

放熱設計アプリケーションマニュアル
HCA3500TF

Contents

	Page
1. 放熱設計	1
1.1 実装・取付方法	1
1.2 出力デレーティング	2
1.3 放熱設計について	2
1.4 伝導放熱の例	7

A. 改訂履歴	A-1
----------------	------------

注) 本資料に記載されている内容は本資料発行時点のものであり、製品の仕様変更および改良などのために予告なく変更することがあります。最新版はコーセルのホームページをご確認ください。

本資料の内容につきましては、正確さを期するために万全の注意を払っておりますが、本資料中の誤記や情報の抜け、あるいは情報の使用に起因する間接障害を含むいかなる損害に対しても、弊社は責任を負いかねますので、あらかじめご了承ください。

1. 放熱設計

1.1 実装・取付方法

- 伝導冷却（アルミベースプレートから水冷板等への熱伝導）でご使用ください。下図の取り付けを推奨します。
- 推奨ねじはM4です。有効ねじ部が4mm以上水冷板に入るようなねじ長さを選定して下さい（60mm以上のねじ長さが推奨です）。
- 取付ねじの推奨トルクは0.94~1.25Nmです（おねじが鉄、水冷板がアルミまたは銅の場合）。
- アルミベースプレートは出来るだけ均一に冷却するようにして下さい。
- アルミベースプレートと水冷板の間には放熱グリス等の放熱材料（TIM：Thermal Interface Material）をご使用ください。熱伝導率1W/mK以上でアルミベースプレートと水冷板が密着するTIMを使用することを推奨します。
- 電源は任意の方向に取り付けることができます。複数の電源を並べて使用する場合は、各電源のアルミベースプレート温度が項番1.2「出力デレーティング」に示す温度範囲を超えないように十分な冷却効果が得られるようにして下さい。

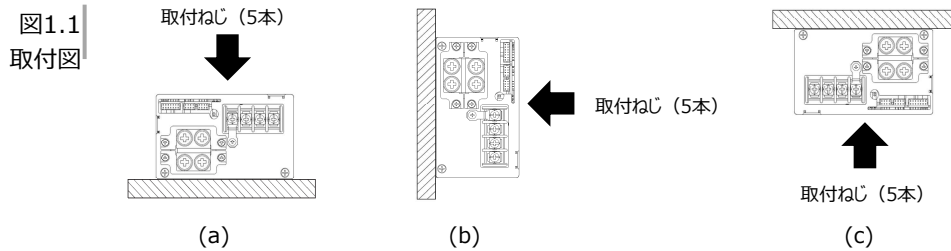
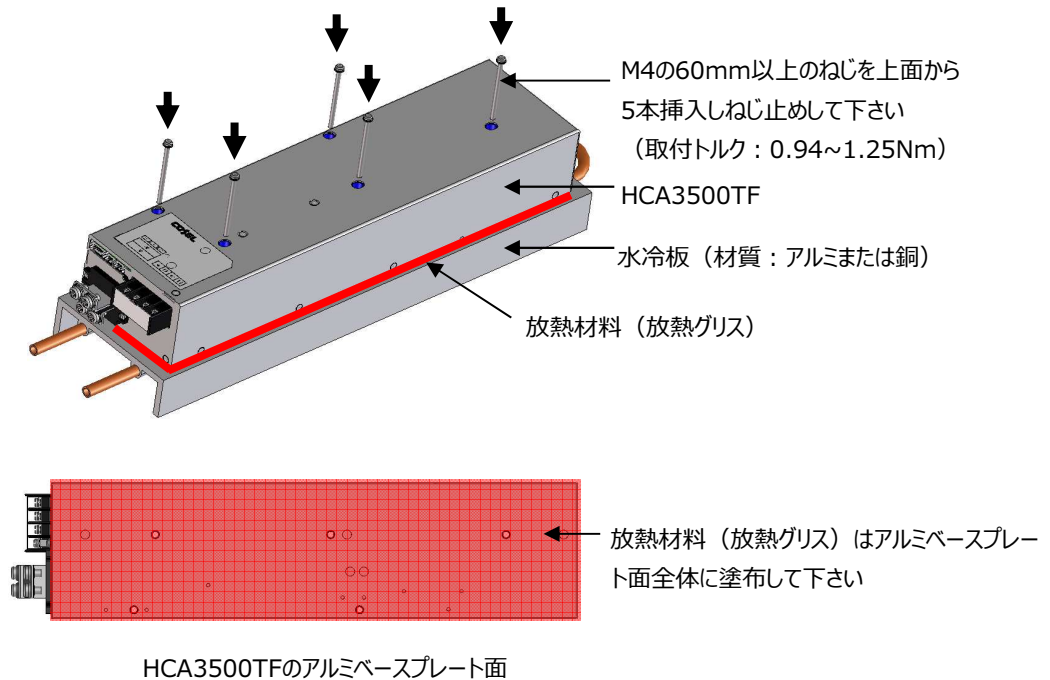


