

## 南極昭和基地第10居住棟に使用された鋼材 および塗膜の経年変化

近藤照夫<sup>1\*</sup>・平山善吉<sup>2</sup>

Time change of steel and coating film applied to the old living hut  
built in 1969 at Syowa Station, Antarctica

Teruo Kondo<sup>1\*</sup> and Zenkichi Hirayama<sup>2</sup>

**Abstract:** The results of an investigation of steel and paint coated galvanized steel sheet used in the old living hut built in 1969 at Syowa Station, Antarctica are described.

The steel corrosion products consist of  $\alpha$ -FeOOH and  $\gamma$ -FeOOH, which are produced in air, and the mineral component  $\text{CaAl}_2\text{SiO}_8$ . However,  $\beta$ -FeOOH, which can be produced in air and includes a great amount of chloride ion, is not detected. In addition it is speculated that the paint coated galvanized steel sheets applied to roofs, walls and floors of the building are coated by two or three-layers of oxidation-cured melamine.

It is judged that metallic corrosion and coating deterioration reactions are inhibited in Antarctica where air temperature and relative humidity are low all year, even though the buildings are located on the seashore.

**要旨:** 南極昭和基地で約29年間使用された第10居住棟から採取された鋼材および塗装亜鉛めっき鋼板の経年変化を調査した結果、以下のようなことが把握された。

鋼材の腐食生成物は一般的な大気中で生じる $\alpha$ 型と $\gamma$ 型のオキシ水酸化鉄および鉱物成分である $\text{CaAl}_2\text{SiO}_8$ が検出され、特に塩化物イオンが多い環境で生じる $\beta$ 型オキシ水酸化鉄は検出されていない。また、屋根、壁および床に適用されていた塗装亜鉛めっき鋼板は、工場で焼付け塗装されたメラミン硬化形アクリル樹脂塗料の上に、常温乾燥形塗料である酸化重合形油変性アルキド樹脂塗料を用いて、2-3層の塗り重ねが施されていると推定できる。

沿岸部に建設されたにもかかわらず、年間の気温や相対湿度が低い南極においては、金属の腐食反応や塗膜の劣化反応が抑制されていると判断できる。

<sup>1</sup>清水建設(株)建築本部。Building Division, Shimizu Corporation, Seavans South, 1-2-3, Shibaura, Minato-ku, Tokyo 105-8007.

\*Present address: ものつくり大学技能工芸学部建設技能工芸学科。Department of Construction Skill and Management, Institute of Technologists, 333, Maeya, Gyoda 361-0038.

<sup>2</sup>日本大学理工学部建築学科。Department of Architecture, College of Science and Technology, Nihon University, 8-14, Kanda-Surugadai 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8308.

## 1. はじめに

南極昭和基地で1969年に建設され、約29年間使用された第10居住棟(高床式木質パネル構造100 m<sup>2</sup>)が解体され、1998年4月に帰国した南極観測船「しらせ」によって日本に持ち帰られた。

持ち帰られた部材に対して構造、材料、防火等のさまざまな観点から、耐久性に関する検討が進められた。本稿では、使用されていた鉄筋コンクリート柱の中に含まれていた鉄筋や木質パネルの支持鋼材(山形鋼)に生じた腐食生成物を分析して、鋼材腐食に対する環境要因を検討した。また、パネルに適用された塗装亜鉛めっき鋼板に残存している塗膜を分析して、適用された塗料を推定したうえで塗膜の耐久性を検討した。

## 2. 調査方法

### 2.1. 分析用試料

#### a. 鋼材

- 1) 鉄筋：異形棒鋼 18.5  $\phi$   $\times$  150 mm
- 2) 等辺山形鋼：L—30  $\times$  30  $\times$  6 mm

#### b. 塗装亜鉛めっき鋼板

- 1) 屋根パネルの一部(約110  $\times$  110 mm)
- 2) 壁パネルの一部(約110  $\times$  110 mm)
- 3) 床端部立ち上がり的一部分(約110  $\times$  110 mm)

### 2.2. 分析方法

#### a. 鋼材に発生している腐食生成物の同定

- 1) 元素の検出：採取した鋼材に、蛍光X線分析装置を適用した。
- 2) 結晶性化合物の同定：採取した鋼材に、X線回折装置(日本電子製 JDX-8030W型)を適用して、40 kV-16  $\mu$ A, Rh管球, 300 sの条件で分析した。

#### b. 塗装亜鉛めっき鋼板に適用された塗膜成分の分析

- 1) 膜の断面構成：ビデオマイクロスコープ(キーエンス製 VH-6300型)を適用して、塗装亜鉛めっき鋼板から採取した塗膜の破断面を拡大して写真を撮影した。
- 2) 塗膜成分の分析：赤外分光分析装置(日本分光製 7300型)を適用して、塗装亜鉛めっき鋼板から採取した塗膜の構成成分を分析した。

