

建築設備用水配管システムの腐食対策

第1報——アニオン交換処理した水道水による炭素鋼の腐食抑制作用

中村 勇二^{*1}
松川 安樹^{*1}
朝倉 祝治^{*2*3}

山田 育弘^{*1}
岡崎 慎司^{*2}

腐食抑制剤を使用せずに、配管系金属材料の腐食を抑制する方法を検討した。NaHCO₃ で初期処理したアニオン交換樹脂により、水道水中に含まれる腐食促進イオンを腐食抑制イオンに置換し、その溶液の炭素鋼に対する腐食抑制作用を調べた。日本国内3地域の水道水を採取し、アニオン交換処理を行った。水道水とアニオン交換処理水について水質分析と炭素鋼の腐食試験を行い、結果を比較した。いずれの処理水も腐食促進イオンは減少し、腐食抑制イオンが増加した。腐食試験では、処理水中で炭素鋼の腐食電位が高くなり、平均腐食速度・最大局部腐食速度ともに大きく減少した。処理水の炭素鋼に対する腐食抑制機構は、不動態化によるものと考えられた。

はじめに

建築設備用水配管システムの長寿命化を図るために、腐食対策は重要な課題である。建築設備機器・配管に生じたトラブル事象を解析し、腐食形態別に分類した結果を図-1に示す。局部腐食に起因する事象の割合が大きいことがわかる。局部腐食は進展速度が速いため、発生の抑制が重要である。通常、空調用冷温水・冷却水の補給水には水道水が使用される。水道水の組成と金属材料に対する腐食性は地域で異なる¹⁾。炭素鋼を中性溶液に浸せきすると、均一腐食が生じやすいとされている²⁾。しかし、実際には図-2のような局部腐食も発生する³⁾。

本研究では、薬品を使用せず、施工段階から配管の腐食を抑制する方法を検討した。腐食を抑制する方法として、アニオン交換樹脂により、水道水中に含まれる腐食促進イオンを腐食抑制イオンに置換した“アニオン交換処理水”に着目した。

本報では、建築設備に使用される炭素鋼鋼管を対象に腐食試験を行った。国内3地域で採取した水道水とそれをアニオン交換処理した水道水を試験溶液とした。(以降、試験した溶液について、アニオン交換を行っていない水道水を非処理水、行ったものを処理水とする。)得られた平均腐食速度、最大局部腐食速度、腐食電位の変化を整理し、処理水の腐食抑制作用を検討した。

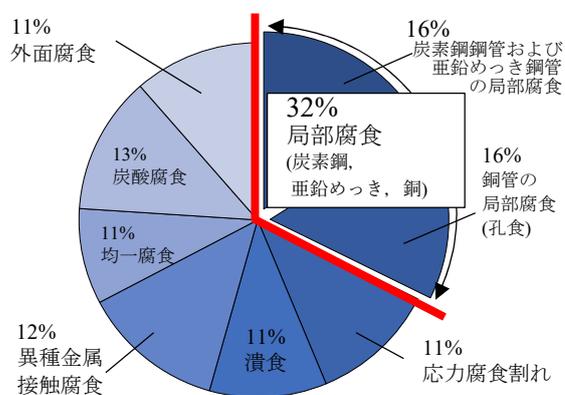


図-1 著者らによる実地調査結果に基づいた建築設備機器・配管に生じた腐食事例の分類(腐食形態別、1993～2020年に経験)

1. アニオン交換処理の基本的な考え方

水道水中に含まれる成分のうち、代表的な腐食促進イオンとして塩化物イオン(以降 Cl⁻)や硫酸イオン(以降 SO₄²⁻)、腐食抑制イオンとして炭酸水素イオン(以降 HCO₃⁻)が挙げられる⁴⁾⁵⁾。また、金属の腐食に対する影響が明らかではないものとして、硝酸イオン(以降、NO₃⁻)がある。そこで、アニオン交換樹脂によって水中に含まれる腐食促進イオン(Cl⁻、SO₄²⁻)を腐食抑制イオン(HCO₃⁻)に置換することで腐食を抑制できると考えた。

^{*1} 新菱冷熱工業(株)

^{*2} 横浜国立大学

^{*3} (株)ベンチャー・アカデミア

NaHCO₃ で初期処理したアニオン交換樹脂によって、水道水中の腐食促進イオンが腐食抑制イオンに置換されるイメージを図-3 に示す。アニオン交換処理前では、水道水中には Cl⁻、SO₄²⁻ が溶解しており、アニオン交換樹脂には、HCO₃⁻ が結合している。水道水を樹脂に接触させると、水道水中の Cl⁻ および SO₄²⁻ が、樹脂に結合していた HCO₃⁻ に置き換えられる。これにより、腐食促進イオンの濃度が大幅に減少し、アニオン交換処理水は腐食抑制イオンが多く含まれる溶液となる。

