

# プレコート材の放熱特性に及ぼす塗膜中の樹脂種および グラファイトの影響

## Effects of Resin Type and Graphite in Coating Films on the Heat Radiating Properties of Pre-Coated Aluminum Sheets

前園 利樹  
Toshiki Maezono

斎藤 正次  
Masatsugu Saito

**概要** 近年電子機器の小型化および高性能化に伴い熱問題が深刻になってきている。この問題を解決する1つの方法として、プレコートアルミニウム材が注目されている。黒色添加物を含有した塗膜が比較的良好な熱放射性を示すことは知られている。しかしながら、塗膜中の樹脂種や黒色添加物の影響に関する報告は少ない。したがって、我々はプレコート材の放熱特性に及ぼす塗膜中の樹脂種およびグラファイトの影響について詳細に調査した。塗膜中の樹脂の化学構造と分光放射率とは密接な関係があると考えられ、特に、メラミン架橋タイプ高分子ポリエステル放射率が良好であった。グラファイトは赤外線の波長4.5~14.2  $\mu\text{m}$ の広い範囲で放射率を向上させることが可能で、特に、平均粒径7.0  $\mu\text{m}$ の土状グラファイトを添加することが有効であることを見出した。

**Abstract:** In recent years, as electronic equipment become more compact providing higher performance, the problem of heat is becoming acute. As a way to solve this problem, use of pre-coated aluminum sheets is drawing attention. It is known that a coating film containing black additives has relatively good thermal radiation. However, detailed reports on the effects of resin type and black additives in coating films are few. Therefore, we studied in detail the effects of resin type and graphite in coating films on the heat radiating properties of pre-coated aluminum sheets. In this study, we found that the chemical structure of the resin in coating films is closely related with the spectral emissivity. In particular, the emissivity of polyester cured by melamine is good. It is possible for graphite to improve the emissivity over a wide wavelength range of 4.5-14.2  $\mu\text{m}$ . It was also found that an average particle size of 7.0  $\mu\text{m}$  of amorphous graphite is especially effective.

### 1. はじめに

アルミニウムの軽量性、高熱伝導性、および高リサイクル性により、ノートパソコンやFPD（フラットパネルディスプレイ）などに代表される電子電機分野へのアルミニウムの適用が拡大している。また、この分野では、放熱性、導電性、光反射性などを付加した機能性プレコート材が注目されている。

近年、高密度実装技術や半導体技術の進展による電子機器の小型化および高性能化がめざましい。このような小型化および高性能化は消費電力密度の増大による局所発熱集中をもたらした。この発熱量の増加は電子部品の正常動作を阻害し、電子機器の信頼性を損なう恐れがあ

るため、大きな問題となっている。

この熱問題の解決方法として、各種の放熱対策が行われている。電子機器の放熱経路としては熱伝導、対流、熱放射などの基本要素で構成されている。そこで、これらの放熱メカニズムを利用して、熱源で発生した熱を速やかに外部へ放散させることが重要である。しかし、電子機器の情報家電化が進み、不要輻射（EMI）、騒音、排熱などの環境への配慮も重要になってきている。そのため、通風孔による放熱対策や冷却ファン、ヒートシンクなどの放熱部品による対策は、環境性能の低下やコストの増加などが問題となる。一方、このような熱伝導や対流による放熱対策と比較し、熱放射による放熱対策は低コストで、かつ冷却ファンレスによる静音化が可能なた

め環境性能が高い。また、冷却ファン、ヒートシンクなどの放熱部品が収納できないような小スペースに適用できるなどのメリットがある。このような状況の中で、特に、基材として熱伝導性の高いアルミニウム材料を用い、さらに塗装による熱放射性を付与した放熱性プレコートアルミニウム材への期待が今後ますます高まるものと予想される。

赤外放射材料の放射率はキルヒホッフの法則に従い、赤外不透明材料の放射率  $\epsilon$  と反射率  $\rho$  の関係は  $\epsilon = k(1 - \rho)$  で与えられる。したがって、一般に赤外線の反射が小さい有機物の放射率は大きい傾向にあると言われている<sup>1)</sup>。また、黒色添加物を含有した塗膜が比較的良好な熱放射性を示すことは知られているものの、黒色添加物を含有していない場合の樹脂種の影響や黒色添加物の影響などに関する報告は少ない。

本報では、塗膜中の樹脂およびグラファイトそれぞれの放熱特性への影響を明確にすることを目的として、黒色添加物を含有しない場合、塗膜中の樹脂種、膜厚の影響<sup>2)</sup>およびその作用について検討した。また、黒色添加物であるグラファイトを添加した場合、その平均粒径、種類および添加量がプレコート材の放熱特性に及ぼす影響およびその作用について検討した。

