基板放熱型熱設計の勘所

～簡易温度シミュレータによる検討～

KOA株式会社

技創りセンター　有賀 善紀

Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

1. 部品メーカから見た熱設計の現状

2. 基板熱設計の指針

3. 簡易温度シミュレータによる検討事例

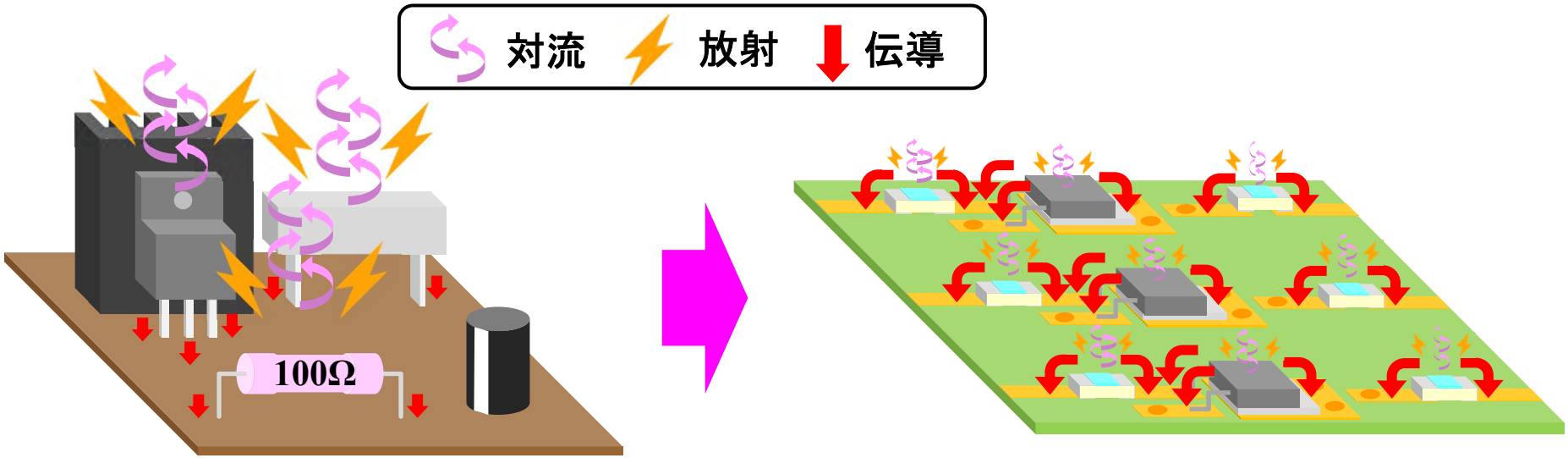
Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

