

29. スイッチング電源の設計 (5)

29. Design of the Switch-Mode Power Supply (SMPS) (5)

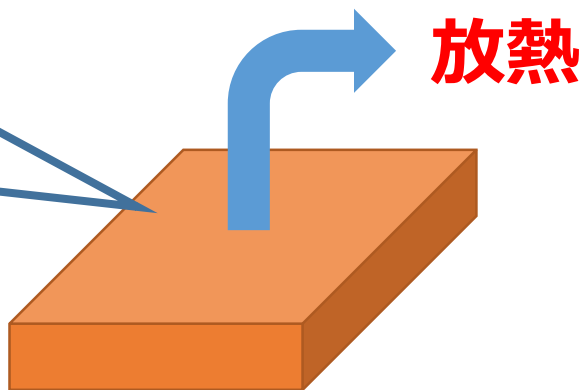
講義内容

1. 熱抵抗の考え方
2. ヒートシンク（冷却体）の選定
3. 金属板を用いた冷却体の場合

熱抵抗の考え方

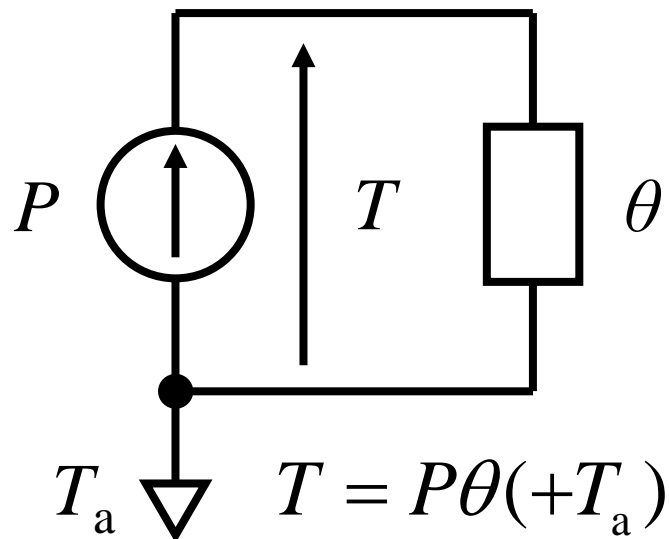
発熱体

- 印加電力 : P [W]
- 温度上昇 : T [°C]

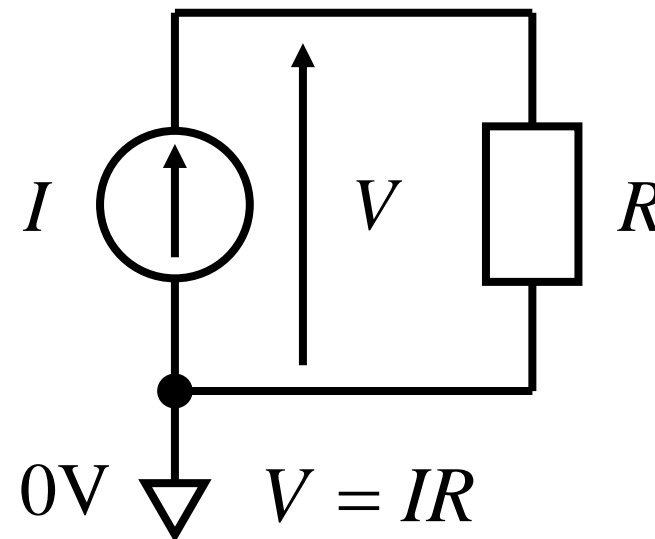


熱の伝わりにくさを定量化した **熱抵抗** を用いる
熱抵抗 θ [°C/W]

