

第九章 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

本計算方法は、用途が住宅である建築物又は建築物の部分に設置された太陽熱利用給湯設備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。

2. 引用規格

JIS A4111: 2011 太陽熱温水器

JIS A4112: 2011 太陽集熱器

JIS A4113: 2011 太陽蓄熱槽

JIS B7552: 2011 液体用流量計の校正方法及び試験方法

ISO 9488: 1999 Solar energy -Vocabulary

3. 用語の定義

第一章の定義を適用する。

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_{sp}	太陽熱集熱部の有効集熱面積	m^2
$E_{E,ts,aux,d}$ $E_{E,aux,ts,d}$	1日当たりの補機の消費電力量	$kWh/日$ kWh/d
$E_{E,ss,cp,d}$	1日当たりのソーラーシステムの循環ポンプの消費電力量	$kWh/日$ kWh/d
f_s	太陽熱利用給湯設備液体集熱式太陽熱利用設備のシステム効率	—
f_{sp}	太陽熱集熱部の集熱効率	—
$f_{sr,uplim}$	太陽熱利用給湯設備液体集熱式太陽熱利用設備の分担率上限値	—
$HC_{tnk,ss}$	タンク蓄熱量の上限	MJ
$I_{s,sp}$	太陽熱集熱部設置面の単位面積当たりの平均日射量	W/m^2
$I_{s,twlim,cp}$	循環ポンプが稼働する太陽熱集熱部設置面の単位面積当たりの日射量の下限	W/m^2

記号	意味	単位
$L_{sun,lss}$	太陽熱利用給湯設備液体集熱式太陽熱利用設備による補正集熱量	MJ/日 MJ/d
L_{tnk}	タンク蓄熱量の上限による補正集熱量	MJ/日 MJ/d
L'	節湯補正給湯熱負荷	MJ/日 MJ/d
P_{cp}	循環ポンプの消費電力	W
$P_{\alpha,sp}$	太陽熱集熱部の方位角	°
$P_{\beta,sp}$	太陽熱集熱部の傾斜角	°
Q	基準集熱量	MJ/日 MJ/d
Q_{sp}	1日当たりの太陽熱集熱部設置面の単位面積当たりの日射量	MJ/(m ² ・日) MJ/(m ² ・d)
t_{cp}	1日当たりの循環ポンプの稼働時間 1時間当たりの循環ポンプの稼働時間	h/日 h/d h/h
W_{tnk}	タンク容量	L
α_{tnk}	タンク有効利用率	1/日 1/d
$\theta_{ex,s}$	太陽熱外気温度	°C
$\theta_{ex,s,Ave}$	日平均太陽熱外気温度	°C
$\theta_{ex,s,prd,Ave}$	期間平均太陽熱外気温度	°C
$\theta_{ex,lwlim}$	太陽熱利用給湯設備液体集熱式太陽熱利用設備を使用できる外気温度の下限	°C
θ_{tnk}	タンク内温度	°C
θ_{wtr}	日平均給水温度	°C

4.2 添え字

本計算で用いる添え字は表2による

表2 添え字

添え字	意味
$b1$	浴槽水栓湯はり
$b2$	浴槽自動湯はり
$ba1$	浴槽水栓さし湯
d	日付
k	台所水栓
lss	液体集熱式太陽熱利用設備
s	浴室シャワー水栓
sh	太陽熱温水器
ss	ソーラーシステム
t	時刻
w	洗面水栓

5. 全般

5.1 補正集熱量

日付 d における1日当たりの太陽熱利用給湯設備液体集熱式太陽熱利用設備による補正集熱量 $L_{sun,lss,d}$ は、採用する設備に応じて式(1)により定まる。

採用する設備が太陽熱温水器の場合：

$$L_{sun,lss,d} = L_{sun,lss,sh,d} \quad (1-1)$$

採用する設備がソーラーシステムの場合：

$$L_{sun,lss,d} = L_{sun,lss,ss,d} \quad (1-2)$$

ここで、

$L_{sun,lss,d}$ ：日付 d における1日当たりの太陽熱利用給湯設備液体集熱式太陽熱利用設備による補正集熱量(MJ/日)
(MJ/d)

