

水改質装置ザ・バイオウォーターによる 給水管の赤錆劣化対策

＝サビをもってサビを制する「酸化被膜工法」＝

都市拡業(株)

田尻 恵保・石川 光男

JR 東日本メカトロニクス(株)

佐藤 芳和

防 錆

最新技術情報

設 備**水改質装置ザ・バイオウォーターによる給水管の赤錆劣化対策
＜サビをもってサビを制する「酸化被膜工法」＞**

都市拡業(株) 田尻 恵保・石川 光男/JR東日本メカトロニクス(株) 佐藤 芳和

■はじめに

給水管の劣化防止は建築物保全の重要課題である。バブル期の建築ラッシュ時に竣工した建物は今が給水管赤錆劣化対策の時期となっている。そしてマンション住民の高齢化・賃貸化に伴いいわゆる「限界マンション」が社会問題化している。

こうした背景から安価で簡便な給水管の防錆対策の市場ニーズが高まり、いわゆる「物理的处理方式」が注目されるようになってきている⁽¹⁾。そして、「物理的处理方式」の評価法に関する調査などについても腐食防食学会の分科会で検討されている。

当社では20年来、水改質による給水管保全の技術に取り組み、現在「酸化被膜工法」として完成している。これは金属表面に安定した酸化被膜を形成する技術で、このコンセプトの防錆法はアルミニウムではアルマイト加工として知られ、鉄鋼材の分野では「コルテン鋼」の商品名で知られている。この「錆をもって錆を制する」防錆法を給水管に適用しているのが水改質装置「ザ・バイオウォーター」の「酸化被膜工法」なのである。この工法は水改質装置ザ・バイオウォーターを給水管に取り付けるだけの簡単な施工で済む。

■水改質装置「ザ・バイオウォーター」による「酸化被膜工法」の実例**(1) GP管の事例**

現在この管は限られた現場でのみ用いられるが、赤錆劣化の影響をもっとも受ける管種でそれだけに対策の効果も確認しやすい特徴を有している。

写真1は新築時から10年の間、ザ・バイオウォーター改質水が通水されたGP管の事例で、黒錆の安定した保護被膜が管内面にメッキのよ

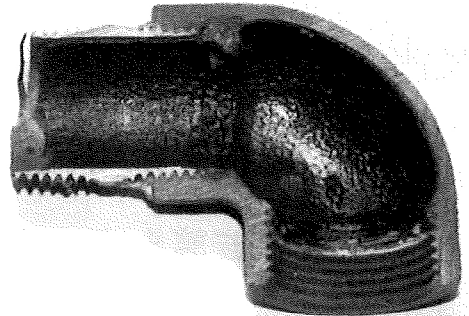


写真1 GP管の黒錆化1

うに形成されている。写真2は竣工後40年目にザ・バイオウォーター（これ以降BWと表記）を設置し3年経過後のパイプ内面に付着する錆層の状況である。金属鉄に接する部分から黒錆化しているのが良く分かる。この写真中の錆片を蛍光X線回折にかけたデータが第1図である。この錆片の外見のとおり、黒錆に相当する部分のピークが最も高く出ている。

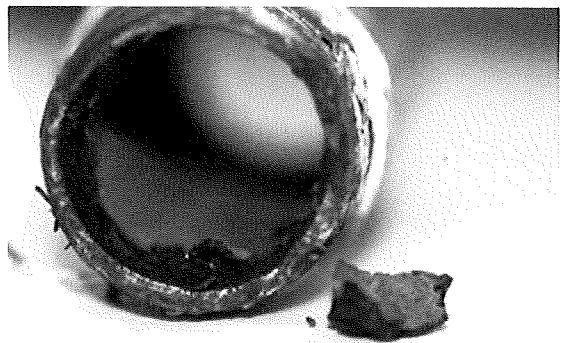
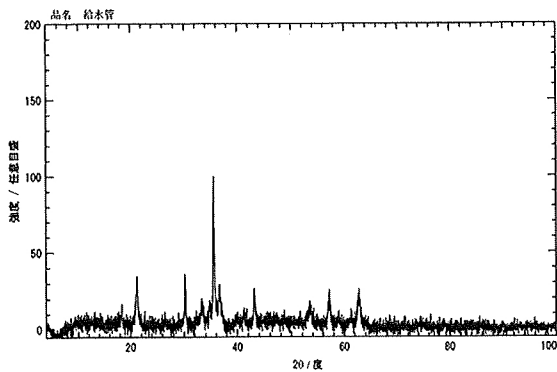