1. 部品メーカから見た熱設計の現状

部品の放熱形態の変遷

リード付き部品（挿入実装）

表面実装部品



○部品の表面積大

○通風孔のある大きな筐体（対流主体）

○部品で発生した熱は部品表面から直接大気に放熱

○部品の表面積小

○密閉ファンレス（空気が動きづらい）

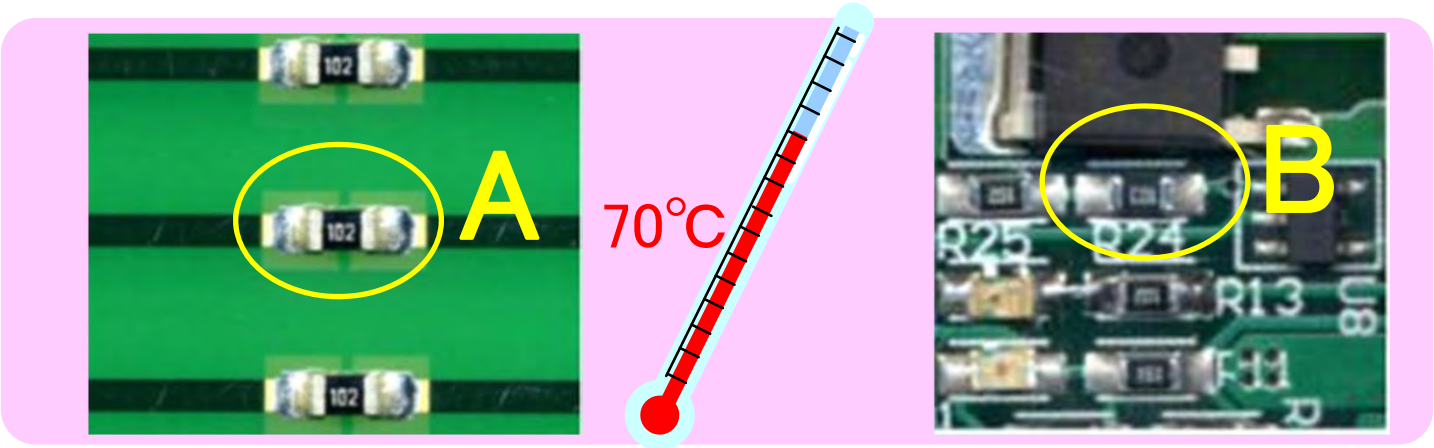
○基板多層化により等価熱伝導率高

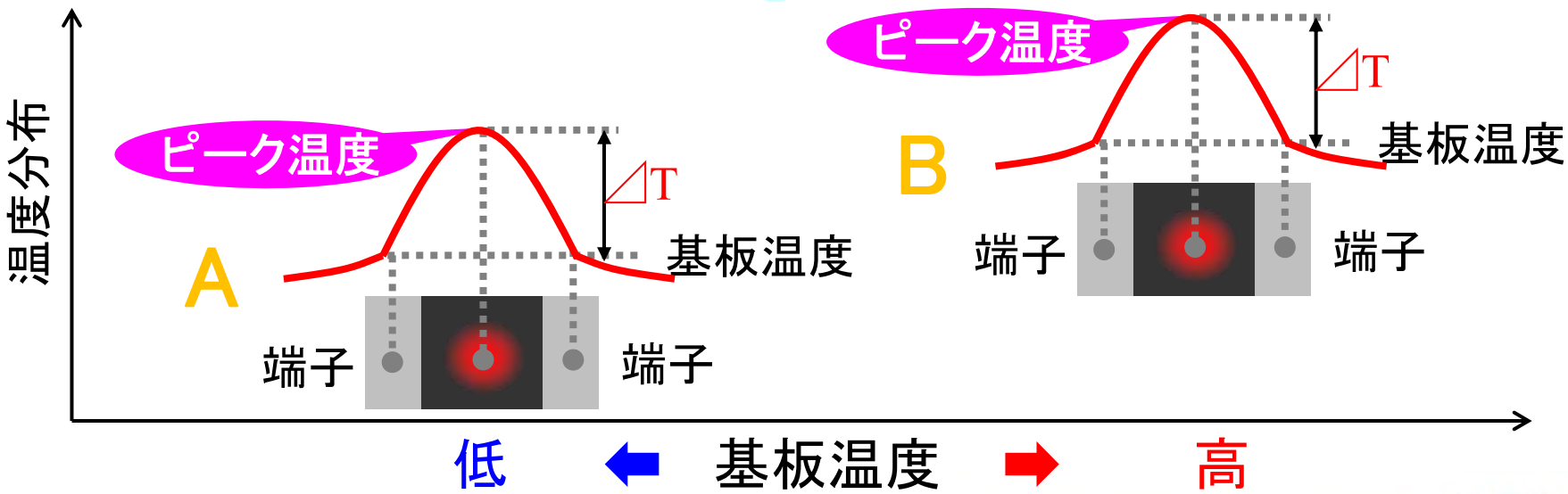
○部品で発生した熱は基板を経由して大気に放熱

Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

チップ抵抗器の放熱先はプリント基板

抵抗器の温度は周囲温度ではなく基板（端子部）温度で決まる
横軸周囲温度の従来の負荷軽減曲線は設計情報にはならない





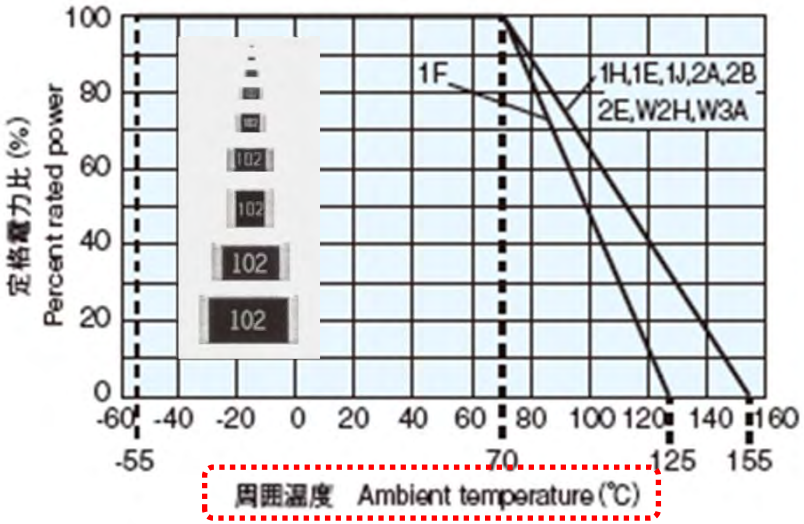
Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

端子部温度規定とは？

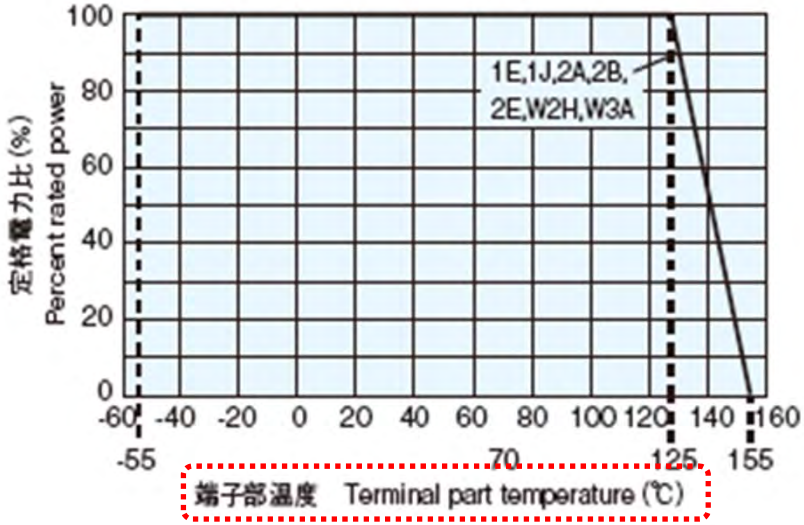
負荷軽減曲線の横軸温度を“周囲温度” ⇒ “端子部温度” に変更

弊社RK73シリーズの例

従来　70℃

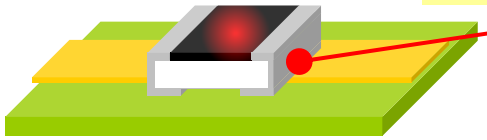


最新版（併記）　125℃



周囲温度
Ambient temperature(℃)

端子部温度
Terminal part temperature(℃)



基板放熱型熱設計に適応した製品仕様です。

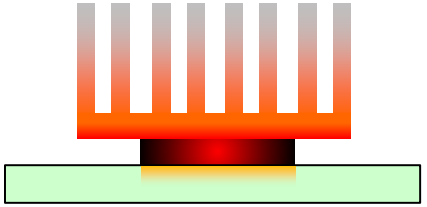
Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

小型部品の温度はどうやってコントロールする？

○パワー半導体（高発熱部品）

・数十Wの発熱部品が数個

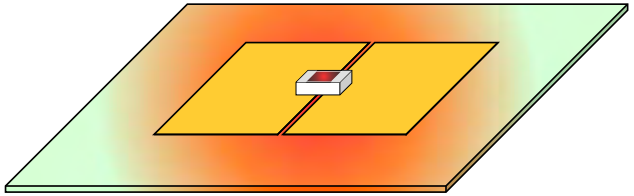
⇒設計段階から放熱対策を準備



○小型チップ部品

・1W以下程度の小型発熱部品が多数

⇒銅パターン（基板）を利用して放熱



部品レイアウト／パターン設計を怠ると・・・ 思わぬ温度上昇

とはいえ

全体のシミュレーションでは、小さな部品まで考慮できない・・・

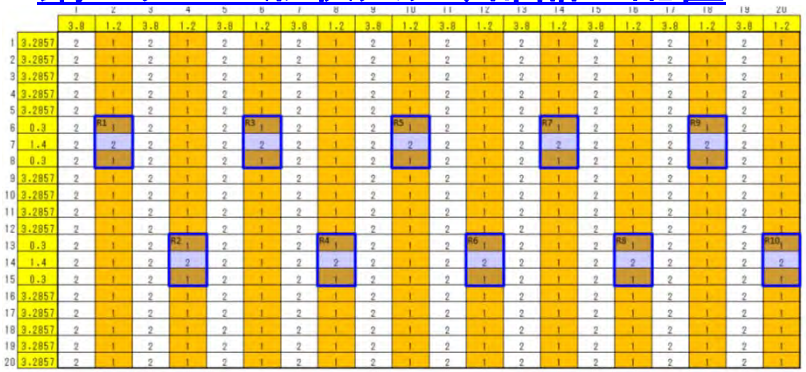
Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

設計段階で部品の温度上昇を予想できる？

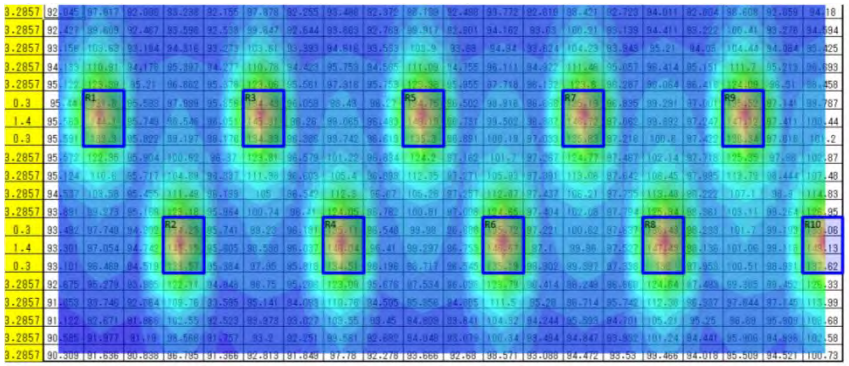
Thermal d.l. ＋ KOA　共同開発

Microsoft® EXCEL®上で動作する簡易温度シミュレータをリリース

銅パターン形状入力、部品の配置



温度分布（コンター表示）



※本シミュレーターは設計をサポートするツールです。計算結果を保証するものではありません

本セミナーの聴講の方に、試用版（フル機能、使用期限有り）をご提供致します。（詳細は最後に・・・）

Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

1. 部品メーカから見た熱設計の現状

2. 基板熱設計の指針

3. 簡易温度シミュレータによる検討事例

Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

2. 基板熱設計の指針

部品レベルで考えると･･･

Input: 目標値、制限事項

部品 or 基板の許容温度（上限）、部品発熱、部品形状

⇒目標熱抵抗、単体熱抵抗

Output: 設計条件

パターン形状、部品レイアウト、部品温度（使用温度）

温度推定はあくまで手段、目的は設計条件の決定

Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

目標熱抵抗と単体熱抵抗

部品の目標熱抵抗 $Rth = (T_c - T_a) / Q_c$ (°C/W)