$L_{sun,lss,sh,d}$ ：採用する設備が太陽熱温水器の場合の日付 d における1日当たりの太陽熱利用給湯設備液体集熱式太陽熱利用設備による補正集熱量(MJ/日)(MJ/d)

$L_{sun,lss,ss,d}$ ：採用する設備がソーラーシステムの場合の日付 d における1日当たりの太陽熱利用給湯設備液体集熱式太陽熱利用設備による補正集熱量(MJ/日)(MJ/d)

である。

5.2 補機の消費電力量

日付 d における1日当たりの補機の消費電力量 $E_{E,lss,aux,d}$ は、採用する設備に応じて式(2)により定まる。

採用する設備が太陽熱温水器の場合：

$$E_{E,lss,aux,d} = 0 \quad (2-1)$$

採用する設備がソーラーシステムの場合：

$$E_{E,lss,aux,d} = E_{E,ss,cp,d} \quad (2-2)$$

ここで、

$E_{E,lss,aux,d}$ ：日付 d における補機の消費電力量(kWh/日)(kWh/d)

$E_{E,ss,cp,d}$ ：日付 d における1日当たりのソーラーシステムの循環ポンプの消費電力量(kWh/日)(kWh/d)

である。

6. 太陽熱温水器

6.1 補正集熱量

日付 d を基準とした期間平均太陽熱外気温度 $\theta_{ex,s,prd,Ave,d}$ が $\theta_{ex,twlim,sh}$ 以上の場合に太陽熱温水器を使用できるとして、日付 d における1日当たりの太陽熱利用給湯設備液体集熱式太陽熱利用設備による補正集熱

量 $L_{sun,lss,sh,d}$ は、式(3)により表される。

$\theta_{ex,lwlim,sh} \leq \theta_{ex,s,prd,Ave,d}$ の場合:

$$L_{sun,lss,sh,d} = \min(Q_{sh,d}, (L'_{k,d} + L'_{s,d} + L'_{w,d} + L'_{b1,d} + L'_{b2,d} + L'_{ba1,d}) \times f_{sr,uplim,sh}) \quad (3-1)$$

$\theta_{ex,s,prd,Ave,d} < \theta_{ex,lwlim,sh}$ の場合:

$$L_{sun,lss,sh,d} = 0 \quad (3-2)$$

ここで、

$f_{sr,uplim,sh}$: 太陽熱温水器液体集熱式太陽熱利用設備の分担率上限値(-)

$L_{sun,lss,sh,d}$: 日付 d における1日当たりの太陽熱利用給湯設備液体集熱式太陽熱利用設備による補正集熱量(MJ/日)(MJ/d)

$L'_{k,d}$: 日付 d における1日当たりの台所水栓における節湯補正給湯熱負荷(MJ/日)(MJ/d)

$L'_{s,d}$: 日付 d における1日当たりの浴室シャワー水栓における節湯補正給湯熱負荷(MJ/日)(MJ/d)

$L'_{w,d}$: 日付 d における1日当たりの洗面水栓における節湯補正給湯熱負荷(MJ/日)(MJ/d)

$L'_{b1,d}$: 日付 d における1日当たりの浴槽水栓湯はり時における節湯補正給湯熱負荷(MJ/日)(MJ/d)

$L'_{b2,d}$: 日付 d における1日当たりの浴槽自動湯はり時における節湯補正給湯熱負荷(MJ/日)(MJ/d)

$L'_{ba1,d}$: 日付 d における1日当たりの浴槽水栓さし湯時における節湯補正給湯熱負荷(MJ/日)(MJ/d)

$Q_{sh,d}$: 日付 d における1日当たりの基準集熱量(MJ/日)(MJ/d)