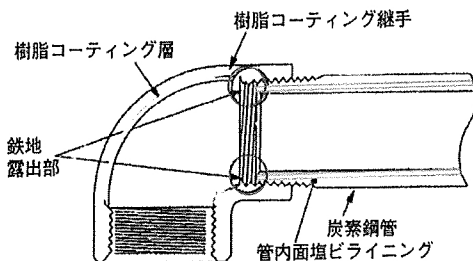
写真2 GP管の黒錆化2

(2) VLGP管の事例

現在流布している管はパイプ内面にビニール被覆が施されているが、第2図のように継手接合部のネジ山2ヶ分が管端部分で水に直接触れる構造となっているため、この部分で赤錆の劣



第1図 写真2中の錆の蛍光X線回折データ



第2図 VLGP管模式図
(丸印の地金部分から赤錆が進行する)

化が進行してゆくこととなる。

この管種に「酸化被膜工法」が適用されると写真3のようになる。この事例は竣工後20年目に水改質装置を設置し5年が経過した状況である。丸印で示したように、竣工20年でネジ部の金属鉄に孔食が進み管厚の2/3まで赤錆化した。その後BWを設置し5年間で赤錆が黒錆化して元のパイプの厚さまで修復されている。

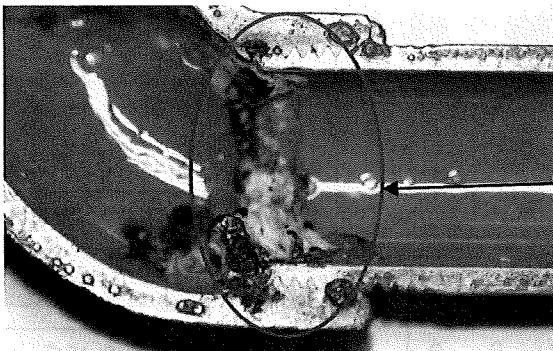


写真3 VLGP管継手接合部の黒錆化

また、黒錆層の表面には白色のカルシウム系被膜も形成されている。この件に関しては後述「JR高崎駅での防錆効果の実証試験」の章(4)節で詳しく議論することにする。

同じ現場の他の場所でも同様に、竣工後20年の間に水がライニング層の下に回り金属鉄部分の孔食が進み赤錆化していたが、写真4のようにBW設置後の5年の間に黒錆化し配管が修復されていた。

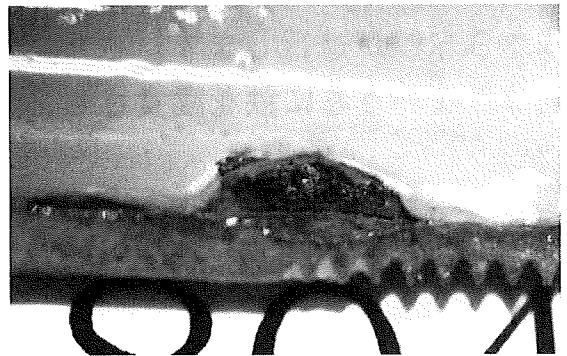


写真4 VLGP管ライニング層下の黒錆化

(3) 「酸化被膜工法」の施工写真と

水改質装置ザ・バイオウォーターの写真
写真5は水改質装置BWを受水槽ポンプ後に設置施工した事例で、メンテナンスを考えてバイパス管を設けている。異種金属接触腐食を防止するため、継手は絶縁継手の使用を標準施工

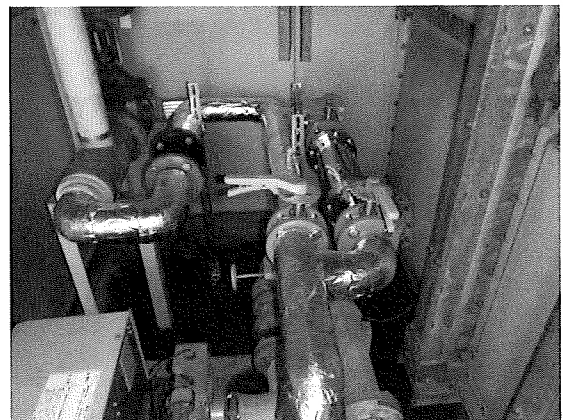


写真5 ザ・バイオウォーターの設置例

仕様としている。

この装置は日本水道協会（JWWA）の認証登録を受けているので、他者認証扱いとなり水道局の申請も簡便に行える。

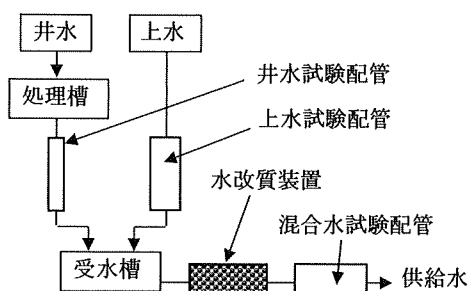
装置そのものは写真6のようにセラミックをマザーとして人工鉱物を焼結した回転子が内蔵され、装置内で渦の水流が生まれる構造となっている。



