

(解説)

コーベホーネツ®構造体

Integrated Application Method for KOBEHONETSU™ Steel Sheet



平野康雄*¹(Ph.D.)
Dr. Yasuo HIRANO



五十嵐哲也*¹
Tetsuya IGARASHI



松田治幸*²
Haruyuki MATSUDA



西村 真*²
Makoto NISHIMURA

KOBEHONETSU is the trade name of a steel sheet having heat-releasing ability. A method was developed for applying this steel sheet to dissipate heat in high-performance electronic equipment. By applying KOBEHONETSU to both the heat sink and housing simultaneously, the amount of heat transferred out of an electronic device was significantly increased to a level comparable with that achieved by a cooling fan. This cooling effect is enhanced by increasing the heat sink area, making KOBEHONETSU more applicable to heat sources, such as CPU. For example, this steel sheet can be machined into heat sinks which otherwise may interfere with other parts while maintaining its area and heat dissipation capability.

まえがき＝家電・OA機器のデジタル化の動きが急速に進んでいる。これらの機器のデジタル回路を構成する半導体素子はオンオフを繰り返すスイッチとして動作している。半導体素子をオンオフ動作させるために電気エネルギーが用いられ、その大半は熱に変換されてしまう。半導体素子は、動作速度を高めると消費電力が大きくなり、発熱量が増えて温度が上昇する。つまり、デジタル機器の高性能化に伴う発熱量の増大とそれに付随する温度上昇は不可避な現象であるといえる。

機器の内部温度が上昇すると、半導体素子の誤動作や抵抗体などの特性変化、有機絶縁物を含有する電子部品全般の寿命低下につながる。そこで、機器内部で発生する熱を熱源から機器外へ効率よく誘導するための熱対策技術の開発が進められている。この熱対策には、ヒートシンクやファンをはじめとして多様な手法が採用されている。

当社も、家電・OA機器のカバーやシャーシ用の鋼板を提供するメーカーとして、放熱性を有する鋼板であるコーベホーネツ®を供給している¹⁾。コーベホーネツは表面の熱放射率を高めた鋼板であり、例えば家電・OA機器のカバーに使用された場合には、内部の熱を放射伝熱の形で効率的に外部に放散することによって機器内部の温度を低減させる機能を有しており、これまでに多くの使用実績がある。

放射伝熱の効率は絶対温度の4乗に比例する。このため、内部温度が高い場合には高い効率で放熱作用を発現するが、環境温度が低く、さらに内部温度との差が小さい場合にはその放熱作用は相対的に小さくなる。

本稿では、環境温度が低く、また発熱体の温度が比較的低い場合でも、冷却ファンに匹敵する放熱効果を発現させる方法を紹介する。

1. 放熱構造体の原理

内側から発熱体、筐体（きょうたい）材料、外部空間の順番で配置されている灰色体からなる半円筒状モデル（図1）を用いて熱放射で伝わる熱量を考える¹⁾。発熱体の放熱面を①、筐体材料の内面を②、外面を③、外部空間面を④とする。また、それぞれの面の面積を A_1, A_2, A_3, A_4 、放射率を $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_4$ 、発熱体表面の温度を T_1 、筐体の内面温度を T_2 、外面温度を T_3 、外部空間の壁面温度を T_4 とする。熱伝導と対流による伝熱を無視すると、発熱体から筐体への放熱量 Q_{12} (W)は式(1)で表すことができる。

$$Q_{12} = \frac{A_1 \sigma (T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{1}{\epsilon_2} - 1 \right)} \dots\dots\dots (1)$$

また、筐体から外部空間への放熱量 Q_{34} (W)は、

$$Q_{34} = \frac{A_3 \sigma (T_3^4 - T_4^4)}{\frac{1}{\epsilon_3} + \frac{A_3}{A_4} \left(\frac{1}{\epsilon_4} - 1 \right)} \dots\dots\dots (2)$$

と表すことができる。ここで、 σ はステファン-ボルツマン定数であり、 $5.667 \times 10^{-8} (\text{W}/\text{m}^2\text{K}^4)$ の値となる。式