## 2. 実験方法

### 2.1 供試材

供試材の作製手順を示す。素材となるアルミニウム板には、板厚0.6 mmのA5052-H34を使用した。塗装前処理として、強アルカリ系脱脂液を用いて脱脂した後、りん酸クロメート液を用いて化成処理を施した。クロメート皮膜量は  $30 \pm 5 \text{ mg/m}^2$  (金属クロム換算値) となるように調整した。

次に、りん酸クロメート処理を施したアルミニウム板の片面に、表1に示すカラーアルミ分野で用いられる各種樹脂系の塗料を乾燥塗膜厚さが20  $\mu\text{m}$  となるようにバーコータで塗布した後、焼付け温度が高分子ポリエステル系樹脂とエポキシ樹脂は508 K、ふっ素系樹脂は533 Kとなるようにそれぞれ焼付けた塗膜を供試材とした。また、高分子ポリエステルA(メラミン架橋タイプ)

表1 塗料の樹脂種  
Table 1 Resin type of the coating material.

Resin No.	Resin type
1	Polyester A (Melamine curing type)
2	Polyester B (Isocyanate curing type)
3	Epoxy
4	70% Polyvinylidene fluoride (the remainder acrylic)
5	10% Polyvinylidene fluoride (the remainder acrylic)

については樹脂  $T_g$  (ガラス転移温度) の影響を検討するため表2に示す樹脂  $T_g$  の異なる塗料を乾燥塗膜厚さが20  $\mu\text{m}$  となる供試材も作製した。さらに、高分子ポリエステルA(メラミン架橋タイプ)については塗膜厚の影響について検討するため乾燥塗膜厚さが5  $\mu\text{m}$  と10  $\mu\text{m}$  となる供試材も作製した。

次に、放熱性黒色添加物であるグラファイトの影響について検討するため、高分子ポリエステルA(メラミン架橋タイプ)に対して表3に示す平均粒径および種類の異なるグラファイトを0~18 mass%添加した塗料を乾燥塗膜厚さが10  $\mu\text{m}$  となるようにバーコータで塗布し、焼付けた塗膜を供試材とした。なお、グラファイトの種類については土状黒鉛(amorphous graphite: 黒色の微小結晶で、外観は土状または土塊状)、鱗片状黒鉛(flake graphite: 鱗片状黒鉛の一種。外観が薄い鱗片の黒鉛で、最も一般的な黒鉛)を用いた。また、平均粒径7.0  $\mu\text{m}$  のグラファイトの外観のSEM像を図1に示す。土状グラ

表2 高分子ポリエステルAの樹脂  $T_g$   
Table 2 Resin  $T_g$  of Polyester A.

Resin No.	Resin $T_g$ (Glass transition temperature)
6	268 K
7	293 K
1	303 K
8	333 K

表3 グラファイトの種類と平均粒径  
Table 3 Type and average particle size of graphite.

Graphite No.	Type	Average particle size
1	Amorphous	2.0 $\mu\text{m}$
2	Amorphous	3.5 $\mu\text{m}$
3	Amorphous	7.0 $\mu\text{m}$
4	Flake	7.0 $\mu\text{m}$

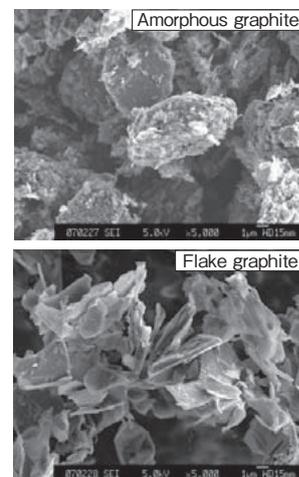


図1 グラファイトの外観SEM像(平均粒径: 7.0  $\mu\text{m}$ )  
Fig.1 SEM image of the graphite. (Average particle size: 7.0  $\mu\text{m}$ )

ファイトは塊状のものであった。一方、鱗片状グラファイトは土状グラファイトと比較すると厚みが薄く平面部が平滑な鱗片状であることが認められた。

## 2.2 評価法

### 2.2.1 プレコート材の放熱特性

放熱特性は赤外放射測定ユニットを付帯したフーリエ変換赤外分光光度計を用い、323 Kにて赤外線波長4.5～14.2 μmにおける分光放射率を測定して平均放射率を求め評価を行なった。

### 2.2.2 プレコート材の表面粗さ測定

プレコート材の表面粗さを表面粗さ測定器にて測定した。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 放熱特性に及ぼす塗膜中の樹脂種と塗膜厚の影響

