

L-23 ボイラ水凝縮腐食

1. 概要

低圧ボイラの復水系で主に生じる局部的あるいは全面的腐食。ボイラ水中に溶存する炭酸ガスが凝縮水中に溶解し、凝縮水の pH が低下するために、炭素鋼配管が腐食する。溶存酸素の存在は、凝縮腐食を加速する。

2. 損傷を受ける材料

炭素鋼管、低合金鋼管（ボイラ管）

3. 損傷機構と事例

ボイラ設備のフローシートは、図 1 に示すように、水は「給水→ボイラ水→蒸気→復水→給水」と循環する。腐食損傷が発生する個所は、ボイラの規模（圧力・温度条件）によって異なるが、給水に軟化水を用いる蒸気圧力が 3 MPa 以下の比較的

小規模のボイラでは、復水系で凝縮腐食と呼ばれる腐食を生じることがある。復水系の凝縮腐食の事例を図 2 に示す¹⁾。凝縮水が流れる個所が部分的に選択的に腐食される。

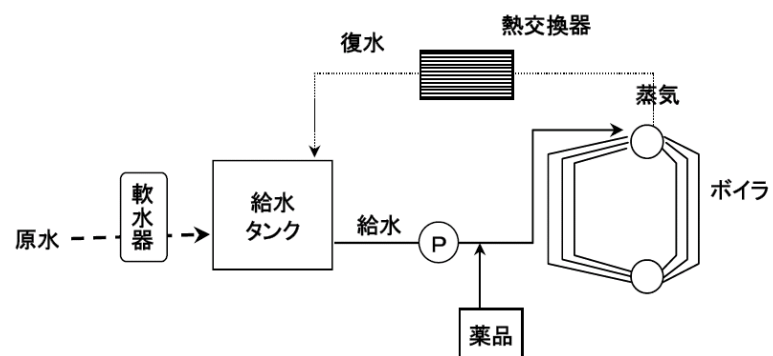


図 1. ボイラのフローシート

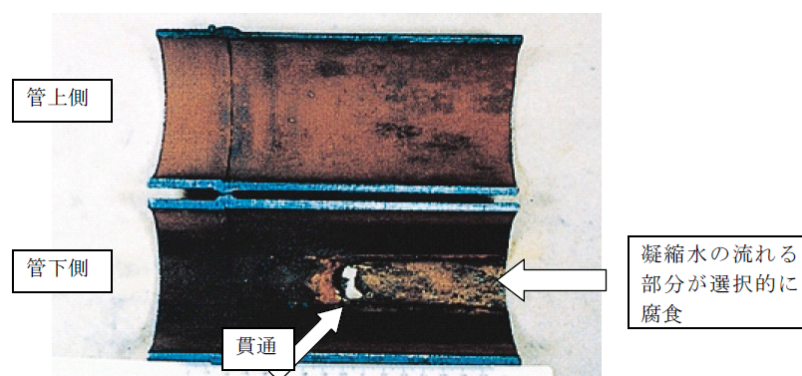
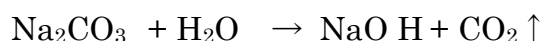
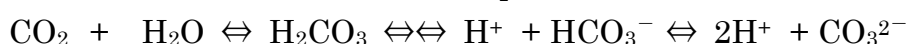


図 2. 復水配管の腐食損傷事例¹⁾

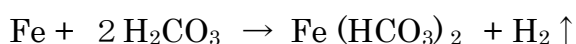
軟化水中には、軟水中の酸消費量成分である炭酸水素ナトリウム (NaHCO_3) が含まれているが、これがボイラ水中において熱分解反応して二酸化炭素 (CO_2) を発生する。



ボイラ内での熱分解により発生した二酸化炭素は、炭酸ガスとして蒸気とともに蒸気系統に移行し、熱交換して温度が低下したドレン水に溶解込み、炭酸 (H_2CO_3) を生成してドレン水の pH を低下させる。



復水のように溶解塩類をほとんど含まない水は、緩衝作用が小さいため炭酸のような弱酸が溶解しても pH は容易に低下する。二酸化炭素が溶解して炭酸を生成し、pH4~5 程度まで低下した pH の低いドレン水は、



の反応で、炭素鋼を酸溶解して腐食させる。

なお、pH5 以上で溶存酸素と炭酸が共存する場合は、炭酸は腐食反応に直接関与するのではなく、遊離炭酸として存在することによって、pH を低く維持し腐食性生物の溶解度を高めて間接的に腐食を促進させる。

なお、給水に純水を使用する場合は、炭酸水素ナトリウム (NaHCO_3) が含まれてないので、軟水を給水として使用しているボイラほどのドレン pH の低下は起こらないが、大気中の二酸化炭素と平衡にある常温の純水には約 1mg/L の二酸化炭素が溶解しているため、ドレンの pH は 5.5 程度の酸性となり、溶存酸素の影響も受け、腐食が促進される。

溶存酸素が存在すると、pH の低下との相乗効果で炭素鋼の腐食は加速される。脱酸素が不十分な場合は、ボイラ管の腐食を発生させるだけでなく、復水系の腐食へも影響を及ぼす。

図 3 に溶存酸素濃度が異なるドレン水について、それぞれ腐食速度に及ぼす pH の影響を示す。また、図 4 に腐食速度に及ぼすドレン水の溶存酸素濃度と温度の影響を示す。

