パワーモジュール電源製品 アプリケーションノート

本資料では、アルミベースプレート付きの「パワーモジュール」電源製品を対象とし、
以下の目次に記載した内容を説明します。　製品ご利用時の一助としてください。

・目　　次　　ページ

1. パワーモジュールの放熱設計
1-1.　概　　要 ---- 2
1-2.　放熱器を用いた冷却について ---- 4
1-3.　放熱設計フロー および 具体例 ---- 5
1-4.　標準放熱器（オプション品） 外形図・放熱特性 ---- 10
1-5.　標準放熱器による強制空冷の例 （概略値） ---- 16

2. パワーモジュールの実装方法
2-1.　プリント基板への実装方法 ---- 18
2-2.　放熱器の取付け方法 ---- 20
2-3.　耐振動（耐衝撃）について ---- 20
2-4.　推 奨 は ん だ 付 け 条 件 ---- 21
2-5.　推奨洗浄条件 （製品を基板に実装後） ---- 21
2-6.　保管条件 および 期間 （はんだ付け実装前） ---- 21
2-7.　保存条件 および 期間 （装置へ製品を実装後） ---- 21

3. 並列運転アプリケーション
3-1.　概　　要 ---- 22
3-2.　並列運転の要件 ---- 23
3-3.　パワーアップ並列運転の接続例 ---- 23
3-4.　N+1 並列冗長運転の接続例 ---- 24

＜ ご 注 意 ＞　個別製品の使用方法については、各製品の取扱説明書をご参照ください。
本資料の一部において、個別製品の取扱説明書と重複している箇所があります。
なお、掲載した製品の型名（電源・オプション放熱器）は、2024年12月現在のものです。

＜ 2024年 12月　第3版 ＞

1. パワーモジュールの放熱設計

1-1. 概　要

(1) 装置に合わせた放熱方法の選定

アルミ基板をベースプレートに持つ構造の「パワーモジュール電源」は、放熱器などを取り付けて冷却いただく「コンダクションクーリング（伝導冷却）」を前提としており、ご使用される際には放熱設計が必要となります。
放熱条件は電源を搭載される装置の構造や設置環境によって変わってくるため、お客様ご自身で放熱設計を行い、パワーモジュール製品のベースプレート温度が許容値以下となることを確認してご利用ください。

放熱方法は図2-1の通り各種の方法が考えられ、パワーモジュール採用により装置設計の自由度が上がります。ここでは、一般的な空冷用の放熱器を用いた放熱設計（下図②④）について説明致します。

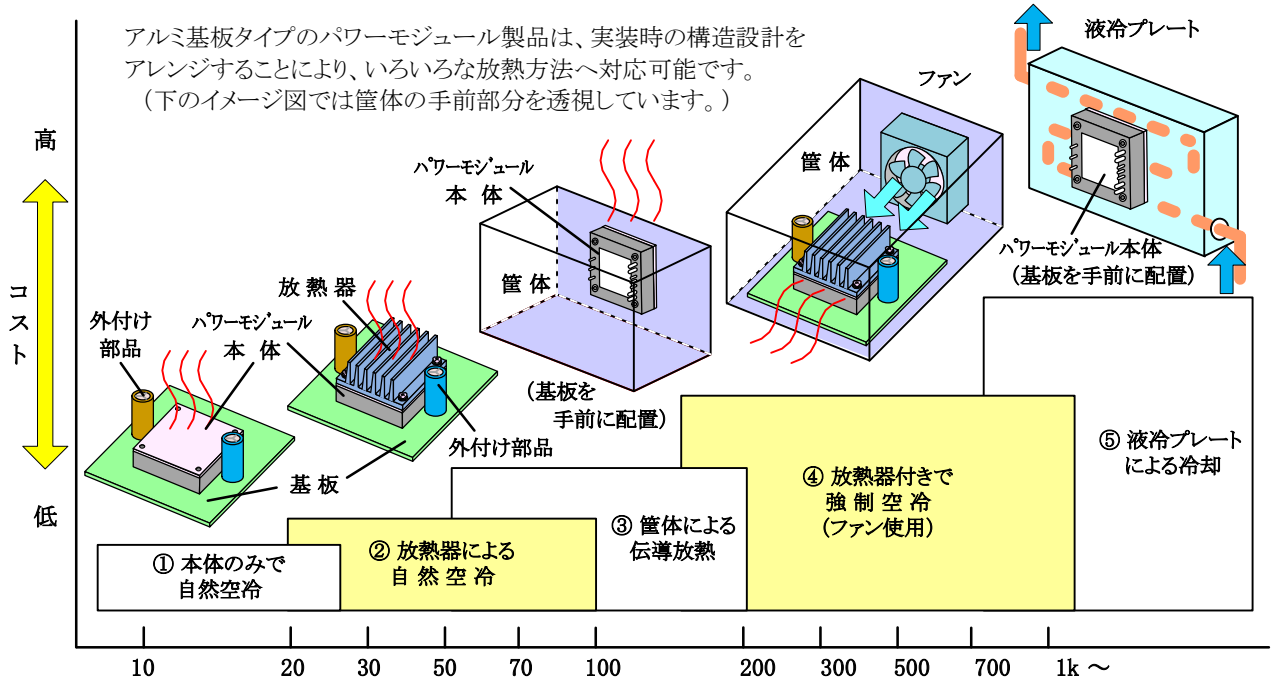


図 2-1　放熱方法のバリエーション（例）

① 本体のみで自然空冷 ····· 出力電力が 20W程度までの小容量であれば、適用可能な場合があります。
② 放熱器による自然空冷 ···· 標準放熱器で自然空冷可能な出力電力は、大きい場合で100W程度です。
③ 筐体による伝導放熱 ····· 筐体の全体が熱くなるため、他の部品に対する熱の影響に注意が必要です。
④ 放熱器付きで強制空冷 ··· 最も一般的な冷却方法です。 なお、ファン用の電源も必要となります。
⑤ 水冷プレートによる冷却 ··· 数100W~1kWクラス以上の大電力を扱う場合に、必要となることがあります。

● 標準放熱器について（オプション品）

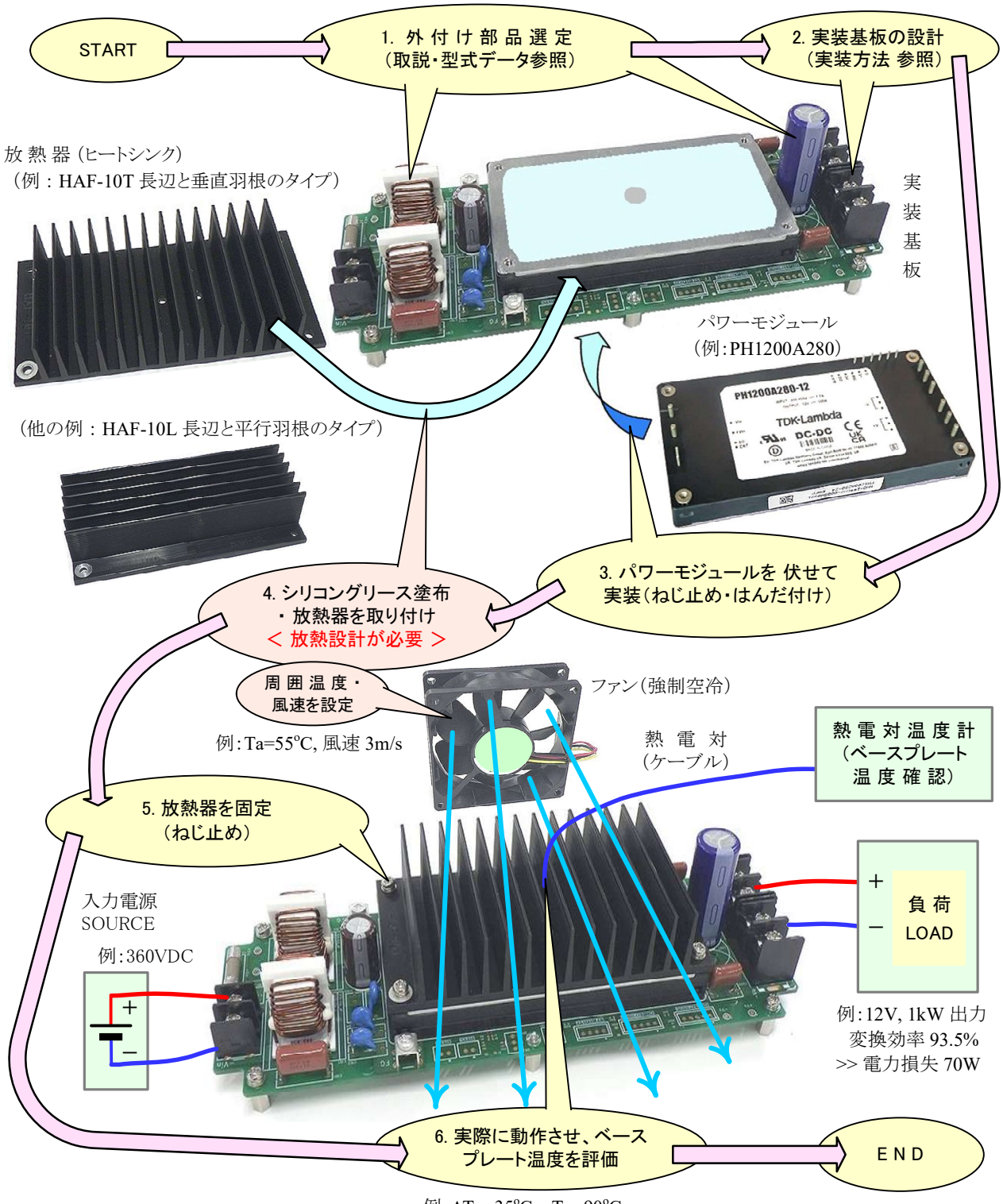
パワーモジュール製品の形状に合わせた、空冷用の放熱器（別売り・オプション品）を用意しています。
これらは送風することによる強制空冷を想定したもので、多くの場合、自然空冷では放熱量が不足します。
自然空冷を適用される場合は、お客様ご自身にて大きな形状の放熱器をご用意ください。

No.	パワーモジュール シリーズ名	Tp max	放 熱 器 型 名	自然空冷時の熱抵抗（参考値）
1	PF500A	85°C	HAA-083	2.7°C/W
2	PF1000A	85°C	HAA-146	1.7°C/W
3,4,5	PAH, CN200A, PH-A(300-600) CN-B(200-300)	100°C	HAH-10L, -10T, -15L	4.6°C/W, 4.5°C/W, 3.4°C/W
6,7,8	PAF, PFE-SA, PH1200A, PF1500B	100°C	HAF-10L, -10T, -15L, -15T	2.2°C/W, 1.7°C/W, 1.9°C/W, 1.5°C/W
9	PFE500F	100°C	HAL-F12T	0.97°C/W
10	PFE1000FA	100°C	HAM-F10T	0.78°C/W
11	CN-A(30-100), PH-A(50-150), CN-B(50-150)	100°C	HAQ-10T	7.5°C/W

表 2-1　標準放熱器 一覧表　　2024年 11月 現在

(2) 強制空冷における放熱設計フロー

パワーモジュール電源を搭載する装置で強制空冷を行う場合、一般に下図に示した設計の流れとなります。
なお、具体的な外付け部品の選定(*)・実装基板の設計につきましては、お客様ご自身で実施してください。
（注 *: 外付け部品の定数例は、各製品の型式データに掲載してある評価回路を参照ねがいます。）
発熱の目安となる電源製品の電力損失は、型式データの効率特性カーブより値を読み、計算で求めます。
次項より、具体的な例を交えた放熱設計について説明いたします。



上の写真に掲載した実装基板は、弊社で設計した簡易評価ボードです。（一部、貸し出し対応中）

1-2. 放熱器を用いた冷却について

パワーモジュール製品を用いて図3-2の項目を検討・設計いただくと、設計自由度の高いシステム電源を構築することが可能です。ここでは、放熱に関連した検討項目について実例を挙げながら説明致します。なお、放熱に関する説明のため、ここでは図2-2の左側に並べた項目について解説しています。

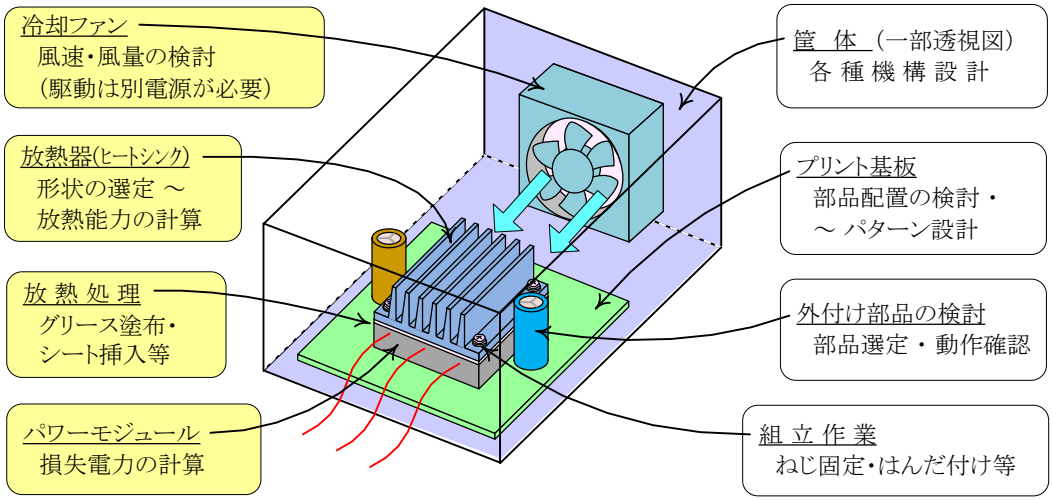


図 2-2 パワーモジュール搭載のシステム電源における検討項目の例

空冷用の放熱器(ヒートシンク)の選定では、主に以下の2通りが考えられ、各々特徴があります(表3-2)。

(1) 標準放熱器 (オプション品)

弊社で用意した放熱器で、パワーモジュール製品のアルミベースプレートに合わせて取り付け使用します。形状が限られており放熱能力には限界がありますが、購入後すぐ使用可能であり、金型は不要です。

(2) オーダーメイド(特注)放熱器

お客様ご自身で放熱器の機構設計、放熱器メーカーの選定、金型の立ち上げなどをして頂く放熱器です。初期投資が必要となりますが、自由度の高い装置設計が可能となります。

※ なお、弊社ではオーダーメイド放熱器は承っておりませんので、放熱器メーカーへお問い合わせください。

No.	種　類	形　状	放熱能力	機構設計	金　型	開発時間	コスト
1	標準放熱器 (オプション品)	パワーモジュールの ベースプレートに 合わせた形状	制限あり	不　要	不　要	不　要	低
2	オーダーメイド (特注)放熱器	ユーザーの必要に 応じて自由な形状 に設定が可能	制限なし	必　要	・必要な場合が多い ・メーカー製の押出し 金型品も適用可能	必　要	高