アニオン交換処理水の腐食抑制効果については、小野ら⁶⁾、高崎ら⁷⁾の報告がある。しかし、実現場への導入事例は少なく、適用できる水質範囲についても明らかではない。

本研究では、国内3地域の水道水についてアニオン交換処理を行い、その効果について検証した。

2. 実験方法

2.1 試験溶液

日本国内3地域の非処理水について、アニオン交換処理を行った。3地域の非処理水の水質データの一部を表-1 に示す。地域1の非処理水の特徴は、Cl⁻、SO₄²⁻が多く、酸消費量 pH4.8、SiO₂が少なくことである。地域2の非処理水は、国内水道水の平均的な水質⁹⁾である。地域3の非処理水の特徴は、Cl⁻、SO₄²⁻が少なく、酸消費量 pH4.8、SiO₂が多いことである。上記の特徴を有する非処理水と、その処理水を試験溶液とし、腐食試験をおこなった。

アニオン交換処理には、イオン交換樹脂(三菱化学製、強塩基性イオン交換樹脂 ダイアイオン SA20A)を用いた。本研究では、イオン交換樹脂に HCO₃⁻ を結合させるため、NaHCO₃ 水溶液で樹脂を初期処理した。

2.2 試験片の作製と前処理および後処理

供試材には、一般構造用圧延鋼材 SS400 (50 mm、25 mm、3 mm、表面 400 番研磨仕上げ)を用いた。試験片の化学的組成を表-2 に、試験片の模式図を図-4 に示す。試験溶液中における金属の露出面積は 4.0 cm²(2.0 cm×2.0 cm)とした。供試材をエタノールおよびアセトンで脱脂洗浄後、ドライヤーで乾燥した。その後、試験片の重量を測定し、露出箇所以外を耐薬品性粘着テープで被覆した。さらに金属と粘着テープの境界部のすきまで生じる腐食を防止するため、境界部をエナメル樹脂で塗装した。

試験後、粘着テープおよびエナメル樹脂を取り外し、化学的洗浄によって腐食生成物を除去した。腐食生成物の除去は、JIS K 0100-1990¹⁰⁾を参考にした。7%塩酸に0.5%の腐食抑制剤(酸洗浄用腐食抑制剤)を加えた溶液に、5分間浸せきすることでいった。

2.3 浸せき試験

0.500 dm³ の試験溶液に試験片を 720 時間浸せきした。

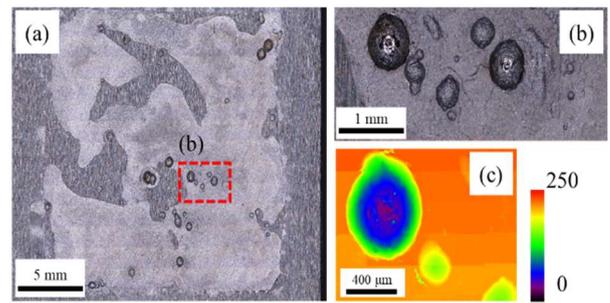


図-2 水道水中で炭素鋼に生じる局部腐食の一例

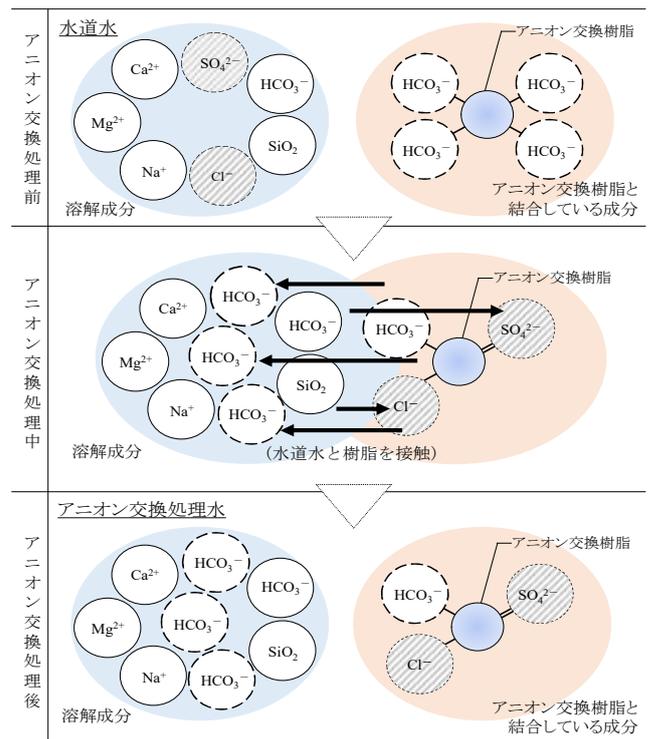


図-3 NaHCO₃ で初期処理したアニオン交換樹脂により水道水中の腐食促進イオンが腐食抑制イオンへ置換されるプロセス

表-1 アニオン交換処理を行った非処理水の水質データの一部

水質項目	単位	地域1	地域2	地域3
酸消費量 pH4.8	mgCaCO ₃ / L	45	53	72
塩化物イオン (Cl ⁻)	mg / L	35.6	12.4	14.7
硫酸イオン (SO ₄ ²⁻)	mg / L	28.5	22.6	13.3
溶性シリカ(SiO ₂)	mg / L	6	16	38