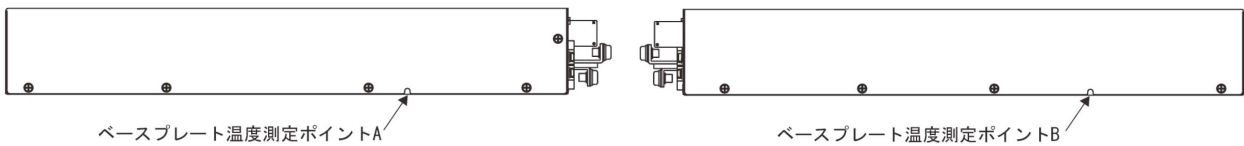
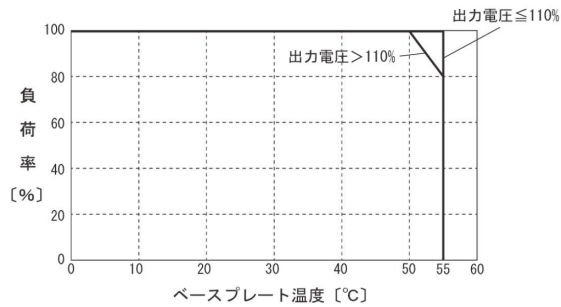
図1.2
推奨取付例



1.2 出力デレージング

- 伝導冷却（アルミベースプレートから水冷板等への熱伝導による放熱）で使用して下さい。
- アルミベースプレート温度はA点、B点どちらも下記デレージング特性を満足するように使用して下さい。
- 電源の周囲温度は-10℃から70℃の範囲を超えないように使用して下さい。

図1.3
デレージング特性

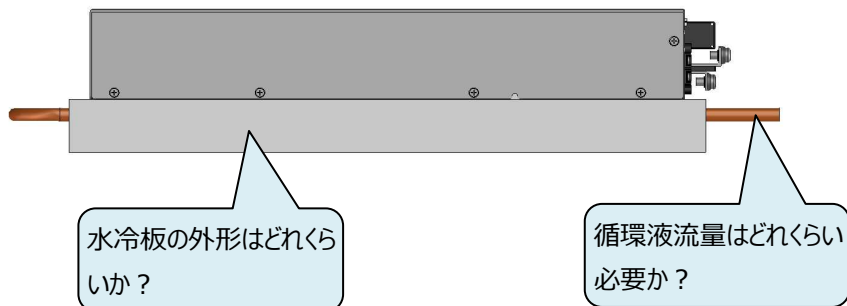


1.3 放熱設計について

1) 放熱設計の必要性

HCA3500TFは原則、アルミベースプレートからの放熱が必要となります。最終的には実機でご確認いただく必要があります。しかしながら、放熱構造は装置の仕様（外形等）への影響もあり、事前に設計されることをおすすめします。

図1.4
HCA3500TFの
放熱設計について



2)放熱設計計算

①電源の発熱について

機器の発熱量は、その機器の内部損失（消費電力）に依存します。これは電源においても同様です。電源の内部損失は下記のように求められます。

内部損失 (Pd) の算出式

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in} \cdots (1)$$

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out} \cdots (2)$$

$$\eta = \frac{P_{in}}{P_{out}} \times 100 \cdots (3)$$

$$P_d = P_{in} - P_{out} \cdots (4)$$

OR

$$P_d = \frac{1-\eta}{\eta} \times P_{out} \cdots (5)$$

P_{in} : 入力電力[W]

P_{out} : 出力電力[W]

P_d : 内部損失[W]