(T_c: 部品表面温度 (°C), T_a: 使用環境温度 (°C), Q_c: 部品負荷電力 (W))

"部品発熱Q_cに対して、使用環境温度 T_aのとき、部品温度を T_c以下に抑える"

部品放熱能力 $Q_{cs} = h(T_c - T_a) \cdot S_c$

(S_c: 部品表面積(m^2)、h: 部品表面からの熱伝達係数 ($W \cdot m^{-2}K^{-1}$))

"部品表面温度と周囲温度の差が$T_c - T_a$のとき、部品表面積 S_cと熱伝達係数 hにより、部品表面から放熱される熱量"

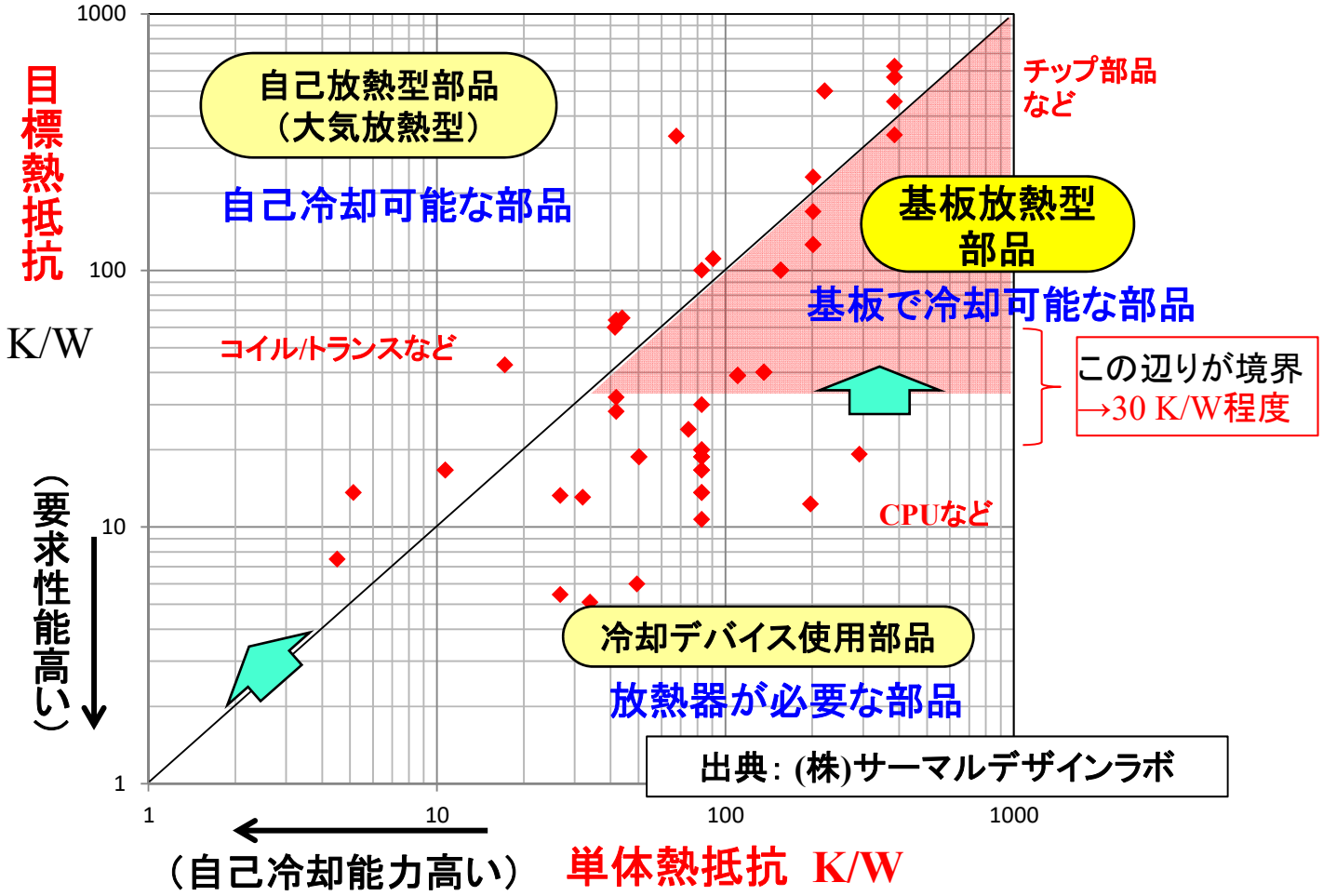
自然対流の場合: h≦20程度 ,強制対流の場合場合: h ≦ 90程度

⇒変形して、部品からの放熱のし易さ(し難さ)を熱抵抗で示すと・・・

単体熱抵抗 $Rth_cs = (T_c - T_a) / Q_{cs} = 1 / (S_c \cdot h)$ (°C/W)

Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

部品の分類



目標熱抵抗: Rth ＜ 単体熱抵抗: Rth_cs

⇒基板放熱が必要な部品

Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

1. 部品メーカから見た熱設計の現状

2. 基板熱設計の指針

3. 簡易温度シミュレータによる検討事例

Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

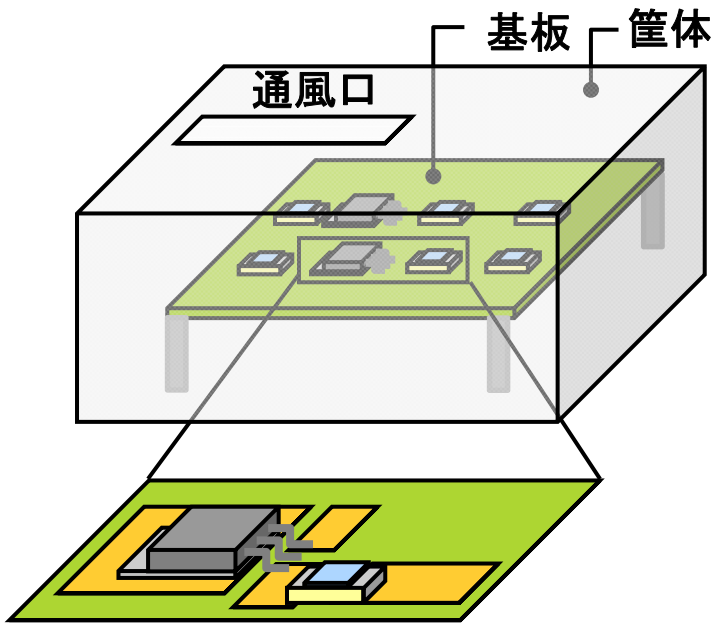
3. 簡易温度シミュレータによる検討事例

KOA提供 “抵抗器温度分布シミュレータ”の概要

- チップ抵抗器の端子部温度をパターン設計段階で手軽に予測頂けます。
- 熱回路網法をベースとして、基板に実装されたチップ抵抗器、およびその周辺部品、基板上の温度分布を解析します。
- Microsoft® EXCEL®上で動作し、インストールは不要です。
- 無償でご利用いただけます。

Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

抵抗器温度分布シミュレータの機能



- 定常伝熱解析が可能。
- 筐体内に設置された基板の一部について解析を実施。
- 自然対流、強制対流を考慮可能。
- ゲルを充填した場合の解析も可能。
  （ゲルの熱伝導率：0.2W・m^{-1}・K^{-1}固定）
- サーマルビアを配置可能。
- よく使う材料や部品はデータ登録、引用が可能。
- チップ抵抗器はライブラリから入力可能

部品レイアウトや放熱パターンによる温度上昇が
手軽に検討できます！

Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

検討の手順

①問題のモデル化

②使用部品の選定と、目標値の設定

③解析ケースの設定

④解析の実施と設計値の決定

Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

簡易温度シミュレータを用いた検討（例題）

スイッチング用パワー半導体の電流検出に用いられるチップ抵抗器の放熱パッド形状と温度上昇の関係について検討

本例題は解析のための一例であり、現実の機器とは異なります。

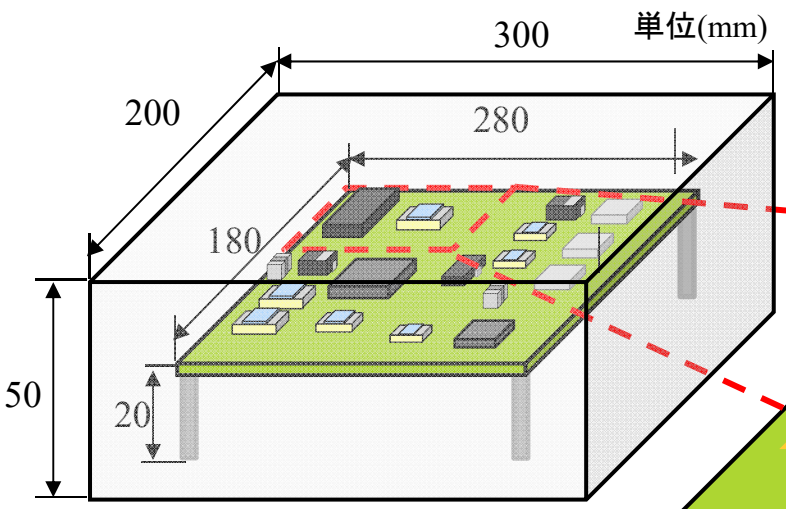
問題のモデル化（解析対象の概要）

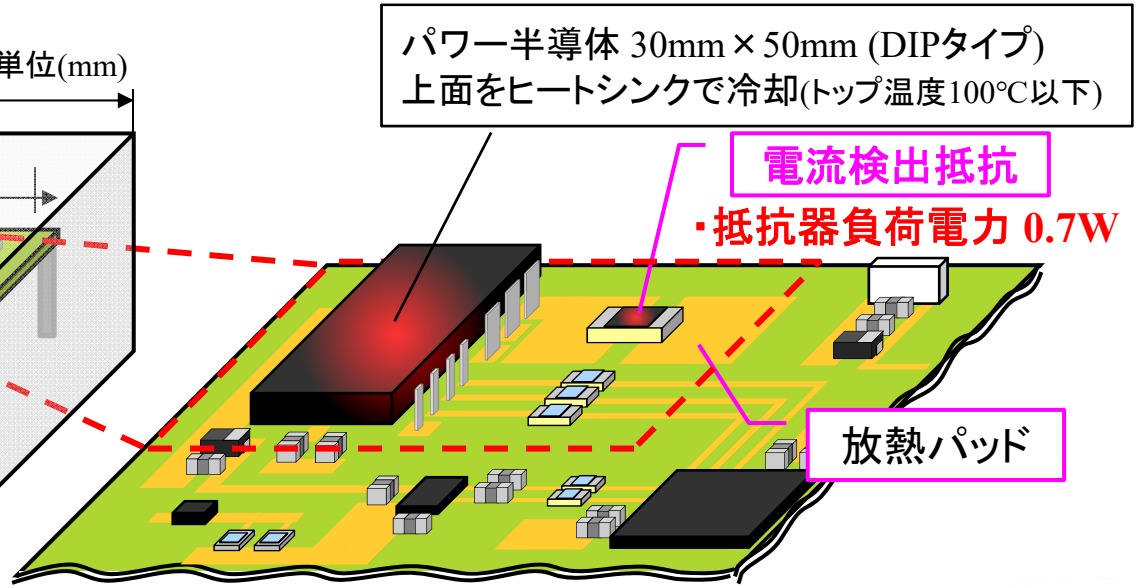
○筐体条件

- 発熱量（筐体内合計）20 W
- 筐体放射率（内・外）0.8

○基板層構成

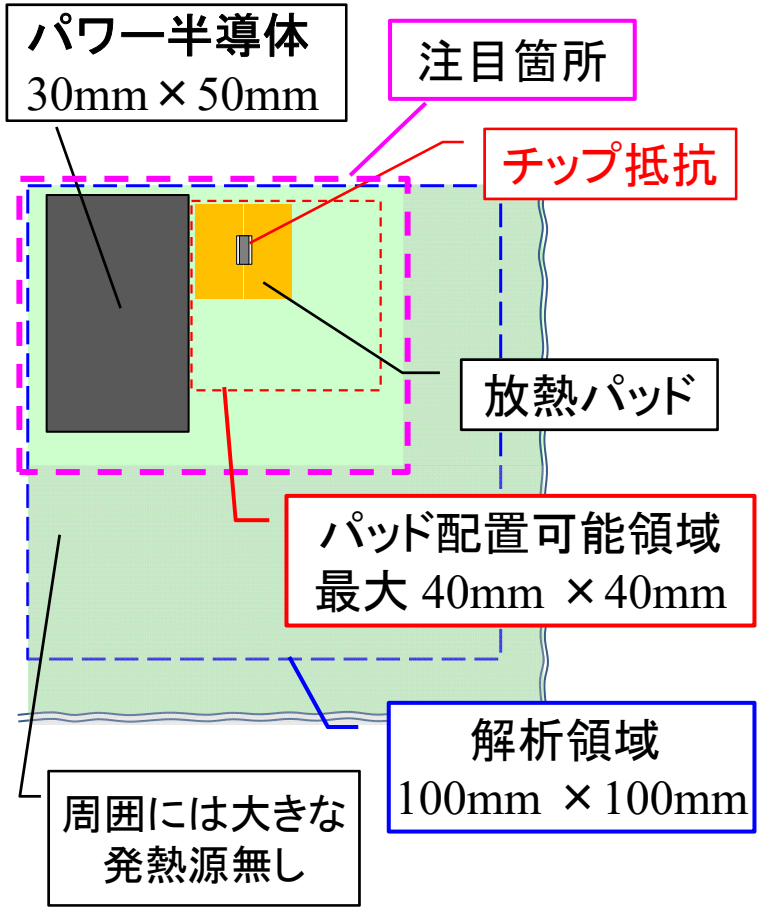
- ガラスエポキシFR-4基板, 1.6mm厚
- 銅箔: 両面35μm, 裏面銅箔残存率 0.5





Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

注目箇所のモデル化



モデル化の範囲と注意点

・解析領域の境界条件は断熱境界

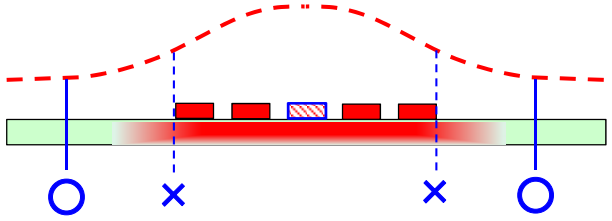
→基板端はそのままでOK

→温度勾配が小さいところで切り出す

勾配が大きいところで切り出すと、高めの温度推定を得る

⇒注目箇所の周囲を少し広めに切り出す

・近傍の発熱部品を含めてモデル化



抵抗器の温度は自己発熱と、パワー半導体からの受熱、基板放熱で決まる

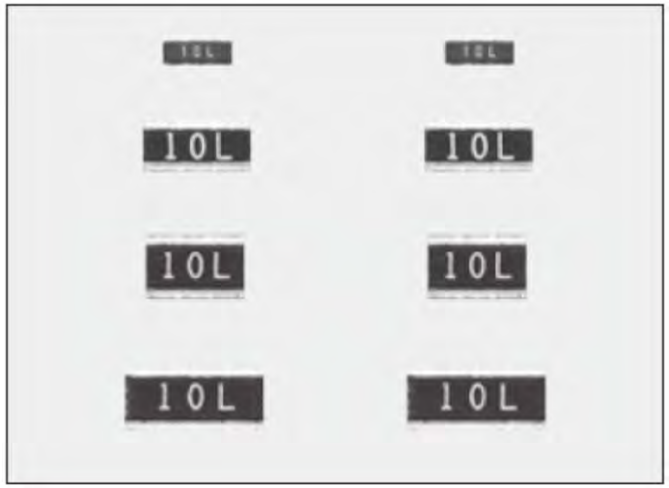
Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

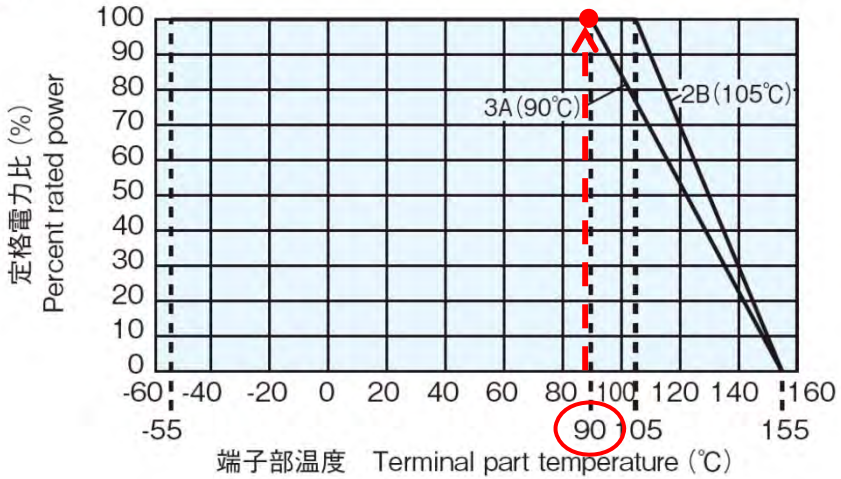
使用部品の選定と、目標値の設定

使用部品の選定（仮決め）

負荷電力（0.7W）が比較的大きいため、サイズに対して定格電力の大きな長辺電極タイプを選定

WK73S 長辺電極角形チップ抵抗器
Wide Terminal Type Flat Chip Resistors





WK73シリーズ 負荷軽減曲線

WK73S3A（3.1×6.3mm, 定格電力: 2W）を候補に選定

⇒定格端子部温度を参考に目標温度$T_c = 90℃$（端子部温度）に設定

Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

目標熱抵抗と単体熱抵抗の確認

筐体条件から算出された筐体内空気温度 = 65℃

⇒ 周囲温度を70℃として

目標熱抵抗　$Rth = (T_c - T_a) / Q_c$

$= (90 - 70) / 0.7 = 29$ (℃/W)

⇒ ***目標熱抵抗 ≒30までは、基板放熱での対策が可能***

(T_c: 部品表面温度 (℃), T_a: 使用環境温度 (℃), Q_c: 部品負荷電力 (W))

単体熱抵抗　$Rth_cs = 1 / S_c \cdot h$

$= 1/ (0.0000503 \cdot 20) = 993.2$ (℃/W)

(S_c: 部品表面積(m^2), h: 部品表面からの熱伝達係数 ($W \cdot m^{-2} K^{-1}$))

$S_c = 2 \times (6.3mm \times 3.1mm + 6.3mm \times 0.6mm + 3.1mm \times 0.6mm) = 50.3\ mm^2$