表-2 炭素鋼試験片の化学成分 (wt %, 残部 Fe)

C	Si	Mn	P	S
0.04	0.02	0.37	0.13	0.09

実験装置の模式図を図-5に示す。温度は25℃とし、試験溶液を大気開放下で常時緩やかにかく拌した(かく拌子の回転速度：300 rpm)。腐食現象は様々な影響に対して鋭敏に応答し結果がばらつくため、各溶液中に3枚の試験片を浸せきした。比液量は、多くの規格で推奨されている20 mL/cm²以上¹¹⁾を満たす約40 mL/cm²である。

2.4 測定方法

(1) 表面状態

試験期間中および試験後の試験片表面の観察を行った。試験期間中は、ビーカーの外側から表面状態を観察し、デジタルカメラ(Tough TG-5、OLMPUS製)で記録した。試験終了後の引上げ直後および化学的洗浄後の観察は、デジタルマイクロスコープ(KH-8700、HIROX製)で行った。

(2) 平均腐食速度 v_w

腐食生成物をすべて除去した試験片について、重量を測定し、腐食減少量 Δw を(1)式より求めた。腐食生成物の除去に用いた酸は、素地金属をわずかに溶解させる。その溶解量が腐食量に含まれないようにするため、新品の試験片について化学的洗浄後の重量減少量を測定し、 w_3 とした。その値を差し引いて、重量減少量とした。(2)式より平均腐食速度 v_w [mm / 年]に換算した。

$$\Delta w = w_1 - (w_2 + w_3) \quad \dots\dots(1)$$

$$v_w = (\Delta w \div \rho \div S) \times 365 \div t \times 10 \quad \dots\dots(2)$$

Δw : 腐食試験後の重量減少量 [g]

w_1 : 試験前の試験片重量 [g]

w_2 : 試験後の試験片重量(化学的洗浄後) [g]

w_3 : 新品の試験片に化学的学的洗浄を行った際の重量減少量 [g]

v_w : 平均腐食速度 [mm / 年]

ρ : 鉄の密度 (7.86 g / cm³) [g / cm³]

S : 試験片の面積 [cm²]

t : 試験の時間 (浸せき時間) [日]

(3) 最大局部腐食速度 v_{max}

化学的洗浄後の試験片について、腐食が生じた箇所の最大侵食深さをポイントマイクロメーターで計測し、試験時間で除して最大局部腐食速度 v_{max} [mm / 年]を求めた。このとき、試験片自体のわずかな個体差の影響を無くすため、次の操作を行った。① 浸せき時に粘着テープで覆われていた箇所の厚みを5点計り、その平均値を試験片の肉厚とした。② 続いて、腐食が生じている箇所のうち、侵食深さが大きいと思われる箇所を5点選び、侵食深さを測った。③ その差の最大値を最大侵食深さとした。

(4) 腐食電位 E_{corr}

試験溶液中に浸せきした炭素鋼の腐食電位 E_{corr} を測定した。入力インピーダンスが1 GΩ以上の電圧計、先端部が

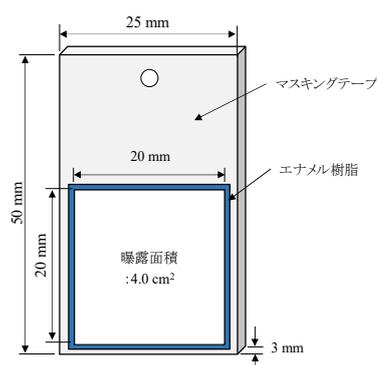


図-4 試験片の模式図

約0.5 mmφのガラス製ルギン管の内部にKCl飽和溶液を寒天で固めて充填した塩橋、内部液がKCl飽和溶液のAg/AgCl参照電極(SSE)を用いた。塩橋から溶出するCl⁻が試験結果に与える影響を抑制するため、電位測定時の数秒間のみルギン管を試験溶液に浸し、断続的に電位を測定した。松川らの研究から、この手法では、Cl⁻による試験溶液の汚染の影響はほとんどないと考えられる¹²⁾。腐食電位の測定間隔は、浸せき直後は1時間に1回以上、浸せき4時間が経過した後は24時間以内に1回以上とした。

3. 結果および考察

3.1 アニオン交換処理前後の水質

3地域での非処理水および処理水の水質を表-3に示す。アニオン交換処理によって大きく減少した成分は、Cl⁻、SO₄²⁻、NO₃⁻であった。すなわち、腐食促進イオンがきわめて少なくなった。一方で、アニオン交換処理によって、酸消費量pH4.8は増加した。通常の淡水では酸消費量pH4.8は、HCO₃⁻の量を表すものである。よって、腐食抑制イオンが増加したといえる。全硬度、カルシウム硬度、溶性シリカなどの成分では、大きな変化は認められなかった。

