

5 オープンループ型地中熱ヒートポンプシステムにおける回転数制御を行う  
ポンプを含む熱源水ポンプ群の合計消費電力算出方法に関する  
任意評価ガイドライン

一般社団法人 住宅性能評価・表示協会

10 1. 適用範囲

本ガイドラインは、平成 28 年国土交通省告示第 265 号第 1 の 1(1)に定める空気調和設備の設計一次エネルギー消費量計算において、地中熱ヒートポンプシステムの評価で用いる熱源水ポンプ群(井水を汲み上げる揚水ポンプ、井水槽－熱交換器間、井水槽－ヒートポンプ間、熱交換器－ヒートポンプ間の熱源水ポンプ)を対象として、回転数制御で運転するポンプを含む場合の熱源水ポンプ群の合計消費電力の評価方法を定めるものである。

15 なお、本ガイドラインは申請対象となる建築物に設置され、平成 28 年エネルギー基準(非住宅建築物) オープンループ型地中熱ヒートポンプシステムの熱源水温度・熱源水ポンプ群合計消費電力計算方法(以下、「オープンループ型地中熱 HP 計算方法」という)が適用される、以下の地中熱利用システムを対象とする。

20

- ・空調のみに利用するシステムを対象とする。給湯、融雪、もしくはそれらの複合用途で使用されるシステムは対象外とする。
- ・タイプ A～F のオープンループ型地中熱ヒートポンプシステムであること。
- ・熱媒体は、熱源水側が水(不凍液を含む)、需要側が空気(直膨式)もしくは水(不凍液を含む)であること。

25

2. 引用規格等

- ・オープンループ型地中熱 HP 計算方法

30 3. 用語の定義

オープンループ型地中熱 HP 計算方法に拠る

#### 4. 記号及び単位

記号	意味	単位
$V_0, V_1, V_2, V_p$	: 揚水ポンプ、熱源水ポンプ 1、熱源水ポンプ 2、ポンプ $p$ の定格流量(吐出量)	L/min, m <sup>3</sup> /h 等
$V_{min}/V_p$	: 回転数制御で設定する最小流量比率(定格流量 $V_p$ に対する最小流量 $V_{min}$ の比)	-
$W_0, W_1, W_2, W_p$	: 揚水ポンプ、熱源水ポンプ 1、熱源水ポンプ 2、ポンプ $p$ の定格消費電力	kW
$W'_{vww}$	: 回転数制御を行うポンプを含む熱源水ポンプ群の合計消費電力	kW
$E_0, E_1, E_2$	: 揚水ポンプ、熱源水ポンプ 1、熱源水ポンプ 2 の一次エネルギー消費量	MJ/年
$E_{vww,p}$	: 回転数制御を行うポンプ $p$ の一次エネルギー消費量	MJ/年
$E_{const,p}$	: 定流量制御を行うポンプ $p$ の一次エネルギー消費量	MJ/年
$f_0(n), f_1(n), f_2(n)$	: 揚水ポンプ、熱源水ポンプ 1、熱源水ポンプ 2 の流量制御方式によって決まる係数	-
$f_{vww,p}(n)$	: 負荷率帯 $n$ における回転数制御方式によって決まるポンプ $p$ の係数	-
$f_{const,p}(n)$	: 負荷率帯 $n$ における定流量制御方式によって決まるポンプ $p$ の係数	-
$f(L)$	: 負荷率 $L$ における流量制御方式によって決まる係数	-
$L$	: 負荷率	-
$t_0(n), t_p(n), t_{AC}(n)$	: 負荷率帯 $n$ における揚水ポンプ、ポンプ $p$ 、熱源設備の運転時間	h/年
$t_{AC}$	: 熱源設備の年間運転時間	h/年
$n$	: 平成 28 年省エネルギー基準におけるエネルギー消費性能の算定方法 <sup>※1</sup> で規定される負荷率帯( $n=1\sim 11$ )	-
$f_{prim}$	: 電力の一次エネルギー換算値(=9.76)	MJ/kW h

※1 平成 28 年省エネルギー基準におけるエネルギー消費性能の算定方法において、「2. 空気調和設備の評価方法」中の「2.1.2 用語の定義」「2.7.7 熱源群の負荷率帯」で規定されている(2021 年 4 月時点)。

5. オープンループ型地中熱ヒートポンプシステムの熱源水ポンプ群合計消費電力の算出

オープンループ型地中熱 HP 計算方法では、熱源水ポンプ群合計消費電力をオープンループの方式ごとに求める。オープンループ方式の分類を表 1 に示す。オープンループ型地

5 中熱 HP 計算方法において、熱源水ポンプ群の運転制御は定流量制御としている。

表 1 オープンループ方式の分類 (抜粋)

種類	A 熱交換器なし、井水槽なし	B 熱交換器なし、井水槽あり(熱交換後の熱源水を井水槽に戻さない場合)
フロー図		
熱源水ポンプ群合計消費電力	$W' = W_0$	$W' = (V_1/V_0)W_0 + W_1$
種類	C 熱交換器なし、井水槽あり(熱交換後の熱源水を井水槽に戻す場合)	D 熱交換器あり、井水槽なし
フロー図		
熱源水ポンプ群合計消費電力	$W' = (V_1/V_0)W_0 + W_1$	$W' = W_0 + W_1$
種類	E 熱交換器あり、井水槽あり(熱交換後の熱源水を井水槽に戻さない場合)	F 熱交換器あり、井水槽あり(熱交換後の熱源水を井水槽に戻す場合)
フロー図		
熱源水ポンプ群合計消費電力	$W' = (V_1/V_0)W_0 + W_1 + W_2$	$W' = (V_1/V_0)W_0 + W_1 + W_2$

## 6. 本ガイドラインに基づく熱源水ポンプ群合計消費電力の算出

### 6.1 回転数制御を行うポンプを含む熱源水ポンプ群の合計消費電力の算定方法

本ガイドラインは、「エネルギー消費性能計算プログラム(非住宅版)」等を用いて計算した、評定対象とするオープンループ型地中熱ヒートポンプシステムの負荷率帯毎の出現時間<sup>※2</sup>を用いて、回転数制御を行うポンプを含む熱源水ポンプ群の合計消費電力  $W'_{vww}$  を導出する方法を定めるものである。

なお、本ガイドラインで導出する回転数制御を行うポンプを含む熱源水ポンプ群の合計消費電力  $W'_{vww}$  は、オープンループ型地中熱 HP 計算方法に規定されるオープンループ型地中熱ヒートポンプシステムのタイプに応じて算出されるものとする。オープンループ型地中熱ヒートポンプシステムのタイプを決定した後、熱源水ポンプ群を構成するポンプの制御方式として、回転数制御か定流量制御かを明確にする。

#### (1) 回転数制御を行うポンプの一次エネルギー消費量の算出

回転数制御を行うポンプ  $p$  ( $p$  はポンプの設置箇所に応じて 0~2 の値をとる)の年間の一次エネルギー消費量  $E_{vww,p}$  は、次式より求められる。

$$E_{vww,p} = \sum_n \{W_p \cdot f_{vww,p}(n) \cdot t_{AC}(n)\} \cdot f_{prim} \quad \dots (1)$$

ここで

$E_{vww,p}$  : 回転数制御を行うポンプ  $p$  の年間の一次エネルギー消費量 [MJ/年]

$W_p$  : ポンプ  $p$  の定格消費電力 [kW]

$f_{vww,p}(n)$  : 負荷率帯  $n$  における回転数制御方式によって決まる係数 [-]

$t_{AC}(n)$  : 熱源設備(地中熱 HP)の負荷率帯  $n$  における運転時間(出現時間) [h/年]

$f_{prim}$  : 電力の一次エネルギー換算値(=9.76) [MJ/kWh]

係数  $f_{vww,p}(n)$  は、「平成 28 年 省エネルギー基準 一次エネルギー消費量算定方法の解説(非住宅建築物)」で規定される熱源設備(地中熱 HP)の負荷率帯  $n$  ( $n=1\sim 11$ ) について次式で規定される係数である。

$$f_{vww,p}(n) = \begin{cases} 0.1 \times n - 0.05 & (1 \leq n \leq 10) \\ 1.2 & (n = 11) \end{cases} \quad \dots (2)$$

ただし、回転数制御を行う場合に設定する最小流量比率  $V_{min}/V_p$  (定格流量に対する比)を負荷率  $L$  が下回る場合については、最小流量比率における係数

$$f_{vww,p} \mid L < V_{min}/V_p = V_{min}/V_p$$

<sup>※2</sup> 負荷率帯毎の出現時間を求めるプログラムは「エネルギー消費性能計算プログラム(非住宅版)」に限るものではないが、平成 28 年省エネルギー基準に準拠した計算法であることが求められる。本ガイドラインは「エネルギー消費性能計算プログラム(非住宅版)」による計算結果の使用を基にした算定方法として示すが、他プログラムの計算結果を用いる場合には本章の計算に対応する算定過程を示す必要がある。

を用いるものとする。

熱源設備(地中熱 HP)の負荷率帯  $n$  における運転時間(出現時間) $t_{AC}(n)$ は「建築物のエネルギー消費量計算プログラム(非住宅版)」等を使用して算出する<sup>※3</sup>。

5 (2) 定流量制御を行うポンプの一次エネルギー消費量の算出

対象となる熱源水ポンプ群に定流量制御を行うポンプが含まれる場合、定流量制御を行うポンプ  $p$  ( $p$  はポンプの設置箇所に応じて 0~2 の値をとる)の年間の一次エネルギー消費量  $E_{const,p}$  は、次式より求められる。

$$E_{const,p} = \sum_n \{W_p \cdot f_{const,p}(n) \cdot t_p(n)\} \cdot f_{prim} \quad \dots (3)$$