#### 3.1.1 樹脂種の影響

放射率に及ぼす樹脂種の影響を図2に示す。メラミン架橋タイプやイソシアネート架橋タイプの架橋剤の種類にかかわらず、高分子ポリエステル系樹脂はいずれも比較放射率が高いことが認められた。特にメラミン架橋タイプの高分子ポリエステルAは5種類の樹脂種のうち、最も放射率が高く、エポキシは最も放射率が低くなることが認められた。また、ふっ素系樹脂ではふっ素樹脂の含有率の小さい樹脂が放射率は低くなることが認められた。

#### 3.1.2 放射率に及ぼす樹脂 $T_g$ の影響

5種類の樹脂種の中で、最も放射率の高いことが認められた高分子ポリエステルA(メラミン架橋タイプ)について、樹脂  $T_g$  による放射率の違いを評価した。その結果を図3に示す。樹脂  $T_g$  の異なる4種類の高分子ポリエステルの放射率はいずれも0.71～0.72で、ほぼ同様の値となり、樹脂  $T_g$  による放射率への影響は認められなかつ

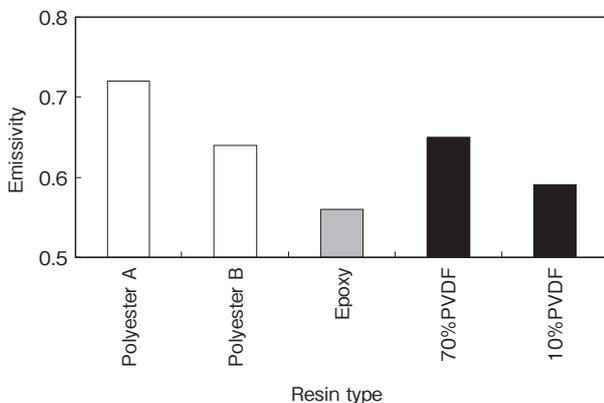


図2 放射率に及ぼす樹脂種の影響  
Fig.2 Effect of resin type on emissivity.

た。

#### 3.1.3 塗膜厚の影響

高分子ポリエステルA(メラミン架橋タイプ)について、放射率に及ぼす塗膜厚の影響を図4に示す。塗膜厚が厚くなるに従って、放射率が高くなる傾向が認められた。高くなる程度は塗膜厚10～20 μmと比較し、塗膜厚5～10 μmでの変化が顕著であった。

### 3.2 放熱特性に及ぼす塗膜中のグラファイトの影響

#### 3.2.1 土状グラファイトの平均粒径と添加量の影響

図5に放射率に及ぼす土状グラファイトの平均粒径と添加量の影響を示す。土状グラファイトの平均粒径にかかわらず、グラファイト添加量6.8～9.1 mass%までは添加量の増加に従って放射率は高くなる傾向が認められた。それ以上添加した場合、放射率はやや低下する傾向が認められた。また、放射率に及ぼす土状グラファイトの平均粒径の影響は数μmオーダーにおいては小さいことが認められた。

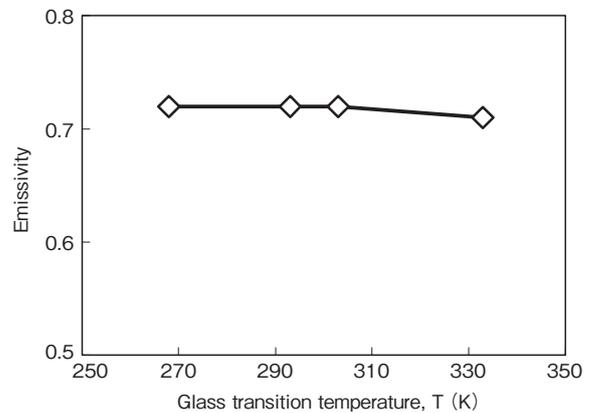


図3 放射率に及ぼす樹脂  $T_g$  の影響 (樹脂種:高分子ポリエステルA)  
Fig.3 Effect of resin  $T_g$  on emissivity. (Resin type: Polyester A)

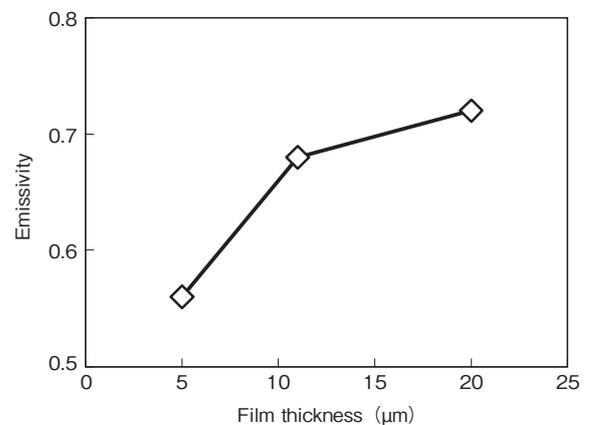


図4 放射率に及ぼす塗膜厚の影響 (樹脂種:高分子ポリエステルA)  
Fig.4 Effect of film thickness on emissivity. (Resin type: Polyester A)

