

建築設備配管系における異種金属接触腐食と対策

Galvanic corrosion and corrosion prevention in piping systems of building equipment

山手 利博*1

梗概

建築設備配管系における配管や機器の腐食問題は材質や継手の改良により顕著な赤水などは減少している。しかし一方で、銅、銅合金、ステンレス鋼、最近ではチタンなどの耐食性金属材料の登場は鉄鋼やアルミニウムなどの材質との接触により異種金属電池を形成し、電位の卑な（低い）金属の腐食を速める。実際に建物内で発生する異種金属接触腐食は現在でも跡を絶たない。本稿では異種金属接触腐食の原理と腐食要因、事例および対策について、これまでに解析してきた事象と実験に基づいて解説する。

キーワード：異種金属接触腐食，原理，腐食要因，事例，配管系絶縁処理判定表，膜脱気法

Summary

The corrosion problem of the architectural equipment piping land equipment like a remarkable reddish water etc. decreases by improving the material and the joint. However, the use of a corrosion resistance metallic materials such as copper, the copper alloy, stainless steels, and titanium generated the galvanic corrosion by contact with the metal with the potential difference such as steel and aluminum. The corrosion of less noble (the potential is low) metal was hastened in a different kind metallic joint. However, the galvanic corrosion has been actually still generated in the architectural equipment piping system. In this paper, it explains the mechanism of the galvanic corrosion, the corrosion factors, the corrosion cases, and measures of the galvanic corrosion on the analyzed corrosion phenomenon and the experiments.

Keywords: galvanic corrosion, mechanism, the corrosion factor, corrosion case, measure, the table to judge whether insulation for galvanic corrosion prevention

1 はじめに

建築設備配管系における腐食によるトラブルの要因としてFig.1に示す要因が挙げられ、現象としては穿孔による漏水やさび詰まりによる流量低下のほか、赤水、青水、黒水、白水といった水や衛生器具の汚れなどがある。建築設備配管系では配管、継手および機器として各種の金属材料が使用されるため、異種金属接触腐食は特に重要な要因となっている。

これまで異種金属接触腐食事例の多くは、銅および銅合金製継手や設備機器と銅管、亜鉛めっき銅管および鋳鉄

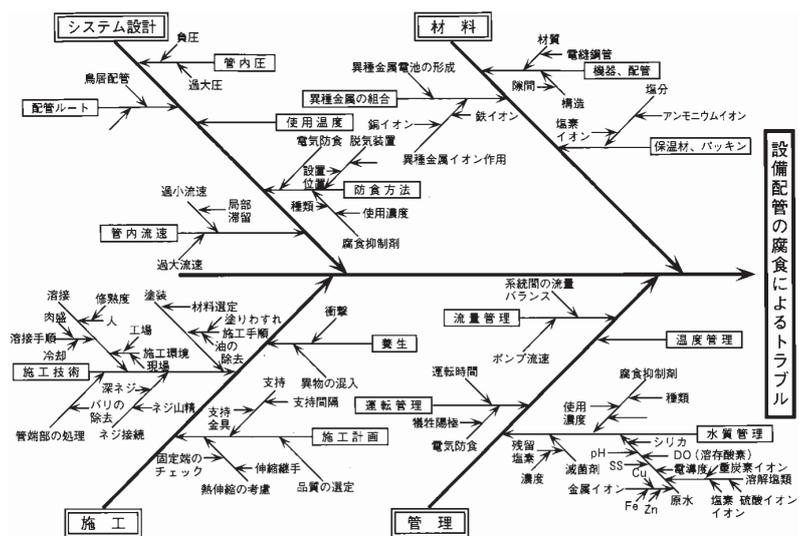


Fig.1 設備配管の腐食に関する特性要因
Characteristic factor concerning corrosion of equipment piping

*1 技術研究所 主任研究員 博士 (工学)