10 ここで

$E_{const,p}$  : 定流量制御を行うポンプ  $p$  の年間の一次エネルギー消費量[MJ/年]

$W_p$  : ポンプ  $p$  の定格消費電力[kW]

$f_{const,p}(n)$  : 負荷率帯  $n$  における定流量制御方式によって決まる係数[-]

$t_p(n)$  : 負荷率帯  $n$  におけるポンプ  $p$  の運転時間[h/年]

15  $f_{prim}$  : 電力の一次エネルギー換算値(=9.76) [MJ/kWh]

係数  $f_{const,p}(n)$  は、 $n=1\sim 10$  の負荷率帯については  $f_{const,p} = 1.0$ 、 $n=11$  の負荷率帯については  $f = 1.2$  とする。

20 負荷率帯  $n$  におけるポンプ  $p$  の運転時間  $t_p(n)$  は、「建築物のエネルギー消費量計算プログラム(非住宅版)」等を使用して算出した熱源設備(地中熱 HP)の運転時間  $t_{AC}(n)$  をもとに、以下の①~③にもとづいて計算する。

①熱源設備(地中熱 HP)と連動して運転する定流量ポンプについては、 $t_p(n) = t_{AC}(n)$  とする。

25 ②井水槽のあるタイプ(タイプ B, C, E, F)においては、熱源設備(地中熱 HP)の稼働と連動しない揚水ポンプは定流量制御による運転を行うものとする。揚水ポンプの運転時間  $t_0(n)$  については、井水槽における揚水井側と地中熱ヒートポンプ側の熱移動量(両側の設計利用温度差が同じ場合は流量)が等しくなるとして算出する。

30 ③熱交換後の熱源水を井水槽に戻すタイプ(タイプ C, F)では、上記②にもとづいて揚水ポンプの運転時間  $t_0(n)$  を求めるにあたり、熱源設備(地中熱 HP)の部分負荷特性が必要となる。熱源設備(地中熱 HP)の部分負荷特性としては、「平成 28 年省エネルギー基準一次エネルギー消費量算定方法の解説(非住宅建築物)」で規定される性能曲線(図 1、2 に例示)、または設計仕様の性能曲線(図 3、4 に例示)を用いることができる。なお、「平成 28

※3 エネルギー消費量計算プログラム(非住宅版)で算出した熱源設備(地中熱 HP)の負荷率帯  $n$  における運転時間  $t_{AC}(n)$  [h/年]の結果は、計算結果が表示された Web ページの空調一次エネルギー消費量及び BEI/AC の「詳細」表示ページ(空調の計算結果)にて、「詳細」を選択することで確認できる(2021 年 4 月時点)。

年省エネルギー基準一次エネルギー消費量算定方法の解説(非住宅建築物)」で規定される性能曲線を用いる場合には任意評定を受ける時点の最新の特性曲線を採用する必要がある。また、設計仕様の性能曲線を用いる場合には適切な根拠を明示した上で使用する必要がある。

5

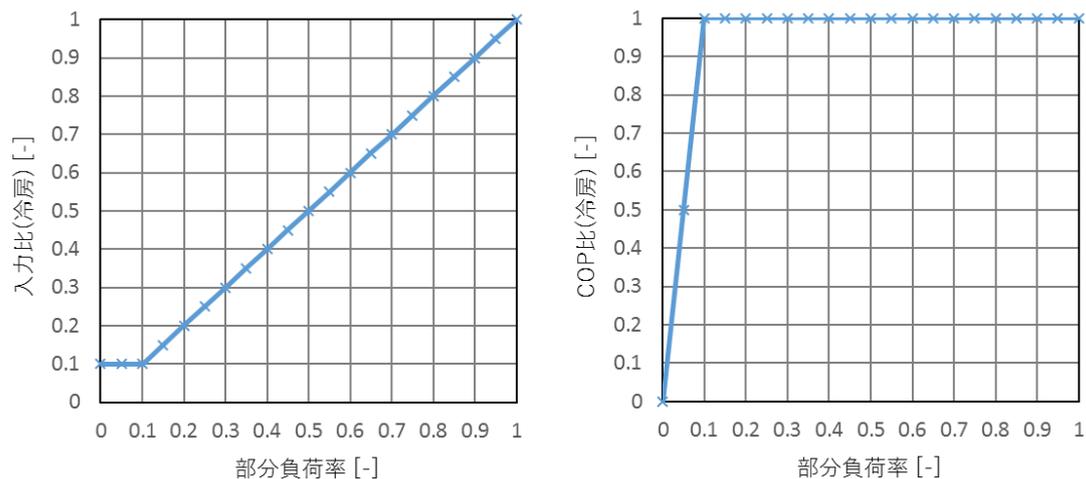


図1 地中熱ヒートポンプ性能曲線

(平成28年省エネルギー基準一次エネルギー消費量算定方法の解説(非住宅建築物)・冷房)の例

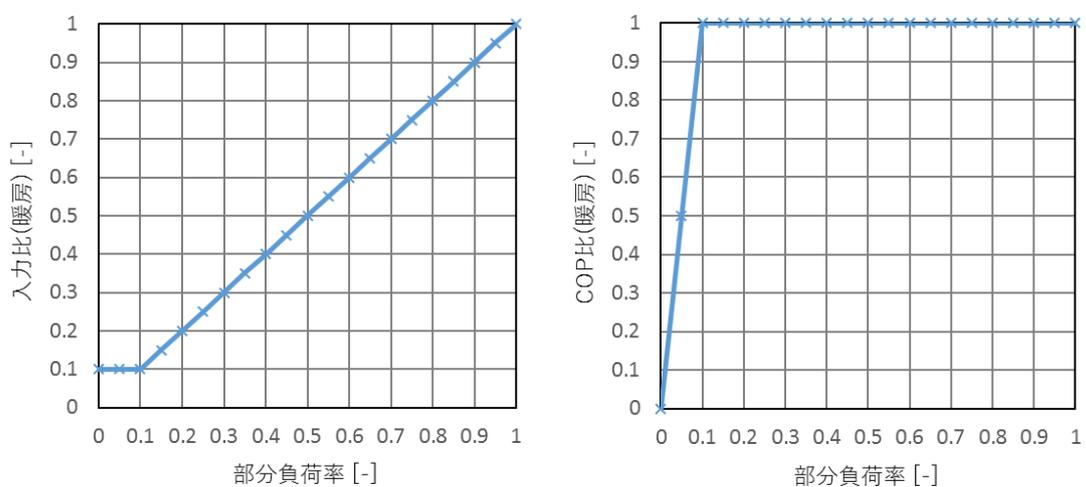


図2 地中熱ヒートポンプ性能曲線

(平成28年省エネルギー基準一次エネルギー消費量算定方法の解説(非住宅建築物)・暖房)の例

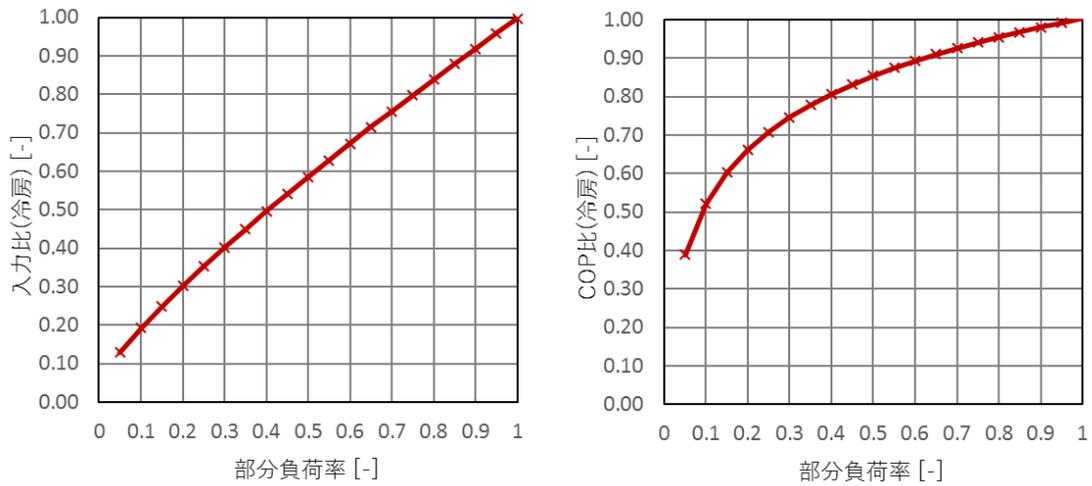


図3 地中熱ヒートポンプ性能曲線（設計仕様・冷房）の例

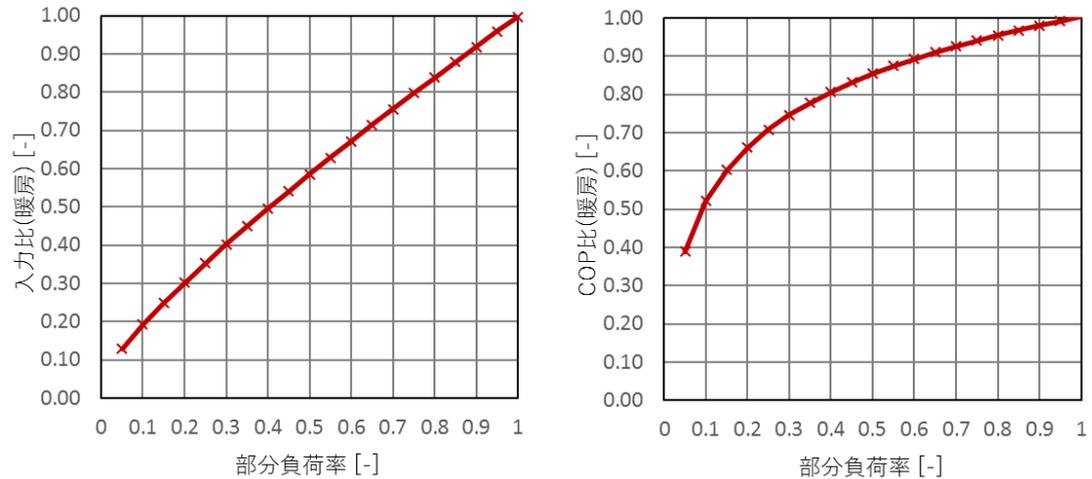


図4 地中熱ヒートポンプ性能曲線（設計仕様・暖房）の例

(3) 回転数制御を行うポンプを含む熱源水ポンプ群の合計消費電力の算出

ポンプの一次エネルギー消費量  $E_0$ 、 $E_1$ 、 $E_2$ (回転数制御を行うポンプについては式1で求まる  $E_{vww,p}$ 、定流量制御を行うポンプについては式3で求まる  $E_{const,p}$ )及び熱源設備(地中熱HP)の運転時間  $t_{AC}(=\sum t_{AC}(n))$ から、タイプAは式4、タイプB、C、Dは式5、タイプE、Fは式6により回転数制御を行うポンプを含む熱源水ポンプ群の合計消費電力  $W'_{vww}$ を算出する。