表 2-2 空冷用放熱器のタイプごとの特徴

＜ご注意＞

・ 放熱器を取り付ける際は、放熱グリースや放熱シートをご利用いただき、放熱器とパワーモジュー製品がよく密着するようにして熱伝導を確保してください。 また、固定にはM3ねじを使います。なお、これらのアイテムにつきましては、お客様にて準備願います。 詳しくは「固定方法」をご参照ください。

1-3. 放熱設計フロー および 具体例

ここでは、パワーモジュール製品における放熱設計プロセスについて、PH600A280-24を例に挙げて説明します。放熱設計のフローチャートを図3-3-1に示します。以下、各ステップ順に説明致します。

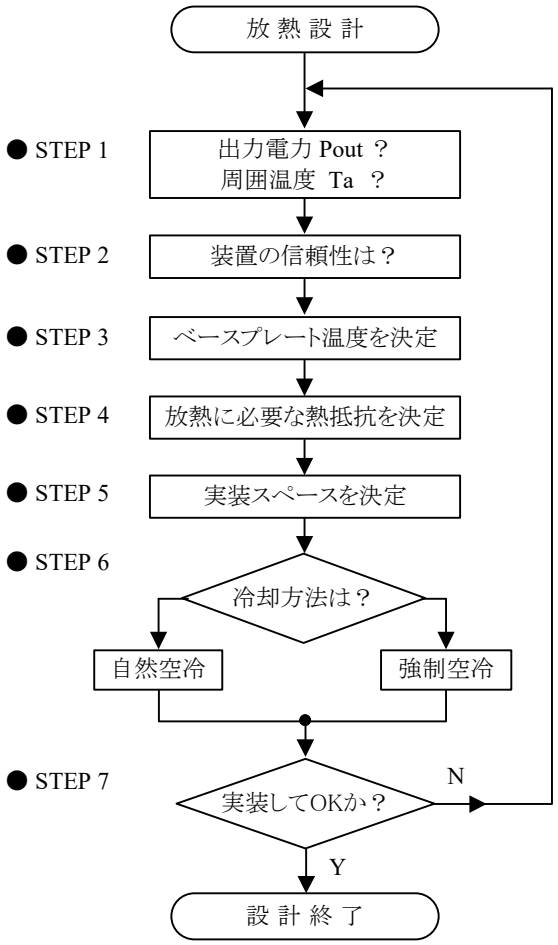


図 2-3-1 放熱設計のフローチャート

● STEP 1

使用するパワーモジュール製品の出力電力 Pout と周囲温度 Ta を決定します。

・機 種：PH600A280-24
・出力電力 Pout=504[W]（24V, 21A）
・周囲温度 Ta=50(°C)　　（負荷率 84%）

※ 枠内は実機における設計例です（以下、同じ）。

● STEP 2

必要な信頼性を考慮して最大ベースプレート温度を決定します。 下の表3-3を目安にしてください。
一般に、電子機器の温度を下げて使用されますと、部品ストレスは低減するため信頼性が向上します。

No.	信 頼 性	ベースプレート温度	用　途
1	高信頼性	70°C 以下	公共性機器 無人制御機器
2	産業向け	80°C 以下	一般工業機器 生産設備機器
3	民生向け	100°C 以下 (* 85°C 以下)	汎用電子機器

注)* PF500A-360, PF1000A-360 のみ

表 3-3 信頼性・ベースプレート温度と用途の例

● STEP 3

・ここでは産業向け一般工業機器を想定し、ベースプレートの温度を Tp=80°C 以下に設定します。

● STEP 4

放熱に必要な放熱器の熱抵抗を計算します。

(1) パワーモジュールの損失電力 Pd を計算

$$Pd = Pout \times \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) \quad \cdots \text{式 3-1}$$

なお、効率 η の定義は次式によります。

$$\eta = \frac{Pout}{Pin} \times 100 \quad \cdots\cdots\cdots \text{式 3-2}$$

Pout [W]：出力電力、 Pin [W]：入力電力
Pd [W]：損失電力、η [%]（イーター）：効率

効率は入出力条件により変化し、また、製品によって異なりますので、各製品の型式データに記載してある「効率特性」より効率値を読み、損失電力を計算します。

図 3-3-2 より 効率 η=92%、よって損失電力は式3-1より

$$Pd = 504[W] \times \left(\frac{1}{0.92} - 1 \right) = 44\ [W]$$

24V

想定条件：Vin=360VDC以下で使うものとし、効率は余裕を1%程度見て、92%とします。

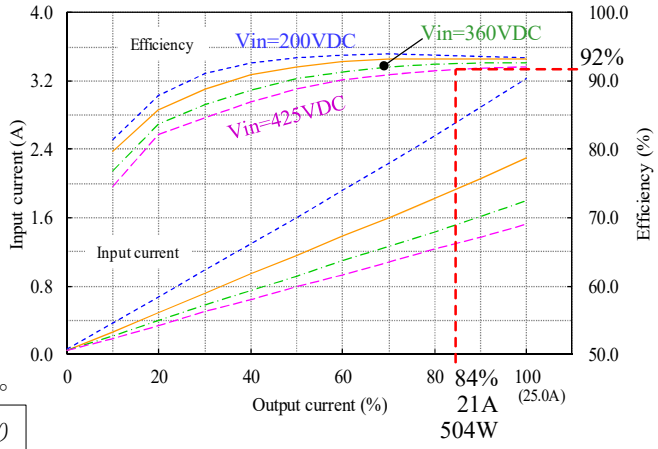


図 2-3-2 PH600A280-24 効率特性
（本製品の型式データより引用）

● STEP 4　（続き）

(2) 放熱器に必要な熱抵抗を計算

放熱における熱抵抗成分は左下の図 2-3-3に示すようになり、放熱器～周辺雰囲気間の熱抵抗（$\theta_{hs\text{-}a}$）は 以下の式より求めることができます。

$$\theta_{hs\text{-}a} = \theta_{bp\text{-}a} - \theta_{bp\text{-}hs} \quad \cdots\cdots \text{式 3-3}$$

$\theta_{bp\text{-}a}$ ：ベースプレート～周辺雰囲気間の熱抵抗
$\theta_{bp\text{-}hs}$ ：ベースプレート～放熱器間の接触熱抵抗

このうち、$\theta_{bp\text{-}a}$ は、次の式より計算することができます。

$$\theta_{bp\text{-}a} = \frac{Tp - Ta}{Pd} \quad \cdots\cdots \text{式 3-4}$$

Tp: ベースプレート温度、 Ta: 周辺雰囲気温度、
Pd: パワーモジュールの損失電力

また、接触熱抵抗（$\theta_{bp\text{-}hs}$）は、パワーモジュールのベースプレートと放熱器の接触面の間に生じる熱抵抗です。大電力の放熱は接触熱抵抗の低減策が必須です。放熱グリースを塗布したり、放熱シートを挟んでください。この対策がないと、ベースプレートと放熱器の間に隙間ができ、放熱性能が落ちてしまいます。（図2-3-4）

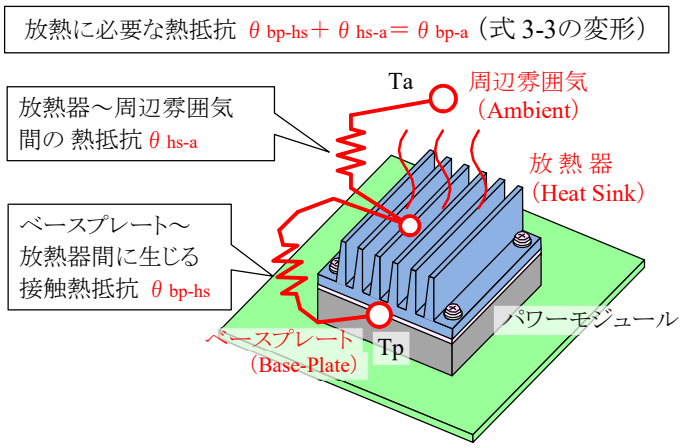


図 2-3-3　放熱設計に必要な熱抵抗

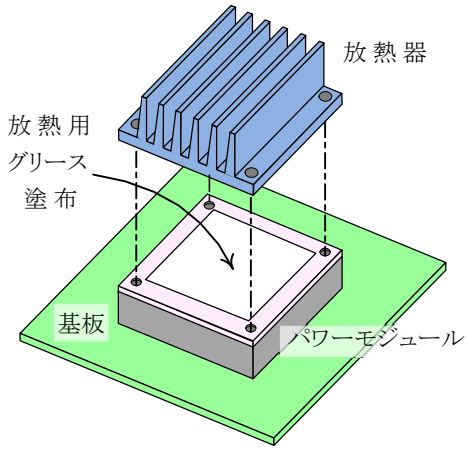


図 2-3-4　放熱グリース塗布のイメージ

実機の例（PH600A280-24）で初めに想定した条件において、ベースプレート～周辺雰囲気間の熱抵抗は式3-4より $\theta_{bp\text{-}a}$＝（80°C－50°C）/44W＝0.68 [°C/W] と計算できます。次に、上記で述べた接触熱抵抗について、ここでは一般的な放熱用のシリコングリースを塗布するものとして検討します。

放熱用グリースの例として、熱伝導率 K＝0.9 [W/(m･K)] の汎用タイプを厚さ t＝0.1 [mm] 、塗布面積については PH600A280-24のベースプレートより一回り小さくして L×W＝50[mm]×50[mm] の範囲とした場合、接触熱抵抗は次の計算によって求められます。

$$\theta_{bp\text{-}hs} = \frac{t}{K \times L \times W} = \frac{0.1\ [mm]}{0.9\ [W/(m\cdot K)] \times 50\ [mm] \times 50\ [mm]} = 0.05\ [°C/W] \quad \cdots\cdots \text{式 3-5}$$

したがって、放熱器に必要な熱抵抗は式3-3 より、次の通り求めることができます。

$\theta_{hs\text{-}a} = \theta_{bp\text{-}a} - \theta_{bp\text{-}hs}$ ＝0.68－0.05＝0.63 [°C/W]

注）ここに挙げた放熱用グリースの熱伝導率は一例です。詳しくは、放熱材料メーカーのカタログをご参照ください。最近では、ここに示した例より熱伝導率の高い放熱グリースも普及してきています。グリースを塗布後、放熱器をパワーモジュールにねじ止めすることにより、グリースが薄く伸びるため実際は0.1mm以下の厚さになると予想されますが、ここでは余裕を見て上記の設定としています。
また、ここでは温度の単位 K（ケルビン）および °C（摂氏）について、同じものとして扱っています。

● STEP 5

搭載装置の実装スペースを考慮し、放熱方法を決定します。ここでは、以下 2つの例について説明します。

(1) 設置スペースは余裕があるものとし、標準放熱器(弊社オプション品)による強制空冷を検討します。

(2) 予め筐体の形状を決めておき、オーダーメイド(特注)放熱器による自然空冷を想定して検討します。

● STEP 6

(1) 設置スペースに余裕があり標準放熱器を用いて強制空冷

標準放熱器(オプション品)は、弊社で用意した(パワーモジュール)ベースプレートと同一サイズの床面積を有する放熱器です。ベースプレートと同一サイズという形状制約により冷却能力には限度があるため、多くの場合において(自然空冷ではなく)送風を伴う強制空冷が必要です。また、標準放熱器の種類にも限りがあり、装置や筐体の形状、実装スペースの制約があります。しかし、前に述べたように放熱器の金型設計等が不要であり、購入後すぐ利用可能なため、搭載装置のスペースに余裕がある場合は便利な放熱器です。

実機の例において、PH600A280-24の損失電力が44Wと比較的大きいことを考慮して、ハーフブリック用放熱器の中で最も大きな HAH-15L を選定、その熱抵抗特性より必要となる風速を求めます(図 2-3-5)。STEP 4 で求めた θ hs-a＝0.63 [℃/W] より、平均風速 5m/s の強制空冷が必要なことが分かります。

ここで「平均風速」の定義は、放熱器の前後における流入風速・流出風速の平均値です(図 3-3-6)。したがって、外付けファン等による風速の設定は、ここで求めた風速よりも強めにする必要があります。

［参考］一般的な軸流ファンを用いて送風する場合、60~80mm角サイズで 24V, 5W, 風量 1.0 m^3/min 程度のファンが必要と考えられます。（詳しくは、ファンメーカーのカタログをご参照ください。）

＊ この例を装置に適用する場合、装置の大きさはファンのサイズ(60~80mm角)によって決まります。なお、ファンを駆動するための電源については、別途、用意が必要になります。

＊ また、この例では上記で放熱性能・冷却方法を決めたため、次は STEP 7 に進んで実機確認を行い、ベースプレート温度が規定値以下であれば問題なく、検討は終了となります。

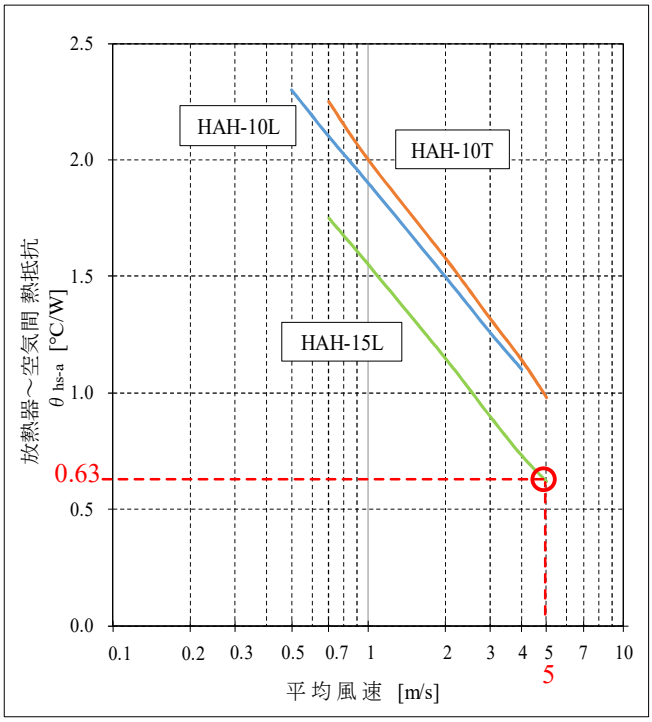
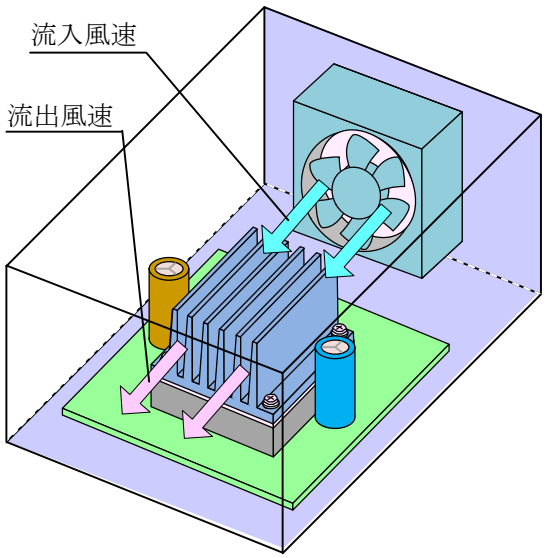


