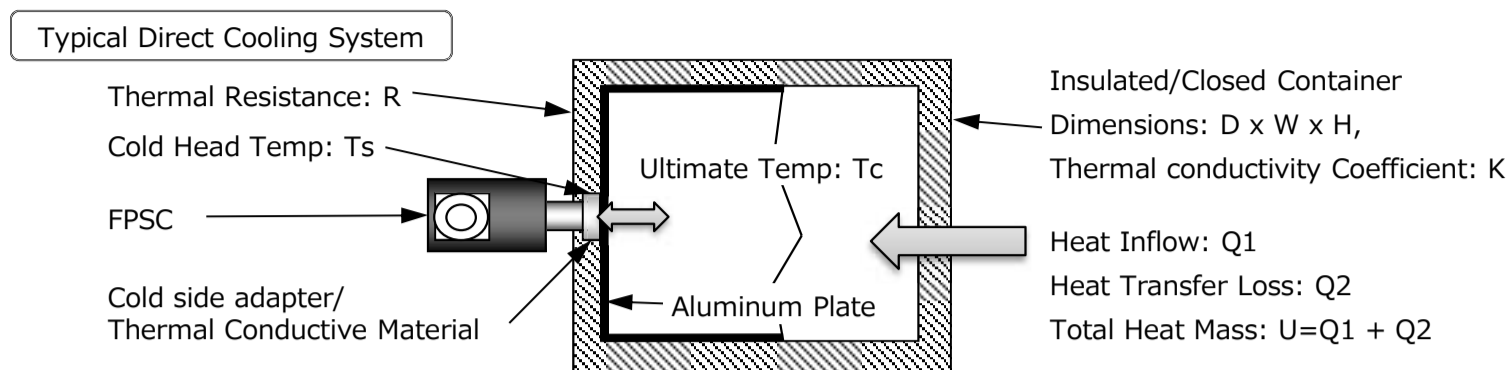


This document is explaining rough calculation method for selection of FPSC. It is assumed the typical case, where cooling the insulated/closed container is cooled by directly contacted cooling head of FPSC.



Dimensions; D: 280 mm, W: 280 mm, H: 210 mm
 Insulation Material: Urethane Foam
 >> Thickness t: 0.1 m, K: 0.03 Watt/m·K
 Cooling down empty container to - 60 °C
 Ambient Temperature: Ta =25 °C

Calculation Method

1) Calculate total heat mass of the cooling System.
 1)-1 Total Surface Cross-section (S): Inside of Insulated Container.
 $S(m^2) = (D(m) \times W(m) + W(m) \times H(m) + D(m) \times H(m)) \times 2$

1)-2 Calculate Heat Inflow: Q1
 $Q1(Watt) = \frac{(Ta(^{\circ}C) - Tc(^{\circ}C)) \times K(\frac{W}{m \cdot K}) \times S(m^2)}{t(m)}$

1)-3 Calculate the Design Safety Factor, taking of variations in insulation materials and assemble process.
 $Q1'(Watt) = \frac{Q1(Watt)}{Safety\ Factor}$

1)-4 Heat Transfer Loss Q2; this value is strongly related with the design. It is the most important to minimize each loss from container lid, other heat path from structural issue, etc.
 $Q2(Watt)$

1)-5 Calculate Total Heat Mass: U
 $U(Watt) = Q1'(Watt) + Q2(Watt)$

2) Calculate Cold Head temp. The Thermal Resistance is depending on status of thermal contact between heat sink and the aluminum plate, and the size and thickness of the aluminum plate.
 $Ts(^{\circ}C) = Tc(^{\circ}C) - R(\frac{^{\circ}C}{Watt}) \times U(Watt)$

3) Select FPSC from the data sheet as follows:
 The Cooling capacity at (Ts) must be higher than (U).

