

(解説)

# 放熱性鋼板「コーベホーネツ<sup>®</sup>」

## KOBEHONETSU Heat Releasing Steel Sheet



平野康雄<sup>\*</sup>(Ph. D.)  
Yasuo Hirano, Ph. D.



渡瀬岳史<sup>\*</sup>  
Takeshi Watase



満田正彦<sup>\*\*</sup>(工博)  
Dr. Masahiko Mitsuda



日下卓也<sup>\*\*\*</sup>  
Takuya Kusaka

Recent advances in high-performance electronic equipment, especially faster microprocessors, have generally always resulted in higher heat generation. In order to efficiently radiate generated heat beyond the electronics that generate them, Kobe Steel developed a new steel sheet called KOBEHONETSU. This steel is characterized by a unique thermal radiation mechanism which can release 7 times more heat than conventional electro-galvanized steels thereby greatly reducing the temperature inside cabinet enclosed electronic equipment.

まえがき = 近年の電子機器の高性能化は、マイクロプロセッサの高速化、抵抗器やコンデンサなどの電子部品の小型化、プリント回路基板の高密度実装などによって実現されている。マイクロプロセッサの高速化は、消費電力の増大による熱発生を伴い、更に、小型化された電子部品とともにプリント回路基板に高密度で実装されることにより単位体積当たりの発熱量が高まることになる。これらの熱はシリコンチップの正常動作を阻害し、また他の電子部品の寿命を縮めることになる。

この熱問題に対応するために、各種の放熱対策が採用されている。放熱対策は、熱伝導、対流、熱放射の伝熱メカニズムを利用して、電子機器内部の高温部から最終的には外界低温部へと効率的に熱を移動させる手法の適用である。表1に放熱対策の例を挙げるが、従来より熱伝導と対流が利用されることが多かった。しかし、吸排気口による放熱では気密性や電磁波シールド性の低下などの問題を、冷却ファン、ヒートシンクなどの放熱部品による対策や機器筐体材料に熱伝導率の高い材料を使用する対策は、エネルギー、部品点数、コストの増加につながるがあった。

当社は、この熱問題の解決に寄与することを目的とし

て、従来活用されることが少なかった熱放射に着目し、機器筐体材料として一般に使われている電気亜鉛めっき鋼板に比べて7倍以上の放熱性を持つ鋼板「コーベホーネツ」を開発した。本稿では、このコーベホーネツの特徴および実用化について解説する。

### 1. 熱放射

熱伝導と対流による伝熱は、主として温度差によって支配される現象であり、温度の高さそのものの影響は小さい。一方、熱放射による伝熱は温度差による伝熱であることに変わりはないが、その伝熱効率は、高温になるほど大きくなる<sup>1)</sup>。そのため、室温から100程度の温度領域となる一般電子機器では、熱放射が活用されることがこれまででは少なかった。

熱放射で伝わる熱量を、図1のような半円筒状で、内側から発熱体、筐体材料、外部空間の順に配置されている計算モデルを用いて考える<sup>1)</sup>。筐体材料の外面を、外部空間面をとし、また、それぞれの面の面積を $A_1$  ( $m^2$ ),  $A_2$  ( $m^2$ ), 放射率を $\epsilon_1, \epsilon_2$ とする。熱伝導と対流による伝熱を無視すると、筐体から外部空間への放射熱 $Q_{12}$  (W) は、

表1 放熱対策の例

Table 1 Examples of conventional heat release measures

Heat release measures		Applied heat transfer mechanism
Structural design	Ventilation slots	Convection
	Cooling fan	Convection
Radiator	Heat sink	Conduction
	Heat pipe	
	Thermally conductive sheet	Conduction
Cabinet material	Thermally conductive materials	Conduction

