

四三酸化鉄の生成によるかま板の食耗

博物館課技官 安 藤 正

1. ま え が き

ボイラの保守の面においてかま板の防食対策は、安全上もっとも大きな問題であるが、今日ではかま板の腐食機構や、防食対策については相当深く究明されているので、給水やボイラ水の日常の管理に欠陥のないように努力するならば、腐食によるトラブルも少く、安全上貢献するばかりでなく、経済的にも好結果をもたらすことはいうまでもない。

しかしこれは有能な取扱者によって運転される場合は充分期待できるが、中小工場のボイラ取扱の一般的レベルは、いまだそれ程向上していないのが実状である。

次に記載する外焚き横煙管ボイラのかま胴底部の腐食は水の管理に無関心な特例であると除外視することのできない要素を備えていると思われる。

腐食の形態は連続した点食であって、これに類似した腐食は従来も時折見られたものである。

しかし腐食の状態を詳しく調査、検討してみると、腐食の原因に該当するような事項がなかなか判らない。

過去においては、このような腐食の原因についてはあまり深く追及されず、簡単に考えられて真の原因は把握されないうまに対策も徹底していなかったようである。

しかるにこのボイラには偶然にも顕著な特異点が表われていたので、これについて研究を進めたものである。

2. 腐食を起したボイラの概要

- i) ボイラの種類 外焚き横煙管式ボイラ
- ii) かま胴の径 1,924mm 全長 4,220mm 板厚 12mm (胴は3環で構成されている)
- iii) 伝熱面積 69.8m², 火格子面積 2.04m²
- iv) 燃料 石炭, 手焚, 消費量 毎時 250kg
- v) 制限圧力 6 kg/cm²

3. ボイラの経歴

このボイラは昭和20年9月から21年5月まで米軍が使用していたものであるが、接収解除後、某国立病院で譲りうけて、昭和24年8月からそのままの状態で使用し始めたもので、昭和20年前の経歴は全く不明である。

この病院で使いはじめてのち昭和25年12月4日に胴第1環の前方底部が過熱膨出し、かつ膨出部にワレを生じてボイラ水が吹き出したという事故が起った。

それで使用を停止して、そのまま放置してあったが、26年8月に膨出部分の修理工事に着手し、胴第1環の取替を行った。

同年9月工事が完了し、10月から運転を開始した。

その後1年7カ月間連続使用して28年8月の内部掃除の際に胴底部一面にわたって、ひどいピッチングの発生していることが判った。

4. ボイラ取扱状況の概要

給水は井戸水でその成分は表1に示すように溶解固形分の量がやや多いという程度で、低圧ボイラ用給水として適当なものといえる。

蒸気は外科消毒用と患者の飲料水に使用するので、消かん剤など一切使用されていない。

使用時間は毎日午前5時から午後7時までの14時間で蒸発量は正確には判らないが、燃料の5倍と仮定すると毎時約1,250kgとなる。

表1 給水の分析表

PH	7.0	Fe ₂ O ₃ Al ₂ O ₃	2.0PPM
Mアルカリ度(CaCO ₃ として)	50.1PPM	CaO	27.5 //
総硬度	4.6°dH	MgO	13.3 //
永久硬度	1.8°dH	SO ₃	2.9 //
溶解固形分	160PPM	Cl	0.2 //
SiO ₂	30.8 //		

ブローは毎週2回実施したとの事であり、1回のブロー量は水面計で6吋位だといわれる。

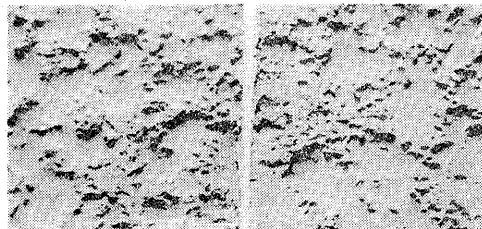
このようにブローの回数が少なかったから、かん内全面に10~20mmの厚いスケールが附着し、特にボイラを休止して開放してみると、前方第1環は600mm位のところからかま泥が漸次かま前に向かって厚く沈澱し、前管板近くでは300mm位の厚さに達する程であったといわれる。かま前方は後方より30mm程低く据付けてあったとのことであるが、これもかま前方にかま泥を多く堆積させた一因と考えられる。

