記すること。
 - 2 「能力」の欄には、加熱能力又は冷却能力（温水又は冷水の貯水槽にあつては、最大貯水容量）を記載すること。
 - 3 輸送導管の「設置の場所」を記載するに当たつては、連続する導管であつて、その内径及び導管内の蒸気等の温度及び圧力が同一である範囲のものを一区間とし、「区間」の欄にはその始点及び終点の所在地を記載するとともに、「経通地」の欄には当該導管が経過する地名を記載すること。また、同一の輸送導管により温水等を輸送する場合には、「温水等の温度」及び「温水等の圧力」の欄には温水等を区分して記載すること。
 - 4 他の者から温水等の供給を受ける場合にあつては、「契約の相手方の事業者名・所在地・契約締結日等」の「備考」の欄に当該他の者の施設がメンテナンスに入る期間を記載すること。また、当該期間に当該他の者からの温水等が供給能力として見込めない場合には、その温水等については、供給能力に算入しないこと。
 - 5 該当事項のない欄は、省略すること。
 - 6 用紙の大きさは、日本工業規格 A 4 とすること。
 - 7 氏名を記載し、押印することに代えて、署名することができる。この場合において、署名は必ず本人が自署するものとする。

図 B.2.1 熱供給事業登録申請書

熱供給事業を営む地域を明示した縮尺五万分の一の地形図

1:50,000 地形図 NI-54-25-2
とうきょうとうほくぶ (東京2号)

東京東北部

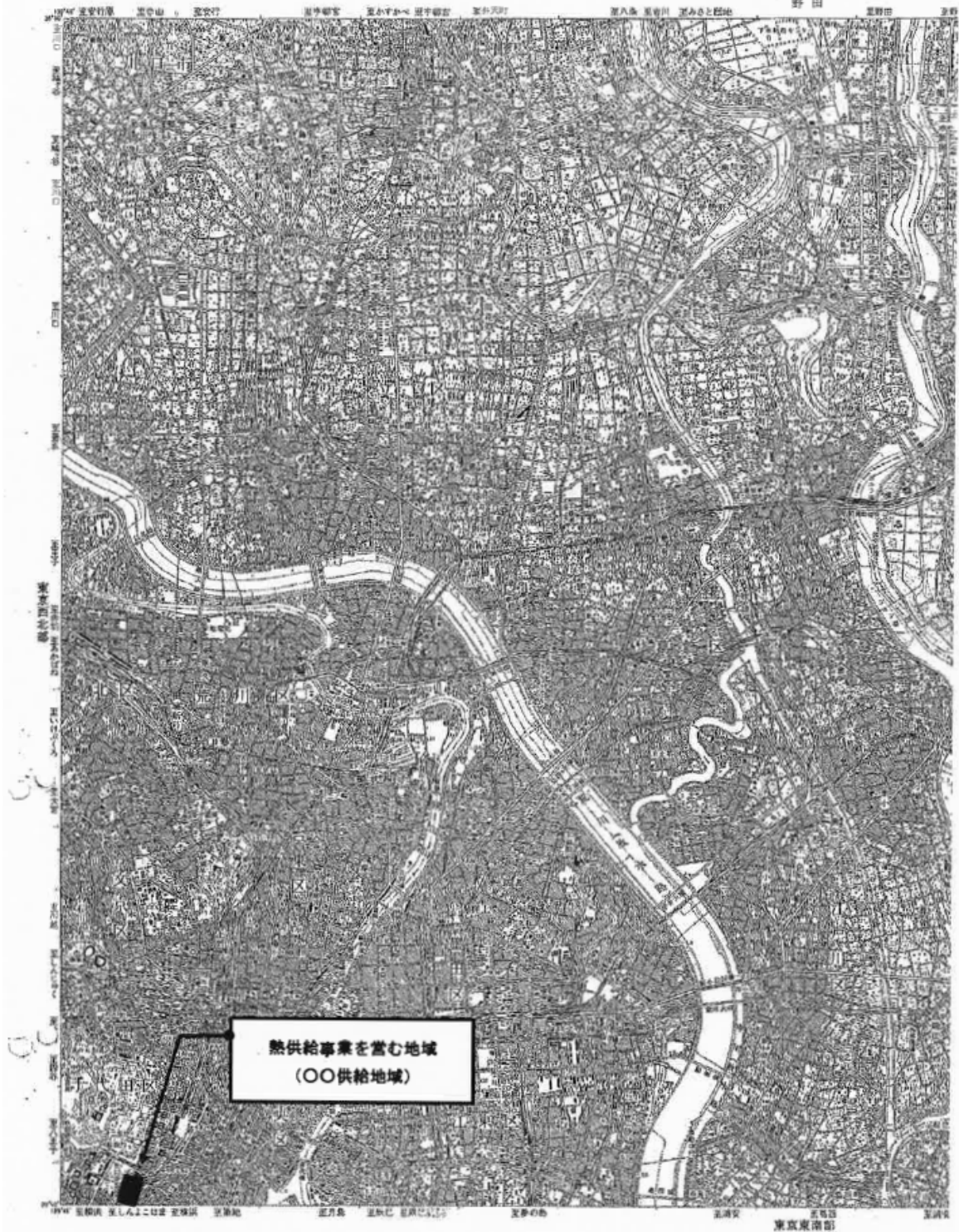


図 B. 2. 2 熱供給事業の位置図

② 供給範囲

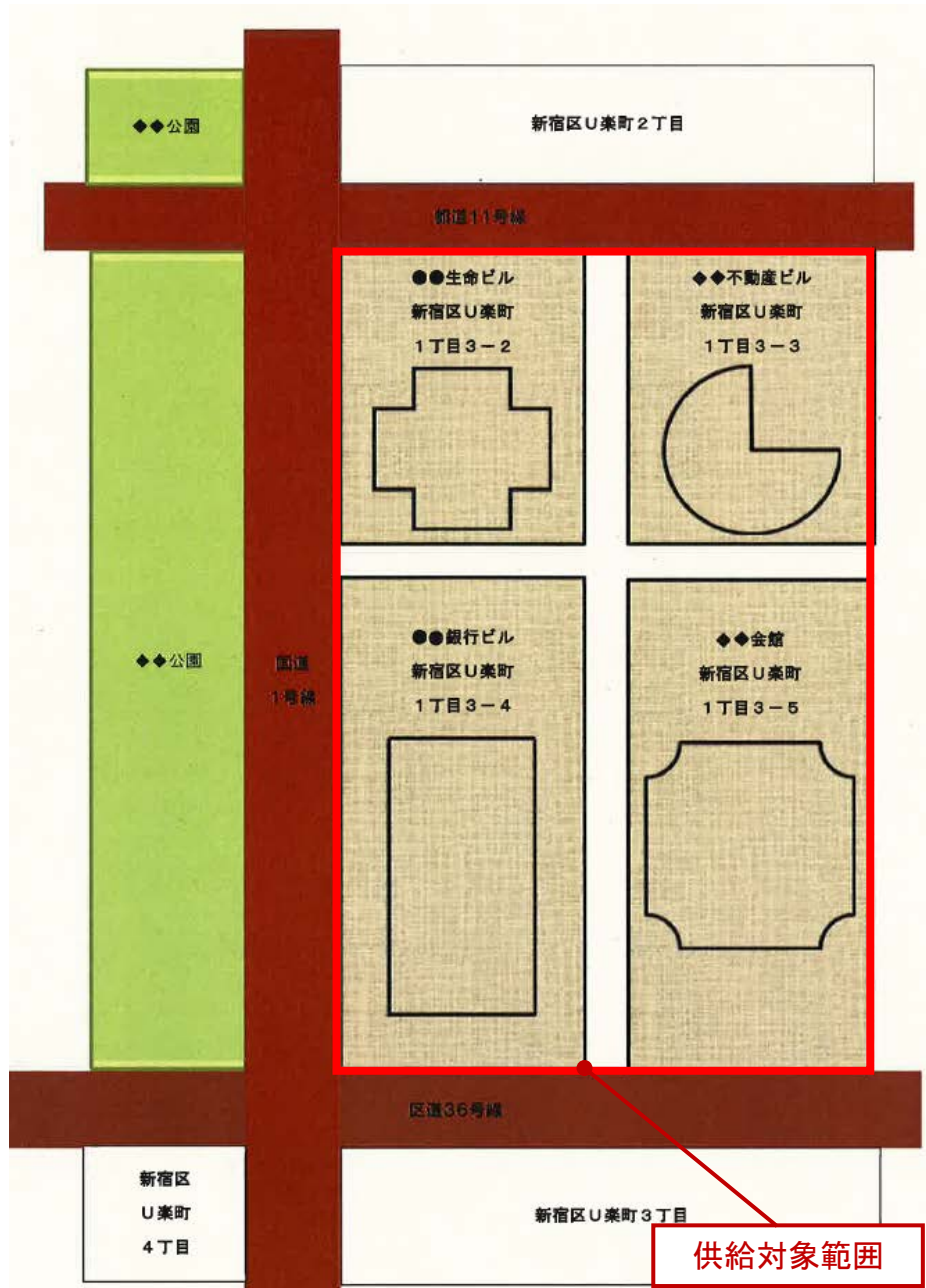


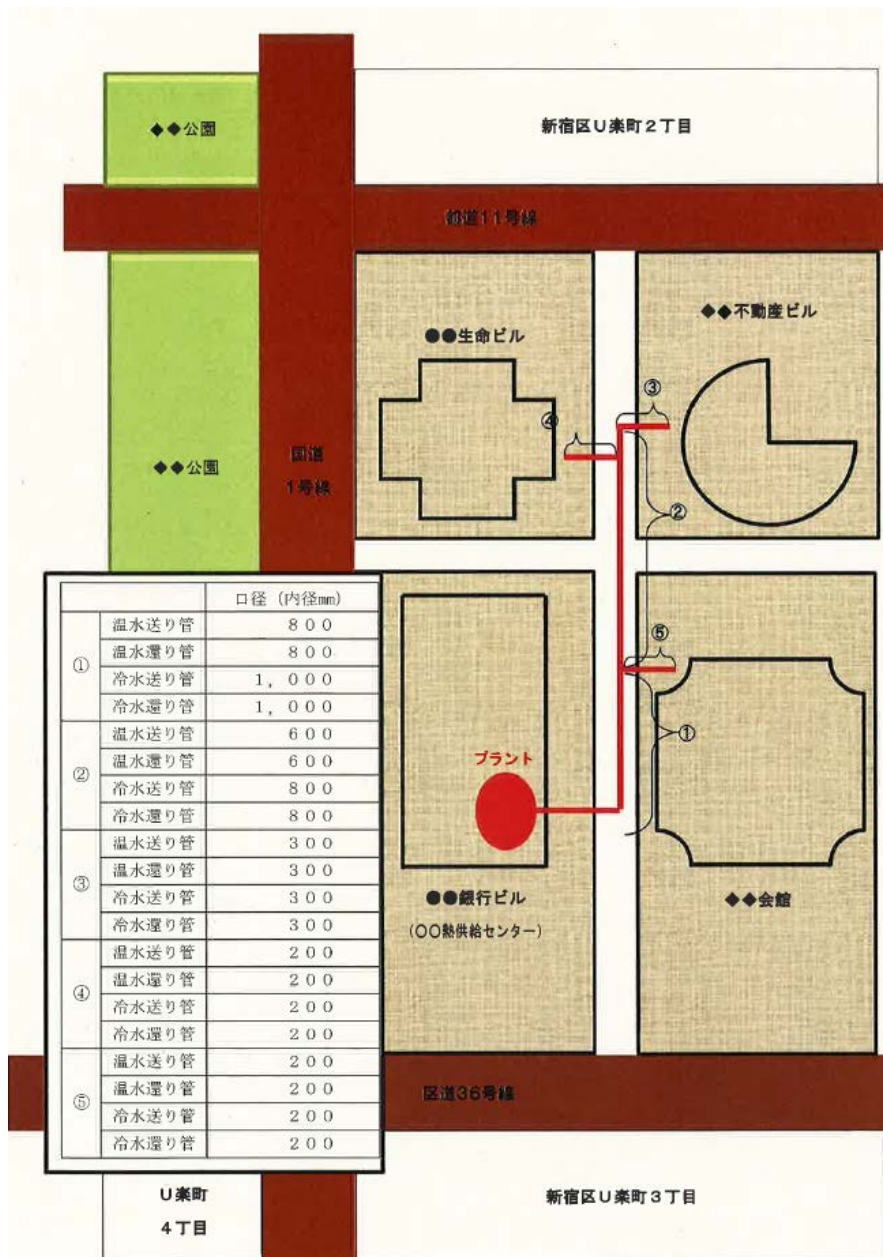
図 B. 2. 3 熱供給の対象範囲

③ 対象需要家一覧

表 B. 2. 1 需要家一覧表

名称	竣工年月	任意評定 対象施設	延床面積 (㎡)	用途別床面積(㎡)						
				事務所	商業	宿泊	病院	官公庁	ホール	
A銀行ビル	2020.04	○	120,000	120,000						
B会館	2020.06	○	90,000	20,000	10,000			10,000	50,000	
C不動産ビル	2022.12	○	150,000	100,000	20,000	30,000				
D生命ビル	2024.04		100,000	80,000	15,000		5,000			
合計			360,000	240,000	30,000	30,000	0	10,000	50,000	0

④ 地域導管径・長さ・保温仕様



熱媒種類	区間	口径(A)	設置方法	保温仕様	延長(m)
冷水(片道長さ)		250A	洞道	高密度ウレタン保温材	100
		300A	洞道	高密度ウレタン保温材	100
温水(片道長さ)		250A	直埋	高密度ウレタン保温材	200

図 B.2.4 地域導管の設置内容

(3) 実測と比較する際にシミュレーションソフトに与える計算条件

1) 既存の熱供給プラントの供給条件、仕様等

① 供給条件（熱媒、供給温度等）

シミュレーション上の往還温度は、表 B. 2. 2 の値で固定とする。

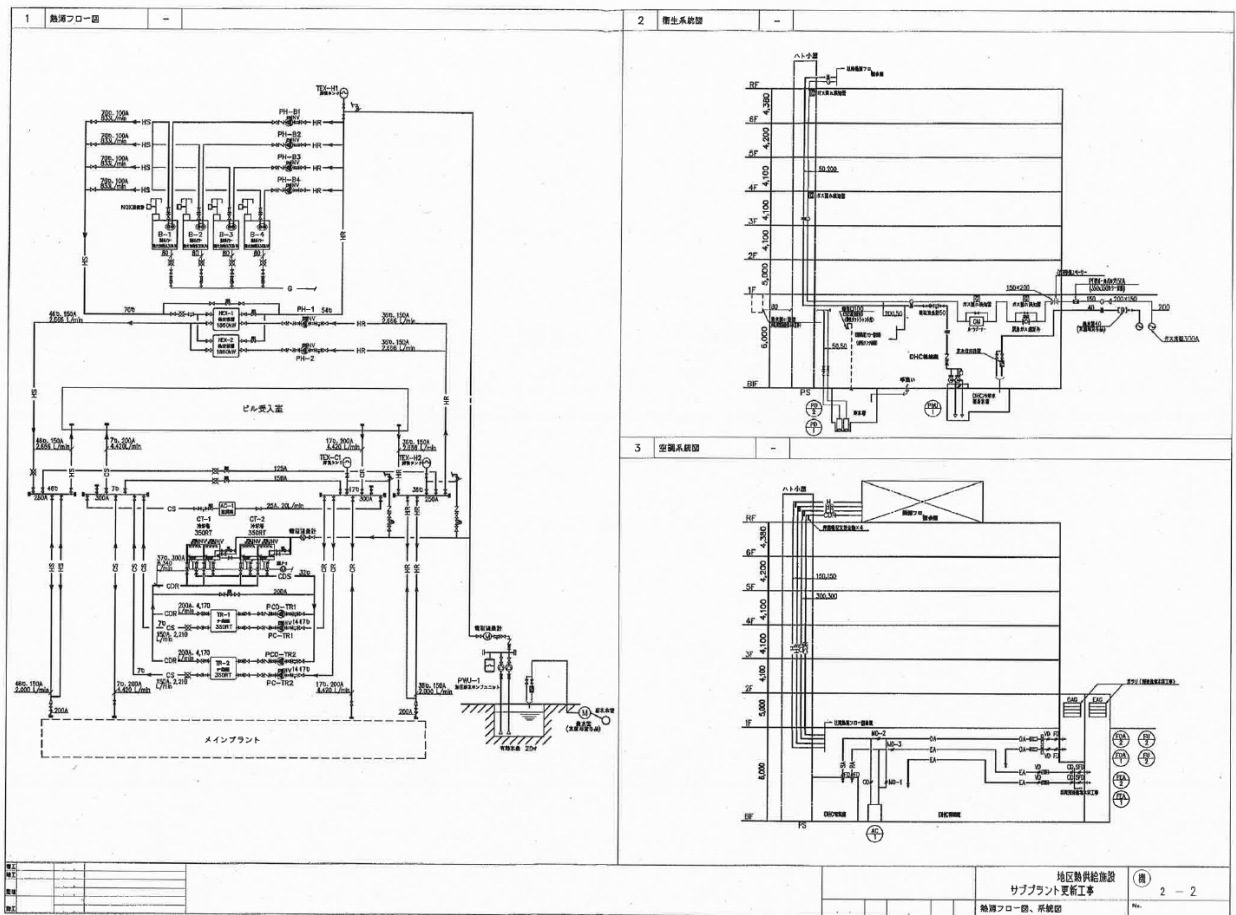
表 B. 2. 2 熱供給条件

熱媒種類	往温度	還温度
冷水	7°C	17°C
温水	45°C	35°C

② 熱供給設備（機器表、系統図、自動制御図等）

表 B.2.3 機器リスト

記号	名称	仕様	台数 合計	動力 [kW]	電圧 [V]	備考	
HTHP- 1.2	ヒータリングタワー ヒートポンプ	型式	ターボヒートポンプ	冷媒 R-123	2		
		冷水能力	kW (RT)				
		冷水条件	m ³ /h (13.0℃~5.0℃)				
		冷却水条件	m ³ /h (31.0℃~36.0℃)				
		電力消費量	kW				
		COP	消費電力ベース)				
		温水能力	kW (Mcal/h)				
		温水条件	°/h (40.0℃~48.0℃)				
		フライン条件	°/h (-7.0℃~-11.0℃)				
		電力消費量	kW				
		COP	消費電力ベース)				
		冷温同時能力	kW (RT)				
			kW (Mcal/h)				
			冷水条件				
	温水条件						
	電力消費量						
	冷COP						
	消費電力ベース) (冷温COP: 6.40)						
	メインモータ		メイン: kW x 2,、ブスター: kW x 1		6,600	6,600	
DR- 1.2	熱回収ターボ冷凍機	型式	ダブルバンドルターボヒートポンプ	冷媒 R-123	2		
		冷水能力	kW (RT)				
		冷水条件	m ³ /h (13.0℃~5.0℃)				
		冷却水条件	°/h (31.0℃~36.0℃)				
		電力消費量	N				
		COP	消費電力ベース)				
		熱回収時能力	kW (RT)				
			kW (Mcal/h)				
			冷水条件				
			温水条件				
			電力消費量				
			冷COP				
			消費電力ベース) (冷温COP: 6.80)				
			メインモータ		N		6,600
TR- 1.2	ターボ冷凍機	型式	ターボ冷凍機	冷媒 R-123	2		
		冷水能力	kW (RT)				
		冷水条件	°/h (13.0℃~5.0℃)				
		冷却水条件	m ³ /h (31.0℃~38.0℃)				
		電力消費量	N				
		COP	消費電力ベース)				
		メインモータ	N			6,600	
CHT- 1.2	冷却加熱塔	型式	開放式角型クロスフロー、低騒音型		2		
		冷却能力	kW (Mcal/h)				
		冷却水条件	m ³ /h (36.0℃~31.0℃)				
		外気条件	/B				
		加熱能力	kW (Mcal/h)				
		フライン条件	°/h (-11.0℃~-7.0℃)				
		外気条件	°B				
		ファンモータ	V x 8			400	
	制御方式		台数制御				
CT- 1	冷却塔	型式	開放式角型クロスフロー、低騒音型		1		
		冷却能力	kW (Mcal/h)				
		冷却水条件	m ³ /h (38.0℃~31.0℃)				
		外気条件	B				
		ファンモータ	x 8			400	
			制御方式		台数制御		
Z- 1.2	冷水蓄熱槽	型式	成層型	冷水専用	2		
		容量	m ³				
		温度差	8℃				
Y- 2.3	冷温水蓄熱槽	型式	成層型	冷温水切替	2		
		容量	m ³				
		温度差	8℃				
CP1- T-1.2	冷水一次ポンプ (TR系統)	型式	片吸込渦巻ポンプ		2		
		水量	m ³ /h				
		揚程	20.5 m				
		モータ	37 kW		37	400	
		総合効率	69.8%				
HP1- H-1.2	温水一次ポンプ (HTHP系統)	型式	片吸込渦巻ポンプ		2		
		水量	m ³ /h				
		揚程	26 m				
		モータ	37 kW		37	400	
		総合効率	68.4%				
CP2- 1~5	冷水二次ポンプ	型式	片吸込渦巻ポンプ		5		
		水量	m ³ /h				
		揚程	64.5 m				
		モータ	180 kW		180	400	
		総合効率	72.0%				
CP2- 6.7	冷水二次ポンプ	型式	片吸込渦巻ポンプ		2		
		水量	m ³ /h				
		揚程	64.5 m				
		モータ	110 kW インバータ制御		110	400	
		総合効率	69.9%				
HP2- 1~3	温水二次ポンプ	型式	片吸込渦巻ポンプ		3		
		水量	m ³ /h				
		揚程	64.5 m				
		モータ	132 kW		132	400	
		総合効率	71.2%				



冷温水供給制御-1

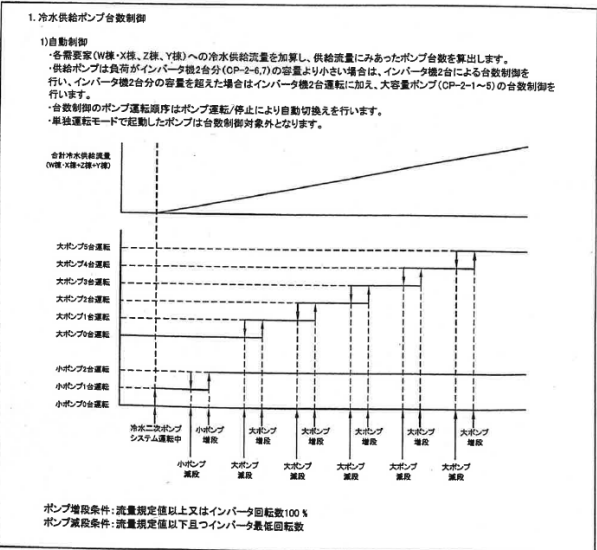
運用概要

- 1.全モード共通制御です。
- 2.親室家の負荷に対応し、ポンプの台数制御及び小容量ポンプのインバータ制御を行います。又供給側温水の温度圧力制御を行います。

監視ポイント

<< 冷水系 >>

1.W棟-X棟複合冷水供給流量 (FT-WX01)	1.W棟-X棟複合温水供給流量 (FT-WX02)
2.2棟冷水供給流量 (FT-Z01)	2.2棟温水供給流量 (FT-Z02)
3.Y棟冷水供給流量 (FT-Y01)	3.Y棟温水供給流量 (FT-Y02)
4.冷水送りヘッダー温度 (TE-PC01)	4.温水送りヘッダー温度 (TE-PH01)
5.冷水送りヘッダー圧力 (PT-PC01)	5.温水送りヘッダー圧力 (PT-PH01)
6.冷水送りヘッダー温度 (TE-PC02): 監視用	6.温水送りヘッダー温度 (TE-PH02): 監視用
7.冷水送りヘッダー圧力 (PT-PC02)	7.温水送りヘッダー圧力 (PT-PH02)
8.冷水PH (NH-PC01): 監視用	8.温水PH (NH-PH01): 監視用
9.冷水電圧率 (CI-PC01): 監視用	9.温水電圧率 (CI-PH01): 監視用
10.冷水ポンプ (CP-2-1~7) 運転状態	10.温水ポンプ (HP-2-1~6) 運転状態