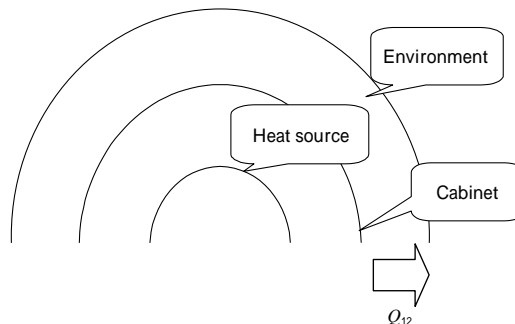


図1 熱放射の計算モデル

Fig. 1 Calculation model for thermal radiation transfer

<sup>\*</sup>鉄鋼部門 加古川製鉄所 技術研究センター <sup>\*\*</sup>技術開発本部 機械研究所 <sup>\*\*\*</sup>技術開発本部 生産システム研究所

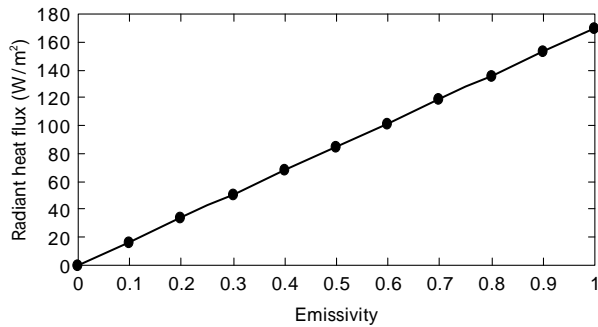


図2 放射率による放射伝熱量の変化  
Fig. 2 Dependence of radiant heat flux on emissivity

$Q_{12}/A_1 = \epsilon_1 (T_1^4 - T_2^4)$  .....(1)  
と表すことができる。ここで、ステファンボルツマン定数  $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} (W/m^2 \cdot K^4)$ 、温度  $T$  は絶対温度(K)である。なお、外部空間は非常に大きい、すなわち  $A_2 = \infty$  としている。式(1)より、管体表面の放射率を大きくすることにより伝熱量が増えることが期待される。

熱放射は、可視光から遠赤外線領域の電磁波が放射・吸収されることによる熱の移動であるが、金属は一般にこの波長域の電磁波の大半を反射し、また放射する効率も低い。事実、酸化されていない金属表面の放射率は通常0.1以下である。

管体温度 50℃、外部空間 25℃ として、式(1)を用いて、放射率による伝熱量の変化を計算した結果を図2に示す。放射率が0.1の金属管体を、放射率が0.8の金属管体で置換えれば、放射伝熱量が約7倍に増加することが期待される。本稿で紹介するコーベホーネツは、このような考えに基づき、高い放射率を鋼板に持たせることで、管体材料を置換えるだけで内部温度が低下するという放熱対策を提案することを目的に開発した鋼板である。

## 2. コーベホーネツ

熱放射は、電子自体の運動、分子内の原子の振動、結晶の格子振動に関係して、それぞれ高エネルギー状態から低エネルギー状態へ遷移することに対応して発生することが知られている<sup>2)</sup>。従って、低エネルギー状態にある上記運動モードは、高エネルギー状態とのエネルギー差に相当する電磁波を吸収することができる。すなわち、鋼板の表面に熱放射を向上させる処理をすれば、放射エネルギーを吸収できる機能を同時に持たせることが可能となる。

コーベホーネツは、電子機器筐体として用いた場合に、上記の放射・吸収の現象を活用し、管体内部の熱を鋼板内側の放熱性皮膜が吸収し、鋼板を通じて外側の放熱性皮膜から外気に放射するように設計されている。

図3にコーベホーネツの皮膜構造を示す<sup>1)</sup>。まず、鋼板の表面に亜鉛めっきをほどこし、耐食性を付与している。さらに、亜鉛めっきと放熱性皮膜との接着性を持たせるための下地処理をほどこし、最表面に放熱性の皮膜を処理した構造としている。また、放熱性皮膜は鋼板の表裏両面に付与し、内部の熱を効率よく吸収して、外部に放出できるようにしている。なお、放熱性皮膜の放射率は表裏両面ともに0.86を実現しているが、これは一般