3.2 表面状態

(1) 試験期間中の表面状態変化

3地域の非処理水および処理水中における表面状態の変化を図-6～図-8に示す。いずれの非処理水でも時間経過に伴って表面に腐食生成物がたい積した。地域1および地域3の非処理水中では、腐食生成物の増加にしたがって試験溶液が濁り、ある時間からビーカー外側からの表面観察が困難となった。一方で、処理水中では、いずれの試験溶液中でも腐食生成物の発生はほとんど認められず、表面状態に顕著な変化はみられなかった。よって、アニオン交換処理により、炭素鋼の腐食発生を抑制できることが示された。

(2) 試験終了後の表面状態

試験終了時および化学的洗浄後の表面状態を図-9に示す。非処理水に浸せきした試験片表面には、水道水の地域によらず赤褐色の腐食生成物がたい積していた。化学的洗浄後の表面状態では、腐食生成物のたい積下で顕著な減肉

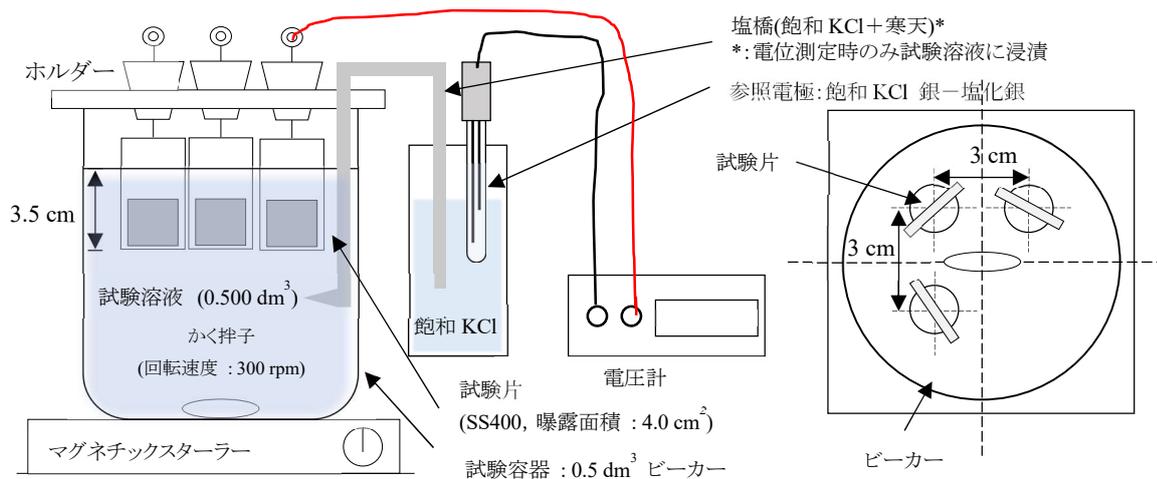


図-5 実験装置の模式図

表-3 日本国内3地域の非処理水およびその処理水の水质

水质項目	単位	地域1		地域2		地域3	
		非処理水 (水道水)	処理水	非処理水 (水道水)	処理水	非処理水 (水道水)	処理水
pH(25 °C)	—	7.98	8.44	8.01	8.40	8.24	8.22
電気伝導率	mS / m	27.5	22.9	20.6	18.4	22.3	20.4
全硬度	mgCaCO ₃ / L	71	72	66	67	60	62
カルシウム硬度	mgCaCO ₃ / L	45	45	53	53	42	44
酸消費量 pH4.8	mgCaCO ₃ / L	45	127	53	100	72	110
塩化物イオン (Cl ⁻)	mg / L	35.6	0.3	12.4	0.14	14.7	0.14
硫酸イオン (SO ₄ ²⁻)	mg / L	28.5	<0.01	22.6	<0.01	13.3	<0.01
硝酸イオン (NO ₃ ⁻)	mg / L	2.8	0.1	6.4	0.1	4.1	0.1
亜硝酸イオン (NO ₂ ⁻)	mg / L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
アンモニウムイオン (NH ₄ ⁺)	mg / L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
溶性シリカ (SiO ₂)	mg / L	6	6	16	15	38	36

がみられた。一方で、処理水中に浸せきした試験片表面には、腐食生成物のたい積はみられなかった。さらに、化学的洗浄後においても、顕著な腐食の痕跡はみられなかった。

3.3 平均腐食速度 v_w

重量減少量より求めた平均腐食速度を図-10 に示す。同図には、同時に浸せきした試験片3枚の平均値と最大および最小値を示した。炭素鋼に対する非処理水の腐食性は、地域によって異なった。地域1、地域2、地域3の順に高い腐食速度が得られた。一方、処理水中では、いずれの溶液でも平均腐食速度はきわめて小さく、 μm /年オーダーであった。非処理水中の腐食速度と比較して求めたアニオン交