2. 小容量ポンプインバータ制御

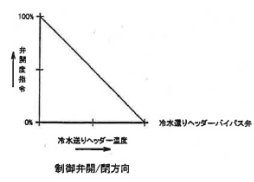
1) 自動制御

- 冷水供給ポンプの内、小容量ポンプ (CP-2-6,7) はインバータ制御を行います。
- 各親室家 (W棟-X棟、Z棟、Y棟) への冷水供給流量から冷水送りヘッダー圧力設定値 (各親室家の高遠投) を作成し、冷水送りヘッダー圧力が設定値となるよう、インバータ制御を行います。

3. 冷水送りヘッダー温度制御

1) 自動制御

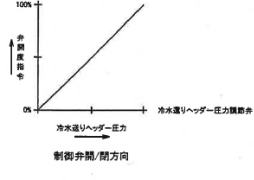
- 冷水送りヘッダー温度が設定値より低い場合、送り側冷水の一部を送り側へ合流させ、温度を規定値に保ちます。



3. 冷水送りヘッダー圧力制御

1) 自動制御

- 冷水送りヘッダー圧力が設定値となるよう、冷水送りヘッダー圧力調節弁を制御します。



CT-1冷却塔制御

運用概要

1.冷却水バイパス弁及び冷却塔ファン台数制御により、冷却水の温度制御を行います。

監視ポイント

1.CT-1 冷却水送り温度 (TE-CT12)
 2.CT-1 冷却水入口温度 (TE-CT13): 監視用
 3.CT-1 冷却水出口温度 (TE-CT11)
 4.CT-1 冷却水循環電圧 (GH-CT11): 監視用
 5.CT-1 冷却水PH (NH-CT11): 監視用
 6.CT-1 水槽水位
 7.CT-1 ファン運転状態

制御機能

1. CT-1 ファン制御

1)台数制御

- ターボ冷凍機のODP-T1又はODP-T2冷却水ポンプ運転時はCT-1 冷却水出口温度によりファン台数制御を行います。
- ファンは奇数番機をグループA(4台)、偶数番機をグループB(4台)とし、グループごと、運転/停止します。又、運転ごとに起動順序を切替えます。

CT-1 冷却水出口温度	冷却塔ファン運転台数
5℃以下	全台停止
5℃以上、10℃以下	4台
10℃以上	8台

2. CT-1 冷却水送り温度制御

1)自動制御

- CT-1 冷却水送り温度が設定値となるようCT-1 冷却水バイパス弁を制御します。

制御弁開/閉方向

図 B. 2. 5 自動制御の計装図

2) 既存の熱供給プラントの実測値

既存の熱供給プラントとシミュレーションソフトの機器の運転状態を一致させるため、以下の条件は既存の熱供給プラントの実測値を用いる。

① 気象条件

実績値を集計した該当年度の気象条件を用いてシミュレーションを実施する。

② 需要家の熱負荷 (冷熱、温熱)

シミュレーションに用いた熱負荷の実績値を以下に示す。

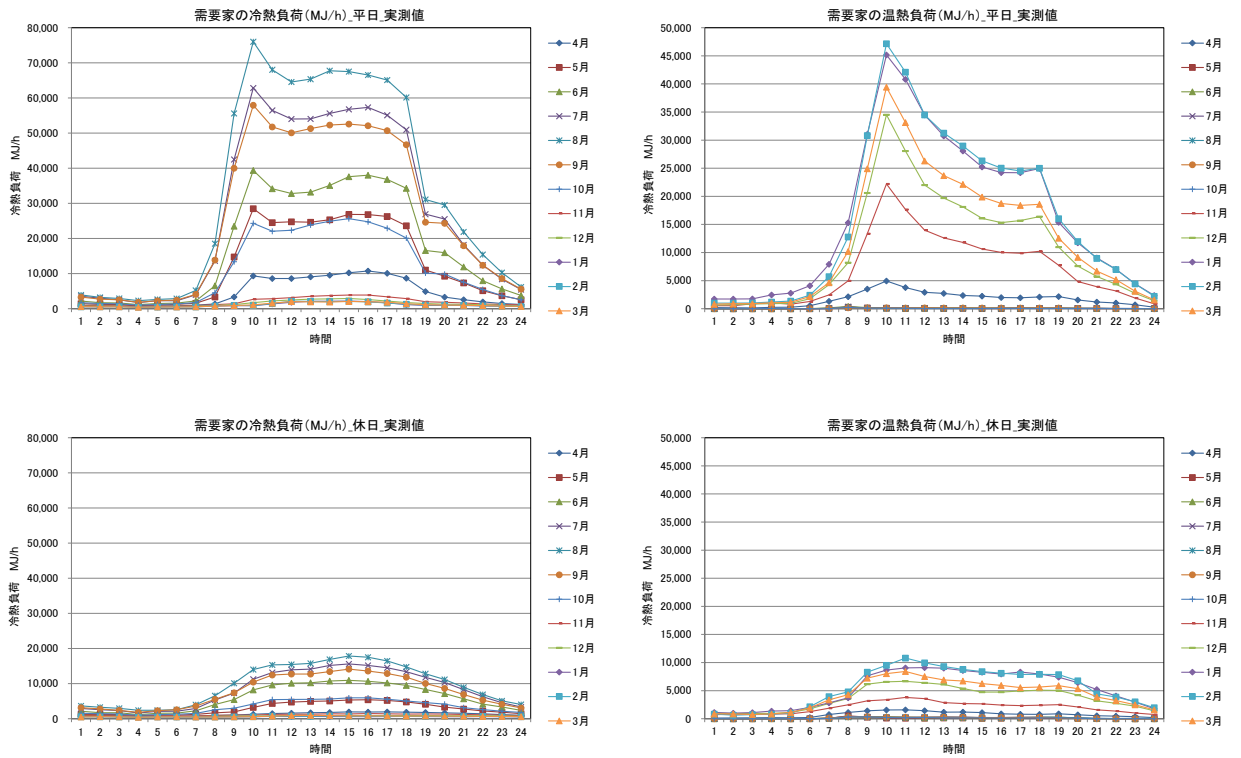


図 B.2.6 需要家の熱負荷 (平日、休日)

3) 機器特性等

① 機器特性

シミュレーション上の機器特性値は、WEBプログラムの機器特性を用いる。

② 往還温度差

シミュレーション上の往還温度は固定とし、設計値を用いて計算を行った。

4) 入力情報の提示

シミュレーション時の主な事項の入力画面を以下に示す。

① 熱負荷

平日、休日ごとに、蓄熱槽に入れる冷水や温水の製造熱量のパターンを熱負荷として設定する。蓄熱槽に入れる冷水や温水の製造熱量パターンは、蓄熱槽から取り出す冷水供給の熱量パターンに対して夜間蓄熱や蓄熱ロスを考慮して作成する。

☆ 4月パターン1（平日）の設定

時間	外気温度 [°C]	湿球温度 [°C]	冷水負荷A [MJ]	冷水負荷B [MJ]	冷水負荷C [MJ]	低冷水負荷 [MJ]	温水負荷A [MJ]	温水負荷B [MJ]	温水負荷C [MJ]	低圧蒸気 [MJ]	高圧蒸気 [MJ]	給湯負荷 [MJ]	電力負荷 [kW]	冷水供給 [°C]	冷水戻り [°C]	低冷水供給 [°C]	低冷水戻り [°C]	温水供給 [°C]	温水戻り [°C]
0-1	0.0	0.0	20,005.2	0.0	0.0	0.0	6,811.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1-2	0.0	0.0	20,005.2	0.0	0.0	0.0	6,811.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2-3	0.0	0.0	20,005.2	0.0	0.0	0.0	6,811.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3-4	0.0	0.0	5,065.2	0.0	0.0	0.0	6,811.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4-5	0.0	0.0	2,187.0	0.0	0.0	0.0	2,940.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5-6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6-7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7-8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8-9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9-10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10-11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11-12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12-13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13-14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14-15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15-16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16-17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17-18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18-19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19-20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20-21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21-22	0.0	0.0	13,992.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22-23	0.0	0.0	20,005.2	0.0	0.0	0.0	6,811.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23-24	0.0	0.0	20,005.2	0.0	0.0	0.0	6,811.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合計	-----	-----	120,005.2	0.0	0.0	0.0	43,806.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-----	-----	-----	-----	-----	-----

図 B. 2. 7 熱源機器の製造熱量設定

② 機器モデル

④ 運転優先順位

平日、休日の冷水や温水の製造熱量パターンに対して、冷凍機やヒートポンプの運転優先順位を設定する。

☆4月パターン1（平日）の昼時と夜時の設定例

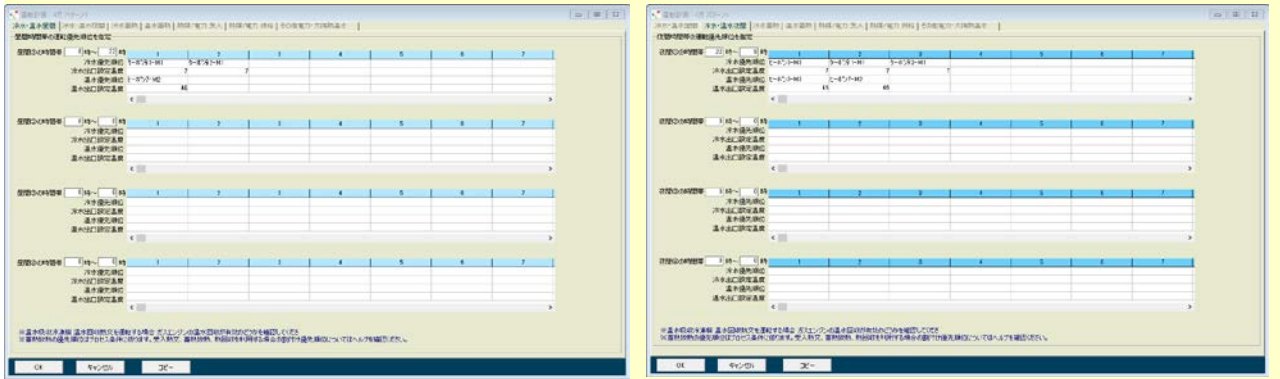


図 B.2.9 熱源機器の運転パターン

(4) シミュレーションソフトを用いて算出した計算値と既存プラントの運転実測値との比較による妥当性の検証

Enepro21 を用いて以下の計算値を求め、既存プラントの実測値との比較により、Enepro21 の妥当性を検証する。

1) 年間製造熱量

① 計算値と実測値との比較

熱源機器の年間製造熱量について計算値と実績値との比較を行う。

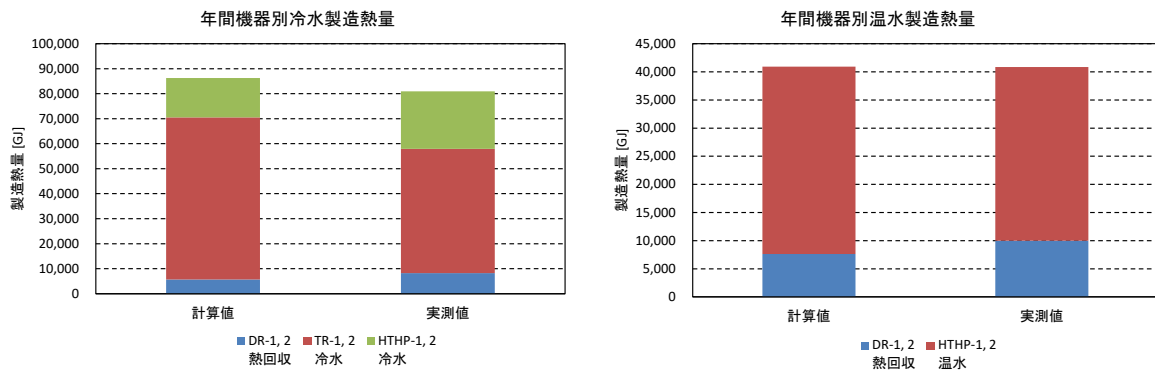


図 B. 2. 10 熱源機器別製造熱量の計算値と実績値との比較

② 妥当性の検証

熱源機の年間製造熱量について、計算値と実績値の差が±10%の範囲である。

参考として機器別の月別製造熱量を下記に示す。計算値の TR 製造熱量比率が高くなっている。

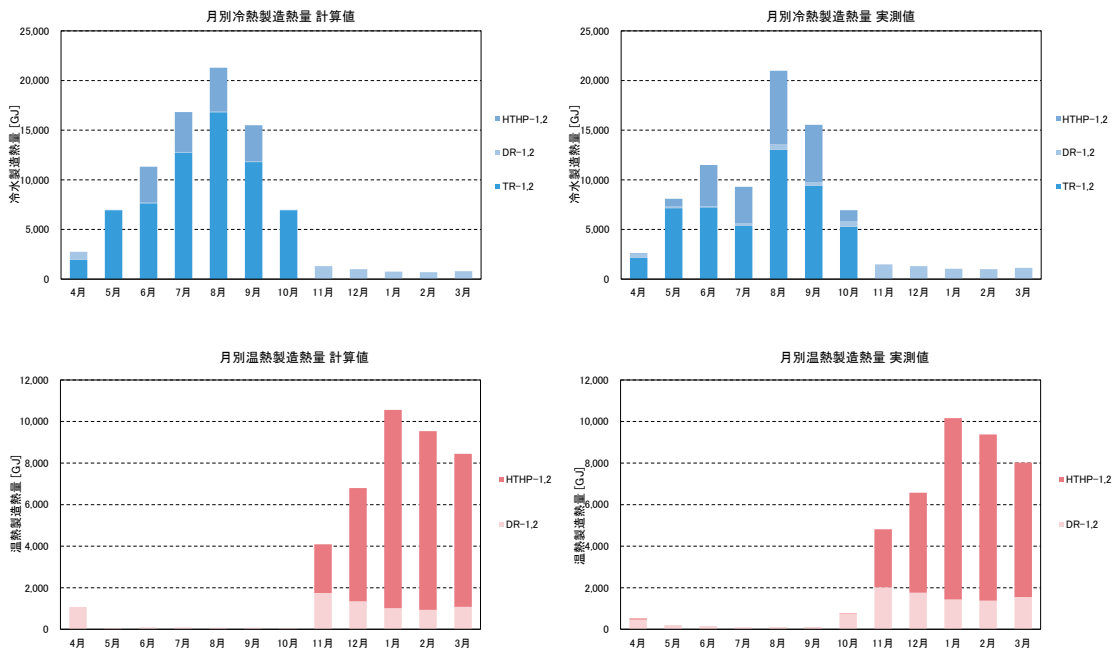


図 B. 2. 11 月別製造熱量の計算値と実績値との比較（上段：冷水、下段：温水）

2) 熱源機器別エネルギー効率

① 計算値と実測値との比較

熱源機器の単体 COP について、計算値と実績値との比較を行う。データは年間の月別または時刻別の値とする。

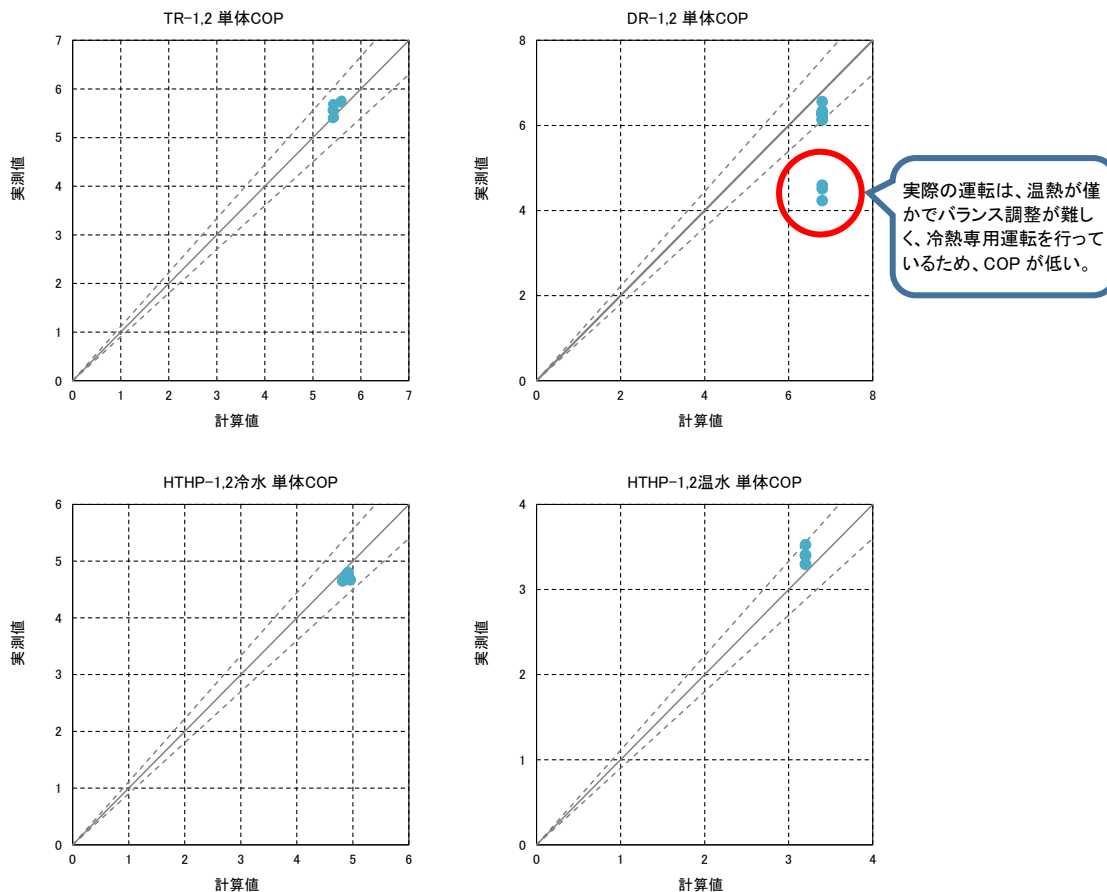


図 B. 2. 12 熱源機器別単体 COP の計算値と実績値との比較

②妥当性の検証

熱源機の単体 COP について、計算値と実績値の差が概ね±10%の範囲である。±10%の範囲を外れている DR-1, 2 の計算値については、夏期（7 月～9 月）の実績値が冷熱専用運転を行い計算時の運転条件と異なるため、実績値と離れている。（機器別の月別単体 COP 参照）

ただし、DR-1, 2 の夏期運転は、製造熱量が非常に少なく、全体への影響はないと考えられる。従って、熱源機器別エネルギー効率の計算は妥当と判断される。

参考として機器別の月別単体 COP を下記に示す。

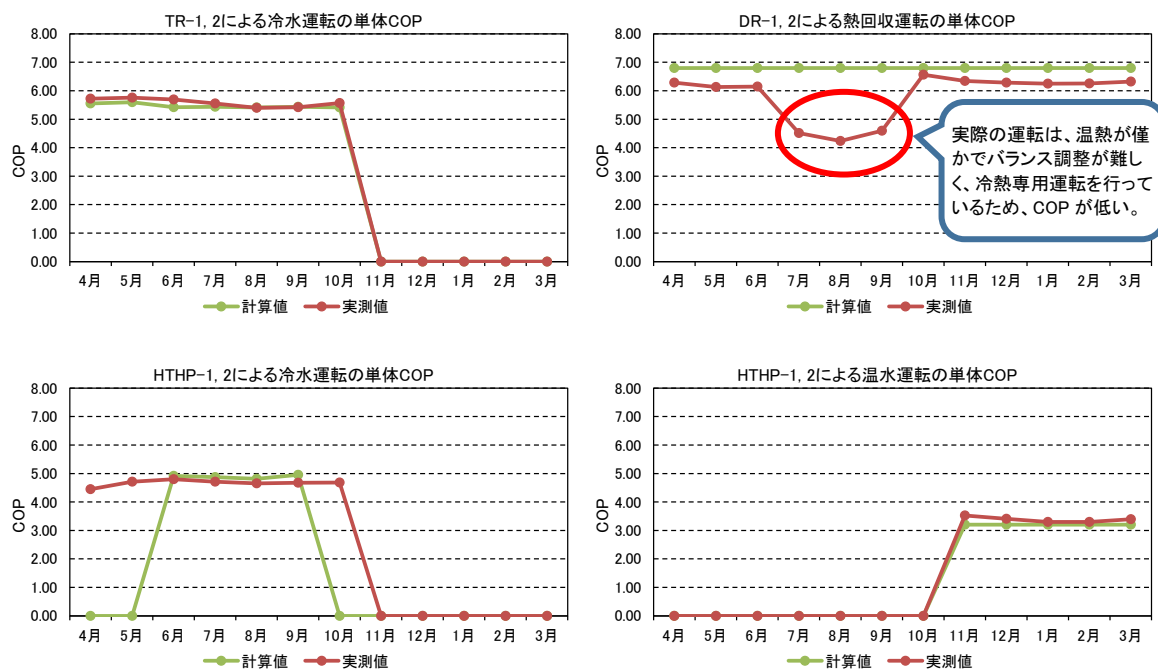


図 B. 2. 13 機器別の月別単体 COP の計算値と実績値との比較

3) 冷却塔の性能

① 計算値と実測値との比較

冷却塔の冷却水出口温度について、計算値と実績値との比較を行う。データは年間の月別または時刻別の値とする。

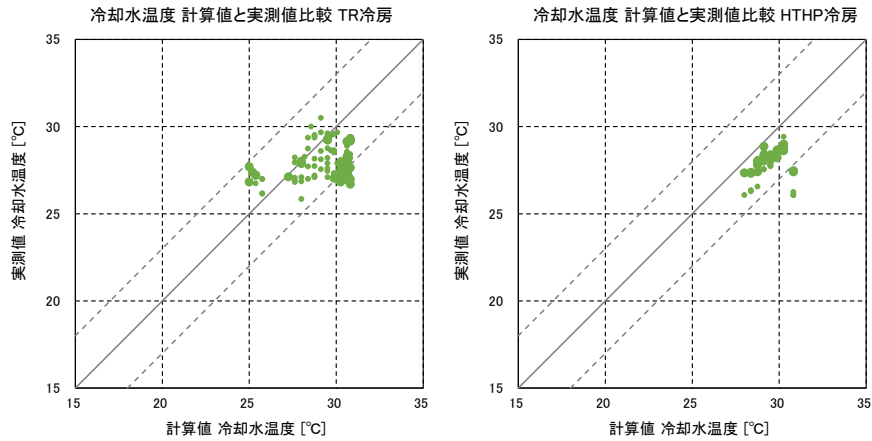


図 B. 2. 14 冷却塔の冷却水出口温度の計算値と実績値との比較

② 妥当性の検証

冷却水出口温度について、計算値と実績値の差が概ね±3°Cの範囲である。参考として冷却塔の冷却水出口温度と湿球温度のグラフを下記に示す。

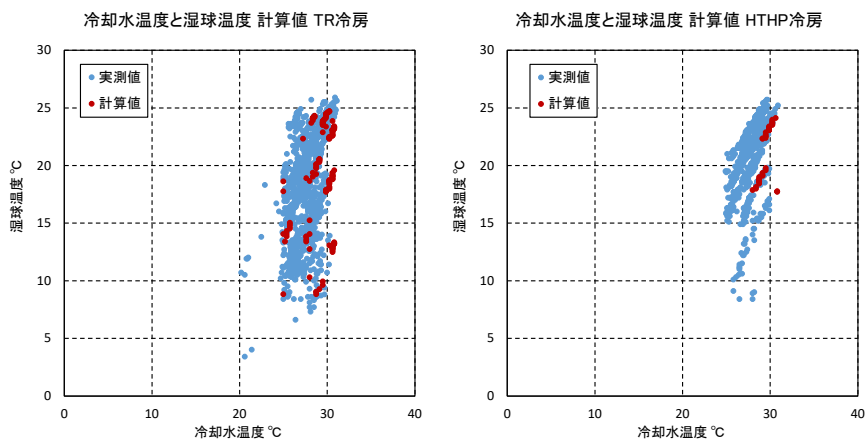


図 B. 2. 15 冷却塔の冷却水出口温度と湿球温度の比較

4) システム別エネルギー効率

①計算値と実測値との比較

熱源機器のシステム COP について、計算値と実績値との比較を行う。データは年間の月別または時刻別の値とする。

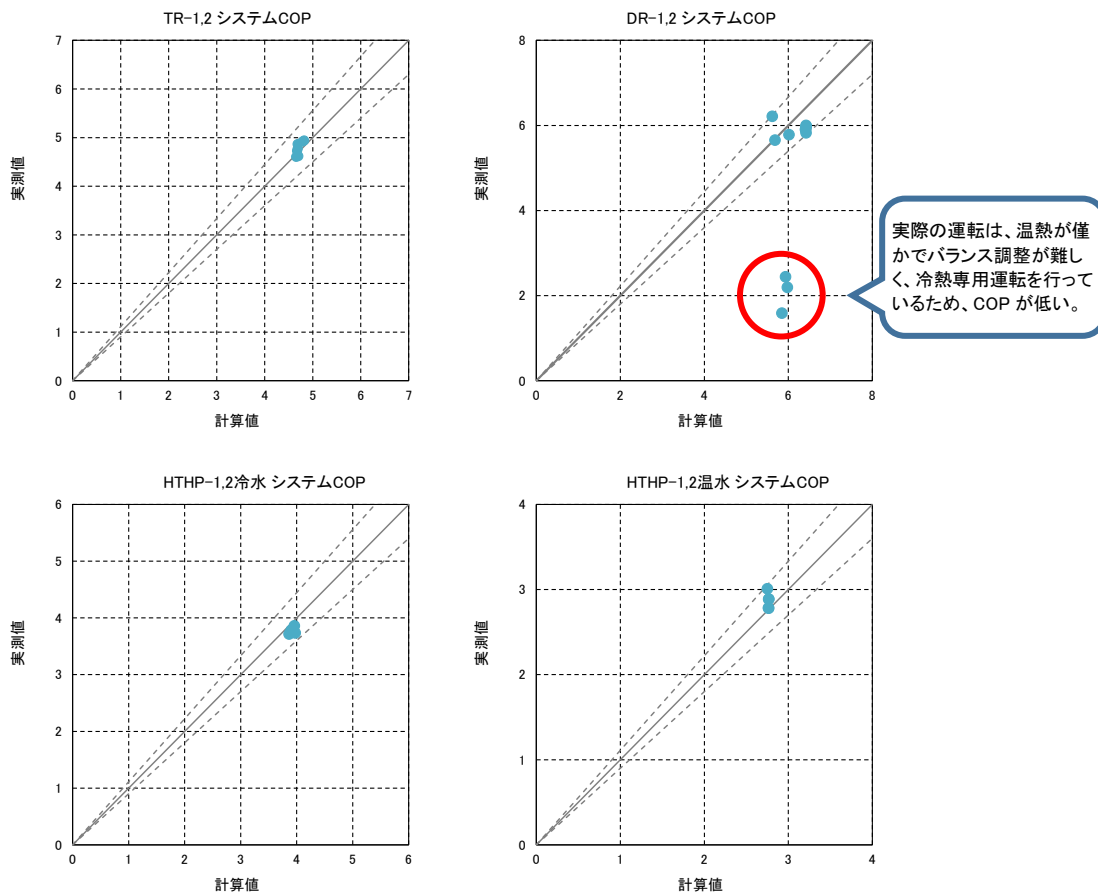


図 B. 2. 16 熱源機器別システム COP の計算値と実績値との比較

②妥当性の検証

熱源機のシステム COP について、計算値と実績値の差が概ね±10%の範囲である。±10%の範囲を外れている DR-1, 2 の計算値については、夏期（7 月～9 月）の実績値が冷熱専用運転を行い計算時の運転条件と異なるため、実績値と離れている。（機器別の月別システム COP 参照）