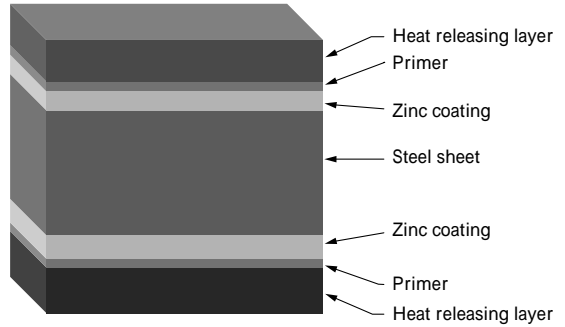


図3 コーベホーネツの皮膜構造  
Fig. 3 Coating structure of KOBEHONETSU

の耐指紋性処理をほどこした電気亜鉛めっき鋼板の約7倍に相当する<sup>1)</sup>。

## 3. コーベホーネツの放熱特性

ここでは、コーベホーネツが機器筐体の一部として使われた時の放熱効果を想定した評価の結果、および放熱板としての性能を想定した評価の結果を紹介する。

図4に示すような管体モデルの評価装置を用いて、内部温度を測定した<sup>1)</sup>。図5に、コーベホーネツを上カバーとした時の内部温度( $T_1$ )の変化を、耐指紋性処理をほどこした電気亜鉛めっき鋼板との比較で示す。この評価では、発熱体からの熱(15W)は放射および対流によって、鋼板に到達し、鋼板表面からはまた熱放射および対流によって放散されている。発熱体の加熱開始100分後には内部温度で約80℃、コーベホーネツを用いることにより低下していることが分かる。

写真1および図6は放熱板としての使用を想定した実験モデルである。ここでは流入熱量を9.2Wの一定値と

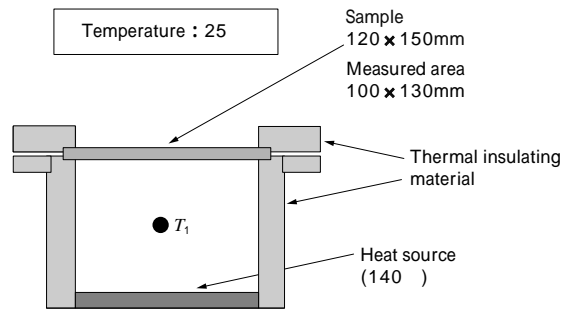


図4 放熱性評価装置概略図  
Fig. 4 Evaluation method of heat releasing properties

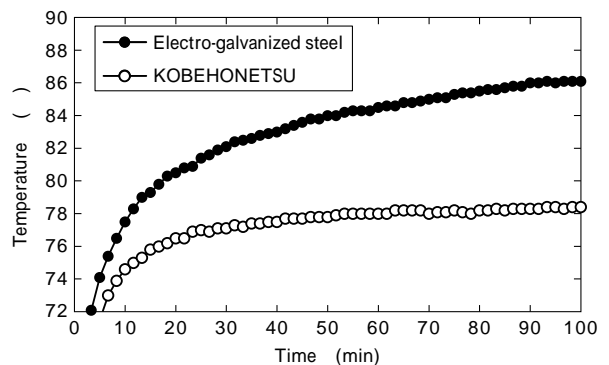


図5 コーベホーネツの放熱性  
Fig. 5 Heat releasing behavior of KOBEHONETSU



写真1 コーベホーネツの放熱板としての性能確認試験  
Photo 1 Method to evaluate performance of KOBEHONETSU as a radiator plate