換処理による腐食抑制率は約98%であった。

本試験で用いた非処理水(採取した水道水)の水质範囲では、アニオン交換処理を行うことで、炭素鋼に対する腐食性を大きく低減できることが示された。

3.4 最大局部腐食速度 v_{max}

ポイントマイクロメーターで計測して得られた最大局部腐食速度 v_{max} を図-11 に示す。なお、処理水中に浸せきした試験片では、図-9 に示したように、顕著な腐食がみられなかった。便宜上、処理水中に浸せきした試験片については、無作為に選んだ5か所で測定した結果の最大値を採用して最大侵食深さとした。

経過時間		0 h	1 h	10 h	192 h	336 h	480 h	720 h
地域 1	非処理水 (Cl ⁻ 、SO ₄ ²⁻ が多い水道水)							
	処理水							

図-6 地域 1 の非処理水および処理水中における試験片表面の変化 (ピーカー外側からデジタルカメラで撮影)

経過時間		0 h	1 h	10 h	192 h	336 h	485 h	720 h
地域 2	非処理水 (平均的な水質の水道水)							
	処理水							

図-7 地域 2 の非処理水および処理水中における試験片表面の変化 (ピーカー外側からデジタルカメラで撮影)

経過時間		0 h	1 h	5 h	482 h	624 h	654 h	720 h
地域 3	非処理水 (SiO ₂ 、HCO ₃ ⁻ が多い水道水)							
	処理水							

図-8 地域 3 の非処理水および処理水中における試験片表面の変化 (ピーカー外側からデジタルカメラで撮影)

項目	地域 1		地域 2		地域 3	
	非処理水	処理水	非処理水	処理水	非処理水	処理水
引上げ直後						
化学的洗浄後						

図-9 試験終了後の試験片の表面状態 (引上げ直後および化学的洗浄後、試験期間：720 時間)

非処理水のうち、地域3の最大局部腐食速度がもっとも大きく、3.13 mm/年であった。これは、地域1および地域2と比較して約4倍であり、海水中における定常腐食速度である0.1 mm/年¹³⁾の約30倍であった。一方、処理水中では検出限界(0.05mm/年)以下であった。

3.5 腐食電位 E_{corr}

腐食電位 E_{corr} の時間変化を図-12に示す。浸せき直後の腐食電位は、非処理水・処理水ともに約-200 mVであった。水道水中では、試験終了時まで約-600 mVまで低下した。浸せき後、腐食電位の低下が生じるまでの時間は、地域1、地域2、地域3の順に短い傾向にあった。地域3の水道水中のみ、挙動がわずかに異なり、およそ500時間まで約-200 mVを推移したが、試験終了時まで約-600 mVまで低下した。これらの腐食電位挙動と腐食速度の関係は著者らの既往研究¹⁴⁾と一致し、腐食電位の低下が遅いほど、最大局部腐食速度が大きい傾向にあった。

一方、処理水中では、いずれの溶液中においても、浸せき直後から速やかに腐食電位が高くなり、試験終了時まで0 ~ -150mVで定常となった。

3.6 水質と腐食挙動の関係の整理

試験溶液の腐食促進イオン (Cl^- 、 SO_4^{2-})濃度と平均腐食速度、最大局部腐食速度の関係を図-13に示す。腐食促進イオンの濃度低下に伴って、平均腐食速度および最大局部腐食速度が大幅に減少した。

純水に各種アニオンを含むナトリウム塩を添加した結果から、炭素鋼の腐食に対して、 SO_4^{2-} と Cl^- は腐食促進的、 HCO_3^- は腐食抑制的であることが報告されている⁴⁾。一方、水道水に含まれる成分の濃度と腐食速度の関係を調べた結果から、 SO_4^{2-} の腐食促進作用は明らかであるが、 Cl^- および HCO_3^- の影響が明確に表れないことが報告されている¹⁵⁾。これは、水道水中に含まれる様々な成分が、腐食に対して複雑に作用するためと考えられる。

本研究で行ったアニオン交換処理では、非処理水中に含まれる腐食促進イオン(Cl^- および SO_4^{2-})が、腐食抑制イオン(HCO_3^-)に置換されるため、腐食促進イオンの減少は、 HCO_3^- の増加を意味する。よって、今回の試験結果について、腐食促進イオンの減少と腐食抑制イオンの増加のいずれかが、腐食抑制に大きく寄与しているかは明らかではない。しかしながら、アニオン交換処理による影響は、 Cl^- および SO_4^{2-} と HCO_3^- の変化が支配的である。そのため、純水に各種アニオンを添加した実験より得られた知見と同様に、 Cl^- および SO_4^{2-} を腐食促進イオンとし、 HCO_3^- を腐食抑制イオンとして扱っても大きく矛盾しないと考えられる。すなわち、腐食抑制イオンの増加と腐食促進イオンの減少の両者の影響で腐食が抑制されたと考えられる。