ただし、DR-1, 2 の夏期運転は、製造熱量が非常に少なく、全体への影響はないと考えられる。従って、システム別エネルギー効率の計算は妥当と判断される。

参考として機器別の月別システム COP を図 B. 2. 17 に示す。

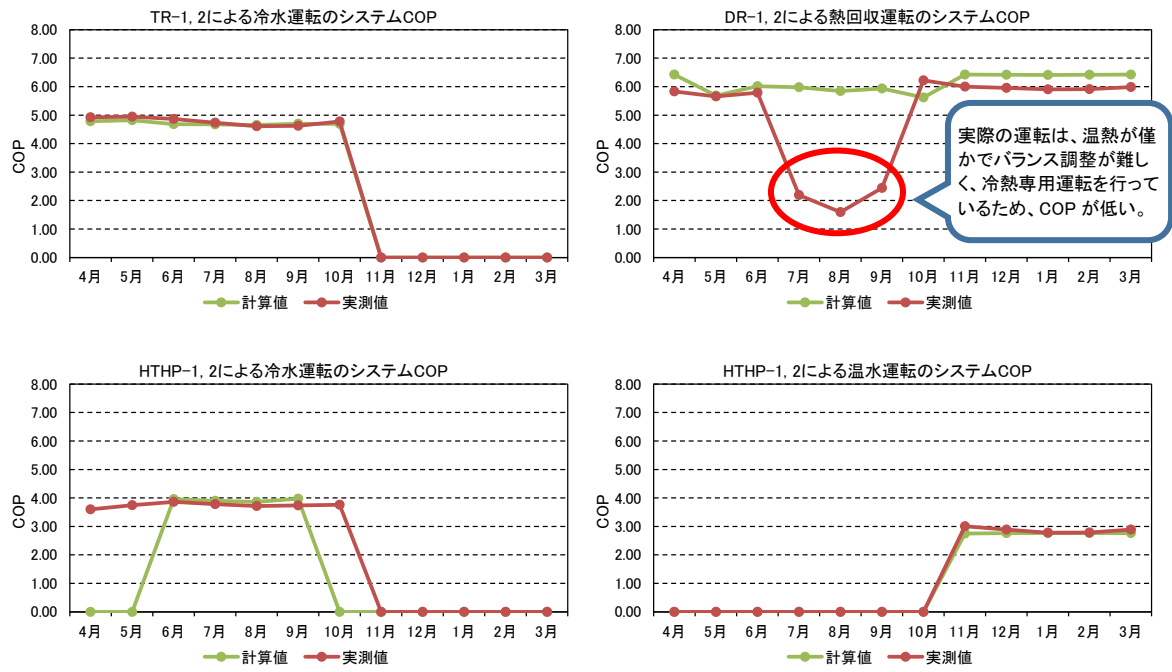


図 B. 2. 17 機器別の月別システム COP の計算値と実績値との比較

5) 搬送動力のエネルギー効率

①計算値と実測値との比較

搬送ポンプの WTF について、計算値と実績値との比較を行う。データは年間の月別または時刻別の値とする。

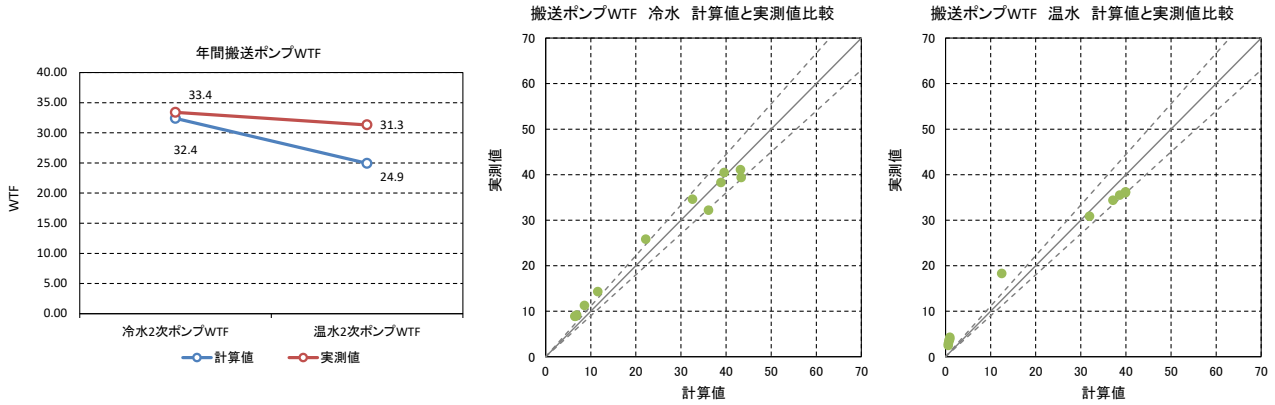


図 B. 2. 18 搬送ポンプ WTF の計算値と実績値との比較

②妥当性の検証

年間搬送ポンプ WTF について、計算値と実績値の差が±10%の範囲である。±10%の範囲を外れているポイントについては、供給熱量が非常に少ない時期であるため、実績値と離れている。従って、搬送動力のエネルギー効率の計算は妥当と判断される。

参考として二次ポンプの月別 WTF のグラフを下記に示す。

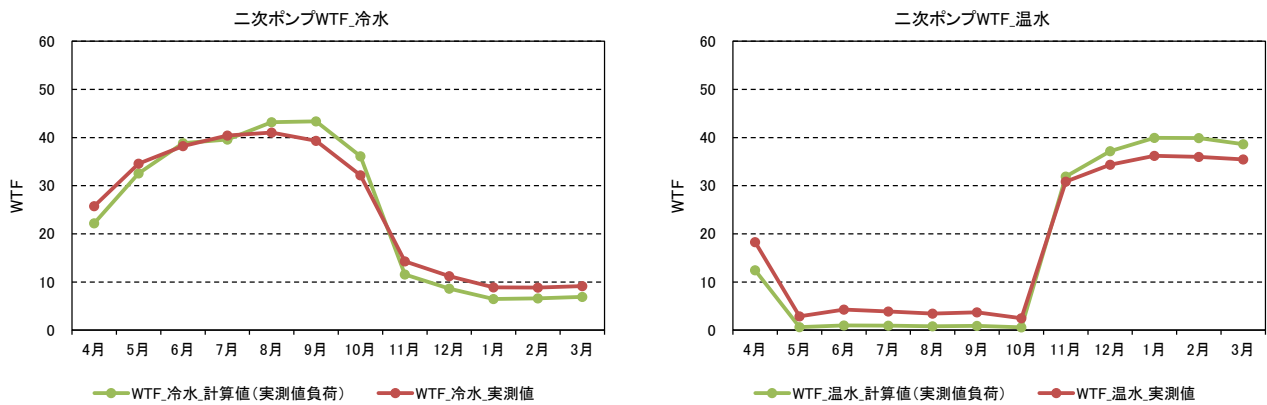


図 B. 2. 19 月別搬送ポンプ WTF の計算値と実績値との比較

6) 一次エネルギー消費量

① 計算値と実測値との比較

冷熱一次エネルギー消費量、温熱一次エネルギー消費量、全体一次エネルギー消費量について、年間の計算値と実績値との比較を行う。

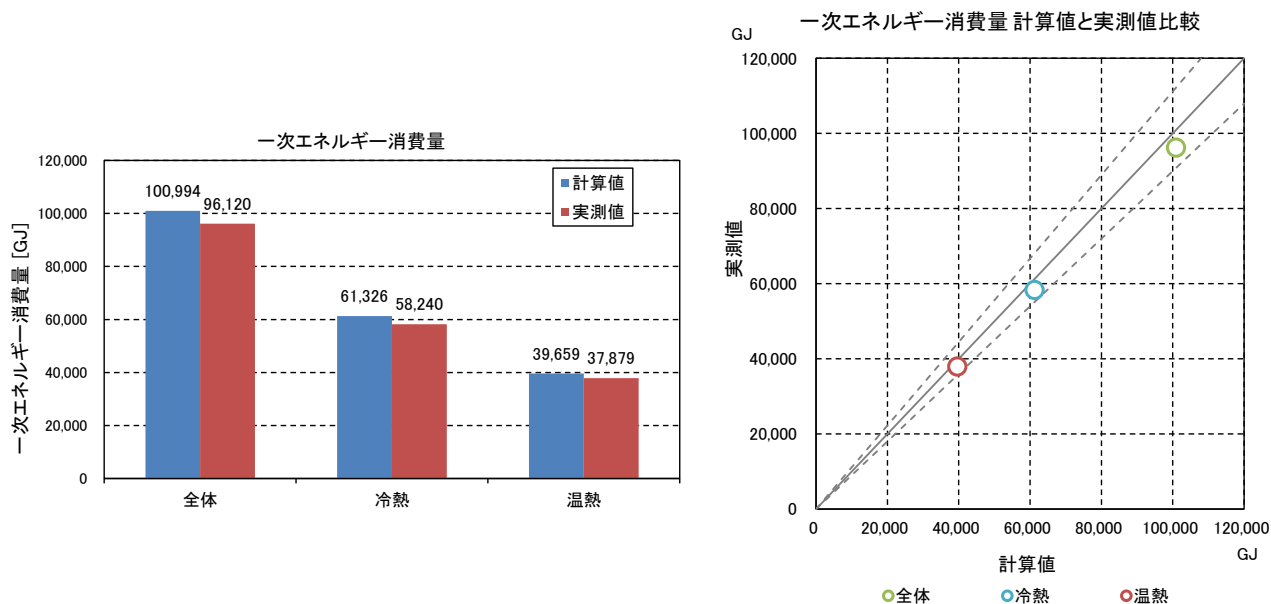


図 B. 2. 20 一次エネルギー消費量の計算値と実績値との比較

② 妥当性の検証

一次エネルギー消費量について、計算値と実績値が±10%の範囲である。

7) 一次エネルギー換算係数

① 計算値と実測値との比較

冷熱一次エネルギー換算係数、温熱一次エネルギー換算係数、総合一次エネルギー換算係数について、年間の計算値と実績値との比較を行う。

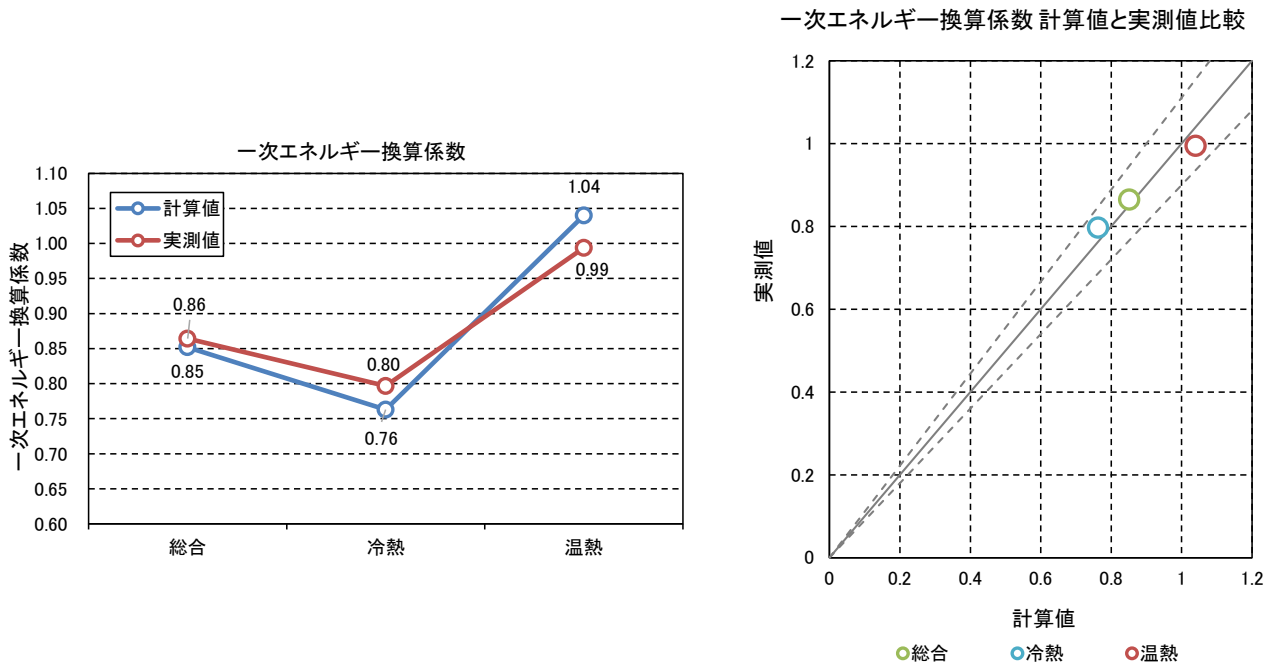


図 B. 2. 21 一次エネルギー換算係数の計算値と実績値との比較

② 妥当性の検証

一次エネルギー換算係数について、計算値と実績値が±10%の範囲である。

附属書 B' 一次エネルギー換算係数の算出に関わる根拠資料の例（その2）

B' 1 一次エネルギー換算係数の算出

(1) 評価対象とする熱供給プラントの検討範囲

1) 検討範囲及び対象需要家の条件、地域導管径・長さ
(省略)

2) 供給条件
(省略)

3) 熱源システムの構成

① 熱供給設備（機器表、系統図、自動制御図等）

シミュレーションに関するプラントのシステム系統図を以下に示す。

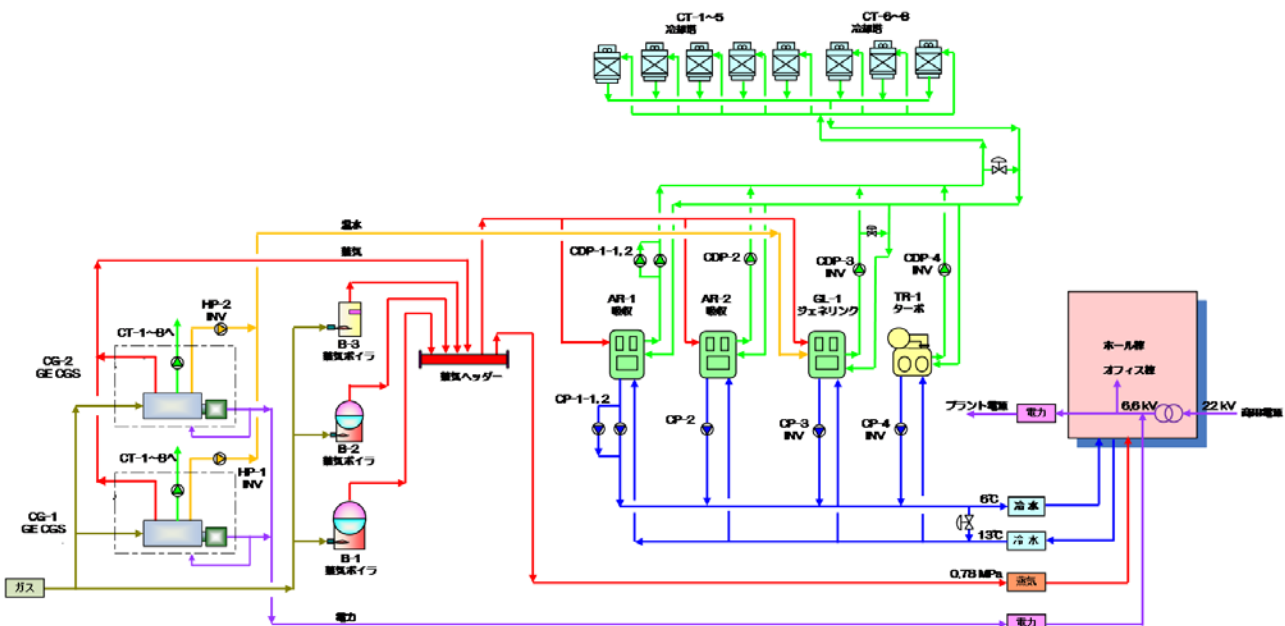


図 B' . 1. 1 熱源システム系統図

シミュレーションに関する機器について、仕様を下記に示す。

表 B'.1.1 機器リスト

記号	名称	仕様	台数 合計	動力 [kW]	電圧 [V]	備考		
AR- 1	吸収式冷凍機	型式	二重効用蒸気吸収冷凍機	1				
		能力	半量運転可能					
		冷水条件	kW (RT)					
		冷却水条件	m ³ /h (13.5℃~6.5℃)					
		蒸気消費量	³ /h (32.0℃~40.0℃)					
		蒸気圧力	/h 4.3 kg/h.RT					
		蒸気ドレン	MPaG(8.0 kg/cm2 G)					
		COP	下					
		制御範囲	(蒸気エンタルピー差: 2394 kJ/kg)					
		補機	冷媒ポンプ、溶液ポンプなど				400	
冷却水下限度								
AR- 2	吸収式冷凍機	型式	二重効用蒸気吸収冷凍機	1				
		能力	kW (RT)					
		冷水条件	m ³ /h (13.5℃~6.5℃)					
		冷却水条件	³ /h (32.0℃~40.0℃)					
		蒸気消費量	/h 4.3 kg/h.RT					
		蒸気圧力	MPaG(8.0 kg/cm2 G)					
		蒸気ドレン	下					
		COP	(蒸気エンタルピー差: 2394 kJ/kg)					
		制御範囲	100~20%					
		補機	冷媒ポンプ、溶液ポンプなど				400	
冷却水下限度								
GL- 1	蒸気焚ジェネリンク	型式	蒸気焚ジェネリンク	1				
		能力	kW (RT)					
		冷水条件	m ³ /h (13.5℃~6.5℃)					
		冷却水条件	³ /h (32.0℃~40.0℃)					
		排温水条件	³ /h (88.0℃~83.0℃) 411 kW					
		蒸気消費量	最大 ³ /h (88.0℃~78.0℃) 824 kW					
		蒸気圧力	/h (排温水なし) 3.6 kg/h.RT					
		蒸気ドレン	t/h (排温水利用時)					
		制御範囲	0.784 MPaG(8.0 kg/cm2 G)					
		補機	90℃以下				400	
冷却水下限度	100~20%							
TR- 1	電動ターボ冷凍機	型式	インバータターボ冷凍機	1				
		能力	冷媒 R-134 a					
		冷水条件	kW (RT)					
		冷却水条件	³ /h (13.5℃~6.5℃)					
		排温水条件	m ³ /h (最大)					
		蒸気消費量	³ /h (32.0℃~ 40.0℃)					
		蒸気圧力	N					
		蒸気ドレン	kW					
		制御範囲	COP (消費電力ベース)					
		冷却水下限度	100~10%				6,600	
CT- 1~8	冷却塔	型式	角形クロスフロー冷却塔	8				
		能力	白煙防止型3台					
		冷却水条件						
		外気条件						
		ファンモータ						
制御方式	ボールチェンジ	400						
CP- 1-1, 2	冷水ポンプ (AR-1用)		型式	片吸込渦巻型ポンプ	2			
			水量					
			揚程					
			モータ					
総合効率		400						
GDP- 1-1, 2	冷却水ポンプ (AR-1用)		型式	片吸込渦巻型ポンプ	2			
			水量					
			揚程					
		モータ						
総合効率		400						
CP- 2	冷水ポンプ (AR-2用)		型式	片吸込渦巻型ポンプ	1			
			水量					
			揚程					
		モータ						
総合効率		400						

CDP- 2	冷却水ポンプ (AR-2用)	型式 水量 揚程 モータ 総合効率	片吸込渦巻型ポンプ	1			
						400	
CP- 3	冷水ポンプ (GL-1用)	型式 水量 揚程 モータ 総合効率	片吸込渦巻型ポンプ	1			
						400	
CDP- 3	冷却水ポンプ (GL-1用)	型式 水量 揚程 モータ 総合効率	片吸込渦巻型ポンプ	1			
						400	
CP- 4	冷水ポンプ (TR-1用)	型式 水量 揚程 モータ 総合効率	片吸込渦巻型ポンプ	1			
						400	
CDP- 4	冷却水ポンプ (TR-1用)	型式 水量 揚程 モータ 総合効率	片吸込渦巻型ポンプ	1			
						400	
CG- 1.2	ガスエンジンCGS	型式 発電能力 発電機 ガス消費量 ガスLHV 発電効率 蒸気回収率 温水回収率 排熱ボイラ蒸発量 給水温度 補機	水冷ガスエンジンコージェネレーション	2			
						200	
HP- 1.2	温水循環ポンプ (CGS-1.2用)	型式 水量 揚程 モータ 総合効率	立形多段ポンプ	2			
						400	
B- 1.2	蒸気ボイラ	型式 換算蒸発量 実際蒸発量 蒸気圧力 給水温度 ガスLHV ボイラ熱効率 押込ファン	ガス焚炉筒煙管ボイラ エコノマイザー付	2			
						400	
BWP- 1.2	ボイラ給水ポンプ	型式 水量 揚程 モータ 総合効率	多段渦巻型ポンプ	2			
			10 m ³ /h 135 m 11 kW INV制御			200	
B- 3	蒸気ボイラ	型式 換算蒸発量 実際蒸発量 蒸気圧力 給水温度 ガスLHV ボイラ熱効率 補機	小型貫流ボイラ エコノマイザー付	1			
					INV制御	400	

4) ほかに評価対象となる機器システムを特徴づける事項
特になし。

(2) 一次エネルギー換算係数の算出に用いる資料

1) 地域及び需要家の熱負荷に関する事項

① 気象条件

外気温度と湿球温度は、WEBプログラムで使用されている気象データを月別時刻別で単純平均したデータを使用する。

表 B'.1.2 外気の乾球温度及び湿球温度 (6 地域)