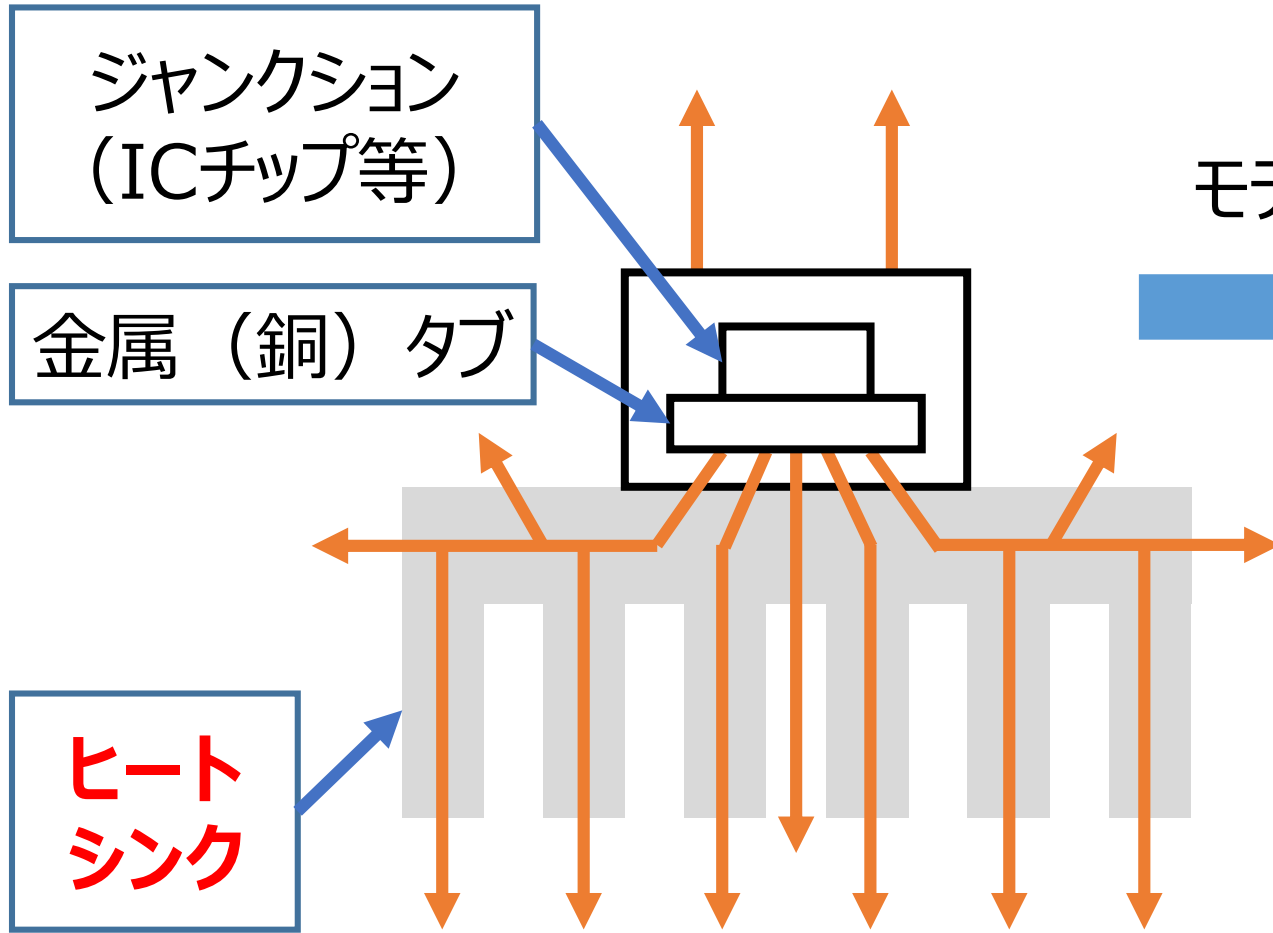
モデル化



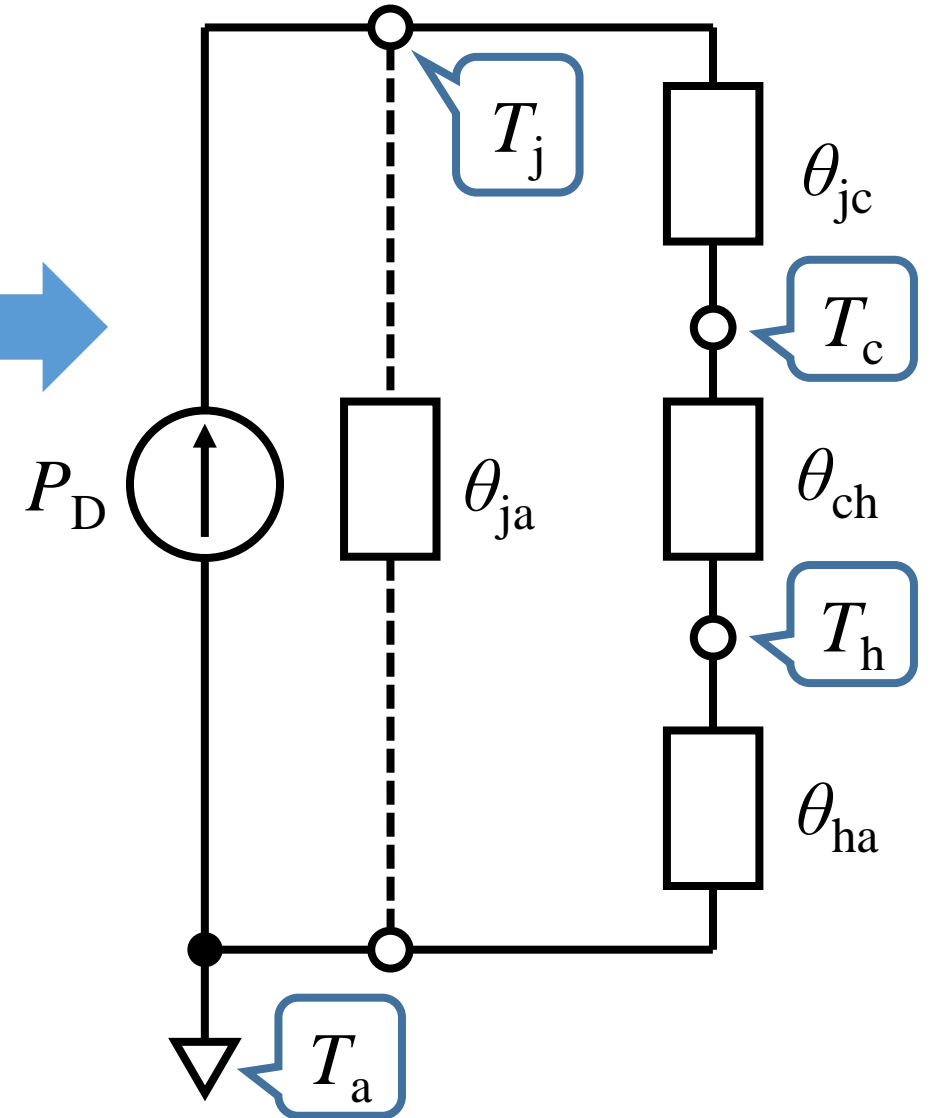
等価

