

## 2. 設備メンテナンスの実施例

### 2.1 ユニットクーラの腐食事例および対策事例

Cases and Measures of Corrosion on Unit Cooler

キーワード：ユニットクーラ、腐食、防食、食品加工工場、メンテナンス  
Unit cooler, Corrosion, Corrosion control, Food processing, Maintenance

鍋島 雅文 Masafumi NABESHIMA

#### 1. はじめに

ユニットクーラの腐食（サビ）によるクレームが増えている。金属腐生成物は異物混入の原因となり、食品工場のもっとも嫌うものである。しかし、人間に無害な食品や調味料および洗浄液が、腐食反応を促進することを理解していない食品工場や設備業者が多いのが現状である。

ユニットクーラは、熱交換器（冷却管+フィン）と送風機と外装ケーシング・ドレンパンの金属部材で構成されている。金属の腐食は酸化還元反応であり、水と酸素が必要となる。かつては、使用庫内温度が0℃以下の冷蔵・冷凍保存が主な使われ方であったが、昨今では0℃以上の温度帯での使われ方が多くなってきた。0℃以下であれば結露した水は凍って霜となるが、0℃以上では結露した水は凍らずユニットクーラ全体を常に濡れた状態にする。

食品や調味料および洗浄液による微量の腐食原因物質の存在は腐食プロセスを促進し、強制通風による空気循環量の多さはより一層の腐食プロセスを促進し、金属腐食の暴露試験と同様の状態となっている。

本稿では、食品工場などにおける腐食事例と、ユニットクーラメーカーが現状製作している防食事例を紹介することで、金属腐食の発生による被害を防止する一助となれば幸いである。

#### 2. 防食対策の説明

腐食クレーム事例の紹介の前に、ユニットクーラメーカーで行われている防食対策を説明する。

##### (1) アルマイト加工フィン

アルミニウム表面の酸化皮膜を人工的に厚くして耐食性を高める方法。ケーシングに行う場合もある。

##### (2) プレコート加工フィン

アルミニウム表面にアクリル系やエポキシ系などの樹

脂をコーティングして耐食性を高める方法。

##### (3) 銅フィン

アルミニウムからの材質変更。

##### (4) ステンレスケーシング・ステンレスフィン

ケーシングをアルミニウムやメッキ鋼などからステンレスに材質変更。フィンについては熱交換器ごとステンレスにする場合が多い。

##### (5) カチオン電着塗装

水溶性の塗料液に被塗物（主に熱交換器）を入れて陰極とし、直流電流を流して塗膜を形成させることで耐食性を高める方法。隙間や内面などの複雑な形状でも均一な塗膜を形成できる。

#### 3. 腐食クレーム事例

食品工場などにおけるユニットクーラの腐食事例とその対策事例を原因物質別に分類して紹介する。

##### 3.1 次亜塩素酸ナトリウム

消毒や漂白に使用されている。強い酸化作用があるため、ほとんどの金属が腐食される。耐食性の材料として優れたものは、チタン・ガラス・陶磁器・ポリ塩化ビニル・ポリ塩化ビニリデン・ポリエチレン・フッ素樹脂などである<sup>1)</sup>。