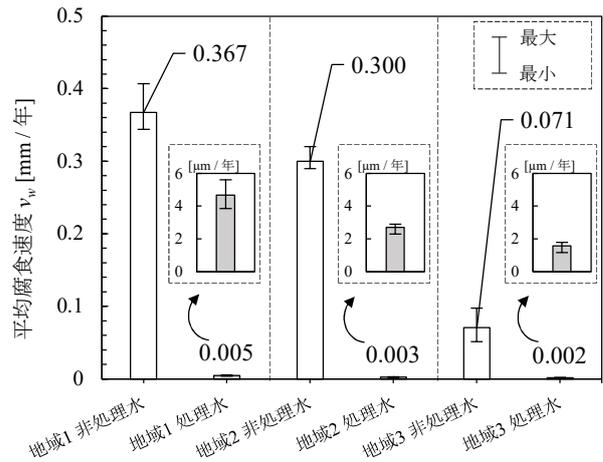


図-10 重量減少より求めた平均腐食速度 v_w
(SS400、曝露面積 4 cm²、かく拌あり、25 °C、720 時間)

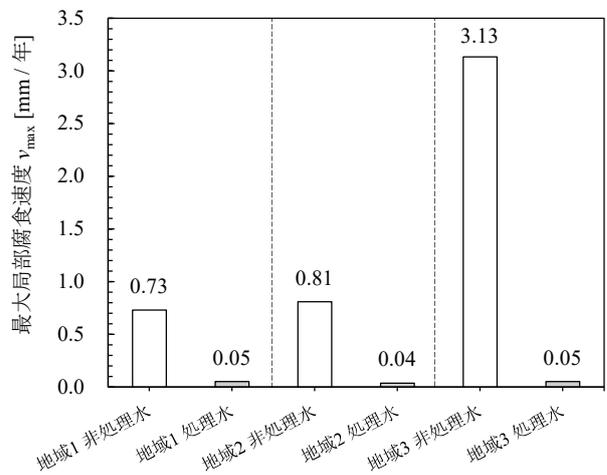


図-11 肉厚測定より求めた最大局部腐食速度 v_{max}
(SS400、曝露面積 4 cm²、かく拌あり、25 °C、720 時間)

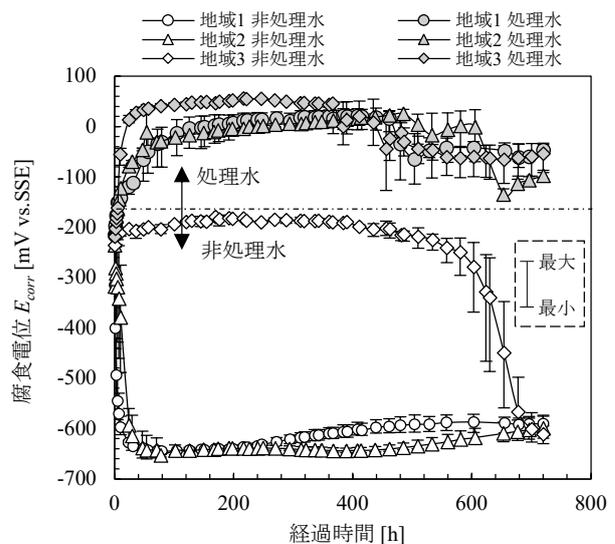


図-12 炭素鋼の腐食電位 E_{corr} の時間変化
(SS400、曝露面積 4 cm²、かく拌あり、25 °C、720 時間)

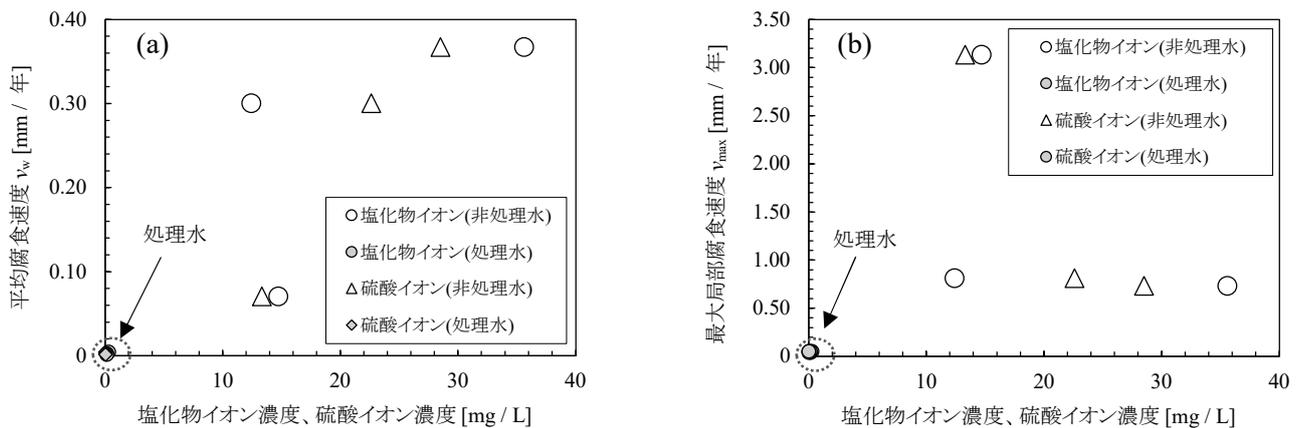


図-13 腐食促進イオン濃度と炭素鋼の腐食速度の関係(SS400、曝露面積 4 cm^2 、かく拌あり、 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 、720 時間)
 (a) 重量減少より求めた平均腐食速度 (b) 肉厚測定より求めた最大局部腐食速度