### 3.2.2 グラファイトの種類と添加量の影響

図6に放射率に及ぼすグラファイトの種類と添加量の影響を示す。グラファイトの種類にかかわらず、いずれもグラファイト添加量6.8~9.1 mass%までは添加量の増加に従って放射率は高くなる傾向が認められた。それ以上添加した場合、放射率は若干低下する傾向が認められた。また、グラファイトの種類については、土状タイプは鱗片状タイプより放射率が高くなる傾向が認められた。

### 3.3 考察

グラファイトを添加しない場合、樹脂種、樹脂 $T_g$ および塗膜厚と赤外線の波長4.5~14.2  $\mu\text{m}$ の分光放射率との関係を詳細に検討することで、放射特性に及ぼす樹脂自身の作用について考察した。また、グラファイトを添加した場合、添加量、平均粒径および種類と分光放射率との関係を詳細に検討した。さらに、プレコート材の表面粗さの比較および種類の異なるグラファイトの外観の

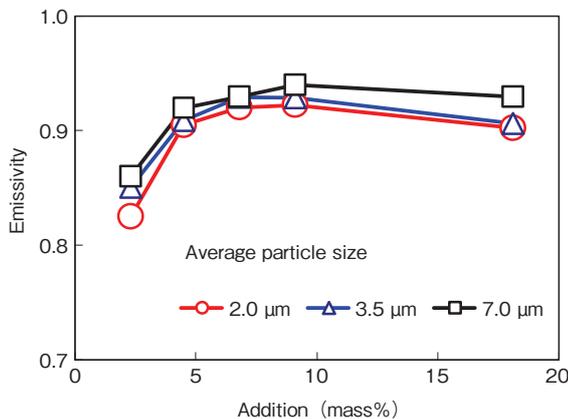


図5 放射率に及ぼす土状グラファイトの平均粒径と添加量の影響

Fig.5 Effect of average particle size and addition of the amorphous graphite on emissivity.

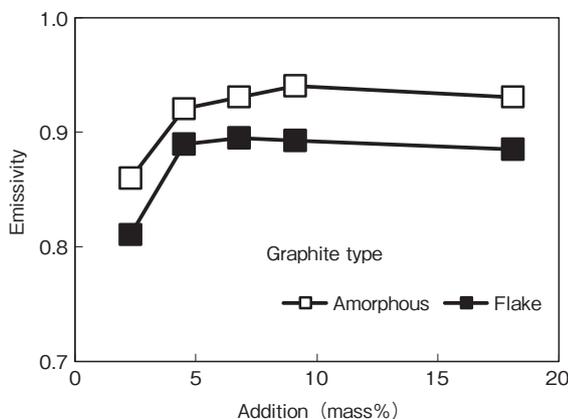


図6 放射率に及ぼすグラファイトの種類と添加量の影響 (平均粒径: 7.0  $\mu\text{m}$ )

Fig.6 Effect of graphite type and addition on emissivity. (Average particle size: 7.0  $\mu\text{m}$ )

比較を行い、グラファイトの作用について考察した。

### 3.3.1 分光放射率に及ぼす樹脂種の影響

高分子ポリエステルA (メラミン架橋タイプ)、高分子ポリエステルB (イソシアネート架橋タイプ)、エポキシ、70%ふっ素、10%ふっ素の5種類の樹脂種の中から、放射率の高い樹脂として高分子ポリエステルA、高分子ポリエステルB、また放射率の低い樹脂としてエポキシを選定して、分光放射率に及ぼす樹脂種の影響を図7に示した。いずれの樹脂も波長5.5  $\mu\text{m}$ 以上 (波数の場合は1820  $\text{cm}^{-1}$ 以下)から放射率は急激に高くなる傾向が認められたが、分光放射率のプロフィールは樹脂種により大きく異なっていた。これらのサンプルは、グラファイトなどの黒色添加物は含有していないため、この分光放射特性の違いは、樹脂の化学構造の差に起因すると考えられる。例えば、高分子ポリエステルAおよびBの両方に認められる波長5.8  $\mu\text{m}$  (波数の場合は1724  $\text{cm}^{-1}$ )付近の放射率のピークはエステル結合のC=O伸縮振動に起因すると推定される。さらに、高分子ポリエステルBの場合、高分子ポリエステルAと異なりイソシアネート架橋タイプのため、C=O伸縮振動(アミドI)に起因すると推定される波長5.9  $\mu\text{m}$  (波数の場合は1694  $\text{cm}^{-1}$ )付近に放射率のピークが認められた。また、エポキシの場合、ビスフェノールA型エポキシの芳香族環C=C伸縮振動に起因すると推定される波長6.2および6.6  $\mu\text{m}$  (波数の場合は1515, 1613  $\text{cm}^{-1}$ )付近に放射率のピークが認められた。このように分光放射特性と塗膜中の樹脂の化学構造とは密接な関係があり、幅広く強い赤外吸収ピークを多く示す樹脂の放射率が高いと考えられる。したがって、放熱特性の向上には樹脂種の選定が重要であり、黒色添加剤を含有しない場合においても、適切な樹脂種の選定が不可欠と考えられる。