WEBデータの平均乾球温度
℃

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	8月2日	2月25日
													夏季設計日	冬季設計日
0-1時	3.4	3.1	5.3	12.5	16.2	21.2	25.3	26.0	21.9	15.3	10.3	5.2	25.3	-2.7
1-2時	3.1	2.7	4.9	12.0	15.7	20.7	25.0	25.6	21.6	15.0	10.0	5.0	24.8	-2.9
2-3時	2.9	2.2	4.6	11.4	15.2	20.4	24.7	25.2	21.3	14.7	9.7	4.8	24.0	-3.2
3-4時	2.7	1.9	4.4	10.9	14.9	20.0	24.5	24.9	20.9	14.5	9.3	4.6	23.4	-3.6
4-5時	2.6	1.6	4.1	10.6	14.6	19.8	24.3	24.6	20.7	14.2	9.0	4.3	23.1	-3.8
5-6時	2.3	1.6	3.8	10.4	14.5	19.7	24.2	24.5	20.4	13.9	8.8	4.2	23.0	-3.8
6-7時	2.1	1.5	3.8	10.5	14.9	20.1	24.6	24.7	20.4	13.8	8.6	4.0	23.5	-3.7
7-8時	2.1	1.8	4.7	11.4	15.9	21.0	25.5	25.6	21.1	14.3	8.9	4.1	25.0	-3.0
8-9時	3.0	3.0	6.4	13.0	17.3	22.3	26.6	26.8	22.5	15.8	9.9	5.0	27.4	-1.1
9-10時	4.5	4.6	8.3	14.8	18.7	23.6	27.6	27.9	23.9	17.7	11.6	6.5	29.8	1.6
10-11時	5.9	6.1	9.8	16.2	19.9	24.6	28.5	28.9	25.0	19.2	13.3	7.9	31.7	4.1
11-12時	6.8	7.1	10.7	17.2	20.8	25.5	29.3	29.6	26.0	20.2	14.5	9.0	33.1	5.3
12-13時	7.4	7.6	11.4	17.9	21.5	26.1	29.8	30.1	26.6	20.7	15.2	9.5	33.7	5.7
13-14時	7.7	7.8	11.9	18.4	22.1	26.3	30.1	30.6	26.9	21.1	15.6	9.8	34.2	5.1
14-15時	7.9	7.9	12.1	18.7	22.4	26.4	30.2	30.9	26.9	21.2	15.8	10.0	34.9	4.3
15-16時	7.7	7.7	12.0	18.7	22.4	26.3	30.0	30.9	26.7	21.0	15.6	9.9	35.3	4.6
16-17時	7.3	7.3	11.6	18.4	22.1	26.1	29.7	30.5	26.4	20.5	15.1	9.4	34.8	4.9
17-18時	6.7	6.7	10.7	17.8	21.5	25.7	29.2	29.9	25.8	19.7	14.4	8.6	33.5	4.4
18-19時	6.0	6.1	9.7	17.0	20.6	25.0	28.6	29.1	25.0	18.7	13.6	7.8	31.4	3.6
19-20時	5.4	5.5	8.6	16.1	19.7	24.3	28.0	28.3	24.3	17.9	12.7	7.1	29.7	2.6
20-21時	4.9	5.0	7.8	15.3	18.9	23.6	27.3	27.7	23.6	17.1	12.1	6.6	28.7	1.9
21-22時	4.4	4.5	7.1	14.5	18.3	22.9	26.8	27.2	23.1	16.5	11.5	6.1	27.5	1.1
22-23時	4.0	3.9	6.5	13.8	17.7	22.3	26.3	26.8	22.5	15.9	11.0	5.7	26.7	0.0
23-24時	3.7	3.5	6.0	13.2	17.0	21.7	25.8	26.4	22.1	15.4	10.5	5.3	26.2	-0.6

WEBデータの平均湿球温度
℃

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	8月2日	2月25日
													夏季設計日	冬季設計日
0-1時	1.3	0.8	3.7	9.3	13.4	18.1	22.7	23.5	19.1	13.2	8.2	3.1	22.0	-4.5
1-2時	1.2	0.5	3.4	9.0	13.2	18.0	22.6	23.4	19.0	13.0	8.0	3.0	21.7	-4.6
2-3時	1.0	0.3	3.1	8.8	13.1	17.9	22.5	23.3	18.8	12.9	7.8	2.8	21.5	-4.6
3-4時	0.9	0.1	3.0	8.6	12.9	17.7	22.4	23.2	18.7	12.7	7.5	2.7	21.4	-4.9
4-5時	0.7	-0.1	2.8	8.5	12.8	17.7	22.3	23.1	18.6	12.6	7.3	2.5	21.5	-5.1
5-6時	0.6	0.0	2.7	8.4	12.7	17.7	22.3	23.0	18.6	12.5	7.1	2.5	21.5	-5.1
6-7時	0.5	-0.1	2.8	8.5	12.9	17.9	22.5	23.1	18.6	12.4	6.9	2.4	21.7	-5.0
7-8時	0.6	0.1	3.4	9.0	13.3	18.3	22.9	23.4	18.9	12.6	7.0	2.4	22.2	-4.3
8-9時	1.1	0.9	4.4	9.9	13.9	18.8	23.3	23.7	19.4	13.2	7.6	3.0	23.0	-2.6
9-10時	2.1	1.8	5.4	10.6	14.5	19.3	23.7	24.0	19.8	13.9	8.5	3.8	23.7	-0.6
10-11時	2.9	2.6	6.2	11.1	14.9	19.6	23.9	24.3	20.1	14.5	9.4	4.6	24.3	0.9
11-12時	3.4	3.1	6.6	11.5	15.2	19.8	24.1	24.4	20.4	14.8	10.1	5.2	24.7	1.4
12-13時	3.7	3.3	6.9	11.7	15.4	20.0	24.3	24.6	20.5	15.0	10.4	5.4	24.9	1.5
13-14時	3.8	3.5	7.2	11.8	15.5	20.0	24.3	24.7	20.6	15.1	10.5	5.5	25.0	0.9
14-15時	3.9	3.6	7.3	11.8	15.4	20.0	24.2	24.7	20.5	15.1	10.5	5.6	25.2	1.0
15-16時	3.9	3.5	7.3	11.7	15.4	20.0	24.2	24.7	20.5	15.0	10.5	5.6	25.1	1.3
16-17時	3.7	3.4	7.0	11.5	15.2	19.9	24.1	24.6	20.4	14.9	10.4	5.3	24.4	1.2
17-18時	3.3	3.0	6.7	11.3	15.0	19.7	24.0	24.5	20.3	14.6	10.3	4.9	23.5	1.2
18-19時	3.0	2.7	6.2	10.9	14.9	19.5	23.9	24.3	20.1	14.3	10.0	4.5	22.4	0.9
19-20時	2.6	2.4	5.7	10.7	14.7	19.3	23.7	24.1	19.9	14.0	9.6	4.2	21.4	0.1
20-21時	2.3	2.1	5.2	10.5	14.5	19.0	23.5	24.0	19.8	13.8	9.3	3.9	20.4	-0.5
21-22時	2.0	1.8	4.8	10.3	14.3	18.8	23.3	23.9	19.6	13.6	9.0	3.7	19.7	-0.9
22-23時	1.8	1.4	4.4	9.9	14.0	18.6	23.0	23.7	19.3	13.3	8.7	3.4	19.5	-1.8
23-24時	1.5	1.1	4.1	9.6	13.8	18.4	22.9	23.6	19.1	13.1	8.4	3.2	19.3	-2.1

② 熱負荷原単位・負荷パターン

原単位及び負荷パターンは、エネルギーシステムの設計情報データベースの新負荷原単位を使用する。

表 B'.1.3 建物用途別熱負荷原単位

	年間熱負荷原単位					ピーク熱負荷原単位					
	事務所	官公庁	商業	宿泊	病院	事務所	官公庁	商業	宿泊	病院	
冷房負荷 [MJ/m ² y]	301.7	159.8	471.8	323.5	260.7	冷房負荷 [W/m ²]	61.9	47.1	80.7	49.7	47.9
温熱負荷 [MJ/m ² y]	84.2	132.7	48.7	420.9	127.6	温熱負荷 [W/m ²]	31.8	40.4	13.1	42.5	30.7
電力負荷 [kWh/m ² y]	175.4	106.6	149.9	153.2	212.5	電力負荷 [Wh/m ²]	37.7	22.1	34.5	28.5	52.7

【出典 1】「エネルギーシステムの設計情報データベース」(2015.10.30 公益社団法人空気調和・衛生工学会)

各月の平日と休日の日数は、2018年度カレンダー（2018年4月～2019年3月）に基づくものとし、平日は年間244日、休日は年間121日として年間熱負荷を集計する。

休日の土曜日と日祝日は同じ熱負荷とするが、CGSの運転方法が土曜日と日祝日で異なるため、この場合の年間日数は、土曜日49日、日祝日72日とする。

③ 需要家の熱負荷

需要家の用途別床面積と熱負荷原単位を用いて、需要家の熱負荷を算出する。

需要家の月別・時刻別熱負荷を下図に示す。

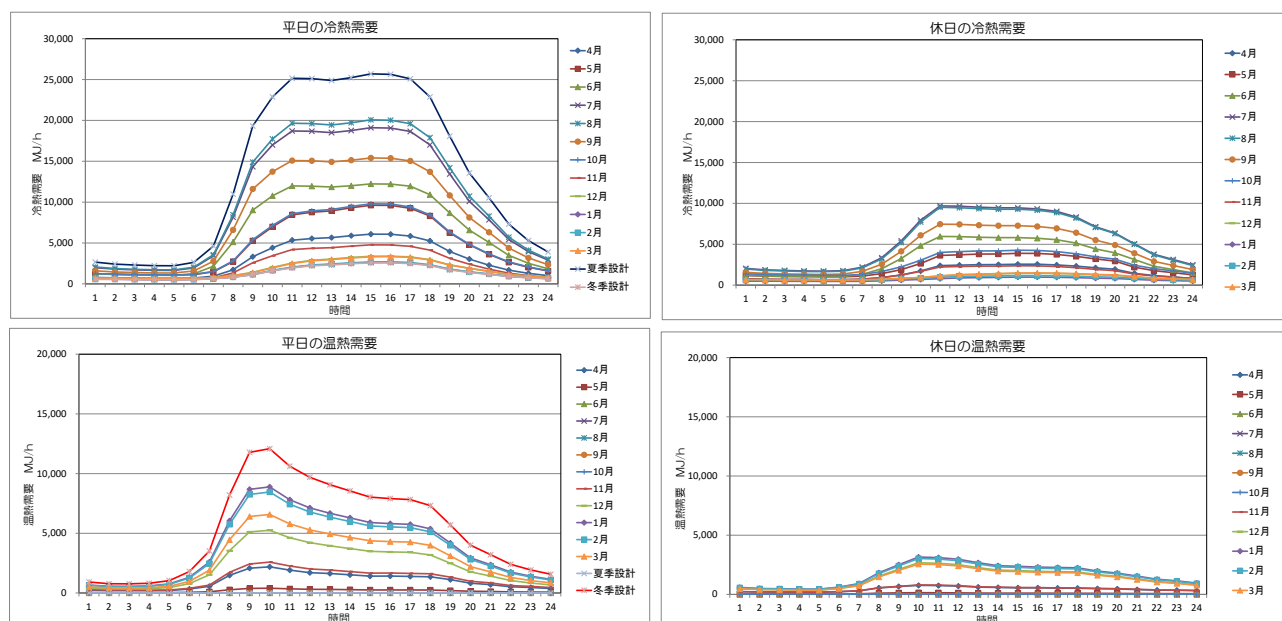
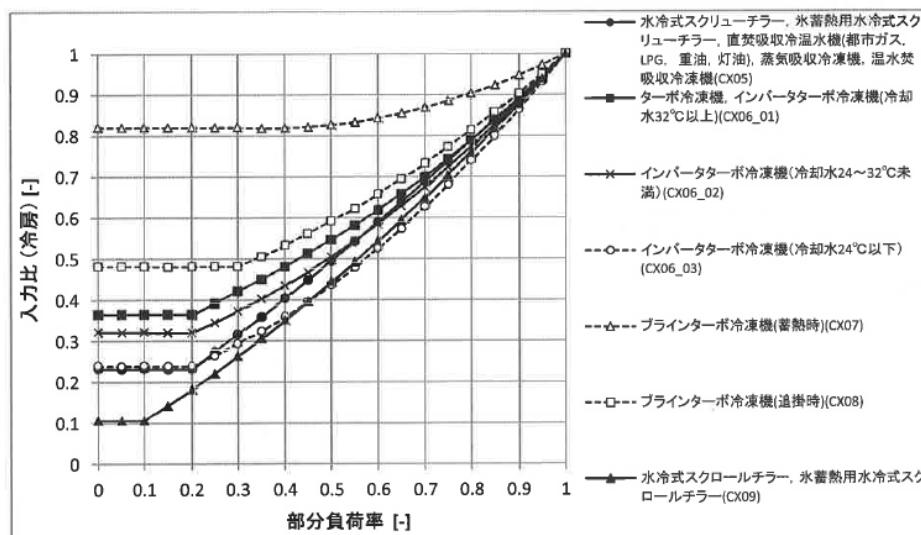


図 B'.1.2 需要家の月別・時刻別熱負荷

2) 対象となる熱源システムに関する事項

① 機器特性

ターボ冷凍機の特性は省エネ基準の値を用いる（下図）。



出典：「平成 25 年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説」

図 B'.1.3 熱源機器の部分負荷特性

② 熱源の運転順位

・ガスエンジン CGS の運転

ガスエンジン CGS は常に最大出力で運転し、CGS 補機を除いた電力をビル側へ売電する。CASE-1 では 1 年を通して平日と土曜日で以下のように運転するものとする。

平日 : 8:00~18:00 2 台運転 18:00~20:00 1 台運転

土曜日 : 8:00~20:00 1 台運転

日祝日 : 運転しない

・冷凍機とボイラの運転

冷凍機とボイラの運転については、実績運転の考え方に基づくものとする。

冷凍機については、基本的に次の運転優先順位で運転するものとする。

① TR-1、② GL-1、③ AR-1 または AR-2

TR-1 のインバーターターボ冷凍機を最優先で運転し、CGS の起動に合わせて GL-1 の蒸気焚ジェネリンクを運転する。冷水負荷がさらに大きくなると、負荷に応じて AR-1 または AR-2 の蒸気吸収式冷凍機を運転する。ただし、熱負荷が小さく CGS 排熱が十分にある場合は GL-1 を優先的に運転する。

CGS 運転時には CGS 蒸気を優先利用するものとし、蒸気が不足する場合は蒸気ボイラを運転する。夜間・休日・中間期などの蒸気負荷が小さい時間帯は B-3 の小型貫流ボイラで対応する。AR-1 または AR-2 を運転する時間帯や、蒸気負荷が増大する時間帯は B-1 または B-2 の炉筒煙ボイラで対応する。

③ 自動制御のアルゴリズム

・熱源機器の負荷率

熱源機器はすべて蓄熱槽を介して熱供給するため、冷凍機やヒートポンプは常に 100% の負荷率で運転されるものとする。ただし、冷却水温度は、冷却塔ファンの台数制御により 25℃～31℃での運転とする。

・ 冷却塔のファン制御

冷却塔の制御については、2台のターボ冷凍機に対応する集合冷却塔が1セットと、1台の熱回収ターボ冷凍機と1台のヒーティングタワーヒートポンプに対応する集合冷却加熱塔が2セット設置されている。

それぞれの集合冷却塔または集合冷却加熱塔は、8台の定速ファンを有しており、ファンの運転台数制御により冷却塔出口温度を段階的に制御している。以下に、2台のターボ冷凍機に対応する1セットの集合冷却塔について、通水台数、ファン運転台数（ファン電力）、冷却水温度を計算するアルゴリズムを示す。

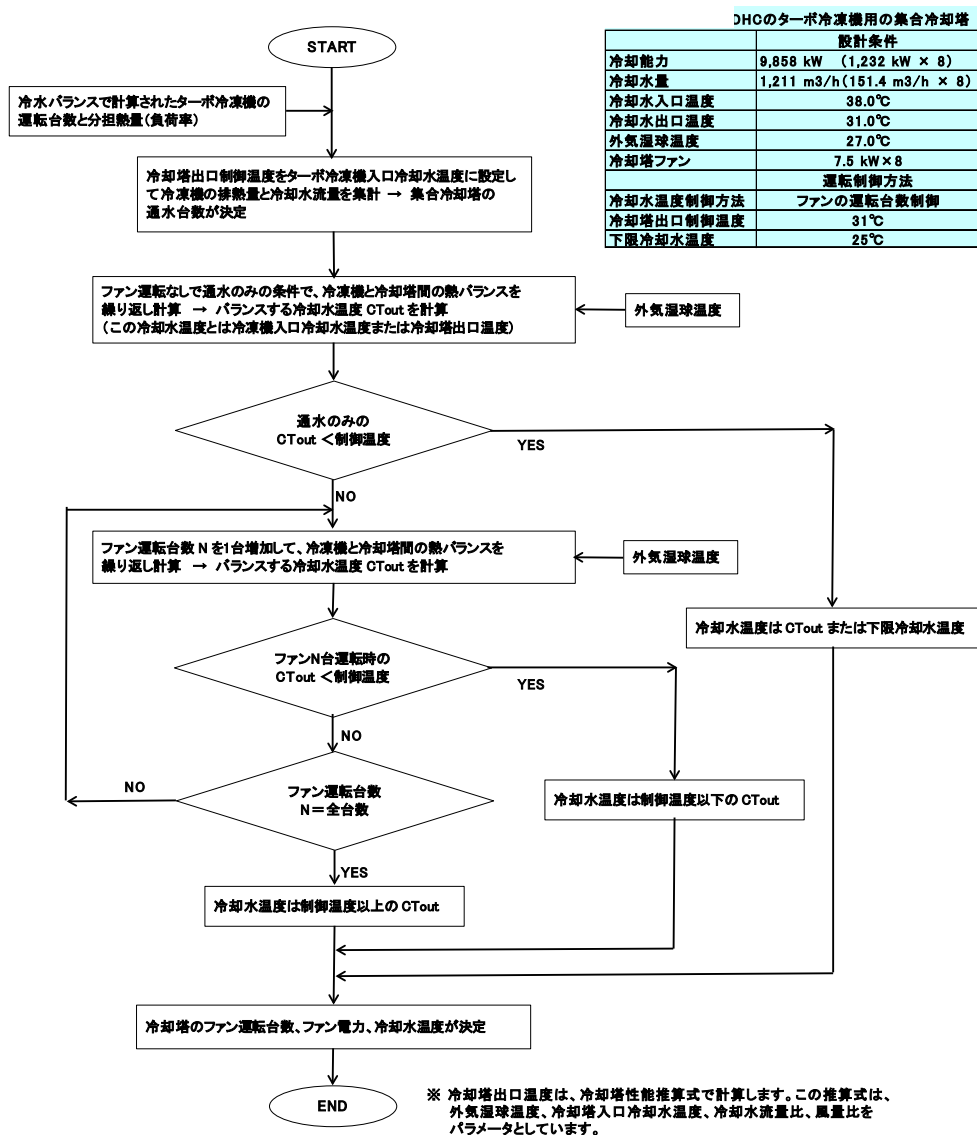


図 B'. 1.4 冷却塔ファンの制御アルゴリズム

3) 月別供給熱量、製造熱量 (冷熱・温熱)