図 2-3-5　標準放熱器 HAH 熱抵抗特性



$$\text{平均風速} = \frac{\text{流入風速} + \text{流出風速}}{2}$$

図 2-3-6　標準放熱器・ファンによる強制空冷のイメージ図 および 平均風速の定義

注) 図 2-3-6 は 模式図で、実際の製品・部品とは形状や色が異なりますので、ご注意ください。
なお、標準放熱器のラインアップ・外形を、本資料の巻末ページに掲載してあります。

● STEP 6 （続き）

(2) 筐体の形状を決めておき、オーダーメイド（特注）放熱器により自然空冷

ここでは、初めにパワーモジュールの実装スペースを決めておいて、その空間に入る放熱器を検討します。まず、装置の形状を考える際に、実装するために最低限、必要な厚みとして、以下の要素があります。

・パワーモジュールの高さ（13mm）、 ・実装基板の厚さ（1.6mm）、 ・基板下～筐体間の距離（6mm）

これらの合計の厚さは 20.6mm となりますが、余裕をみて 21mm としておきます。この厚さは弊社のすべてのパワーモジュールで必要な寸法で、製品ごとに確認・設定が必要です。また、基板の固定には長さ 6mm のスペーサーを入れて筐体へねじ止めし、装置の耐圧確保が必要な場合は、絶縁板を挿入します。

実機の例において、PH600A280-24を搭載する実装スペースをW=250, H=60, D=180 [mm]（底面がB5判サイズの筐体を想定）とします。放熱器のスペースは、上記説明より高さ分を減らして底面も一回り小さくし、W=240, H=45, D=170 [mm] 程度を確保できますので、この大きさの放熱器で検討します（図2-3-7）。

STEP 4 で求めた熱抵抗を得るために必要な放熱器の体積を、図 2-3-8「放熱器の包絡体積と熱抵抗の関係」より、自然空冷に必要な体積の概算値を求めます。この特性図は、一般的な放熱器（アルミ材で、かつ適切な羽根の間隔を有する形状）の場合のものです。また「包絡体積」とは、放熱器の輪郭が占める体積のことで、ここで求めた包絡体積が自然空冷で必要となる放熱器の概略の大きさとなります。ただし、熱抵抗は放熱器の形状や周囲の空気の通り易さにも左右されます。詳しくは放熱器メーカーへのカタログをご参照ください。

実機の例で自然空冷に必要な放熱器の熱抵抗を求めます。図 3-3-8より、1.4×10^6 [mm^3] 以上が必要です。
一方、STEP 5 で設定した放熱器の体積は、W×H×D = 240×45×170 =1.8×10^6 [mm^3] となっています。
よって、この例は自然空冷が可能となりますので Step 7 に進み、実機でベースプレートの温度を確認し、問題なければ設計は終了です。 なお、ここで示した放熱器は標準放熱器と異なり、形状がパワーモジュールのベースプレートより大型になっており、外付け部品の実装高さに制限が発生しますので、注意が必要です。
また、ここでは簡易計算のため、筐体・周辺部品による対流への影響を考慮していません。

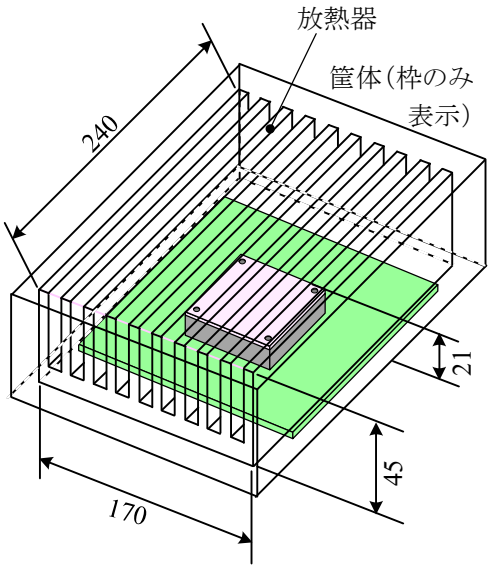


図 2-3-7 自然空冷の大型放熱器イメージ
（パワーモジュール、実装基板を透視）

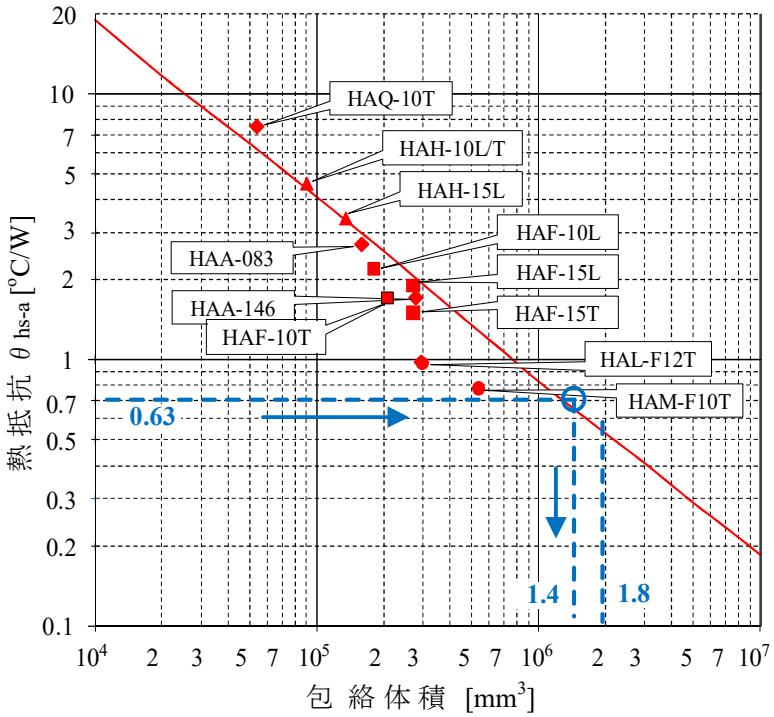


図 2-3-8 放熱器の包絡体積と熱抵抗の関係

注）弊社製の標準放熱器（オプション品）における、自然空冷時の熱抵抗を重ねて記載しています。
放熱器の羽根よりも断面側が長い形状は放熱性能が上がり、直線より下に振れる傾向があります。

(3) ＜補 足＞ オーダーメイド放熱器において強制空冷とする場合

前項の例において、スペースが不足したり、より小型の装置形状が必要といった場合、オーダーメイド放熱器においても強制空冷を検討します。強制空冷を採用した場合の長所・短所として以下の事項が考えられます。

［長 所］
- 放熱器の放熱能力（同一形状の放熱器で比較）が、自然空冷の場合と比較して数倍レベルに向上します。（弊社の標準放熱器で風速 3m/s の強制空冷をすれば、熱抵抗はいずれも自然空冷時の1/3程度に改善。）
- 自然空冷を期待できないような空間でも、強制的に熱気を排出することによって冷却が可能となります。

［短 所］
- 空冷用ファンやその駆動電源が必要で、ファンの取付け、騒音、エアフィルタ等にも配慮が必要となります。
- また、筐体や放熱器の模型を試作し、期待した通りの冷却効果を得られるか、確認する必要があります。

前ページの実機の例では自然空冷で対応できましたが、放熱器をもう少し小型・軽量化するため、例えば放熱器を半分の大きさにした場合、強制空冷ではどのような冷却条件が必要になるのか検討してみます。

まず、図2-3-7 にある放熱器の羽根の長さを 240mm の半分（120mm）にすると、熱抵抗は ほぼ 2倍となり、約 0.63°C/W から 1.26°C/W になります。そこで風速 3m/s の強制空冷を適用すれば、熱抵抗は 50% 以下に低減するものと予想されますので、元の熱抵抗 約 0.63°C/W を確保でき冷却が可能と考えられます。

ただし、ファン駆動用の電源（注*）も必要となり、この電力を PH600A280-24 より取る場合は、負荷率・電力損失・発熱が増加しますので、これらを加味した分について再設定が必要となります。

注）* 送風ファンとして 24V,5Wクラス、60mm角（風量 1.0 m^3/min）を 2個、並べることを想定しています。
（ここでは簡易計算のため、エアフィルタによる風力低下などについては考慮していません。）

● STEP 7

実機評価により、設計通りの放熱性能か確認します。ベースプレート温度は次式で予測することができます。

$$Tp = Ta + Pd \times \theta_{bp\text{-}a} = Ta + Pd \times (\theta_{bp\text{-}hs} + \theta_{hs\text{-}a}) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{式 3-6}$$

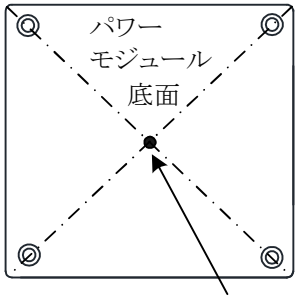
Tp: パワーモジュールのベースプレート温度 [°C]
Ta: 周辺雰囲気（空気）の温度 [°C]
Pd: パワーモジュールの（内部）損失電力 [W]

$\theta_{bp\text{-}a}$ ：ベースプレート～周辺雰囲気間の熱抵抗 [°C/W]
$\theta_{bp\text{-}hs}$ ：ベースプレート～放熱器間の接触熱抵抗 [°C/W]
$\theta_{hs\text{-}a}$ ：放熱器～周辺雰囲気間の熱抵抗 [°C/W]

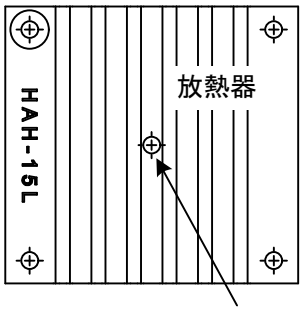
実機評価において、ベースプレート温度が STEP 3 で決定した温度以下であることを確認してください。
問題なければ設計は完了です。設計通りの性能となっていない場合は、再設計を行ってください。

ベースプレート温度の確認は、右下の図のように熱電対を用いて測定してください。 この方法以外の測定法では、正確な温度データが得られません。また、温度測定点はパワーモジュール製品ごとに異っておりますので、各製品のカタログを参照いただき、確認ねがいます。

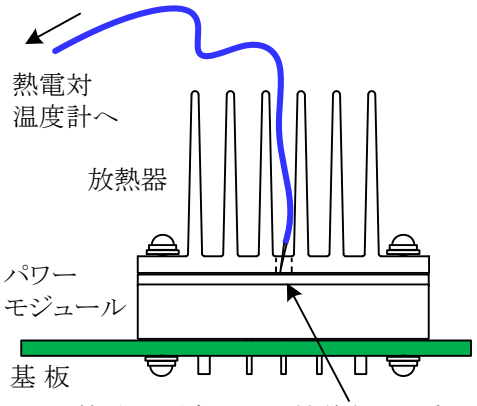
標準放熱器（オプション品）には、放熱器の中央部付近に温度測定用の（熱電対を挿入する）穴を設けてあります。



ベースプレート温度測定点
（ハーフブリックタイプ）



温度測定用の穴（3 φ）
（右図を参照）



熱電対を挿入して、接着剤で固定
（中央部は放熱グリース塗布を避ける）

1-4. 標準放熱器（オプション品） 外形図・放熱特性

弊社パワーモジュール製品のベースプレートサイズに合わせ、標準放熱器（オプション品）を用意しました。製品型名、適合製品、外形図、冷却特性、および代表的な冷却特性の例を示します。なお、ここに示した冷却特性（熱抵抗）は、ベースプレートに放熱用シリコングリースを塗布時のものです。

(1) [T83] 用 放熱器

HAA-083

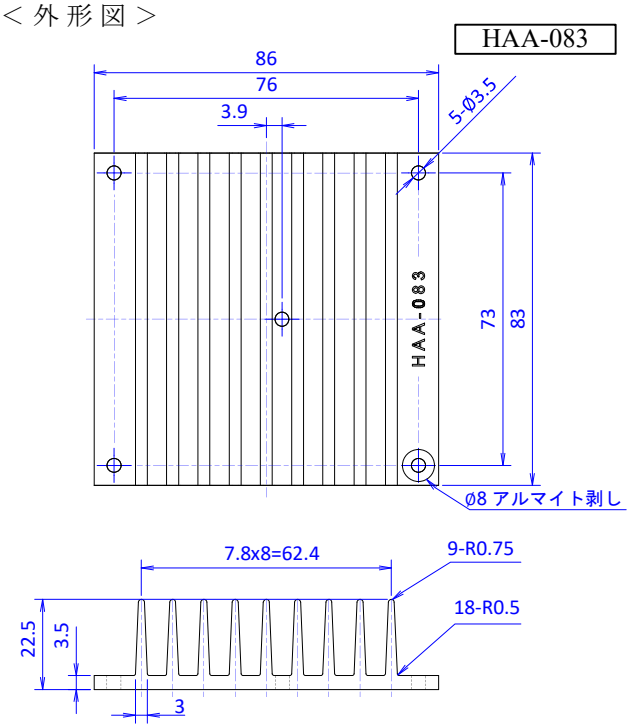
サイズ: 86(W)×22.5(H)×83(D)[mm]
適合製品: PF500A-360
熱抵抗: 2.7 [℃/W]（自然空冷時）