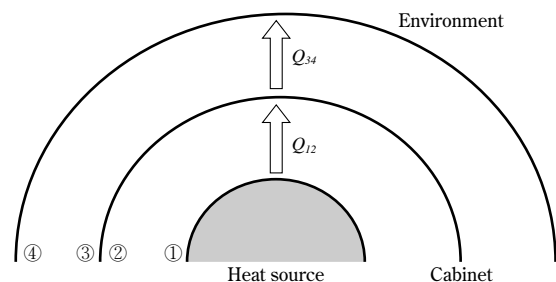


図1 熱放射の計算モデル
Fig. 1 Calculation model for thermal radiation transfer

*¹ 鉄鋼事業部門 技術開発センター 薄板開発部 *² 技術開発本部 機械研究所

表 1 発熱体の表面積・放射率，筐体の放射率が発熱体の温度におよぼす影響

Table 1 Influences of surface area and emissivity of heating element and emissivity of housing on temperature of heating element

Case	A_1 (cm ²)	$A_2=A_3$ (cm ²)	ϵ_1	$\epsilon_2=\epsilon_3$	$Q_{12}=Q_{34}$ (W)	T_1 (°C)
1	10	1,200	0.8	0.1	0.3	79
2	10		0.8	0.86		74
3	20		0.86	0.86		53
4	30		0.86	0.86		44

(1), (2) において $T_2=T_3$ として T_1 について解くと次式が得られる。

$$T_1 = \left[T_4^4 + \frac{Q_{12}}{A_1 \sigma} \left\{ \frac{1}{\epsilon_1} + \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{1}{\epsilon_2} - 1 \right) \right\} + \frac{Q_{34}}{A_3 \sigma} \left\{ \frac{1}{\epsilon_3} + \frac{A_3}{A_4} \left(\frac{1}{\epsilon_4} - 1 \right) \right\} \right]^{\frac{1}{4}} \dots\dots\dots (3)$$

式 (3) を用い，発熱体の表面積および筐体の放射率が発熱体の温度におよぼす影響を検討した (表 1)。ここで，発熱量は 0.3W，外部空間壁面の面積が 100m²，放射率が 0.99，温度は 25°C とした。ケース 1 は筐体を電気亜鉛めっき鋼板とした場合であり，発熱体温度は 79°C となった。ケース 2 では筐体をコーベホーネットとしている。発熱体温度は 74°C となった。次に，ケース 3 は，発熱体の表面の放射率をコーベホーネットと同等にしたうえでその表面積を 2 倍にし，同時に筐体もコーベホーネットとした場合に相当する。このケースでは発熱体温度は 53°C に低下している。ケース 4 は発熱体の表面積を 3 倍にした場合であり，発熱体温度は 44°C まで低下している。

これらの結果より，発熱体の放射率を高めることに加えてその表面積を大きくし，さらに筐体の放射率も大きくすることによって温度を大きく低下させることが期待できる。以下ではこの解析結果を実証した結果を紹介する。

2. 放熱構造体の実験的検証

前章での計算結果を実験で確認するため，図 2 の装置を作製した。筐体は前面に開口部をもつ電気亜鉛めっき鋼板製で，幅 300mm，奥行き 88mm，高さ 250mm である。上下に 100×30mm の通風孔を設け，実際の機器でしばしば採用される自然対流による冷却効果をあらかじめ盛り込んでいる。筐体の奥の面には，基板に 25×25×2 mm のセラミックヒータ (1.8W) を装着したものを設置している。この装置を用いて，次の 4 ケースについてセラミックヒータの温度を比較した。

- 1) 前面開口部を電気亜鉛めっき鋼板で閉じた場合 (図 3 (a))
- 2) 前面開口部をコーベホーネットで閉じた場合 (図 3 (b))
- 3) 前面開口部を電気亜鉛めっき鋼板で閉じ，この鋼板中央部にファンを設置し，直接セラミックヒータを冷却した場合 (図 3 (c))。
- 4) 前面開口部をコーベホーネットで閉じ，セラミックヒータにコーベホーネット (40×40mm) をかぶせて取付けた場合 (図 3 (d))。