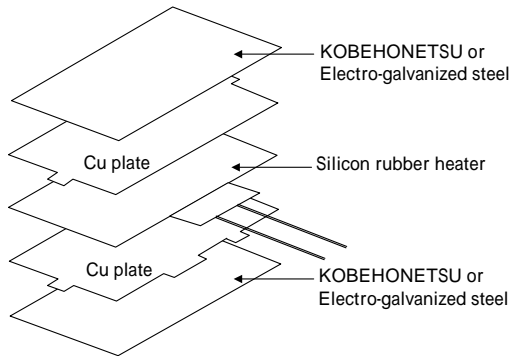


図6 放熱板の構成  
Fig. 6 Structure of radiator plate

している。この評価では、発熱体からの熱は伝導によって鋼板に到達し、鋼板表面から熱放射および対流によって放散されている。表面温度が、電気亜鉛めっき鋼板に比べて14の降下が見られており、筐体に直接装着された発熱部品の温度降下にも活用できることを示唆している。

#### 4. 実用上の諸特性

鋼板を電子機器などの筐体や放熱板として適用するにあたっては種々の特性が必要となる。コーベホーネツには、高い放熱性に加えて、以下のような実用特性を付与している。

##### 4.1 導電性

コーベホーネツの表面は導電性を持たせ、筐体を通したアースをとることができるようにしている。図7に4針法での導電性を示すが、0.01 ~ 0.1m であり、一般に

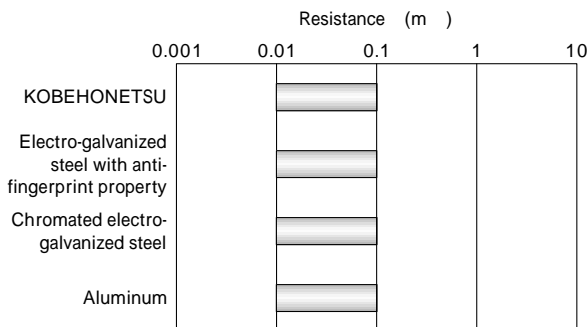


図7 コーベホーネツの表面導電性  
Fig. 7 Surface electric conductivity of KOBEHONETSU

使われている耐指紋性鋼板、クロメート処理した亜鉛めっき鋼板と同等のレベルとなっている。また、この導電性により、かん合部などの電磁波シールド性にも優れている。図8に、KEC法<sup>3)</sup>によるシールド性評価結果の例として電界シールド性を示す。鋼板表面の皮膜が導電性の無い樹脂の場合には、シールド性が低下するが、コーベホーネツは、一般の耐指紋処理をほどこした亜鉛めっき鋼板と同等の良好なシールド性を有しており、電子機器に求められる高い電磁波シールド性と放熱性を両立できる。

##### 4.2 加工性

加工性としては、90度曲げ加工のほか、表2に示すように、板厚にもよるがいわゆる密着曲げが可能である。さらに、表面硬度も高いレベルに設定されている。また、変形後の塗膜の密着性、耐衝撃性、表面の潤滑性も高く、プレス加工しやすい鋼板としている。写真2に音響部品の加工例を示す<sup>4)</sup>。

##### 4.3 耐食性

図9は耐食性を調べた結果の一例であり、塩水噴霧時間と白錆発生率との関係を調べている。放熱性皮膜を有することにより、一般の亜鉛めっき鋼板よりも高い耐食性を持っている。さらに、湿潤試験、例えば40 × 95%

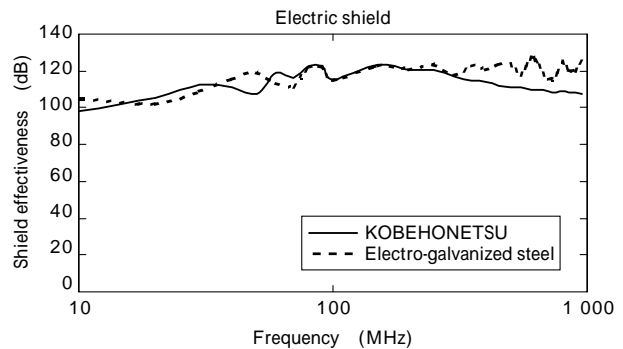


図8 コーベホーネツの電界シールド性  
Fig. 8 Electric shield of KOBEHONETSU

表2 放熱性皮膜の機械的特性例  
Table 2 Mechanical properties of heat releasing layer

T-bend (no crack limit)	0T
Pencil hardness	H ~ 2H
Cross-hatch Ericsen	100/100
DuPont impact	5/5
Coefficient of dynamic friction	0.086