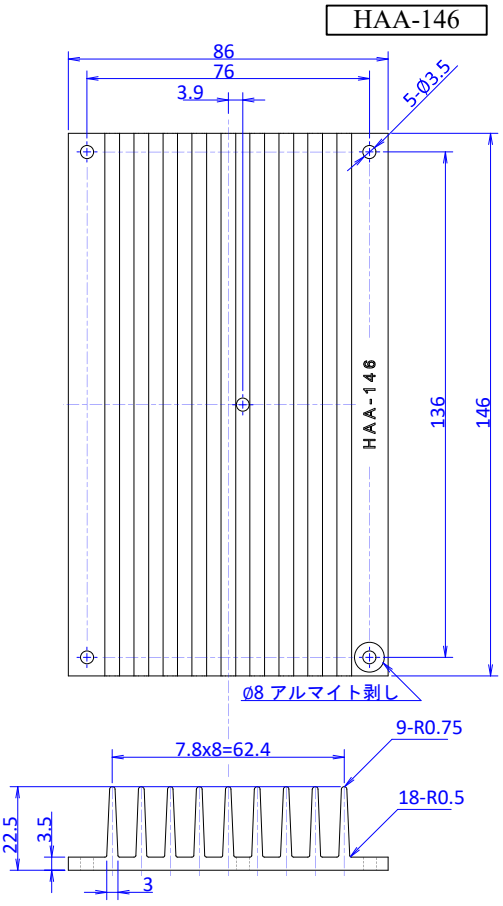
(2) [T146] 用 放熱器

HAA-146

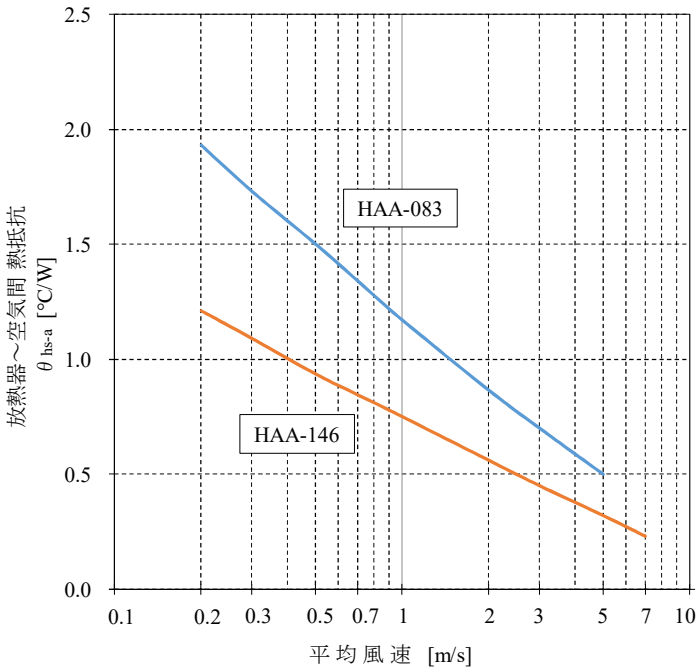
サイズ: 86(W)×22.5(H)×146(D)[mm]
適合製品: PF1000A-360
熱抵抗: 1.7 [℃/W]（自然空冷時）

＜ 外 形 図 ＞





＜ 強制空冷時の冷却特性 ＞



材 質：アルミニウム A6063-T5、
黒色アルマイト処理 （共通）

(3) ハーフブリック用 放熱器 ①

HAH-10L

サイズ: 61(W)×25.4(H)×57.9(D)[mm]
適合製品: PAH, CN200A110,
PH300A280, PH600A280
熱抵抗: 4.6 [°C/W] (自然空冷時)

(4) ハーフブリック用 放熱器 ②

HAH-10T

サイズ: 57.9.(W)×25.4(H)×61(D)[mm]
適合製品: PAH, CN200A110,
PH300A280, PH600A280
熱抵抗: 4.5 [°C/W] (自然空冷時)

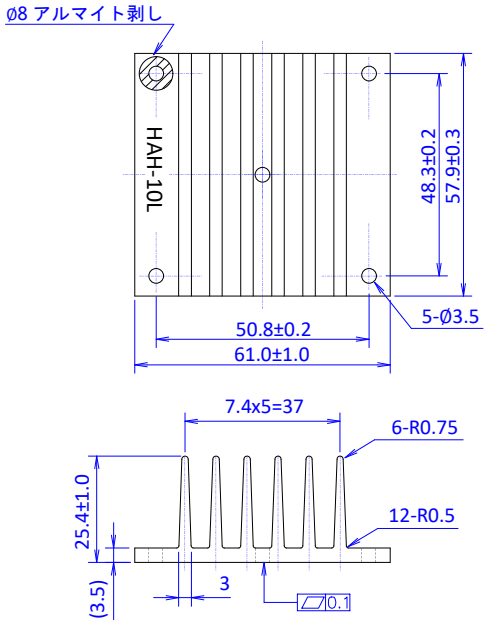
(5) ハーフブリック用 放熱器 ③

HAH-15L

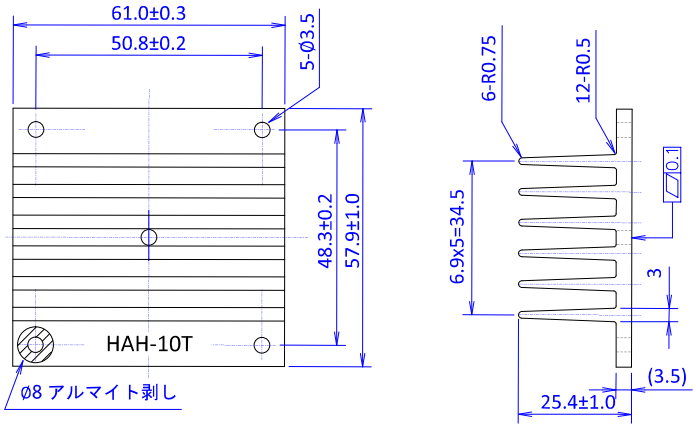
サイズ: 61(W)×38.1(H)×57.9(D)[mm]
適合製品: PAH, CN200A110,
PH300A280, PH600A280
熱抵抗: 3.4 [°C/W] (自然空冷時)

＜ 外 形 図 ＞

HAH-10L　重量:70g



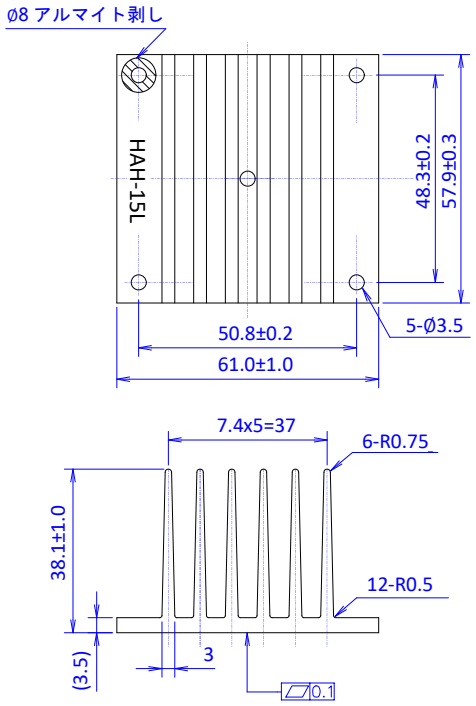
HAH-10T　重量:70g



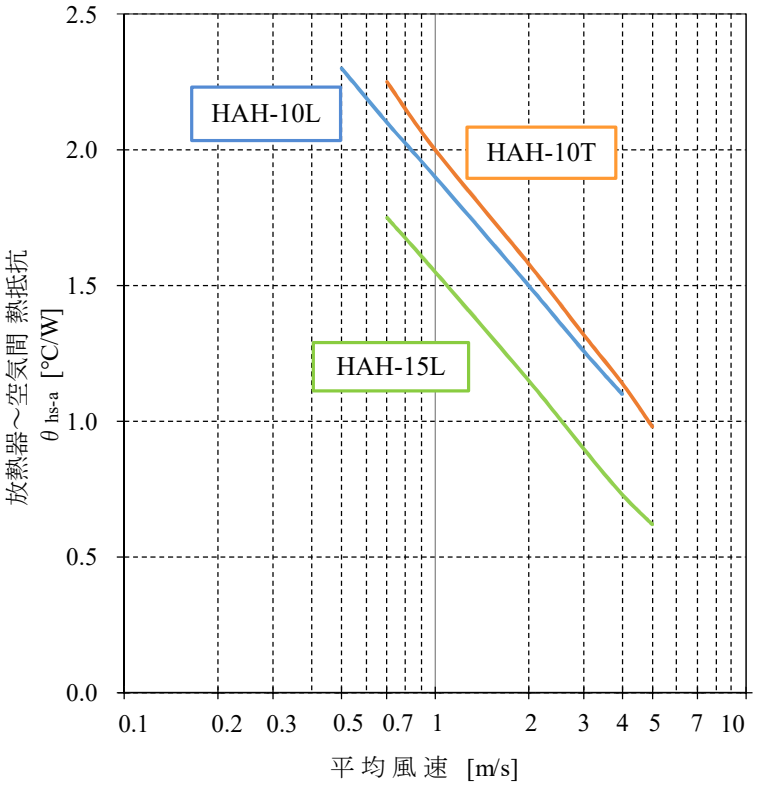
材　質：アルミニウム A6063-T5、黒色アルマイト処理 (共通)

注) PH600A280 は発熱が多いため、大電力出力で使用される場合は、羽根の大きな HAH-15L を推奨いたします。

HAH-15L　重量:110g



＜ 強制空冷時の冷却特性 ＞



(6) フルブリック用 放熱器 ①

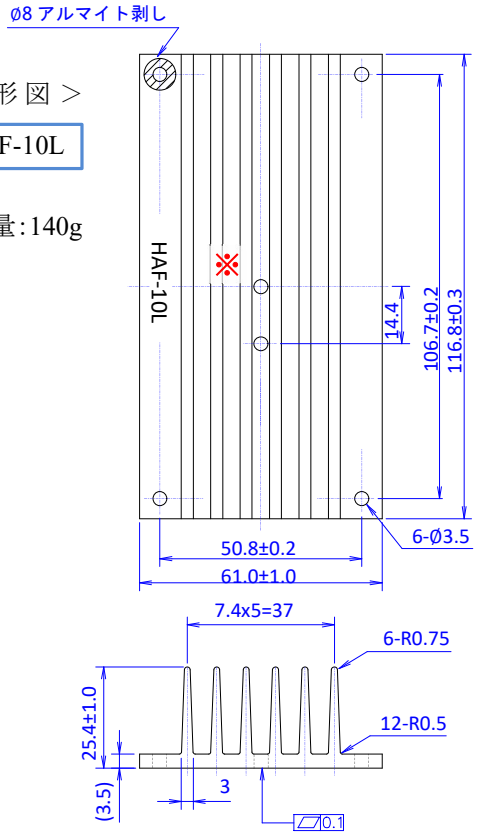
HAF-10L

サイズ: 61(W)×25.4(H)×116.8(D)[mm]
適合製品: PAF, PFE-SA, PH1200A, PF1500B
熱抵抗: 2.2 [ºC/W] (自然空冷時)

＜ 外 形 図 ＞

HAF-10L

重量:140g



(7) フルブリック用 放熱器 ②

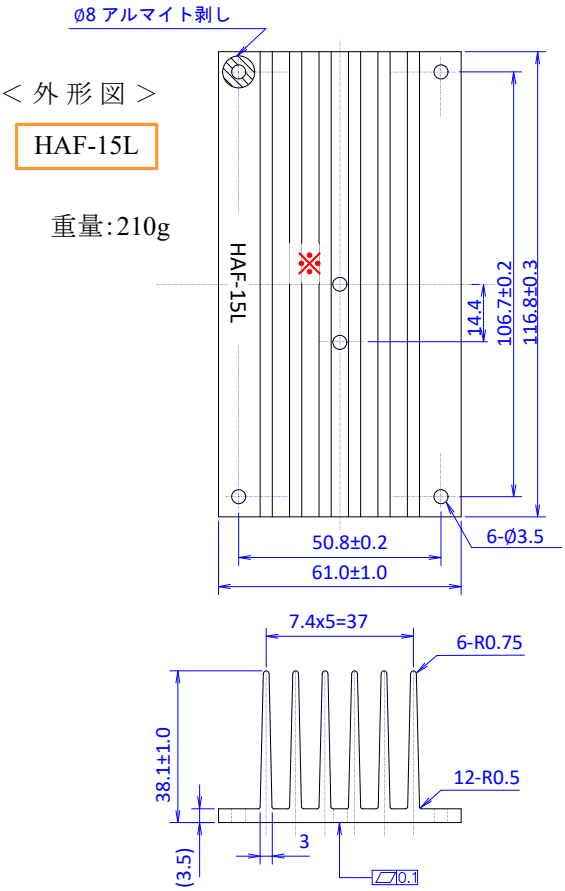
HAF-15L

サイズ: 61(W)×38.1(H)×116.8(D)[mm]
適合製品: PAF, PFE-SA, PH1200A, PF1500B
熱抵抗: 1.9 [ºC/W] (自然空冷時)

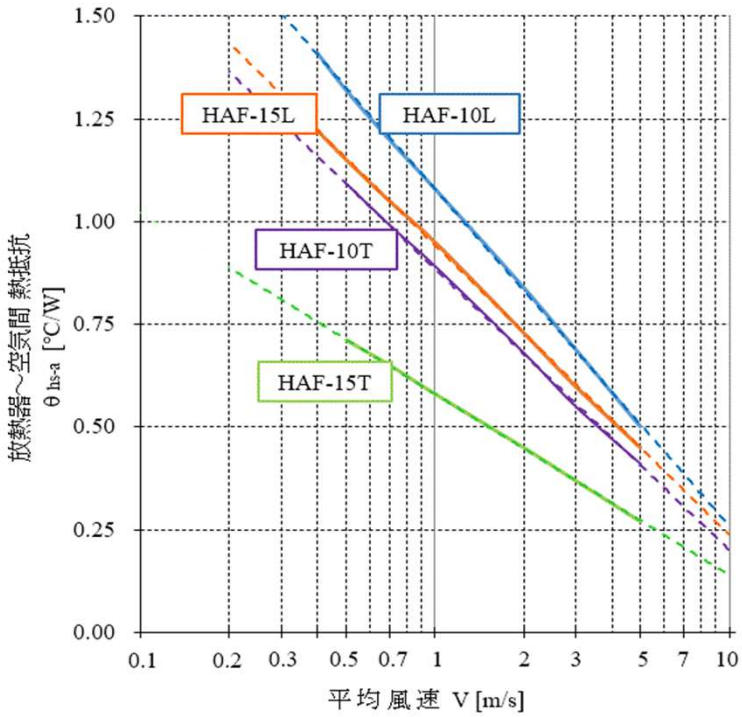
＜ 外 形 図 ＞

HAF-15L

重量:210g



＜ 強制空冷時の冷却特性 ＞



材 質 : アルミニウム A6063-T5、
黒色アルマイト処理 (共通)

注) 放熱器の中央部にある穴は、ベースプレート温度を測定の際に、熱電対を取り付けるためのものです。
2024年6月より ※印の穴を追加していますが、当面の間、この穴がないものが混在する場合があります。