$\theta_{ex,s,prd,Ave,d}$: 日付 d を基準とした期間平均太陽熱外気温度($^{\circ}\text{C}$)

$\theta_{ex,lwlim,sh}$: 太陽熱温水器液体集熱式太陽熱利用設備を使用できる外気温度の下限($^{\circ}\text{C}$)

である。太陽熱温水器液体集熱式太陽熱利用設備を使用できる外気温度の下限 $\theta_{ex,lwlim,sh}$ は、 5°C とする。

太陽熱温水器液体集熱式太陽熱利用設備の分担率上限値 $f_{sr,uplim,sh}$ は、0.9とする。

6.2 基準集熱量

日付 d における1日当たりの基準集熱量 $Q_{sh,d}$ は、式(4)により表される。

$$Q_{sh,d} = Q_{sp,sh,d} \times A_{sp,sh} \times f_{sp,sh} \times f_{s,sh} \quad (4)$$

ここで、

$A_{sp,sh}$: 太陽熱集熱部の有効集熱面積(m^2)

$Q_{sh,d}$: 日付 d における1日当たりの基準集熱量(MJ/日)(MJ/d)

$Q_{sp,sh,d}$: 日付 d における1日当たりの太陽熱集熱部設置面の単位面積当たりの日射量(MJ/ m^2 ・日)(MJ/ $\text{m}^2 \cdot \text{d}$)

$f_{s,sh}$: 太陽熱利用給湯設備液体集熱式太陽熱利用設備のシステム効率(-)

$f_{sp,sh}$: 太陽熱集熱部の集熱効率(-)

である。太陽熱集熱部の集熱効率 $f_{sp,sh}$ は、0.4とする。太陽熱利用給湯設備液体集熱式太陽熱利用設備のシステム効率 $f_{s,sh}$ は、0.85とする。

太陽熱集熱部の有効集熱面積 $A_{sp,sh}$ は、ISO 9488 の8.6節「aperture area」に規定される方法により算出した値とするか、IS A 4111 に規定される集熱部総面積又は集熱貯湯部総面積に0.85を乗じた値とする。

日付 d における1日当たりの太陽熱集熱部設置面の単位面積当たりの日射量 $Q_{sp,sh,d}$ は、式(5)により表されるものとする。

$$Q_{sp,sh,d} = \sum_{t=0}^{23} (I_{s,sp,sh,d,t} \times 3600 \times 10^{-6}) \quad (5)$$

ここで、

$I_{s,sp,sh,d,t}$: 日付 d の時刻 t における太陽熱集熱部設置面の単位面積当たりの平均日射量(W/m²)

$Q_{sp,sh,d}$: 日付 d における1日当たりの太陽熱集熱部設置面の単位面積当たりの日射量(MJ/(m²・日)) (MJ/(m²・日))

である。日付 d の時刻 t における太陽熱集熱部設置面の単位面積当たりの平均日射量 $I_{s,sp,sh,d,t}$ は、太陽熱集熱部設置面の方位角 $P_{\alpha,sp,sh}$ および傾斜角 $P_{\beta,sp,sh}$ 並びに「年間日射量地域区分」から、第十一章第二節付録Aにより計算される。

6.3 期間平均太陽熱外気温度

日付 d を基準とした期間平均太陽熱外気温度 $\theta_{ex,s,prd,Ave,d}$ は、式(6)により表される。

$$\theta_{ex,s,prd,Ave,d} = \sum_{i=0}^{30} \theta_{ex,s,Ave,d-15+i} / 31 \quad (6)$$

ここで、

$\theta_{ex,s,prd,Ave,d}$: 日付 d を基準とした期間平均太陽熱外気温度(°C)

$\theta_{ex,s,Ave,d}$: 日付 d における日平均太陽熱外気温度(°C)

である。

日付 d における日平均太陽熱外気温度 $\theta_{ex,s,Ave,d}$ は、式(7)により表される。

$$\theta_{ex,s,Ave,d} = \sum_{t=0}^{23} \theta_{ex,s,d,t} / 24 \quad (7)$$

ここで、

$\theta_{ex,s,Ave,d}$: 日付 d における日平均太陽熱外気温度(°C)

