

自然エネルギー利用設備

第二節 液体集熱式太陽熱利用設備

1. 適用範囲

計算方法は、用途が住宅である建築物又は建築物の住宅部分に設置された液体集熱式太陽熱利用設備（太陽熱温水器又はソーラーシステム）の補正集熱量及びソーラーシステムの循環ポンプの消費電力の計算に適用する。ただし、液体集熱式太陽熱利用設備で集熱した熱を、給湯のみに利用し、かつ、当該住戸において採用される水栓等の全てにおいて利用する場合を対象とする。ここで、水栓等とは、台所水栓、洗面水栓、浴室シャワー水栓、浴槽水栓湯はり、浴槽自動湯はりおよび浴槽水栓さし湯をいう。

2. 引用規格

JIS A 4111: 2021	太陽熱温水器
JIS A 4112: 2020	太陽集熱器
JIS A 4113: 2021	太陽蓄熱槽
JIS B 7552: 2011	液体用流量計の校正方法及び試験方法
ISO 9488: 1999	Solar energy -Vocabulary
SS-TS011: 2021	エネルギー消費性能計算プログラムに用いる設備仕様（パラメータ）の算定方法（液体集熱式太陽熱給湯システム）
SS-TS002: 2013	太陽熱使用システム 有効出湯効率試験

3. 用語の定義

本節で用いる主な用語および定義は、第一章「概要と用語の定義」および次による。

3.1 基準循環流量（ソーラーシステム）

SS-TS011 に規定される基準循環流量をいう。本算定方法においては、熱媒の基準循環流量と表記する。

3.2 給水予熱方式

貯湯タンクの出口側と補助熱源機の入口側を三方弁で接続し、貯湯タンクから出水する水の温度により弁の開閉を行うことで、貯補助熱源機への水の供給元を湯タンクと市水とで切り換える行う方式をいう。

3.3 三方弁方式

貯湯タンクの出口側と補助熱源機の出口側を三方弁で接続し、貯湯タンクから出水する水の温度により弁の開閉を行うことで、混合栓への温水の供給元を貯湯タンクと補助熱源機とで切り換える行う方式をいう。本算定方法においては、貯湯タンクから出水する水の量が積算で 6L に到達した時点において水の温度が 40℃以上である場合は貯湯タンクからの出水を継続し、40℃を下回る場合は補助熱源へと切り替え、当該の出湯が

停止するまでこれを継続する制御を行うものを対象とする。

3.4 集熱器の集熱効率特性線図一次近似式の傾き(密閉形太陽熱温水器／ソーラーシステム)

JIS A 4112 または SS-TS011 が定める集熱性能試験により得られる、集熱効率特性線図一次近似式の傾きをいう。

3.5 集熱器の集熱効率特性線図一次近似式の切片(密閉形太陽熱温水器／ソーラーシステム)

JIS A 4112 または SS-TS011 が定める集熱性能試験により得られる、集熱効率特性線図一次近似式の切片をいう。

3.6 集熱配管放熱係数(ソーラーシステム)

JIS A 1621 に規定される線熱通過率をいう。本算定方法においては、集熱配管の放熱係数と表記する。

3.7 集熱判定消費電力(ソーラーシステム)

SS-TS011 に規定される集熱判定消費電力をいう。本算定方法においては、非集熱時における循環ポンプの消費電力と表記する。

3.8 集熱部総面積(密閉形太陽熱温水器／ソーラーシステム)

自然循環形温水器においては、JIS A 4111 に規定される集熱部総面積をいう。ソーラーシステムにおいては、JIS A 4112 に規定される集熱器総面積をいう。本算定方法においては、集熱器の総面積と表記する。

3.9 循環流量係数(密閉形太陽熱温水器)

SS-TS011 に規定される循環流量係数をいう。本算定方法においては、単位日射量当たりの循環流量と表記する。

3.10 接続ユニット方式

貯湯タンクと補助熱源機との間に接続ユニットを配し、両者間で通信を行って補助熱源機への入水温度を制御する方式をいう。

3.11 ソーラーシステム

太陽熱を利用して給湯する装置のうち、JIS A4112 に規定される集熱媒体を強制循環する太陽集熱器と、JIS A 4113 に規定される蓄熱媒体により熱エネルギーを顕熱として貯蔵する太陽蓄熱槽を組み合わせた機器の総称をいう。

3.12 太陽熱温水器

太陽熱を利用して給湯する装置のうち、JIS A4111 に規定される自然循環形太陽熱温水器をいい、自然循環作用を利用して給湯部で得た熱エネルギーを貯湯部に搬送し、給湯用水を直接または間接的に加熱、保温した状態で貯湯する形式のもので、集熱部と貯湯部とが一体となったものをいう。

3.13 タンク放熱係数(密閉形太陽熱温水器／ソーラーシステム)

密閉形太陽熱温水器については JIS A 4111 に貯湯タンクの熱損失係数を、ソーラーシステムについては JIS A 4113 に規定される蓄熱タンクの熱損失係数をいう。本算定方法においては、貯湯タンクの放熱係数と表記する。

3.14 蓄熱タンク容量(ソーラーシステム)

JIS A 4113 に規定される蓄熱タンク容量をいう。本算定方法においては、貯湯タンクの容量と表記する。

3.15 貯湯タンク容量(密閉形太陽熱温水器)

JIS A 4111 に規定される貯湯タンク容量をいう。本算定方法においては、貯湯タンクの容量と表記する。

3.16 熱交換器伝熱係数(密閉形太陽熱温水器／ソーラーシステム)

密閉形太陽熱温水器については SS-TS011 に、ソーラーシステムについては JIS A 4113 に規定される熱交換器伝熱係数をいう。本算定方法においては、熱交換器の伝熱係数と表記する。

3.17 熱媒比熱(ソーラーシステム)

SS-TS011 に規定される熱媒比熱をいう。本算定方法においては、熱媒の定圧比熱と表記する。

3.18 密閉形太陽熱温水器(直圧式)

JIS A 4111 に規定される、給湯用水が大気圧を超える構造を有する太陽熱温水器のうち、給水方式が直圧式のものを用いる。

3.19 有効出湯効率(密閉形太陽熱温水器／ソーラーシステム)

JIS A 4111 に規定される有効出湯効率をいう。

3.20 連続運転時消費電力(ソーラーシステム)

SS-TS011 に規定される連続運転時消費電力をいう。本算定方法においては、集熱時における循環ポンプの消費電力と表記する。

4. 記号及び単位

4.1 記号

本計算で用いる記号及び単位は表 1 による。

表 1 記号及び単位

記号	意味	単位
A_{stcp}	集熱器の総熱面積	m ²
$at_{11}, at_{12}, at_{21}, at_{22}$	係数行列Aの逆行列の要素	-
b_0	集熱器の集熱効率特性線図一次近似式の切片	-
b_1	集熱器の集熱効率特性線図一次近似式の傾き	W/(m ² ・K)
bt_1, bt_2	定数項ベクトルの要素	-
$c_{p,htm}$	熱媒の定圧比熱	kJ/(kg・K)
$c_{p,water}$	水の定圧比熱	kJ/(kg・K)
$detA$	係数行列Aの逆行列の行列式	-
$E_{E,aux,iss}$	補機の消費電力量	kWh/h
$E_{E,pump}$	循環ポンプの消費電力量	kWh/h
$e_{t,stcs}$	集熱経路の総合温度効率	-
$f_{loss,pipe,tank-boiler}()$	貯湯タンクから補助熱源機までの給湯配管の熱損失率を求める関数	-
$f_{loss,pipe,tank-valve}()$	貯湯タンクから給水混合弁までの給湯配管の熱損失率を求める関数	-
$\dot{G}_{ntm,d,t}$	熱媒の循環量	kg/h
$I_{s,sp}$	集熱器の単位面積当たりの平均日射量	W/m ²
$isAvailable_{w,tank}$	貯湯タンク内の水の利用可否	-
$L_{sun,iss}$	液体集熱式太陽熱利用設備による補正集熱量	MJ/h

記号	意味	単位
$M_{reqw,tank}$	給湯熱需要を満たすために必要となる貯湯タンク上層部の水の質量を算出する際に基準となる貯湯タンク上層部の水の質量	kg
$M_{reqw,tank,upper}$	給湯熱需要を満たすために必要となる貯湯タンク上層部の水の質量	kg
$M_{w,tank,lower}$	入水・出水後の貯湯タンク下層部の水の質量	kg
$M_{w,tank,total}$	貯湯タンク全体の水の質量	kg
$M_{w,tank,upper}$	入水・出水後の貯湯タンク上層部の水の質量	kg
$\dot{M}_{reqw,tank,out}$	給湯熱需要を満たすために必要となる1時間当たりの貯湯タンクから出水する水の質量	kg/h
$\dot{M}_{w,pipe}$	給湯配管内を流れる1時間当たりの水の質量	kg/h
$\dot{M}_{w,pipe,lim}$	給湯配管からの熱損失の程度を判断する基準となる、給湯配管内を流れる1時間当たりの水の質量	kg/h
$\dot{M}_{w,tank,mix}$	貯湯タンクの上層部・下層部間で混合される水の質量	kg/h
$\dot{M}_{w,tank,out}$	貯湯タンクから出水する水の質量	kg/h
$n_{w,tank,mix}$	貯湯タンクの上層部・下層部間での混合回数	回/h
$n_{w,tank,mix,hc}$	集熱時における混合回数	回/h
$n_{w,tank,mix,non-hc,out}$	非集熱時であって貯湯タンクからの出水がある場合の混合回数	回/h
$n_{w,tank,mix,non-hc,stop}$	非集熱時であって貯湯タンクからの出水がない場合の混合回数	回/h
$P_{pump,hc}$	集熱時における循環ポンプの消費電力	W
$P_{pump,non-hc}$	非集熱時における循環ポンプの消費電力	W
P_{α}	集熱器の方位角	°
P_{β}	集熱器の傾斜角	°
Q_{tank}	貯湯タンク出湯熱量	MJ/h
$Q_{w,dmd,excl,ba2}$	給湯熱需要(浴槽追焚を除く)	MJ/h
$Q_{w,dmd,sun}$	給湯熱需要のうちの太陽熱利用設備の分担分	MJ/h
$Q_{w,tank,lower}^*$	入水・出水後に熱的平衡状態となる前の貯湯タンク下層部の水が有する熱量(0°C基準)	kJ
$Q_{w,tank,upper}^*$	入水・出水後に熱的平衡状態となる前の貯湯タンク上層部の水が有する熱量(0°C基準)	kJ
$r_{hx,tank}$	集熱量のうち貯湯タンク下層部で熱交換される割合	-
$r_{limw,tank}$	集熱量のうち貯湯タンク下層部で熱交換される割合を表す関係式を切り替える、入水・出水後の貯湯タンク全体の水の質量に対する下層部の水の質量の比の値	-
$r_{w,tank}$	入水・出水後の貯湯タンク全体の水の質量に対する下層部の水の質量の比	-
$r_{wu,tank,upper}$	貯湯タンク上層部の水の使用率	-
$t_{hc,start}$	集熱開始時刻	-
UA_{tank}	貯湯タンクの放熱係数	W/K
V_{tank}	貯湯タンクの容量	L
Δt_{calc}	計算タイムステップ	-
$\Delta \tau_{hc}$	集熱時間数	h/h
$\Delta \tau_{pump,hc}$	集熱時における循環ポンプの稼働時間数	h/h
$\Delta \tau_{pump,non-hc}$	非集熱時における循環ポンプの稼働時間数	h/h
$\Delta \tau_{w,tank,out}$	貯湯タンクからの出水時間数	h/h
$\beta_{htm,stcs}$	集熱配管還り熱媒温度の算定に係る集熱経路に対して熱的平衡状態を仮定した場合の集熱経路における熱媒温度に対する案分比率	-
$\beta_{htm,tank}$	集熱配管還り熱媒温度の算定に係る貯湯タンクの下層部の水の温度に対する案分比率	-
$\epsilon_{t,hx}$	熱交換器の温度効率	-
$\epsilon_{t,stc}$	集熱器の温度効率	-
$e_{t,stcs}$	集熱経路の総合温度効率	-
$\epsilon_{t,stp}$	集熱配管の温度効率	-