### 3. 調査結果および考察

#### 3.1. 試料の表面状態

鋼材は緻密な腐食生成物に覆われており、現場で塗り替え補修を施したと推定される。塗装亜鉛めっき鋼板の素地は健全な状態である。

材料の履歴に関する詳細は不明であるが、試料の表面状態から判断する限り、沿岸部に建設されたにもかかわらず、鋼材の腐食や塗膜の劣化が著しく進行している様子はない。年間を通じて気温や相対湿度が低い南極では、金属の腐食反応や塗膜の劣化反応が抑制されていると考えることができる。

#### 3.2. 鋼材の腐食生成物

蛍光 X 線分析と X 線回折を適用して、鋼材の腐食生成物を分析した結果を表 1 に示す。

表 1 から、以下のようなことが考えられる。

1) 二つの試料から検出された含有元素は類似しており、腐食生成物の主成分は Fe であると判断される。

2) 二つの試料から同定された結晶性化合物は同一であり、鉄の腐食生成物である  $\alpha$  型と  $\gamma$  型のオキシ水酸化鉄 ( $\alpha$ -FeOOH,  $\gamma$ -FeOOH) および鉱物成分である  $\text{CaAl}_2\text{SiO}_8$  が検出されている。前者は一般的な大気環境中で生ずる鉄の腐食生成物であり、塩化物イオンが多量に含まれる環境で生じるとされる鉄の腐食生成物である  $\beta$  型オキシ水酸化鉄は見出されていない。したがって、鋼材は塩化物イオンの影響によって腐食を促進されたものではなく、一般的な大気中における湿気や水分の影響による腐食を生じていると判断される。また、後者の  $\text{CaAl}_2\text{SiO}_8$  はコンクリート成分あるいは大気中の塵埃に起因していると考えられる。

表 1 腐食生成物の分析結果  
Table 1. Analysis of steel corrosion products.

|     | 含有元素 |    |    |    |    |    | 結晶性化合物                      |                 |
|-----|------|----|----|----|----|----|-----------------------------|-----------------|
| 山形鋼 | Fe   | Ca | K  | Mn | Ni | Cu | $\alpha$ -FeOOH             | $\gamma$ -FeOOH |
|     | Zn   | Cr | Sr | V  |    |    | $\text{CaAl}_2\text{SiO}_8$ |                 |
| 鉄 筋 | Fe   | Ca | K  | Ti | Mn | Ni | $\alpha$ -FeOOH             | $\gamma$ -FeOOH |
|     | Zn   | Cr | Sr |    |    |    | $\text{CaAl}_2\text{SiO}_8$ |                 |

#### 3.3. 塗膜の構成

ビデオマイクロスコープで撮影した塗膜の破断面を図 1～図 3 に示す。

FT-IR で分析された塗膜を構成する樹脂系は、表 2～表 4 に示すとおりである。また、顔料としては、鉛 Pb、モリブデン Mo、クロム Cr などが含まれていると推定される。

図1 屋根パネルの塗膜破断面

Fig. 1. Section of the coating film on the roof panel.



図2 壁パネルの塗膜破断面

Fig. 2. Section of the coating film on the wall panel.

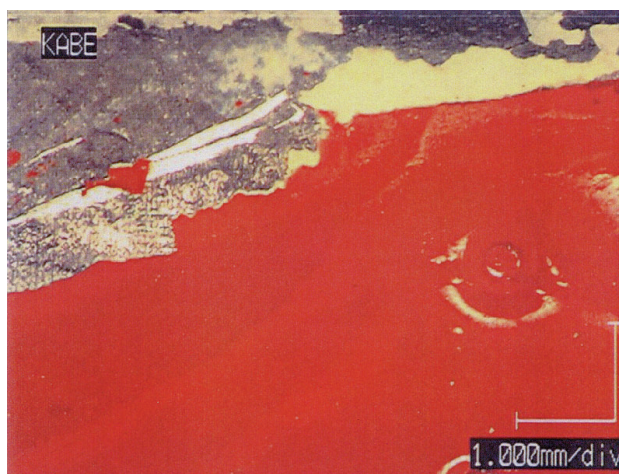


図3 床パネルの塗膜破断面

Fig. 3. Section of the coating film on the floor panel.