$\theta_{ex,s,d,t}$: 日付 d の時刻 t における太陽熱外気温度(°C)

である。日付 d の時刻 t における太陽熱外気温度 $\theta_{ex,s,d,t}$ は、第十一章第二節により規定される「年間日射量地域区分」に応じて定まる。

7. ソーラーシステム

7.1 補正集熱量

日付 d における1日当たりの太陽熱利用給湯設備液体集熱式太陽熱利用設備による補正集熱量 $L_{sun,lss,ss,d}$ は、式(8)により表される。

$$L_{sun,lss,ss,d} = \min(L_{tnk,ss,d}, (L'_{k,d} + L'_{s,d} + L'_{w,d} + L'_{b1,d} + L'_{b2,d} + L'_{ba1,d}) \times f_{sr,uplim,ss}) \quad (8)$$

ここで、

$f_{sr,uplim,ss}$: ソーラーシステム液体集熱式太陽熱利用設備の分担率上限値(-)

$L_{sun,lss,ss,d}$: 日付 d における1日当たりの太陽熱利用給湯設備液体集熱式太陽熱利用設備による補正集熱量(MJ/日)(MJ/d)

$L_{tnk,ss,d}$: 日付 d における1日当たりのソーラーシステムのタンク蓄熱量の上限による補正集熱量(MJ/日)(MJ/d)

$L'_{k,d}$: 日付 d における1日当たりの台所水栓における節湯補正給湯熱負荷(MJ/日)(MJ/d)

$L'_{s,d}$: 日付 d における1日当たりの浴室シャワー水栓における節湯補正給湯熱負荷(MJ/日)(MJ/d)

$L'_{w,d}$: 日付 d における1日当たりの洗面水栓における節湯補正給湯熱負荷(MJ/日)(MJ/d)

$L'_{b1,d}$: 日付 d における1日当たりの浴槽水栓湯はり時における節湯補正給湯熱負荷(MJ/日)(MJ/d)

$L'_{b2,d}$: 日付 d における1日当たりの浴槽自動湯はり時における節湯補正給湯熱負荷(MJ/日)(MJ/d)

$L'_{ba1,d}$: 日付 d における1日当たりの浴槽水栓さし湯時における節湯補正給湯熱負荷(MJ/日)(MJ/d)

である。ソーラーシステム液体集熱式太陽熱利用設備の分担率上限値 $f_{sr,uplim,ss}$ は、0.9とする。

日付 d における1日当たりのソーラーシステムのタンク蓄熱量の上限による補正集熱量 $L_{tnk,ss,d}$ は、式(9)により表される。

$$L_{tnk,ss,d} = \min(Q_{ss,d}, HC_{tnk,ss,d} \times \alpha_{tnk,ss,d}) \quad (9)$$

ここで、

$L_{tnk,ss,d}$: 日付 d における1日当たりのソーラーシステムのタンク蓄熱量の上限による補正集熱量(MJ/日)(MJ/d)

$HC_{tnk,ss,d}$: 日付 d におけるソーラーシステムのタンク蓄熱量の上限(MJ)

$Q_{ss,d}$: 日付 d における1日当たりの基準集熱量(MJ/日)(MJ/d)

$\alpha_{tnk,ss,d}$: 日付 d におけるソーラーシステムのタンク有効利用率(1/日)(1/d)

である。

日付 d におけるソーラーシステムのタンク有効利用率 $\alpha_{tnk,ss,d}$ は、日付 d によらず1.0に等しいとする。

日付 d におけるソーラーシステムのタンク蓄熱量の上限 $HC_{tnk,ss,d}$ は、式(10)により求める。

$$HC_{tnk,ss,d} = (\theta_{tnk,ss} - \theta_{wtr,d}) \times W_{tnk,ss} \times 4.186 \times 10^{-3} \quad (10)$$