###### (1) 野菜カット室で、設置後1年でアルミニウム(A1050)フィンが腐食した。

対策として、真水洗浄にて対応した。

###### (2) バナナ用冷蔵庫で、設置後2年6ヶ月でアルミニウム(A1050)フィンに白粉が発生してドレンパンに溜まった。また、ステンレス(SUS430)ケーシングの溶接部にサビが発生した。

対策として、顧客に定期的に真水で洗浄するよう依頼した。

###### (3) 麺半製品および野菜用冷蔵庫において、設置後2年でカチオン電着塗装を施したアルミニウム(A1050)ドレンパンの、ドレンパンヒータ近傍部のカチオン

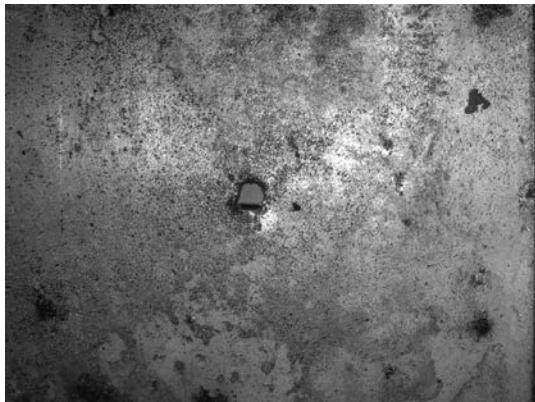


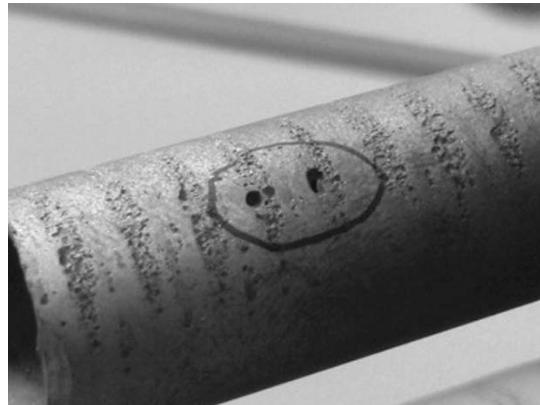
図1 アルミニウムドレンパンに開いた孔

- 電着塗装が剥離して孔が開いた。  
対策として、ステンレスドレンパンと入れ替えた。
- (4) ヨーグルト発酵室で、設置後3年でアルミニウム(A1050)ドレンパンに孔が開いた(図1)。  
対策として、ステンレス(SUS304)ドレンパンと入れ替えた。
- (5) ちくわ用冷蔵庫で、設置後6ヶ月で銅冷却管および銅フィン(两者ともC1220)に緑青が発生した。  
対策として、洗浄装置付きで熱交換器にカチオン電着塗装を施した製品と入れ替えた。
- (6) 惣菜用冷蔵庫で、設置後7ヶ月でステンレス(SUS304)ケーシングに白粉が発生して飛散した。  
対策として、白粉を調査中。
- (7) 野菜洗浄およびカット室で、デフロストヒータのステンレス伝熱管が腐食し漏電が発生した。  
対策として、同仕様のヒータと交換した。
- (8) 青果庫で、設置後1年で送風機駆動部が腐食し、異音が発生した。  
対策として、顧客に床の洗浄方法を変更するよう依頼した。

### 3.2 硫化水素

卵白中に含まれる硫黄を含むアミノ酸が加熱により分解され、硫化水素が発生する<sup>2)</sup>。植物もいろいろな硫黄を含む化合物を合成しており、硫黄を含むアミノ酸が代謝されたり分解されたりする過程で、硫黄を硫化水素として放出することがある<sup>3)</sup>。

- (1) 卵焼き用冷蔵庫で、設置後2年6ヶ月で冷却管をつなぐ銅(C1220)ペンドが黒く変色して孔が開き、冷媒が漏洩した。  
対策として、ペンドに樹脂コーティングを施した。
- (2) 野菜および卵の冷蔵庫で、設置後10年3ヶ月で銅(C1220)冷媒集合管ヘッダと冷却管ロウ接部に亀裂が入り、冷媒が漏洩した。  
対策として、亀裂部分をロウ材で補修した。

図2 カチオン電着塗装を施した銅管に開いた孔  
塗装を剥がして撮影

### 3.3 アンモニア

アンモニアは銅および銅合金を腐食するので、アンモニア冷凍装置には、ごく一部分の部品を除いて銅および銅合金は使用できない<sup>4)</sup>。以下の事例では、冷媒にアンモニアは使用していないが、動物性食品にはタンパク質や遊離アミノ酸といった窒素化合物が大部分を占め、これらが微生物による腐敗により分解されることでアンモニアが発生する<sup>5)</sup>。

- (1) 鮮魚店の冷蔵庫で、設置後9ヶ月で銅(C1220)冷却管に緑青が発生して孔が開き、冷媒が漏洩した。  
対策として、熱交換器にカチオン電着塗装を施した製品と入れ替えた。
- (2) 食肉加工場の生ゴミ用冷凍庫で、カチオン電着塗装を施した熱交換器の銅(C1220)冷却管に孔が開き、冷媒が漏洩した。硫化水素も発生したと考えられる(図2)。  
対策として、同仕様の製品と入れ替えた。