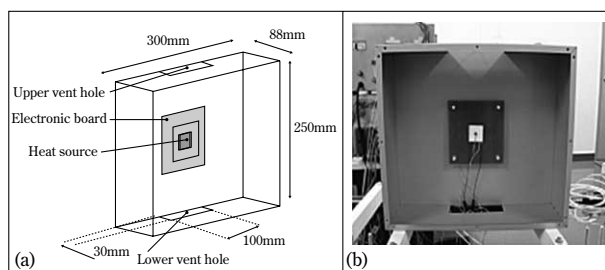


図 2 放熱構造体
Fig. 2 Experimental apparatus for heat radiation structure

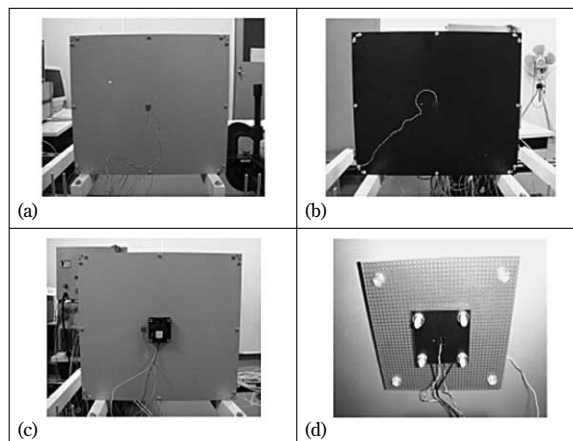


図 3 熱源の冷却方法
Fig. 3 Cooling method of heat source

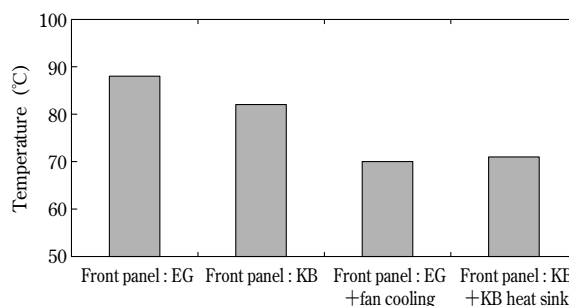


図 4 放熱構造体の効果
Fig. 4 Effects of heat radiation structure (EG : Electrogalvanized steel sheet, KB : kobehonetsu)

結果を図 4 に示すが，セラミックヒータにコーベホーネットをかぶせて取付けることによって冷却ファンに匹敵する放熱効果が得られることが示された。

3. 放熱構造体の効果的な利用方法

前章において，25×25mm のセラミックヒータに 40×40mm のコーベホーネットをかぶせて取付けることにより 17°C の温度低減が実現できることを示した。一方，表 1 の結果は，取付けるコーベホーネットを大きくすれば温度はさらに低減することを示唆している。これを確認するため，またどの程度の大きさのコーベホーネットを取付ければ所期の温度を達成することができるかの指針を得るために，図 5 に示す解析モデルを用いて解析を行った。結果を図 6 に示す。コーベホーネット製ヒートシンクの面積が大きくなるにつれて熱源温度が下がっている。目標とする温度に応じてヒートシンクの大きさを設定できることを示唆している。