Assumption

1) Calculate with Assumption above:
 1)-1 Total Surface Cross-section (S)
 $S(m^2) = (0.280(m) \times 0.280(m) + 0.280(m) \times 0.210(m) + 0.280(m) \times 0.210(m)) \times 2$
 $= 0.392(m^2)$

1)-2 Heat Inflow: Q1
 $Q1(W) = \frac{(25(^{\circ}C) - (-60(^{\circ}C)) \times 0.03(\frac{W}{m \cdot K}) \times 0.392(m^2)}{0.10(m)} \approx 10(W)$

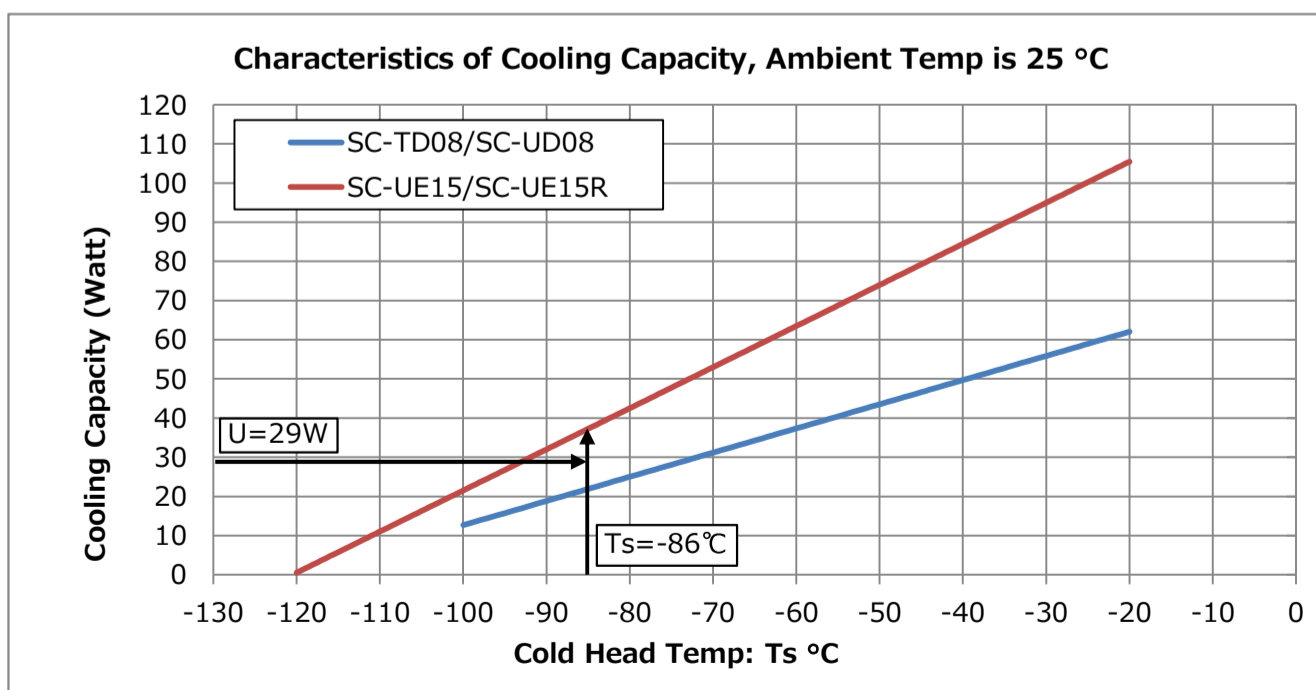
1)-3 Design Safety Factor; here the safety factor is set to 0.7, normally, this is set in consideration of
 $Q1'(Watt) = \frac{10(Watt)}{0.7} \approx 14(Watt)$

1)-4 Typical Heat Transfer Loss becomes about 15 W to 25 W. Here assumed 15 Watt for the calculation.
 $Q2(Watt) = 15(Watt)$

1)-5 Total Heat Mass: U
 $U(Watt) = 14(Watt) + 15(Watt) = 29(Watt)$

2) Thermal Resistance from Cold Head to inside of the container: Here assumed K = 0.9 °C/Watt
 $Ts(^{\circ}C) = -60(^{\circ}C) - 0.9(\frac{^{\circ}C}{W}) \times 29(W) \approx -86(^{\circ}C)$

3) Choose SC-UE15/SC-UE15R because those Cooling Capacity at -86°C is higher than 29 Watt.