$$W'_{vww} = \frac{E_0}{t_{AC} \times f_{prim}} \quad \dots (4)$$

$$W'_{vww} = \frac{E_0 + E_1}{t_{AC} \times f_{prim}} \quad \dots (5)$$

$$W'_{vww} = \frac{E_0 + E_1 + E_2}{t_{AC} \times f_{prim}} \quad \cdots (6)$$

$W'_{vww}$  は小数第 3 位を四捨五入し、小数第 2 位まで算出することとする。

## 6.2 算定に必要となる条件の明示

- 5 算定に必要となる次の条件を明記することが必要となる。
- ・ 評価対象システムを設置する建物用途及び評価対象システムの空調系統に属する室の室用途、空調ゾーン、外皮仕様(外壁構成、窓仕様を含む)
  - ・ 評価対象システムの構成及び熱源機および熱源水ポンプ群の仕様等
  - ・ 評価対象システムのタイプ
- 10
- ・ 評価対象システムの各ポンプ制御方式(回転数制御、定流量制御)
  - ・ 回転数制御を行うポンプの下限周波数及び設定する最小流量比率
  - ・ 適用する熱源機の部分負荷特性(タイプ C、F の場合)

## 6.3 算定結果の明示

- 15 熱源設備(地中熱 HP)、ポンプ  $p$  の負荷率帯毎の運転時間数  $t_{AC}(n)$ 、 $t_p(n)$ 、制御方式によって決まる係数  $f_{vww,p}(n)$ 、 $f_{const,p}(n)$ 、年間の一次エネルギー消費量  $E_{vww,p}$ 、 $E_{const,p}$  とあわせて、評価対象システムにおける熱源水ポンプ群合計消費電力  $W'_{vww}$  の算定結果を明示する。

## 7. 評価委員による評価

- 20 評価委員は、評価対象となる熱源水ポンプ群合計消費電力について、6 章で定める計算等の内容について、特に以下の点について妥当性を確認する。
- 1) 対象となるシステムがオープンループ型地中熱 HP 計算方法の適用範囲に合致していること。
  - 2) 選定されたオープンループ型地中熱ヒートポンプシステムのタイプが適切である
- 25
- 3) 回転数制御をおこなう熱源水ポンプの最低周波数及び設定する最小流量比率
  - 4) 対象となるシステムの負荷率帯毎の熱源機器、ポンプの運転時間の算定が適切であること。
  - 5) ポンプ  $p$  に適用する係数  $f_{vww,p}(n)$ 、 $f_{const,p}(n)$  が適切に設定されていること。
- 30
- 6) 熱源水ポンプ群合計消費電力  $W'_{vww}$  の算出方法
  - 7) その他、以下に掲げる事項について整理されていること
    - ①軽微な変更の考え方
    - ②完了検査で確認すべき項目
    - ③評価の更新時に確認すべき項目

35

## 7.1 評価に要する資料

- 1) 評価対象とするオープンループ型地中熱ヒートポンプシステムの負荷率帯毎の出現時間数の計算に用いる、評価対象システムを設置する建物、評価対象システムの空調システムに属する室の室仕様、空調ゾーン、外皮仕様(外壁構成、窓仕様を含む)、評価対象システムの熱源仕様を示した資料(エネルギー消費性能計算プログラム(非住宅版)の外皮・設備仕様入力シートの基本情報、室仕様、空調ゾーン、外壁構成、窓仕様、外皮仕様、熱源の各入力シートに記載する入力情報を示した資料)
- 2) 評価対象システムの構成及び熱源機および熱源水ポンプ群の仕様等を示す資料(システムの構成図、構成する設備の仕様書、試験成績書等)
- 3) 評価対象システムの熱源水ポンプ群の制御方式を示す資料
- 4) 評価対象システムの負荷率帯毎の出現時間数を示す資料(建築物のエネルギー消費量計算プログラム(非住宅版)の算出結果等)
- 5) 回転数制御を行うポンプを含む熱源水ポンプの合計電力量算出過程を示す資料(用いたシミュレーションツール等の名称、計算条件、算出結果の妥当性等)
- 6) ほかに対象となる地中熱交換器を特徴づける事項

## 8. 任意評価書に記載する内容

評価書には、任意評価業務規程に定める事項及び完了検査で確認すべき事項と併せ、以下の評価結果を明示する。

- 1) 以下に示す事項を含む評価対象となる地中熱利用システムの内容
  - ①評価対象システムが設置される建築物の名称、延べ面積、用途及び地域等の概要
  - ②対象とするオープンループ型地中熱ヒートポンプシステムのタイプ等、仕様に係る事項とその適用範囲
- 2) 回転数制御を行うポンプを含む熱源水ポンプ群の合計消費電力
- 3) その他必要事項
  - ①軽微な変更として扱うことができる条件があれば、その条件
  - ②評価の更新時に確認すべき事項があれば、その確認事項

以上

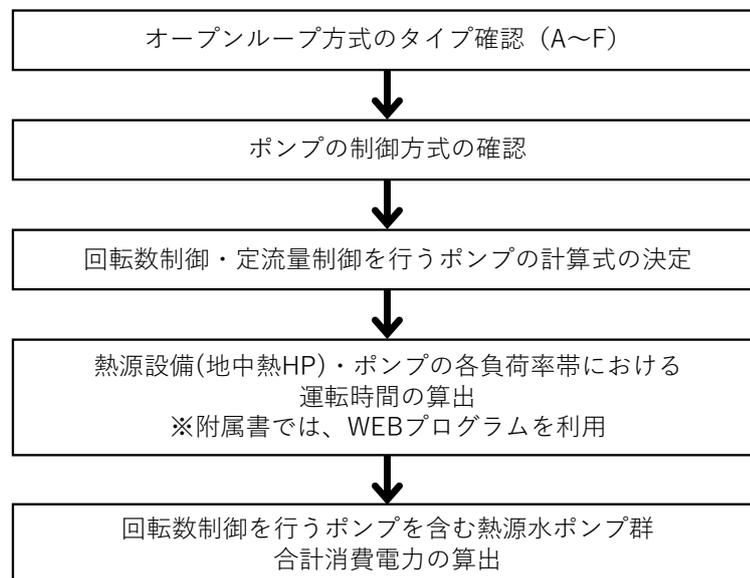
30

(附属書 A) 回転数制御を行うポンプを含む熱源水ポンプ群の合計消費電力の計算例

5 本附属書では、建築物のエネルギー消費量計算プログラム（非住宅版）から算出される熱源設備（地中熱 HP）の負荷率帯  $n$  における運転時間  $t_{AC}(n)$  [h/年] から、表計算ソフトを用いて  $W'_{vrv}$  [kW] を求める計算例について示す。

10 なお、本附属書の計算例では、建築物のエネルギー消費量計算プログラム（非住宅版）から算出される熱源設備（地中熱 HP）の負荷率帯  $n$  における運転時間  $t_{AC}(n)$  [h/年]<sup>※4</sup>を用いているが、他の適切な方法で  $t_{AC}(n)$  [h/年]、 $t_p(n)$  [h/年] 等を算出することを妨げるものではない。

15 本附属書は、本文 6 章に示した式 1、3 で計算を進めるための具体的なタイプ別・冷暖房別の計算例について示している。図 A-1 に回転数制御を行うポンプを含む熱源水ポンプ群の消費電力の算出手順を示す。また、(1)～(7)にオープンループ方式のタイプ別の回転数制御を行うポンプの年積算電力消費量の計算式の例として示すとともに、それらの式を用いた回転数制御を行うポンプを含む熱源水ポンプ群合計消費電力  $W'_{vrv}$  の算出過程を(8)～(13)に例示する。



20 図 A-1 回転数制御を行うポンプを含む熱源水ポンプ群の合計消費電力の算出手順

※4 エネルギー消費量計算プログラム（非住宅版）で算出した熱源設備（地中熱 HP）の負荷率帯  $n$  における運転時間  $t_{AC}(n)$  [h/年] の結果は、計算結果が表示された Web ページの空調一次エネルギー消費量及び BEI/AC の「詳細」表示ページ（空調の計算結果）にて、「詳細」を選択することで確認できる（2021 年 4 月時点）。

(1) タイプ A の計算式

回転数制御を行うタイプ A の揚水ポンプの一次エネルギー消費量  $E_0$  は、負荷に合わせて変化するため、流量制御方式によって定まる係数  $f_0(n)$  と負荷率帯  $n$  における熱源の運転時間  $t_{AC}(n)$  を用いて、次式で表される。

$$E_0 = \sum_{n=1}^{11} \{W_0 \cdot f_0(n) \cdot t_{AC}(n)\} \cdot f_{prim} \quad (A1)$$