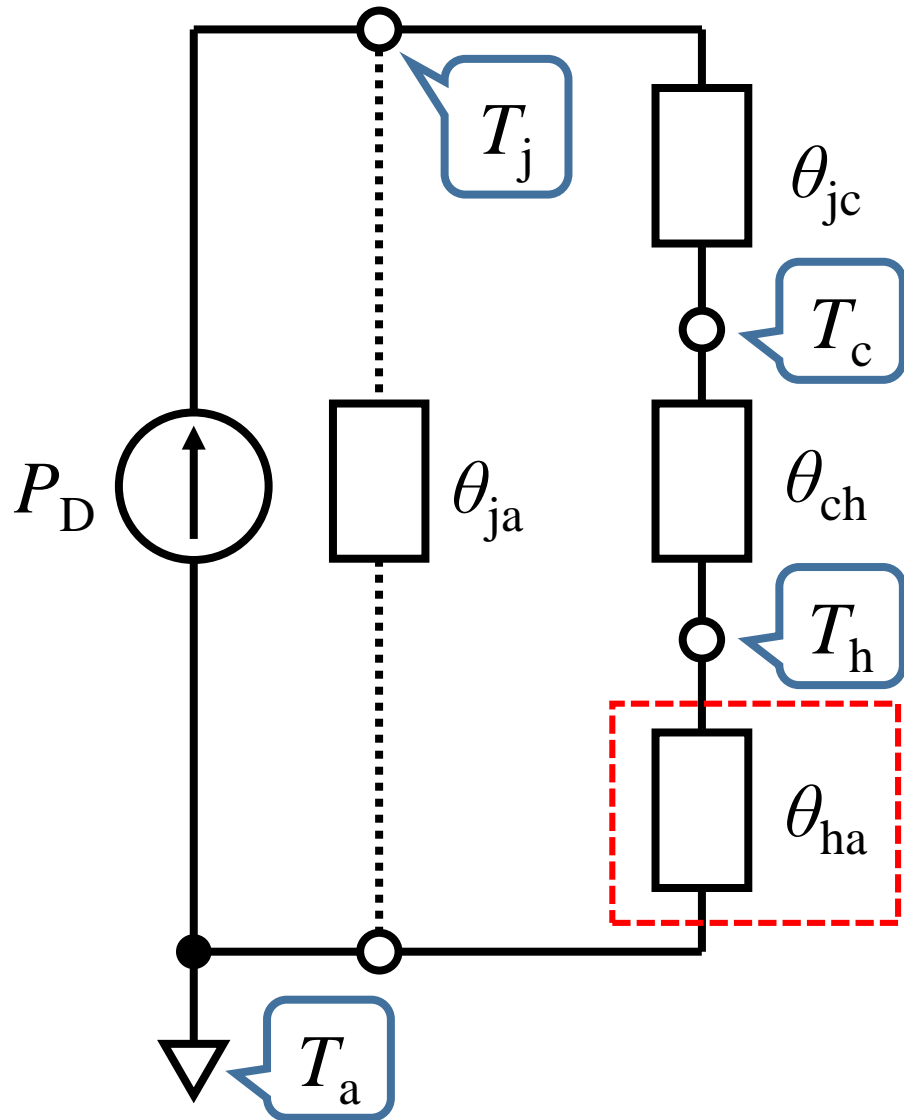


熱等価回路



モデル化





各種温度

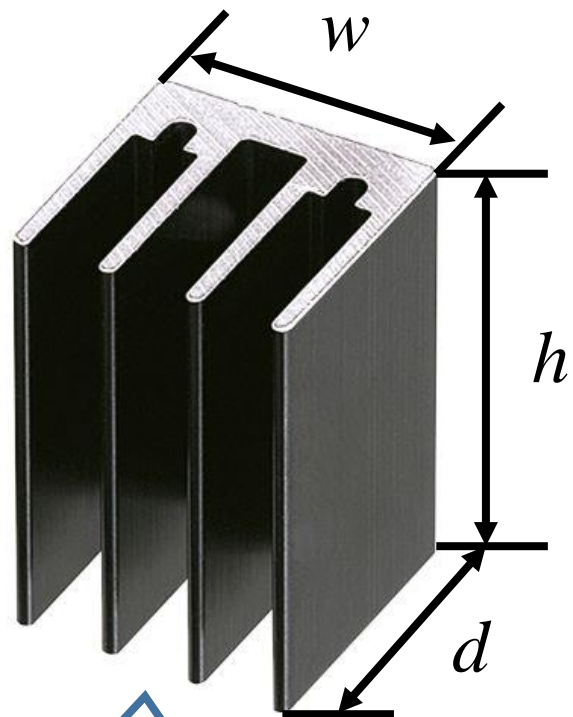
- T_j : 接合部 (ジャンクション) 温度[°C]
- T_c : ケース温度[°C]
- T_h : ヒートシンク (冷却体) 温度[°C]
- T_a : 周囲温度[°C]