### 3.3.2 分光放射率に及ぼす樹脂種の影響

高分子ポリエステルA (メラミン架橋タイプ)について

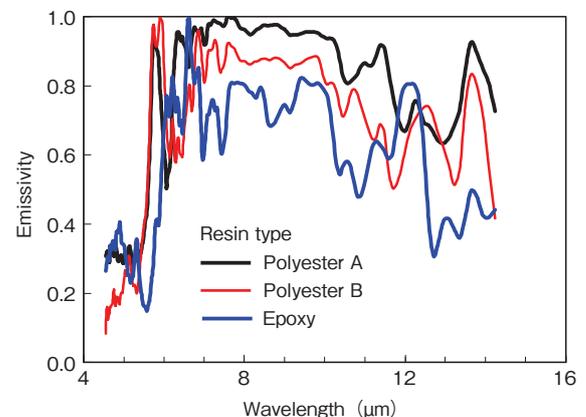


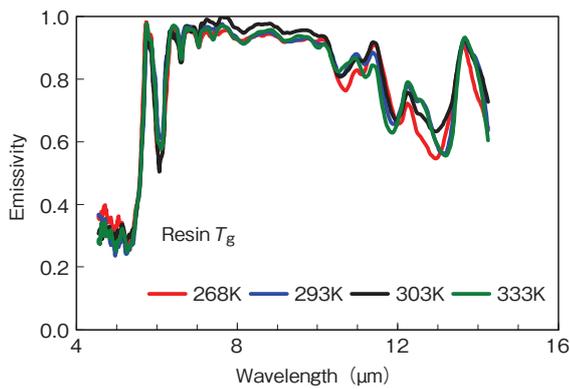
図7 分光放射率に及ぼす樹脂種の影響

Fig.7 Effect of resin type on spectral emissivity.

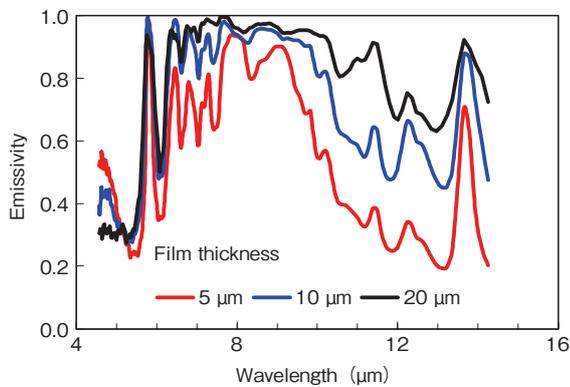
て、分光放射率に及ぼす樹脂  $T_g$  の影響を **図8** に示す。樹脂  $T_g$  は樹脂の化学構造や分子量の影響を有すると推定される。しかしながら、樹脂  $T_g$  が 268~333 K まで変化しているにもかかわらず、分光放射特性の顕著な差は認められなかった。したがって、分子量はおおよそ同一であったことから、ポリエステル樹脂の骨格を形成している多塩基酸成分や多価アルコール成分の化学構造は分光放射特性に影響を及ぼさないと考えられる。

### 3.3.3 分光放射率に及ぼす塗膜厚の影響

高分子ポリエステルA (メラミン架橋タイプ) について、分光放射率に及ぼす塗膜厚の影響を **図9** に示す。波長 5.5  $\mu\text{m}$  以上 (波数の場合は 1820  $\text{cm}^{-1}$  以下) では、全波長範囲にて塗膜厚が厚くなるに従い、放射率が高くなる傾向が認められた。特に、波長 11.0~13.0  $\mu\text{m}$  (波数の場合は 770~910  $\text{cm}^{-1}$ ) の範囲は塗膜厚の影響が顕著であった。また、この波長範囲での単位塗膜厚当たりの放射率の増加は塗膜厚 10  $\mu\text{m}$  から 20  $\mu\text{m}$  よりも 5  $\mu\text{m}$  から 10  $\mu\text{m}$  の方が大きい。文献<sup>1)</sup>より、赤外線強度は物体