写真6 水改質装置、ザ・バイオウォーター

■ JR高崎駅での防錆効果の実証試験

H19.8.5～H22.7.23の期間、JR高崎駅の給水元へBWと試験配管を取り付け防錆効果の詳細な調査を行った。そのフロー図を第3図に示す。



第3図 配管系統図

す。井水系の処理槽では上水と同様の塩素処理が行われている。

受水槽で井水が53～80%、水道水が20～47%になるように調整されていたが、後半ほど井水の割合が多くなっていった。硬度は井水が171～214ppm、上水が21～37ppm、混合水が109～170ppmであった。

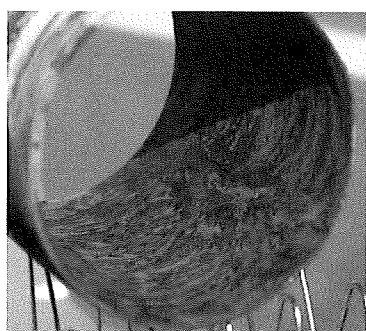
(1) 3ヶ月後の腐食状況

写真7に示すように、未処理上水と未処理井水では赤錆が多いがBW処理混合水では赤錆はほとんどなく試験配管全面で地金が見えるほどであった。

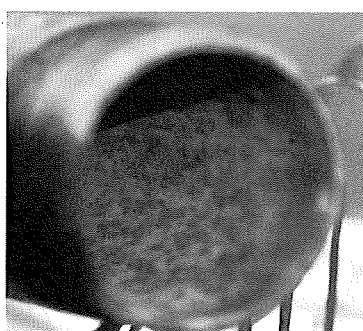
通常、水道水は硬度成分が高いほど腐食性が低い。その点からすると本試験の硬度171～214ppmの井水と硬度109～170ppmの混合水では腐食が小さく、硬度21～37ppmの上水で腐食が大きくなると予想される。ところが、試験結果は上水と井水が大きな腐食でBW処理混合水は圧倒的に小さな腐食を示している。硬度成分よりもBW処理の効果が腐食に大きく関与していることが外観調査から確認された。この傾向は他のフィールドテストの全ての検証結果で見られ、BW処理の有無が腐食現象を大きく変化させていることが示された。

(2) 6ヶ月後の腐食状況

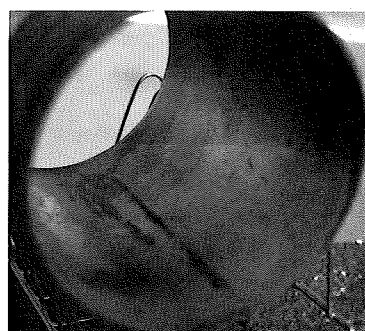
3ヶ月後の外観の定性的な評価に加え、ここでは質量測定から定量的なデータを収集した。試験前後の質量の減少から求められた腐食速度



上水：未処理



井水：未処理



混合水：BW処理

写真7 3ヶ月後の腐食状況

は未処理上水で0.155mm/yr、未処理井水で0.0966mm/yr、処理混合水で0.0457mm/yrとなり、BW処理混合水は未処理上水の30%、未処理井水の47%と大幅に小さい値で、表面観察と同じように硬度成分で無くBW処理が防錆に関わっていることが確認された。このBW処理効果はこれまで調査した施設すべてで共通している。

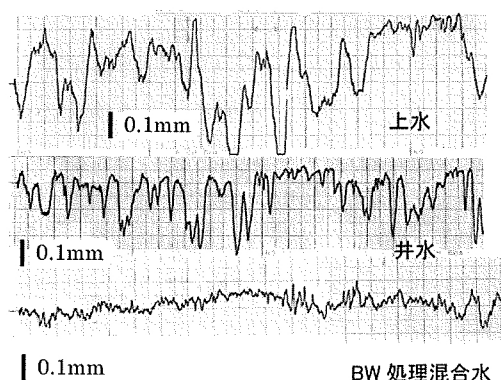
例えば、神奈川県N社における12ヶ月後の試験結果では、BW処理水で0.0465mm/yrであるのに対し未処理水で0.126mm/yrと約3倍の腐食速度を示した。高崎駅の場合とほぼ数値も見合っているものが得られている。