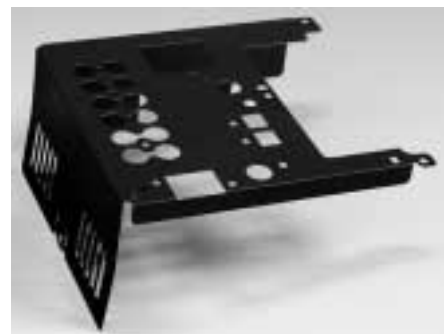


写真2 コーベホーネツの加工例  
Photo 2 Forming example of KOBEHONETSU

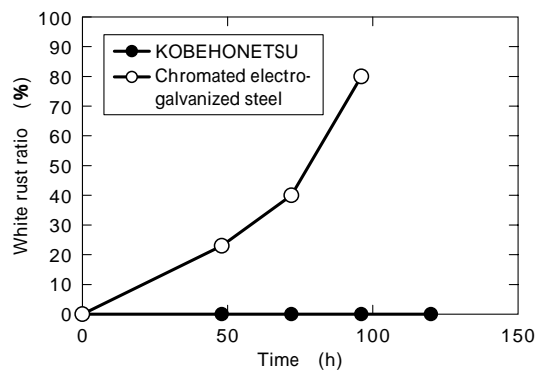


図9 コーベホーネツの耐食性  
Fig. 9 Corrosion resistance of KOBEHONETSU

× 240 時間でも錆びの発生がなく、電子機器用途には十分な耐食性を有していると言える。

#### 4.4 環境への配慮

環境負荷を考慮して放熱性皮膜、下地処理ともにクロメートフリー組成としている。

#### 4.5 意匠性

外観は、外装材として使われることもあることから、つや消しのブラックを基本としている。さらに、表面をシルバーメタリックの色調にしたもの、白色高反射タイプとしたものを開発している。

### 5. コーベホーネツの実用化

コーベホーネツは2001年に開発を開始し、1年後に採用が決まった。これまでにコーベホーネツの性能が認められ、採用された例として、DVDドライブのトップカバー、ハードディスクのカバー(写真3)、ハードディスクレコーダのカバー(写真4)、カーナビのヘッドユニットの筐体などがある。多くの場合においてファンレス化が実現され、コストダウン、静音化、省エネルギー化に貢献している。また現在採用が検討されているものに、液晶、PDPなどのフラットパネルディスプレイのバックパネルなどがある。

むすび=電子機器内部では記憶媒体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と言われている。熱伝導による放熱性向上が素材コストのアップや部品点数のアップにつながる場合、対流による放熱性向上が装置内の気密性を低下させる課題がある場合に、コーベホーネツは特に有効な熱対策手段となる。また、コーベホーネツを用いることにより、電子機器内部の温度を下げるため、



写真3 ハードディスクのカバー  
Photo 3 Hard-disk cabinet



写真4 ハードディスクレコーダのカバー  
Photo 4 Hard-disk recorder cabinet

モータの容量アップや積層回路の多層化といった更なる性能向上をはかることが可能となる。他方では、冷却ファンモータの容量ダウンや冷却ファンレス、あるいは放熱フィンなどの省略などのコストダウンにもつながる。これらの結果として、機器のさらなる高速化、高機能化、小型化、あるいは省電力、低騒音などに貢献できると期待している。

#### 参考文献

- 1) 平野康雄ほか：表面技術，Vol.54, No.5 (2003) p.20.
- 2) 甲藤好郎：伝熱概論 (1996) p.335, 養賢堂.
- 3) (社)関西電子工業振興センターで開発したシールド評価方法 (http://www.kec.or.jp/menu2/6.htm)
- 4) 平野康雄ほか：R&D 神戸製鋼技報，Vol.52, No.2 (2002) p.107.