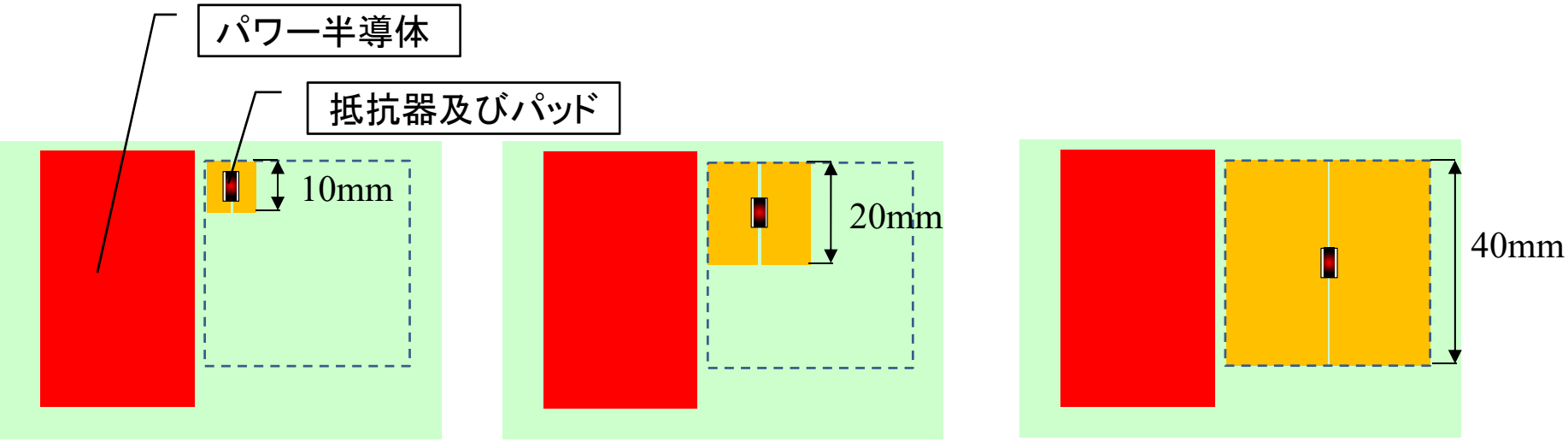
目標熱抵抗 ≪ 単体熱抵抗 なので基板放熱で対策必要

Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

解析ケースの設定

・いきなり詳細な検討をせずに、大まかな傾向を確認する

パッド配置可能な領域に対して上限と下限、中間の条件で設定



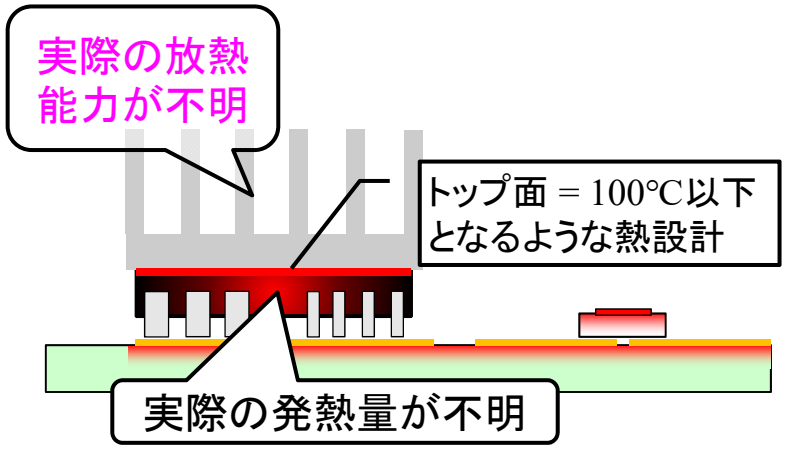
Case A □10 mm　　Case B □20 mm　　Case C □40 mm