(2) タイプ B の計算式

タイプ B の揚水ポンプは、井水槽内の水位計によって発停を行い、定流量で運転する。また、熱源水ポンプ 1 は、負荷に合わせた回転数制御を行うため、揚水ポンプの年間総流量と熱源ポンプ 1 の年間総流量が等しくなるとして、次式で表される。

$$E_0 = W_0 \cdot \frac{\sum_{n=1}^{11} (0.1n - 0.05) \cdot V_1 \cdot t_{AC}(n)}{V_0} \cdot f_{prim} \quad (A2)$$

熱源水ポンプ 1 の一次エネルギー消費量  $E_1$  は、負荷に合わせて変化するため、流量制御方式によって定まる係数  $f_1(n)$  と負荷率帯  $n$  における熱源の運転時間  $t_{AC}(n)$  を用いて、次式で表される。

$$E_1 = \sum_{n=1}^{11} \{W_1 \cdot f_1(n) \cdot t_{AC}(n)\} \cdot f_{prim} \quad (A3)$$

(3) タイプ C の計算式

熱源水を井水槽へ戻すタイプ C の揚水ポンプの一次エネルギー消費量  $E_0$  は、井水槽に入りする熱収支(くみ上げた井水、ヒートポンプで熱交換した後の熱源水及びヒートポンプに送水される熱源水、還元・放流水)を解いて求まる揚水ポンプの稼働時間  $t_0(n)$  と、定流量制御方式によって定まる係数  $f_0(n)$  を用い、次式で求められる。

$$E_0 = \sum_{n=1}^{11} \{W_0 \cdot f_0(n) \cdot t_0(n)\} \cdot f_{prim} \quad (A4)$$

熱源水ポンプ 1 の一次エネルギー消費量  $E_1$  は、負荷に合わせて変化するため、流量制御方式によって定まる係数  $f_1(n)$  と負荷率帯  $n$  における熱源の運転時間  $t_{AC}(n)$  を用いて、次式で表される。

$$E_1 = \sum_{n=1}^{11} \{W_1 \cdot f_1(n) \cdot t_{AC}(n)\} \cdot f_{prim} \quad (A3)$$

(4) タイプ D の計算式

回転数制御を行うタイプ D の揚水ポンプの一次エネルギー消費量  $E_0$  は、負荷に合わせて変化するため、流量制御方式によって定まる係数  $f_0(n)$  と負荷率帯  $n$  における熱源の運転時間  $t_{AC}(n)$  を用いて、次式で表される。

$$5 \quad E_0 = \sum_{n=1}^{11} \{W_0 \cdot f_0(n) \cdot t_{AC}(n)\} \cdot f_{prim} \quad (A1)$$

熱源水ポンプ 1 の一次エネルギー消費量  $E_1$  は、揚水ポンプと同様に負荷に合わせて変化するため、次式で表される。

$$10 \quad E_1 = \sum_{n=1}^{11} \{W_1 \cdot f_1(n) \cdot t_{AC}(n)\} \cdot f_{prim} \quad (A3)$$

(5) タイプ E の計算式

タイプ E の揚水ポンプは、井水槽内の水位計によって発停を行い、定流量で運転する。また、熱源水ポンプ 1 は、負荷に合わせた回転数制御を行うため、揚水ポンプの年間総流量と熱源ポンプ 1 の年間総流量が等しくなるとして、次式で表される。

$$15 \quad E_0 = W_0 \cdot \frac{\sum_{n=1}^{11} (0.1n - 0.05) \cdot V_1 \cdot t_{AC}(n)}{V_0} \cdot f_{prim} \quad (A2)$$

熱源水ポンプ 1 および熱源水ポンプ 2 の一次エネルギー消費量  $E_1$ 、 $E_2$  は、負荷に合わせて変化するため、流量制御方式によって定まる係数  $f_1(n)$ 、 $f_2(n)$  と負荷率帯  $n$  における熱源の運転時間  $t_{AC}(n)$  を用いて、次式で表される。

$$20 \quad E_1 = \sum_{n=1}^{11} \{W_1 \cdot f_1(n) \cdot t_{AC}(n)\} \cdot f_{prim} \quad (A3)$$

$$E_2 = \sum_{n=1}^{11} \{W_2 \cdot f_2(n) \cdot t_{AC}(n)\} \cdot f_{prim} \quad (A5)$$

(6) タイプ F の計算式

25 熱源水を井水槽へ戻すタイプ F の揚水ポンプの一次エネルギー消費量  $E_0$  は、井水槽に入りする熱収支(くみ上げた井水、ヒートポンプで熱交換した後の熱源水及びヒートポンプに送水される熱源水、還元・放流水)を解いて求まる揚水ポンプの稼働時間  $t_0(n)$  と、定流量制御方式によって定まる係数  $f_0(n)$  を用い、次式で求められる。

$$E_0 = \sum_{n=1}^{11} \{W_0 \cdot f_0(n) \cdot t_0(n)\} \cdot f_{prim} \quad (A4)$$

また、熱源水ポンプ1および熱源水ポンプ2の一次エネルギー消費量  $E_1$ 、 $E_2$  は、負荷に合わせて変化するため、流量制御方式によって定まる係数  $f_1(n)$ 、 $f_2(n)$  と負荷率帯  $n$  における熱源の運転時間  $t_{AC}(n)$  を用いて、次式で表される。

$$E_1 = \sum_{n=1}^{11} \{W_1 \cdot f_1(n) \cdot t_{AC}(n)\} \cdot f_{prim} \quad (A3)$$

5

$$E_2 = \sum_{n=1}^{11} \{W_2 \cdot f_2(n) \cdot t_{AC}(n)\} \cdot f_{prim} \quad (A5)$$

(7) 回転数制御を行うポンプを含む熱源水ポンプ群の合計消費電力  $W'_{vrv}$  の算出方法

回転数制御を行うポンプを含む熱源水ポンプ群の合計消費電力  $W'_{vrv}$  は、(1)～(6)で示した  $E_0$ 、 $E_1$ 、 $E_2$ 、 $t_{AC}$  を用いて、タイプ A は式 A6 で、タイプ B、C、D は式 A7 で、タイプ

10 E、F は式 A8 で求まる。

$$W'_{vrv} = \frac{E_0}{t_{AC} \times f_{prim}} \quad (A6)$$

$$W'_{vrv} = \frac{E_0 + E_1}{t_{AC} \times f_{prim}} \quad (A7)$$

$$W'_{vrv} = \frac{E_0 + E_1 + E_2}{t_{AC} \times f_{prim}} \quad (A8)$$

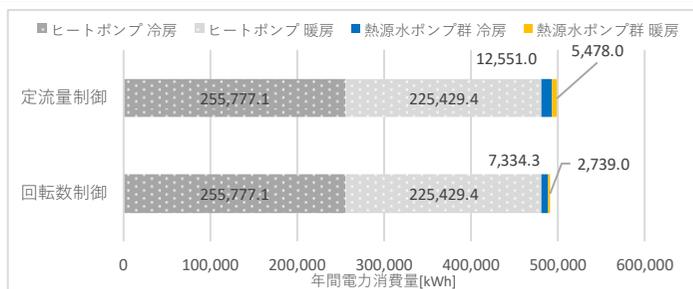
(8) タイプ A の計算例

揚水ポンプ計算式： $E_0 = \sum_{n=1}^{11} \{W_0 \cdot f_0(n) \cdot t_{AC}(n)\} \cdot f_{prim}$

(緑本：10,000㎡・6地域・事務所ビルを対象、最小流量比50%の場合)

負荷率帯 n		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	合計	定流量制御	
冷房	出現時間 $t_{AC}$	h	448	140	294	336	210	210	168	154	266	56	0		2,282
	係数 $f_x$ (最小流量比を50%とした)	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.2		1
	<b>揚水ポンプ</b>														
	台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	定格消費電力 $W_0$	kW/台	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	$E_0 / f_{prim} =$	5.5
	電力消費量 $W_0 \cdot f_x \cdot t_{AC} \cdot$ 台数	kWh	1,232.0	385.0	808.5	924.0	577.5	635.3	600.6	635.3	1,243.6	292.6		<b>7,334.3</b>	12,551.0
	<b>熱源水ポンプ群</b>														
	電力消費量	kWh	1232.0	385.0	808.5	924.0	577.5	635.3	600.6	635.3	1243.6	292.6		<b>7,334.3</b>	<b>12,551.0</b>
	<b>水熱源ヒートポンプ</b>														
	台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
消費電力	kW/台	161.9	127.5	113.0	104.5	98.7	94.4	91.1	88.3	86.0	84.1	100.9			
電力消費量	kWh	72,518.6	17,848.9	33,231.5	35,119.5	20,731.3	19,828.4	15,297.8	13,602.5	22,888.8	4,709.8		<b>255,777.1</b>	<b>255,777.1</b>	

負荷率帯 n		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	合計	定流量制御	
暖房	出現時間 $t_{AC}$	h	394	518	70	14	0	0	0	0	0	0		996	
	係数 $f_x$ (最小流量比を50%とした)	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.2		1
	<b>揚水ポンプ</b>														
	台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	定格消費電力 $W_0$	kW/台	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	$E_0 / f_{prim} =$	5.5
	電力消費量 $W_0 \cdot f_x \cdot t_{AC} \cdot$ 台数	kWh	1083.5	1424.5	192.5	38.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>2,739.0</b>	5,478.0
	<b>熱源水ポンプ群</b>														
	電力消費量	kWh	1083.5	1424.5	192.5	38.5								<b>2,739.0</b>	<b>5,478.0</b>
	<b>水熱源ヒートポンプ</b>														
	台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
消費電力	kW/台	262.2	206.5	183.1	169.3	159.9	152.9	147.5	143.0	139.4	136.2	163.5			
電力消費量	kWh	103,289.9	106,955.4	12,814.2	2,369.9								<b>225,429.4</b>	<b>225,429.4</b>	