(8) フルブリック用 放熱器 ③

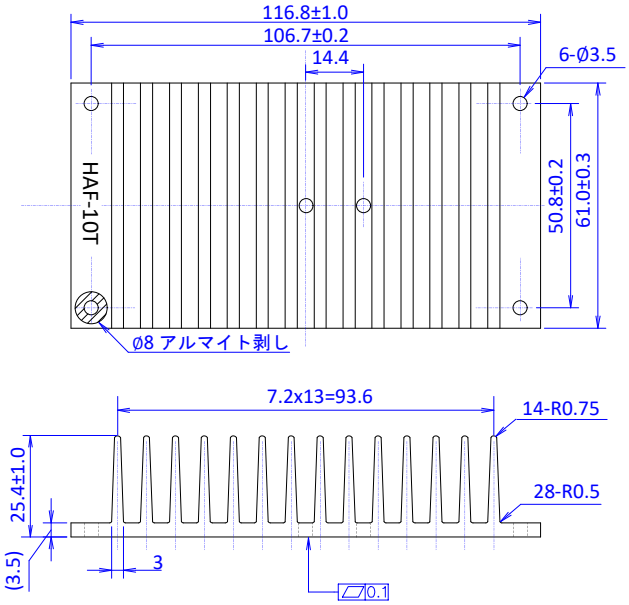
HAF-10T

サイズ: 116.8(W)×25.4(H)×61(D)[mm]
適合製品: PAF, PFE-SA, PH1200A, PF1500B
熱抵抗: 1.7 [ºC/W]（自然空冷時）

＜ 外 形 図 ＞

HAF-10T

［ 2023年10月 発売予定 ］



重量:160g

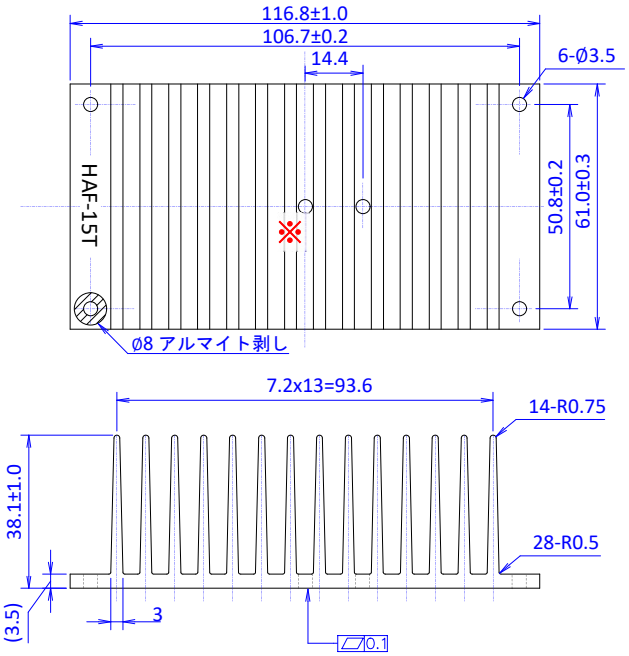
(9) フルブリック用 放熱器 ④

HAF-15T

サイズ: 116.8(W)×38.1(H)×61(D)[mm]
適合製品: PAF, PFE-SA, PH1200A, PF1500B
熱抵抗: 1.5 [ºC/W]（自然空冷時）

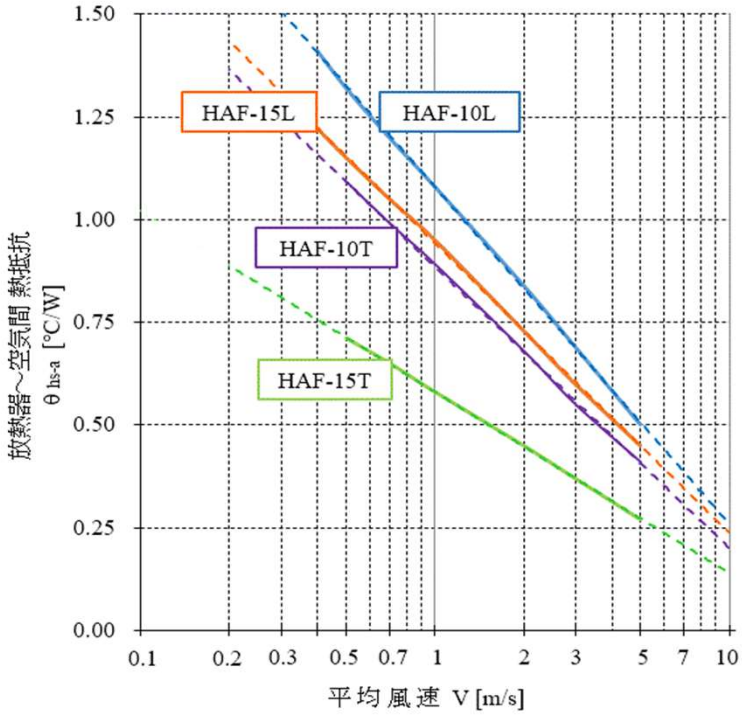
＜ 外 形 図 ＞

HAF-15T



重量:260g

＜ 強制空冷時の冷却特性 ＞



材　質：アルミニウム A6063-T5、
黒色アルマイト処理 （共通）

注）放熱器の中央部にある穴は、ベースプレート温度を測定の際に、熱電対を取り付けるためのものです。
2024年6月より ※印の穴を追加していますが、当面の間、この穴がないものが混在する場合があります。

(10) PFE500F 専用放熱器

HAL-F12T

サイズ: 122(W)×35(H)×69.9(D)[mm]
適合製品: PFE500F
熱抵抗: 0.97 [°C/W] (自然空冷時)

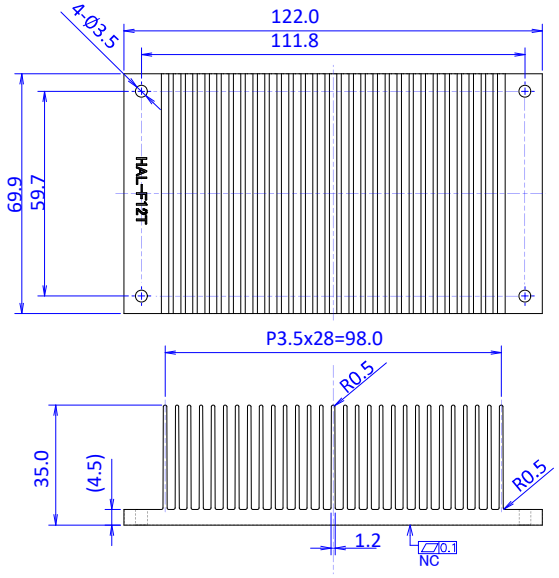
(11) PFE1000FA 専用放熱器

HAM-F10T

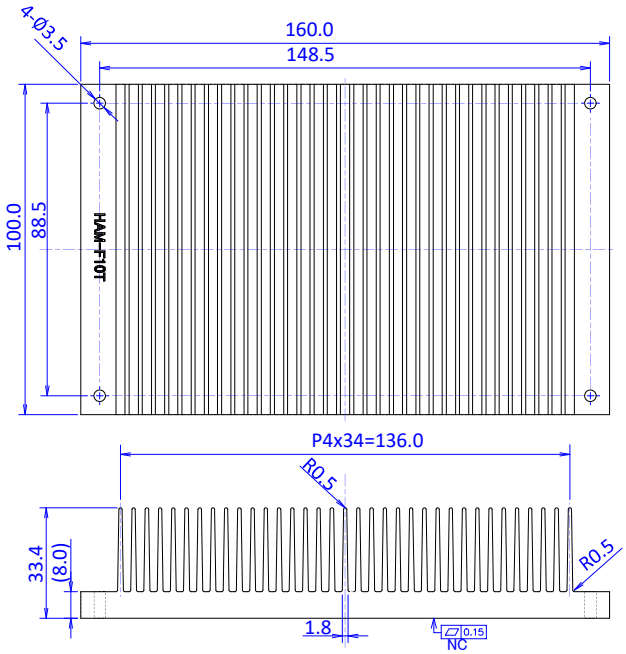
サイズ: 160(W)×33.4(H)×100(D)[mm]
適合製品: PFE1000FA
熱抵抗: 0.78 [°C/W] (自然空冷時)

＜ 外 形 図 ＞

HAL-F12T　重量:280g

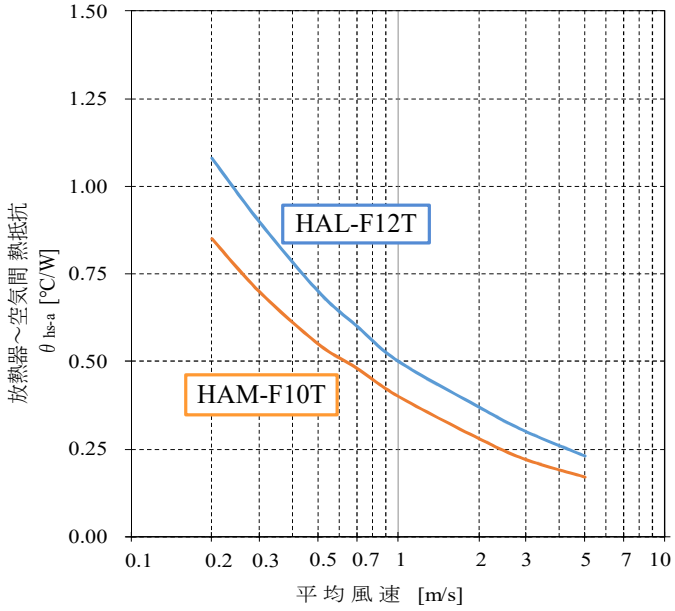


HAM-F10T　重量:670g



材　質：アルミニウム A6063S-T5、アルマイト処理なし(共通)

＜ 強制空冷時の冷却特性 ＞



注) HAL, HAM は、温度測定用の(熱電対を通す)穴がありません。
お客様ご自身で穴あけ加工の上、ご利用ねがいます。

(12) 1/4 ブリック用 放熱器

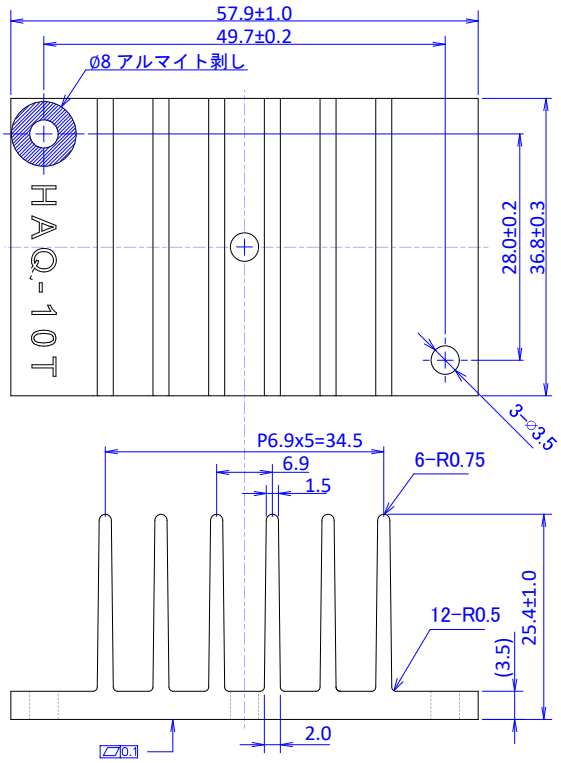
HAQ-10T

サイズ: 57.9(W)×25.4(H)×36.8(D)[mm]
適合製品: CN-A (30-100W), CN-B(50-150W), PH-A280 (50-150W)
熱抵抗: 7.5 [°C/W] (自然空冷時)

＜ 外 形 図 ＞

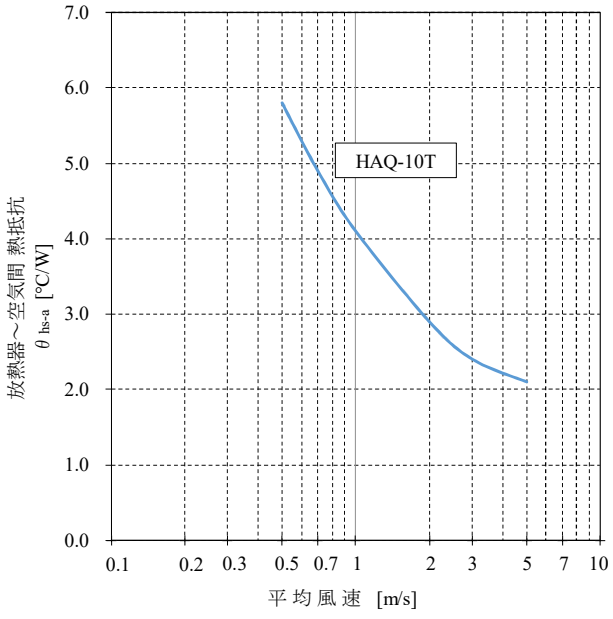
HAQ-10T

重量:45g



材　質：アルミニウム A6063S-T5、黒色アルマイト処理

＜ 強制空冷時の冷却特性 ＞



2-5. 標準放熱器(オプション品)による強制空冷の例 (概算値)

パワーモジュール製品における代表的な出力電力・効率・損失・熱抵抗、および標準放熱器に必要な平均風速の計算例を示します。入力電圧は定格値とし、ベースプレートに放熱用シリコングリースを塗布して放熱器を取り付けた場合のものです。平均風速が 5m/s (軸流ファン:60mm角 5W、1.0 m^3/min クラス)を超えてくると、騒音にも注意が必要となります。

