

UME－315	資料の出典（資料名、著者、巻、号、頁など） MATERIALS PERFORMANCE November 2007			本資料の作成者名 梅村文夫
整理番号	資料のタイトル FAILURE ANALYSIS Microbiologically Influenced Corrosion in a Copper Tube Chiller			
失敗事例のタイトル 水処理が不適切であった事、及び水を循環使用した事に起因して発生した微生物腐食				一次原因（材料要素） 腐食／局部腐食／微生物腐食
機種 冷却器	部品 チューブ	材料 銅	使用環境 家庭排水	
損傷発生時の状況 銅チューブ製の冷却器が、使用開始後 6 年で、漏洩した。 本設備は、過去 4 年間にわたって、補給水として家庭排水を使用した冷却水を循環使用した。家庭排水は、衣類の洗濯や食器の洗浄水、風呂の水などからなる下水であった。 冷却水の水処理として、次の薬品を使用していた。 ・銅腐食抑制剤：TTA (Tolytriazole：トリルトリアゾル：備考①) 1～2ppm、orthophosphate 10～20ppm ・微生物対策：遊離塩素 0.2～0.5ppm 銅チューブ内には家庭排水を補給水とした冷却水が流れ、シェル側は冷媒であった。腐食はチューブ内面（冷却水）側から発生した。 チューブはライフル管（内面、外面いずれも、らせん状の溝がついている）だった。				
調査内容とその結果 チューブの内面側は、緑色の堆積物やスケールが全面に付着し、堆積物の下に局部腐食が発生していた。チューブの溝（ライフル管の溝）の底では局部腐食（孔食）が激しく生じ、腐食がチューブの肉厚を貫通していた。 スケールや堆積物の EDS 分析結果は、次の通りであった。 ・部分的にルーズに付着していた緑色のスケール及び孔食の上に堅固に付着している堆積物：排水に含まれる成分からなるが、特にカルシウム及びリンの成分を多く含んでいた。 ・孔食内の腐食生成物：塩化物イオンを多く含んでいた。 補給水（家庭排水）と冷却水（水処理をして循環使用）を分析した結果は以下の通りであった。 補給水：pH6.9 電導率 1230Ω ^{－1} 塩化物 192ppm リン酸塩 8ppm 硫酸塩 27ppm 硝酸塩 57ppm 冷却水：pH6.7 電導率 3840Ω ^{－1} 塩化物 662ppm リン酸塩 30ppm 硫酸塩 530ppm 硝酸塩 242ppm TTA1.2ppm				
損傷発生のシナリオ 孔食上に堅固に付着していた堆積物はリンを多く含んでいた。リンは微生物のエネルギー活動に使われる物質であり、孔食内では微生物が活発に活動していた事を示す。 冷却水は、補給水（家庭排水）に比べ、電導率、塩化物イオン、硫酸塩、いずれも著しく高く、冷却水が過度に循環使用された事と、これらの水質因子が銅の腐食を誘発した事を示す。 バクテリアの成長を抑制するために使用した遊離塩素は、銅の抑制剤のアゾルと反応し、アゾルの腐食抑制効果を低下させる可能性がある事が分かっている。また、バイオフィームは遊離塩素の拡散・通過を妨げる。従って、遊離塩素は、バイオフィームがあると、バイオフィームの内側に生息するバクテリアに対して、殺菌効果を発揮出来ない可能性がある。腐食抑制剤の種類によっては、バクテリアの発生が助長される事もある。たとえば、オルソリン酸塩はバクテリアの栄養源となり、バクテリアの発生と成長を助長する可能性がある。 以上の事から、バクテリアは、バイオフィームによって遊離塩素の殺菌力から保護され、かつオルソリン酸塩を栄養源として発生・繁殖し、活動が活発となった可能性がある。				
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） 微生物腐食が発生してから、対策を講ずる事は、難しくかつ経済的な負担が大きい。従って、微生物腐食対策は、設備の設計及び設置段階で実施するのが効果的である。運転開始時から、適切な運転、すなわち適切で効果的な水処理を実施する事が最も好ましい。				

教訓			
冷却水には、適切な水処理を行い、過度の循環使用はしない。			
備考			
①トリルトリアゾル：銅の腐食抑制剤として使われており、日本では大和化成株式会社が製造販売している			
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