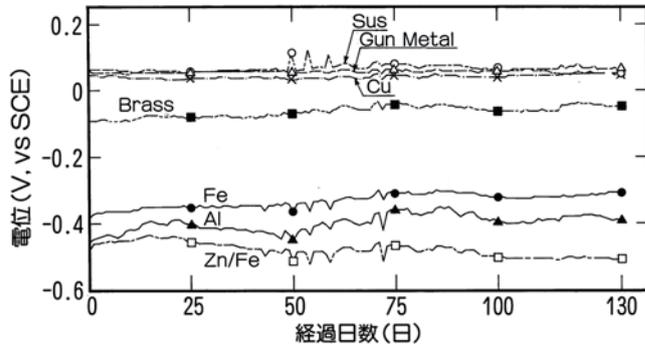


Fig.2 各種金属材料の水道水中における自然電極電位の経時変化¹⁾
Change over time of natural potential electrode in tap water of various metallic materials

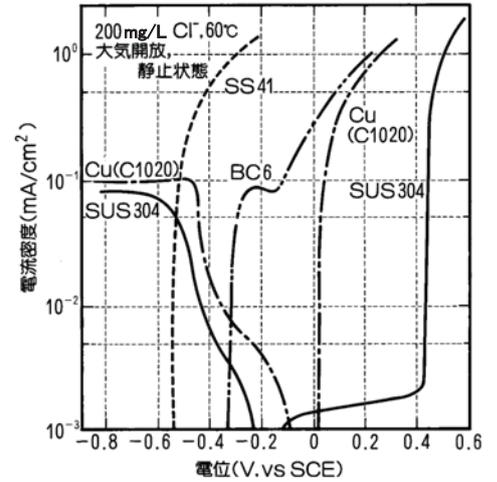


Fig.3 各種金属材料の分極曲線¹⁾
Polarization curve of various metallic materials

などとの接続部で発生している。その理由は、建築設備配管系で使用される金属材料の中で電位が貴（高い）でカソード（電池回路において腐食電位が貴な電極）として作用し得る金属としてこれまでは銅および銅合金が多かったためと思われる。しかし、最近では給湯配管や給水配管材料として徐々にステンレス鋼管の使用が増える傾向がみられ、また、ステンレス鋼製機器や継手の使用が増加している。水道水中におけるステンレス鋼の自然電極電位（大気圧下、常温で水溶液に浸漬させた時に示す電位、以下電位）やカソード分極曲線はFig.2, Fig.3に示すように銅や銅合金と近似しているため、ステンレス鋼を使用する場合においても、銅や銅合金と同様に異種金属接触腐食に対する注意が必要と考えられる。

2 異種金属接触腐食のメカニズム

イオン性の水溶液に接した金属の表面では、微視的なカソードとアノード（電池回路において腐食電位が卑な電極）が生じてマイクロセル（微視的な腐食電池）腐食が発生する。例えば銅の場合、アノードからは2価の鉄イオン Fe^{2+} が溶出して溶出部が減肉する。 Fe^{2+} はさらに酸化されて Fe^{3+} となり、溶存酸素 O_2 と水 H_2O と電子 e から生成する水酸化イオン OH^- と反応して不溶性の水酸化第二鉄 $Fe(OH)_2$ （赤さび）などがアノード表面に析出する。マイクロカソードとマイクロアノードは腐食反応の経過とともに位置を変えるため全体がほぼ一様に腐食される。この場合の腐食速度は一般的には自然電極電位の卑な金属で大きく電位の貴な金属では小さい。異種金属接触腐食は、イオン性物質を含む溶液を介して電位の異なる二種類の金属を接触させた場合、Fig.4に示すように巨視的な電池（マクロセル、ここでは異種金属接触腐食電池＝ガルバニックセル）が形成され電位の卑な（低い）金属の表面からガルバニック電流（異種金属間の電位差によって流れる電流）が溶液中に流出して接触部付近の金属が腐食される現