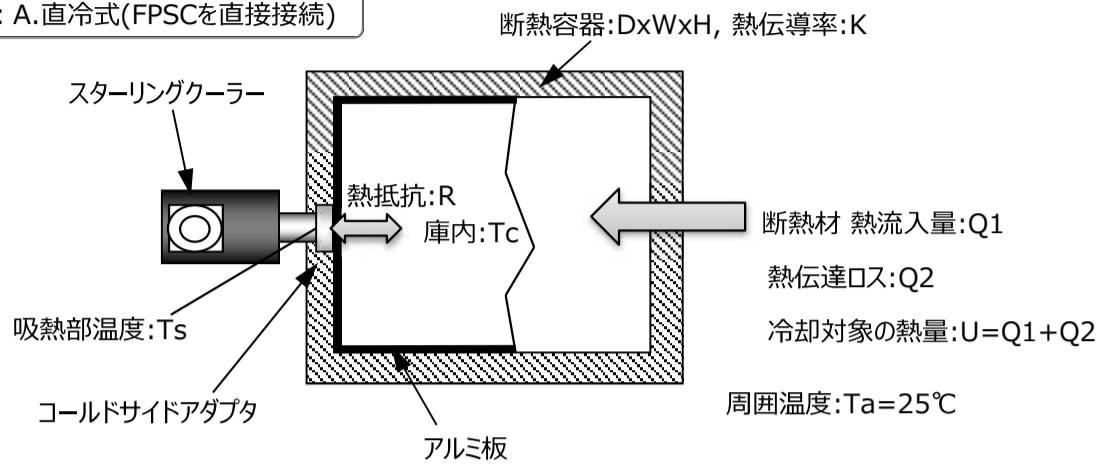


Note

This document DOES NOT GUARANTEE the performance, but it is explaining rough calculation method for selection of FPSC. Precise thermal calculation and experimental evaluation should be required before mass production. Also, the cooling system should be designed not to allow condensed water entering into FPSC, drive board, and fan motor, etc.

この資料ではFPSCを用いて密閉容器を冷却する場合、簡易計算によりFPSCを選定する方法について説明します。
 典型的な冷却システムの例として、直冷式(FPSCを直接接続)※、周囲温度25℃環境の場合を想定した場合です。
 ※弊社ホームページ「典型的な冷却システム」参照

典型的な冷却システム：A.直冷式(FPSCを直接接続)



簡易計算方法

- 1) 冷却対象の熱量を計算します。
 - 1)-1 断熱容器の内面の表面積Sを求めます。
 所望の断熱容器のサイズから、熱流入量を計算する為、表面積を計算します。

$$S(m^2) = (D(m) \times W(m) + W(m) \times H(m) + D(m) \times H(m)) \times 2$$
 - 1)-2 断熱容器の熱流入量Q1を計算します。

$$Q1(W) = \frac{(周囲温度 25(°C) - 庫内温度Tc(°C)) \times 熱伝導率K(\frac{W}{m K}) \times 表面積S(m^2)}{断熱材厚みt(m)}$$
 - 1)-3 断熱容器の安全係数を見込みます。
 断熱材のばらつき、組立のバラつき等を考慮に入れます。

$$Q1'(W) = \frac{Q1(W)}{安全係数}$$
 - 1)-4 熱伝達ロスQ2を決めます。
 実構造上の制約や、断熱容器の蓋からのロス、熱伝導経路のロス等を考慮します。

$$Q2(W) = 熱伝達ロス(W)$$
 - 1)-5 全体の熱量Uを求めます。

$$U(W) = Q1'(W) + Q2(W)$$
- 2) FPSCの吸熱部温度を計算します。

$$Ts(°C) = Tc(°C) - R(\frac{°C}{W}) \times U(W)$$
- 3) 冷却特性グラフより、選定を行います。
 FPSCの吸熱部温度Tsの時の冷凍能力が冷却対象の熱量Uよりも大きいものを選定します。

計算例

保冷ボックス 内容器 D=280mm、W=280mm、H=210mm、庫内空到達温度Tcを-60℃にする場合

- 1) 冷却対象の熱量
 - 1)-1 断熱容器の内面の表面積S

$$S(m^2) = (0.280(m) \times 0.280(m) + 0.280(m) \times 0.210(m) + 0.280(m) \times 0.210(m)) \times 2 = 0.392(m^2)$$
 - 1)-2 断熱容器の熱流入量Q1
 断熱材に発泡ウレタンを使用。発泡ウレタンの熱伝導率K=0.03(W/m K)、断熱材厚みt=0.10(m)の場合

$$Q1(W) = \frac{(25(°C) - (-60)(°C)) \times 0.03(\frac{W}{m K}) \times 0.392(m^2)}{0.10(m)} \approx 10(W)$$
 - 1)-3 断熱容器の安全係数
 実績等考慮して設定しますが、安全係数0.7とします。