各種熱抵抗

- θ_{jc} : 接合部-ケース間熱抵抗[°C/W]
- θ_{ch} : ケース-ヒートシンク間熱抵抗[°C/W]
- θ_{ha} : ヒートシンク-外気間熱抵抗[°C/W]
- θ_{ja} : 接合部-外気間熱抵抗[°C/W]

※ヒートシンクを使用する場合は θ_{ja} は **省略可**

ヒートシンクの外観



フィン (ひれ)

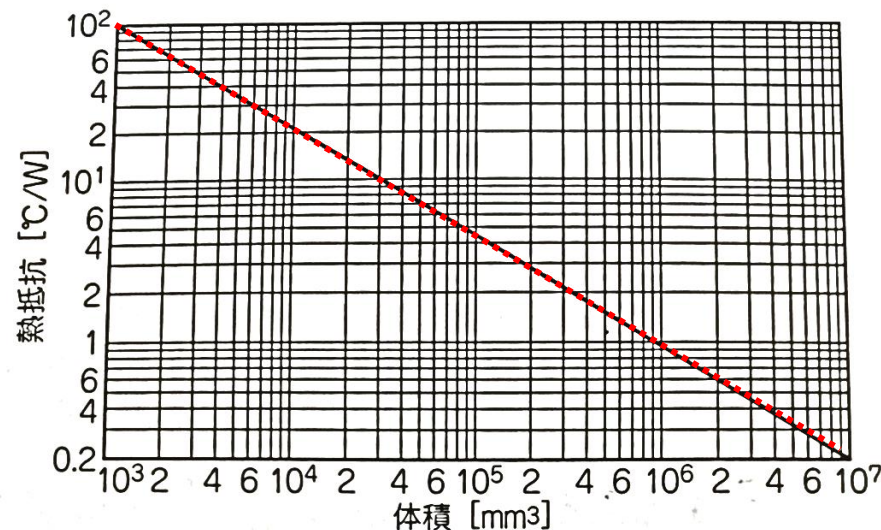
黒色 **アルマイト加工**
が一般的

放熱器は **フィン** によって
表面積 が増加するが、
熱抵抗 は **表面積** の増加に
影響されにくい



最大外形から計算できる
包絡 体積を考えて
熱抵抗 を求める

※ **自然** 空冷の場合



出典：電源回路設計成功のかぎ
(CQ出版)

包絡 体積

$$V = w \times h \times d$$

半導体の **接合部温度上昇値** ΔT は

$$\Delta T = P_D \cdot \theta_{ja} = P_D (\theta_{jc} + \theta_{ch} + \theta_{ha})$$

導通 損失
スイッチング 損失

MOSFET, IGBT

導通 損失
リカバリ 損失

FRD, SBD

ヒートシンクに必要な **熱抵抗値** θ_{ha} は

$$\theta_{ha} = \frac{\Delta T}{P_D} - (\theta_{jc} + \theta_{ch})$$

- 接合部の温度上昇が45°C以下
- 半導体デバイスとヒートシンクの間
に絶縁シートまたはサーマルグリスを挟む

この条件でヒートシンクを **選定**

ヒートシンクの選定

MOSFET : IRF640NPbF(HEXFET)

Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	1.0	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface ④	0.50	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient④	—	62	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient (PCB mount)⑤	—	40	