		回転数制御	定流量制御
年間電力消費量(ポンプ)	kWh	<b>10,073.3</b>	<b>18,029.0</b>
一次エネルギー消費量(ポンプ)	MJ/年	<b>98,314.9</b>	<b>175,963.0</b>
削減率	%	<b>44.1</b>	
WEBプログラム熱源水ポンプ群消費電力入力値	kW	<b>3.1</b>	<b>5.5</b>

(9) タイプ B の計算例

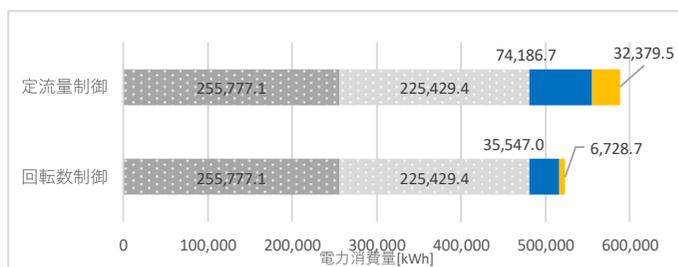
$$\text{揚水ポンプ計算式} : E_0 = \frac{W_0 \cdot \sum_{n=1}^{11} (0.1n - 0.05) \cdot V_1 \cdot t_{AC}(n)}{V_0} \cdot f_{prim}$$

$$\text{熱源水ポンプ 1 計算式} : E_1 = \sum_{n=1}^{11} \{W_1 \cdot f_1(n) \cdot t_{AC}(n)\} \cdot f_{prim}$$

【タイプB：熱交換器なし、井水槽あり(ヒートポンプ投入後の熱源水を井水槽に戻さない場合)】

負荷率帯 n		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	合計	定流量制御	
冷房	出現時間 $t_{AC}$	h	448	140	294	336	210	210	168	154	266	56	0		2,282
	係数 $f_x$ (最小流量比を50%とした)	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.2		1
<b>揚水ポンプ</b>															
	定格流量 $V_0$	m <sup>3</sup> /min	0.42			$E_0 = W_0 \cdot f_{prim} \cdot \sum_{n=1}^{11} (n \cdot 0.1 - 0.05) \cdot V_1 \cdot t_{AC}(n) \div V_0$								0.42	
	台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
	定格消費電力 $W_0$	kW/台	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5		28.8	
	運転時間	h	235	147	462	704	550	660	616	645	1254	293	$E_0 / f_{prim} =$		
	電力消費量 $W_0 \cdot$ 運転時間 $\cdot$ 台数	kWh	1,290.7	806.7	2,541.0	3,872.0	3,025.0	3,630.0	3,388.0	3,549.3	6,897.0	1,613.3	<b>30,613.0</b>	65,743.3	
	流量チェック	m <sup>3</sup>	5,913.6	3,696.0	11,642.4	17,740.8	13,860.0	16,632.0	15,523.2	16,262.4	31,600.8	7,392.0	140,263.2		
<b>熱源水ポンプ1</b>															
	定格流量 $V_1$	m <sup>3</sup> /min	2.2											2.2	
	台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
	定格消費電力 $W_1$	kW/台	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	$E_1 / f_{prim} =$	3.7	
	電力消費量 $W_1 \cdot f_x \cdot t_{AC} \cdot$ 台数	kWh	828.8	259.0	543.9	621.6	388.5	427.4	404.0	427.4	836.6	196.8	<b>4,934.0</b>	8443.4	
	流量チェック	m <sup>3</sup>	5,913.6	3,696.0	11,642.4	17,740.8	13,860.0	16,632.0	15,523.2	16,262.4	31,600.8	7,392.0	140,263.2		
<b>熱源水ポンプ群</b>															
	電力消費量	kWh	2,119.5	1,065.7	3,084.9	4,493.6	3,413.5	4,057.4	3,792.0	3,976.7	7,733.6	1,810.2	<b>35,547.0</b>	<b>74,186.7</b>	
<b>水熱源ヒートポンプ</b>															
	台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	消費電力	kW/台	161.9	127.5	113.0	104.5	98.7	94.4	91.1	88.3	86.0	84.1	100.9		
	電力消費量	kWh	72,518.6	17,848.9	33,231.5	35,119.5	20,731.3	19,828.4	15,297.8	13,602.5	22,888.8	4,709.8	<b>255,777.1</b>	<b>255,777.1</b>	

負荷率帯 $n$		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	合計	定流量制御	
暖房	出現時間 $t_{AC}$	h	394	518	70	14	0	0	0	0	0	0	0		996
	係数 $f_x$ (最小流量比を50%とした)	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.2		1
<b>揚水ポンプ</b>															
	定格流量 $V_0$	m <sup>3</sup> /min	0.42												0.42
	台数	台	1	1	1	1								1	
	定格消費電力 $W_0$	kW/台	5.5	5.5	5.5	5.5								28.8	
	運転時間	h	206	543	110	29							$E_0 / f_{prim} =$		
	電力消費量 $W_0 \cdot$ 運転時間 $\cdot$ 台数	kWh	1135.1	2984.7	605.0	161.3							<b>4,886.1</b>	28,694.3	
	流量チェック	m <sup>3</sup>	5,200.8	13,675.2	2,772.0	739.2							22,387.2		
<b>熱源水ポンプ1</b>															
	定格流量 $V_1$	m <sup>3</sup> /min	2.2											2.2	
	台数	台	1	1	1	1								1	
	定格消費電力 $W_1$	kW/台	3.7	3.7	3.7	3.7							$E_1 / f_{prim} =$	3.7	
	電力消費量 $W_1 \cdot f_x \cdot t_{AC} \cdot$ 台数	kWh	728.9	958.3	129.5	25.9							<b>1,842.6</b>	3,685.2	
	流量チェック	m <sup>3</sup>	5,200.8	13,675.2	2,772.0	739.2							22,387.2		
<b>熱源水ポンプ群</b>															
	電力消費量	kWh	1,864.0	3,943.0	734.5	187.2							<b>6,728.7</b>	<b>32,379.5</b>	
<b>水熱源ヒートポンプ</b>															
	台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	消費電力	kW/台	262.2	206.5	183.1	169.3	159.9	152.9	147.5	143.0	139.4	136.2	163.5		
	電力消費量	kWh	103,289.9	106,955.4	12,814.2	2,369.9							<b>225,429.4</b>	<b>225,429.4</b>	



		回転数制御	定流量制御
年間電力消費量(ポンプ)	kWh	<b>42,275.6</b>	<b>106,566.2</b>
一次エネルギー消費量(ポンプ)	MJ/年	<b>412,610.3</b>	<b>1,040,086.3</b>
削減率	%	<b>60.3</b>	
WEBプログラム熱源水ポンプ群消費電力入力値	kW	<b>12.9</b>	<b>32.5</b>

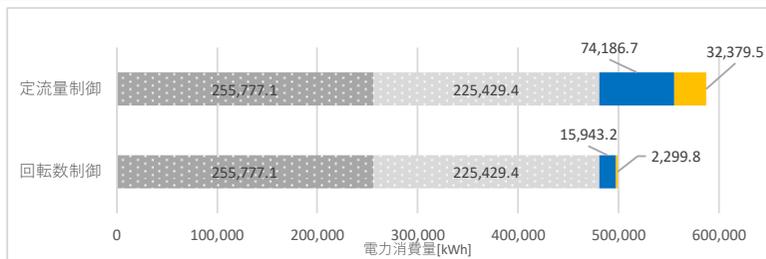
(10)タイプCの計算例

揚水ポンプ計算式： $E_0 = W_0 \cdot t_0 \cdot f_{prim}$       熱源水ポンプ1計算式： $E_1 = \sum_{n=1}^{11} \{W_1 \cdot f_1(n) \cdot t_{AC}(n)\} \cdot f_{prim}$