火床直上に当る胴底にこのようにかま泥が堆積するのが常であったから、前述のように胴底部が過熱膨出を起したのも当然であろう。

5. かま板の腐食状況

胴内底部には写真1に見られるようなピッチングが、前端から後端まで連続し、その巾は胴周に沿って測って1.1~1.2mで腐食部の反対側は丁度火床および底煙道の直上に当る部分である。

写真 1



従ってこのボイラとしては最も高温の火焰やガスに接する範囲に限られた腐食である。

腐食の程度は第1環が4~5mm, 第2環は約8mm, 第3環は2~3mmである。

また全般的に見て中央から前半がひどく、後半は前方程ではない。腐食部はすべて黒色の硬い銹塊で覆われている。

6. 各種の試験成績

i) かま板の引張試験

かま胴第2環からとった試料についての引張試験の結果は表に示す通りである。

表2 かま板の引張試験成績

試験片寸法	引張強さ kg/mm ²	降伏点 kg/mm ²	伸び %
1号	40	22	34

ii) かま板の化学的成分

第1環および第2環の板の化学的成分は表に見られる通りである。

表3 かま板の化学成分 (%)

試料	元素	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr
第1環		0.24	0.014	0.42	0.019	0.024	0.32	0.02
第1環		0.18	0.018	0.42	0.018	0.029	0.13	0.01

iii) 顕微鏡組織

写真2は胴第1環, 写真3は第2環の顕微鏡組織である。

iv) 腐食生成物の化学成分

腐食部を覆っていた生成物は固い黒色の銹塊で、磁性を有し、その成分は表4に見られるように四三酸化

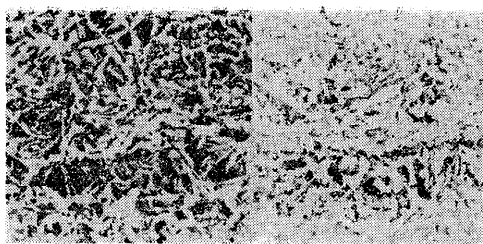


写真 2

写真 3

鉄が生成されている。

表4 腐食生成物の分析値

成分	全鉄分 (Fe ₂ O ₃ として)	四三酸化鉄 Fe ₃ O ₄	第二酸化鉄 Fe ₂ O ₃
%	92.40	18.80	72.93

以上引張試験, 化学分析, 顕微鏡組織などの結果から見て第1環, 第2環とも別に異状のない普通材料である。

腐食生成物の成分は四三酸化鉄 (Fe₃O₄) が18.8%, 第二酸化鉄が72.9%であるのは, 四三酸化鉄は生成後水中の酸素あるいは長期間放置された間に空気中の酸素によって第二酸化鉄に変わったものと思われ, そのために分析値に表われた量は比較的少いのであろう。

7. 腐食原因の想定

前述したように腐食した部分は底煙道の直上に当る部分だけであって, その線から外は微食程度で, 腐食範囲が高熱をうける特定の区域に限定されていることと, 実使用期間が僅かに1年7カ月で写真1のようにひどく侵食されたことが特異点としてあげられる。

この原因としては一般に水質があるいは材質の欠陥によるものではないかという疑問がもたれる。

過去においては殆んど水か材質に原因するものと考えられていたのかも知れない。

しかし水も材質も, その試験成績に見られるように何等欠陥はないけれども, 仮りに水質が悪かったとしてみると, 水質の影響は触水面の全般にわたって表われる筈である。

しかしこの腐食は胴板底部の熱負荷の高い部分だけに限られており, その他のところには見られないから, この原因は水質によっては, 十分に説明することはできない。

さらにかま板の欠陥にもとづく場合を考えてみても, やはり水と同じようなことがいえる。

まして第1環は過熱膨出のために取替え修理をしているから後方環とは全く違った材料であるにもかかわらず腐食に変わりはないなどの点から考察しても材質は, この腐食の説明資料とはならない。