パッケージ : TO-220

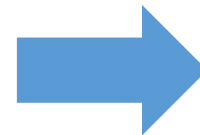
サーマルグリス : SCH-30

□発熱部品と放熱ファン、熱交換器との間の熱伝導率改善に

□体積固有抵抗 (Ωcm) / 5.2×10^{13}

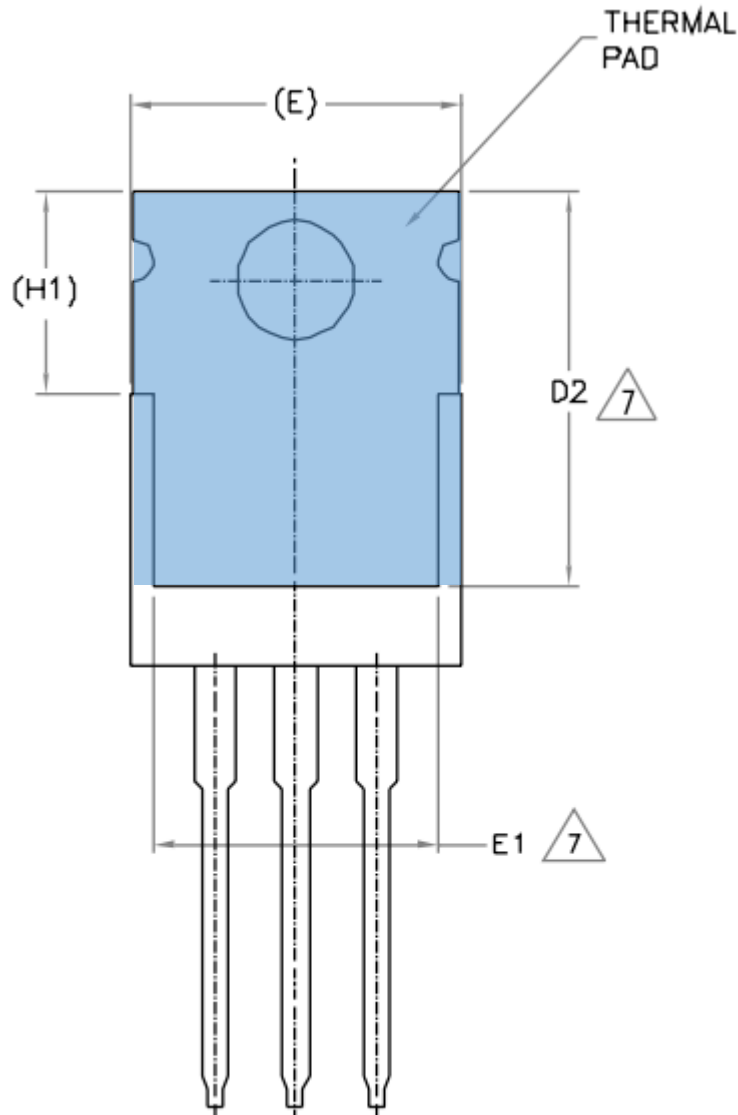
□熱伝導率 ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$) / 0.96

熱伝導率 [$\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$]



熱伝導率 と使用する
デバイスのパッケージサイズから
熱抵抗値 を **算出**

ヒートシンクの選定



サーマルグリスの厚さを $l = 0.2[\text{mm}]$ とすると,

$$\theta_{\text{ch}} = \frac{1}{k} \cdot \frac{l}{S} = \frac{1}{0.92} \cdot \frac{0.2 \times 10^{-3}}{10.67 \times 12.88 \times 10^{-6}} \approx 1.58 [\text{°C/W}]$$

熱抵抗率は
熱伝導率 k の **逆数**

$$\text{電気抵抗 } R = \rho \cdot \frac{l}{S} = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{l}{S}$$

熱伝導率 $k[\text{W/m} \cdot \text{K}]$ \rightarrow $k[\text{W/m} \cdot \text{°C}]$

絶対 温度Kと **セルシウス** 温度 °C は **温度間隔** は
同じなので, $\text{K} = \text{°C}$ と変換しても問題ない

ヒートシンクの選定

MOSFETの総合損失（導通損失，スイッチング損失） $P_D = 5.94[\text{W}]$ とすると，

$$\begin{aligned}\theta_{\text{ha}} &= \frac{\Delta T}{P_D} - (\theta_{\text{jc}} + \theta_{\text{ch}}) \\ &= \frac{45}{5.94} - (1.0 + 1.58) \approx 5.0 [\text{°C/W}]\end{aligned}$$