(3) 23ヶ月後の腐食状況

試験配管の取り出し直後に三種の溶液中で金属の腐食性を電気化学的手法（分極特性試験による腐食電流密度比較）を用いて腐食速度を求めた。その値は未処理上水で0.115mm/yr、未処理井水で0.074mm/yr、BW処理混合水で0.063mm/yrとなり、BW処理混合水で最も小さく未処理上水の55%、未処理井水の85%であった。質量の減量から求めた6ヶ月の値に比べ腐食の低減率はやや小さくなったものの、電気化学的手法で短時間に腐食特性を評価できた。

次に試験配管の腐食生成物を除去した後、粗さ測定を行った。第4図のデータの線の形状はそのまま金属鉄表面の凹凸の形状である。

腐食面の凹凸即ち粗さは未処理上水、未処理

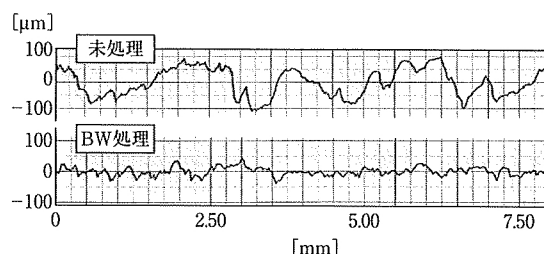


第4図 試験配管腐食面の粗さ測定

井水およびBW処理混合水の順に大きかった。凹凸の形状から、未処理上水と未処理井水は局部腐食になっており、短時間で配管に貫通孔を発生させる。これに対し、BWで処理された混合水は全面的に滑らかな腐食で初期の面と大差ない部分も見られた。

BW処理により、全体的に腐食が少ないだけでなく、貫通孔が生じ難い特徴がある。

このような傾向は、水改質装置を付けた全ての設備で共通している。その1例として神奈川県N社における粗さ試験結果は第5図のように高崎駅と同じ傾向を示している。



第5図 試験配管の粗さ測定 (N社)

詳しく見るとBW処理水では全面が均一に浸食され基準点に対し $-40 \sim +40 \mu\text{m}$ で小さい値の領域が多いのに対し、未処理水では全面で大きな凹凸があり基準点に対し $-100 \sim +100 \mu\text{m}$ であった。

(4) 被膜の特徴

これまでの検証でBW処理した改質水中では定量的にも定性的にも未処理に比べ大きな腐食抑制効果があることを確認できた。このような効果は配管表面に付着している被膜の特性が腐食の抑制に大きく関与していると推理し、23ヶ月後の試験配管を用いて被膜に関する詳細調査を行った。

被膜の厚みや緻密性などを評価する目的で供試体金属鉄付近の断面を顕微鏡観察した結果を写真8に示す。

未処理の井水と上水では概ね三層構造の厚い皮膜が付着している。BW処理混合水では全体

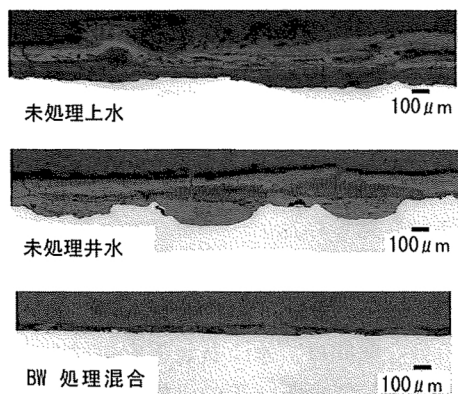


写真8 断面の顕微鏡写真

的に被膜は薄く概ね上水の1/4、井水の1/3以下であった。

そして、未処理の上水および井水の被膜は連続性や緻密性に乏しく、地金との界面付近では多くの場所で粗な状態あるいは隙間が存在していた。

BW処理を行った混合水では全体的に連続性、緻密性、密着性を有する保護性の被膜として存在しており、これが地金部の腐食速度の低下、地金部の凹凸の減少に大きく関係していることが示された。

このように被膜に大きな差が生じる原因を明らかにする目的で、比較的腐食が激しい位置の断面でEPMA面分析およびX線回折分析を行い金属鉄に接する酸化被膜に含まれる元素や化合物の分析を行った。検出された化合物は以下の通りである。