3.7 腐食電位挙動に基づく腐食抑制作用の推察

浸せき直後の腐食電位と時間経過に伴う変化の方向に着目し、腐食状況との関係の整理を試みた。3.5 節で述べたように、非処理水と処理水で、浸せき初期の電位に大きな差は認められなかった。これは、試験開始時では、試験片表面に生成した皮膜の状態が同様であることを示している。しかし、数時間が経過した際の腐食電位と表面状態の挙動は大きく異なり、処理水中では電位が高くなり、腐食しなかった。一方、非処理水では電位が低くなり、腐食した。鉄系材料では一般的に、ある環境で金属の腐食電位が高くなり腐食が抑制される場合、その金属は“不動態化”しているとされる¹⁶⁾。不動態とは、表面に数 nm の強固な酸化物の皮膜が形成され、腐食が抑制される現象である。アニオン交換処理した水道水中の炭素鋼の腐食電位の挙動および腐食速度から、同環境では、炭素鋼は不動態化していると考えられる。

なお、本研究で使用した試験片は、前処理における洗浄・乾燥の過程で試験片表面に鉄の酸化皮膜が形成されていると予想される¹⁷⁾。また、工藤らは、溶存酸素を取り除いた中性ホウ酸ナトリウム水溶液中で生成する鉄の不動態皮膜について調べ、その組成が $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 1.99\text{H}_2\text{O}$ であると推定している¹⁸⁾。これら表面状態に関する知見と、腐食電位変化および腐食速度の関係を整理すると、図-14 のとおりとなる。非処理水中では、乾燥過程で生成した鉄酸化皮膜が破壊され活性態となり、継続して腐食が進行する。一方で、処理水中では、腐食促進イオンがほとんど含まれていないので、鉄酸化皮膜の破壊が起こりにくい。さらに、その一部が水和することで、安定化した不動態皮膜への変質が生じやすいと考えられる。

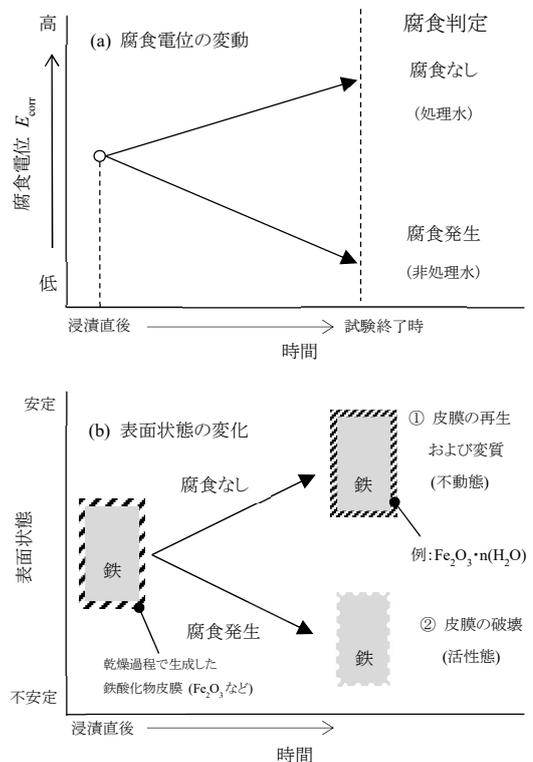


図-14 腐食電位挙動と腐食試験結果に基づいて推察した非処理水および処理水中における表面状態の変化

まとめ

水配管システムの長寿命化を実現するため、腐食抑制剤を使用せずに配管の腐食を抑制する方法を検討した。 NaHCO_3 で初期処理したアニオン交換樹脂を用いて、水道水中の腐食促進イオン (Cl^- 、 SO_4^{2-}) を腐食抑制イオン (HCO_3^-) に置換したアニオン交換処理水の腐食抑制作用に

ついて検討した。本報では、対象を設備配管に使用される炭素鋼鋼管とした。日本国内3地域の水道水についてアニオン交換処理を行い、水道水(非処理水)とそのアニオン交換処理水(処理水)を用いた炭素鋼の腐食試験を実施した。得られた結果を整理・解析し、次の知見を得た。