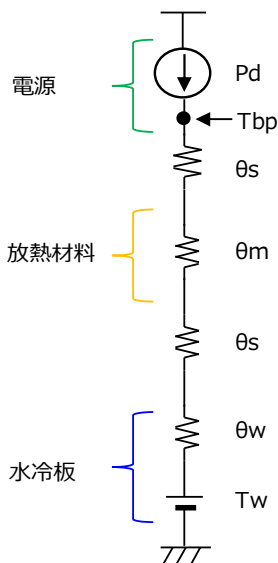
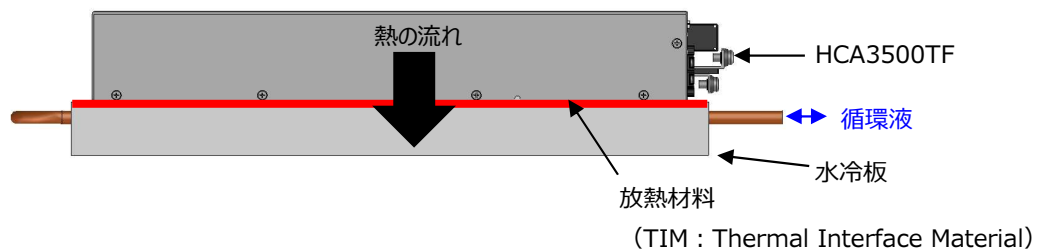
η : 効率[%]

②熱抵抗について

HCA3500TFの伝導放熱において、電源内部で発生した熱は熱伝導によりアルミベースプレート→放熱材料→水冷板の順で循環液に放熱されます。

電源の内部損失や伝導放熱の経路にある水冷板等の熱抵抗がわかれば、図1.5に示す熱等価回路で表すことができます。この熱等価回路から、任意の条件でのベースプレート温度等を計算することができます。

図1.5
熱等価回路



P_d : 内部損失[W]

T_{bp} : ベースプレート温度上限[°C]

θ_s : 接触熱抵抗[°C/W]

θ_m : 放熱材料熱抵抗[°C/W]

θ_w : 水冷板熱抵抗[°C/W]

T_w : 循環液温度[°C]

ベースプレート温度の関係式

$$T_{bp} = P_d \times (\theta_s + \theta_m + \theta_s + \theta_w) + T_w \cdots (6)$$

③具体的な放熱設計方法について

具体的な設計例を示します。ここではHCA3500TF-65が下記条件で使用されると想定します。使用条件から水冷板に必要な熱抵抗を計算します。

想定使用条件

- ・出力電圧：65V
- ・出力電流：50A

Step1 電源の内部損失計算

内部損失Pdを求めます。当社ホームページのテクニカルデータより「特性データ」をダウンロードします。特性データ内に「効率－負荷特性（Efficiency（by Load Current））」のグラフ・表があります。そこからお客様のご使用条件における入力電力を読み取ります。

出力電力Poutの計算

$$\begin{aligned} P_{out} &= V_{out} \times I_{out} \cdots (7) \\ &= 65 \times 50 \\ &= 3250[W] \end{aligned}$$

内部損失Pdの計算

$$\begin{aligned} P_d &= \frac{1-\eta}{\eta} \times P_{out} \cdots (8) \\ &= \frac{1-0.947}{0.947} \times 3250 \\ &= 181.89[W] \end{aligned}$$

Pin：入力電力[W]

Pout：出力電力[W]

Pd：内部損失[W]

η：効率[%]

表1.1
特性データ

Load Current [A]	Efficiency [%]		
	Input Voltage 200[V]	Input Voltage 400[V]	Input Voltage 480[V]
0.0	-	-	-
5.0	85.6	86.1	86.2
10.0	89.6	90.7	90.8
20.0	92.7	94.1	94.4
25.0	93.0	94.6	94.7
30.0	93.0	94.6	94.8
40.0	92.9	94.7	94.9
50.0	92.7	94.7	95.0
54.0	92.5	94.6	94.9
59.4	92.3	94.5	94.8
-	-	-	-

Vin = 400VAC

Iout = 50A時の効率η

※参考データのため、その内容を保証するものではありません

Step2 放熱材料の熱抵抗計算

放熱材料はTIMとも呼ばれ、放熱接触面に入れることで熱抵抗を低減し、放熱効率を上げることができます。放熱接触面である電源ベースプレートや水冷板は金属でできているため凹凸が必ず存在します。それらの面を接触する場合、空気の間隙ができてしまうことから熱抵抗が放熱面で安定せず大きくなってしまいます。グリスやシートといった柔らかい素材を電源と水冷板の間に入れ、隙間を埋めることで接触面の熱抵抗、すなわち接触熱抵抗を低減することができます。接触熱抵抗は材料の違いの他に、接触圧力や接触面材料の固さに依存するため、正確な値を求めることは簡単ではありません。今回は放熱シートを用いることとして、接触熱抵抗は悪めの3と仮定して計算をします。