【タイプC：熱交換器なし、井水槽あり(ヒートポンプ投入後の熱源水を井水槽に戻す場合)】

負荷率帯 n		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	合計	定流量制御	
冷房	出現時間 $t_{AC}$	h	448	140	294	336	210	210	168	154	266	56	0		2,282
	係数 $f_x$ (最小流量比を50%とした)	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.2		1
	冷房定格能力 $Q_{hpr,c}$	kW	843.6	←WEBプログラム計算時の冷房能力											
	COP <sub>fc</sub> (K社ヒートポンプチャラ 定格値引用)		5.2	6.6	7.5	8.1	8.5	8.9	9.3	9.6	9.8	10.0	10.0		
	期間排熱投入量 $Q_{hex,c}$	GJ	87	41	113	158	116	132	119	120	227	52	0	1,165	
	井水槽容量 $V_{wt}$	m <sup>3</sup>	150												
	時間 $t_x$	h/K	1.1	$Q_{hex,c} = Q_{hpr,c} \cdot \left(1 + \frac{1}{COP_{r,c}}\right) \cdot \frac{10n}{50 \cdot \log(10n+1)} \cdot t_{AC} \div 1,000$											
<b>揚水ポンプ</b>															
井水供給温度 $T_{wm}$	°C	19.5	←地中熱利用TG資料より、6地域の8月平均地下水温												
定格流量 $V_0$	m <sup>3</sup> /min	0.42												0.42	
台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
定格消費電力 $W_0$	kW/台	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5		28.8	
井水槽温度変化 $\Delta\theta$	K	137	65	180	251	184	210	188	191	361	82				
運転時間 $t_0 = t_x \cdot \Delta\theta$	h	149	71	194	271	199	227	204	207	390	89		2,002		
電力消費量 $W_0 \cdot t_0 \cdot$ 台数	kWh	817.4	388.6	1,069.1	1,493.0	1,094.9	1,251.0	1,121.9	1,136.8	2,146.7	489.8		$E_0 / f_{prim} = 11,009.2$	65,743.3	
(流量) $V_0 \times 60 \times t_0$	m <sup>3</sup>	3,745.0	1,780.5	4,898.3	6,840.8	5,016.8	5,731.7	5,140.6	5,208.6	9,836.0	2,244.1		50,442.4		
(熱量) 流量 $\times(T_{1,R}-T_{0,S}) \cdot C_p \cdot \rho \div 10^6$	GJ	86.5	41.1	113.2	158.0	115.9	132.4	118.7	120.3	227.2	51.8		1,165.2		
<b>熱源水ポンプ1</b>															
井水温度(往) $T_{1,S}$	°C	21.5	22.4	22.7	22.9	23.0	23.1	23.2	23.2	23.3	23.3	← $T_{0,S}$ と $T_{1,R}$ の混合温度		22.5	
井水温度(還) $T_{1,R}$	°C	25													
定格流量 $V_1$	m <sup>3</sup> /min	2.2	←冷房定格能力 $Q_{hpr,c}$ より求めた流量												
台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
定格消費電力 $W_1$	kW/台	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7		3.7	
電力消費量 $W_1 \cdot f_x \cdot t_{AC} \cdot$ 台数	kWh	828.8	259.0	543.9	621.6	388.5	427.4	404.0	427.4	836.6	196.8		$E_1 / f_{prim} = 4,934.0$	8443.4	
(流量) $V_1 \times 0.1n \times 60 \times t_{AC}$	m <sup>3</sup>	5,913.6	3,696.0	11,642.4	17,740.8	13,860.0	16,632.0	15,523.2	16,262.4	31,600.8	7,392.0		140,263.2		
(熱量) 流量 $\times(T_{1,R}-T_{1,S}) \cdot C_p \cdot \rho \div 10^6$	GJ	86.5	41.1	113.2	158.0	115.9	132.4	118.7	120.3	227.2	51.8		1,165.2		
<b>熱源水ポンプ群</b>															
電力消費量	kWh	1,646.2	647.6	1,613.0	2,114.6	1,483.4	1,678.3	1,526.0	1,564.2	2,983.3	686.6		15,943.2	74,186.7	
<b>水熱源ヒートポンプ</b>															
台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
消費電力	kW/台	161.9	127.5	113.0	104.5	98.7	94.4	91.1	88.3	86.0	84.1	100.9			
電力消費量	kWh	72,518.6	17,848.9	33,231.5	35,119.5	20,731.3	19,828.4	15,297.8	13,602.5	22,888.8	4,709.8		255,777.1	255,777.1	

負荷率帯 $n$		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	合計	定流量制御		
暖房	出現時間 $t_{AC}$	h	394	518	70	14	0	0	0	0	0	0	0	996		
	係数 $f_x$ (最小流量比を50%とした)	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.2	1		
	暖房定格能力 $Q_{hpr,h}$	kW	705.6	←WEBプログラム計算時の暖房能力												
	$COP_{r,h}$ (K社 ヒートポンプチャラー 定格値引用)	-	2.7	3.4	3.9	4.2	4.4	4.6	4.8	4.9	5.1	5.2	5.2			
	期間排熱投入量 $Q_{hex,h}$	GJ	34	78	15	4	0	0	0	0	0	0	0	130		
	井水槽容量 $V_{wt}$	m <sup>3</sup>	150													
	時間 $t_x$	h/K	0.8	$Q_{hex,h} = Q_{hpr,h} \cdot \left(1 - \frac{1}{COP_{r,h}}\right) \cdot \frac{10n}{50 \cdot \log(10n + 1)} \cdot t_{AC} \div 1,000$												
<b>揚水ポンプ</b>																
井水供給温度 $T_{wm}$	°C	17.4	←地中熱利用TG資料より、6地域の2月平均地下水温													
定格流量 $V_0$	m <sup>3</sup> /min	0.42												$\Delta\theta = \left  \frac{Q_{hex,h}}{c_p \cdot \rho \cdot V_{wt}} \right $	0.42	
台数	台	1	1	1	1										1	
定格消費電力 $W_0$	kW/台	5.5	5.5	5.5	5.5										28.8	
井水槽温度変化 $\Delta\theta$	K	53	124	23	6											
運転時間 $t_0 = t_x \cdot \Delta\theta$	h	43	100	19	5										166	
電力消費量 $W_0 \cdot t_0 \cdot$ 台数	kWh	117.8	274.6	51.7	13.1										$E_0 / f_{prim} =$ 457.2	28,694.3
(流量) $V_0 \times 60 \times t_0$	m <sup>3</sup>	1,079.6	2,516.6	473.5	119.8										4,189.5	
(熱量) 流量 $\times (T_{1,R} - T_{0,S}) \cdot C_p \cdot \rho \div 10^6$	GJ	33.6	78.2	14.7	3.7										130.2	
<b>熱源水ポンプ1</b>																
井水温度(往) $T_{1,S}$	°C	11.5	11.4	11.3	11.2										← $T_{0,S}$ と $T_{1,R}$ の混合温度	15.4
井水温度(還) $T_{1,R}$	°C	10														
定格流量 $V_1$	m <sup>3</sup> /min	2.2														
台数	台	1	1	1	1										1	
定格消費電力 $W_1$	kW/台	3.7	3.7	3.7	3.7										$E_1 / f_{prim} =$ 3.7	
電力消費量 $W_1 \cdot f_x \cdot t_{AC} \cdot$ 台数	kWh	728.9	958.3	129.5	25.9										1,842.6	3685.2
(流量) $V_1 \times 0.1n \times 60 \times t_{AC}$	m <sup>3</sup>	5,200.8	13,675.2	2,772.0	739.2										22,387.2	
(熱量) 流量 $\times (T_{1,R} - T_{1,S}) \cdot C_p \cdot \rho \div 10^6$	GJ	33.6	78.2	14.7	3.7										130.2	
<b>熱源水ポンプ群</b>																
電力消費量	kWh	846.7	1232.9	181.2	39.0										2,299.8	32,379.5
<b>水熱源ヒートポンプ</b>																
台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
消費電力	kW/台	262.2	206.5	183.1	169.3	159.9	152.9	147.5	143.0	139.4	136.2	163.5				
電力消費量	kWh	103,289.9	106,955.4	12,814.2	2,369.9										225,429.4	225,429.4



		回転数制御	定流量制御
年間電力消費量(ポンプ)	kWh	18,243.0	106,566.2
一次エネルギー消費量(ポンプ)	MJ/年	178,051.5	1,040,086.3
削減率	%	82.9	
WEBプログラム熱源水ポンプ群消費電力入力値	kW	5.6	32.5

## (11)タイプDの計算例

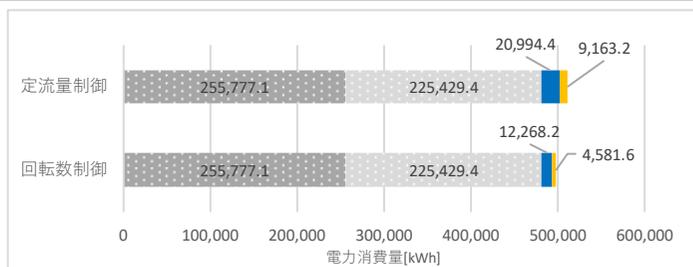
揚水ポンプ計算式： $E_0 = \sum_{n=1}^{11}\{W_0 \cdot f_0(n) \cdot t_{AC}(n)\} \cdot f_{prim}$

熱源水ポンプ1計算式： $E_1 = \sum_{n=1}^{11}\{W_1 \cdot f_1(n) \cdot t_{AC}(n)\} \cdot f_{prim}$

【タイプD：熱交換器あり、井水槽なし】

負荷率帯 $n$		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	合計	定流量制御	
冷房	出現時間 $t_{AC}$	h	448	140	294	336	210	210	168	154	266	56	0		2,282
	係数 $f_x$ (最小流量比を50%とした)	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.2		1
<b>揚水ポンプ</b>															
	台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
	定格消費電力 $W_0$	kW/台	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	$E_0 / f_{prim} =$	5.5	
	電力消費量 $W_0 \cdot f_x \cdot t_{AC} \cdot$ 台数	kWh	1,232.0	385.0	808.5	924.0	577.5	635.3	600.6	635.3	1,243.6	292.6	<b>7,334.3</b>	12,551.0	
<b>熱源水ポンプ1</b>															
	台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
	定格消費電力 $W_1$	kW/台	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	$E_1 / f_{prim} =$	3.7	
	電力消費量 $W_1 \cdot f_x \cdot t_{AC} \cdot$ 台数	kWh	828.8	259.0	543.9	621.6	388.5	427.4	404.0	427.4	836.6	196.8	<b>4,934.0</b>	8443.4	
<b>熱源水ポンプ群</b>															
	電力消費量	kWh	2060.8	644.0	1352.4	1545.6	966.0	1062.6	1004.6	1062.6	2080.1	489.4	<b>12,268.2</b>	<b>20,994.4</b>	
<b>水熱源ヒートポンプ</b>															
	台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	消費電力	kW/台	161.9	127.5	113.0	104.5	98.7	94.4	91.1	88.3	86.0	84.1	100.9		
	電力消費量	kWh	72,518.6	17,848.9	33,231.5	35,119.5	20,731.3	19,828.4	15,297.8	13,602.5	22,888.8	4,709.8	<b>255,777.1</b>	<b>255,777.1</b>	