ここで、

$HC_{tnk,ss,d}$: 日付 d におけるソーラーシステムのタンク蓄熱量の上限(MJ)

$W_{tnk,ss}$: ソーラーシステムのタンク容量(L)

$\theta_{tnk,ss}$: ソーラーシステムのタンク内温度(°C)

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

であり、ソーラーシステムのタンク内温度 $\theta_{tnk,ss}$ は65°Cとする。

ソーラーシステムのタンク容量 $W_{tnk,ss}$ は付録Aにより規定される。

7.2 基準集熱量

日付 d における1日当たりの基準集熱量 $Q_{ss,d}$ は、式(11)により表される。

$$Q_{ss,d} = Q_{sp,ss,d} \times A_{sp,ss} \times f_{sp,ss} \times f_{s,ss} \quad (11)$$

ここで、

$A_{sp,ss}$: 太陽熱集熱部の有効集熱面積(m²)

$Q_{ss,d}$: 日付 d における1日当たりの基準集熱量(MJ/日)(MJ/d)

$Q_{sp,ss,d}$: 日付 d における1日当たりの太陽熱集熱部設置面の単位面積当たりの日射量 $(\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{日}))$ $(\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}))$

$f_{s,ss}$: 太陽熱利用給湯設備 液体集熱式太陽熱利用設備 のシステム効率(-)

$f_{sp,ss}$: 太陽熱集熱部の集熱効率(-)

である。太陽熱集熱部の集熱効率 $f_{sp,ss}$ は、0.4とする。太陽熱利用給湯設備 液体集熱式太陽熱利用設備 のシステム効率 $f_{s,ss}$ は、0.85とする。

太陽熱集熱部の有効集熱面積 $A_{sp,ss}$ は、ISO 9488 の8.6節「aperture area」に規定される方法により算出した値とするか、JIS A 4112 に規定される集熱器総面積に0.85を乗じた値とする。

日付 d における1日当たりの太陽熱集熱部設置面の単位面積当たりの日射量 $Q_{sp,ss,d}$ は、式(12)により表されるものとする。

$$Q_{sp,ss,d} = \sum_{t=0}^{23} (I_{s,sp,ss,d,t} \times 3600 \times 10^{-6}) \quad (12)$$

ここで、

$I_{s,sp,ss,d,t}$: 日付 d の時刻 t における太陽熱集熱部設置面の単位面積当たりの平均日射量 (W/m^2)

$Q_{sp,ss,d}$: 日付 d における1日当たりの太陽熱集熱部設置面の単位面積当たりの日射量 $(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{日})$ $(\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{d})$

である。日付 d の時刻 t における太陽熱集熱部設置面の単位面積当たりの平均日射量 $I_{s,sp,ss,d,t}$ は、太陽熱集熱部設置面の方位角 $P_{\alpha,sp,ss}$ および傾斜角 $P_{\beta,sp,ss}$ を用いて第十一章第二節付録Aにより計算される。

7.3 循環ポンプの消費電力量

日付 d における1日当たりのソーラーシステムの循環ポンプの消費電力量 $E_{E,ss,cp,d}$ は、式(13)により表される。

$$E_{E,ss,cp,d} = P_{cp,ss} \times t_{cp,ss,d} \times 10^{-3} \quad (13)$$

ここで、

$E_{E,ss,cp,d}$: 日付 d における1日当たりのソーラーシステムの循環ポンプの消費電力量 $(\text{kWh}/\text{日})$ (kWh/d)

$P_{cp,ss}$: ソーラーシステムの循環ポンプの消費電力 (W)

$t_{cp,ss,d}$: 日付 d における1日当たりのソーラーシステムの循環ポンプの稼働時間 $(\text{h}/\text{日})$ (h/d)