1. DC-DC Power Moduule		共通条件 : 周囲温度 Ta=60°C, ベースプレート温度 Tp=95°C, (ΔTp=35°C)					
Series	Model	出力 Po [W]	効率 η [%]	損失 Pd [W]	必要な熱抵抗 θbp-a [°C/W]	放熱器型名 Heatsink Type Name	必要な平均風速 V [m/s]
CN-A	CN50A24-5, 12	50	81	11.7	2.98	HAQ-10T	2.0
	CN50A24-15, 24	50	82	11.0	3.19		1.8
	CN50A110-*	50	81	11.7	2.98		2.0
	CN100A110-12,15,24	80	85	14.1	2.48		3.1
		100	85	17.6	1.98		5.0
	CN200A110-*	150	86	24.4	1.43	HAH-10L/10T	2.5
	CN200A110-*	150	86	24.4	1.43	HAH-15L	1.2
		200	86	32.6	1.08		2.2
CN-B	CN50B110-48	50	87	7.5	4.68	HAQ-10T	0.8
	CN100B110-24	100	90.5	10.5	3.33		1.6
	CN150B110-24	150	90.5	15.7	2.22		3.9
	CN200B110-24	180	90	20.0	1.75	HAH-10L/10T	1.5
		200	90	22.2	1.58		2.0
		200	88	27.3	1.28	HAH-15L	1.6
	CN300B110-12	250	90	27.8	1.26		1.6
		300	89.5	35.2	0.99		2.6
	CN300B110-24	250	90	27.8	1.26		1.6
		300	90	33.3	1.05		2.3
PAH	PAH300S24-12	150	86	24.4	1.43	HAH-10L/10T	2.5
		250	86	40.7	0.86	HAH-15L	3.3
		300	85	52.9	0.66		4.6
	PAH300S48-28	150	86	24.4	1.43	HAH-10L/10T	2.5
		250	88	34.1	1.03	HAH-15L	2.4
		300	87	44.8	0.78		3.7
	PAH450S48-28, 48	400	90	44.4	0.79		3.7
		450	90	50.0	0.70		4.3
PAF	PAF500F24-12	400	88	54.5	0.64	HAF-10L	3.4
						HAF-15L	2.7
		500	87	74.7	0.47	HAF-10T	4.0
						HAF-15T	1.8
	PAF600F48-28	500	89	61.8	0.57	HAF-10L	4.2
						HAF-15L	3.4
		600	88	81.8	0.43	HAF-10T	4.6
						HAF-15T	2.2
	PAF700F48-12	500	89	61.8	0.57	HAF-10L	4.2
						HAF-15L	3.4
		700	88	95.5	0.37	HAF-10T	5.7
						HAF-15T	3.1
	PAF600F280-48	500	90	55.6	0.63	HAF-10L	3.5
						HAF-15L	2.8
		600	90	66.7	0.53	HAF-10T	3.3
						HAF-15T	1.3
PH-A	PH75A280-5	75	84	14.3	2.45	HAQ-10T	3.1
	PH150A280-24	120	88	16.4	2.14		4.2
		150	89	18.5	1.89		5.6
	PH300A280-48	200	88	27.3	1.28	HAH-10L/10T	3.2
		300	89	37.1	0.94	HAH-15L	2.8
	PH600A280-24	450	91	44.5	0.79		3.7
		600	92	52.2	0.67		4.5
	PH1200A280-*	800	94	51.1	0.69	HAF-10L	3.0
		1000	94	63.8	0.55	HAF-15L	3.6
						HAF-10T	3.1
		1200	94	76.6	0.46	HAF-10T	4.2
						HAF-15T	1.9

2-5. 標準放熱器による強制空冷の例（概算値・ご参考）（続き）

2. PFHC Power Moduule (1)		共通条件： 周囲温度 Ta=50°C, ベースプレート温度 Tp=80°C, (ΔTp=30°C)					
Series	Model	出力 Po [W]	効率 η [%]	損失 Pd [W]	必要な熱抵抗 θbp-a [°C/W]	放熱器型名 Heatsink Type Name	必要な平均風速 V [m/s]
PF-A	PF500A-360 (Vin=100VAC)	400	92	34.8	0.86	HAA-083	2.1
		500	91	49.5	0.61		3.7
	PF500A-360 (Vin=200VAC)	600	95	31.6	0.95		1.7
		750	95	39.5	0.76		2.6
	PF1000A-360 (Vin=100VAC)	750	94	47.9	0.63	HAA-146	1.6
		1000	94	63.8	0.47		2.8
	PF1000A-360 (Vin=200VAC)	1200	94	76.6	0.39		3.8
		1500	94	95.7	0.31		5.0

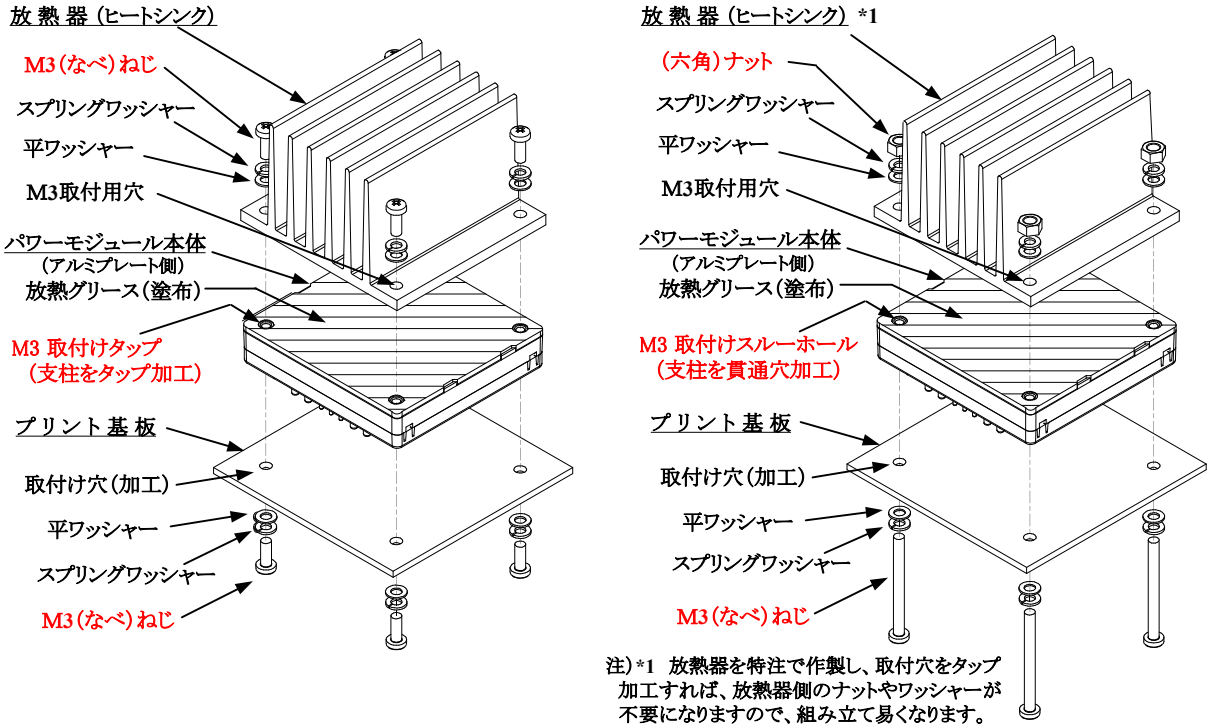
3. PFHC Power Moduule (2)		共通条件： 周囲温度 Ta=60°C, ベースプレート温度 Tp=95°C, (ΔTp=35°C)					
Series	Model	出力 Po [W]	効率 η [%]	損失 Pd [W]	必要な熱抵抗 θbp-a [°C/W]	放熱器型名 Heatsink Type Name	必要な平均風速 V [m/s]
PF-B	PF1500B-360 (Vin=85-132VAC, Low Eff. at 85V)	800	94.9	43.0	0.81	HAF-10L	2.1
						HAF-15L	1.5
						HAF-10T	1.3
						HAF-15T	0.29
		1000	94.5	58.2	0.60	HAF-10L	3.8
						HAF-15L	3.0
						HAF-10T	2.6
						HAF-15T	0.89
	PF1500B-360 (Vin=170-255VAC, Low Eff. at 170V)	1200	96.8	39.7	0.88	HAF-10L	1.7
						HAF-15L	1.2
						HAF-10T	1.0
						HAF-15T	0.21
		1500	97.1	44.8	0.78	HAF-10L	2.3
						HAF-15L	1.7
						HAF-10T	1.4
						HAF-15T	0.35

3. AC-DC Power Module		共通条件： 周囲温度 Ta=60°C, ベースプレート温度 Tp=95°C, (ΔTp=35°C)					
Series	Model	出力 Po [W]	効率 η [%]	損失 Pd [W]	必要な熱抵抗 θbp-a [°C/W]	放熱器型名 Heatsink Type Name	必要な平均風速 V [m/s]
PFE-SA	PFE500SA-28, 48 (Vin=85-265VAC, Low Eff. at 85V)	500	87	74.7	0.47	HAF-10L	5.6
						HAF-15L	4.7
						HAF-10T	4.0
						HAF-15T	1.8
	PFE700SA-28 (Vin=85-265VAC, Low Eff. at 85V)	700	89	86.5	0.40	HAF-10L	6.6
						HAF-15L	5.8
						HAF-10T	5.0
						HAF-15T	2.5
PFE-F	PFE500F-28 (Vin=100VAC)	400	82	87.8	0.34	HAL-F12T	2.3
		500	84	95.2	0.32		2.7
	PFE500F-28 (Vin=200VAC)	400	85	70.6	0.43		1.4
		500	86	81.4	0.37		1.9
PFE-FA	PFE1000FA-48 (Vin=100VAC)	800	86	130.2	0.23	HAM-F10T	2.8
		1000	87	149.4	0.20		3.8
	PFE1000FA-48 (Vin=200VAC)	800	88	109.1	0.28		2.0
		1000	89	123.6	0.24		2.6

2. パワーモジュールの実装方法

2-1. プリント基板への実装方法

パワーモジュールをプリント基板に実装される際には、図3-1に示す方法を参照の上、実装してください。
図の例では、PH300A280/PH600A280と標準放熱器「HAH-15L」を組み合わせた状態を示しています。



標準タイプ（M3タップ加工品）実装方法　　**/T, /PI タイプ（M3 貫通穴、タップ無）実装方法**

図 3-1　　プリント基板・放熱器 取付け方法

(1) 固定方法について

パワーモジュールをプリント基板へ固定される際は、本体の取付け穴を使ってねじ止めしてください。
取付け穴の詳細は次項 (2) を参照願います。ねじはM3が適合します。また、推奨締め付けトルクは
0.54 N･m（約 5.5 kg F･cm）です。ねじ固定する箇所の数は製品サイズにより異なり、以下の通りです。
　　2ヶ所 ･････ 1/4 Brick 以下のサイズ、　　4ヶ所 ･････ 1/2 Brick 以上のサイズ
パワーモジュールの取付け穴は、全て使用してねじ止めしてください。一部のみの使用とされた場合、
固定時にベースプレートへ応力が掛かり、内蔵部品を損傷する恐れがあるため危険です。

＊ ねじとワッシャーを組み合わせた座金組込みねじ（セムスねじ）を使用されますと、作業性が向上します。

(2) M3ねじ 取付け穴

M3ねじ取付け穴は、パワーモジュールに内蔵の金属製の支柱に穴あけ加工したもので（図3-2）、タップ
（ねじ切り）加工品と貫通穴品（スルーホール、タップ加工なし）の2種類あり、標準品はタップ加工品です。
貫通穴タイプは製品名の後に /T、または /PI を付け区別しています。
以下に取付け穴のバリエーションと製品名の例を記述します。
　標準品：M3タップ（ねじ切り）加工品　（PAH450S48-48 など）、
　貫通穴：φ3.3スルーホール品（PH600A280-24/T など）、
　貫通穴：φ3.2スルーホール品（PF1000A-360/PI 、PF-Aシリーズのみ）
スルーホール品を必要とされる場合は、ご注文の際に指定ねがいます。

図 3-2　　支柱 および 穴加工の様子（丸枠内）
（PH600A280の例、銘版側より見た写真）

(3) 基板の取付け穴・銅箔パターン ランド径

プリント基板の取付け穴・ランド径につきましては、下表のサイズを参考にして決定してください。
これらは装置の性能や安全規格の要件を満たす範囲で、適宜 アレンジ頂くことが可能です。
また、取付け穴(ピン)の位置や本数については、各製品の外観図をご参照ねがいます。

機　能		AC-DC				DC-DC		
部　位 ＼ 製品名		PF-A360	PFE-SA	PFE500F	PFE1000FA	PAF-F	CN50~100A24, CN30~100A110 PH50~150A280	CN200A110, PH300A280, PH600A280
入力端子径 φ[mm]	ピン	2.0	1.0		2.0		1.0	
	基板穴	2.5	1.5		2.5		1.5	
	ランド	5.0	3.5		5.0		2.5	
出力端子径 φ[mm]	ピン			2.0			1.5	2.0
	基板穴			2.5			2.0	2.5
	ランド			5.0			3.5	5.0
信号端子径 φ[mm]	ピン	0.6	1.0	□ 0.64 *		1.0	1.0	
	基板穴	1.0	1.5	1.0		1.5	1.5	
	ランド	2.0	3.5	1.8		3.5	2.5	
取付用タップ径(FG) φ[mm]	ねじ	M3.0 (全製品 共通)						
	基板穴	3.5 (全製品 共通)						
	ランド	7.0 (全製品 共通)						

注) * PFE-F(A)シリーズの信号ピンは、角形ピンとなっています。

(4) 推奨基板材質について

両面スルーホール付き ガラスエポキシ基板(厚さ1.6mm、銅箔厚さ35μm以上)を推奨致します。

(5) 基板の銅箔パターン幅

入出力ラインに数10Aクラスの大電流が流れる製品もありますので、銅損や放熱を考慮した基板のパターン設計を行ってください。

電流とパターン幅の関係は、基板材質・銅箔厚さ・パターンの許容温度上昇などにより異なりますが、ここでは銅箔の厚さが35μmの一般のガラスエポキシ基板の例として、導体幅と許容電流の関係を図3-3に示します。例えば、電流を 5A 流し、温度上昇を 10°C 以下にする場合、パターン幅を 4.2mm 以上にする必要があります。(使い易い目安として、電流 1A 当たり 1mm 幅でお考えください。)
なお、図3-3の特性は基板メーカーにより異なりますので、設計時には必ず適用される基板メーカーへご確認願います。

この他、必要に応じて多層基板を適用し、大電流が流れる箇所はパターンを厚くしたり並列接続するといった工夫もご検討ください。

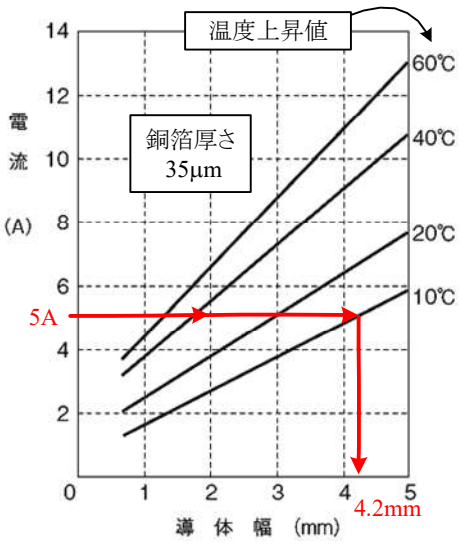


図3-3　パターン幅と許容電流の関係(例)