記号	意味	単位
$\eta_{r,tank}$	有効出湯効率	%
θ_{ex}	外気温度	°C
$\theta_{htm,src}$	集熱器のみに対して熱的平衡状態を仮定した場合の集熱器における熱媒温度	°C
$\theta_{htm,srcs}$	集熱経路に対して熱的平衡状態を仮定した場合の集熱経路における熱媒温度	°C
$\theta_{reqw,tank}$	給湯熱需要を満たすために必要となる貯湯タンク上層部の水の質量を算出する際に基準となる貯湯タンク上層部の水の温度	°C
$\theta_{w,tank,lower}$	入水・出水後の貯湯タンク下層部の水の温度	°C
$\theta_{w,tank,mixed}$	完全混合を仮定した場合の入水・出水後の貯湯タンクの水の温度	°C
$\theta_{w,tank,out}$	貯湯タンクから出水する水の温度	°C
$\theta_{w,tank,upper}$	入水・出水後の貯湯タンク上層部の水の温度	°C
θ_{wtr}	日平均給水温度	°C
ρ_w	水の密度	kg/m ³

4.2 添え字

本計算で用いる添え字は表 2 による。

表 2 記号及び単位

添え字	意味
d	日付
t	時刻

5. 全般

日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの各液体集熱式太陽熱利用設備による補正集熱量 $L_{sun,lss,d,t}$ および $L_{sun,lss,ba1,d,t}$ 、ならびに日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの補機の消費電力量 $E_{E,lss,aux,d,t}$ は、表 3 に示すパラメータならびに液体集熱式太陽熱利用設備の仕様を用いて算定される。各パラメータの算定方法および液体集熱式太陽熱利用設備の仕様は、液体集熱式太陽熱利用設備に応じて表 4 に示す方法により定まる。

表 3 液体集熱式太陽熱利用設備の種類に応じて決定方法を定めるパラメータ

区分	記号	名称
貯湯部	$\epsilon_{t,hx,d,t}$	熱交換器の温度効率
	$isAvailable_{w,tank,d,t}$	貯湯タンク内の水の利用可否
集熱部	$\epsilon_{t,src,d,t}$	集熱器の温度効率
	$\epsilon_{t,src,d,t}$	集熱配管の温度効率
	$G_{htm,d,t}$	熱媒の循環量
	$t_{hc,start,d}$	集熱開始時刻
	$\Delta\tau_{hc,d,t}$	1 時間当たりの集熱時間数
	$\Delta\tau_{pump,hc,d,t}$	1 時間当たりの集熱時における循環ポンプの稼働時間数
	$\Delta\tau_{pump,non-hc,d,t}$	1 時間当たりの非集熱時における循環ポンプの稼働時間数

表 4 液体集熱式太陽熱利用設備の種類と

各パラメータの算定方法および液体集熱式太陽熱利用設備の仕様の決定方法を定める付録との対応

液体集熱式太陽熱利用設備の種類	決定方法を定める付録
密閉形太陽熱温水器(直圧式)	付録 A
ソーラーシステム	付録 B

6. 補正集熱量

日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの液体集熱式太陽熱利用設備による補正集熱量 $L_{sun,lss,d,t}$ は、式(1)により表される。

$$L_{sun,lss,d,t} = \{1 - f_{loss,pipe,tank-boiler}(\dot{M}_{w,tank,out,d,t})\} \times Q_{tank,d,t} \quad (1)$$

ここで、

$L_{sun,lss,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの液体集熱式太陽熱利用設備による補正集熱量 (MJ/h)

$\dot{M}_{w,tank,out,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの貯湯タンクから出水する水の質量(kg/h)

$Q_{tank,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの貯湯タンク出湯熱量(MJ/h)

$f_{loss,pipe,tank-boiler}(\)$: 貯湯タンクから補助熱源機までの給湯配管の熱損失率を求める関数(-)

である。

7. 補機の消費電力量

日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの補機の消費電力量 $E_{E,lss,aux,d,t}$ は、式(2)により表される。

$$E_{E,lss,aux,d,t} = E_{E,pump,d,t} \quad (2)$$

ここで、

$E_{E,lss,aux,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの補機の消費電力量(kWh/h)

$E_{E,pump,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの循環ポンプの消費電力量(kWh/h)

である。

8. 貯湯部

8.1 貯湯タンク出湯熱量

日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの貯湯タンク出湯熱量 $Q_{tank,d,t}$ は、式(3)により表される。

貯湯タンクからの出水がない場合 ($\Delta\tau_{w,tank,out,d,t} = 0$):

$$Q_{tank,d,t} = 0 \quad (3-1)$$

貯湯タンクからの出水がある場合 ($\Delta\tau_{w,tank,out,d,t} > 0$):

$$Q_{tank,d,t} = c_{p,water} \times \dot{M}_{w,tank,out,d,t} \times (\theta_{w,tank,out,d,t} - \theta_{wtr,d}) \times 10^{-3} \quad (3-2)$$

ここで、

- $c_{p,water}$: 水の定圧比熱 (kJ/(kg・K))
- $\dot{M}_{w,tank,out,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの貯湯タンクから出水する水の質量 (kg/h)
- $Q_{tank,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの貯湯タンク出湯熱量 (MJ/h)
- $\Delta\tau_{w,tank,out,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの貯湯タンクからの出水時間数 (h/h)
- $\theta_{w,tank,out,d,t}$: 日付 d の時刻 t における貯湯タンクから出水する水の温度 (°C)
- $\theta_{wtr,d}$: 日付 d における日平均給水温度 (°C)

である。

8.2 貯湯タンクから出水する水の温度

日付 d の時刻 t における貯湯タンクから出水する水の温度 $\theta_{w,tank,out,d,t}$ は、式 (4) により表される。ただし、湯タンクからの出水がない場合 ($\Delta\tau_{w,tank,out,d,t} = 0$)、日付 d の時刻 t における貯湯タンクから出水する水の温度 $\theta_{w,tank,out,d,t}$ は、定義しない。

貯湯タンクからの出水がある場合 ($\Delta\tau_{w,tank,out,d,t} > 0$) :

当該時刻において集熱を開始する場合 ($t \in t_{hc,start,d}$) :

$$\theta_{w,tank,out,d,t} = \theta_{w,tank,mixed,d,t-1} \quad (4-1)$$

当該時刻において集熱を開始しない場合 ($t \notin t_{hc,start,d}$) :

$$\theta_{w,tank,out,d,t} = \theta_{w,tank,upper,d,t-1} \quad (4-2)$$

ここで、

- $t_{hc,start,d}$: 日付 d における集熱開始時刻 (-)
- $\Delta\tau_{w,tank,out,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの貯湯タンクからの出水時間数 (h/h)
- $\theta_{w,tank,mixed,d,t}$: 日付 d の時刻 t において完全混合を仮定した場合の入水・出水後の貯湯タンクの水の温度 (°C)
- $\theta_{w,tank,out,d,t}$: 日付 d の時刻 t における貯湯タンクから出水する水の温度 (°C)
- $\theta_{w,tank,upper,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク上層部の水の温度 (°C)

である。

8.3 貯湯タンクから出水する水の質量

日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの貯湯タンクから出水する水の質量 $\dot{M}_{w,tank,out,d,t}$ は、式 (5) により表される。

$$\dot{M}_{w,tank,out,d,t} = \frac{r_{wu,tank,upper,d,t} \times M_{w,tank,upper,d,t-1}}{\Delta t_{calc}} \quad (5)$$

ここで、

- $M_{w,tank,upper,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク上層部の水の質量 (kg)
- $\dot{M}_{w,tank,out,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの貯湯タンクから出水する水の質量 (kg/h)
- $r_{wu,tank,upper,d,t}$: 日付 d の時刻 t における貯湯タンク上層部の水の使用率 (-)
- Δt_{calc} : 計算タイムステップ (h)

である。

8.4 貯湯タンクの水の温度

日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク上層部の水の温度 $\theta_{w,tank,upper,d,t}$ および入水・出水後の貯湯タンク下層部の水の温度 $\theta_{w,tank,lower,d,t}$ は、当該時刻において入水・出水・熱移動が完了した後にタンク内の水が熱的平衡状態に達した場合の水の温度であり、貯湯タンクにおける熱収支式に基づく連立方程式の解として、式(6)および式(7)により表される。ただし、当該時刻において入水・出水後のタンク内温度層が1層の場合($r_{w,tank,d,t} = 0$)の場合、日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク下層部の水の温度 $\theta_{w,tank,lower,d,t}$ は、定義しない。

当該時刻において入水・出水後のタンク内温度層が1層の場合($r_{w,tank,d,t} = 0$):

$$\theta_{w,tank,upper,d,t} = \begin{cases} \theta_{wtr,d} & (at_{11,d,t} = 0) \\ \frac{bt_{1,d,t}}{at_{11,d,t}} & (at_{11,d,t} \neq 0) \end{cases} \quad (6-1)$$

当該時刻において入水・出水後のタンク内温度層が2層の場合($r_{w,tank,d,t} > 0$):

$$\theta_{w,tank,upper,d,t} = \begin{cases} \theta_{wtr,d} & (detA_{d,t} \leq 1) \\ \frac{1}{detA_{d,t}} \times (at_{22,d,t}bt_{1,d,t} - at_{12,d,t}bt_{2,d,t}) & (detA_{d,t} > 1) \end{cases} \quad (6-2)$$

$$\theta_{w,tank,lower,d,t} = \begin{cases} \theta_{wtr,d} & (detA_{d,t} \leq 1) \\ \frac{1}{detA_{d,t}} \times (-at_{21,d,t}bt_{1,d,t} + at_{11,d,t}bt_{2,d,t}) & (detA_{d,t} > 1) \end{cases} \quad (7)$$

ここで、

$r_{w,tank,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク全体の水の質量に対する下層部の水の質量の比
(-)

$\theta_{w,tank,lower,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク下層部の水の温度(°C)

$\theta_{w,tank,upper,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク上層部の水の温度(°C)

$\theta_{wtr,d}$: 日付 d における日平均給水温度(°C)

$detA_{d,t}$: 連立方程式を行列表現した場合の日付 d の時刻 t における係数行列 A の逆行列の行列式(-)

$at_{11,d,t}$ 、 $at_{12,d,t}$ 、 $at_{21,d,t}$ 、 $at_{22,d,t}$:

連立方程式を行列表現した場合の日付 d の時刻 t における係数行列 A の逆行列の要素(-)

$bt_{1,d,t}$ 、 $bt_{2,d,t}$: 連立方程式を行列表現した場合の日付 d の時刻 t における定数項ベクトルの要素(-)

である。

連立方程式を行列表現した場合の日付 d の時刻 t における係数行列 A の逆行列の行列式 $detA_{d,t}$ は、式(8)により表される。

$$detA_{d,t} = at_{11,d,t} \times at_{22,d,t} - at_{12,d,t} \times at_{21,d,t} \quad (8)$$

ここで、

$detA_{d,t}$: 連立方程式を行列表現した場合の日付 d の時刻 t における係数行列 A の逆行列の行列式(-)

$at_{11,d,t}$ 、 $at_{12,d,t}$ 、 $at_{21,d,t}$ 、 $at_{22,d,t}$:

連立方程式を行列表現した場合の日付 d の時刻 t における係数行列 A の逆行列の要素(-)