である。

ソーラーシステムの循環ポンプの消費電力 $P_{cp,ss}$ は、表3の適用条件に当てはまるものを選択するものとする。

表3 ソーラーシステムの循環ポンプの消費電力 $P_{cp,ss}$ の値と適用条件

項目	適用条件	循環ポンプの消費電力 $P_{cp,ss}$
省消費電力型	現時点では該当するポンプがない	40
上記以外の機種	すべてのポンプ	80

7.4 循環ポンプの稼働時間

日付 d における1日当たりのソーラーシステムの循環ポンプの稼働時間 $t_{cp,ss,d}$ は、式(14)により表される。

$$t_{cp,ss,d} = \sum_{t=0}^{23} t_{cp,ss,d,t} \quad (14)$$

ここで、

$t_{cp,ss,d}$: 日付 d における1日当たりのソーラーシステムの循環ポンプの稼働時間(h/日) (h/d)

$t_{cp,ss,d,t}$: 日付 d の時刻 t における1時間当たりのソーラーシステムの循環ポンプの稼働時間(h/h)

である。

日付 d の時刻 t における1時間当たりのソーラーシステムの循環ポンプの稼働時間 $t_{cp,ss,d,t}$ は、日付 d の時刻 t における太陽熱集熱部設置面の単位面積当たりの平均日射量 $I_{s,sp,ss,d,t}$ が $I_{s,twlim,cp,ss}$ 以上の場合に単位時間動作するとし、式(15)により定まる。

$I_{s,twlim,cp,ss} \leq I_{s,sp,ss,d,t}$ の場合:

$$t_{cp,ss,d,t} = 1 \quad (15-1)$$

$I_{s,sp,ss,d,t} < I_{s,twlim,cp,ss}$ の場合:

$$t_{cp,ss,d,t} = 0 \quad (15-2)$$

ここで、

$I_{s,twlim,cp,ss}$: 循環ポンプが稼働する太陽熱集熱部設置面の単位面積当たりの日射量の下限(W/m²)

$I_{s,sp,ss,d,t}$: 日付 d の時刻 t における太陽熱集熱部設置面の単位面積当たりの平均日射量(W/m²)

$t_{cp,ss,d,t}$: 日付 d の時刻 t における1時間当たりのソーラーシステムの循環ポンプの稼働時間(h/h)

である。ソーラーシステムの循環ポンプが稼働する太陽熱集熱部設置面の単位面積当たりの日射量の下限 $I_{s,twlim,cp,ss}$ は、150 W/m²とする。

付録 A ソーラーシステムのタンク容量

ソーラーシステムのタンク容量 $W_{ss,tnk}$ は JIS A 4113「太陽蓄熱槽」で規定される貯湯槽容量の小数点第一位を四捨五入し整数値とした値である。JIS A 4113「太陽蓄熱槽」で規定される貯湯槽容量の代わりに以下の方法により計測した値を使用することもできる。

ソーラーシステムの貯湯タンクが複数ある場合はそれぞれの貯湯タンクのタンク容量を合計した値で評価することができる。

A.1 タンク容量の測定方法

タンク容量は、タンクの構造により以下のいずれかの方法によって測定した値を用いることとする。試験時の蓄熱媒体は水を用いて行い、密度は $1.00\text{g}/\text{cm}^3$ とみなす。

A.1.1 開放型の場合

ソーラーシステムのタンク内の液体が大気に解放された構造(開放型)のものについては、タンクに $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ の水をゲージ圧 $344\text{kPa} \pm 34\text{kPa}$ の給水静水圧の下でボールタップ、液面スイッチ等の給水制御装置が閉止するまで給水し、その後、給水栓を止めて、排水口から排水した水の質量を JIS B7552 に規定する器差が $\pm 1\%$ の流量計を用いて測定した値とする。

A.1.2 密閉型の場合

ソーラーシステムのタンク内に大気圧を超える液体を貯蔵する構造(密閉型)のものについては、タンクに $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ の水をゲージ圧 80kPa の給水圧の下で満水状態まで給水し、その後、給水栓を止めて、排水口から排水した水の質量を JIS B7552 に規定する器差が $\pm 1\%$ の流量計を用いて測定した値とする。