ヒートシンクは最低でも熱抵抗が
5.0[°C/W] **以下** の物を選ぶ必要がある



熱抵抗 $\theta_{\text{ha}} = 4.0[\text{°C/W}]$
TO-220用

➡ **負** の値が出る場合は，**デバイス** を **再選定**

アルミニウム板でヒートシンクを構成する場合

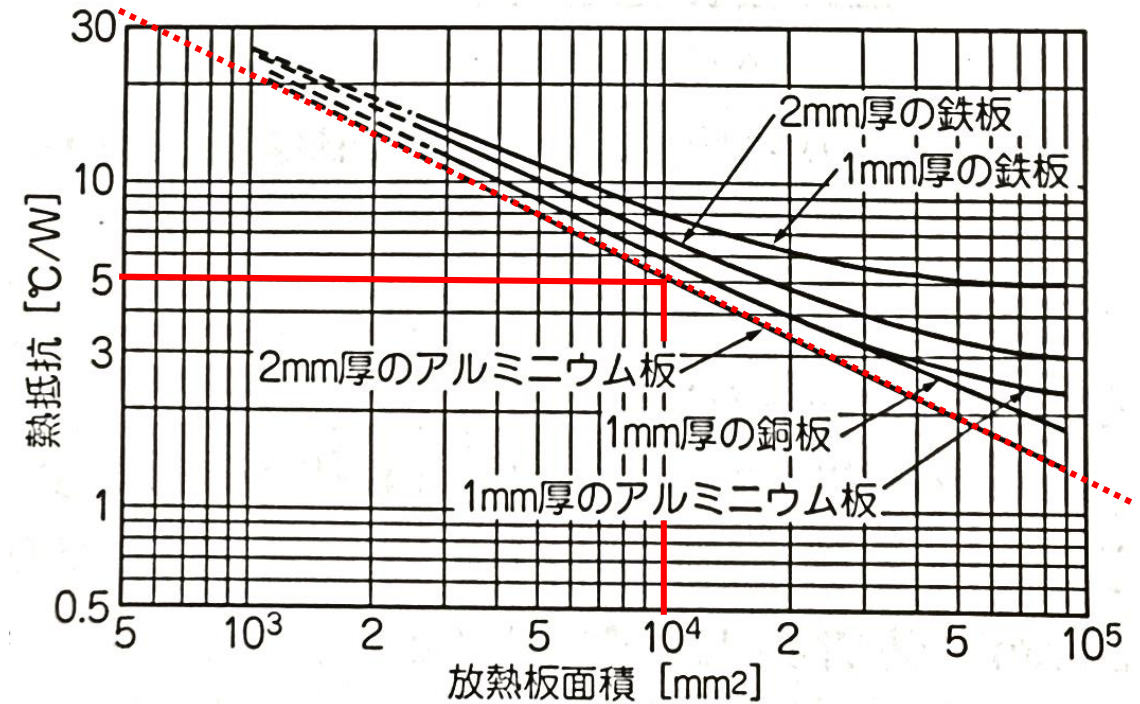
厚さ $l = 2.0$ [mm] のアルミニウム板を用いる場合は右の図を使う（銅板や鉄板も同様）

➡ 放熱板の面積： 10^4 [mm²]

➡ 100×100 [mm²]

➡ 10 [cm²]

➡ $S = 10$ [cm²] 以上の
放熱 面積が必要



出典：電源回路設計成功のかぎ（CQ出版）

アルミニウムの熱伝導率から
直接計算すると値が変なこと…？
($k = 234$ [W/m·K]より, S が極小に…)