である。

連立方程式を行列表現した場合の日付*d*の時刻*t*における係数行列*A*の逆行列の要素 $at_{11,d,t}$ 、 $at_{12,d,t}$ 、 $at_{21,d,t}$ および $at_{22,d,t}$ は、それぞれ式(9)～式(12)により表される。

$$at_{11,d,t} = \frac{c_{p,water} \times M_{w,tank,upper,d,t}}{\Delta t_{calc}} + 3.6 \times (1 - r_{w,tank,d,t}) \times UA_{tank} + c_{p,water} \times \dot{M}_{w,tank,mix,d,t} + (1 - r_{hx,tank,d,t})^2 \times c_{p,htm} \times \dot{G}_{htm,d,t} \times \varepsilon_{t,hx,d,t} \times (1 - \beta_{htm,tank,d,t}) \quad (9)$$

$$at_{12,d,t} = -c_{p,water} \times \dot{M}_{w,tank,mix,d,t} + r_{hx,tank,d,t} \times (1 - r_{hx,tank,d,t}) \times c_{p,htm} \times \dot{G}_{htm,d,t} \times \varepsilon_{t,hx,d,t} \times (1 - \beta_{htm,tank,d,t}) \quad (10)$$

$$at_{21,d,t} = -c_{p,water} \times \dot{M}_{w,tank,mix,d,t} + r_{hx,tank,d,t} \times (1 - r_{hx,tank,d,t}) \times c_{p,htm} \times \dot{G}_{htm,d,t} \times \varepsilon_{t,hx,d,t} \times (1 - \beta_{htm,tank,d,t}) \quad (11)$$

$$at_{22,d,t} = \frac{c_{p,water} \times M_{w,tank,lower,d,t}}{\Delta t_{calc}} + 3.6 \times r_{w,tank,d,t} \times UA_{tank} + c_{p,water} \times \dot{M}_{w,tank,mix,d,t} + r_{hx,tank,d,t}^2 \times c_{p,htm} \times \dot{G}_{htm,d,t} \times \varepsilon_{t,hx,d,t} \times (1 - \beta_{htm,tank,d,t}) \quad (12)$$

ここで、

$c_{p,htm}$: 熱媒の定圧比熱 (kJ/(kg・K))

$c_{p,water}$: 水の定圧比熱 (kJ/(kg・K))

$\dot{G}_{htm,d,t}$: 日付*d*の時刻*t*における1時間当たりの熱媒の循環量 (kg/h)

$M_{w,tank,upper,d,t}$: 日付*d*の時刻*t*における入水・出水後の貯湯タンク上層部の水の質量 (kg)

$\dot{M}_{w,tank,mix,d,t}$: 日付*d*の時刻*t*における1時間当たりの貯湯タンクの上層部・下層部間で混合される水の質量 (kg/h)

$r_{hx,tank,d,t}$: 日付*d*の時刻*t*における集熱量のうち貯湯タンク下層部で熱交換される割合(-)

$r_{w,tank,d,t}$: 日付*d*の時刻*t*における入水・出水後の貯湯タンク全体の水の質量に対する下層部の水の質量の比 (-)

UA_{tank} : 貯湯タンクの放熱係数(W/K)

$\beta_{htm,tank,d,t}$: 日付*d*の時刻*t*における集熱配管還り熱媒温度の算定に係る貯湯タンクの下層部の水の温度に対する案分比率(-)

Δt_{calc} : 計算タイムステップ(h)

$\varepsilon_{t,hx,d,t}$: 日付*d*の時刻*t*における熱交換器の温度効率(-)

$at_{11,d,t}$ 、 $at_{12,d,t}$ 、 $at_{21,d,t}$ 、 $at_{22,d,t}$:

連立方程式を行列表現した場合の日付*d*の時刻*t*における係数行列*A*の逆行列の要素(-)

である。

連立方程式を行列表現した場合の日付*d*の時刻*t*における定数項ベクトルの要素 $bt_{1,d,t}$ および $bt_{2,d,t}$ は、それぞれ式(13)および式(14)により表される。

$$bt_{1,d,t} = \frac{Q_{w,tank,upper,d,t}^*}{\Delta t_{calc}} + 3.6 \times (1 - r_{w,tank,d,t}) \times UA_{tank} \times \theta_{ex,d,t} + (1 - r_{hx,tank,d,t}) \times c_{p,htm} \times \dot{G}_{htm,d,t} \times \varepsilon_{t,hx,d,t} \times \beta_{htm,stcs,d,t} \times \theta_{htm,stcs,d,t} \quad (13)$$

$$bt_{2,d,t} = \frac{Q_{w,tank,lower,d,t}^*}{\Delta t_{calc}} + 3.6 \times r_{w,tank,d,t} \times UA_{tank} \times \theta_{ex,d,t} + r_{hx,tank,d,t} \times c_{p,htm} \times \dot{G}_{htm,d,t} \times \varepsilon_{t,hx,d,t} \times \beta_{htm,stcs,d,t} \times \theta_{htm,stcs,d,t} \quad (14)$$

ここで、

- $c_{p,htm}$: 熱媒の定圧比熱 (kJ/(kg・K))
- $\dot{G}_{htm,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの熱媒の循環量 (kg/h)
- $r_{hx,tank,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱量のうち貯湯タンク下層部で熱交換される割合(-)
- $r_{w,tank,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク全体の水の質量に対する下層部の水の質量の比 (-)
- UA_{tank} : 貯湯タンクの放熱係数(W/K)
- $Q_{w,tank,lower,d,t}^*$: 日付 d の時刻 t において入水・出水後に熱的平衡状態となる前の貯湯タンク下層部の水が有する熱量 (0°C 基準) (kJ)
- $Q_{w,tank,upper,d,t}^*$: 日付 d の時刻 t において入水・出水後に熱的平衡状態となる前の貯湯タンク上層部の水が有する熱量 (0°C 基準) (kJ)
- $\beta_{htm,stcs,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱配管還り熱媒温度の算定に係る集熱経路に対して熱的平衡状態を仮定した場合の集熱経路における熱媒温度に対する案分比率(-)
- $\varepsilon_{t,hx,d,t}$: 日付 d の時刻 t における熱交換器の温度効率(-)
- Δt_{calc} : 計算タイムステップ(h)
- $\theta_{ex,d,t}$: 日付 d の時刻 t における外気温度 (°C)
- $\theta_{htm,stcs,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱経路に対して熱的平衡状態を仮定した場合の集熱経路における熱媒温度 (°C)
- $bt_{1,d,t}$ 、 $bt_{2,d,t}$: 連立方程式を行列表現した場合の日付 d の時刻 t における定数項ベクトルの要素(-)

である。

日付 d の時刻 t において入水・出水後に熱的平衡状態となる前の貯湯タンク上層部の水が有する熱量 (0°C 基準) $Q_{w,tank,upper,d,t}^*$ および貯湯タンク下層部の水が有する熱量 (0°C 基準) $Q_{w,tank,lower,d,t}^*$ は、式 (15) および式 (16) により表される。

当該時刻において入水・出水後のタンク内温度層が 1 層の場合 ($r_{w,tank,d,t} = 0$) :

当該時刻の出水により湯切れが発生する場合 ($r_{wu,tank,upper,d,t} = 1$) :

$$Q_{w,tank,upper,d,t}^* = c_{p,water} \times M_{w,tank,upper,d,t} \times \theta_{wtr,d} \quad (15-1)$$

$$Q_{w,tank,lower,d,t}^* = 0 \quad (16-1)$$

当該時刻の出水により湯切れが発生しない場合 ($r_{wu,tank,upper,d,t} < 1$) :

$$Q_{w,tank,upper,d,t}^* = c_{p,water} \times M_{w,tank,upper,d,t} \times \theta_{w,tank,mixed,d,t-1} \quad (15-2)$$

$$Q_{w,tank,lower,d,t}^* = 0 \quad (16-2)$$

当該時刻において入水・出水後のタンク内温度層が2層の場合 ($r_{w,tank,d,t} > 0$):

当該時刻において集熱を開始する場合 ($t \in t_{hc,start,d}$):

$$Q_{w,tank,upper,d,t}^* = c_{p,water} \times M_{w,tank,upper,d,t} \times \theta_{w,tank,mixed,d,t-1} \quad (15-3)$$

$$Q_{w,tank,lower,d,t}^* = c_{p,water} \times \dot{M}_{w,tank,out,d,t} \times \theta_{wtr,d} \times \Delta t_{calc} \quad (16-3)$$

当該時刻において集熱を開始しない場合 ($t \notin t_{hc,start,d}$):

当該時刻の出水により湯切れが発生する場合 ($r_{wu,tank,upper,d,t} = 1$):

$$Q_{w,tank,upper,d,t}^* = c_{p,water} \times M_{w,tank,upper,d,t} \times \theta_{w,tank,lower,d,t-1} \quad (15-4)$$

$$Q_{w,tank,lower,d,t}^* = c_{p,water} \times M_{w,tank,lower,d,t} \times \theta_{wtr,d} \quad (16-4)$$

当該時刻の出水により湯切れが発生しない場合 ($r_{wu,tank,upper,d,t} < 1$):

$$Q_{w,tank,upper,d,t}^* = c_{p,water} \times M_{w,tank,upper,d,t} \times \theta_{w,tank,upper,d,t-1} \quad (15-5)$$

$$Q_{w,tank,lower,d,t}^* = c_{p,water} \times (M_{w,tank,lower,d,t-1} \times \theta_{w,tank,lower,d,t-1} + \dot{M}_{w,tank,out,d,t} \times \Delta t_{calc} \times \theta_{wtr,d}) \quad (16-5)$$

ここで、

$c_{p,water}$: 水の定圧比熱 (kJ/(kg・K))

$M_{w,tank,lower,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク下層部の水の質量 (kg)

$M_{w,tank,upper,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク上層部の水の質量 (kg)

$\dot{M}_{w,tank,out,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの貯湯タンクから出水する水の質量 (kg/h)

$Q_{w,tank,lower,d,t}^*$: 日付 d の時刻 t において入水・出水後に熱的平衡状態となる前の貯湯タンク下層部の水が有する熱量 (0°C 基準) (kJ)

$Q_{w,tank,upper,d,t}^*$: 日付 d の時刻 t において入水・出水後に熱的平衡状態となる前の貯湯タンク上層部の水が有する熱量 (0°C 基準) (kJ)

$r_{w,tank,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク全体の水の質量に対する下層部の水の質量の比 (-)

$r_{wu,tank,upper,d,t}$: 日付 d の時刻 t における貯湯タンク上層部の水の使用率 (-)

Δt_{calc} : 計算タイムステップ (h)

$\theta_{w,tank,lower,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク下層部の水の温度 (°C)

$\theta_{w,tank,upper,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク上層部の水の温度 (°C)

$\theta_{w,tank,mixed,d,t}$: 日付 d の時刻 t において完全混合を仮定した場合の入水・出水後の貯湯タンクの水の温度 (°C)

$\theta_{wtr,d}$: 日付 d における日平均給水温度 (°C)

である。

日付 d の時刻 t において完全混合を仮定した場合の入水・出水後の貯湯タンクの水の温度 $\theta_{w,tank,mixed,d,t}$ は、式 (17) により表される。

$$\theta_{w,tank,mixed,d,t} = (1 - r_{w,tank,d,t}) \times \theta_{w,tank,upper,d,t} + r_{w,tank,d,t} \times \theta_{w,tank,lower,d,t} \quad (17)$$

ここで、

$r_{w,tank,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク全体の水の質量に対する下層部の水の質量の比
(-)

$\theta_{w,tank,lower,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク下層部の水の温度(°C)

$\theta_{w,tank,upper,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク上層部の水の温度(°C)

$\theta_{w,tank,mixed,d,t}$: 日付 d の時刻 t において完全混合を仮定した場合の入水・出水後の貯湯タンクの水の温度(°C)

である。

8.5 貯湯タンクの水の質量

日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク上層部の水の質量 $M_{w,tank,upper,d,t}$ は、式(18)により表される。

当該時刻において集熱を開始する場合 ($t \in t_{hc,start,d}$) :