①月別供給熱量

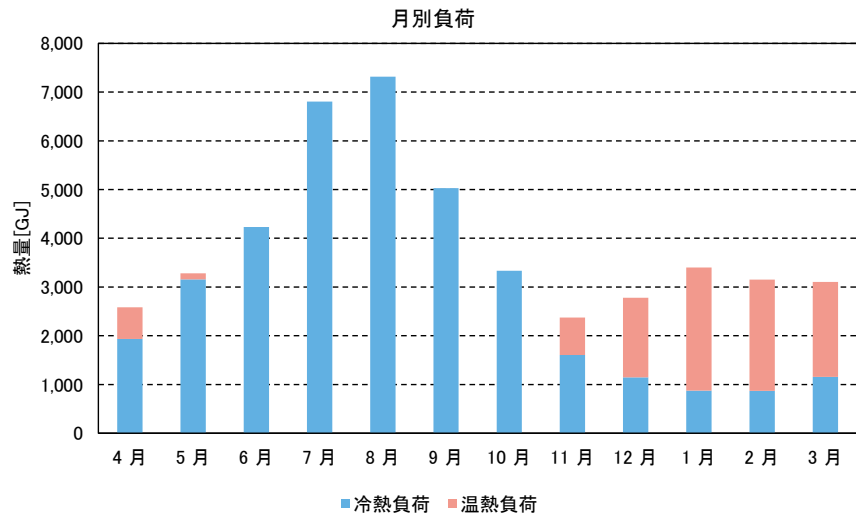


図 B'. 1. 5 月別供給熱量

②月別製造熱量

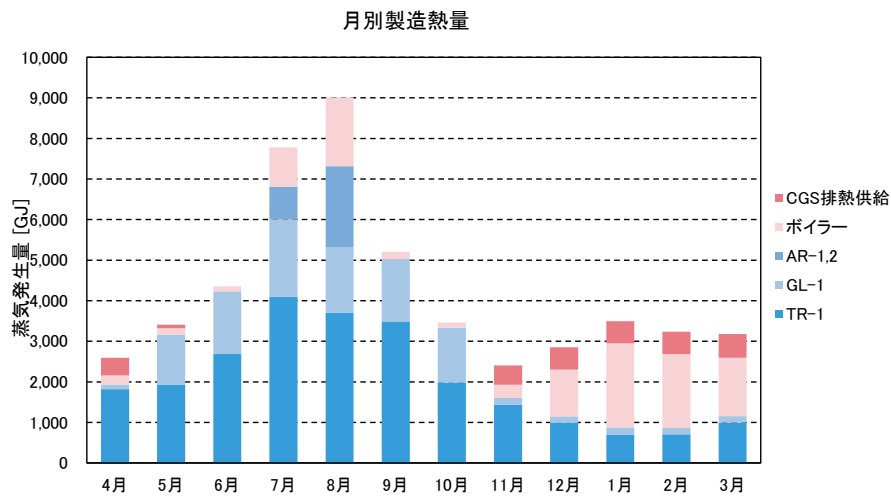


図 B'. 1. 6 月別製造熱量

4) 熱源機器別製造熱量、エネルギー消費量、運転時間、補機エネルギー消費量

①年間熱源機器別の製造熱量（冷水、温水）

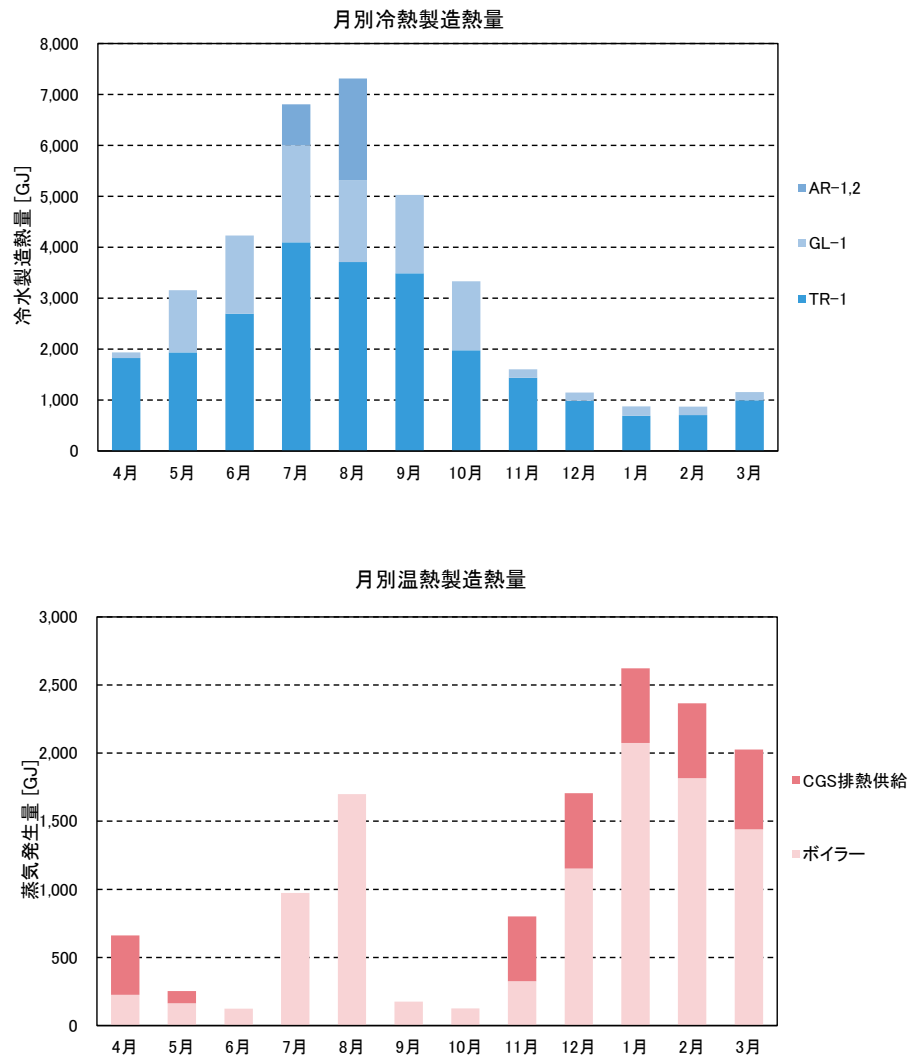


図 B'. 1. 7 熱源機器別の製造熱量（上段：冷水、下段：温水）

②年間消費先別のエネルギー消費量

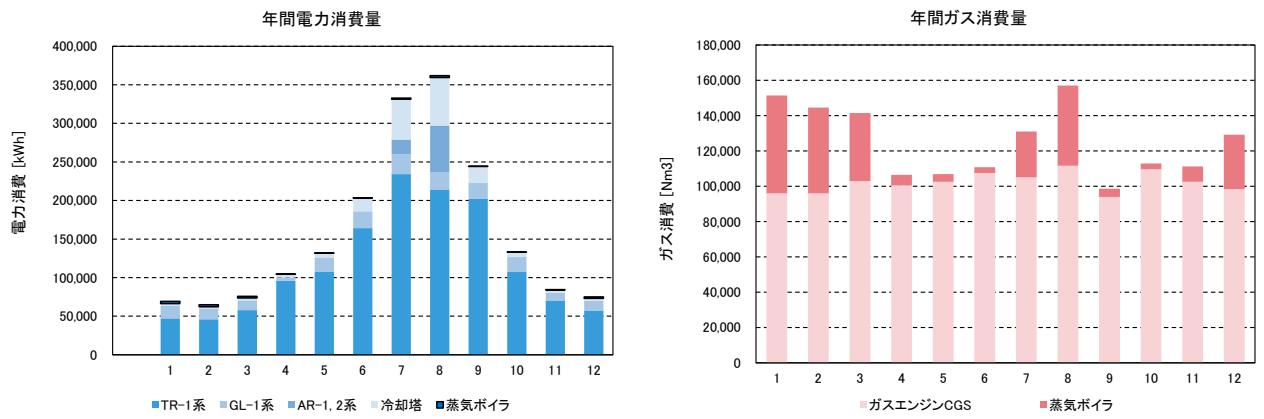


図 B'.1.8 消費先別のエネルギー消費量

③年間主機・補機エネルギー消費量

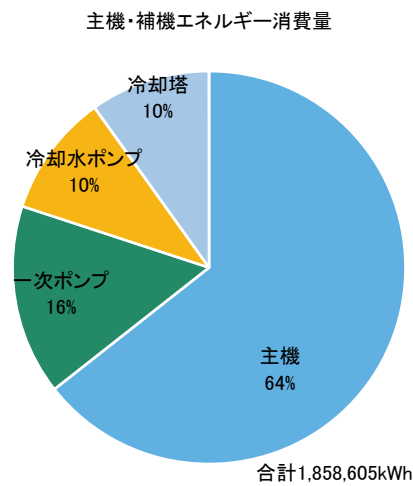


図 B'.1.9 主機・補機のエネルギー消費量比率

5) 熱源機器別一次エネルギーCOP (単体 COP・システム COP)

①単体 COP 及び効率

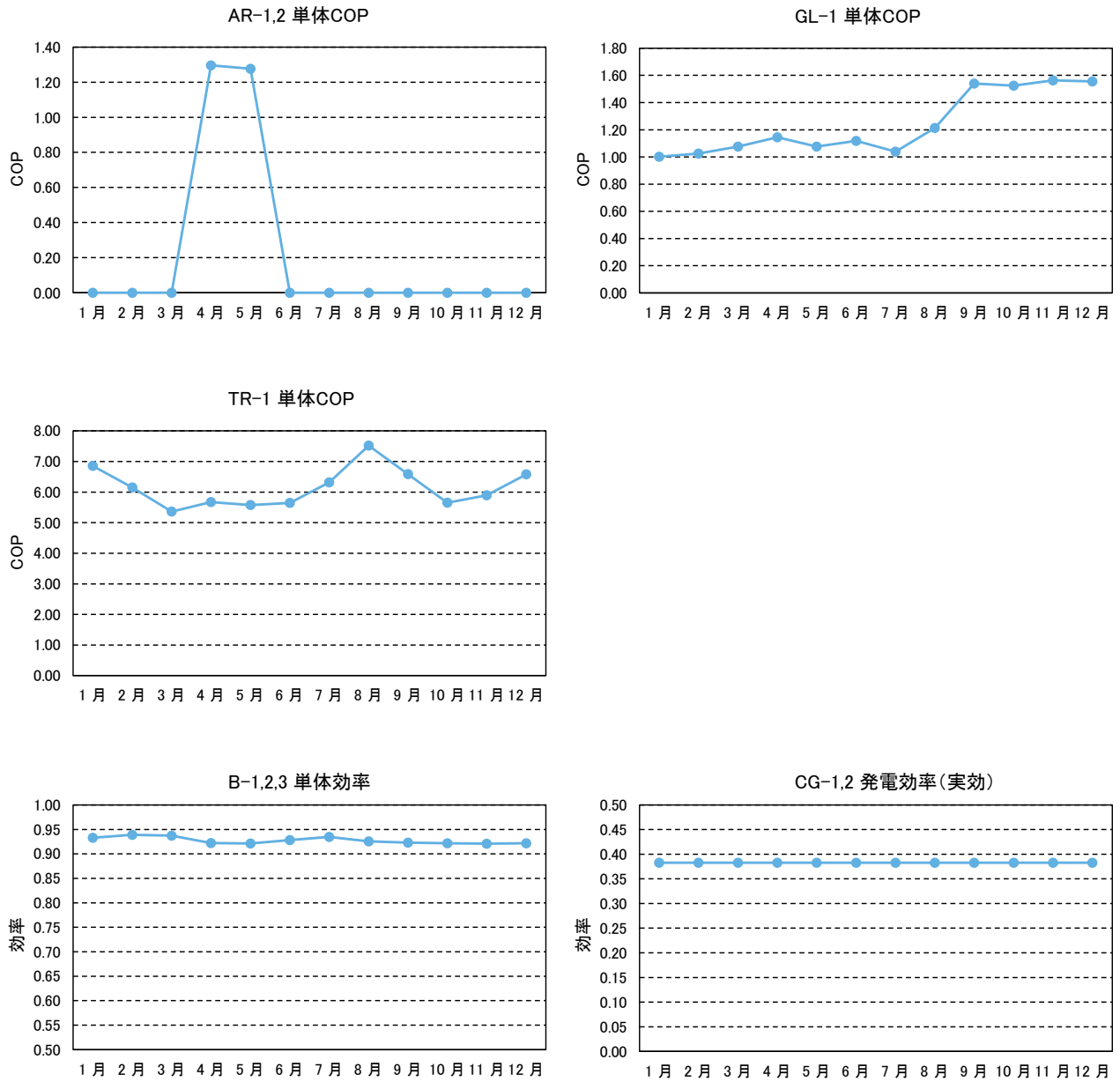


図 B'. 1. 10 機器別の単体 COP 及び効率

②システム COP 及びシステム効率

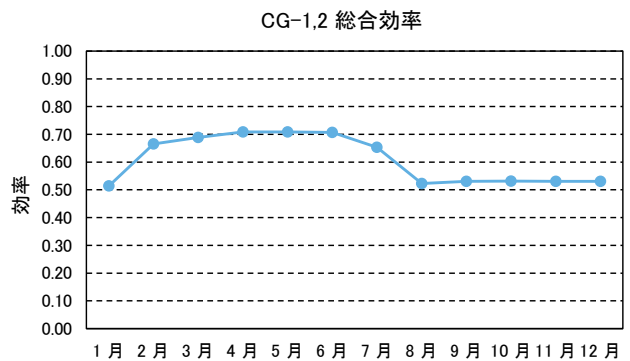
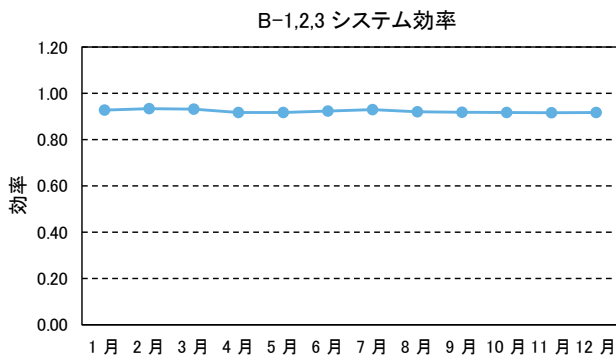
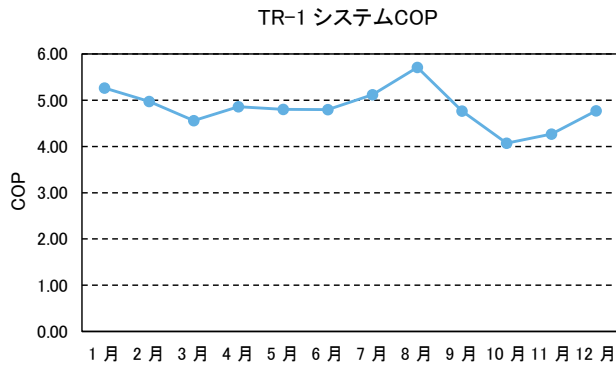
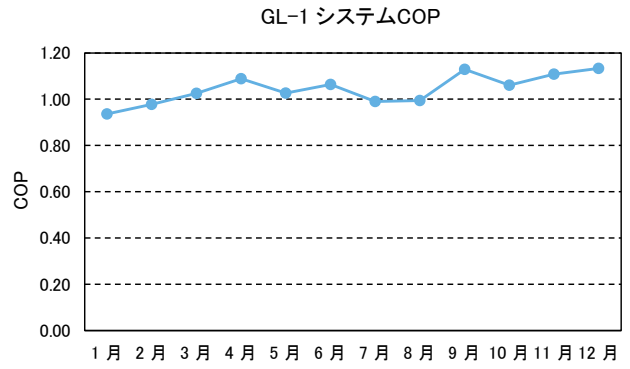
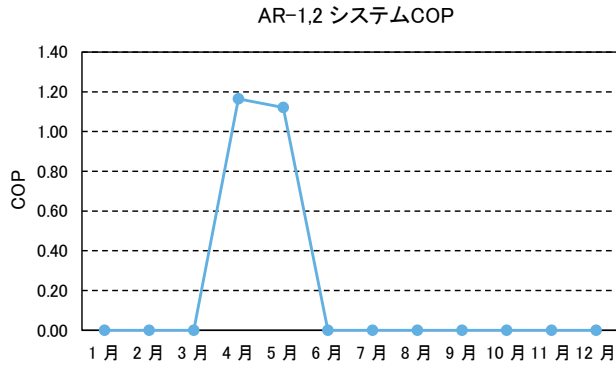


図 B'.1.11 機器別のシステム COP 及びシステム効率

6) 一次エネルギー消費量 (冷熱・温熱)

一次エネルギー消費量の計算結果を図 B' . 1. 12 に示す。

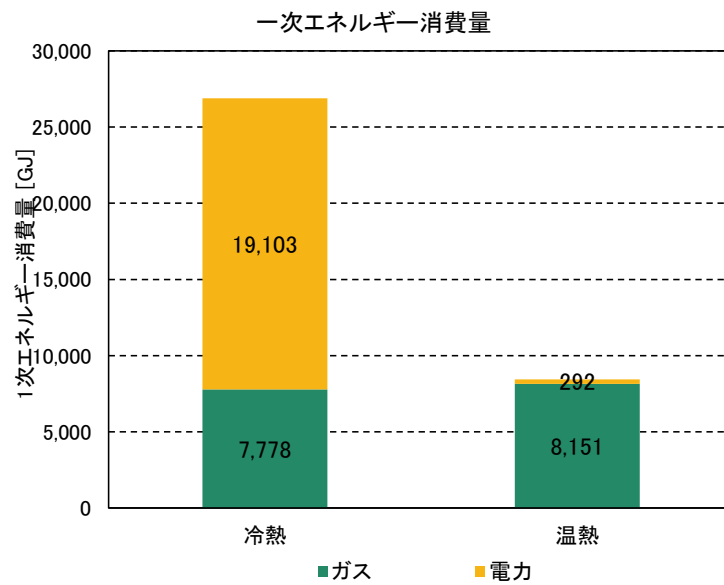


図 B' . 1. 12 年間一次エネルギー消費量の計算結果

7) 一次エネルギー換算係数 (総合・冷熱・温熱)

一次エネルギー換算係数の計算結果を図 B' . 1. 13 に示す。

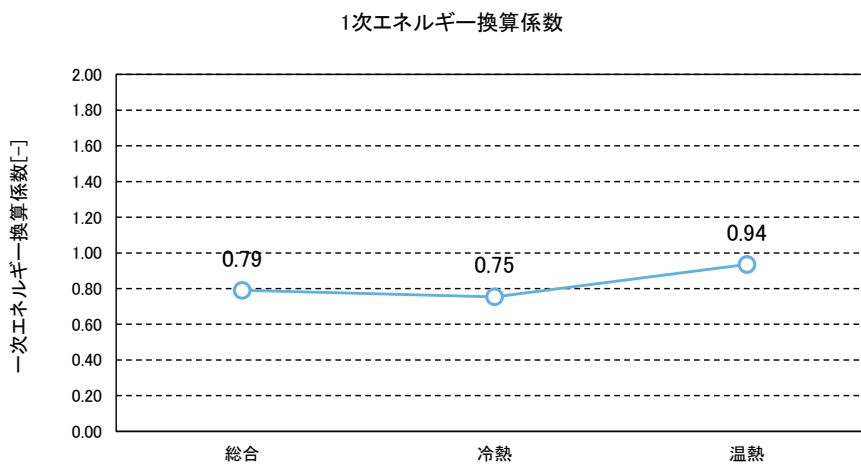


図 B' . 1. 13 一次エネルギー換算係数の計算結果

B'2 シミュレーションソフトの検証

(1) 使用したシミュレーションソフトの概要

シミュレーションソフトは Enepro21 ver 4.5.2 を使用する。

(2) 既存の熱供給プラントの選定

実測した既存プラントは、東京都内に立地するプラントとする。実測したプラントの検討範囲及び対象需要家の条件概要を以下に示す。

(省略)

- ① 熱供給プラントの概要（熱供給事業登録申請書等）
- ② 供給範囲
- ③ 対象需要家一覧
- ④ 地域導管径・長さ・保温仕様

(3) 実測と比較する際にシミュレーションソフトに与える計算条件

1) 既存の熱供給プラントの供給条件、仕様等

① 供給条件（熱媒、供給温度等）

シミュレーション上の往還温度は、表 B' . 2. 1 の値で固定とする。

表 B' . 2. 1 熱供給条件

熱媒種類	往温度	還温度
冷水	6°C	13°C
蒸気	-	-

② 熱供給設備（機器表、系統図、自動制御図等）

シミュレーションに関するプラントのシステム系統図を図 B' . 2. 1 に示す。

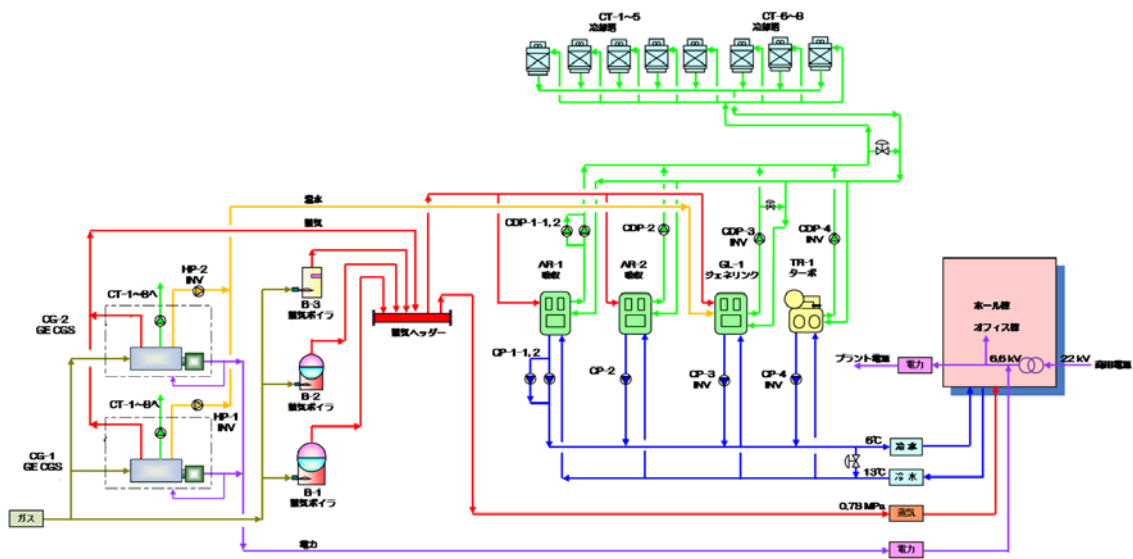


図 B' . 2. 1 熱源システム系統図

シミュレーションに関係する機器について、仕様を下記に示す（ただし、匿名化のため具体的な値は本資料では非公表とした）。

表 B'. 2. 2 機器リスト

記号	名称	仕様	台数 合計	動力 [kW]	電圧 [V]	備考
AR- 1	吸収式冷凍機	型式	二重効用蒸気吸収冷凍機	1		
		能力	半量運転可能			
		冷水条件	kW (RT)			
		冷却水条件	m ³ /h (13.5℃~6.5℃)			
		蒸気消費量	m ³ /h (32.0℃~40.0℃)			
		蒸気圧力	/h 4.3 kg/h.RT			
		蒸気ドレン	MPaG(8.0 kg/cm2 G)			
		COP	下 (蒸気エンタルピー差: 2394 kJ/kg)			
		制御範囲	20%			
		補機	冷媒ポンプ、溶液ポンプなど			
冷却水下限温度						
AR- 2	吸収式冷凍機	型式	二重効用蒸気吸収冷凍機	1		
		能力	kW (RT)			
		冷水条件	m ³ /h (13.5℃~6.5℃)			
		冷却水条件	m ³ /h (32.0℃~40.0℃)			
		蒸気消費量	/h 4.3 kg/h.RT			
		蒸気圧力	MPaG(8.0 kg/cm2 G)			
		蒸気ドレン	下			
		COP	(蒸気エンタルピー差: 2394 kJ/kg)			
		制御範囲	100~20%			
		補機	冷媒ポンプ、溶液ポンプなど			
冷却水下限温度						
GL- 1	蒸気焚ジェネリック	型式	蒸気焚ジェネリック	1		
		能力	kW (RT)			
		冷水条件	m ³ /h (13.5℃~6.5℃)			
		冷却水条件	m ³ /h (32.0℃~40.0℃)			
		排水水条件	m ³ /h (88.0℃~83.0℃) 411 kW			
		蒸気消費量	最大 m ³ /h (88.0℃~78.0℃) 824 kW			
		蒸気圧力	/h (排水水なし) 3.6 kg/h.RT			
		蒸気ドレン	t/h (排水水利用時)			
		制御範囲	0.784 MPaG(8.0 kg/cm2 G)			
		補機	90℃以下			
冷却水下限温度	100~20%					
TR- 1	電動ターボ冷凍機	型式	インバータターボ冷凍機	1		
		能力	冷媒 R-134 a			
		冷水条件	kW (RT)			
		冷却水条件	m ³ /h (13.5℃~6.5℃)			
		排水水条件	m ³ /h (最大)			
		蒸気消費量	m ³ /h (32.0℃~ 40.0℃)			
		蒸気圧力	N			
		蒸気ドレン	kW			
		制御範囲	COP 消費電力ベース)			
		補機	100~10%			
冷却水下限温度						
CT- 1~8	冷却塔	型式	角形クロスフロー冷却塔	8		
		能力	白煙防止型3台			
		冷却水条件				
		外気条件				
		ファンモータ				
		制御方式	ボールチェンジ			
CP- 1-1, 2	冷水ポンプ (AR-1用)	型式	片吸込渦巻型ポンプ	2		
		水量				
		揚程				
		モータ				
		総合効率				
CDP- 1-1, 2	冷却水ポンプ (AR-1用)	型式	片吸込渦巻型ポンプ	2		
		水量				
		揚程				
		モータ				
		総合効率				
CP- 2	冷水ポンプ (AR-2用)	型式	片吸込渦巻型ポンプ	1		
		水量				
		揚程				
		モータ				
		総合効率				

CDP- 2	冷却水ポンプ (AR-2 用)	型式 水量 揚程 モータ 総合効率	片吸込渦巻型ポンプ	1				
							400	
CP- 3	冷水ポンプ (GL-1 用)	型式 水量 揚程 モータ 総合効率	片吸込渦巻型ポンプ	1				
							400	
CDP- 3	冷却水ポンプ (GL-1 用)	型式 水量 揚程 モータ 総合効率	片吸込渦巻型ポンプ	1				
							400	
CP- 4	冷水ポンプ (TR-1 用)	型式 水量 揚程 モータ 総合効率	片吸込渦巻型ポンプ	1				
							400	
CDP- 4	冷却水ポンプ (TR-1 用)	型式 水量 揚程 モータ 総合効率	片吸込渦巻型ポンプ	1				
							400	
CG- 1, 2	ガスエンジンCGS	型式 発電能力 発電機 ガス消費量 ガスLHV 発電効率 蒸気回収率 温水回収率 排熱ボイラ蒸発量 給水温度 補機	水冷ガスエンジンコージェネレーション	2				
								200
								ガスコン、冷却ポンプ(18.5 kW INV)、 各種ポンプ、換気ファン
HP- 1, 2	温水循環ポンプ (CGS-1, 2 用)	型式 水量 揚程 モータ 総合効率	立形多段ポンプ	2				
							400	
B- 1, 2	蒸気ボイラ	型式 換算蒸発量 実際蒸発量 蒸気圧力 給水温度 ガスLHV ボイラ熱効率 押込ファン	ガス焚炉簡煙管ボイラ エコノマイザー付	2				
							400	
BWP- 1, 2	ボイラ給水ポンプ	型式 水量 揚程 モータ 総合効率	多段渦巻型ポンプ 10 m ³ /h 135 m 11 kW INV制御	2				
							200	
B- 3	蒸気ボイラ	型式 換算蒸発量 実際蒸発量 蒸気圧力 給水温度 ガスLHV ボイラ熱効率 補機	小型貫流ボイラ エコノマイザー付	1				
								INV制御
							400	