**図8** 分光放射率に及ぼす樹脂  $T_g$  の影響 (樹脂種: 高分子ポリエステルA)  
**Fig.8** Effect of resin  $T_g$  on spectral emissivity. (Resin type: Polyester A)



**図9** 分光放射率に及ぼす塗膜厚の影響 (樹脂種: 高分子ポリエステルA)  
**Fig.9** Effect of film thickness on spectral emissivity. (Resin type: Polyester A)

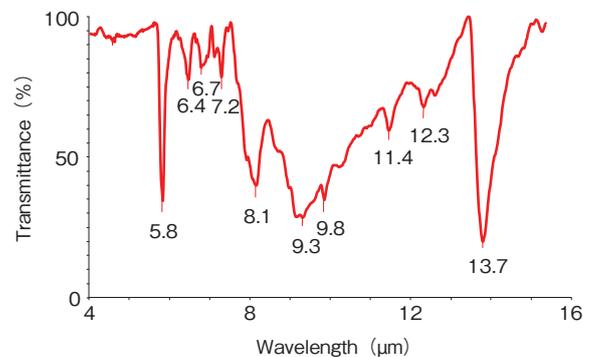
内部で進行距離に対し指数関数的に減衰することが知られている。これより、塗膜表面からより深い内部で発生した赤外線ほど塗膜中で減衰する割合が大きく、塗膜厚が波長の大きさより厚くなると、塗膜中で発生した赤外線の減衰は大きくなり、放射されなくなることが示唆された。また、塗膜厚が 5  $\mu\text{m}$  と比較的薄い場合においても、波長 5.5~11.0  $\mu\text{m}$  (波数の場合は 910~1820  $\text{cm}^{-1}$ ) および波長 13.7  $\mu\text{m}$  (波数の場合は 730  $\text{cm}^{-1}$ ) 付近では比較的高い放射率を示した。

ここで、高分子ポリエステルA (メラミン架橋タイプ) の赤外吸収スペクトルを **図10** に示す。図9と図10を比較すると、放射率のピーク位置と赤外吸収のピーク位置が良く似た傾向であることが認められた。また、文献<sup>3), 4)</sup>より、ポリエステル樹脂は C=O 伸縮振動に起因する波長 5.7  $\mu\text{m}$  (波数の場合は 1740  $\text{cm}^{-1}$ ) 付近、C-O-C 伸縮振動に起因する波長 7.8~9.5  $\mu\text{m}$  (波数の場合は 1050~1275  $\text{cm}^{-1}$ )、CH<sub>2</sub> 横ゆれ変角振動に起因する波長 13.7  $\mu\text{m}$  (波数の場合は 730  $\text{cm}^{-1}$ ) 付近に大きな赤外吸収を示すことが知られている。また、架橋剤のメラミン樹脂は波長 6.2~7.7  $\mu\text{m}$  (波数の場合は 1300~1600  $\text{cm}^{-1}$ ) 付近、波長 8.8~10.5  $\mu\text{m}$  (波数の場合は 950~1140  $\text{cm}^{-1}$ ) 付近に大きな赤外吸収を示すことが知られている。

したがって、このように比較的薄い塗膜厚においても良好な放射率を示した理由は、メラミン架橋タイプ高分子ポリエステルAが化学構造中に、この波長範囲の赤外線に対して活性な分子振動モードを有していたためと推定される。

### 3.3.4 分光放射率に及ぼす土状グラファイトの添加量の影響

図5より土状グラファイトの中で最も放射率の高かった平均粒径 7.0  $\mu\text{m}$  について、分光放射率に及ぼすグラファイトの添加量の影響を **図11** に示す。添加量 9.1 mass% までは波長 4.5~14.2  $\mu\text{m}$  の全波長において、添加量の増加に従って放射率の高くなる傾向が認められ



**図10** 高分子ポリエステルAの赤外吸収スペクトル  
**Fig.10** Infrared spectrum of polyester A.

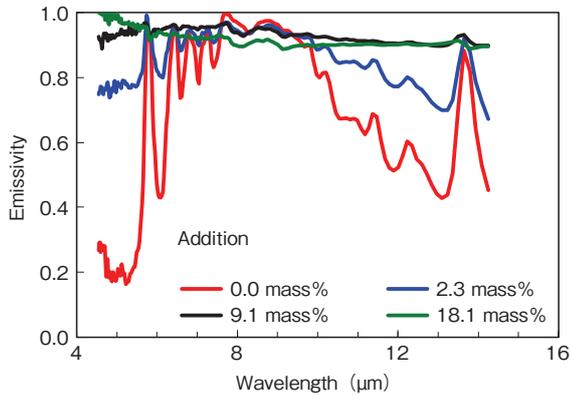


図11 分光放射率に及ぼす土状グラファイトの添加量の影響 (平均粒径: 7.0 μm)