当該時刻の出水により湯切れが発生する場合 ($r_{wu,tank,upper,d,t} = 1$) :

$$M_{w,tank,upper,d,t} = M_{w,tank,total} \quad (18-1)$$

当該時刻の出水により湯切れが発生しない場合 ($r_{wu,tank,upper,d,t} < 1$) :

$$M_{w,tank,upper,d,t} = M_{w,tank,total} - \dot{M}_{w,tank,out,d,t} \times \Delta t_{calc} \quad (18-2)$$

当該時刻において集熱を開始しない場合 ($t \notin t_{hc,start,d}$) :

当該時刻の出水により湯切れが発生する場合 ($r_{wu,tank,upper,d,t} = 1$) :

$$M_{w,tank,upper,d,t} = M_{w,tank,lower,d,t-1} \quad (18-3)$$

当該時刻の出水により湯切れが発生しない場合 ($r_{wu,tank,upper,d,t} < 1$) :

$$M_{w,tank,upper,d,t} = M_{w,tank,upper,d,t-1} - \dot{M}_{w,tank,out,d,t} \times \Delta t_{calc} \quad (18-4)$$

ここで、

$M_{w,tank,lower,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク下層部の水の質量(kg)

$M_{w,tank,total}$: 貯湯タンク全体の水の質量(kg)

$M_{w,tank,upper,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク上層部の水の質量(kg)

$\dot{M}_{w,tank,out,d,t}$: 日付 d の時刻 t における1時間当たりの貯湯タンクから出水する水の質量(kg/h)

$r_{wu,tank,upper,d,t}$: 日付 d の時刻 t における貯湯タンク上層部の水の使用率(-)

$t_{hc,start,d}$: 日付 d における集熱開始時刻(-)

Δt_{calc} : 計算タイムステップ(h)

である。

日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク下層部の水の質量 $M_{w,tank,lower,d,t}$ は、式(19)により表される。

$$M_{w,tank,lower,d,t} = M_{w,tank,total} - M_{w,tank,upper,d,t} \quad (19)$$

ここで、

$M_{w,tank,lower,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク下層部の水の質量(kg)

$M_{w,tank,total}$: 貯湯タンク全体の水の質量(kg)

$M_{w,tank,upper,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク上層部の水の質量(kg)

である。

日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの貯湯タンクの上層部・下層部間で混合される水の質量 $\dot{M}_{w,tank,mix,d,t}$ は、式(20)により表される。

$$\dot{M}_{w,tank,mix,d,t} = n_{w,tank,mix,d,t} \times M_{w,tank,total} \quad (20)$$

ここで、

$M_{w,tank,total}$: 貯湯タンク全体の水の質量(kg)

$\dot{M}_{w,tank,mix,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの貯湯タンクの上層部・下層部間で混合される水の質量
(kg/h)

$n_{w,tank,mix,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの貯湯タンクの上層部・下層部間での混合回数(回/h)

である。

貯湯タンクの上層部・下層部間での混合回数は、集熱時($\Delta\tau_{hc,d,t} > 0$)においては、完全混合を仮定して 10 回/h とする。非集熱時($\Delta\tau_{hc,d,t} = 0$)であって、貯湯タンクからの出水がある場合($\Delta\tau_{w,tank,out,d,t} > 0$)においては、温度成層の形成に混合と熱伝導の両方が寄与するものとして、貯湯タンクの特性を考慮して算定し、一方で、貯湯タンクからの出水がない場合($\Delta\tau_{w,tank,out,d,t} = 0$)においては、温度成層の形成に熱伝導のみが寄与するものとして、貯湯タンクからの出水がある場合の 5 %と仮定して算定する。すなわち、日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの貯湯タンクの上層部・下層部間での混合回数 $n_{w,tank,mix,d,t}$ は、式(21)により表される。

当該時刻において入水・出水後のタンク内温度層が 1 層の場合($r_{w,tank,d,t} = 0$):

$$n_{w,tank,mix,d,t} = 0 \quad (21-1)$$

当該時刻において入水・出水後のタンク内温度層が 2 層の場合($r_{w,tank,d,t} > 0$):

当該時刻において集熱がある場合($\Delta\tau_{hc,d,t} > 0$):

$$n_{w,tank,mix,d,t} = n_{w,tank,mix,hc} \quad (21-2a)$$

$$n_{w,tank,mix,hc} = 10 \quad (21-2b)$$

当該時刻において集熱がない場合($\Delta\tau_{hc,d,t} = 0$):

貯湯タンクからの出水がない場合($\Delta\tau_{w,tank,out,d,t} = 0$):

$$n_{w,tank,mix,d,t} = n_{w,tank,mix,non-hc,stop} \quad (21-3a)$$

$$n_{w,tank,mix,non-hc,stop} = n_{w,tank,mix,non-hc,out} \times 0.05 \quad (21-3b)$$

貯湯タンクからの出水がある場合 ($\Delta\tau_{w,tank,out,d,t} > 0$) :

$$n_{w,tank,mix,d,t} = n_{w,tank,mix,non-hc,out} \quad (21-4a)$$

$$n_{w,tank,mix,non-hc,out} = 1 - \frac{\eta_{r,tank}}{100} \quad (21-4b)$$

ここで、

$n_{w,tank,mix,d,t}$: 日付 d の時刻 t における1時間当たりの貯湯タンクの上層部・下層部間での混合回数(回/h)
$n_{w,tank,mix,hc}$: 集熱時における混合回数(回/h)
$n_{w,tank,mix,non-hc,out}$: 非集熱時であって貯湯タンクからの出水がある場合の混合回数(回/h)
$n_{w,tank,mix,non-hc,stop}$: 非集熱時であって貯湯タンクからの出水がない場合の混合回数(回/h)
$r_{w,tank,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク全体の水の質量に対する下層部の水の質量の比(-)
Δt_{calc}	: 計算タイムステップ(h)
$\Delta\tau_{hc,d,t}$: 日付 d の時刻 t における1時間当たりの集熱時間数(h/h)
$\Delta\tau_{w,tank,out,d,t}$: 日付 d の時刻 t における1時間当たりの貯湯タンクからの出水時間数(h/h)
$\eta_{r,tank}$: 有効出湯効率(%)

である。

日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク全体の水の質量に対する下層部の水の質量の比 $r_{w,tank,d,t}$ は、式(22)により表される。

$$r_{w,tank,d,t} = \frac{M_{w,tank,lower,d,t}}{M_{w,tank,total}} \quad (22)$$

ここで、

$M_{w,tank,lower,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク下層部の水の質量(kg)
$M_{w,tank,total}$: 貯湯タンク全体の水の質量(kg)
$r_{w,tank,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク全体の水の質量に対する下層部の水の質量の比(-)

である。

貯湯タンク全体の水の質量 $M_{w,tank,total}$ は、式(23)により表される。

$$M_{w,tank,total} = \rho_w \times V_{tank} \times 10^{-3} \quad (23)$$

ここで、

$M_{w,tank,total}$: 貯湯タンク全体の水の質量(kg)
V_{tank}	: 貯湯タンクの容量(L)
ρ_w	: 水の密度(kg/m ³)

である。

8.6 集熱量のうち貯湯タンク下層部で熱交換される割合

日付 d の時刻 t における集熱量のうち貯湯タンク下層部で熱交換される割合 $r_{hx,tank,d,t}$ は、式(24)により表される。

$r_{w,tank,d,t} \geq r_{limw,tank}$ の場合:

$$r_{hx,tank,d,t} = 1 \quad (24-1)$$

$r_{w,tank,d,t} < r_{limw,tank}$ の場合:

$$r_{hx,tank,d,t} = \frac{1}{r_{limw,tank}} \times r_{w,tank,d,t} \quad (24-1)$$

ここで、

$r_{hx,tank,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱量のうち貯湯タンク下層部で熱交換される割合(-)

$r_{limw,tank}$: 集熱量のうち貯湯タンク下層部で熱交換される割合を表す関係式を切り替える、入水・出水後の貯湯タンク全体の水の質量に対する下層部の水の質量の比の値(-)

$r_{w,tank,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク全体の水の質量に対する下層部の水の質量の比(-)である。集熱量のうち貯湯タンク下層部で熱交換される割合を表す関係式を切り替える、入水・出水後の貯湯タンク全体の水の質量に対する下層部の水の質量の比の値 $r_{limw,tank}$ は、便宜的に 0.5 とする。

8.7 貯湯タンク上層部の水の使用率

日付 d の時刻 t における貯湯タンク上層部の水の使用率 $r_{wu,tank,upper,d,t}$ は、式(25)により表される。

貯湯タンクからの出水がない場合 ($\Delta\tau_{w,tank,out,d,t} = 0$):

$$r_{wu,tank,upper,d,t} = 0 \quad (25-1)$$

貯湯タンクからの出水がある場合 ($\Delta\tau_{w,tank,out,d,t} > 0$):

$$r_{wu,tank,upper,d,t} = \min\left(\frac{M_{reqw,tank,upper,d,t}}{M_{reqw,tank,d,t}}, 1\right) \quad (25-2a)$$

$$M_{reqw,tank,upper,d,t} = \frac{\dot{M}_{reqw,tank,out,d,t}}{1 - f_{loss,pipe,tank-valve}(\dot{M}_{reqw,tank,out,d,t})} \times \Delta t_{calc} \quad (25-2b)$$

$$\dot{M}_{reqw,tank,out,d,t} = \frac{Q_{w,dmd,sun,d,t} \times 10^3 \div c_{p,water}}{\theta_{reqw,tank,d,t} - \theta_{wtr,d}} \quad (25-2c)$$

ここで、

$c_{p,water}$: 水の定圧比熱 (kJ/(kg・K))

$M_{reqw,tank,upper,d,t}$: 日付 d の時刻 t における給湯熱需要を満たすために必要となる貯湯タンク上層部の水の質量 (kg)

$M_{reqw,tank,d,t}$: 日付 d の時刻 t において給湯熱需要を満たすために必要となる貯湯タンク上層部の水の質量を算出する際に基準となる貯湯タンク上層部の水の質量 (kg)

$\dot{M}_{reqw,tank,out,d,t}$: 日付 d の時刻 t において給湯熱需要を満たすために必要となる 1 時間当たりの貯湯タンクから出水する水の質量 (kg/h)

$r_{wu,tank,upper,d,t}$: 日付 d の時刻 t における貯湯タンク上層部の水の使用率(-)

$Q_{w,dmd,sun,d,t}$: 日付 d の時刻 t における給湯熱需要のうちの太陽熱利用設備の分担分 (MJ/h)

Δt_{calc} : 計算タイムステップ(h)

- $\Delta\tau_{w,tank,out,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの貯湯タンクからの出水時間数(h/h)
 $\theta_{reqw,tank,d,t}$: 日付 d の時刻 t において給湯熱需要を満たすために必要となる貯湯タンク上層部の水の質量を算出する際に基準となる貯湯タンク上層部の水の温度(°C)
 $\theta_{wtr,d}$: 日付 d における日平均給水温度(°C)
 $f_{loss,pipe,tank-valve}(\)$: 貯湯タンクから給水混合弁までの給湯配管の熱損失率を求める関数(-)

である。日付 d の時刻 t における貯湯タンク上層部の水の使用率 $r_{wu,tank,upper,d,t}$ が 1 となることは、当該時刻の出水により湯切れが生じること(上層部の水が全て使用された状態となること)を意味する。

日付 d の時刻 t において給湯熱需要を満たすために必要となる貯湯タンク上層部の水の質量を算出する際に基準となる貯湯タンク高上層部の水の質量 $M_{reqw,tank,d,t}$ および貯湯タンク上層部の水の温度 $\theta_{reqw,tank,d,t}$ は、式(26)および(27)により表される。