表1.2
接触熱抵抗

放熱材料 Thermal Interface Materials	接触熱抵抗※1 [°C・cm ² /W]
放熱グリス	0.2~1
放熱シート	1~3

※1 単位面積当たりの接触熱抵抗

接触圧力に反比例、接触面材料の固さに比例

※参考データのため、その内容を保証するものではありません

図1.6
放熱材料の
必要性

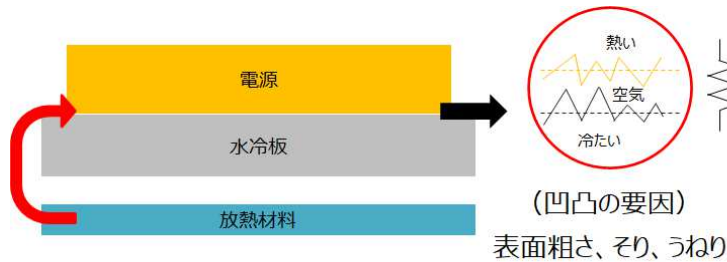


図1.7
放熱材料の
熱抵抗

接地面の熱抵抗の計算

$$\theta_s = \frac{\theta_s(\text{単位当たり})}{S_p} \dots (9)$$

$$= \frac{3 \times 10^2}{110 \times 420}$$

$$= 0.0065[\text{°C/W}]$$

放熱材料の熱抵抗の計算

$$\theta_m = \frac{t}{\lambda_m \times S_p} \dots (10)$$

$$= \frac{2 \times 10^3}{0.5 \times 110 \times 420}$$

$$= 0.0866[\text{°C/W}]$$

θ_s : 接触熱抵抗[°C/W]

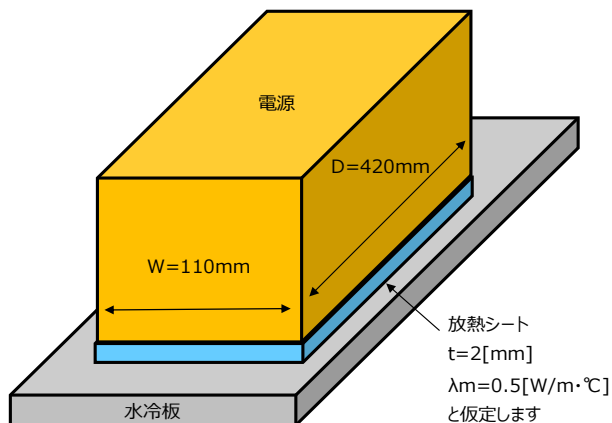
$\theta_s(\text{単位当たり})$: 単位面積当たりの接触熱抵抗[°C・cm²/W]

S_p : 電源のベースプレート面積[mm²]

θ_m : 放熱材料の熱抵抗[°C/W]

t : 放熱材料の厚み[mm]

λ_m : 放熱材料の熱伝導率[W/m・°C]



Step3 水冷板の熱抵抗計算

Step1で求めた内部損失から、放熱経路全体に必要な熱抵抗を求めます。

熱抵抗合計値の計算

$$\theta_t = \frac{T_{bp} - T_w}{P_d} \dots (11)$$

$$= \frac{55 - 28}{181.89}$$

$$= 0.148 [\text{°C/W}]$$

θ_t : 放熱経路全体の熱抵抗[°C/W]

T_{bp} : ベースプレート温度上限[°C]

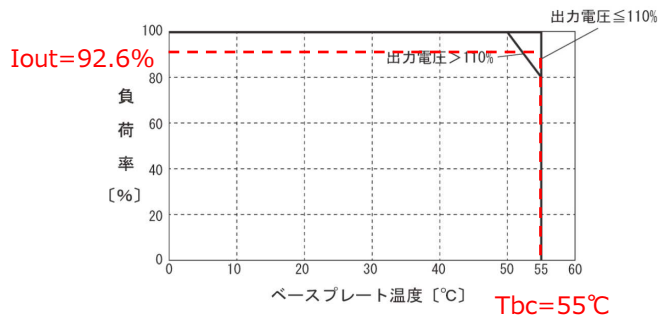
項番1.2「出力デレーティング特性」より

$I_{out} = 50\text{A}$ (92.6%)の時55°Cとなります

T_w : 循環液温度[°C]