### 3.4 酸

判明している腐食原因物質は酢酸である。ここでは、この酢酸が原因の事例について紹介する。

- (1) パン生地用冷蔵庫で、設置後1年8ヶ月でアルミニウム(A1050)フィンが腐食して白粉が発生した。  
対策として、熱交換器にカチオン電着塗装を施した製品と入れ替えた。
- (2) 酒造会社の発酵室で、アルミニウム(A1050)フィンに白粉が発生して飛散した。  
対策として、プレコート加工フィンの製品と入れ替えた。
- (3) 食品加工室で、設置後6年でアルミニウム(A1200)冷却管より冷媒が漏洩した。  
対策として、ステンレス冷却管の製品と入れ替えた。



図3 プレコート加工フィンに発生した白粉

### 3.5 塩分

フィンの腐食のみで、他の部分の腐食事例はない。

- (1) 某大学の海水水槽がある研究室で、設置後4ヶ月でプレコート加工フィンに白粉が発生して飛散した(図3)。

対策として、熱交換器にカチオン電着塗装を施した製品と入れ替えた。

- (2) 弁当配膳室で、設置後3年7ヶ月でプレコート加工フィンに白粉が発生した。

対策として、銅(C1220)フィンの製品と入れ替えを提案した。

- (3) 潰物用冷蔵庫で、設置後2年で銅(C1220)フィンの錫メッキが剥離して緑青が発生した。

対策として、ステンレス冷却管・ステンレスフィンの製品と入れ替えた。

### 3.6 水質

消毒剤や被冷却物から発生する腐食原因物質による腐食ではなく、霜を解かすデフロスト水や加湿器の水質が原因の腐食である。

- (1) 魚介類の冷凍庫で、設置後8ヶ月でアルミニウム(A1050)フィンに白粉が発生して孔が開いた。デフロストに使用している水が地下水であり、塩素と硫黄の元素が検出された。

対策として、水質の良い地下水に変更し、銅フィンの製品と入れ替えた。

- (2) 加工食品の冷凍庫で、設置後2年6ヶ月でアルミニウム(A1050)フィンが腐食して銅(C1220)冷却管から剥離した。デフロストに使用している水が地下水であり、海水に近い成分であった。

対策として、デフロスト用の水を水道水に変更した。

- (3) キノコ栽培室で、設置後1年2ヶ月でプレコート加工フィンが腐食した。加湿器用の水が地下水であった。

対策として、加湿器用の水を水道水に変更した。

### 4. 腐食のまとめ

アルミニウムは熱伝導率が高く、密度が銅や鉄の約1/3で軽く、温度低下により強度が低下する低温脆性を示さず、すばやく表面に酸化皮膜が形成されるので、乾いた空气中では優れた耐食性を持っている。そのため、フィンやケーシングに多く使用されている。しかし、水と接触すると酸化皮膜が破壊され、腐食を受けるようになる<sup>6)</sup>。

銅は熱伝導率がアルミニウムの約2倍あり、大気・天然水・海水・塩酸などの非酸化性の酸に対して耐食性を持っている。また、鉄系および他の非鉄金属よりロウ接性が優れているということで、冷媒配管に多く使用されている。しかし、水分がある環境ではアンモニアや硫化水素に腐食される<sup>7)</sup>。

ステンレスは、表面にクロムの酸化による酸化皮膜(不動態皮膜)が形成されるので優れた耐食性を持っているが、熱伝導率がアルミニウムや銅より小さい。冷媒配管やフィンにステンレスを使用すると大きな伝熱面積を必要とするため、ユニットクーラの寸法や質量が大きくなる。また、塩化物イオンの存在により孔食が生じやすい。

伝熱面積を大きくせず耐食性を高めたい場合には、熱交換器にカチオン電着塗装を施すのが有効であり、腐食原因物質が不明の場合にも採用されている。しかし、カチオン電着塗装を施していても、次亜塩素酸ナトリウム・硫化水素・アンモニアで腐食発生の事例がある。1章で述べたが、0°C以上では結露した水は凍らずユニットクーラを濡れた状態にする。空気中に腐食原因物質が含まれる場合、それらが結露水に溶け込む→水分のみ蒸発→再び結露、というサイクルで腐食原因物質が濃縮される。そのため、最近対策例の多いカチオン電着塗装による防食対策を行っても、すべての使用条件で効果を発揮するわけではない。

### 5. メンテナンスの重要性

濃縮された腐食原因物質を除去・希釀するには、定期的に清掃や洗浄を行うことが有効であり、伝熱を阻害する汚れも除去できる。清掃や洗浄をこまめに行えば、耐食性の高い材料を使用しなくても済む可能性もある。しかし3.6項のとおり、水が原因で腐食が発生する場合もあるので、洗浄水の水質には留意する必要がある。