当該時刻において集熱を開始する場合($t \in t_{hc,start,d}$):

$$M_{reqw,tank,d,t} = M_{w,tank,total} \quad (26-1)$$

$$\theta_{reqw,tank,d,t} = \theta_{w,tank,mixed,d,t-1} \quad (27-1)$$

当該時刻において集熱を開始しない場合($t \notin t_{hc,start,d}$):

$$M_{reqw,tank,d,t} = M_{w,tank,upper,d,t-1} \quad (26-2)$$

$$\theta_{reqw,tank,d,t} = \theta_{w,tank,upper,d,t-1} \quad (27-2)$$

ここで、

- $M_{reqw,tank,d,t}$: 日付 d の時刻 t において給湯熱需要を満たすために必要となる貯湯タンク上層部の水の質量を算出する際に基準となる貯湯タンク上層部の水の質量(kg)
 $M_{w,tank,total}$: 貯湯タンク全体の水の質量(kg)
 $M_{w,tank,upper,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク上層部の水の質量(kg)
 $t_{hc,start,d}$: 日付 d における集熱開始時刻(-)
 $\theta_{reqw,tank,d,t}$: 日付 d の時刻 t において給湯熱需要を満たすために必要となる貯湯タンク上層部の水の質量を算出する際に基準となる貯湯タンク上層部の水の温度(°C)
 $\theta_{w,tank,mixed,d,t}$: 日付 d の時刻 t において完全混合を仮定した場合の入水・出水後の貯湯タンクの水の温度(°C)
 $\theta_{w,tank,upper,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク上層部の水の温度(°C)

である。

日付 d の時刻 t における給湯熱需要のうちの太陽熱利用設備の分担分 $Q_{w,sun,d,t}$ は、式(28)により表される。

$$Q_{w,dmd,sun,d,t} = Q_{w,dmd,excl_ba2,d,t} \quad (28)$$

ここで、

- $Q_{w,dmd,excl_ba2,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの給湯熱需要(浴槽追焚を除く)(MJ/h)
 $Q_{w,dmd,sun,d,t}$: 日付 d の時刻 t における給湯熱需要のうちの太陽熱利用設備の分担分(MJ/h)

である。

8.8 貯湯タンクからの出水時間数

日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの貯湯タンクからの出水時間数 $\Delta\tau_{w,tank,out,d,t}$ は、式(29)により表され

る。

給湯熱需要のうちの太陽熱利用設備の分担分がない($Q_{W,dmd,sun,d,t} = 0$)、
または貯湯タンク内の水が利用不可の場合($isAvailable_{w,tank,d,t} = False$)の場合:

$$\Delta\tau_{w,tank,out,d,t} = 0 \quad (29-1)$$

給湯熱需要のうちの太陽熱利用設備の分担分がある($Q_{W,dmd,sun,d,t} > 0$)、
かつ貯湯タンク内の水が利用可の場合($isAvailable_{w,tank,d,t} = True$)の場合:

$$\Delta\tau_{w,tank,out,d,t} = 1 \quad (29-2)$$

ここで、

$isAvailable_{w,tank,d,t}$: 日付 d の時刻 t における貯湯タンク内の水の利用可否(-)

$Q_{W,dmd,sun,d,t}$: 日付 d の時刻 t における給湯熱需要のうちの太陽熱利用設備の分担分(MJ/h)

$\Delta\tau_{w,tank,out,d,t}$: 日付 d の時刻 t における1時間当たりの貯湯タンクからの出水時間数(h/h)

である。

8.9 日時が1月1日0時である場合の一刻前における貯湯タンクの水の質量・温度

日付 d の時刻 t が0日(1月1日)の0時である場合、一刻前における貯湯タンク上層部の水の質量 $M_{w,tank,upper,d,t-1}$ 、水の温度 $\theta_{w,tank,upper,d,t-1}$ および貯湯タンク下層部の水の温度 $\theta_{w,tank,lower,d,t-1}$ は、式(30)および式(31)により表される。ただし、一刻前における貯湯タンク下層部の水の温度 $\theta_{w,tank,lower,d,t-1}$ は、定義しない。

$$M_{w,tank,upper,d,t-1} = M_{w,tank,total} \quad (30)$$

$$\theta_{w,tank,upper,d,t-1} = \theta_{wtr,d-1} \quad (31)$$

ここで、

$M_{w,tank,total}$: 貯湯タンク全体の水の質量(kg)

$M_{w,tank,upper,d,t}$: 日付 d の時刻 t における貯湯タンク上層部の水の質量(kg)

$\theta_{w,tank,lower,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク下層部の水の温度(°C)

$\theta_{w,tank,upper,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク上層部の水の温度(°C)

$\theta_{wtr,d}$: 日付 d における日平均給水温度(°C)

である。

9. 集熱部(集熱器・集熱配管・循環ポンプ)

9.1 熱媒温度

日付 d の時刻 t における集熱経路(貯湯タンク出口を起点とし、集熱器を經由して貯湯タンク入口に至るまでの、熱媒が通過する経路)に対して熱的平衡状態を仮定した場合の集熱経路における熱媒温度 $\theta_{htm,stcs,d,t}$ は、式(32)により表される。

$$\theta_{htm,stcs,d,t} = \frac{(1 - \varepsilon_{t,stp,d,t}) \times \varepsilon_{t,stc,d,t}}{e_{t,stcs,d,t}} \times (\theta_{htm,stc,d,t} - \theta_{ex,d,t}) + \theta_{ex,d,t} \quad (32)$$

ここで、

- $e_{t,stcs,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱経路の総合温度効率(-)
- $\varepsilon_{t,stc,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱器の温度効率(-)
- $\varepsilon_{t,stp,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱配管の温度効率(-)
- $\theta_{ex,d,t}$: 日付 d の時刻 t における外気温度(°C)
- $\theta_{htm,stc,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱器のみに対して熱的平衡状態を仮定した場合の集熱器における熱媒温度(°C)
- $\theta_{htm,stcs,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱経路に対して熱的平衡状態を仮定した場合の集熱経路における熱媒温度(°C)

である。

日付 d の時刻 t における集熱器のみに対して熱的平衡状態を仮定した場合の集熱器における熱媒温度 $\theta_{htm,stc,d,t}$ は、式(33)により表される。

$$\theta_{htm,stc,d,t} = \frac{b_0}{b_1} \times I_{s,d,t} + \theta_{ex,d,t} \quad (33)$$

ここで、

- b_0 : 集熱器の集熱効率特性線図一次近似式の切片(-)
- b_1 : 集熱器の集熱効率特性線図一次近似式の傾き(W/(m²・K))
- $I_{s,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱器の単位面積当たりの平均日射量(W/m²)
- $\theta_{ex,d,t}$: 日付 d の時刻 t における外気温度(°C)
- $\theta_{htm,stc,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱器のみに対して熱的平衡状態を仮定した場合の集熱器における熱媒温度(°C)

である。

9.2 集熱経路の総合温度効率

日付 d の時刻 t における集熱経路の総合温度効率 $e_{t,stcs,d,t}$ は、式(34)により表される。

$$e_{t,stcs,d,t} = 1 - (1 - \varepsilon_{t,stp,d,t})^2 \times (1 - \varepsilon_{t,stc,d,t}) \quad (34)$$

ここで、

- $e_{t,stcs,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱経路の総合温度効率(-)
- $\varepsilon_{t,stc,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱器の温度効率(-)
- $\varepsilon_{t,stp,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱配管の温度効率(-)

である。

9.3 集熱配管還り熱媒温度の算定に係る案分比率

日付 d の時刻 t における集熱配管還り熱媒温度の算定に係る貯湯タンクの下層部の水の温度に対する案分比率 $\beta_{htm,tank,d,t}$ は、式(35)により表される。

$$\beta_{htm,tank,d,t} = \frac{(1 - e_{t,stcs,d,t}) \times \varepsilon_{t,hx,d,t}}{1 - (1 - e_{t,stcs,d,t}) \times (1 - \varepsilon_{t,hx,d,t})} \quad (35)$$

ここで、

$e_{t,stcs,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱経路の総合温度効率(-)

$\beta_{htm,tank,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱配管還り熱媒温度の算定に係る貯湯タンクの下層部の水の温度に対する案分比率(-)

$\varepsilon_{t,hx,d,t}$: 日付 d の時刻 t における熱交換器の温度効率(-)

である。

日付 d の時刻 t における集熱配管還り熱媒温度の算定に係る集熱経路に対して熱的平衡状態を仮定した場合の集熱経路における熱媒温度に対する案分比率 $\beta_{htm,stcs,d,t}$ は、式(36)により表される。

$$\beta_{htm,stcs,d,t} = \frac{e_{t,stcs,d,t}}{1 - (1 - e_{t,stcs,d,t}) \times (1 - \varepsilon_{t,hx,d,t})} \quad (36)$$

ここで、

$e_{t,stcs,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱経路の総合温度効率(-)

$\beta_{htm,stcs,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱配管還り熱媒温度の算定に係る集熱経路に対して熱的平衡状態を仮定した場合の集熱経路における熱媒温度に対する案分比率(-)

$\varepsilon_{t,hx,d,t}$: 日付 d の時刻 t における熱交換器の温度効率(-)

である。

9.4 循環ポンプ

日付 d の時刻 t における1時間当たりの循環ポンプの消費電力量 $E_{E,pump,d,t}$ は、式(37)により表される。

$$E_{E,pump,d,t} = \{P_{pump,hc} \times \Delta\tau_{pump,hc,d,t} + P_{pump,non-hc} \times \Delta\tau_{pump,non-hc,d,t}\} \times 10^{-3} \quad (37)$$

ここで、

$E_{E,pump,d,t}$: 日付 d の時刻 t における1時間当たりの循環ポンプの消費電力量(kWh/h)

$P_{pump,hc}$: 集熱時における循環ポンプの消費電力(W)

$P_{pump,non-hc}$: 非集熱時における循環ポンプの消費電力(W)

$\Delta\tau_{pump,hc,d,t}$: 日付 d の時刻 t における1時間当たりの集熱時における循環ポンプの稼働時間数(h/h)

$\Delta\tau_{pump,non-hc,d,t}$: 日付 d の時刻 t における1時間当たりの非集熱時における循環ポンプの稼働時間数(h/h)

である。

10. 給湯接続部

10.1 接続ユニット方式

貯湯タンクから補助熱源機までの給湯配管の熱損失率を求める関数 $f_{loss,pipe,tank-boiler}(\dot{M}_{w,pipe})$ は、液体集熱式太陽熱利用設備の種類に応じて式(38)により表される。

液体集熱式太陽熱利用設備の種類が密閉形太陽熱温水器(直圧式)である場合:

$$f_{loss,pipe,tank-boiler}(\dot{M}_{w,pipe}) = \begin{cases} 0.187 & (\dot{M}_{w,pipe} \leq \dot{M}_{w,pipe,lim}) \\ 0.064 & (\dot{M}_{w,pipe} > \dot{M}_{w,pipe,lim}) \end{cases} \quad (38-1)$$

液体集熱式太陽熱利用設備の種類がソーラーシステムである場合：

$$f_{loss,pipe,tank-boiler}(\dot{M}_{w,pipe}) = \begin{cases} 0.040 & (\dot{M}_{w,pipe} \leq \dot{M}_{w,pipe,lim}) \\ 0.025 & (\dot{M}_{w,pipe} > \dot{M}_{w,pipe,lim}) \end{cases} \quad (38-2)$$

ここで、

$\dot{M}_{w,pipe}$: 給湯配管内を流れる 1 時間当たりの水の質量 (kg/h)

$\dot{M}_{w,pipe,lim}$: 給湯配管からの熱損失の程度を判断する基準となる、給湯配管内を流れる 1 時間当たりの水の質量 (kg/h)

$f_{loss,pipe,tank-boiler}(\)$: 貯湯タンクから補助熱源機までの給湯配管の熱損失率を求める関数 (-)

である。

貯湯タンクから給水混合弁までの給湯配管の熱損失率を求める関数 $f_{loss,pipe,tank-valve}(\dot{M}_{w,pipe})$ は、給液体集熱式太陽熱利用設備の種類に応じて式 (39) により表される。