- ① 未処理上水：被膜は主に Fe_2O_3 （マグヘマイト）、 FeOOH （ゲーサイト）で構成されていた。
- ② 未処理井水：未処理上水と同じく、被膜は主に FeOOH （ゲーサイト）で構成されていた。
- ③ BW処理混合水：被膜は Fe_2O_3 （マグヘマイト）、 FeOOH （ゲーサイト）、 FeO などとCa系、Si系の化合物で構成されていた。通常、腐食が進行している場所では FeO や

Ca系、Si系の化合物は存在し難いのが普通であり、BW処理の場合はそれらの存在が確認できるという特徴がある。

その事例の1つとして滋賀県K社での試験結果を以下に示す。

鋼管片に発生した腐食生成物はX線回折試験の結果、一般的な鉄の腐食では見られない Fe_3O_4 、 FeO が多く存在している事が確認された。なお、本事例の貯水槽では循環水配管腐食で、数十cm程度の透明度であったものが、水改質装置BWを設置後は透明度が1.5m以上となり貯水槽の底が明確に見えるように変化した。

多くの事例観察や今回のような分析結果から、BW処理は FeO 、 CaCO_3 、 SiO_2 の生成を促進させていることが確認された。多くの現場での抜管調査によると、BW処理水では金属鉄表面に緻密で連続した CaCO_3 、 SiO_2 の保護性の被膜が形成されその下に Fe_3O_4 が生成されている。この Fe_3O_4 は、BW処理水中で特徴的に生成される FeO が Fe_2O_3 と反応し緻密で安定した防錆皮膜となる Fe_3O_4 へと変化するようである。

■おわりに

現在、「ザ・バイオウォーターの酸化被膜工法」の施工後5年、10年、15年と抜管調査を行っている。その結果、その全てのサンプル管に例外なく、安定した酸化被膜が金属鉄を保護している様子が確認できている。それは判で押したような同一の形状を示している。

「ザ・バイオウォーターの酸化被膜工法」の原理を一言で表せば、金属表面での酸化の速度をコントロールすることで成り立っている。そのプロセスに関しては、これまでの様々なテスト、事例を通して得られた知見によりあらかじめ解明されている。この仔細に関する議論は次の機会に譲る。概略のみを示せば、以下のメカニズムで防錆効果が現れていると考えている。

- ① 水道水中で金属の酸化促進物質である残

留塩素や溶存酸素等が水和化され酸化速度が緩慢となる。

- ② 水道水中に含まれる炭酸ガスも水和化されることで金属表面に炭酸カルシウムの保護被膜を形成するように働き酸化速度を遅らせる。
- ③ 炭酸カルシウム被膜の内部で、FeOの鉄酸化物が長時間存在する環境が生まれ、Fe₂O₃と反応しFe₃O₄の安定した鉄酸化物の保護被膜が形成される。

「ザ・バイオウォーター酸化被膜工法」の要は金属鉄の酸化の緩慢化である。この酸化現象の緩慢化そのもの、あるいはそれに関わるパラメータを短時間で簡便に測定し評価できる技術の確立が今後の課題となる。

＜参考文献＞

- (1) 高橋秀昌・松田正一・渡辺一男・坂西敏之：“物理方式水処理装置の防食技術について＜磁場・電場方式による赤水・赤錆対策の技術紹介＞”，新水処理技術協会，建設設備と配管工事，pp.25-30（2000.10）

【筆者紹介】

田尻恵保

都市拡業(株) 研究開発室 室長 代表取締役
 〈主なる業務歴及び資格〉
 昭和52年3月 一橋大学大学院博士課程終了
 平成元年 都市拡業(株)代表取締役就任
 〔特許等〕
 「尿石除去剤」特許第5047385号
 「処理液の測定装置」特許第3835761号
 「水質改良器具」登録第1383078号
 他

石川光男

都市拡業(株) 研究開発室
 テクニカルプロデューサー
 〈主なる業務歴及び資格〉
 昭和47年3月 東京理科大学理学部卒業
 元日本防蝕工業(株)技術研究所所長
 資格：技術士（金属部門）

〈会社の事業内容及び会社近況〉

給排水設備の工事及びメンテナンスを主体とした、都市の水環境の総合エンジニアリングを事業領域として104年。特にそのソリューションサービスに定評がある。そのコア技術は水の改質に関わるもので、ここをプラットフォームとしていくつかの新製品の開発を完了し、つとに水改質装置ザ・バイオウォーターの製造元として知られている。現在この製品を給水管の延命に利用する展開を行なっている。

佐藤芳和

JR東日本メカトロニクス(株) 東京支店
 保全管理部 部長
 〈主なる業務歴及び資格〉
 昭和63年3月 早稲田大学理工学部工業経営学科卒