Fig.11 Effect of amorphous graphite addition on spectral emissivity. (Average particle size: 7.0 μm)

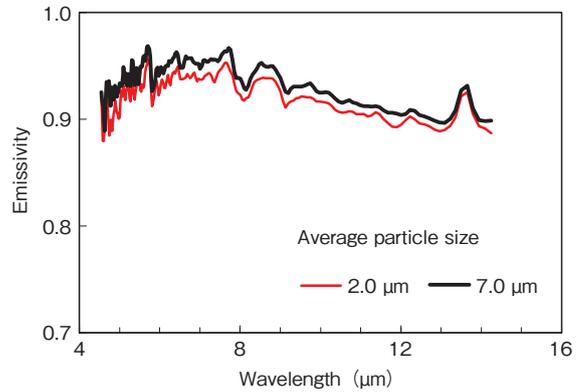


図12 分光放射率に及ぼす土状グラファイトの平均粒径の影響 (添加量: 9.1 mass%)

Fig.12 Effect of average particle size of the amorphous graphite on spectral emissivity. (Addition: 9.1 mass%)

た。一方、添加量が18.1 mass%まで増加した場合、波長6.0~11.0 μmでの放射率がやや低下した。波長6.0~11.0 μmでは、図9に示したようにグラファイトなどの黒色添加物を含有しない場合においても比較的高い放射率であった。したがって、グラファイトの添加量を18.1 mass%まで増加した場合、塗膜中の高分子ポリエステルAの含有率は逆に低下するため、その結果波長6.0~11.0 μmでの放射率がやや低下したと考えられる。以上のことから、土状グラファイトは波長4.5~14.2 μmの全波長において、放射率を向上させることができる有効な放熱性添加物である。しかしながら、その添加量についてはベース樹脂との最適な配合割合が存在すると考えられる。

### 3.3.5 分光放射率に及ぼす土状グラファイトの平均粒径の影響

図5よりグラファイトの平均粒径にかかわらず、添加量6.8~9.1 mass%で放射率が最大となった。土状グラファイトの添加量9.1 mass%について、分光放射率に及ぼす土状グラファイトの平均粒径の影響を図12に示す。波長4.5~14.2 μmの全波長において、平均粒径7.0 μmが2.0 μmより放射率が若干高い傾向が認められた。しかし、その差はわずかで分光放射率のプロフィールはほぼ同一であることから、分光放射率に及ぼす土状グラファイトの平均粒径の影響は数μmオーダーにおいては小さいと考えられる。

また、図5から、グラファイトの平均粒径より添加量が放射率に大きく影響を及ぼしている。つまり、同一添加量の場合、全体積は変わらず、全表面積は約3.5倍異なる。したがって、放射率の向上にはグラファイトの表面積よりも体積が大きく影響すると考えられる。このことから、赤外放射または赤外吸収はグラファイトの表面のみではなく、内部まで関与するメカニズムで起こってい

ると推定される。

### 3.3.6 分光放射率に及ぼすグラファイトの種類の影響

図6よりグラファイトの種類にかかわらず、添加量6.8~9.1 mass%で放射率が最大となった。グラファイトの添加量9.1 mass%、平均粒径7.0 μmについて、分光放射率に及ぼすグラファイトの種類の影響を図13に示す。上記3.3.5土状グラファイトの平均粒径の影響の項で、放射率の向上にはグラファイトの体積が大きく影響することを述べた。しかしながら、同一添加量、つまり同一体積でありながら、波長4.5~14.2 μmの全波長において、土状タイプが鱗片状タイプより放射率の高い傾向が認められた。特に、塗膜中の高分子ポリエステルA樹脂自体による放射率への寄与が小さい波長5.5 μm以下の短波長側では顕著な差が認められた。添加量9.1 mass%の場合のプレコート材表面の算術平均粗さ(Ra)は土状タイプが1.3 μm、鱗片状タイプが1.4 μmとおおよそ同等であったことから、塗膜の表面粗さの影響は小さいと考えられる。次に、図1より鱗片状グラファイトは土状グラファイトと比較すると厚みが薄く平面部が平滑な鱗片状で形状が大きく異なっている。また、上記3.3.5土状グラファイトの平均粒径の影響の項で、分光放射率に及ぼす土状グラファイトの平均粒径の影響は数μmオーダーにおいては小さいと考えられることを述べた。以上のことから、同一体積、同一平均粒径にて、土状タイプが鱗片状タイプより放射率の高い理由は、形状の差が影響していると考えられ、同一体積の場合、グラファイトの最小厚さが数μmオーダーより小さいと放射率が低下することが示唆された。つまり、土状タイプと比較し鱗片状タイプは放射率の向上に重要なグラファイトの厚みが不足し薄いため、放射特性が劣ったと考えられる。