液体集熱式太陽熱利用設備の種類が密閉形太陽熱温水器(直圧式)である場合：

$$f_{loss,pipe,tank-valve}(\dot{M}_{w,pipe}) = \begin{cases} 0.187 & (\dot{M}_{w,pipe} \leq \dot{M}_{w,pipe,lim}) \\ 0.064 & (\dot{M}_{w,pipe} > \dot{M}_{w,pipe,lim}) \end{cases} \quad (39-1)$$

液体集熱式太陽熱利用設備の種類がソーラーシステムである場合：

$$f_{loss,pipe,tank-valve}(\dot{M}_{w,pipe}) = \begin{cases} 0.020 & (\dot{M}_{w,pipe} \leq \dot{M}_{w,pipe,lim}) \\ 0.013 & (\dot{M}_{w,pipe} > \dot{M}_{w,pipe,lim}) \end{cases} \quad (39-2)$$

ここで、

$\dot{M}_{w,pipe}$: 給湯配管内を流れる 1 時間当たりの水の質量 (kg/h)

$\dot{M}_{w,pipe,lim}$: 給湯配管からの熱損失の程度を判断する基準となる、給湯配管内を流れる 1 時間当たりの水の質量 (kg/h)

$f_{loss,pipe,tank-valve}(\)$: 貯湯タンクから給水混合弁までの給湯配管の熱損失率を求める関数 (-)

である。

10.2 三方弁方式

貯湯タンクから補助熱源機までの給湯配管の熱損失率を求める関数 $f_{loss,pipe,tank-boiler}(\dot{M}_{w,pipe})$ は、式 (40) により表される。

$$f_{loss,pipe,tank-boiler}(\dot{M}_{w,pipe}) = \begin{cases} 0.027 & (\dot{M}_{w,pipe} \leq \dot{M}_{w,pipe,lim}) \\ 0.017 & (\dot{M}_{w,pipe} > \dot{M}_{w,pipe,lim}) \end{cases} \quad (40)$$

ここで、

$\dot{M}_{w,pipe}$: 給湯配管内を流れる 1 時間当たりの水の質量 (kg/h)

$\dot{M}_{w,pipe,lim}$: 給湯配管からの熱損失の程度を判断する基準となる、給湯配管内を流れる 1 時間当たりの水の質量 (kg/h)

$f_{loss,pipe,tank-boiler}(\)$: 貯湯タンクから補助熱源機までの給湯配管の熱損失率を求める関数 (-)

である。

貯湯タンクから給水混合弁までの給湯配管の熱損失率を求める関数 $f_{loss,pipe,tank-valve}(\dot{M}_{w,pipe})$ は、式 (41) により表される。

$$f_{loss,pipe,tank-valve}(\dot{M}_{w,pipe}) = \begin{cases} 0.013 & (\dot{M}_{w,pipe} \leq \dot{M}_{w,pipe,lim}) \\ 0.009 & (\dot{M}_{w,pipe} > \dot{M}_{w,pipe,lim}) \end{cases} \quad (41)$$

ここで、

$\dot{M}_{w,pipe}$: 給湯配管内を流れる 1 時間当たりの水の質量 (kg/h)

$\dot{M}_{w,pipe,lim}$: 給湯配管からの熱損失の程度を判断する基準となる、給湯配管内を流れる 1 時間当たりの水の質量 (kg/h)

$f_{loss,pipe,tank-valve}(\)$: 貯湯タンクから給水混合弁までの給湯配管の熱損失率を求める関数 (-)

である。

10.3 給水予熱方式

貯湯タンクから補助熱源機までの給湯配管の熱損失率を求める関数 $f_{loss,pipe,tank-boiler}(\dot{M}_{w,pipe})$ は、式 (42) により表される。

$$f_{loss,pipe,tank-boiler}(\dot{M}_{w,pipe}) = \begin{cases} 0.174 & (\dot{M}_{w,pipe} \leq \dot{M}_{w,pipe,lim}) \\ 0.059 & (\dot{M}_{w,pipe} > \dot{M}_{w,pipe,lim}) \end{cases} \quad (42)$$

ここで、

$\dot{M}_{w,pipe}$: 給湯配管内を流れる 1 時間当たりの水の質量 (kg/h)

$\dot{M}_{w,pipe,lim}$: 給湯配管からの熱損失の程度を判断する基準となる、給湯配管内を流れる 1 時間当たりの水の質量 (kg/h)

$f_{loss,pipe,tank-boiler}(\)$: 貯湯タンクから補助熱源機までの給湯配管の熱損失率を求める関数 (-)

である。

貯湯タンクから給水混合弁までの給湯配管の熱損失率を求める関数 $f_{loss,pipe,tank-valve}(\dot{M}_{w,pipe})$ は、式 (43) により表される。

$$f_{loss,pipe,tank-valve}(\dot{M}_{w,pipe}) = \begin{cases} 0.159 & (\dot{M}_{w,pipe} \leq \dot{M}_{w,pipe,lim}) \\ 0.054 & (\dot{M}_{w,pipe} > \dot{M}_{w,pipe,lim}) \end{cases} \quad (43)$$

ここで、

$\dot{M}_{w,pipe}$: 給湯配管内を流れる 1 時間当たりの水の質量 (kg/h)

$\dot{M}_{w,pipe,lim}$: 給湯配管からの熱損失の程度を判断する基準となる、給湯配管内を流れる 1 時間当たりの水の質量 (kg/h)

$f_{loss,pipe,tank-valve}(\)$: 貯湯タンクから給水混合弁までの給湯配管の熱損失率を求める関数 (-)

である。

10.4 給湯配管からの熱損失の程度を判断する基準となる、給湯配管内を流れる 1 時間当たりの水の質量

給湯配管からの熱損失の程度を判断する基準となる、給湯配管内を流れる 1 時間当たりの水の質量 $\dot{M}_{w,pipe,lim}$ は、150 kg/h とする。

11. 仕様

液体集熱式太陽熱利用設備の仕様は、液体集熱式太陽熱利用設備の種類に応じて表 5 に示すパラメータ

により表される。また、本算定方法が対象とする液体集熱式太陽熱利用設備の種類と給湯接続方式の種類
の組合せは、表 6 に示す通りとする。

表 5 仕様を表すパラメータ(○:採用するパラメータ)

区分	記号	名称	単位	SS-TS011 における 名称	関連規格	液体集熱式太陽熱利用設備の種類	
						密閉形太陽熱 温水器(直圧式)	ソーラーシステム
集熱部	A_{stcp}	集熱器の 総面積	m^2	集熱部総 面積	JIS A 4111、 JIS A 4112	○	○
	b_0	集熱器の集熱 効率特性線図 一次近似式の 切片	-	集熱部効 率係数	SS-TS011、 JIS A 4112	○	○
	b_1	集熱器の集熱 効率特性線図 一次近似式の 傾き	$W/(m^2 \cdot K)$	集熱部熱 損失係数	JIS A 4112	○	○
	\dot{G}_{shtm}	熱媒の基準循 環流量	kg/h	基準循環 流量	SS-TS011	-	○
	\dot{g}_{htm}	単位日射量当 たりの循環流量	$(kg/h)/(W/m^2)$	循環流量 係数	SS-TS011	○	-
	$c_{p,htm}$	熱媒の定圧比 熱	$kJ/(kg \cdot K)$	熱媒比熱	SS-TS011	○ (※1)	○
	UA_{stp}	集熱配管の放 熱係数	$W/(m \cdot K)$	集熱配管 放熱係数 (線熱通 過率)	JIS A 1621	-	○
	UA_{hx}	熱交換器の伝 熱係数	W/K	熱交換器 伝熱係数	SS-TS011 JIS A 4113	○	○
	$P_{pump,hc}$	集熱時における 循環ポンプの消 費電力	W	連続運転 時消費電 力	SS-TS011	- (※2)	○
$P_{pump,non-hc}$	非集熱時にお ける循環ポン プの消費電力	W	集熱判定 消費電力	SS-TS011	- (※2)	○	
貯湯部	V_{tank}	貯湯タンクの容 量	L	貯湯タンク 容量	JIS A 4111	○	-
				蓄熱タンク 容量	JIS A 4113	-	○
	$\eta_{r,tank}$	有効出湯効率	%	有効出湯 効率	JIS A 4111、 JIS A 4112	○	○
	UA_{tank}	貯湯タンクの放 熱係数	W/K	タンク放熱 係数	JIS A 4111、 JIS A 4113	○	○

※1 熱媒は、水とする。

※2 開放形太陽熱温水器および密閉形太陽熱温水器(直圧式)は循環ポンプを有しないが、本算定方法では便宜的に数値(0)を与える。

表 6 算定対象とする液体集熱式太陽熱利用設備の種類と給湯接続方式の種類のご合せ
(○:算定対象とするご合せ)

		給湯接続方式の種類		
		接続ユニット方式	三方弁方式	給水予熱方式
液体集熱式太陽熱利用設備の種類	密閉形太陽熱温水器(直圧式)	○	-	○
	ソーラーシステム	○	○	-

12. 給湯熱需要(浴槽追焚を除く)

日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの給湯熱需要(浴槽追焚を除く) $Q_{W,dmd,excl_ba2,d,t}$ は、第七章「給湯設備」第一節「給湯設備」により定まる。

13. 日平均給水温度

日付 d における日平均給水温度 $\theta_{wtr,d}$ は、第七章「給湯設備」第一節「給湯設備」により定まる。

14. 外気温度

日付 d の時刻 t における外気温度 $\theta_{ex,d,t}$ は、第十一章「その他」第一節「地域の区分と外気条件」により定まる。

15. 集熱器の単位面積当たりの平均日射量

日付 d の時刻 t における集熱器の単位面積当たりの平均日射量 $I_{s,d,t}$ は、集熱器の方位角 P_α および傾斜角 P_β を用いて第十一章「その他」第二節「日射に関する地域区分と日射量等」により定まる。

16. 水の物性値

水の定圧比熱 $c_{p,water}$ は、4.186 kJ/(kg・K)とする。

水の密度 ρ_w は、1000 kg/m³とする。

17. 計算タイムステップ

計算タイムステップ Δt_{calc} は、1 h とする。

18. 日付および時刻の読み替え

日付 d が 0 日(1 月 1 日)である場合は、日付 $d - 1$ は 364 日(12 月 31 日)と読み替える。

時刻 t が 0 時である場合は、日付 d の時刻 $t - 1$ は日付 $d - 1$ の 23 時と読み替える。

付録 A 密閉形太陽熱温水器(直圧式)

A.1 適用範囲

本付録は、密閉形太陽熱温水器(直圧式)について、本章の算定方法に用いる各種パラメータの定義を規定する。

A.2 記号及び単位

本計算で用いる記号及び単位は表 1 による。

表 1 記号及び単位

記号	意味	単位
A_{stcp}	集熱器の総面積	m^2
b_0	集熱器の集熱効率特性線図一次近似式の切片	-
b_1	集熱器の集熱効率特性線図一次近似式の傾き	$W/(m^2 \cdot K)$
$c_{p,htm}$	熱媒の定圧比熱	$kJ/(kg \cdot K)$
\dot{G}_{htm}	熱媒の循環量	kg/h
\dot{g}_{htm}	単位日射量当たりの循環流量	$(kg/h)/(W/m^2)$
I_s	集熱器の単位面積当たりの平均日射量	W/m^2
$I_{s,limit}$	集熱の有無を判断する基準となる単位面積当たりの平均日射量	W/m^2
$isAvailable_{w,tank}$	貯湯タンク内の水の利用可否	-
$P_{pump,hc}$	集熱時における循環ポンプの消費電力	W
$P_{pump,non-hc}$	非集熱時における循環ポンプの消費電力	W
$t_{hc,start,d}$	集熱開始時刻	-
UA_{hx}	熱交換器の伝熱係数	-
V_{tank}	貯湯タンクの容量	L
$\Delta\tau_{hc}$	集熱時間数	h/h
$\Delta\tau_{pump,hc}$	集熱時における循環ポンプの稼働時間数	h/h
$\Delta\tau_{pump,non-hc}$	非集熱時における循環ポンプの稼働時間数	h/h
$\varepsilon_{t,hx}$	熱交換器の温度効率	-
$\varepsilon_{t,stc}$	集熱器の温度効率	-
$\varepsilon_{t,stp}$	集熱配管の温度効率	-
$\eta_{r,tank}$	有効出湯効率	$\%$
$\theta_{ex,p6h,Ave}$	当該時刻を含む過去 6 時間の平均外気温度	$^{\circ}C$
$\theta_{ex,p6h,Ave,limit}$	貯湯タンクからの出水の有無を判断する基準となる過去 6 時間の平均外気温度	$^{\circ}C$
$\theta_{w,tank,mixed}$	完全混合を仮定した場合の入水・出水後の貯湯タンクの水の温度	$^{\circ}C$
$\theta_{w,tank,upper}$	入水・出水後の貯湯タンク上層部の水の温度	$^{\circ}C$
θ_{wtr}	日平均給水温度	$^{\circ}C$