2) 既存の熱供給プラントの実測値

既存の熱供給プラントとシミュレーションソフトの機器の運転状態を一致させるため、以下の条件は既存の熱供給プラントの実測値を用いる。

① 気象条件

実績値を集計した該当年度の気象条件を用いてシミュレーションを実施する。

② 需要家の熱負荷（冷熱、温熱）

シミュレーションに用いた熱負荷の実績値を図 B' . 2. 2 に示す。

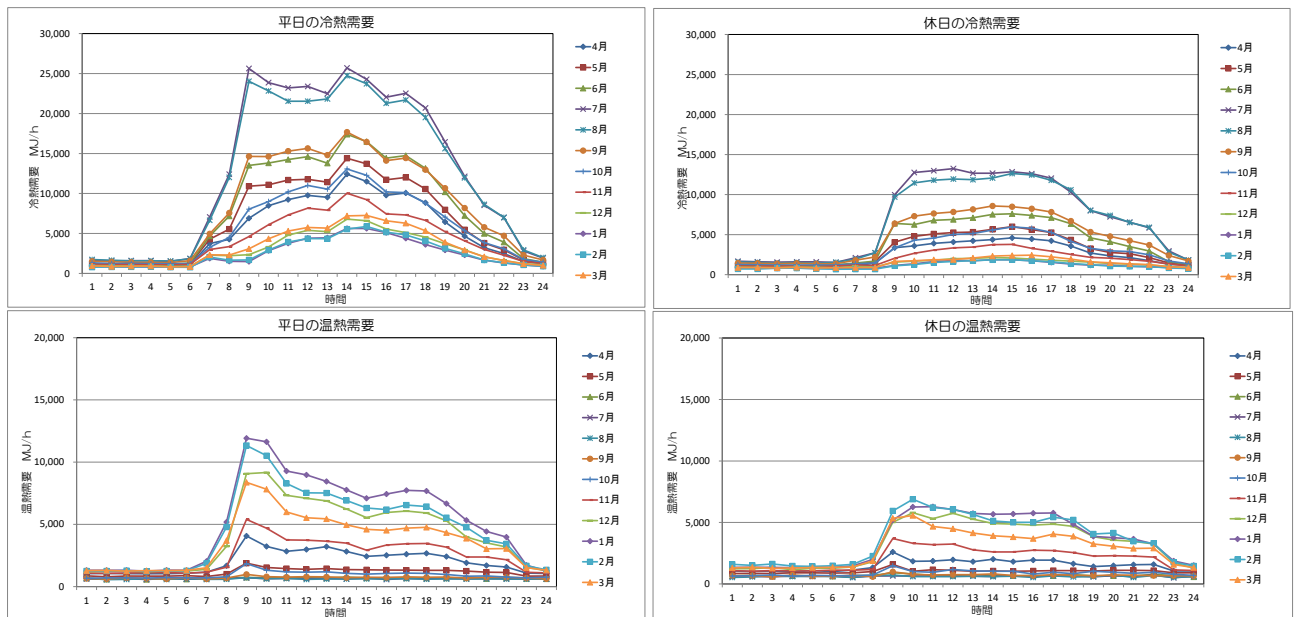


図 B' . 2. 2 需要家の熱負荷（平日、休日）

3) 機器特性等

① 機器特性

シミュレーション上の機器特性値は、WEB プログラムの機器特性を用いる。

② 往還温度差

シミュレーション上の往還温度は、実績値を用いる。往還温度差の実績値を以下に示す。

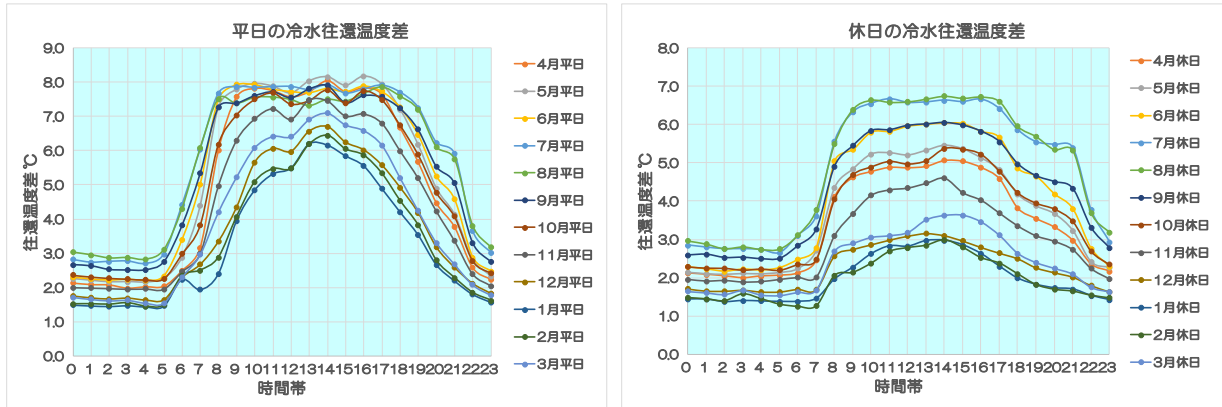


図 B'.2.3 代表日の時刻別往還温度差

4) 入力情報の提示

シミュレーション時の主な事項の入力画面を以下に示す。

① 熱負荷

平日、土曜日、休日の負荷パターンごとに外気温度、湿球温度、冷水熱負荷、蒸気熱負荷、冷水供給温度、冷水戻り温度を設定する。

☆ 8月パターン1 (平日) の設定

パターン1 <23日>		単位: 温度は[°C] 負荷は[MJ]																	
時間帯	外気温度 [°C]	湿球温度 [°C]	冷水負荷A [MJ]	冷水負荷B [MJ]	冷水負荷C [MJ]	低冷水負荷 [MJ]	温水負荷A [MJ]	温水負荷B [MJ]	温水負荷C [MJ]	低圧蒸気 [MJ]	高圧蒸気 [MJ]	給湯負荷 [MJ]	電力負荷 [kW]	冷水供給 [°C]	冷水戻り [°C]	低冷水供給 [°C]	低冷水戻り [°C]	温水供給 [°C]	温水戻り [°C]
0-1	26.6	25.3	1,821.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	735.2	0.0	0.0	0.0	6.8	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0
1-2	26.4	25.2	1,743.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	614.7	0.0	0.0	0.0	6.8	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
2-3	26.3	25.1	1,652.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	638.8	0.0	0.0	0.0	6.8	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
3-4	26.1	25.0	1,670.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	699.0	0.0	0.0	0.0	6.8	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
4-5	26.0	24.8	1,634.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	638.8	0.0	0.0	0.0	6.8	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0
5-6	26.0	24.7	1,935.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	699.0	0.0	0.0	0.0	6.8	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0
6-7	26.4	25.0	6,984.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	638.8	0.0	0.0	0.0	7.3	11.6	0.0	0.0	0.0	0.0
7-8	27.2	25.2	12,613.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	650.8	0.0	0.0	0.0	7.1	13.1	0.0	0.0	0.0	0.0
8-9	28.1	25.4	25,241.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	795.4	0.0	0.0	0.0	7.3	14.8	0.0	0.0	0.0	0.0
9-10	29.0	25.6	23,967.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	699.0	0.0	0.0	0.0	7.3	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0
10-11	29.7	25.7	22,616.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	723.1	0.0	0.0	0.0	7.1	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0
11-12	30.2	25.9	22,620.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	638.8	0.0	0.0	0.0	7.1	14.6	0.0	0.0	0.0	0.0
12-13	30.6	26.0	22,922.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	674.9	0.0	0.0	0.0	7.0	14.5	0.0	0.0	0.0	0.0
13-14	30.8	26.1	25,971.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	674.9	0.0	0.0	0.0	7.3	14.6	0.0	0.0	0.0	0.0
14-15	30.7	26.1	24,917.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	687.0	0.0	0.0	0.0	7.2	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0
15-16	30.3	26.2	22,342.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	674.9	0.0	0.0	0.0	7.1	14.5	0.0	0.0	0.0	0.0
16-17	29.7	26.1	22,785.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	711.1	0.0	0.0	0.0	7.1	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0
17-18	29.0	26.1	20,488.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	662.9	0.0	0.0	0.0	6.9	14.8	0.0	0.0	0.0	0.0
18-19	28.2	25.9	16,393.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	687.0	0.0	0.0	0.0	6.8	14.4	0.0	0.0	0.0	0.0
19-20	27.6	25.7	12,558.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	674.9	0.0	0.0	0.0	6.7	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0
20-21	27.2	25.6	9,066.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	687.0	0.0	0.0	0.0	6.7	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0
21-22	27.1	25.6	7,354.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	674.9	0.0	0.0	0.0	6.6	12.4	0.0	0.0	0.0	0.0
22-23	26.9	25.6	3,086.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	662.9	0.0	0.0	0.0	6.6	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0
23-24	26.8	25.4	2,072.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	674.9	0.0	0.0	0.0	6.8	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0
合計	-----	-----	314,461.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16,318.7	0.0	0.0	0.0	-----	-----	-----	-----	-----	-----

図 B'.2.4 熱源機器の製造熱量設定

④運転優先順位

平日、土曜日、休日の負荷パターンごとに、ボイラ、コージェネ、冷凍機の運転優先順位を設定する。

☆ 8月パターン1（平日）の昼間と夜間の設定例

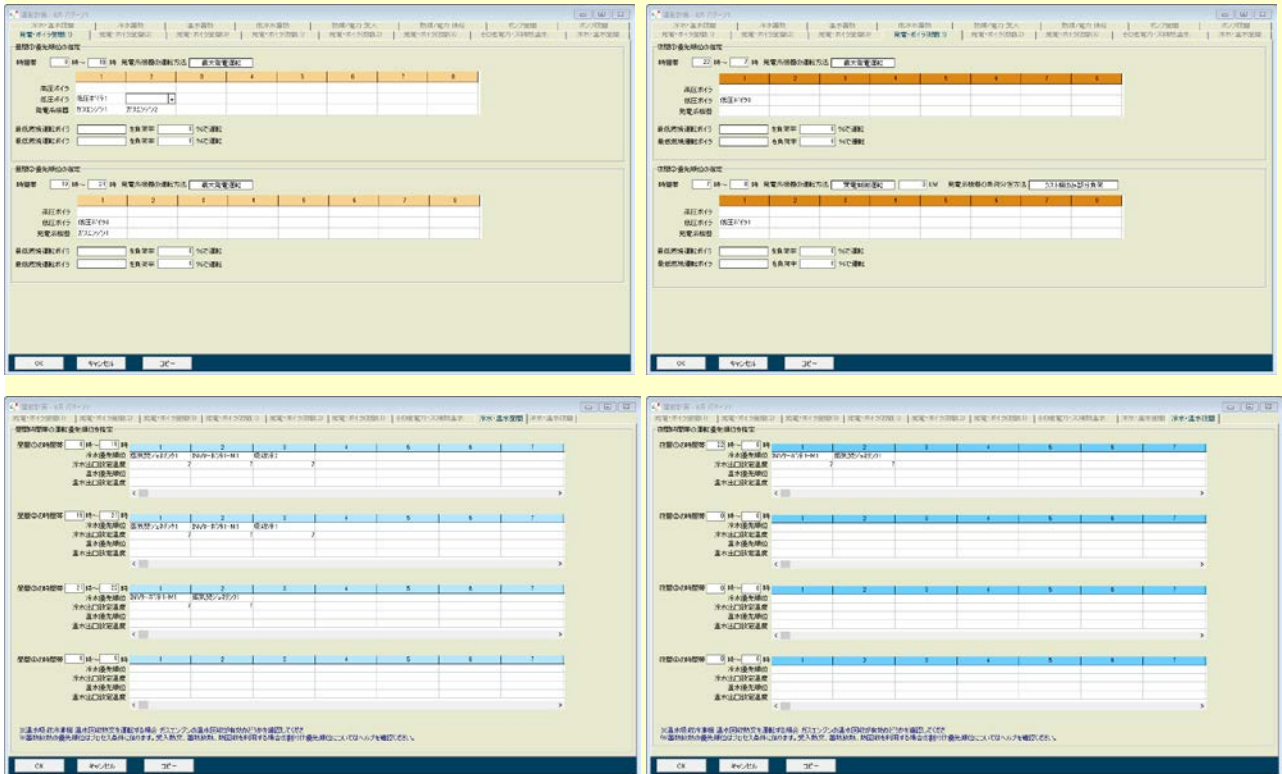


図 B'.2.6 熱源機器の運転パターン

(4) シミュレーションソフトを用いて算出した計算値と既存プラントの運転実測値との比較による妥当性の検証

Enepro21 を用いて以下の計算値を求め、既存プラントの実測値との比較により、Enepro21 の妥当性を検証する。

1) 年間製造熱量

① 計算値と実測値との比較

熱源機器の年間製造熱量について計算値と実績値との比較を行う。

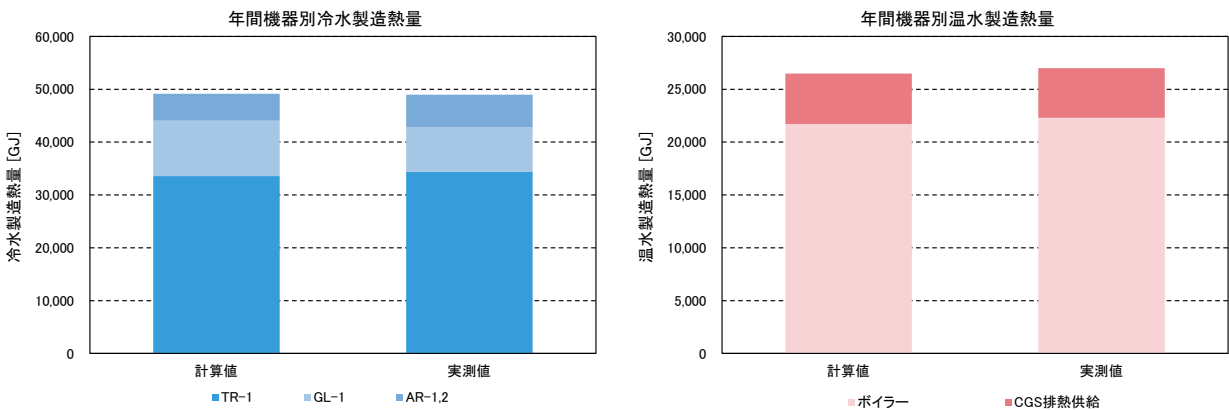


図 B'. 2.7 熱源機器別製造熱量の計算値と実績値との比較

② 妥当性の検証

熱源機の年間製造熱量について、計算値と実績値の差が±10%の範囲である。

参考として機器別の月別製造熱量を図 B'. 2.8 に示す。

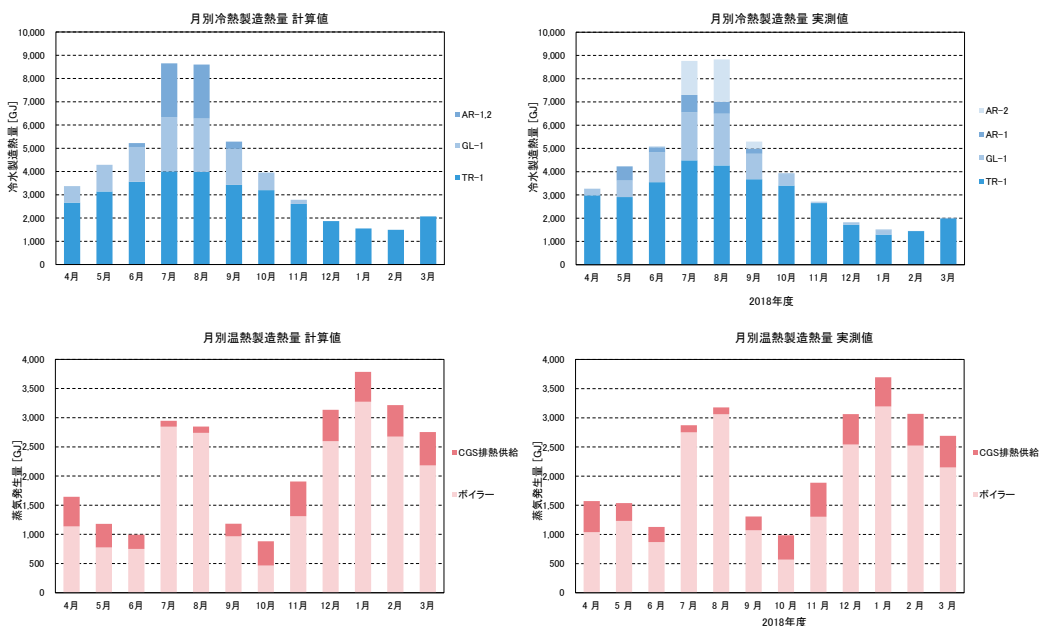


図 B'. 2.8 月別製造熱量の計算値と実績値との比較 (上段：冷水、下段：温水)

2) 熱源機器別エネルギー効率

①計算値と実測値との比較

熱源機器の単体 COP について、計算値と実績値との比較を行う。データは年間の月別または時刻別の値とする。

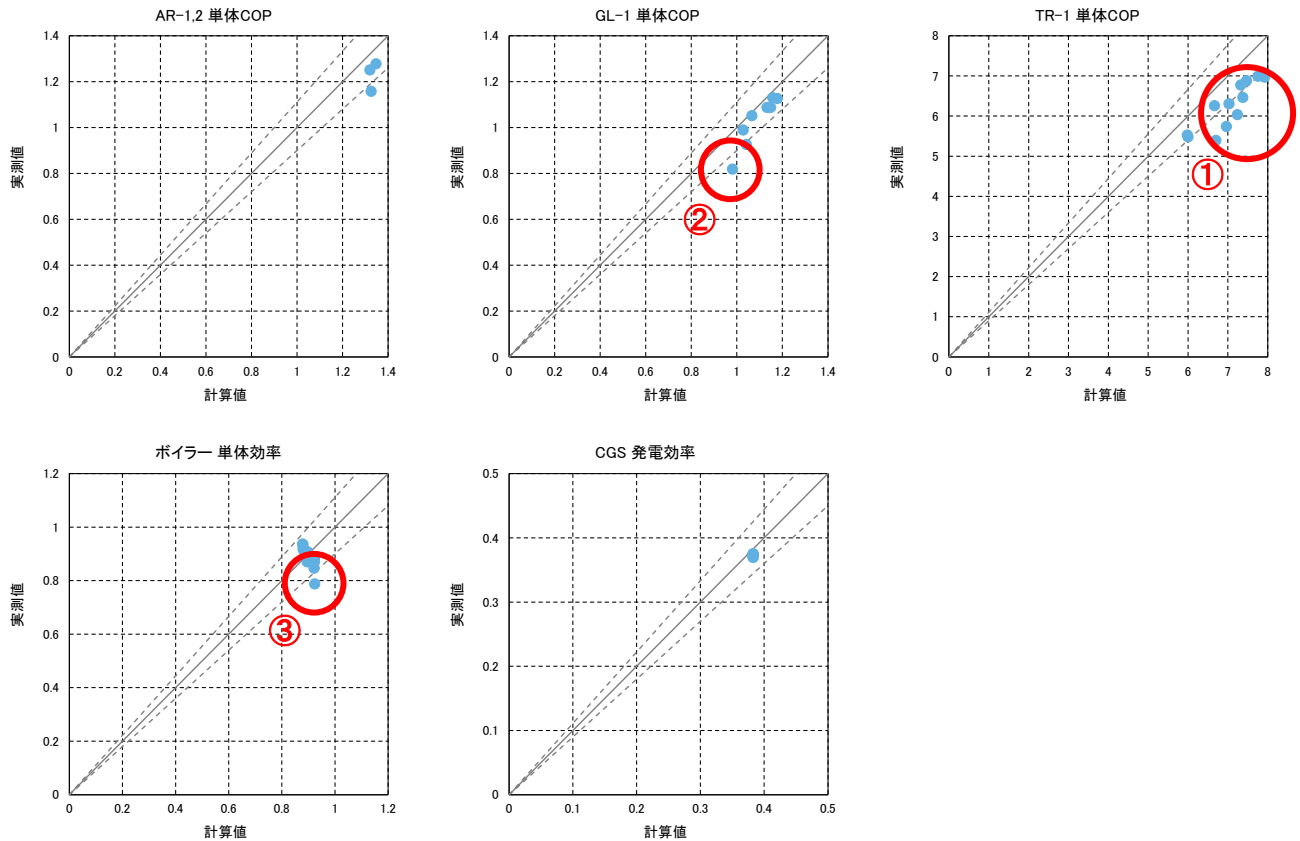


図 B'. 2.9 熱源機器別単体 COP の計算値と実績値との比較

②妥当性の検証

熱源機の単体 COP について、計算値と実績値の差が概ね $\pm 10\%$ の範囲である。(TR-1 (①)を除く)

GL-1 の計算値については、11月の運転時間が非常に短く、負荷率も低い時期に実績値と離れている(②)。また、B-1、2の効率については、運転時間が少ない時期に実績値と離れている(③)。従って、①と②については、運転時間が非常に短く、全体への影響は非常に小さいと考える。(機器別の月別運連時間と平均負荷率参照)

$\pm 10\%$ の範囲を外れている TR-1 については、機器特性上、実績値と計算値で違いがみられ、計算値の COP がよくなっている(①)。ただし、月別の単体 COP を確認すると全体的な効率の傾向は実績値と同じ傾向であるため、計算上の間違いとは言えない。(機器別の月別単体 COP 参照)

従って、熱源機器別エネルギー効率の計算は妥当と判断される。

参考として機器別単体 COP および効率を図 B' . 2. 10 に示す。

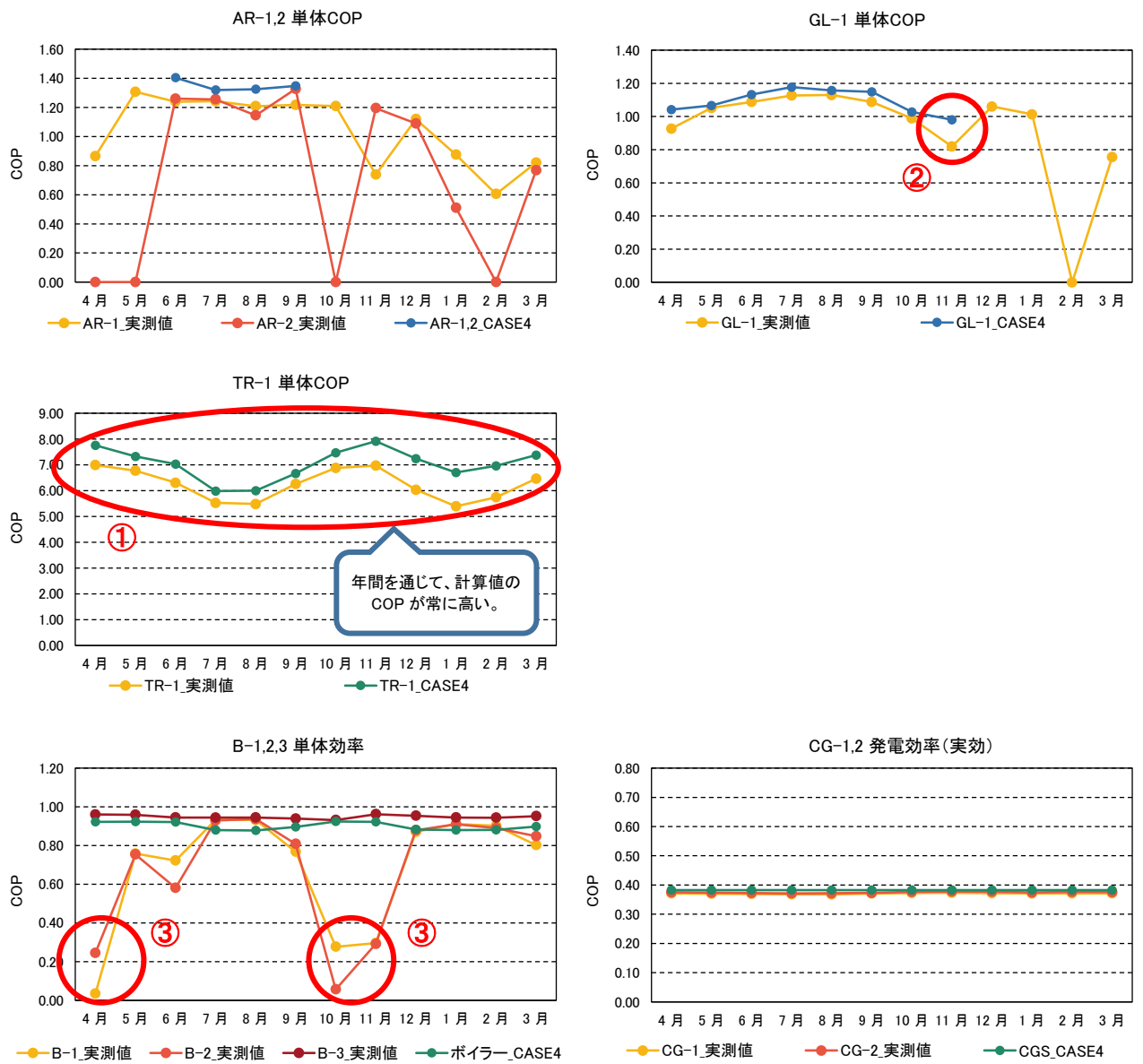
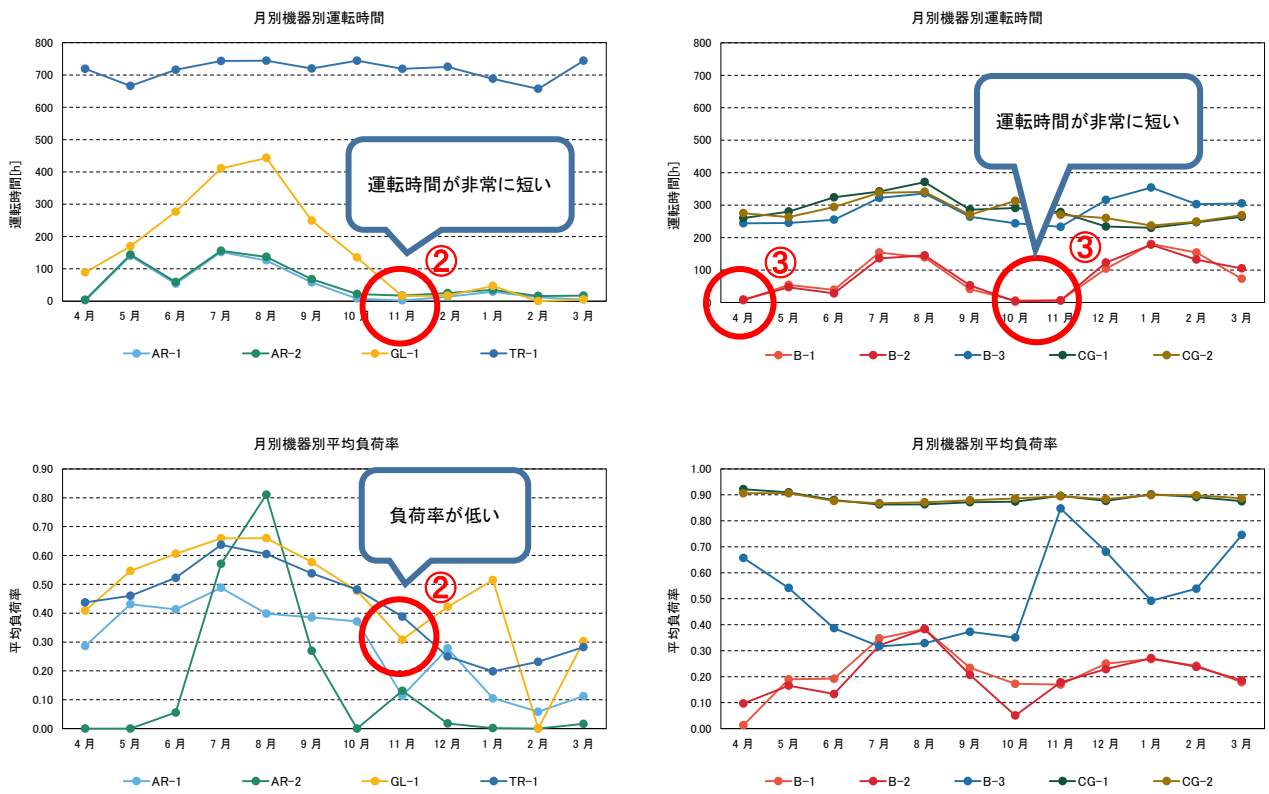