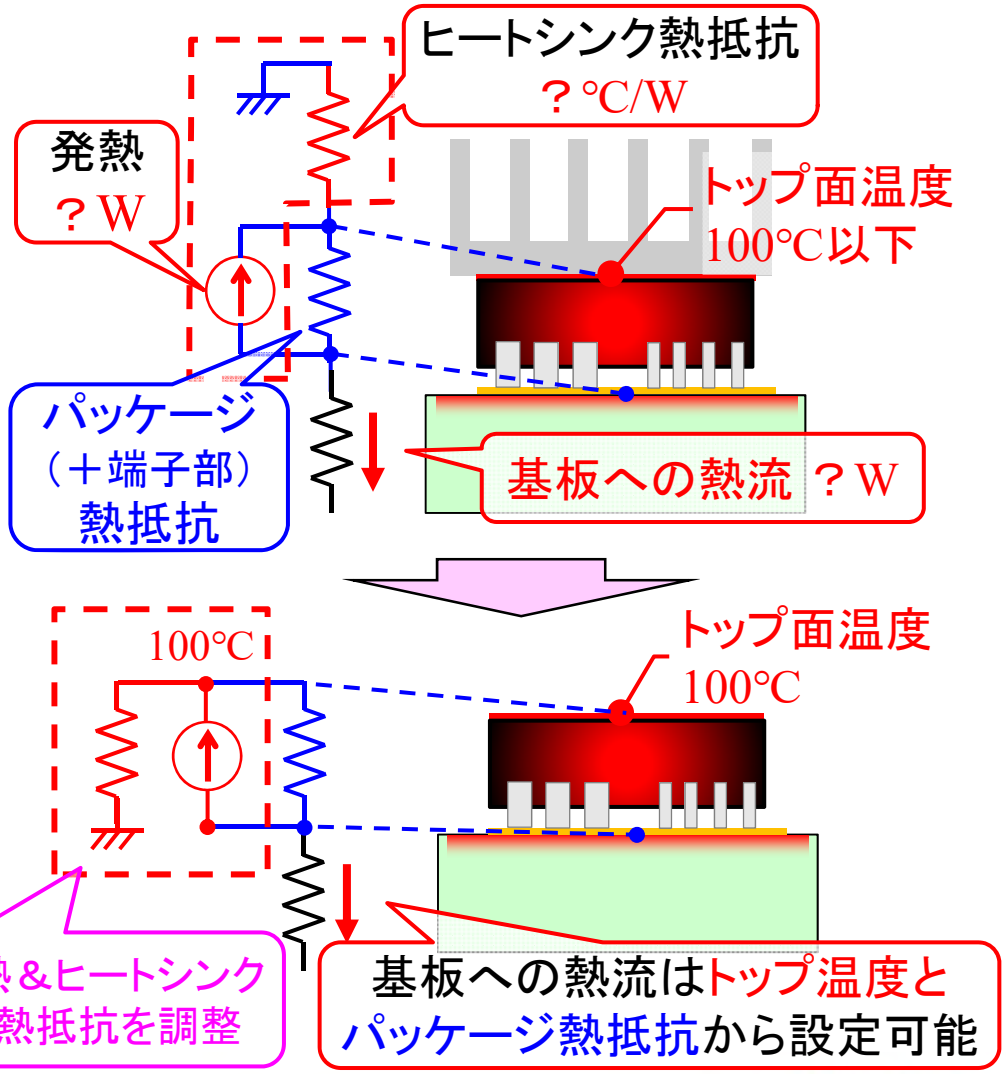
配置イメージ

Case A でOKならば、他の設計事項を優先
Case C でNGの場合、追加の冷却対策や、全面見直しが必要

Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

解析モデルの実際:パワー半導体のモデル化



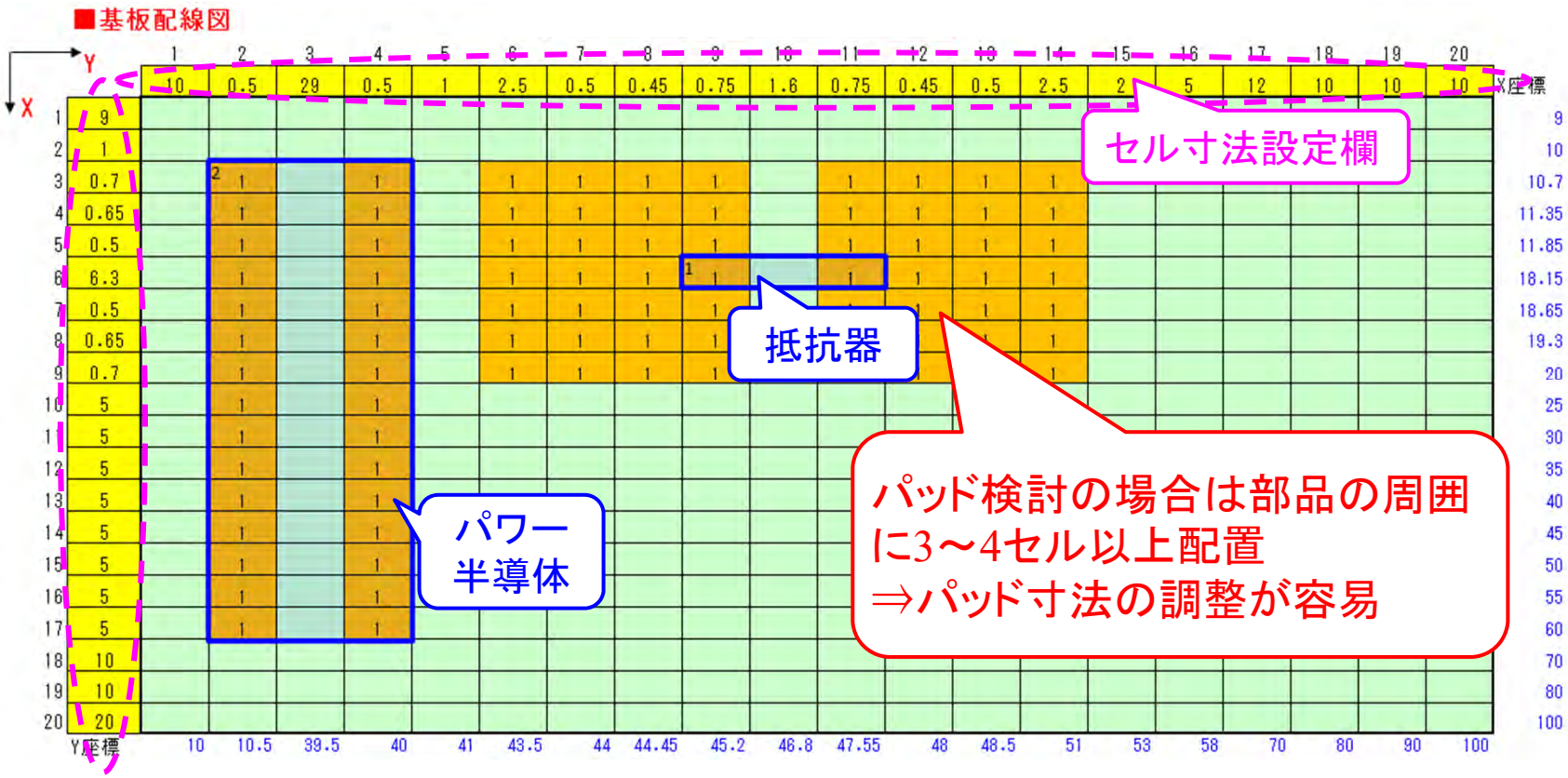


当該の部品が
“きちんと熱設計される”
ことを前提に･･･

トップ面温度100℃として、
基板への熱流を設定

Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

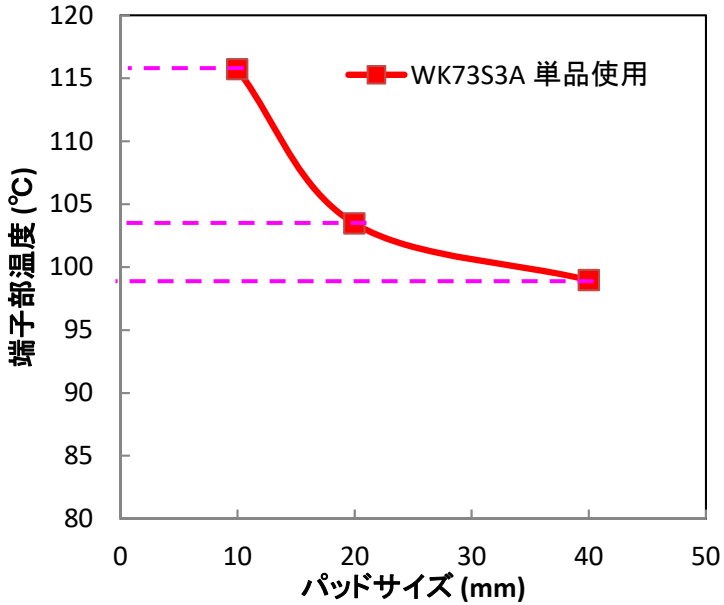
解析モデルの実際：パターン入力、レイアウト例

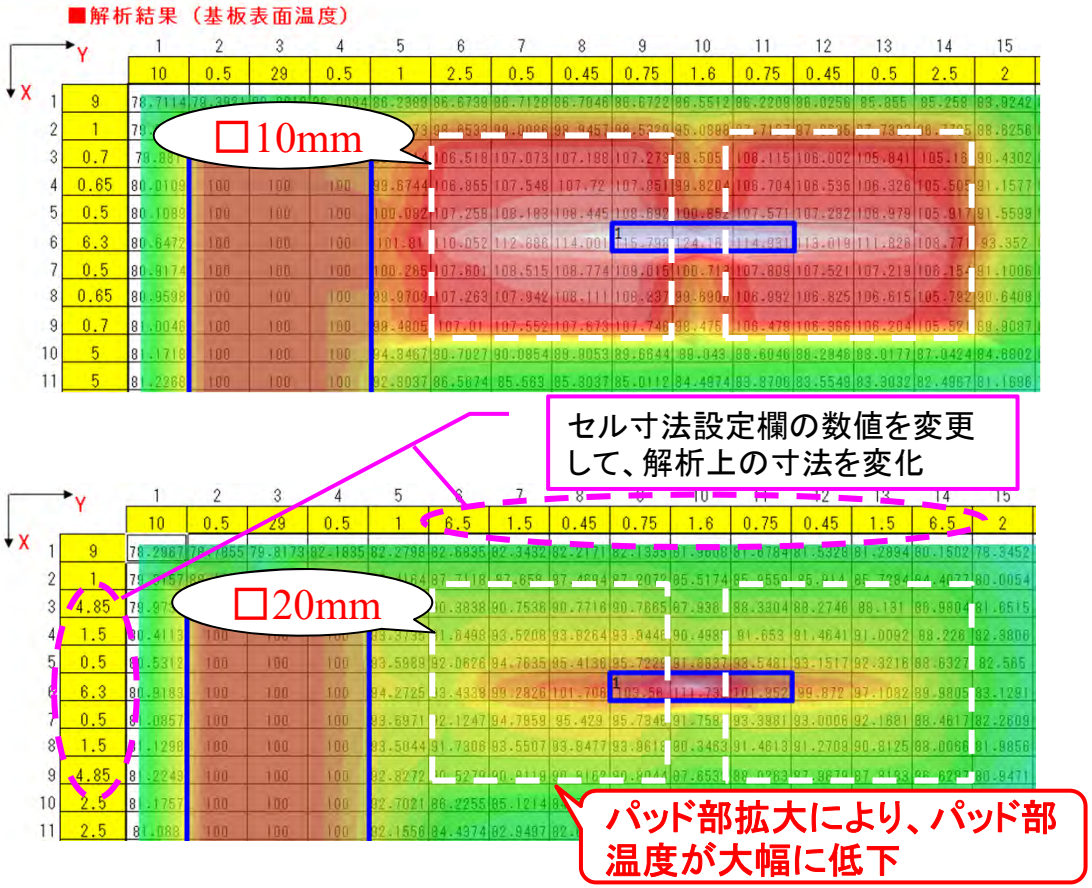


詳細な寸法は、セル寸法設定欄の数字を変更して設定

Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

解析結果





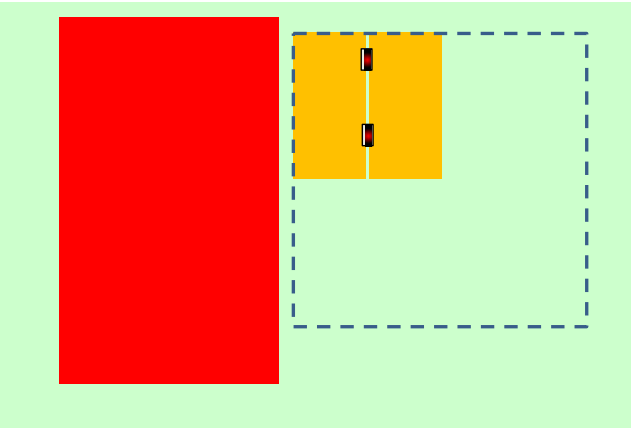
・パッド□10mm → □20mmで温度は10℃以上低下

・ □20mm → □40mmにすることで更に5℃低下

□20mmでは100℃以上、□40mmがマスト？

Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

追加検討の実施



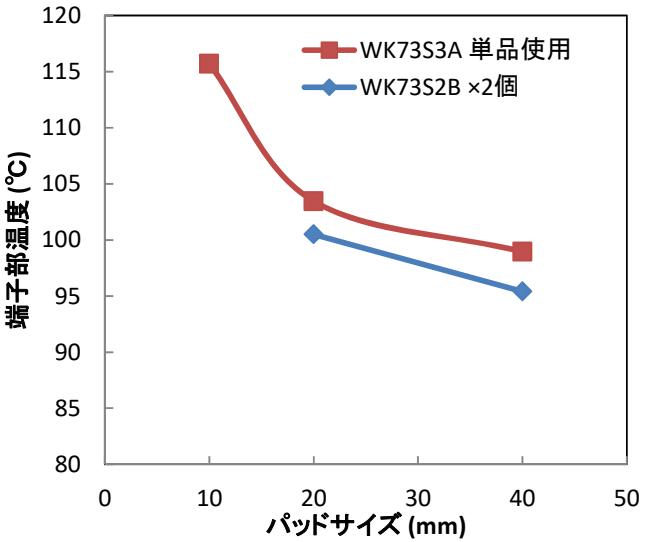
ここで、使用部品を

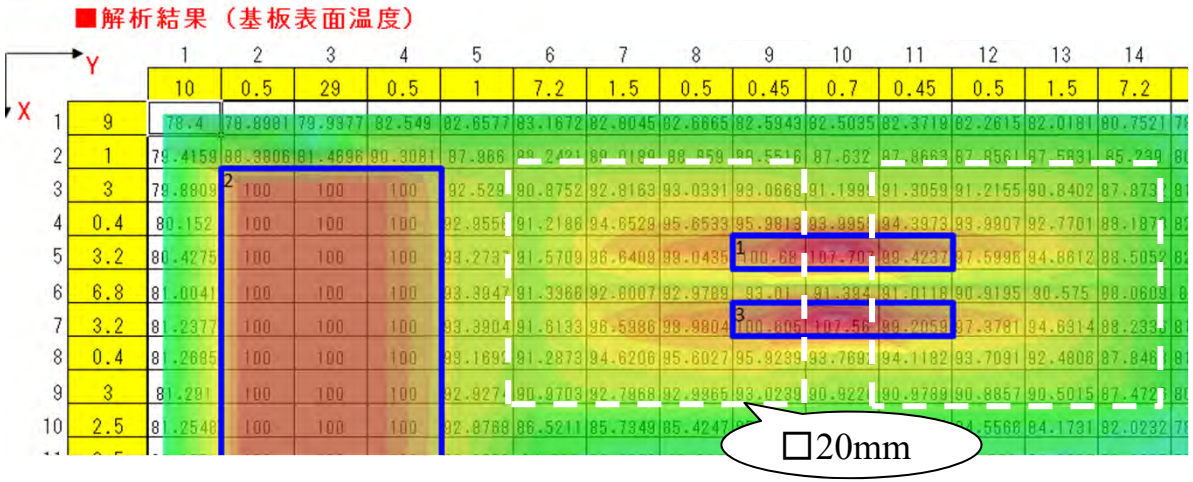
WK73S3A（3.1mm×6.3mm, 2W）から

⇒ WK73S2B（1.6mm×3.2mm, 1W）×2個

に置換え、熱流を分散

Case D: □20mm WK73S2B×2個
Case E: □40mm WK73S2B×2個





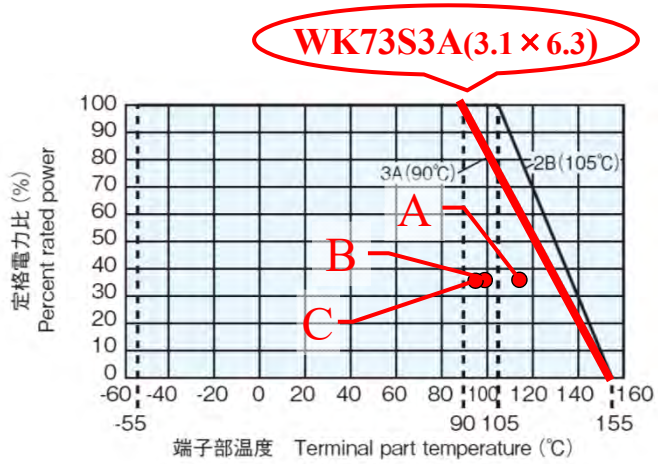
WK73S3A ⇒ WK73S2B×2で更に3～4℃低下

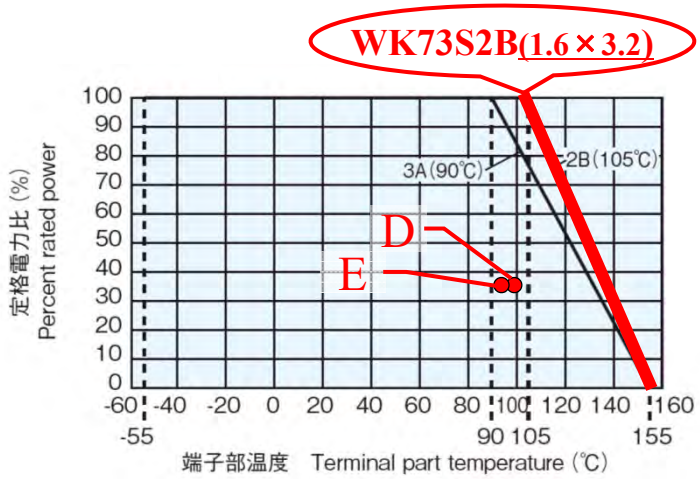
Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

結果まとめ：パターンごとの温度と負荷率

	WK73S3A × 1個			WK73S2B ×2個	
No	A	B	C	D	E
パッドサイズ (mm)	10	20	40	20	40
端子部温度 (℃)	115.7	103.4	98.9	100.5	95.4
負荷電力 (W)	0.7	0.7	0.7	0.35	0.35
定格端子部温度 (℃)	90	90	90	105	105
定格電力 (W)	2	2	2	1	1
軽減電力※1 (W)	1.2	1.59	1.72	1	1
負荷率 ※2	0.58	0.44	0.41	0.35	0.35

※1定格電力×端子部温度での軽減割合(負荷軽減曲線から算出)
※2 負荷電力 / 軽減電力





条件Dは端子部温度が約100℃に抑えられつつ、実装面積はC，Eの1/4となる

Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

まとめ

・小型部品の温度上昇には基板放熱が重要

・目標熱抵抗と単体熱抵抗で放熱対策を見極める

・目標値と手段(ケース)を定めて検討を実施

基板放熱型熱設計に簡易温度シミュレータをご活用ください！！

Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

ご清聴ありがとうございました

本セミナー聴講の方に、本日ご紹介した

“抵抗器温度分布シミュレータ”の試用版（フル機能、使用期限有り）

をご提供させて頂きます。

後日、弊社からメールにてご案内をお送りさせて頂きますので、

是非お試しください。

正式版のライセンス登録をご希望の際は、cqa@koanet.co.jp までご連絡ください。
件名に“温度simライセンス登録希望_CEATEC”とご記入ください。

尚、競合他社様へのご提供は控えさせて頂きますので、ご了承ください。

Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0

KOAブースに是非お立ち寄りください

HALL6, D352 にてお待ちしております。

11/13 熱設計パラダイムシフトセミナー：富士ソフト アキバプラザ
（詳細は添付チラシをご覧ください）

Copyright© KOA Corporation All Rights Reserved 2017.10.05 ver. 1.0