(6) 端子接続方法、パターン引き回し

入出力端子ピン(+Vin, -Vin, AC(L), AC(N), +R, +V(out), -V(out) など)や FG(取付けタップ)の接続は、上記(5)で述べた大電流への対応・ノイズ対策のため、接触抵抗が小さくなるように行ってください。
また、小信号系の配線(端子名:CNT, SG, ON/OFF, PC, IOG, ENA, AUX, +S, TRM, -S など)についてはノイズ対策に配慮願います。例として、入出力系の配線より離したり、出力側の場合は -Sのパターンに沿って配線したり、多層基板を用いて-SやFGをシールド層にされると効果的です。

※ ピンの長さが製品により異なりますので、ご注意ください。詳しくは各製品の外観図を参照願います。

2-2. 放熱器の取付け方法

(1) 固定方法　　（図3-1 参照）

(1-1) 標 準 品

放熱器の固定は、ベースプレート側にあるM3取付け用タップを使用します。ねじはM3が適合します。ねじの長さは、反対側の基板側より取り付けたねじと干渉しないような長さとなるように考慮してください。タップ加工した支柱の長さは、パワーモジュールの高さ(厚さ)と同じ 12.7mm (typ) としてありますので、支柱の中にねじが 3~5mm程度、入るような状態が およその目安です。 ねじの推奨締め付けトルクは 0.54 [N･m] (約 5.5 [kg F･cm]) です。

(1-2) スルーホール品 (/T, /PI)

プリント基板にパワーモジュールを搭載したものに長いねじを貫通させ、放熱器と 共締め固定します。ねじはM3が適合します。ねじの長さは、基板の厚さ･パワーモジュールの高さ(厚さ)･放熱器の厚みを合計したものです。例として、基板厚 1.6mm･パワーモジュールの高さ12.7mm･放熱用グリースの厚さ 0.2mm･放熱器の取付け部の厚み 3.0mm としますと、左記の合計は 17.5mmとなりますので、これに見合った長いねじが必要になります。

スルーホール品を使用時は、パワーモジュール本体を予め仮止めしてから はんだ付けしてください。仮止めをせず、フローはんだ付けの後にねじ止めされますと、はんだ付け部に応力が掛かってしまい、信頼性に影響する恐れがありますので、ご注意ください。

(2) 放熱器の取付け穴

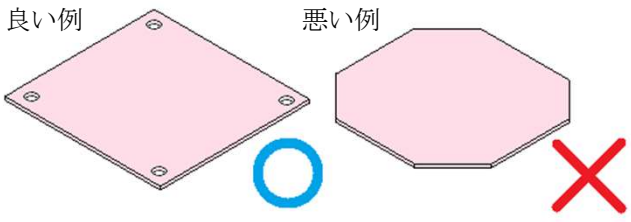
弊社で用意している標準放熱器は、取付け穴も標準品用のみとしています。標準放熱器にはパワーモジュール製品の取付けタップ位置に合わせて貫通穴(スルーホール)があり、穴径は φ 3.5mm です。パワーモジュールの /T, /PI タイプを使用し、放熱器を お客様自身で設計される場合、放熱器にM3のタップ加工(ねじ切り)をして頂きますと、作業性が向上します。(図3-1 /T, /PI タイプ 実装方法参照)

(3) 放熱材料について

放熱性能を確保するため、パワーモジュール製品と放熱器の熱結合を良くして放熱器を取り付ける必要があります。
一般的な方法はパワーモジュール電源のベースプレートに放熱用グリースを塗布し、その上に放熱器を固定します。
これにより、ベースプレートと放熱器の隙間が埋まるため、高い放熱性能を得ることができます。

最近は図3-4のように放熱シートを使用する例もありますが、上記の隙間ができないように取り付けてください。

また、放熱シートの加工をする際は、ねじの位置に合わせて穴をあけてください。もし下図のように斜めカットのみとされた場合、固定時にベースプレートのエッジ部分に応力が掛かり内蔵部品を破損させる恐れがあり危険ですので、このような加工は避けてください。



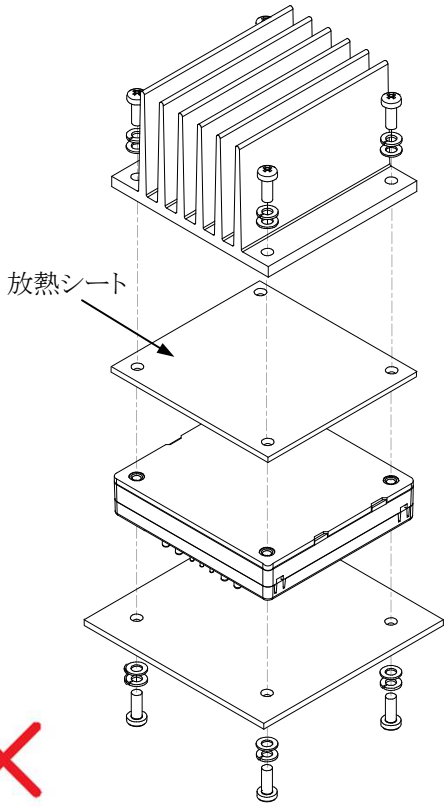


図 3-4　放熱シート使用のイメージ および 加工時の注意

2-3. 耐振動(衝撃)について

パワーモジュール電源の耐振動(衝撃)規格値は、プリント基板上に(放熱器なしで)電源のみを実装した状態における値です。従って、大型の放熱器を使用される場合は、電源の固定とは別に放熱器を装置の筐体に固定し、電源本体やプリント基板に無理な応力が掛からないようにしてください。

2-4. 推奨はんだ付け条件

(1) フローはんだ (はんだディップ槽)
プリヒート(予熱)条件：110°C、30~40秒以内、　ディップ条件：260°C、10秒以内
注) リフローはんだは できません。(内蔵部品のはんだが溶けて脱落、破損してしまうため。)

(2) はんだゴテ (手はんだ)
コテ先 温度条件：350°C、　はんだ付け時間：3秒以内

注) 使用される はんだゴテの熱容量、基板パターン等により はんだ付け時間の調整が必要です。
上記の条件を基本とし、お客様ご自身にてアレンジしてください。

2-5. 推 奨 洗 浄 条 件　(製品を実装後 / はんだ付け後)

(1) 推 奨 洗 浄 液
IPA(イソ・プロピル・アルコール)です。　＊ 無洗浄(のフラックス)も推奨します。

(2) 洗 浄 方 法
洗浄液がパワーモジュール製品の内部に浸透しないように、ブラシ洗浄をお願い致します。
また、洗浄後は 充分に乾燥させてください。 なお、浸漬洗浄はしないでください。

注) 浸漬洗浄されますと、製品内部の樹脂部品が変形・劣化してしまう危険があります。

2-6. 保管条件 および 期間　(製品を実装前 / はんだ付け前)

(1) 保 管 条 件
・温度範囲：5°C ~ 30°C、　・湿度範囲：40% ~ 60%RH　(ただし結露なきこと)
梱包された状態のままで保管していただき、直射日光が当たらないようにご注意ください。
また、製品に直接、過度な振動・衝撃や荷重が掛からないよう、お取り扱い願います。

※ 温湿度変化の激しい場所での保管は、結露の発生や劣化原因になるため、避けてください。

(2) 保 管 期 間
納入後、2年以内でのご使用を推奨しますが、納入後 1年 経過した際は、念のため端子ピンが酸化したり錆の発生がないか、はんだ付け性に問題がないかなどを確認の上、ご使用ください。

注) 長期保管される場合
酸化の要因となる酸素や水気の対策として、例えば乾燥剤(シリカゲル)を同梱した脱気梱包を実施されるなど、端子ピンが酸化しないことに重点をおいて保管されることを推奨致します。

2-7. 保存条件 および 期間　(製品を実装後 / はんだ付け後)

(1) 保 存 条 件
・温度範囲：-40°C ~ 85°C、　・湿度範囲：5% ~ 95%RH　(ただし結露なきこと)

(2) 保 存 期 間
特に規定を設けておりませんが、2年程度を目安としてご使用されることを推奨致します。
なお、外付け部品として アルミ電解コンデンサなどの有寿命部品を実装されている場合は、それらの部品につきましても劣化がないか、ご確認願います。

3. 並列運転アプリケーション

3-1. 概　要

パワーモジュール製品の一部において、PC端子を用いたカレントシェア方式の並列運転が可能です。PC端子同士を接続することにより、各パワーモジュールの出力電流を均等に分担するように動作します。カレントシェア並列運転には、基本的なパワーアップ並列運転、N+1並列冗長運転の2つがあります。

対象製品：PAF500F24, PAF600F24, PAF500F48, PAF600F48, PAF700F48,
CN200B110, CN300B110, PAF600F280, PH1200A280, PFE500F, PFE1000FA

注）以下の製品も並列運転が可能ですが並列方式が異なるため、ここでは本説明の対象外とします。
CN200A, PF500A, PF1000A, PF1500B, PFE700SA（詳しくは各製品の取扱説明書をご参照ください。）

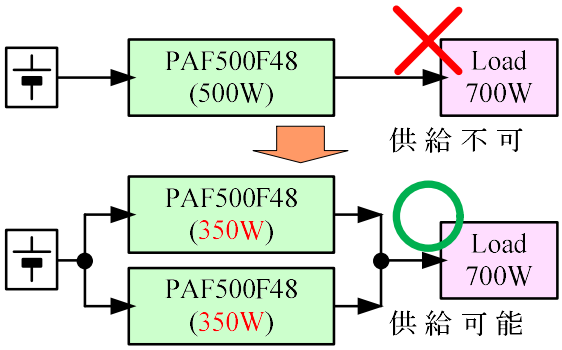
（製品名は 2024年 11月 現在のものです。）

(1) パワーアップ並列運転

パワーモジュール1台では供給できない大きな負荷に対応するための出力パワーアップ、またはパワーモジュール1台あたりの出力電力を低減し（発熱を抑えて）信頼性の向上を図る場合に適用します。

① 出力パワーアップ（例）

電源が500Wで、負荷が700Wの場合、電源1台では容量（パワー）不足となり供給できませんが、2台を並列運転すれば電源は 350Wずつの負担で済むため、適用可能となります。



② 電力低減・高信頼化 (例)

500Wの電源に対し負荷が400Wの場合、電源の供給能力はありますが、もう1台、電源を並列にして各電源の出力を200Wずつに分散させると電源1台あたりの発熱を低減でき、これによって装置の信頼性向上を図ることができます。

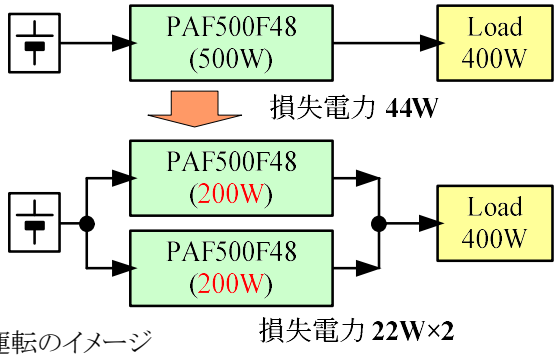
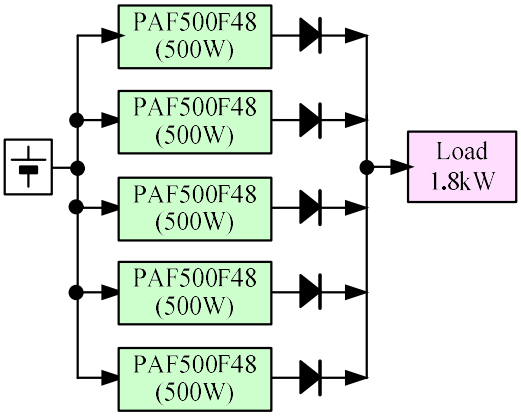


図1-1　基本的なパワーアップ並列運転のイメージ

(2) N+1 並列冗長運転

より高い信頼性が求められる電源システムにおいて、パワーモジュールN台分の負荷に対して N+1台を使用する事によってシステムの信頼性を高めることが可能です。N+1台の並列運転中において、1台が故障した場合においても自動的に他の電源で負荷電流を分担し、システムの機能を保持し続けます。



例として、左図のように500Wの電源 5台用いてN+1並列冗長運転をすることにした場合、仕様より出力可能な電力は 500W×5×95%=2,375Wです。これを用いて 1.8kWの負荷を駆動した場合、定常時は 5台の電源で分散させて給電、電源が1台故障した場合は残った4台の電源で分散給電するようにします。電源4台になっても500W×4×95%=1900W であり、供給可能です。なお、出力に挿入してあるダイオードは、電源が故障した場合の逆流防止用です。

図1-2　N+1並列冗長運転の構成イメージ

3-2. 並列運転の要件

パワーモジュール製品のPC端子（並列制御端子）を用いた並列運転の要件は、以下の通りです。

(1) 並列運転が可能な製品

PC機能を備えていて、かつ同一機種・モデル間（同一の出力電圧・電力）同士の場合のみです。

(2) 出力可変＋並列運転の場合

並列運転をされる前に、予め1台ごとに必要な電圧設定精度以内（例:±1%）に調整してください。

(3) 並列時の最大出力電流について

「製品単体時の最大出力電流×台数」より低減が必要です（例:PAFシリーズの場合、計算値の95%）。
これは製品により異なっております。詳しくは、各製品の取扱説明書をご参照ねがいます。

(4) 負荷線の配線方法についての注意

（複数の）パワーモジュールと、負荷への出力線の長さ・太さを、極力 揃えるようにしてください。

(5) PC端子についての注意事項

PC端子の内部回路の動作基準点（シグナルグランド）は、-S端子やCOM端子となっています。
この回路にスイッチングノイズが重畳しますと、動作が不安定となったり電流バランスが崩れてしまう恐れがありますので、出力電流が流れるパワーラインとの共用は避けるようにしてください。

＊ 特にモジュール同士の距離が長いと、上記の傾向があります。その対策として、各モジュールのシグナルグラウンドとPC端子の間にパスコン（0.01～0.1μF）を接続してご検討ください（次項参照）。