負荷率帯 $n$		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	合計	定流量制御	
暖房	出現時間 $t_{AC}$	h	394	518	70	14	0	0	0	0	0	0	0		996
	係数 $f_x$ (最小流量比を50%とした)	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.2		1
	<b>揚水ポンプ</b>														
	台数	台	1	1	1	1									1
	定格消費電力 $W_0$	kW/台	5.5	5.5	5.5	5.5								$E_0 / f_{prim} =$	5.5
	電力消費量 $W_0 \cdot f_x \cdot t_{AC} \cdot$ 台数	kWh	1083.5	1424.5	192.5	38.5								<b>2,739.0</b>	5,478.0
	<b>熱源水ポンプ1</b>														
	台数	台	1	1	1	1									1
	定格消費電力 $W_1$	kW/台	3.7	3.7	3.7	3.7								$E_1 / f_{prim} =$	3.7
	電力消費量 $W_1 \cdot f_x \cdot t_{AC} \cdot$ 台数	kWh	728.9	958.3	129.5	25.9								<b>1,842.6</b>	3685.2
	<b>熱源水ポンプ群</b>														
電力消費量	kWh	1812.4	2382.8	322.0	64.4								<b>4,581.6</b>	<b>9,163.2</b>	
<b>水熱源ヒートポンプ</b>															
台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0		
消費電力	kW/台	262.2	206.5	183.1	169.3	159.9	152.9	147.5	143.0	139.4	136.2	163.5			
電力消費量	kWh	103,289.9	106,955.4	12,814.2	2,369.9								<b>225,429.4</b>	<b>225,429.4</b>	



		回転数制御	定流量制御
年間電力消費量(ポンプ)	kWh	<b>16,849.8</b>	<b>30,157.6</b>
一次エネルギー消費量(ポンプ)	MJ/年	<b>164,454.0</b>	<b>294,338.2</b>
削減率	%	<b>44.1</b>	
WEBプログラム熱源水ポンプ群消費電力入力値	kW	<b>5.1</b>	<b>9.2</b>

(12)タイプEの計算例

$$\text{揚水ポンプ計算式: } E_0 = \frac{W_0 \cdot \sum_{n=1}^{11} (0.1n - 0.05) \cdot V_1 \cdot t_{AC}(n)}{V_0} \cdot f_{prim}$$

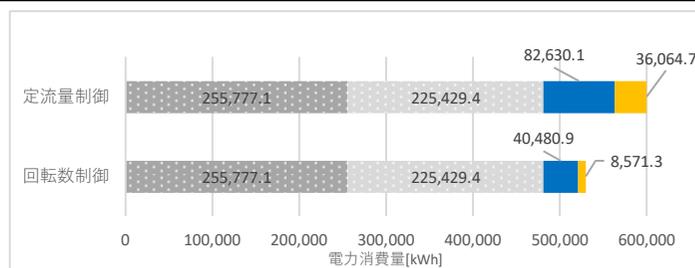
$$\text{熱源水ポンプ1計算式: } E_1 = \sum_{n=1}^{11} \{W_1 \cdot f_1(n) \cdot t_{AC}(n)\} \cdot f_{prim}$$

$$\text{熱源水ポンプ2計算式: } E_2 = \sum_{n=1}^{11} \{W_2 \cdot f_2(n) \cdot t_{AC}(n)\} \cdot f_{prim}$$

【タイプE：熱交換器あり、井水槽あり(熱交換後の熱源水を井水槽に戻さない場合)】

負荷率帯 n		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	合計	定流量制御	
冷房	出現時間 $t_{AC}$	h	448	140	294	336	210	210	168	154	266	56	0		2,282
	係数 $f_x$ (最小流量比を50%とした)	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.2		1
<b>揚水ポンプ</b>															
	定格流量 $V_0$	m <sup>3</sup> /min	0.42	$E_0 = W_0 \cdot f_{prim} \cdot \sum_{n=1}^{11} (n \cdot 0.1 - 0.05) \cdot V_1 \cdot t_{AC}(n) \div V_0$											0.42
	台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
	定格消費電力 $W_0$	kW/台	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5		28.8	
	運転時間	h	235	147	462	704	550	660	616	645	1254	293	$E_0 / f_{prim} =$		
	電力消費量 $W_0 \cdot$ 運転時間 $\cdot$ 台数	kWh	1,290.7	806.7	2,541.0	3,872.0	3,025.0	3,630.0	3,388.0	3,549.3	6,897.0	1,613.3	<b>30,613.0</b>	65,743.3	
	流量チェック	m <sup>3</sup>	5,913.6	3,696.0	11,642.4	17,740.8	13,860.0	16,632.0	15,523.2	16,262.4	31,600.8	7,392.0	140,263.2		
<b>熱源水ポンプ1</b>															
	定格流量 $V_1$	m <sup>3</sup> /min	2.2												2.2
	台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
	定格消費電力 $W_1$	kW/台	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	$E_1 / f_{prim} =$	3.7	
	電力消費量 $W_1 \cdot f_x \cdot t_{AC} \cdot$ 台数	kWh	828.8	259.0	543.9	621.6	388.5	427.4	404.0	427.4	836.6	196.8	<b>4,934.0</b>	8443.4	
	流量チェック	m <sup>3</sup>	5913.6	3696.0	11642.4	17740.8	13860.0	16632.0	15523.2	16262.4	31600.8	7392.0	140,263.2		
<b>熱源水ポンプ2</b>															
	台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
	定格消費電力 $W_2$	kW/台	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	$E_2 / f_{prim} =$	3.7	
	電力消費量 $W_2 \cdot f_x \cdot t_{AC} \cdot$ 台数	kWh	828.8	259.0	543.9	621.6	388.5	427.4	404.0	427.4	836.6	196.8	<b>4,934.0</b>	8443.4	
<b>熱源水ポンプ群</b>															
	電力消費量	kWh	2,948.3	1,324.7	3,628.8	5,115.2	3,802.0	4,484.7	4,196.1	4,404.0	8,570.1	2,007.0	<b>40,480.9</b>	<b>82,630.1</b>	
<b>水熱源ヒートポンプ</b>															
	台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
	消費電力	kW/台	161.9	127.5	113.0	104.5	98.7	94.4	91.1	88.3	86.0	84.1	100.9		
	電力消費量	kWh	72,518.6	17,848.9	33,231.5	35,119.5	20,731.3	19,828.4	15,297.8	13,602.5	22,888.8	4,709.8	<b>255,777.1</b>	<b>255,777.1</b>	

負荷率帯 $n$		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	合計	定流量制御
暖房	出現時間 $t_{AC}$	h	394	518	70	14	0	0	0	0	0	0	0	996
	係数 $f_x$ (最小流量比を50%とした)	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.2	1
<b>揚水ポンプ</b>														
	定格流量 $V_0$	m <sup>3</sup> /min	0.42											0.42
	台数	台	1	1	1	1								1
	定格消費電力 $W_0$	kW/台	5.5	5.5	5.5	5.5								28.8
	運転時間	h	206	543	110	29							$E_0 / f_{prim} =$	
	電力消費量 $W_0 \cdot$ 運転時間 $\cdot$ 台数	kWh	1135.1	2984.7	605.0	161.3							<b>4,886.1</b>	28,694.3
	流量チェック	m <sup>3</sup>	5,200.8	13,675.2	2,772.0	739.2							22,387.2	
<b>熱源水ポンプ1</b>														
	定格流量 $V_1$	m <sup>3</sup> /min	2.2											2.2
	台数	台	1	1	1	1								1
	定格消費電力 $W_1$	kW/台	3.7	3.7	3.7	3.7							$E_1 / f_{prim} =$	3.7
	電力消費量 $W_1 \cdot f_x \cdot t_{AC} \cdot$ 台数	kWh	728.9	958.3	129.5	25.9							<b>1,842.6</b>	3685.2
	流量チェック	m <sup>3</sup>	5,200.8	13,675.2	2,772.0	739.2							22,387.2	
<b>熱源水ポンプ2</b>														
	台数	台	1	1	1	1								1
	定格消費電力 $W_2$	kW/台	3.7	3.7	3.7	3.7							$E_2 / f_{prim} =$	3.7
	電力消費量 $W_2 \cdot f_x \cdot t_{AC} \cdot$ 台数	kWh	728.9	958.3	129.5	25.9							<b>1,842.6</b>	3685.2
<b>熱源水ポンプ群</b>														
	電力消費量	kWh	2,592.9	4,901.3	864.0	213.1							<b>8,571.3</b>	<b>36,064.7</b>
<b>水熱源ヒートポンプ</b>														
	台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	消費電力	kW/台	262.2	206.5	183.1	169.3	159.9	152.9	147.5	143.0	139.4	136.2	163.5	
	電力消費量	kWh	103,289.9	106,955.4	12,814.2	2,369.9							<b>225,429.4</b>	<b>225,429.4</b>



		回転数制御	定流量制御
年間電力消費量(ポンプ)	kWh	<b>49,052.2</b>	<b>118,694.8</b>
一次エネルギー消費量(ポンプ)	MJ/年	<b>478,749.4</b>	<b>1,158,461.4</b>
削減率	%	<b>58.7</b>	
WEBプログラム熱源水ポンプ群消費電力入力値	kW	<b>15.0</b>	<b>36.2</b>

(13)タイプFの計算例

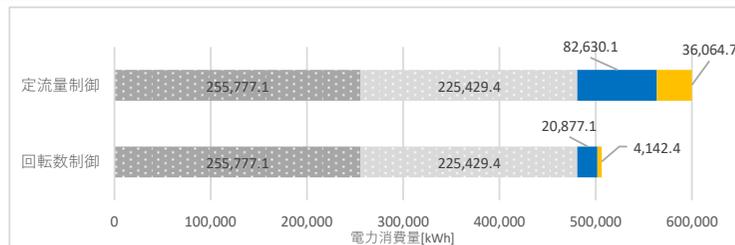
揚水ポンプ計算式： $E_0 = W_0 \cdot t_0 \cdot f_{prim}$       熱源水ポンプ1計算式： $E_1 = \sum_{n=1}^{11}\{W_1 \cdot f_1(n) \cdot t_{AC}(n)\} \cdot f_{prim}$