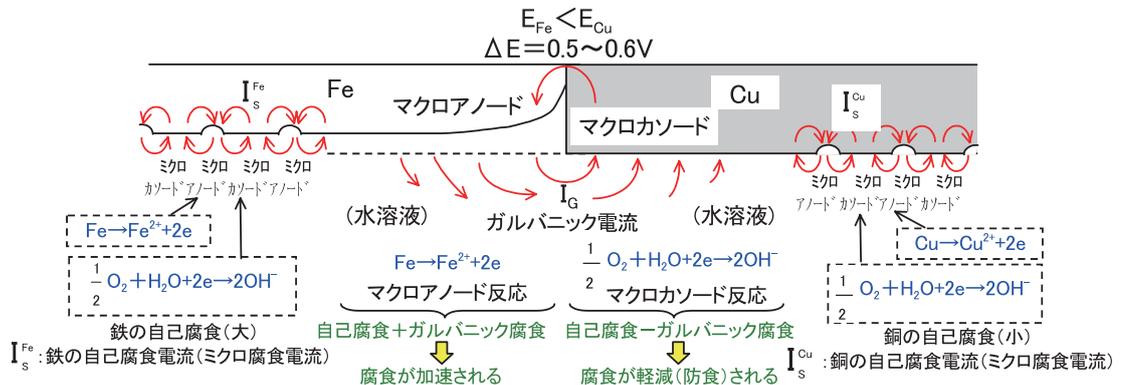


Fig.4 鉄と銅との異種金属接触腐食の模式図
Schematic diagram of galvanic corrosion of iron and copper

象である。この場合、アノード部（マクロアノード）ではマイクロセルによる腐食にガルバニックセルによる腐食が加わるので均一腐食（自己腐食＝単独腐食）だけの部分より腐食量が増大する。一方、カソード部（マクロカソード）ではガルバニック電流がマイクロセル腐食を抑制するので、均一腐食部よりも腐食は小さくなる（防食される）。異種金属接触腐食ではアノードが固定されるため恒常的に腐食が進むうえに異種金属同士の電位差が腐食反応の大きな駆動力になるので、局部的に腐食量が増大して早期に穿孔により漏水するなど大きな被害に繋がることがある。

3 異種金属接触腐食に及ぼす環境因子の影響

(1) 温度

異種金属試験片をFig.5のように組み合わせ、温度20℃～60℃の範囲で、静止状態の200mg/L塩化物イオン（Cl⁻）水溶液中においてAc（カソード面積）／Aa（アノード面積）＝21の条件で異種金属接触腐食実験を行った。各ガルバニック対におけるアノード金属および各単独試験片の腐食度をFig.6に示す。ガルバニック対のアノード金属は全て重量減が認められ、20℃～40℃への温度上昇に伴い腐食度が2倍以上増加しているが、40℃以上ではほとんど増加していない。単独状態の試料についてもSS41（一般構造用圧延鋼材）で温度の上昇による腐食度の増加が認められる。一般的に腐食が酸素の拡散支配によって律速されている場合、一定の酸素濃度における腐食速度は温度が30℃上昇するごとに約2倍になるといわれる³⁾。20～40℃におけるガルバニック対および単独での腐食度の変化は、大略、その傾向に従う。一方、40～60℃において、腐食度の増加傾向が鈍る要因として温度上昇による溶存酸素濃度の減少が考えられる。

(2) 電気伝導度

水溶液の電気伝導度が異種金属接触腐食の腐食度とガルバニック電流に及ぼす影響について、Fig.7, Fig.8に示す。Fig.7は水溶液の電気伝導度200 μS/cm（水道水）、850 μS/cm、8500 μS/cmについて静止水溶液中で行った実験の結果である。Fig.7によれば、いずれのガルバニック対も電気伝導度の上昇とともに腐食度が増加している。Fig.8は給水系を模擬したループ循環装置を組み立