今回の計算では28°Cと仮定します

図1.8
ベースプレート
温度上限の
求め方



Step2で求めた熱抵抗 θ_s 、 θ_m 、 θ_t から水冷板に必要な熱抵抗 θ_w を求めます。

水冷板に必要な熱抵抗 θ_w の計算

$$\theta_w = \theta_t - \theta_s \times 2 - \theta_m \dots (12)$$

$$= 0.137 - 0.0065 \times 2 - 0.0866$$

$$= 0.049 [\text{°C/W}]$$

θ_w : 水冷板の熱抵抗[°C/W]

θ_t : 放熱経路全体の熱抵抗[°C/W]

θ_s : 接触熱抵抗[°C/W]

θ_m : 放熱材料の熱抵抗[°C/W]

Step4 水冷板の選定

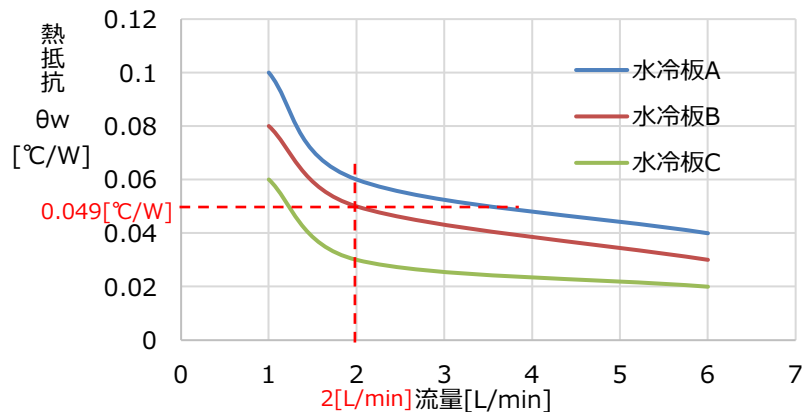
求めた θ_w をもとにして使用可能な水冷板の選定を行います。水冷板A～Cが候補と想定し、図1.9に示す水冷板特性グラフの仕様だったとします。水冷板の熱抵抗は循環液の流量に依存します。想定水量2[L/min]とした時に以下のように考えることができます。

水冷板A : 使用不可

水冷板B : ぎりぎり使用可能

水冷板C : 余裕をもって使用可能

図1.9
水冷板の選定例



Step5 実機確認

最終的には実機でベースプレート温度を測定し、55[°C]以下になることを確認します。

3)放熱設計の注意点について

①設計計算値について

・設計手順を上記にて示してきましたが、設計計算値はあくまで目安としてお使いください。設計手順では周囲への輻射はないものとして扱っています。周囲環境の要因によって設計値と実測値は必ずしも一致しません。

・設計計算値よりもベースプレート温度が高くなる場合には

◎熱抵抗の小さい水冷板に変更する

◎循環液の流量を大きくする

などを行い水冷板の熱抵抗を低減して下さい。

②水冷板特性について

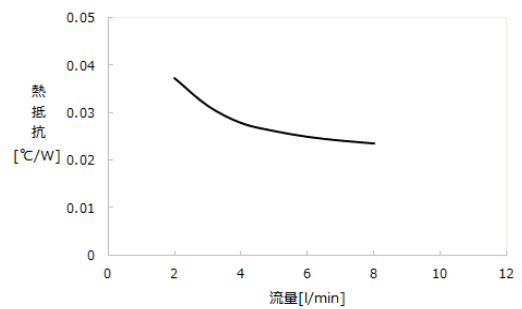
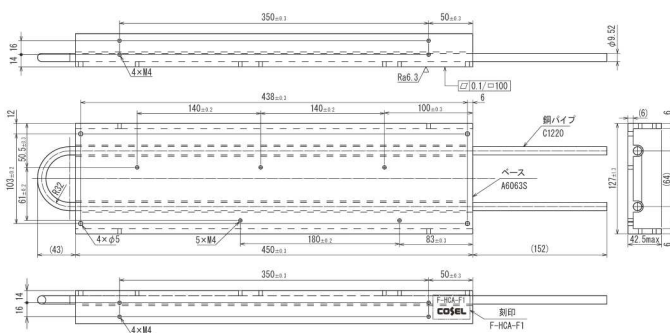
・一般に水冷板メーカーのカatalogは接触熱抵抗を含まない値が記載されています。水冷板の接触熱抵抗は取り付け状態で大きく変化しますので、必ずベースプレート温度を実機でご確認下さい。