また化学成分や顕微鏡組織によっても材質に特に欠陥という程のものはない。

清かん剤を一切使用していないからボイラ水の PH や PO_4 が低かった事もある程度影響しているであろうがこれが主因とはもとより考えられない。

しかし腐食部分は熱負荷の高い部分であることと、胴底部に多量のスケールが堆積していたというこの二つの条件はたがいに腐食に関連あるものと思ふことができる。

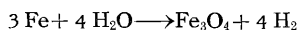
胴底に多量のスケールが堆積すれば、熱伝導が悪くなってかま板の温度が上昇するのは当然である。

甚だしいときは前述のように過熱膨出を起すのであるが、今回はそれ程までには至っていない。

スケールが板面に膠着しているときは、ボイラ水は直接かま板には接していない事になるが、伸縮などの影響を受けるから完全な防食皮膜となるとは考えられない。従って水がかま板に直接接する機会はあるであろう。

極めて循環の悪いようなスケールの附着状態のものであるいはボイラ水の濃度が非常に高いときなどには底部の胴板は水と蒸気の混合物に接していると想像される。

ところがかま板の温度が上昇して 500°C 附近になると蒸気と鉄板とがたがいに反応して四三酸化鉄と水素となる。この反応が進行すれば次の反応式に示すように胴板は酸化によって減耗していくものと見られる。



この反応は鉄板の温度が上昇すれば、激しく侵食が進むのである。この反応は溶存酸素によるものではなく、高温のもとで水蒸気による鉄板の酸化であって、この反応を繰返すことによって、ボイラ自体がガス発生機となつて、かくも急速に腐食が進行したものと想定される。

胴板は底煙道のレンガ接触部を境にして、外側から受ける温度が非常に違うので、腐食範囲がかくもはっきりと限定されるのである。

この反応による腐食はボイラ水中に多量のアルカリを含む場合にも起るといわれ、腐食穴は半球状に進行し穴が貫通するまで拡大していく。

また過熱管底部などもキャリオオーバーによつてかま泥が沈積し、熱の伝導を妨げると、局部が高温になり遂には蒸気と管とが反応して四三酸化鉄となって侵食されるこ

とがある。

チェンダレート・ストロカ焚きのボイラで水冷壁を有する場合に、底部ヘッダーにスケールが多量につくと、ストロカ側だけが腐食を起すといわれるが、これもおそらく高温下における四三酸化鉄の生成による侵食であろう。

8. 防止対策

i) 蒸気は特殊な用途に使用されるので清かん剤は絶対に使用できないといわれるが、これに対してはイオン交換樹脂法によって全塩脱塩した水を使うのが理想的である。

しかしこの方法ととも、水のかん内処理を全く必要としない訳ではない。

ii) 従つてボイラ水のかん内処理は必ず必要である。

そこで飲料水用としては別に給湯タンクを設けて間接に蒸気で湯を沸かす方法を講ずるならば、ボイラ水の方は自由に処理できて対策がたてやすい。

要は適当な清かん剤を使ってスケールを附けないようにすることである。

iii) しかし清かん剤によって不純物を可溶性のものにした場合も、また洗降性のかま泥にした場合も、もっと頻繁にブローをせねば効果はあがらない。

少くとも 1 日 1 回以上ブローする必要がある。(ブローの量はボイラ水の許容濃度によって定まる) 過去において多量のスケールやかま泥が堆積したのはブローの回数が少なかったことが大きな原因である。

iv) かん体はブロー穴の設けてある側をやや低くせねばかま泥などが排出されにくい。

v) ボイラの掃除はもっと回数を多くし、かつ定期的に励行して、スケールの附着を防止することが肝要である。

vi) 給水管は前管板底部に取付けられ、給水内管の設けがないが最低水面と煙管頂部との中間に給水内管を設け、給水をなるべく分散するような装置とする。

vii) ボイラの故障や掃除の目的で運転を停止してから、実際工事に着手するまであまりにも長期間放置されている。

この放置する間にも相当腐食が進むのであるから、防食対策を講ぜずに長く放置してはならない。