A.3 貯湯部

A.3.1 熱交換器の温度効率

日付 d の時刻 t における熱交換器の温度効率 $\varepsilon_{t,hx,d,t}$ は、式(1)により表される。

$$\varepsilon_{t,hx,d,t} = \begin{cases} 1.0 & (\dot{G}_{htm,d,t} = 0) \\ 1 - \exp\left(-\frac{UA_{hx}}{c_{p,htm} \times \dot{G}_{htm,d,t} \times \frac{10^3}{3600}}\right) & (\dot{G}_{htm,d,t} > 0) \end{cases} \quad (1)$$

ここで、

- $c_{p,htm}$: 熱媒の定圧比熱 (kJ/(kg・K))
- $\dot{G}_{htm,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの熱媒の循環量 (kg/h)
- UA_{hx} : 熱交換器の伝熱係数(-)
- $\varepsilon_{t,hx,d,t}$: 日付 d の時刻 t における熱交換器の温度効率(-)

である。

A.3.2 貯湯タンク内の水の利用可否

日付 d の時刻 t における貯湯タンク内の水の利用可否 $isAvailable_{w,tank,d,t}$ は、式 (2) により表される。

当該時刻において集熱を開始する場合 ($t \in t_{hc,start,d}$) :

$$isAvailable_{w,tank,d,t} = \begin{cases} False & (\theta_{w,tank,mixed,d,t-1} \leq \theta_{wtr,d} \quad or \quad \theta_{ex,p6h_Ave,d,t}|_{t=6} \leq \theta_{ex,p6h_Ave,lm,t}) \\ True & (\theta_{w,tank,mixed,d,t-1} > \theta_{wtr,d} \quad and \quad \theta_{ex,p6h_Ave,d,t}|_{t=6} > \theta_{ex,p6h_Ave,lm,t}) \end{cases} \quad (2-1)$$

当該時刻において集熱を開始しない場合 ($t \notin t_{hc,start,d}$) :

$$isAvailable_{w,tank,d,t} = \begin{cases} False & (\theta_{w,tank,upper,d,t-1} \leq \theta_{wtr,d} \quad or \quad \theta_{ex,p6h_Ave,d,t}|_{t=6} \leq \theta_{ex,p6h_Ave,lm,t}) \\ True & (\theta_{w,tank,upper,d,t-1} > \theta_{wtr,d} \quad and \quad \theta_{ex,p6h_Ave,d,t}|_{t=6} > \theta_{ex,p6h_Ave,lm,t}) \end{cases} \quad (2-2)$$

ここで、

- $isAvailable_{w,tank,d,t}$: 日付 d の時刻 t における貯湯タンク内の水の利用可否 (-)
- $t_{hc,start,d}$: 日付 d における集熱開始時刻 (-)
- $\theta_{ex,p6h_Ave,d,t}$: 日付 d の時刻 t における当該時刻を含む過去 6 時間の平均外気温度 (°C)
- $\theta_{ex,p6h_Ave,lm,t}$: 貯湯タンクからの出水の有無を判断する基準となる過去 6 時間の平均外気温度 (°C)
- $\theta_{w,tank,mixed,d,t}$: 日付 d の時刻 t において完全混合を仮定した場合の入水・出水後の貯湯タンクの水の温度 (°C)
- $\theta_{w,tank,upper,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク上層部の水の温度 (°C)
- $\theta_{wtr,d}$: 日付 d における日平均給水温度 (°C)

である。

日付 d の時刻 t における当該時刻を含む過去 6 時間の平均外気温度 $\theta_{ex,p6h_Ave,d,t}$ は、式 (3) により表される。

$$\theta_{ex,p6h_Ave,d,t} = \begin{cases} \frac{\sum_{h=23-(4-t)}^{23} \theta_{ex,d-1,h} + \sum_{h=0}^t \theta_{ex,d,h}}{6} & (0 \leq t \leq 4) \\ \frac{\sum_{h=t-5}^t \theta_{ex,d,h}}{6} & (5 \leq t \leq 23) \end{cases} \quad (3)$$

ここで、

$\theta_{ex,d,t}$: 日付 d の時刻 t における外気温度(°C)

$\theta_{ex,p6h_Ave,d,t}$: 日付 d の時刻 t における当該時刻を含む過去 6 時間の平均外気温度(°C)

である。

貯湯タンクからの出水の有無を判断する基準となる過去 6 時間の平均外気温度 $\theta_{ex,p6h_Ave,lm,t}$ は、 -0.5 °C とする。

A.4 集熱部

A.4.1 温度効率

日付 d の時刻 t における集熱器の温度効率 $\varepsilon_{t,stc,d,t}$ は、式(4)により表される。

$$\varepsilon_{t,stc,d,t} = \begin{cases} 1.0 & (\dot{G}_{htm,d,t} = 0) \\ 1 - \exp\left(-\frac{b_1 \times A_{stcp}}{c_{p,htm} \times \dot{G}_{htm,d,t} \times \frac{10^3}{3600}}\right) & (\dot{G}_{htm,d,t} > 0) \end{cases} \quad (4)$$

ここで、

A_{stcp} : 集熱器の総面積(m²)

b_1 : 集熱器の集熱効率特性線図一次近似式の傾き(W/(m²・K))

$c_{p,htm}$: 熱媒の定圧比熱(kJ/(kg・K))

$\dot{G}_{htm,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの熱媒の循環量(kg/h)

$\varepsilon_{t,stc,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱器の温度効率(-)

である。

日付 d の時刻 t における集熱配管の温度効率 $\varepsilon_{t,stp,d,t}$ は、密閉形太陽熱温水器(直圧式)は集熱配管を有しないが、便宜的に式(5)のように定める。

$$\varepsilon_{t,stp,d,t} = 0.0 \quad (5)$$

ここで、

$\varepsilon_{t,stp,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱配管の温度効率(-)

である。

A.4.2 熱媒の循環量

日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの熱媒の循環量 $\dot{G}_{htm,d,t}$ は、式(6)により表される。

$$\dot{G}_{htm,d,t} = I_{s,d,t} \times \dot{g}_{htm} \times \Delta\tau_{hc,d,t} \quad (6)$$

ここで、

\dot{g}_{htm} : 単位日射量当たりの循環流量((kg/h)/(W/m²))

$\dot{G}_{htm,d,t}$: 日付 d の時刻 t における1時間当たりの熱媒の循環量(kg/h)
 $I_{s,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱器の単位面積当たりの平均日射量(W/m²)
 $\Delta\tau_{hc,d,t}$: 日付 d の時刻 t における1時間当たりの集熱時間数(h/h)

である。

A.4.3 集熱時間数および集熱開始時刻

日付 d の時刻 t における1時間当たりの集熱時間数 $\Delta\tau_{hc,d,t}$ は、式(7)により表される。

$$\Delta\tau_{hc,d,t} = \begin{cases} 0 & (I_{s,d,t} = I_{s,limit}) \\ 1 & (I_{s,d,t} > I_{s,limit}) \end{cases} \quad (7)$$

ここで、

$I_{s,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱器の単位面積当たりの平均日射量(W/m²)
 $I_{s,limit}$: 集熱の有無を判断する基準となる単位面積当たりの平均日射量(W/m²)
 $\Delta\tau_{hc,d,t}$: 日付 d の時刻 t における1時間当たりの集熱時間数(h/h)

である。

日付 d における集熱開始時刻 $t_{hc,start,d}$ は、式(8)により表される。

$$t_{hc,start,d} = \{h \mid I_{s,d,h} > I_{s,limit} \text{ and } I_{s,d,h-1} = I_{s,limit}\} \quad (8)$$

ここで、

$I_{s,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱器の単位面積当たりの平均日射量(W/m²)
 $I_{s,limit}$: 集熱の可否を判断する基準となる単位面積当たりの平均日射量(W/m²)
 $t_{hc,start,d}$: 日付 d における集熱開始時刻(-)

である。

集熱の有無を判断する基準となる単位面積当たりの平均日射量 $I_{s,limit}$ は、0 W/m²とする。

A.4.4 循環ポンプの稼働時間数

日付 d の時刻 t における1時間当たりの集熱時における循環ポンプの稼働時間数 $\Delta\tau_{pump,hc,d,t}$ および非集熱時における循環ポンプの稼働時間数 $\Delta\tau_{pump,non-hc,d,t}$ は、密閉形太陽熱温水器(直圧式)は循環ポンプを有しないが、便宜的に式(9)および式(10)のように定める。

$$\Delta\tau_{pump,hc,d,t} = 0 \quad (9)$$

$$\Delta\tau_{pump,non-hc,d,t} = 0 \quad (10)$$

ここで、

$\Delta\tau_{pump,hc,d,t}$: 日付 d の時刻 t における1時間当たりの集熱時における循環ポンプの稼働時間数(h/h)
 $\Delta\tau_{pump,non-hc,d,t}$: 日付 d の時刻 t における1時間当たりの非集熱時における循環ポンプの稼働時間数(h/h)

である。

A.5 仕様

仕様を表すパラメータのうち、集熱器の総面積 A_{stcp} および貯湯タンクの容量 V_{tank} については、SS-TS011が規定する方法により得られる数値とする。その他のパラメータについては、SS-TS011が規定する方法により得

られる数値とするか、表 2 に示す数値とする。

表 2 仕様を表す示すパラメータとその決定方法

区分	記号	名称と単位	単位	SS-TS011 に よらない場合に 算定に用いる値
集熱部	A_{stcp}	集熱器の総面積	m ²	-
	b_0	集熱器の集熱効率特性線図一次近似式の切片	-	0.73
	b_1	集熱器の集熱効率特性線図一次近似式の傾き	W/(m ² ・K)	7.65
	\dot{g}_{htm}	単位日射量当たりの循環流量	(kg/h)/(W/m ²)	0.164
	UA_{hx}	熱交換器の伝熱係数	W/K	220
貯湯部	V_{tank}	貯湯タンクの容量	L	-
	$\eta_{r,tank}$	有効出湯効率	%	75.0
	UA_{tank}	貯湯タンクの放熱係数	W/K	5.81

熱媒は水とする。熱媒の定圧比熱 $c_{p,htm}$ は、水の定圧比熱 $c_{p,water}$ とする。

集熱時における循環ポンプの消費電力 $P_{pump,hc}$ および非集熱時における循環ポンプの消費電力 $P_{pump,non-hc}$ は、密閉形太陽熱温水器(直圧式)は循環ポンプを有しないが、便宜的に式(11)および式(12)のように定める。

$$P_{pump,hc} = 0.0 \quad (11)$$

$$P_{pump,non-hc} = 0.0 \quad (12)$$

ここで、

$P_{pump,hc}$: 集熱時における循環ポンプの消費電力(W)