1.4 伝導放熱の例

■伝導放熱で使用する際の例を示します。

■放熱環境などで使用可能な出力電力が異なりますので本データは設計目安として頂き、最終的には実機での温度測定を行って下さい。

図1.10 F-HCA-F1 オプションパーツ
使用水冷板 熱抵抗：0.037°C/W（流量2L/min時）



冷媒：水

入水温度：20°C

HCA3500TF

図1.11
測定環境

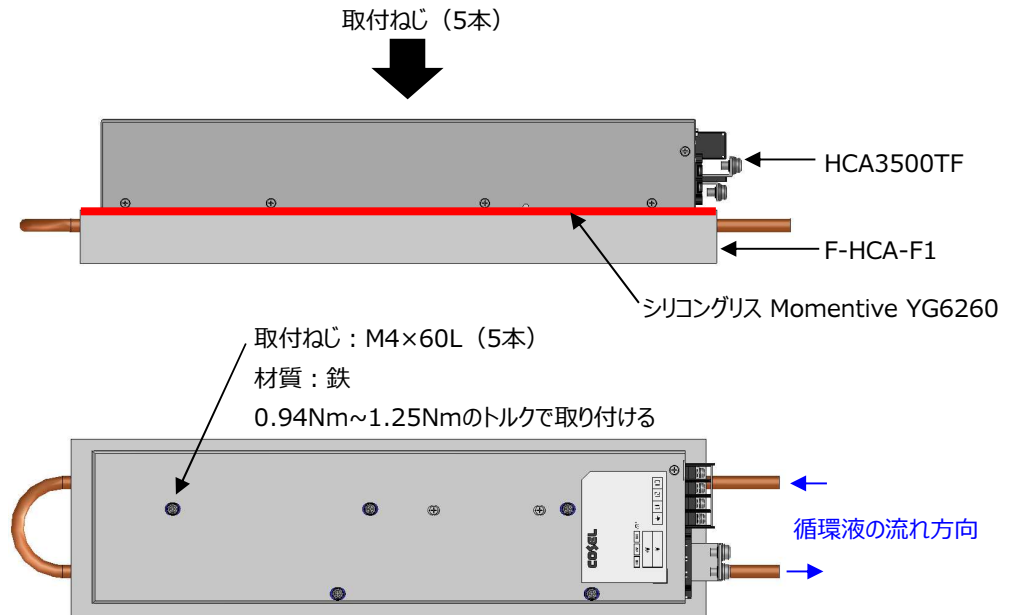
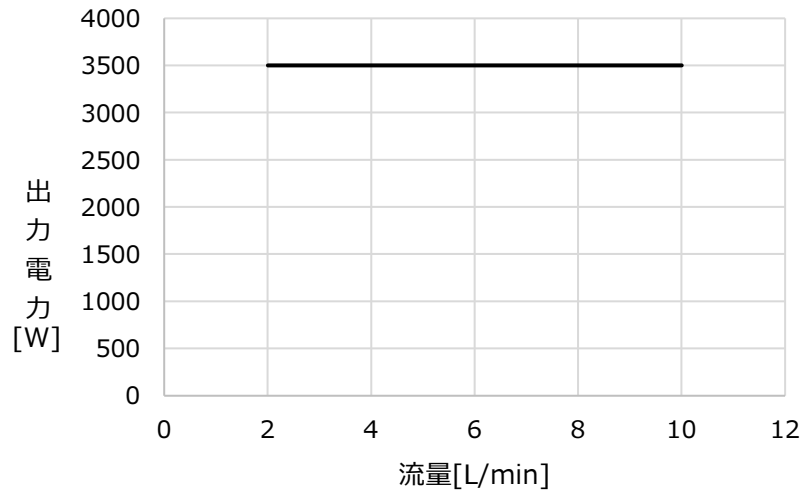


図1.12
測定結果



測定条件

- 使用電源: HCA3500TF-48
- 周囲温度: 70℃
- 循環液温度: 40℃

A. 改訂履歴

項番	改訂日	ver	ページ	内容
1	2023.5.23	1.0	-	初版発行
2	2023.8.1	1.1	5	(9),(10)式の誤記修正
3	2023.11.10	1.2	7	図1.10 水冷板型名修正
4			8	図1.11 水冷板型名追加
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				