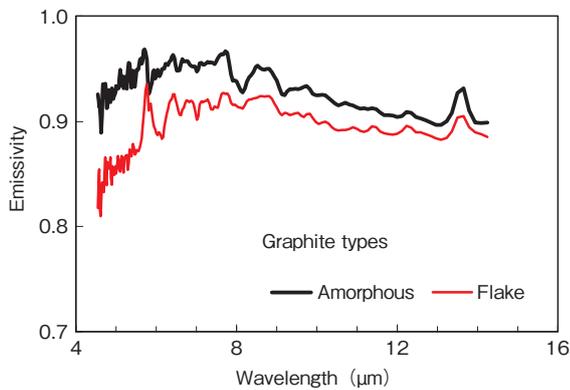


図13 分光放射率に及ぼすグラファイトの種類の影響 (平均粒径: 7.0  $\mu\text{m}$ , 添加量: 9.1 mass%)

Fig.13 Effect of graphite type on spectral emissivity. (Average particle size: 7.0  $\mu\text{m}$ , Addition: 9.1 mass%)

#### 4. おわりに

プレコートアルミニウム材の放熱特性に及ぼす塗膜中の樹脂種およびグラファイトの影響について調査した結果、次のような知見を得た。

- (1) 樹脂種の異なる5種類のプレコート材の放熱特性を比較した結果、メラミン架橋タイプ高分子ポリエステルAの放射率が最も高い結果が得られた。
- (2) 樹脂 $T_g$ の異なる4種類のプレコート材の放熱特性を比較した結果、放射率はいずれも0.71~0.72で、樹脂 $T_g$ の影響は認められなかった。
- (3) 高分子ポリエステルAについて、塗膜厚の影響を検討した結果、塗膜厚が厚くなるに従って、放射率が高くなる傾向が認められた。
- (4) 土状グラファイトの平均粒径と添加量の影響を検討した結果、平均粒径にかかわらず、添加量6.8~9.1 mass%までは添加量の増加に従って放射率は高くなる。しかし、それ以上添加した場合、放射率はやや低下する傾向が認められた。また、放射率に及ぼす土状グラファイトの平均粒径の影響は数 $\mu\text{m}$ オーダーにおいては小さいことが認められた。
- (5) グラファイトの種類と添加量の影響を検討した結果、種類にかかわらず、添加量6.8~9.1 mass%までは添加量の増加に従って放射率は高くなる。しかし、それ以上添加した場合、放射率は若干低下

する傾向が認められた。また、土状タイプが鱗片状タイプより放射率が高くなる傾向が認められた。

- (6) グラファイトを添加しない場合、分光放射率に及ぼす塗膜中の樹脂種と塗膜厚の影響を検討し、その作用を考察した。その結果、分光放射特性と塗膜中の樹脂の化学構造とは密接な関係があると考えられる。したがって、放熱特性向上には樹脂種の選定が重要であると考えられる。
- (7) 分光放射率に及ぼす塗膜中のグラファイトの影響を検討し、その作用を考察した。その結果、グラファイトの添加は波長4.5~14.2  $\mu\text{m}$ の全波長での放射率を高くすることに有効である。
- (8) メラミン架橋タイプ高分子ポリエステルに平均粒径7.0  $\mu\text{m}$ の土状グラファイトをおおよそ9 mass%添加した場合、放熱特性の優れた塗膜となることを見出した。

なお、本論文は(社)軽金属学会発行の軽金属VOL.58 NO.12 (2008)に掲載されたものを転載しています。

#### 参考文献

- 1) 日本電熱協会遠赤外線委員会：遠赤外線加熱の理論と実際、(1991), 11.
- 2) 頓宮真柱, 前園利樹, 斎藤正次：軽金属学会第110回春期大会概要, (2006), 257.
- 3) Sadtler Research Laboratories: The INFRARED SPECTRA ATLAS of MONOMERS and POLYMERS, (1980), 413.
- 4) The Infrared Spectroscopy Committee of the Chicago Society for Coatings Technology: AN INFRARED SPECTROSCOPY ATLAS for the COATINGS INDUSTRY, (1980), 32.



前園 利樹 (Toshiki Maezono)  
技術研究所



斎藤 正次 (Masatsugu Saito)  
技術研究所 室長