- 1) NaHCO_3 で初期処理したアニオン交換樹脂によって、水道水の水質によらず、腐食促進イオン(Cl^- 、 SO_4^{2-})を腐食抑制イオン(HCO_3^-)に置換できた。
- 2) 処理水中では、720時間の浸せき期間中、炭素鋼表面に顕著な腐食は外観および重量減少から認められない。非処理水中と比較して、処理水中では炭素鋼の平均腐食速度および最大侵食深さの両者が大きく抑制される。
- 3) 非処理水中では、炭素鋼の電位が速やかに低下する。一方、アニオン交換処理水中では速やかに高くなる。
- 4) アニオン交換処理水の炭素鋼に対する腐食抑制効果は、不動態皮膜の形成によるものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 小倉和美：日本の水質・世界の水質，空気調和・衛生工学，87-3(2012-3)，pp.17~19
- 2) 腐食防食協会：腐食防食ハンドブック(2000)，p.53，丸善株式会社
- 3) 熊谷克彦・梅村文夫・額賀孝訓：炭素鋼の淡水腐食のMT法による評価，材料と環境，55-5(2006-5)，pp.193-200
- 4) 縣 邦雄・風間真知子・中島博志・細谷 清・松川安樹：建築設備の腐食と水質(その3.鋼の腐食に対するアニオンの影響)，材料と環境2001講演集(2001)，pp.203-206
- 5) T. E. Larson and R. V. Skold：Laboratory studies Relating Mineral Quality of Water to Corrosion of Steel and Cast Iron, CORROSION, 14-6(1958-6)，pp.285-288
- 6) 小野雄壱・種子野真明：密閉冷却水系の炭素鋼，銅に対するアニオン交換処理の防食効果，第43回腐食防食討論会講演集(1996)，pp.261-264
- 7) 高崎新一・山田定生：アニオン交換処理水による氷蓄熱システムの腐食抑制(その1)腐食性アニオンおよび水温の影響，材料と環境2005講演集(2005)，A-101
- 8) Shinichi Takasaki and Yasuo Yamada：Effects of temperature and aggressive anions on corrosion of carbon steel in potable water, Corrosion Science, 49-1(2007-1)，pp.240-247
- 9) 腐食防食学会：第81回技術セミナー資料，(2021)，p1
- 10) 日本産業規格，工業用水腐食性試験方法，JIS K0100(1990)
- 11) 腐食防食学会：腐食防食ハンドブック(2000)，p569，丸善株式会社
- 12) 松川安樹・宮下 守・朝倉祝治：水道水中における亜鉛の腐食挙動に及ぼすアニオンの影響，材料と環境，57-9(2008-9)，pp.392-399
- 13) 腐食防食学会：材料環境学入門(1993)，p273，丸善出版
- 14) 中村勇二・松川安樹・岡崎慎司・朝倉祝治：水道水環境における炭素鋼の腐食(Ⅱ)腐食生成物による表面被覆率と腐食電位の関係，材料と環境，70-9(2021-9)，pp.295-301
- 15) 中村勇二・松川安樹・岡崎慎司・朝倉祝治：水道水環境における炭素鋼の腐食(Ⅰ)新しい水質指標を用いた腐食性評価方法，材料と環境，69-10(2020-10)，pp.271-276
- 16) 腐食防食協会：腐食防食便覧(1986)，p.6，日刊工業新聞社
- 17) 中内博二・小林豊治・重野隼太：淡水中における軟鋼の防食電位，電気化学および工業物理化学，30-7(1962-7)，pp.495-499
- 18) Kiyokatsu kudo, Toshio Shibata, Go Okamoto and Norio Sato：Ellipsometric and radiotracer measurements of the passive oxide film on Fe in neutral solution, Corrosion Science, 8-11(1968-11)，pp.809-814

Corrosion Countermeasure for Building Equipment in Water Piping System

Part1—Corrosion Prevention Nature for Carbon Steel in Tap Waters Treated with Anion Exchange Resin

by Yuji NAKAMURA ^{*1}, Ikuhiro YAMADA ^{*1}, Yasuki MATSUKAWA ^{*1}, Shinji OKAZAKI ^{*2}
and Shukuji ASAKURA ^{*2*3}

Synopsis : Tap waters contain both the corrosive anions like SO_4^{2-} , Cl^- and corrosion inhibitive ions such as HCO_3^- . An anion exchange resin can replace SO_4^{2-} and Cl^- with HCO_3^- . Thus, the treatment of tap waters by the anion exchange resin, which regenerated with NaHCO_3 , could produce the corrosion preventive water. This paper aimed at verifying the above idea. The results were as follows;

1) Corrosion tests of carbon steel in the tap waters collected in three areas in Japan were made. At the same time, the corrosion was tested in the waters treated with the anion exchange resin.

2) Corrosion in the treated waters did not appear for 720 hrs.

3) Corrosion potential in the treated water moved rapidly to the positive side. The corrosion potential in the untreated water migrated to the negative side.

4) The corrosion prevention mechanism appeared to result from the formation of passive layer on carbon steel.

The authors recommend the application of this technique from the initial operating stages of water piping system. Elongation of piping system was highly expected.

^{*1} SHINRYO CORPORATION

^{*2} Yokohama National University

^{*3} Venture Academia Co., Ltd.