図 B' . 2. 10 機器別単体 COP および効率の比較

参考として機器別の運転時間と負荷率を図B'.2.11に示す。



図B'.2.11 機器別の月別運連時間と平均負荷率（実績値）

3) 冷却塔の性能

① 計算値と実測値との比較

冷却塔の冷却水出口温度について、計算値と実績値との比較を行う。データは年間の月別または時刻別の値とする。

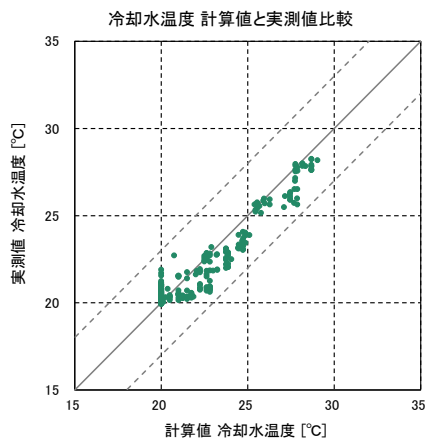


図 B'.2.12 冷却塔の冷却水出口温度の計算値と実績値との比較

② 妥当性の検証

冷却水出口温度について、計算値と実績値の差が $\pm 3^{\circ}\text{C}$ の範囲で分布している。冷却塔の冷却水出口温度と湿球温度のグラフを下記に示す。

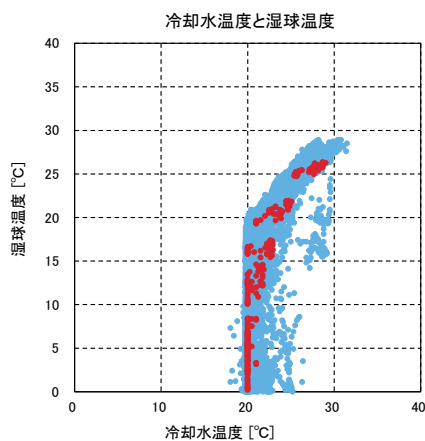


図 B'.2.13 冷却塔の冷却水出口温度と湿球温度の比較

4) 熱源機器別エネルギー効率

①計算値と実測値との比較

熱源機器のシステム COP について、計算値と実績値との比較を行う。データは年間の月別または時刻別の値とする。

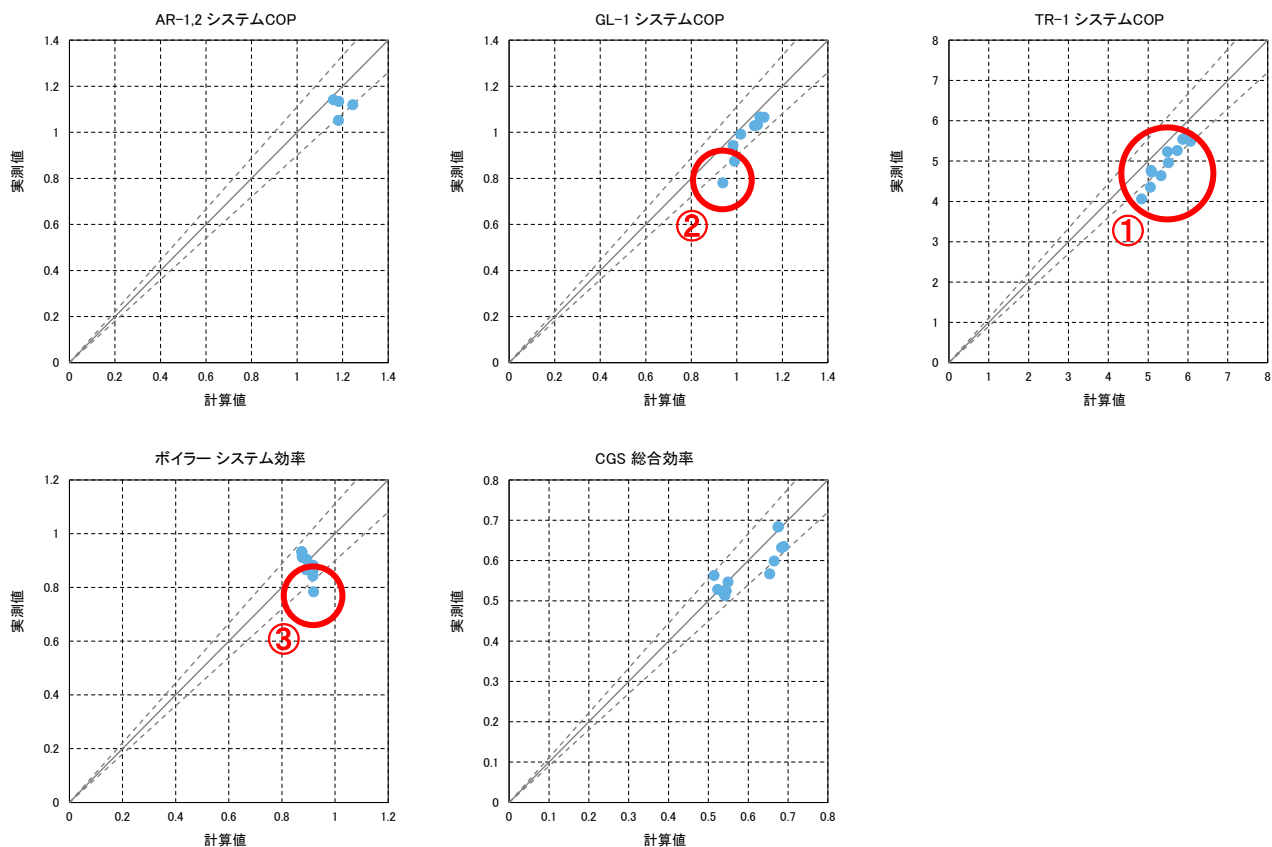


図 B'. 2. 14 熱源機器別システム COP の計算値と実績値との比較の例

②妥当性の検証

熱源機器別のシステム COP について、計算値と実績値の差が概ね±10%の範囲である。(TR-1 (①)を除く)

GL-1 の計算値については、11 月の運転時間が非常に短く、負荷率も低い時期に実績値と離れている (②)。また、B-1、2 の効率については、運転時間が少ない時期に実績値と離れている (③)。従って、①と②については、運転時間が非常に短く、全体への影響は非常に小さいと考える。(機器別の月別運転時間と平均負荷率参照)

±10%の範囲を外れている TR-1 については、機器特性上、実績値と計算値で違いがみられ、計算値の COP がよくなっている (①)。ただし、月別のシステム COP を確認すると全体的な効率の傾向は実績値と同じ傾向であるため、計算上の間違いとは言えない。(機器別の月別システム COP 参照)

従って、システム別エネルギー効率の計算は妥当と判断される。

参考として機器別システム COP および効率を図 B' .2.15 に示す。

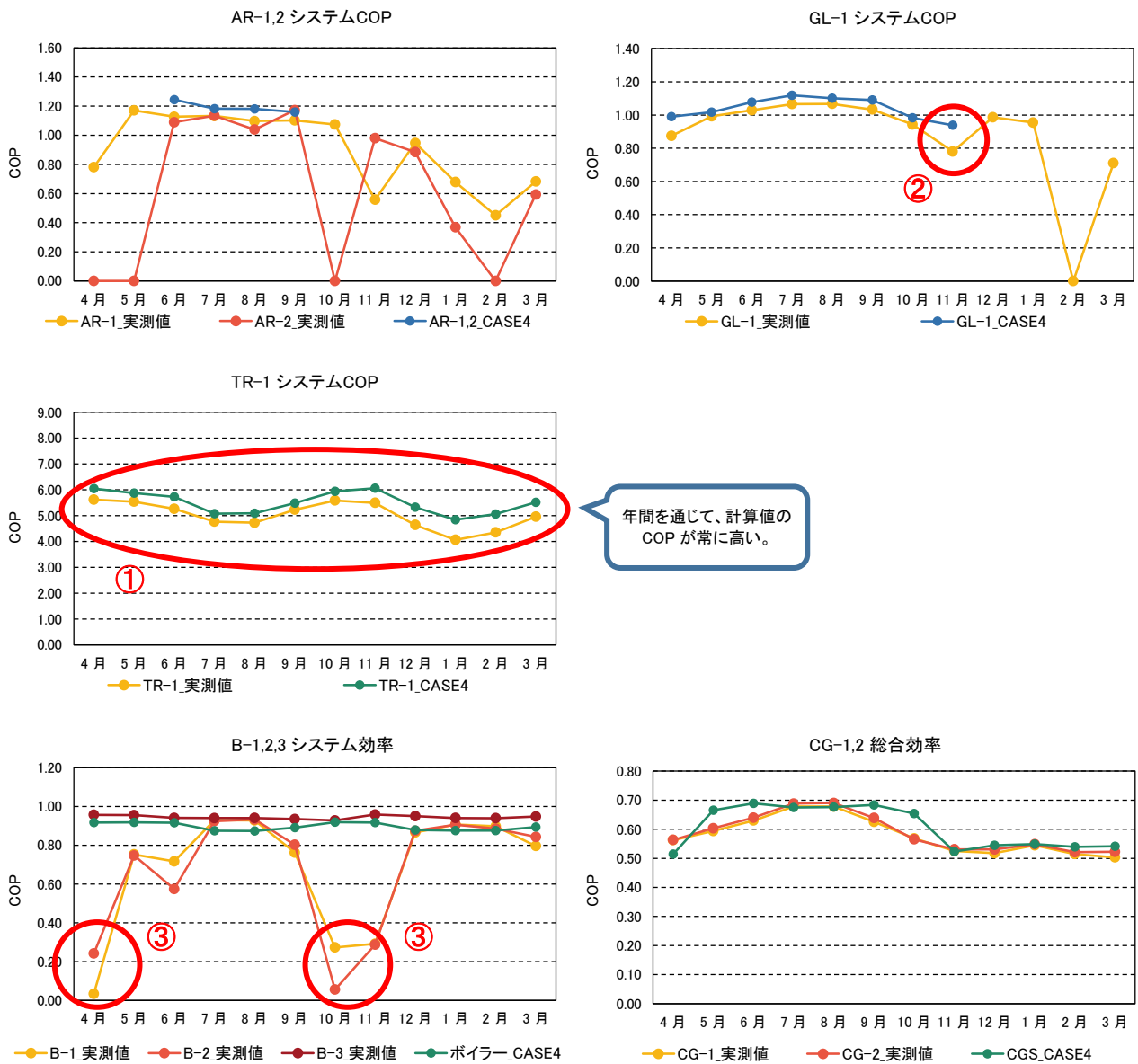


図 B' .2.15 機器別システム COP および効率の比較

5) 一次エネルギー消費量

① 計算値と実測値との比較

冷熱一次エネルギー消費量、温熱一次エネルギー消費量、全体一次エネルギー消費量について、年間の計算値と実績値との比較を行う。

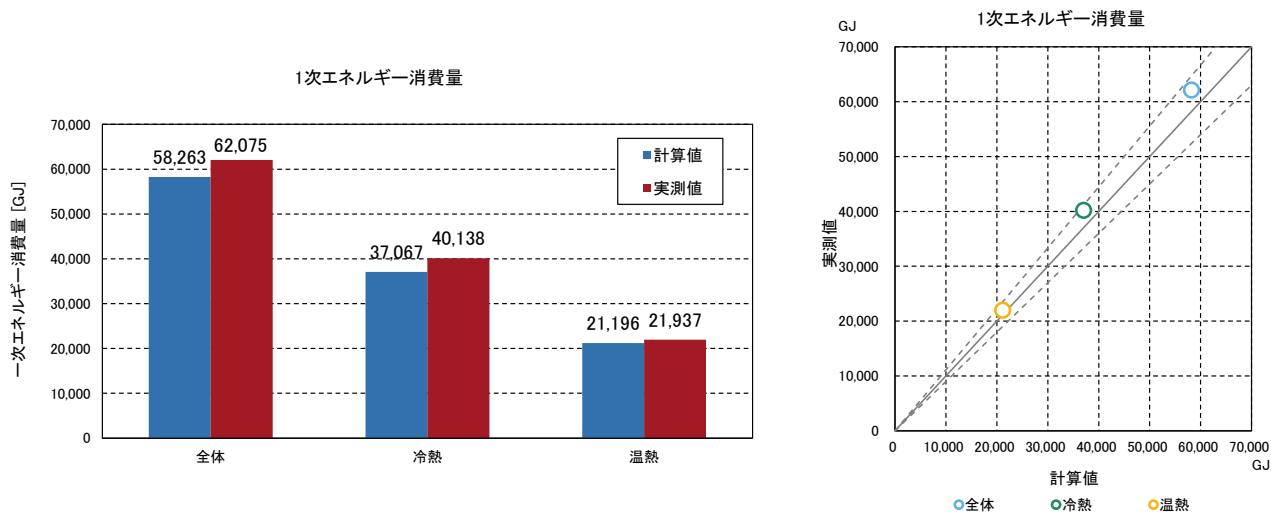


図 B'.2.16 一次エネルギー消費量の計算値と実績値との比較

② 妥当性の検証

一次エネルギー消費量について、計算値と実績値の差が±10%の範囲である。

6) 一次エネルギー換算係数

① 計算値と実測値との比較

冷熱一次エネルギー換算係数、温熱一次エネルギー換算係数、総合一次エネルギー換算係数について、年間の計算値と実績値との比較を行う。

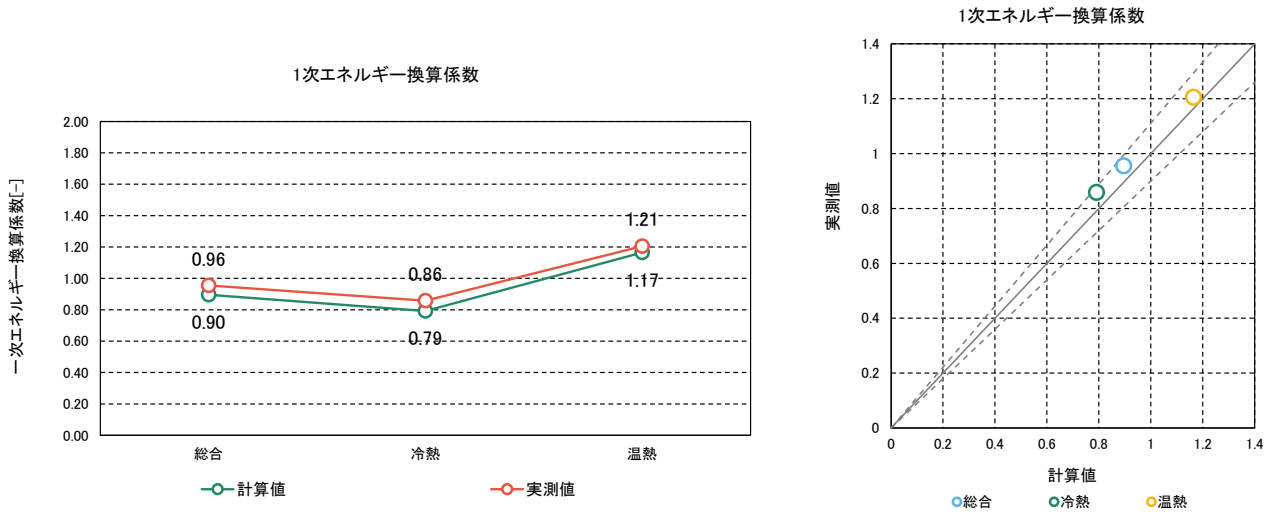


図 B'.2.17 一次エネルギー換算係数の計算値と実績値との比較

② 妥当性の検証

一次エネルギー換算係数について、計算値と実績値の差が±10%の範囲である。

附属書 C 建築基準法施行規則の建築物用途と計算上の建物用途

表 C.1 建築物用途の分類

用途区分コード	建築基準法施行規則別表で記載のある用途(建築物用途)	一次エネルギー換算係数 計算上の建物用途 ※1
8070	幼稚園	—
8080	小学校	—
8082	義務教育学校	—
8090	中学校、高等学校又は中等教育	—
8100	特別支援学校	—
8110	大学又は高等専門学校	—
8120	専修学校	—
8130	各種学校	—
8132	幼保連携型認定こども園	—
8140	図書館その他これに類するもの	—
8150	博物館その他これに類するもの	—
8160	神社、寺院、教会その他これらに類するもの	—
8170	老人ホーム、福祉ホームその他これに類するもの	病院
8180	保育所その他これに類するもの	—
8190	助産所	病院
8210	児童福祉施設等(前3項に掲げるものを除く。)	—
8230	公衆浴場(個室付浴場業に係る公衆浴場を除く。)	—
8240	診療所(患者の収容施設のあるものに限る。)	病院
8250	診療所(患者の収容施設のないものに限る。)	病院
8260	病院	病院
8270	巡査派出所・住宅を兼ねない:	事務所
	・住宅を兼ねる:	事務所部分のみ対象
8280	公衆電話所	(対象外)
8290	郵便法(昭和22年法律第165号)の規定により行う郵便の業務の用に供する施設(郵便局)	事務所
8300	地方公共団体の支庁又は支所	事務所
8310	公衆便所、休憩所又はバスの停留所の上屋	(対象外)
8320	建築基準法施行令第130条の4第5号に基づき建設大臣が指定する施設(電気通信事業法、電気事業法、ガス事業法、液化石油の保安の確保及び取引の公正化に関する法律、水道法、下水道法、熱供給事業法などに基づく施設や都市高速鉄道の用に供する施設で大臣の指定するもの。)	(対象外)
8330	税務署、警察署、保健所又は消防署その他これらに類するもの	事務所
8340	工場(自動車修理工場を除く。)	(対象外)
8350	自動車修理工場	(対象外)
8360	危険物の貯蔵又は処理に供するもの	(対象外)
8370	ポーリング場	—
	スケート場	—
	水泳場	—
	スキー場	—
	ゴルフ練習場	—
	バッティング練習場	—
8380	体育館又はスポーツの練習場(前項に掲げるものを除く。)	—
8390	マージャン屋	商業
	ぱちんこ屋	商業
	射的場	商業
	勝馬投票券発売所	商業

	場外車券売場その他これらに類するもの	商業
	カラオケボックスその他これらに類するもの	商業
8400	ホテル又は旅館 ホテル又は旅館で宴会場を有しないもの	宿泊
	ホテル又は旅館で宴会場を有するもの	宿泊
8410	自動車教習所	—
8420	畜舎	(対象外)
8430	堆肥舎又は水産物の増殖場若しくは養殖場	(対象外)
8438	日用品の販売を主たる目的とする店舗	商業
8440	百貨店、マーケットその他の物品販売業を営む店舗(前項に掲げるもの、専ら性的好奇心をそそる写真その他の物品の販売を行うもの並びに田園住居地域及びその周辺の地域で生産された農産物の販売を主たる目的とするものを除く。) 売り場面積 1000 m ² 以上売り場面積 1000 m ² 未満	商業
8450	飲食店(次項に掲げるもの並びに田園住居地域及びその周辺の地域で生産された農産物を材料とする料理の提供を主たる目的とするものを除く。)	商業
8452	食堂又は喫茶店	商業
8456	理髪店、美容院、クリーニング取次店、質屋、貸衣装屋、貸本屋その他これらに類するサービス業を営む店舗、洋服店、畳屋、建具屋、自転車店、家庭電気器具店その他これらに類するサービス業を営む店舗で作業場の床面積の合計が 50 平方メートル以内のもの(原動機を使用する場合にあっては、その出力の合計が 0.75 キロワット以下のものに限る。)、自家販売のために食品製造業を営むパン屋、米屋、豆腐屋、菓子屋その他これらに類するもの(田園住居地域及びその周辺の地域で生産された農産物を原材料とする食品の製造又は加工を主たる目的とするものを除く。)で作業場の床面積の合計が 50 平方メートル以内のもの(原動機を使用する場合にあっては、その出力の合計が 0.75 キロワット以下のものに限る。)又は学習塾、華道教室、囲碁教室その他これらに類する施設	商業
8458	銀行の支店、損害保険代理店、宅地建物取引業を営む店舗その他これらに類するサービス業を営む店舗	事務所
8460	物品販売業を営む店舗以外の店舗(前2項に掲げるものを除く。)	商業
8470	事務所	事務所
8480	映画スタジオ又はテレビスタジオ	商業
8490	自動車車庫	(対象外)
8500	自転車駐車場	(対象外)
8510	倉庫業を営む倉庫	工場
8520	倉庫業を営まない倉庫	工場
8530	劇場、演芸場 集会所モデル(劇場)映画館	商業
8540	観覧場	商業
8550	公会堂	商業
	集会場	商業
8560	展示場	商業
8570	料理店	商業
8580	キャバレー、カフェー、ナイトクラブ又はバー	商業
8590	ダンスホール	商業
8600	個室付浴場業に係る公衆浴場	宿泊
	ヌードスタジオ	商業
	のぞき劇場	商業
	ストリップ劇場	商業
	専ら異性を同伴する客の休憩の用に供する施設	宿泊
	専ら性的好奇心をそそる写真その他の物品の販売を目的とする店舗	商業
	その他これらに類するもの	(上記いずれか)
8610	卸売市場	(対象外)
8630	農産物の生産、集荷、処理又は貯蔵に供するもの	(対象外)
8640	農業の生産資材の貯蔵に供するもの	(対象外)

※1 一次エネルギー換算係数計算上の建築物用途は、ガイドライン表 5.5.1 建物用途別熱負荷原単位における用途を表す。
「—」は、該当する用途がないため、標準入力法や既存の供給事例を基準とし原単位を算出する。

附属書 D エネルギーシステムの設計情報データベース（各種負荷原単位）

各建物用途別の年間負荷原単位、月別負荷比率、月別平日負荷比率、月別日数、時刻別負荷比率については、「エネルギーシステムの設計情報データベース」（2015.10.30 公益社団法人空気調和・衛生工学会）の I-24～I-36 に記載された値を使用する。参考として、下記に各用途の負荷関連グラフを掲載する。