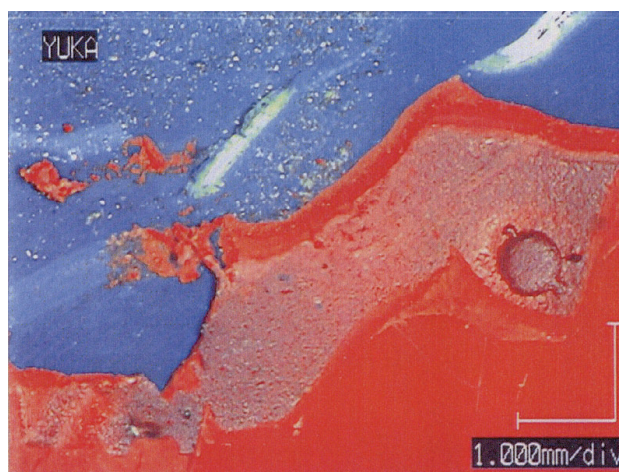


表2 屋根パネルの塗膜構成

Table 2. Composition of the coating film on the roof panel.

| 層構成 | 色 調   | 樹脂系            |
|-----|-------|----------------|
| 第一層 | 茶褐色   | メラミン硬化形アクリル樹脂  |
| 第二層 | オレンジ色 | 酸化重合形油変性アルキド樹脂 |
| 第三層 | オレンジ色 | 酸化重合形油変性アルキド樹脂 |

表3 壁パネルの塗膜構成

Table 3. Composition of the coating film on the wall panel.

| 層構成 | 色 調   | 樹脂系            |
|-----|-------|----------------|
| 第一層 | 白 色   | アクリル樹脂*        |
| 第二層 | オレンジ色 | 酸化重合形油変性アルキド樹脂 |
| 第三層 | オレンジ色 | 酸化重合形油変性アルキド樹脂 |
| 第四層 | オレンジ色 | 酸化重合形油変性アルキド樹脂 |

\*顔料ピークとの分離ができないため、硬化形は不明である。

表4 床パネルの塗膜構成

Table 4. Composition of the coating film on the floor panel.

| 層構成 | 色 調   | 樹脂系             |
|-----|-------|-----------------|
| 第一層 | 青 色   | メラミン硬化形アクリル樹脂   |
| 第二層 | オレンジ色 | 酸化重合形油変性アルキド樹脂  |
| 第三層 | 茶褐色   | 酸化重合形油変性アルキド樹脂* |
| 第四層 | オレンジ色 | 酸化重合形油変性アルキド樹脂  |

\*第二層の表面が劣化したもの

分析の結果から、以下のようなことが考えられる。

1) 屋根パネルと壁パネルは類似の塗膜構成であると推定され、亜鉛めっき鋼板を素地として第一層にメラミン硬化形アクリル樹脂塗料があり、その上にオレンジ色の酸化重合形油変性塗料を用いて塗り重ねを施したと推定される。塗膜の表面は細かい気泡や塗りむらが見られることから、現地で刷毛塗りされたたと推定される。

2) 床パネルは亜鉛めっき鋼板を素地として第一層にメラミン硬化形アクリル樹脂塗料があり、その上にオレンジ色の酸化重合形油変性アルキド樹脂塗料が2層存在していると推定される。屋根や壁のパネルと同様に、第一層がパネルの製造時に工場で焼付け塗装された最初の塗膜であり、その上に酸化重合形油変性アルキド樹脂塗料を用いて、現地で塗り重ねを施したと推定される。

3) 現地における塗り替え補修は、十分な下地調整を施さないで刷毛塗りで実施されたものと推定される。しかし、塗膜の現状から判断すれば施工程度によって塗膜の劣化が特に促進されているとは考えられない。

#### 4. ま と め

南極昭和基地で約 29 年間使用された第 10 次居住棟から採取された銅材および塗装亜鉛めっき鋼板を調査した結果から、以下のようなことが把握された。

1) 銅材の腐食生成物は一般的な大気中で生じる  $\alpha$  型と  $\gamma$  型のオキシ水酸化鉄 ( $\alpha$ -FeOOH,  $\gamma$ -FeOOH) および鉱物成分である  $\text{CaAl}_2\text{SiO}_8$  が検出されている。特に、塩化物イオンが多い環境で生じる  $\beta$  型オキシ水酸化鉄は検出されておらず、これらの成分を見る限りでは環境に含まれる塩化物イオンによって腐食が促進されたとは考えられない。

2) 屋根、壁および床に適用されていた塗装亜鉛めっき鋼板は、素地の上に工場で焼付け塗装されたメラミン硬化形アクリル樹脂塗料が存在する。その塗膜の上に、現地において常温乾燥形塗料である酸化重合形油変性アルキド樹脂塗料を用いて、2-3 層の塗り重ねが刷毛塗りによって施されていると推定できる。

3) 材料の履歴に関する詳細は不明であるが、沿岸部に建設されたにもかかわらず、銅材の腐食や塗膜の劣化が著しく進行している様子はない。年間を通じて気温や相対湿度が低い南極においては、金属の腐食反応や塗膜の劣化反応が抑制されていると判断できる。

(2001 年 7 月 16 日受付; 2001 年 12 月 18 日改訂稿受理)