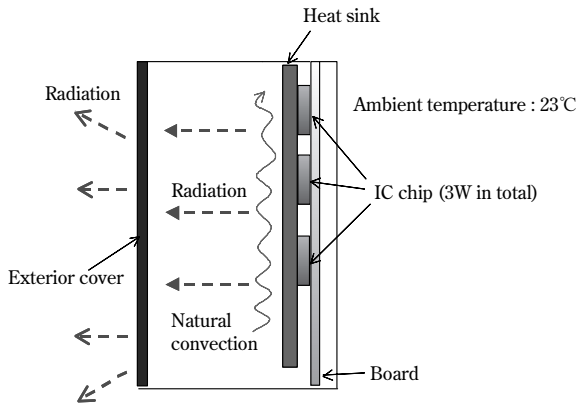


図5 放熱構造体の解析モデル

Fig. 5 Simulation model for heat radiation structure

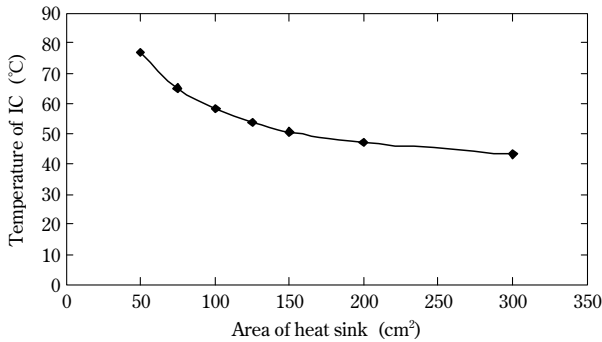


図6 ヒートシンクの面積がおよぼす熱源の温度への影響

Fig. 6 Effects of heat sink area on heat source temperature

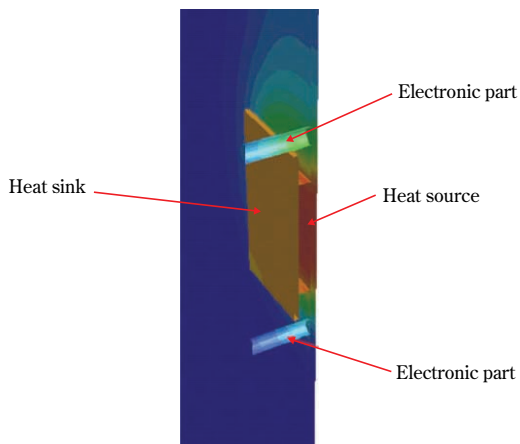


図7 他の電子部品によるヒートシンクの制約

Fig. 7 Constraints on heat sink due to other electronic components

一方、熱源の近傍にある部品により、ヒートシンクの面積を所期の大きさにできない場合がある(図7)。この場合、近傍部品との干渉を回避したヒートシンクとすることができる。いくつかの例を図8に、また対応する温度計算結果を表2に示す。ケース(c)、(d)のように、

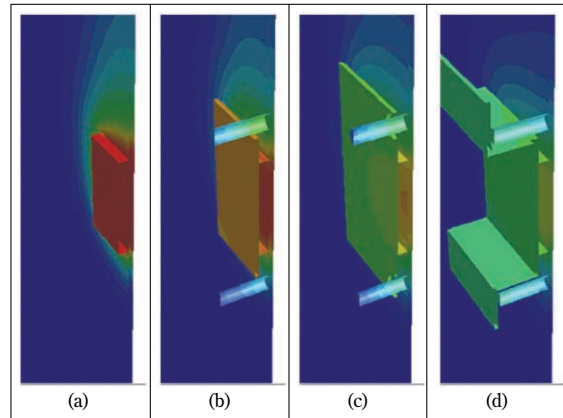


図8 熱源の近傍に部品がある場合のヒートシンク設置例

Fig. 8 Cases of setting up heat sink in case of parts close to heat source

表2 熱源の近傍に部品がある場合のヒートシンク設置による温度低減

Table 2 Temperature reduction by setting up heat sink in case of parts close to heat source

Case	Area of heat sink (cm ²)	Temperature of heat source (°C)
(a)	None	103
(b)	9	79
(c)	16	68
(d)	20	62

近傍部品を回避して、ヒートシンクの面積を大きくすることにより、熱源温度を低減できる。ケース(d)のような、熱源に垂直な面がある場合でも温度低減に寄与できる。

むすび=電子機器内部ではCPUのような演算素子の耐熱性に近いところまで温度が上がっており、また、精密部品の寿命も問題になっている。コーベホーネットは、装置の気密性を低下させずに電子機器内部の温度を下げるができる。このコーベホーネットをカバーだけでなく、ヒートシンクとして用いることにより、発熱体の温度をさらに低減することができるため、冷却ファン、モータの容量ダウンや冷却ファンレスなどのコストダウンにもつながる。これらの結果として、機器のさらなる高機能化、小形化、あるいは省電力、低騒音等に貢献できると期待している。

参考文献

1) 平野康雄ほか：R&D 神戸製鋼技報, Vol.54, No.1 (2004), p.58.