$P_{pump,non-hc}$: 非集熱時における循環ポンプの消費電力(W)

である。

付録 B ソーラーシステム

B.1 適用範囲

本付録は、ソーラーシステムについて、本章の算定方法に用いる各種パラメータの定義を規定する。

B.2 記号及び単位

本計算で用いる記号及び単位は表 1 による。

表 1 記号及び単位

記号	意味	単位
A_{stcp}	集熱器の総面積	m^2
b_0	集熱器の集熱効率特性線図一次近似式の切片	-
b_1	集熱器の集熱効率特性線図一次近似式の傾き	$W/(m^2 \cdot K)$
$c_{p,htm}$	熱媒の定圧比熱	$kJ/(kg \cdot K)$
\dot{G}_{htm}	熱媒の循環量	kg/h
\dot{G}_{shtm}	熱媒の基準循環流量	kg/h
I_s	集熱器の単位面積当たりの平均日射量	W/m^2
$I_{s,limt}$	集熱の有無を判断する基準となる単位面積当たりの平均日射量	W/m^2
$isAvailable_{w,tank}$	貯湯タンク内の水の利用可否	-
L_{stp}	集熱配管の片道長さ	m
$P_{pump,hc}$	集熱時における循環ポンプの消費電力	W
$P_{pump,non-hc}$	非集熱時における循環ポンプの消費電力	W
$t_{hc,start,d}$	集熱開始時刻	-
UA_{hx}	熱交換器の伝熱係数	-
UA_{stp}	集熱配管の放熱係数	$W/(m \cdot K)$
V_{tank}	貯湯タンクの容量	L
$\Delta\tau_{hc}$	集熱時間数	h/h
$\Delta\tau_{pump,hc}$	集熱時における循環ポンプの稼働時間数	h/h
$\Delta\tau_{pump,non-hc}$	非集熱時における循環ポンプの稼働時間数	h/h
$\varepsilon_{t,hx}$	熱交換器の温度効率	-
$\varepsilon_{t,stc}$	集熱器の温度効率	-
$\varepsilon_{t,stp}$	集熱配管の温度効率	-
$\eta_{r,tank}$	有効出湯効率	$\%$
$\theta_{w,tank,mixed}$	完全混合を仮定した場合の入水・出水後の貯湯タンクの水の温度	$^{\circ}C$
$\theta_{w,tank,upper}$	入水・出水後の貯湯タンク上層部の水の温度	$^{\circ}C$
θ_{wtr}	日平均給水温度	$^{\circ}C$

B.3 貯湯部

B.3.1 熱交換器の温度効率

日付 d の時刻 t における熱交換器の温度効率 $\varepsilon_{t,hx,d,t}$ は、式(1)により表される。

$$\varepsilon_{t,hx,d,t} = \begin{cases} 1.0 & (\dot{G}_{htm,d,t} = 0) \\ 1 - \exp\left(-\frac{UA_{hx}}{c_{p,htm} \times \dot{G}_{htm,d,t} \times \frac{10^3}{3600}}\right) & (\dot{G}_{htm,d,t} > 0) \end{cases} \quad (1)$$

ここで、

- $c_{p,htm}$: 熱媒の定圧比熱(kJ/(kg・K))
- $\dot{G}_{htm,d,t}$: 日付 d の時刻 t における1時間当たりの熱媒の循環量(kg/h)
- UA_{hx} : 熱交換器の伝熱係数(-)
- $\varepsilon_{t,hx,d,t}$: 日付 d の時刻 t における熱交換器の温度効率(-)

である。

B.3.2 貯湯タンク内の水の利用可否

日付 d の時刻 t における貯湯タンク内の水の利用可否 $isAvailable_{w,tank,d,t}$ は、式(2)により表される。

当該時刻において集熱を開始する場合($t \in t_{hc,start,d}$):

$$isAvailable_{w,tank,d,t} = \begin{cases} False & (\theta_{w,tank,mixed,d,t-1} \leq \theta_{wtr,d}) \\ True & (\theta_{w,tank,mixed,d,t-1} > \theta_{wtr,d}) \end{cases} \quad (2-1)$$

当該時刻において集熱を開始しない場合($t \notin t_{hc,start,d}$):

$$isAvailable_{w,tank,d,t} = \begin{cases} False & (\theta_{w,tank,upper,d,t-1} \leq \theta_{wtr,d}) \\ True & (\theta_{w,tank,upper,d,t-1} > \theta_{wtr,d}) \end{cases} \quad (2-2)$$

ここで、

- $isAvailable_{w,tank,d,t}$: 日付 d の時刻 t における貯湯タンク内の水の利用可否(-)
- $t_{hc,start,d}$: 日付 d における集熱開始時刻(-)
- $\theta_{w,tank,mixed,d,t}$: 日付 d の時刻 t において完全混合を仮定した場合の入水・出水後の貯湯タンクの水の温度(°C)
- $\theta_{w,tank,upper,d,t}$: 日付 d の時刻 t における入水・出水後の貯湯タンク上層部の水の温度(°C)
- $\theta_{wtr,d}$: 日付 d における日平均給水温度(°C)

である。

B.4 集熱部

B.4.1 温度効率

日付 d の時刻 t における集熱器の温度効率 $\varepsilon_{t,src,d,t}$ は、式(3)により表される。

$$\varepsilon_{t,src,d,t} = \begin{cases} 1.0 & (\dot{G}_{htm,d,t} = 0) \\ 1 - \exp\left(-\frac{b_1 \times A_{stcp}}{c_{p,htm} \times \dot{G}_{htm,d,t} \times \frac{10^3}{3600}}\right) & (\dot{G}_{htm,d,t} > 0) \end{cases} \quad (3)$$

ここで、

- A_{stcp} : 集熱器の総面積 (m²)
 b_1 : 集熱器の集熱効率特性線図一次近似式の傾き (W/(m²・K))
 $c_{p,htm}$: 熱媒の定圧比熱 (kJ/(kg・K))
 $\dot{G}_{htm,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの熱媒の循環量 (kg/h)
 $\varepsilon_{t,stc,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱器の温度効率(-)

である。

日付 d の時刻 t における集熱配管の温度効率 $\varepsilon_{t,stp,d,t}$ は、式 (4) により表される。

$$\varepsilon_{t,stp,d,t} = \begin{cases} 1.0 & (\dot{G}_{htm,d,t} = 0) \\ 1 - \exp\left(-\frac{UA_{stp} \times L_{stp}}{c_{p,htm} \times \dot{G}_{htm,d,t} \times \frac{10^3}{3600}}\right) & (\dot{G}_{htm,d,t} > 0) \end{cases} \quad (4)$$

ここで、

- $c_{p,htm}$: 熱媒の定圧比熱 (kJ/(kg・K))
 L_{stp} : 集熱配管の片道長さ(m)
 UA_{stp} : 集熱配管の放熱係数 (W/(m・K))
 $\dot{G}_{htm,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの熱媒の循環量 (kg/h)
 $\varepsilon_{t,stp,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱配管の温度効率(-)

である。集熱配管の片道長さ L_{stp} は、20 m とする。

B.4.2 熱媒の循環量

日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの熱媒の循環量 $\dot{G}_{htm,d,t}$ は、式 (5) により表される。

$$\dot{G}_{htm,d,t} = \dot{G}_{shtm} \times \Delta\tau_{hc,d,t} \quad (5)$$

ここで、

- $\dot{G}_{htm,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの熱媒の循環量 (kg/h)
 \dot{G}_{shtm} : 熱媒の基準循環流量 (kg/h)
 $\Delta\tau_{hc,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの集熱時間数 (h/h)

である。

B.4.3 集熱時間数および集熱開始時刻

日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの集熱時間数 $\Delta\tau_{hc,d,t}$ は、式 (6) により表される。

$$\Delta\tau_{hc,d,t} = \begin{cases} 0 & (I_{s,d,t} < I_{s,lm}) \\ 1 & (I_{s,d,t} \geq I_{s,lm}) \end{cases} \quad (6)$$

ここで、

- $I_{s,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱器の単位面積当たりの平均日射量 (W/m²)
 $I_{s,lm}$: 集熱の可否を判断する基準となる単位面積当たりの平均日射量 (W/m²)
 $\Delta\tau_{hc,d,t}$: 日付 d の時刻 t における 1 時間当たりの集熱時間数 (h/h)

である。

日付 d における集熱開始時刻 $t_{hc,start,d}$ は、式 (7) により表される。

$$t_{hc,start,d} = \{h \mid I_{s,d,h} \geq I_{s,limit} \text{ and } I_{s,d,h-1} < I_{s,limit}\} \quad (7)$$

ここで、

$I_{s,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱器の単位面積当たりの平均日射量(W/m²)

$I_{s,limit}$: 集熱の可否を判断する基準となる単位面積当たりの平均日射量(W/m²)

$t_{hc,start,d}$: 日付 d における集熱開始時刻(-)

である。

集熱の有無を判断する基準となる単位面積当たりの平均日射量 $I_{s,limit}$ は、150 W/m²とする。

B.4.4 循環ポンプの稼働時間数

日付 d の時刻 t における1時間当たりの集熱時における循環ポンプの稼働時間数 $\Delta\tau_{pump,hc,d,t}$ および非集熱時における循環ポンプの稼働時間数 $\Delta\tau_{pump,non-hc,d,t}$ は、式(8)および式(9)により表される。

$$\Delta\tau_{pump,hc,d,t} = \begin{cases} 0 & (\Delta\tau_{hc,d,t} = 0) \\ 1 & (\Delta\tau_{hc,d,t} > 0) \end{cases} \quad (8)$$

$$\Delta\tau_{pump,non-hc,d,t} = \begin{cases} 0 & (\Delta\tau_{hc,d,t} > 0 \text{ or } I_{s,d,h} = 0) \\ 1 & (\Delta\tau_{hc,d,t} = 0 \text{ and } I_{s,d,h} > 0) \end{cases} \quad (9)$$

ここで、

$I_{s,d,t}$: 日付 d の時刻 t における集熱器の単位面積当たりの平均日射量(W/m²)

$\Delta\tau_{hc,d,t}$: 日付 d の時刻 t における1時間当たりの集熱時間数(h/h)

$\Delta\tau_{pump,hc,d,t}$: 日付 d の時刻 t における1時間当たりの集熱時における循環ポンプの稼働時間数(h/h)

$\Delta\tau_{pump,non-hc,d,t}$: 日付 d の時刻 t における1時間当たりの非集熱時における循環ポンプの稼働時間数(h/h)

である。

B.5 仕様

仕様を表すパラメータのうち、集熱器の総面積 A_{stcp} および貯湯タンクの容量 V_{tank} については、SS-TS011が規定する方法により得られる数値とする。その他のパラメータについては、SS-TS011が規定する方法により得られる数値とするか、表2に示す数値とする。

表 2 仕様を表す示すパラメータとその決定方法

区分	記号	名称と単位	単位	SS-TS011 に よらない場合に 算定に用いる値
集熱部	A_{stcp}	集熱器の総面積	m ²	-
	b_0	集熱器の集熱効率特性線図一次近似式の切片	-	0.73
	b_1	集熱器の集熱効率特性線図一次近似式の傾き	W/(m ² ・K)	7.65
	\dot{G}_{htm}	熱媒の基準循環流量	kg/h	263
	$c_{p,htm}$	熱媒の定圧比熱	kJ/(kg・K)	3.90
	UA_{stp}	集熱配管の放熱係数	W/(m・K)	0.339
	UA_{hx}	熱交換器の伝熱係数	W/K	220
	$P_{pump,hc}$	集熱時における循環ポンプの消費電力	W	79.7
	$P_{pump,non-hc}$	非集熱時における循環ポンプの消費電力	W	5.9
貯湯部	V_{tank}	貯湯タンクの容量	L	-
	$\eta_{r,tank}$	有効出湯効率	%	92.9
	UA_{tank}	貯湯タンクの放熱係数	W/K	6.51