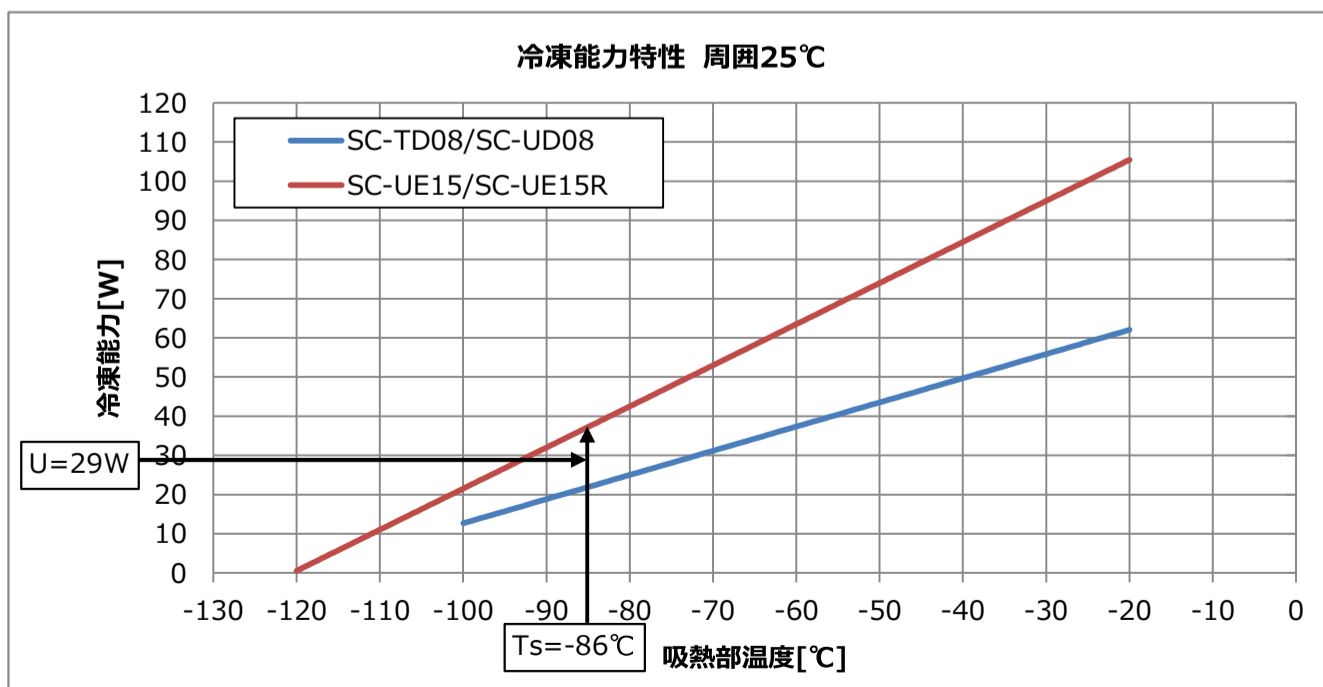
$$Q1'(W) = \frac{10(W)}{0.7} \approx 14(W)$$
 - 1)-4 熱伝達ロスQ2
 構造等や温度差に依存します。※1 この計算では15(W)を適応しています。

$$Q2(W) = 15(W)$$
 - 1)-5 全体の熱量U

$$U(W) = 14(W) + 15(W) = 29(W)$$
- 2) FPSCの吸熱部温度
 FPSCの吸熱部から庫内空間までの熱抵抗K=0.9(°C/W)と見込みます。※2

$$Ts(°C) = -60(°C) - 0.9(\frac{°C}{W}) \times 29(W) \approx -86(°C)$$
- 3) 冷却特性グラフより、選定
 冷却特性より、SC-UE15/SC-UE15Rをご選定ください。

※1：断熱容器の蓋開閉部、構造部材、冷熱伝達経路の熱流入等が考えられます。熱流入を最小化することで熱伝達ロスを改善するようお願いいたします。
 ※2：FPSCの吸熱部とアルミ板の接続状態、アルミ板の大きさや厚みにより変動します。熱抵抗を小さくする際の目安としてご考慮ください。



<ご注意>

この資料は装置構想の目安を示すもので性能を保証するものではありません。量産設計時は、詳細な熱計算並びに試作検証にてご確認ください。
 設計時には、この他に結露した水がFPSC、駆動基板、FPSC冷却用のファンモータに侵入しないようご注意ください。