4.1.1. 業務施設（事務所）

(1) 月別負荷比率

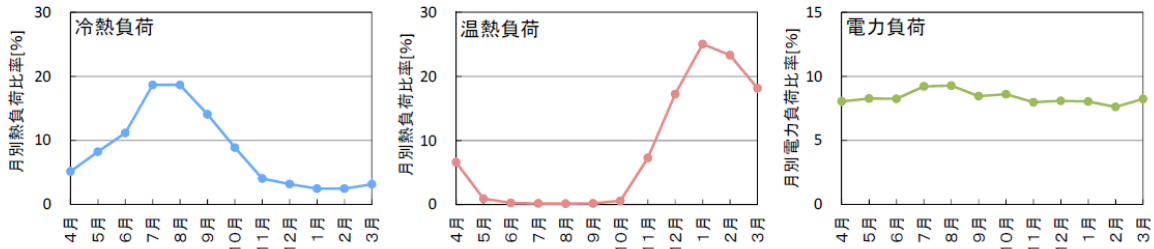


図 4.1.1-1 事務所 月別負荷比率

(2) 月別平日負荷比率

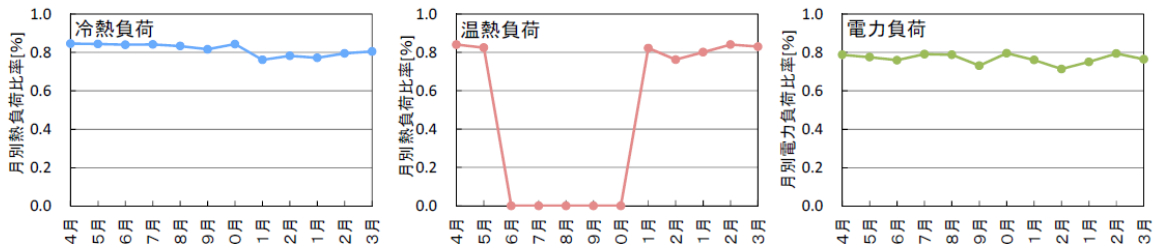


図 4.1.1-2 事務所 月別平日負荷割合

(4) 時刻別負荷比率

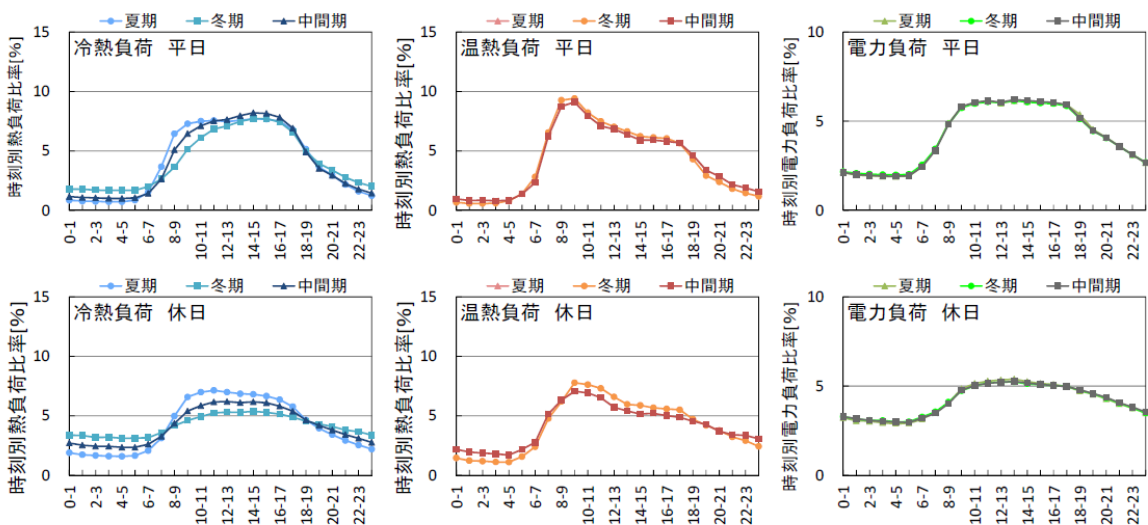


図 4.1.1-3 事務所 時刻別負荷比率

4.1.2. 業務施設（官公庁）

(1) 月別負荷比率

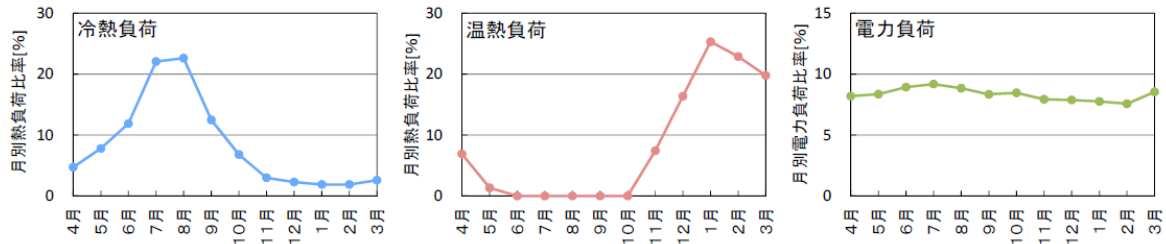


図 4.1.2-1 官公庁 月別負荷比率

(2) 月別平日負荷比率

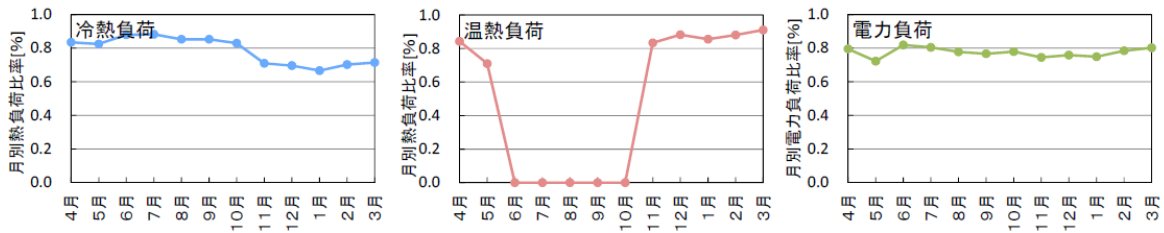


図 4.1.2-2 官公庁 月別平日負荷割合

(4) 時刻別負荷比率

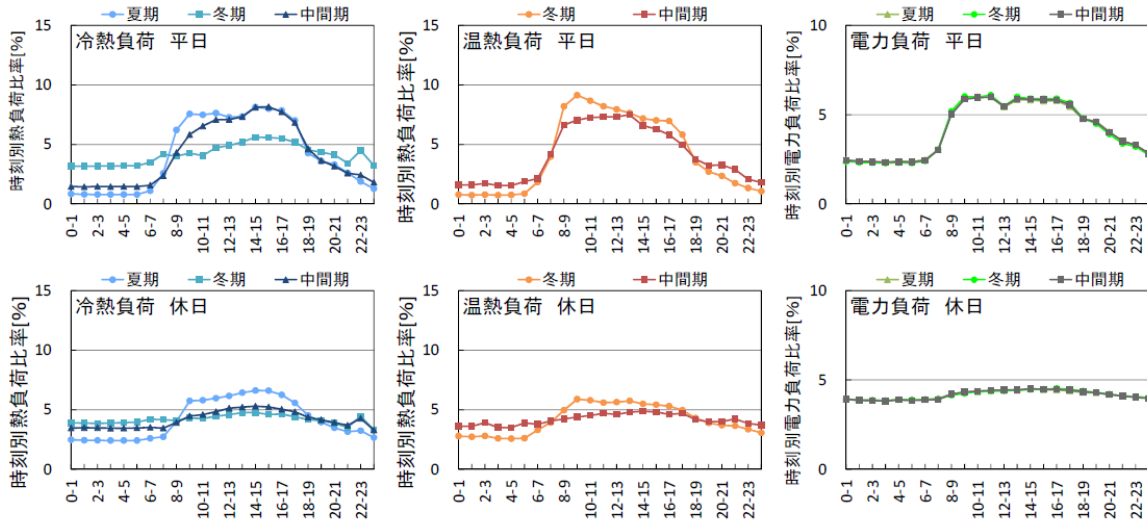


図 4.1.2-3 官公庁 時刻別負荷比率

4.1.3 商業施設

(1) 月別負荷比率

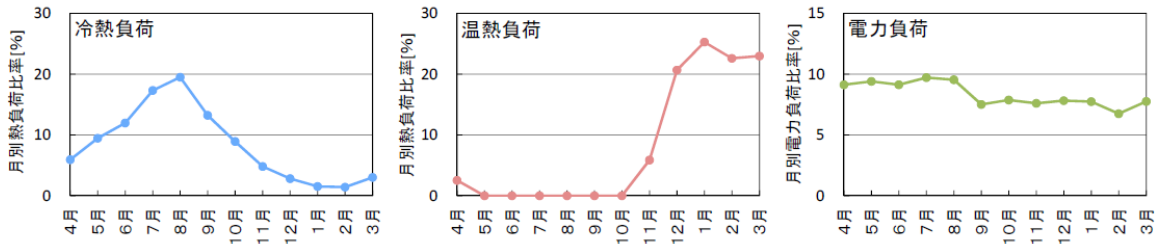


図 4.1.3-1 商業 月別負荷比率

(2) 月別平日負荷比率

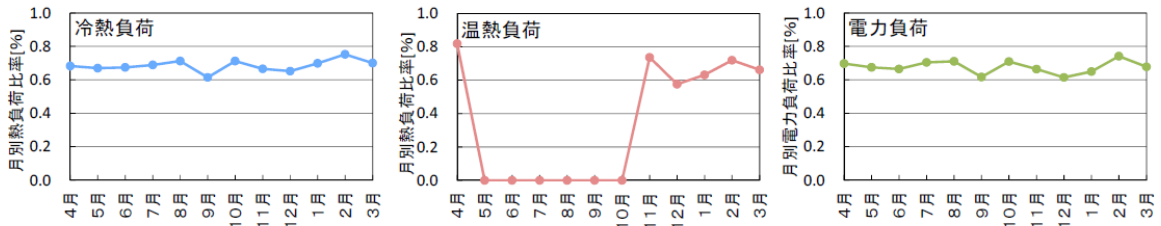


図 4.1.3-2 商業 月別平日負荷割合

(4) 時刻別負荷比率

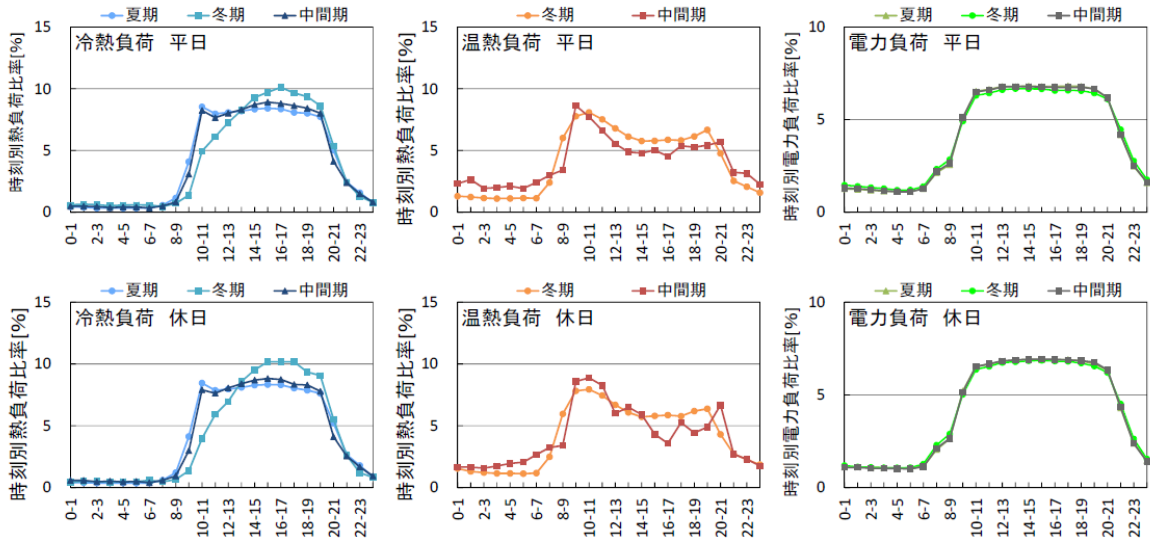


図 4.1.3-3 商業 時刻別負荷比率

4.1.4 宿泊施設（ホテル）

(1) 月別負荷比率

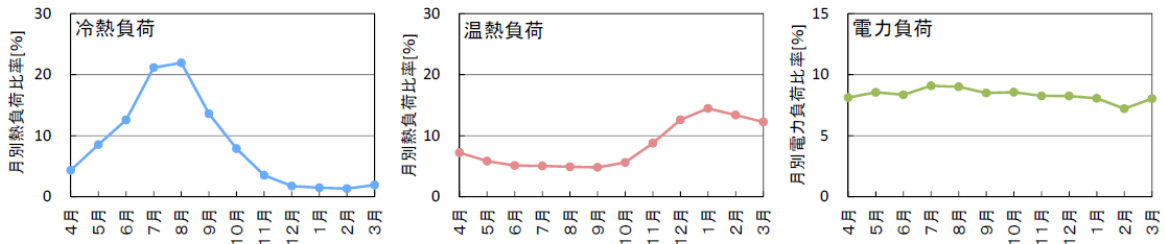


図 4.1.4-1 宿泊施設 月別負荷比率

(2) 月別平日負荷割合

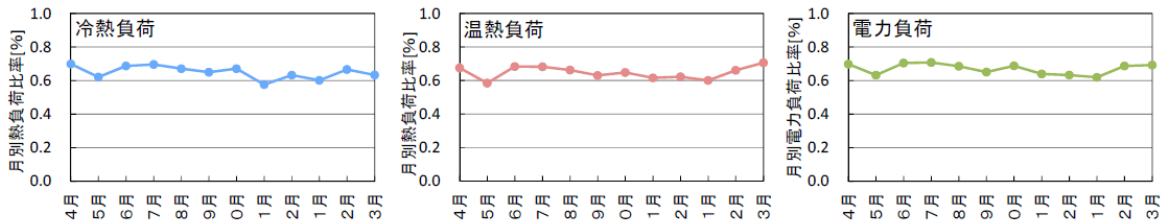


図 4.1.4-2 宿泊施設 月別平日負荷割合

(4) 時刻別負荷比率

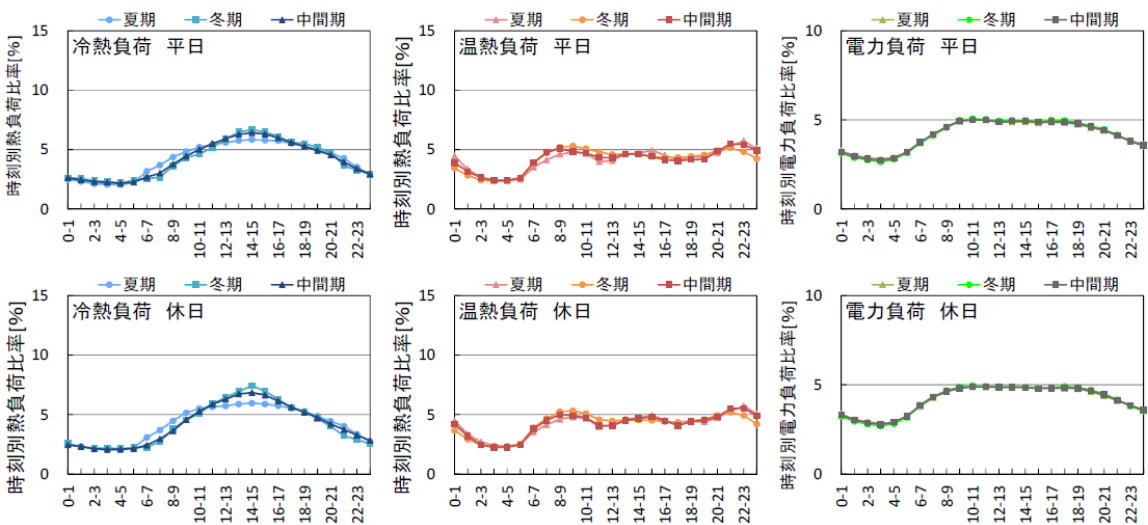


図 4.1.4-3 宿泊施設 時刻別負荷比率

4.1.5. 医療施設（病院）

(1) 月別負荷比率

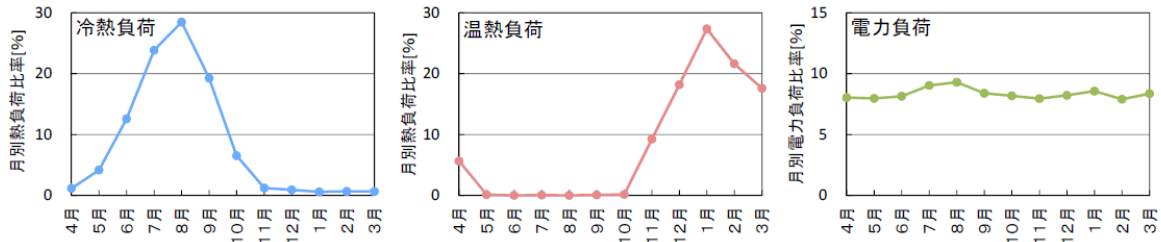


図 4.1.5-1 医療施設 月別負荷比率

(2) 月別平日負荷比率

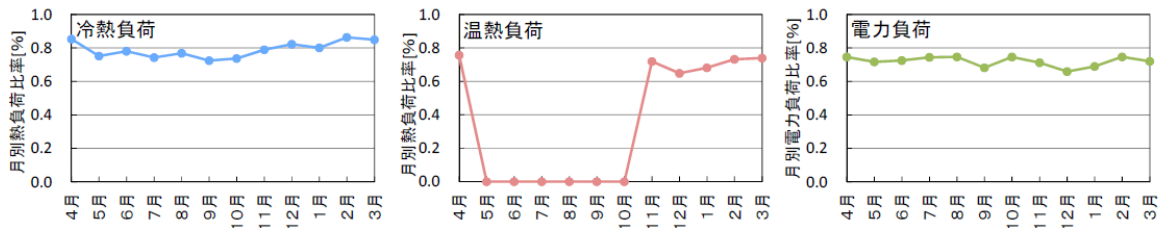


図 4.1.5-2 医療施設 月別平日負荷割合

(4) 時刻別負荷比率

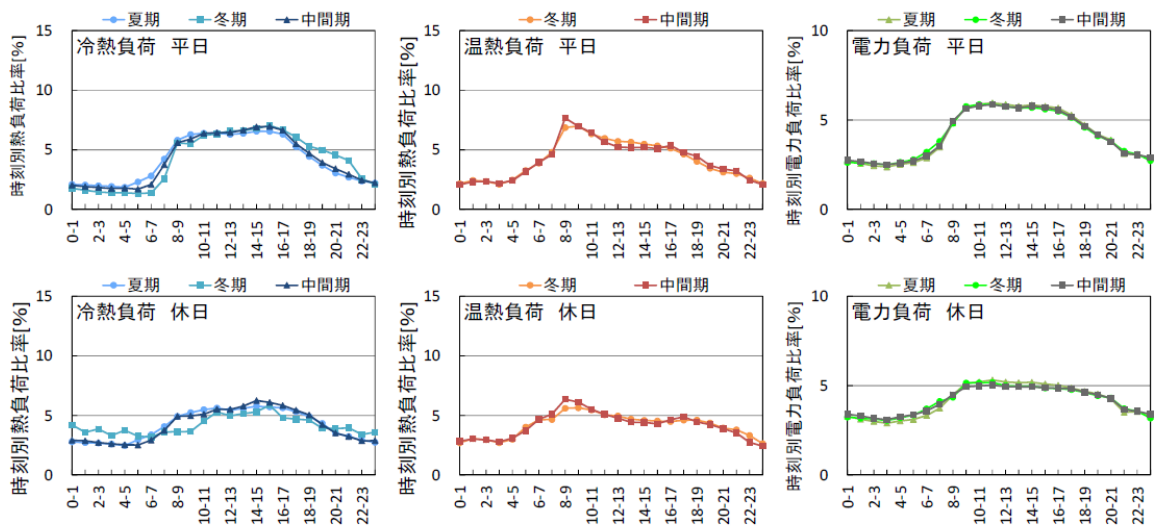


図 4.1.5-3 医療施設 時刻別負荷比率

4.1.6. その他施設（複合建物）

(1) 月別負荷比率

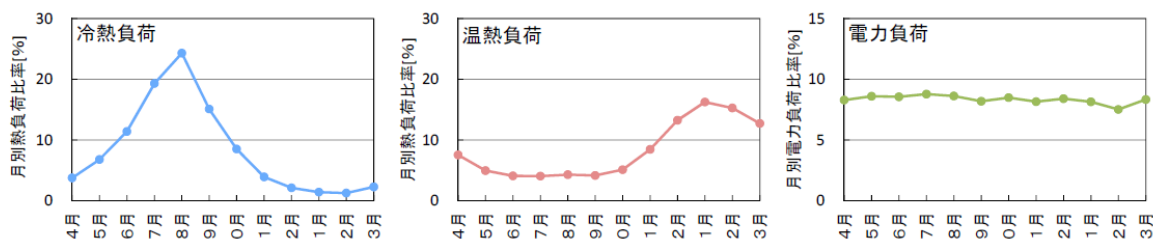


図 4.1.6-1 複合施設 月別負荷比率

(2) 月別平日負荷比率

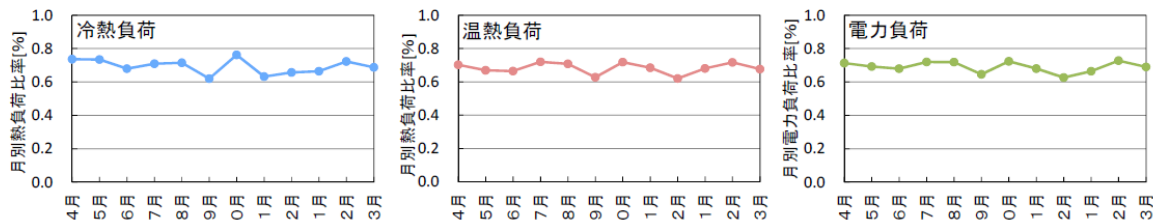


図 4.1.6-2 複合施設 月別平日負荷割合

(4) 時刻別負荷比率

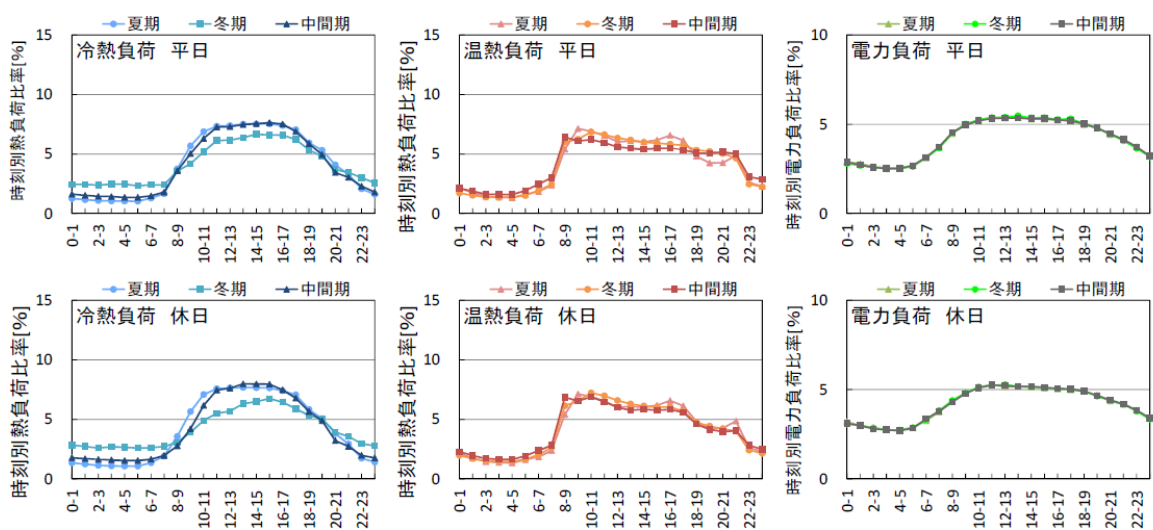


図 4.1.6-3 複合施設 時刻別負荷比率

© 建築研究資料 第 201 号

令和 2 年 11 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)