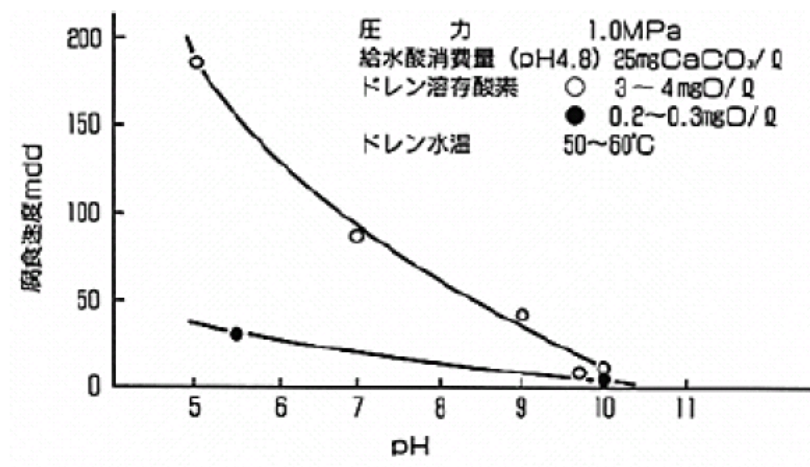


図3．腐食速度に及ぼすドレン水の pH と溶存酸素濃度の影響¹⁾

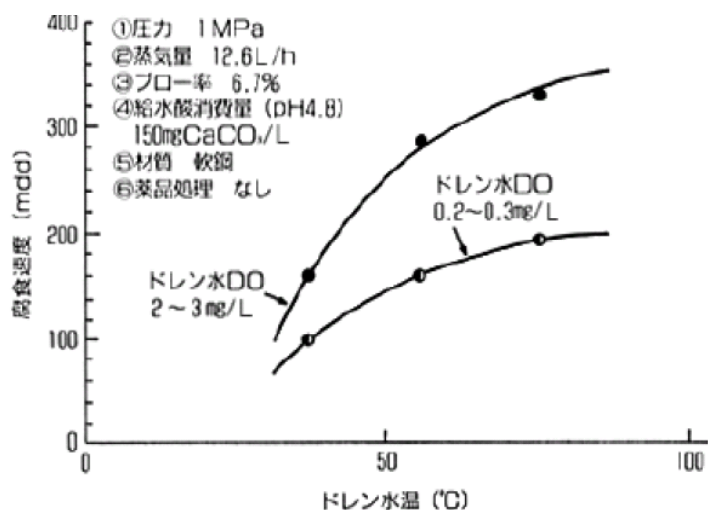


図4．腐食速度に及ぼすドレン水の溶存酸素濃度と温度の影響¹⁾

4. 対策

対策としては、防食剤を使用する方法と、耐食材料（ステンレス鋼等）を使用する方法が行われている。防食剤としては、ドレンの pH を上昇させる中和性アミンと配管内面に皮膜を形成する皮膜性アミンがある。

- (1) 中和性アミン：pH を上昇させる目的で使用するが、蒸気が最初に凝縮した場所でほとんど水中に移行して pH を上げる。水に溶解しやすいタイプと、なかなか水に溶解しないためにドレン管全体にわたって pH をあげるタイプを、配管系統の長さなどによって使い分ける。前者にモルフォリン、MIPA（モノイソプロパノールアミン）、後者にシクロヘキシルアミ

ン等がある。図3は中和性アミンを注入して pH を上昇した場合の試験結果であるが、pH が上昇するとともに腐食速度は低下している。

- (2) 皮膜性アミン：配管内面に吸着し撥水性皮膜を形成し防食するタイプの薬剤で、オクタデシルアミンが一般的に使用されている。皮膜性アミンの使用は、最初から使用することが好ましく、すでにさびが発生している管への適用は好ましくない。皮膜性アミンの作用機構は、アミノ基が金属表面に付着し、単分子層あるいは多分子層の非常に緻密な皮膜をつくり、図5に示すようにその吸着皮膜は凝縮水が金属表面への接触を防いで腐食を抑制する。

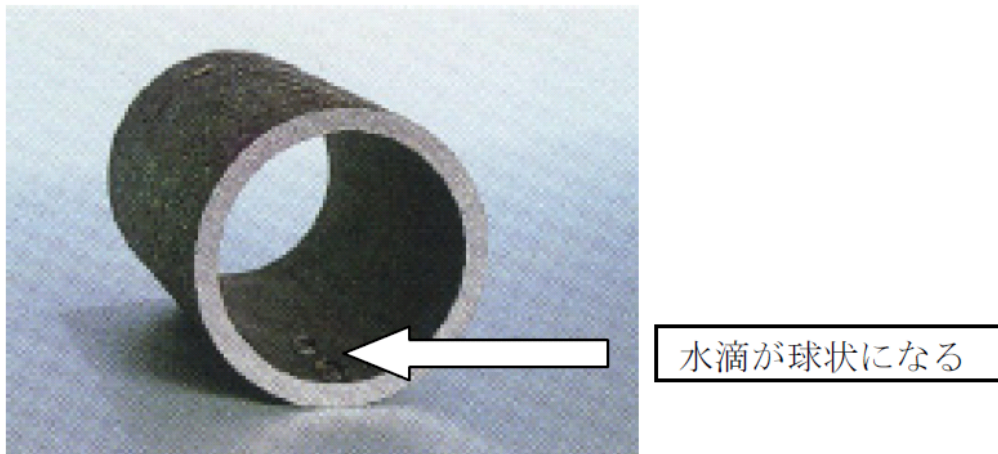


図5．皮膜性アミンの皮膜形成による撥水状況¹⁾

5．参考文献

- 1) 川村文夫：ボイラおよび周辺設備の腐食・防食、腐食センターニュース No.54(2010 年 8 月)