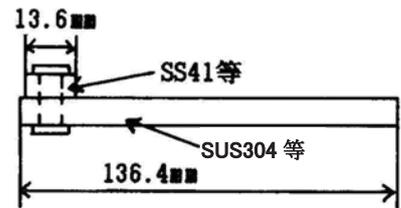


Fig.5 異種金属接触腐食試験片の組み合わせの例
An example of galvanic couple test piece

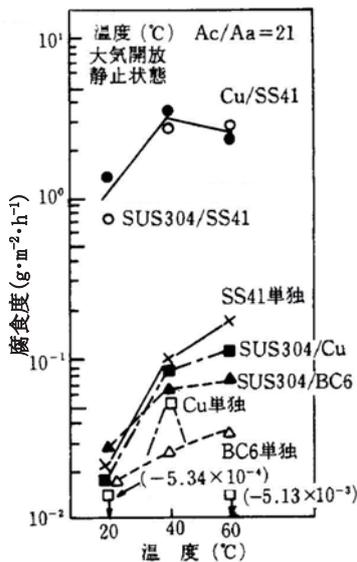


Fig.6 温度が異種金属接触腐食に及ぼす影響（20日間浸漬）²⁾
注）↓は縦軸の腐食度表示の下限未満であることを示す
Temperature influence on galvanic corrosion (after 20 days soak)
Note) It is shown that ↓ is less than lower bound of the corrosion rate display.

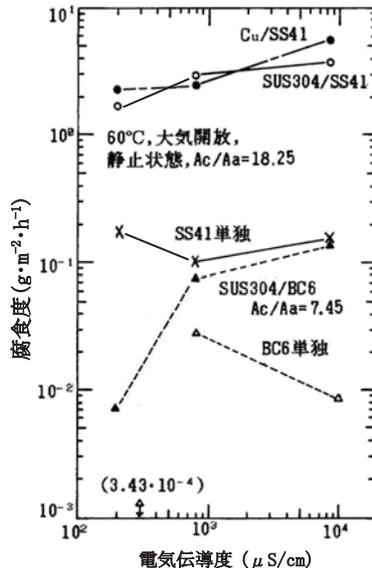


Fig.7 異種金属接触腐食に及ぼす電気伝導度の影響（20日間浸漬）
注）↓は縦軸の腐食度表示の下限未満であることを示す
Influence of electric conductivity on galvanic corrosion (after 20 days soak)
Note) It is shown that ↓ is less than lower bound of the corrosion rate display

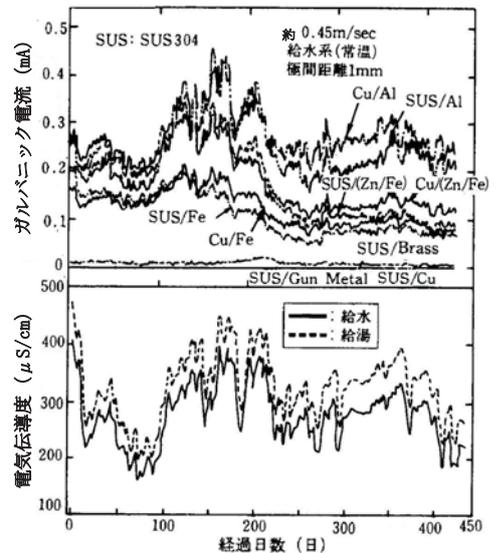


Fig.8 供試管により測定したガルバニック電流の挙動と水道水の電気伝導度の相関（ループ実験）⁴⁾
Correlation of behavior of galvanic current measured by test pipes and electric conductivity of tap water (loop test)

て、25Aのカソード配管（1300mm）と25Aのアノード配管（300mm）を絶縁フランジで接続させたガルバニック対においてガルバニック電流の変化と電気伝導度の変化を対比させたもので、両者の挙動が非常によく一致しており、水道水レベルの電気伝導度の変化が異種金属接触腐食に大きく影響することを示している。