食品工場において、人が出入りする冷蔵庫や作業室の器具・床・壁などは、清掃や洗浄が日常的に行われている。しかし、ユニットクーラは大型でなければ基本的に天井に設置されるため、メンテナンス業者による定期点検を除いては、清掃や洗浄が行われていない場合が多い。数ヶ月で腐食が発生した事例もあるので、定期点検が年に1回では間に合わないことになる。

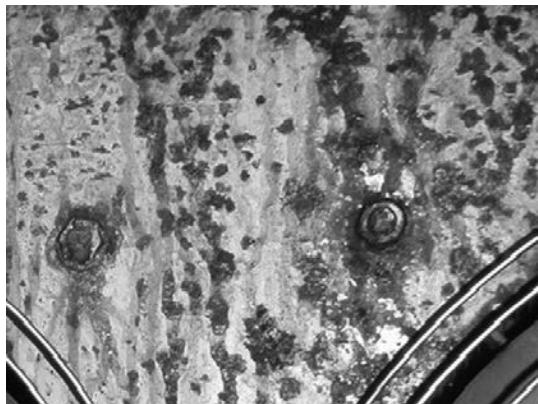


図4 ステンレスケーシングに発生した赤サビ

図4はユニットクーラが天井裏に設置されており、普段は人が立ち入らないために清掃や洗浄が行われておらず（食品加工室は清掃や洗浄が行われている）、天井の吸込みダクトから吸い込まれた腐食原因物質が濃縮されたことにより、ステンレス（SUS304）ケーシング全体に赤サビが発生した写真である。

耐食性が求められる環境でユニットクーラを使用する場合、腐食原因物質に対する材料の選定はもちろん、定期点検の回数や、ユニットクーラの使用者が日常的な清掃や洗浄を行うかについても留意する必要がある。

## 6. おわりに

ユニットクーラメーカーで構成する日本冷却器工業会では、ユニットクーラの腐食に関する啓蒙シートを作る作業を進めている。本稿で紹介した腐食事例と対策事例は、会員各社から集めたアンケートから引用し紹介した。

これらの事例は必ずしも最適な対処法であったとはいえない、様々な腐食原因物質に対して費用対効果の高い対策例を本工業会で検討し、整理して発表したいと考えている。

### 日本冷却器工業会会員企業（50音順）

共栄冷機有限会社、櫻調温工業株式会社、サンライズ工業株式会社、株式会社ソーゴ、タイセイ株式会社、タカギ冷機株式会社、株式会社原製作所、株式会社マキシス工業

## 文 献

- 1) [http://www.jwwa.or.jp/houkokusyo/pdf/200803\\_suidouyou\\_guideline.pdf](http://www.jwwa.or.jp/houkokusyo/pdf/200803_suidouyou_guideline.pdf) (2011).
- 2) [http://www.famic.go.jp/hiroba/anzen\\_anshin\\_qa/consumer\\_consultation\\_case/answer/a\\_tamago.html](http://www.famic.go.jp/hiroba/anzen_anshin_qa/consumer_consultation_case/answer/a_tamago.html) (2011).
- 3) <http://www.jspp.org/17hiroba/question/index.html> (2011).
- 4) 「SIによる冷凍受験テキスト」、第7版、p.41、日本冷凍空調学会、東京（2008）。
- 5) <http://www.mac.or.jp/mail/091201/04.shtml> (2011).
- 6) 「アルミニウムハンドブック」、第7版、p.2、p.58、日本アルミニウム協会、愛知（2007）。
- 7) 「伸銅品データブック」、第2版、pp.121-128、p.274、p.287、日本伸銅協会、千葉（2009）。

## Summary

There are various substances which corrode unit cooler. This paper introduces cases and measures of corrosion by class of causative substance. In case of unit cooler, even cathodic electrodeposition, which is highly estimated, is not surest against all corosions. Therefore, maintenance is very important, and it is one of effective measure that a mechanic or user cleans unit cooler regularly. We will introduce cost-effective measures against various corosions.



鍋島 雅文 Masafumi NABESHIMA

東京電機大学工学部機械工学科卒業

（株）原製作所

Hara Cooling Coil Works, Ltd.

原稿受理 2012年1月31日