熱源水ポンプ2計算式： $E_2 = \sum_{n=1}^{11}\{W_2 \cdot f_2(n) \cdot t_{AC}(n)\} \cdot f_{prim}$

【タイプF：熱交換器あり、井水槽あり(熱交換後の熱源水を井水槽に戻す場合)】

負荷率帯 n		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	合計	定流量制御	
冷房	出現時間 $t_{AC}$	h	448	140	294	336	210	210	168	154	266	56	0		2,282
	係数 $f_x$ (最小流量比を50%とした)	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.2		1
	冷房定格能力 $Q_{hpr,c}$	kW	843.6	←WEBプログラム計算時の冷房能力											
	$COP_{r,c}$ (K社 ヒートポンプチャラ 定格値引用)		5.2	6.6	7.5	8.1	8.5	8.9	9.3	9.6	9.8	10.0	10.0		
	期間排熱投入量 $Q_{hex,c}$	GJ	87	41	113	158	116	132	119	120	227	52	0	1,165	
	井水槽容量 $V_{wt}$	m <sup>3</sup>	150												
	時間 $t_x$	h/K	1.1	$Q_{hex,c} = Q_{hpr,c} \cdot \left(1 + \frac{1}{COP_{r,c}}\right) \cdot \frac{10n}{50 \cdot \log(10n + 1)} \cdot t_{AC} \div 1,000$											
<b>揚水ポンプ</b>															
井水供給温度 $T_{wm}$	℃	19.5	←地中熱利用TG資料より、6地域の8月平均地下水温												
定格流量 $V_0$	m <sup>3</sup> /min	0.42	$\Delta\theta = \frac{Q_{hex,c}}{c_p \cdot \rho \cdot V_{wt}}$												
台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
定格消費電力 $W_0$	kW/台	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5		28.8	
井水槽温度変化 $\Delta\theta$	K	137	65	180	251	184	210	188	191	361	82				
運転時間 $t_0 = t_x \cdot \Delta\theta$	h	149	71	194	271	199	227	204	207	390	89		2,002		
電力消費量 $W_0 \cdot t_0 \cdot$ 台数	kWh	817.4	388.6	1,069.1	1,493.0	1,094.9	1,251.0	1,121.9	1,136.8	2,146.7	489.8		$E_0 / f_{prim} =$ 11,009.2	65,743.3	
(流量) $V_0 \times 60 \times t_0$	m <sup>3</sup>	3,745.0	1,780.5	4,898.3	6,840.8	5,016.8	5,731.7	5,140.6	5,208.6	9,836.0	2,244.1		50,442.4		
(熱量) 流量 $\times (T_{1,R} - T_{0,S}) \cdot C_p \cdot \rho \div 10^6$	GJ	86.5	41.1	113.2	158.0	115.9	132.4	118.7	120.3	227.2	51.8		1,165.2		
<b>熱源水ポンプ1</b>															
井水温度(往) $T_{1,S}$	℃	21.5	22.4	22.7	22.9	23.0	23.1	23.2	23.2	23.3	23.3	← $T_{hs0,S}$ と $T_{hs1p,R}$ の混合温度		25.5	
井水温度(還) $T_{1,R}$	℃	25													
定格流量 $V_1$	m <sup>3</sup> /min	2.2	←冷房定格能力 $Q_{hpr,c}$ より求めた流量												
台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
定格消費電力 $W_1$	kW/台	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7		3.7	
電力消費量 $W_1 \cdot f_x \cdot t_{AC} \cdot$ 台数	kWh	828.8	259.0	543.9	621.6	388.5	427.4	404.0	427.4	836.6	196.8		$E_1 / f_{prim} =$ 4,934.0	8443.4	
(流量) $V_1 \times 0.1n \times 60 \times t_{AC}$	m <sup>3</sup>	5,913.6	3,696.0	11,642.4	17,740.8	13,860.0	16,632.0	15,523.2	16,262.4	31,600.8	7,392.0		140,263.2		
(熱量) 流量 $\times (T_{1,R} - T_{1,S}) \cdot C_p \cdot \rho \div 10^6$	GJ	86.5	41.1	113.2	158.0	115.9	132.4	118.7	120.3	227.2	51.8		1,165.2		
<b>熱源水ポンプ2</b>															
台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
定格消費電力 $W_2$	kW/台	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7		3.7	
電力消費量 $W_2 \cdot f_x \cdot t_{AC} \cdot$ 台数	kWh	828.8	259.0	543.9	621.6	388.5	427.4	404.0	427.4	836.6	196.8		$E_2 / f_{prim} =$ 4,934.0	8443.4	
<b>熱源水ポンプ群</b>															
電力消費量	kWh	2475.0	906.6	2156.9	2736.2	1871.9	2105.7	1930.0	1991.5	3819.9	883.5		20,877.1	82,630.1	
<b>水熱源ヒートポンプ</b>															
台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
消費電力	kW/台	161.9	127.5	113.0	104.5	98.7	94.4	91.1	88.3	86.0	84.1	100.9			
電力消費量	kWh	72,518.6	17,848.9	33,231.5	35,119.5	20,731.3	19,828.4	15,297.8	13,602.5	22,888.8	4,709.8		255,777.1	255,777.1	

負荷率帯 $n$		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	合計	定流量制御		
暖房	出現時間 $t_{AC}$	h	394	518	70	14	0	0	0	0	0	0	0		996	
	係数 $f_x$ (最小流量比を50%とした)	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.2		1	
	暖房定格能力 $Q_{hpr,h}$	kW	705.6	←WEBプログラム計算時の暖房能力												
	$COP_{r,h}$ (K社 ヒートポンプチャラー 定格値引用)	-	2.7	3.4	3.9	4.2	4.4	4.6	4.8	4.9	5.1	5.2	5.2			
	期間排熱投入量 $Q_{hex,h}$	GJ	34	78	15	4	0	0	0	0	0	0	0	130		
	井水槽容量 $V_{wt}$	m <sup>3</sup>	150													
	時間 $t_x$	h/K	0.8	$Q_{hex,h} = Q_{hpr,h} \cdot \left(1 - \frac{1}{COP_{r,h}}\right) \cdot \frac{10n}{50 \cdot \log(10n + 1)} \cdot t_{AC} \div 1,000$												
<b>揚水ポンプ</b>																
井水供給温度 $T_{w,m}$	°C	17.4	←地中熱利用TG資料より、6地域の2月平均地下水温													
定格流量 $V_0$	m <sup>3</sup> /min	0.42														
台数	台	1	1	1	1											0.42
定格消費電力 $W_0$	kW/台	5.5	5.5	5.5	5.5											28.8
井水槽温度変化 $\Delta\theta$	K	53	124	23	6											
運転時間 $t_0 = t_x \cdot \Delta\theta$	h	43	100	19	5										166	
電力消費量 $W_0 \cdot t_0 \cdot$ 台数	kWh	117.8	274.6	51.7	13.1										$E_0 / f_{prim} =$ 457.2	28,694.3
(流量) $V_0 \times 60 \times t_0$	m <sup>3</sup>	1,079.6	2,516.6	473.5	119.8										4,189.5	
(熱量) 流量 $\times (T_{1,R} - T_{0,S}) \cdot C_p \cdot \rho \div 10^6$	GJ	33.6	78.2	14.7	3.7										130.2	
<b>熱源水ポンプ1</b>																
井水温度(往) $T_{1,S}$	°C	11.5	11.4	11.3	11.2											13.4
井水温度(還) $T_{1,R}$	°C	10														
定格流量 $V_1$	m <sup>3</sup> /min	2.2													2.2	
台数	台	1	1	1	1											1
定格消費電力 $W_1$	kW/台	3.7	3.7	3.7	3.7											3.7
電力消費量 $W_1 \cdot f_x \cdot t_{AC} \cdot$ 台数	kWh	728.9	958.3	129.5	25.9										$E_1 / f_{prim} =$ 1,842.6	3685.2
(流量) $V_1 \times 0.1n \times 60 \times t_{AC}$	m <sup>3</sup>	5,200.8	13,675.2	2,772.0	739.2										22,387.2	
(熱量) 流量 $\times (T_{1,R} - T_{1,S}) \cdot C_p \cdot \rho \div 10^6$	GJ	33.6	78.2	14.7	3.7										130.2	
<b>熱源水ポンプ2</b>																
台数	台	1	1	1	1											1
定格消費電力 $W_2$	kW/台	3.7	3.7	3.7	3.7											3.7
電力消費量 $W_2 \cdot f_x \cdot t_{AC} \cdot$ 台数	kWh	728.9	958.3	129.5	25.9										$E_2 / f_{prim} =$ 1,842.6	3685.2
<b>熱源水ポンプ群</b>																
電力消費量	kWh	1575.6	2191.2	310.7	64.9										4,142.4	36,064.7
<b>水熱源ヒートポンプ</b>																
台数	台	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
消費電力	kW/台	262.2	206.5	183.1	169.3	159.9	152.9	147.5	143.0	139.4	136.2	163.5				
電力消費量	kWh	103,289.9	106,955.4	12,814.2	2,369.9										225,429.4	225,429.4



		回転数制御	定流量制御
年間電力消費量(ポンプ)	kWh	25,019.5	118,694.8
一次エネルギー消費量(ポンプ)	MJ/年	244,190.6	1,158,461.4
削減率	%	78.9	
WEBプログラム熱源水ポンプ群消費電力入力値	kW	7.6	36.2