(3) 溶存酸素濃度

60℃・200mg/LのCl⁻水溶液（静止状態）に脱気あるいはエアレーションを行った場合の実験結果と解析内容について、以下に示す。

各ガルバニック対のアノード金属の腐食度およびガルバニック電流の測定結果を、Fig.9, Fig.10に示す。Fig.9において、大気開放でのCu（銅C1020）／SS41（鋼）の腐食度が脱気した状態での値より小さくなっている理由は明らかでないが、総じて、腐食度、Fig.10におけるガルバニック電流とも脱気により減少しエアレーションにより増加する傾向がみられ、溶存酸素濃度の変化に伴いカソード金属表面でのカソード還元反応が抑制あるいは活性化されるためと考えられる。Fig.10におけるSUS304／BC6のガルバニック電流は鉄系材料（アノード）に比べて約2桁小さいが、Fig.9においては脱気により減少して単独状態での腐食度にほぼ等しくなり、逆にエアレーションによって約30%増加している。このようにSUS304との電位差が小さいBC6の場合でも、僅少なガルバニック作用が認められる。単独状態におけるSS41の腐食度はエアレーションによって著しく増加する傾向がみられ、BC6では脱気、エアレーションによる差がほとんどみられない。BC6についてはそれ自体の耐食性が高いためと考えられる。

砲金（BC6）と鋼（SS41）とのガルバニック対を微流速の水道水中に浸漬させ、溶存酸素濃度を変化させた場合のガルバニック電流の挙動をFig.10に示す。いずれのガルバニック対においても、ガルバニック電流は溶存酸素濃度の上昇、下降に伴ってそれぞれ増加、減少する傾向を示し、溶存酸素濃度がガルバニック電流に影響することを示唆している。

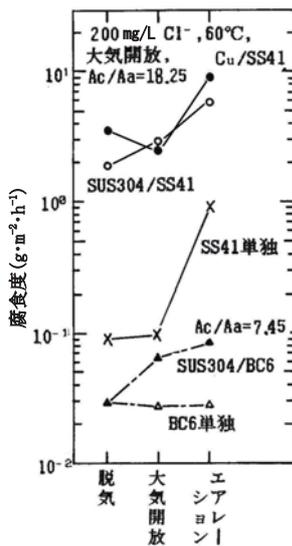


Fig.9 異種金属接触腐食に及ぼす溶存酸素の影響 (20日間浸漬)
Influence of dissolved oxygen on galvanic corrosion (after 20 days soak)

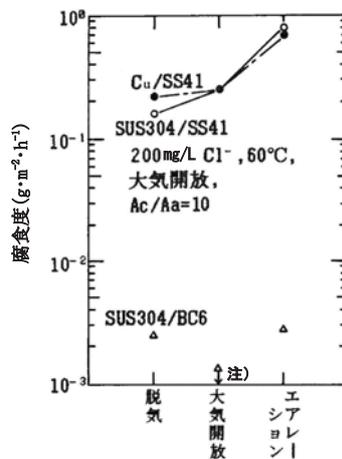


Fig.10 ガルバニック電流に及ぼす溶存酸素の影響 (浸漬2日後)
Influence of dissolved oxygen on galvanic current (after 2 days soak)

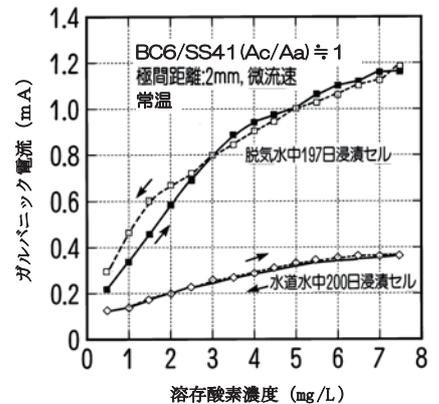


Fig.11 溶存酸素濃度がガルバニック電流に及ぼす影響⁵⁾
Influence of dissolved oxygen concentration on galvanic current

4 異種金属接触腐食の事例

4.1 給水用亜鉛めっき鋼管の腐食事例 (vs.砲金製バルブ)

