

UME-241	資料の出典（資料名、著者、巻、号、頁など） 第 58 回材料と環境討論会 大工原 他 A-304 p59～（2011）		本資料の 作成者名 梅村文夫
整理番号	資料のタイトル 冷凍機伝熱管の抜管腐食調査		
失敗事例のタイトル 開放循環冷却水系におけるスケール付着に起因した局部腐食		一次原因（材料要素） 局部腐食	
機種 吸収式冷温水機	部品 凝縮器伝熱管	材料 銅	概略の寸法 長さ：約 4 m、 管外径：16 mm、厚さ：0.5 mm
損傷発生時の状況 設置後 7 年経過した吸収式冷温水機の凝縮機伝熱管について抜管調査した結果、伝熱管（コルゲート管：備考①）に小さな局部腐食孔が見つかった。本設備はオフィスビルに設置されたもので、夏季は 24 時間冷房運転、冬季（11 月～5 月）は運転を停止して満水保管（冷却水の間欠的循環は実施）されていた。春と秋の定期メンテナンス時には、ブラシ洗浄後内視鏡検査を実施してきた。春の定期検査時に緑青色の錆瘤状の付着物が観察されたため、その年の冬季運転停止時を待って、7 本の凝縮器伝熱管を抜き取り、腐食状況を調査した。その結果、一部に付着物が見つかり、その下で小さな局部腐食孔が見つかった。			
調査内容とその結果 抜管した 7 本の凝縮機伝熱管を半割りにして腐食状況を調査した。その結果、1 本の管の一部で管下側（6 時の位置）に、1m の範囲に直径 1mm 前後の円形の黄土色、黒色、緑青色の付着物が総数 54 個散在していた。付着物はコルゲート管のらせん状の加工部（備考①）に沿って多く見られ、付着物の下が浅く腐食しており、腐食深さはおよそ 50 μ m であった。なお、内視鏡検査で見つかった緑青色の錆瘤状に見えた個所には、ほとんどの場合錆瘤が認められなかった。 EPMA 分析の結果、付着物の外層には Ca と P が強く検出され、その下に Si が多く分布していた。また、付着物の下の腐食部からは Cl、O が検出され、X 解回折で、Cu ₂ O と同定された。 冷却水の水質は、6～10 月の平均値として、pH8.6、酸消費量は 236 (CaCO ₃ mg/l)、全硬度は 406 (CaCO ₃ mg/l)、HCO ₃ ⁻ は 308 (mg/l)、Cl ⁻ 136 (mg/l) SiO ₂ は 118 (mg/l)、ランゲリア指数は 1.7 であり、補給水に比べ約 7 倍まで濃縮されていた。腐食抑制剤（銅、鉄用）、スケール分散剤、殺菌剤、スライム抑制剤が添加されていた。			
損傷発生のシナリオ 冬季運転停止時に高濃縮系の冷却水の循環が停止し、過飽和になったスケール成分が伝熱管の下側に沈着し、その下部で局部腐食を発生した。			
対策（損傷発生時にとられた対策あるいは現在とるべきと考えられる対策） 局部腐食の深さは、50 μ m と浅いので、直ちに問題となるような心配はない。しかし、局部腐食が何時発生したのかが分からない。仮に前回の定検時（約半年前）以降に発生したものとしたら、局部腐食の進展速度は無視できなくなる。今後の定期検査で、注意深く、腐食状況の傾向管理をする必要がある。			
教訓 循環冷却水系では腐食性成分や硬度成分が高濃度に濃縮されるので、スケールが付着しやすく、その下で局部腐食を生じやすくなる。 今回内視鏡観察で錆瘤が観察されたが、抜管調査では、多くの場合、錆瘤は見つからなかった。錆瘤でなく、付着物であったと推測される。内視鏡観察の場合、付着物なのか錆瘤なのか、充分注意して判断する必要がある。			
備考 備考① コルゲート管：管内面にらせん状の溝がついている。			
主要因		教訓とすべき対象者	
チェックボックス		チェックボックス	
	当時の技術レベルでは不可抗力		設計者
	情報伝達不備・不足		製作者 / 建設担当者
	担当者不勉強/教育不十分/意識不測		検査者
	指示ミス	○	使用者
○	うっかり、ぼんやり	○	メンテナンス者
	その他		その他

2 ページ以降に写真、図表等を添付してください