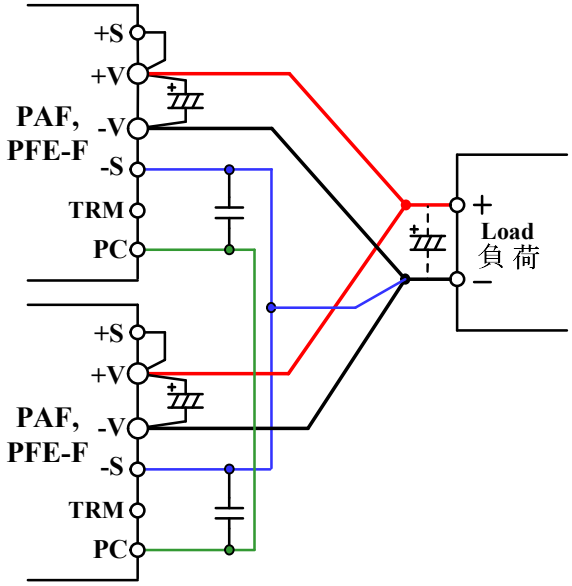
(6) その他の注意事項

相互干渉（並列運転モジュール相互間の入力干渉）により、動作が不安定となる場合があります。
その対策として、各モジュールの入力側にコモンモードチョークコイルを付加してご検討ください。
なお、他の機能ピン使用時（IOG, AUX端子など）は、取扱説明書の該当箇所をご参照ねがいます。

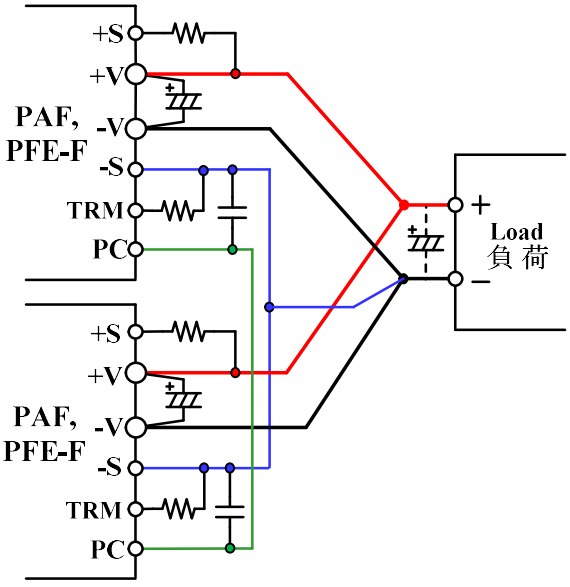
3-3. パワーアップ並列運転の接続例

以下、パワーアップ並列運転の接続例を示します。負荷線の長さを均等にした模式図を示しています。
各回路図は2台の例ですが、3台以上の場合も同様です。PC端子の配線にノイズが載らないよう、-Sの配線（信号グランドパターン）を近接させ負荷線の-Vへ一点接地しますと、よい結果を得やすいです。

(a) 基本的なパワーアップ並列接続の例



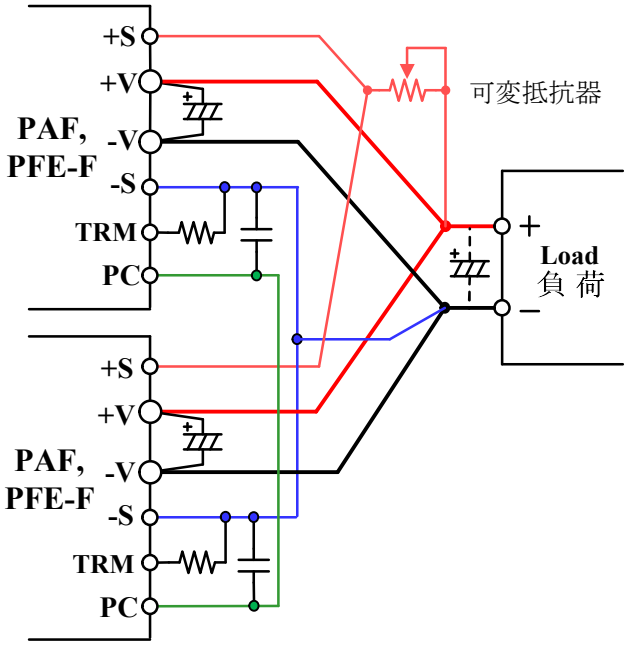
(b) 出力電圧可変時（固定）での並列運転例



※ ここでは、各パワーモジュールのPC、-S端子の間にパスコンを接続した回路を記載してあります。
また、電圧安定化・ノイズ低減用に負荷直近に電解コンデンサを追加されると効果的です。

3-3. パワーアップ並列運転の接続例（続き）

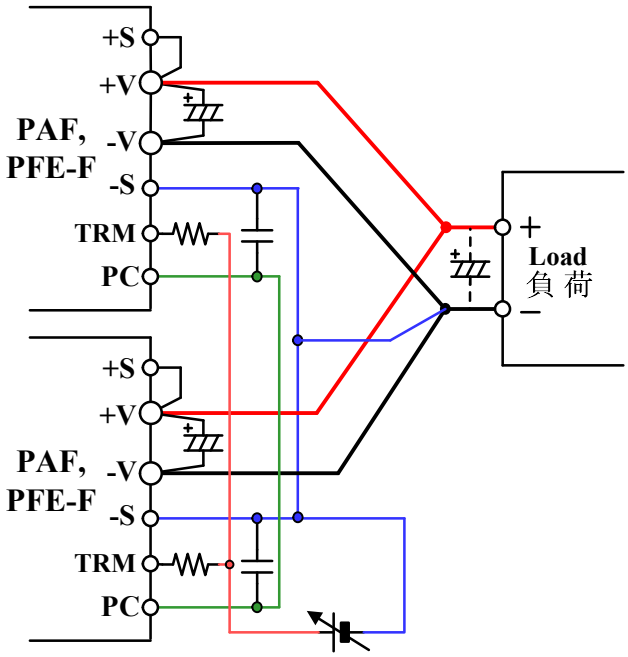
(c) 並列運転と同時に出力電圧を可変抵抗器で調整する接続例



左の回路は、前項(b)の回路の+S配線に入れた抵抗を共通化して、それをさらに可変抵抗器へ置き換えたものです。

可変抵抗器の抵抗値（範囲）は、並列接続するパワーモジュール台数をNとしますと、取扱説明書に記載した出力可変方法の抵抗値×(1/N)になります。

(d) 並列運転と同時に出力電圧を外部電圧印加で調整（可変）する接続例



この回路は、前項(a)回路の各TRM端子に抵抗を経由して外部電圧を印加することによって、出力電圧可変とする例です。

カレントシェア方式の並列運転は、PC端子信号をもとにして各モジュールのTRM端子電圧を微調整するため、このような接続が必要となります。

ご注意）並列運転をされる場合は、実機にて充分ご評価の上、ご使用願います。

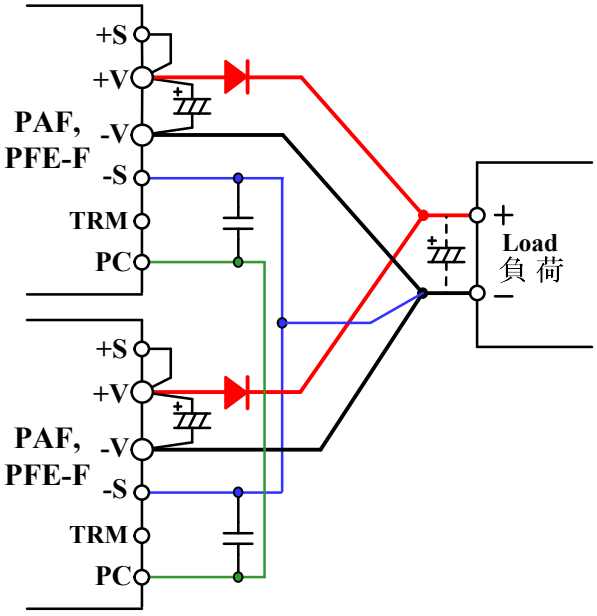
3-4. N+1 並列冗長運転の接続例

以下、N+1 並列冗長運転の例を示します。回路図は前項と同様、負荷線の長さを均等にした模式図です。
前項と異なる点は下記(1),(2)の通りで、出力ダウンが許されない高信頼性システム構築が可能となります。

(1) 各パワーモジュール出力線にダイオードを挿入
モジュール内部で短絡故障が発生しても、負荷側の逆流による出力低下が起きないようにします。
ただし、ダイオードの順方向電圧による電圧降下・電力損失が発生するため、微調整が必要です。

(2) 出力電力を故障時でも確保できるように設定
例えば PAF500F48モジュールを10台、並列冗長運転して90%まで出力を取るものとした場合、4.5kW まで供給可能となります。ここでもし負荷装置が3.5kWであれば、冗長運転しているPAFモジュールが2台まで故障したとしても出力は保持されるため、装置性能を確保できて高信頼性となります。

(a) 基本的なN+1並列冗長の回路例



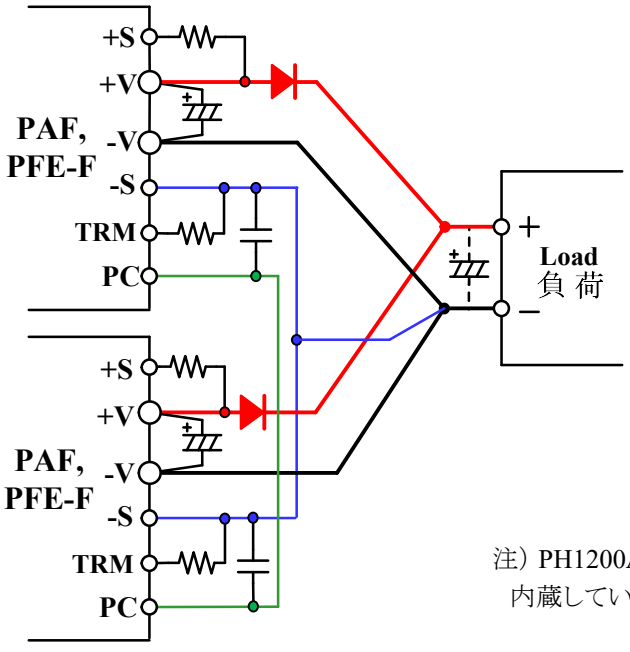
N+1並列冗長運転の回路は、パワーアップ並列運転している各モジュールの出力にダイオードを追加した構成となります。

万一の場合の破損に備え、＋側センシング(+S) は ダイオードのアノード側に接続するようにしてください（以下、同じ）。

PC端子の配線方法やパスコンの接続についての注意、また、負荷端に接続する電解コンデンサについては、パワーアップ並列運転の場合と同様です。

※ 便宜的にモジュール台数を2台として表示してありますが、3台以上の場合についても同様です。（以下、同じ）

(b) 出力電圧可変時（固定）のN+1並列冗長運転例



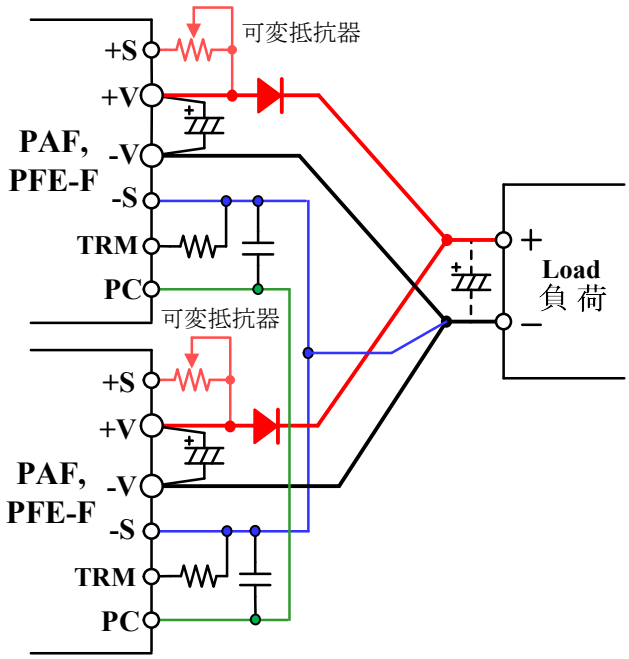
N+1並列冗長運転をすると同時に、出力電圧を調整（可変・固定）する回路です。回路構成上は、パワーアップ並列運転の出力可変タイプに出力ダイオードを追加したものとなっています。

出力電圧の設定（可変後）は、+V～-V間の電圧が仕様規格書で規定の可変範囲内となるようにしてください。

注）PH1200A280シリーズは、出力回路にOR-ing FETを内蔵しているため、外付けダイオードは不要となります。

3-4. N+1並列冗長運転の接続例（続き）

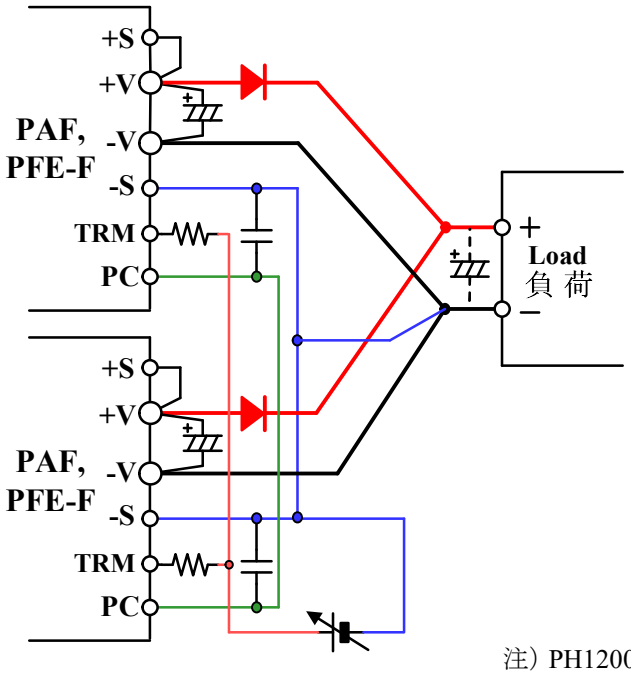
(c) N+1並列冗長運転と同時に出力電圧を可変抵抗器で調整する例



左図の回路は、パワーアップ並列運転をしながら出力電圧を可変抵抗器で調整する回路において、各モジュールの出力にダイオードを追加したものです。

安定動作のため、ローカルセンシング接続とし、可変抵抗器は並列接続している各パワーモジュールの+S端子に挿入するようにしてください。

(d) N+1並列冗長運転と同時に出力電圧を外部電圧印加で調整（可変）する例



この回路も、パワーアップ並列運転をしながら出力電圧を外部印加電圧で調整する回路の各モジュール出力にダイオードを追加したものです。

カレントシェア方式の並列運転は、PC端子信号をもとにして各モジュールのTRM端子電圧を微調整するため、このような接続が必要となります。

注）PH1200A280シリーズは、出力回路にOR-ing FETを内蔵しているため、外付けダイオードは不要となります。

ご注意）並列冗長運転をされる場合は、実機にて充分ご評価の上、ご使用願います。