事務所ビルで約17年間使用された亜鉛めっき鋼管（50A）と砲金製バルブとの接続部において、亜鉛めっき鋼管の腐食が促進され漏水した。配管内面の腐食の状態をPhoto 1に示す。配管端部ではさびこぶが大きく盛り上がり脱錆後においては最大長さ20mm（1.2mm/年）で全周に渡って欠損し配管端部付近ほど薄肉化しており、ネジ切



Photo 1 給水用亜鉛めっき鋼管に発生した異種金属接触腐食, 50A, 17.4年⁶⁾
Galvanic corrosion generated in galvanized steel pipe for water supply, 50A, and 17.4 years

り部では穿孔箇所がみられた。Fig.4に示したように配管接続部の境界に近いほどガルバニック電流が大きくなる（電流密度が大きくなる）ためと考えられる。

4.2 給水用塩化ビニルライニング鋼管の腐食事例 (vs.砲金製バルブ)

事務所ビルで約6年間使用された塩化ビニルライニング鋼管 (32A) と砲金製バルブとの接続部がPhoto 2に示すように著しく腐食され、漏水した。配管端部からの腐食欠損長さは最大13mm (2.17mm/年) に達し、Photo 1のように配管端部が最も薄く距離が離れるほど徐々に厚くなる傾向を示した亜鉛めっき鋼管の腐食形態と異なる。これは、ライニングによって配管の端部のみ（切断面における鋼の露出部）がアノードとなるため、アノード面積が小さく電流密度が著しく増加したことに起因する。すなわち、Fig.12に示すようにカソード還元反応に支配される腐食量は亜鉛めっき鋼管の場合と同じでも、アノード部の電流密度が大きくなるため長さ方向（管軸方向）の腐食速度が速くなり、ネジ部からの漏水発生時期を早めるものと考えられる。



Photo 2 給水用硬質塩化ビニルライニング鋼管の異種金属接触腐食 (32A, 6年, ライニング材剥離後)¹⁾
Galvanic corrosion of rigid polyvinyl chloride lining steel pipe for water supply (32A, and 6 years, after taking off lining material)

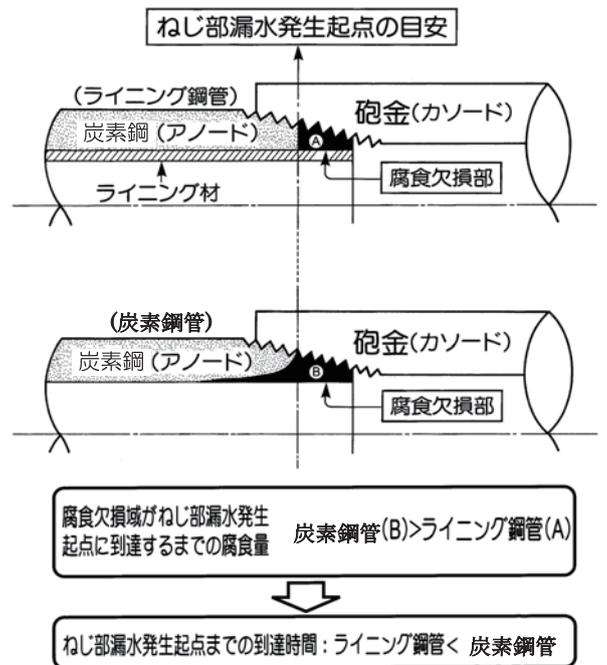


Fig.12 炭素鋼管 (亜鉛めっき鋼管) およびライニング鋼管における異種金属接触腐食の進行形態の概念図⁶⁾
Schematic diagram in progress form of galvanic corrosion in carbon steel pipe (galvanized steel pipe) and lining steel pipe

4.3 給水用内面コーティング継手の腐食事例 (vs.ステンレス鋼管)

両端をステンレス鋼製 (SUS304) ニップルに接続された内面エポキシ樹脂コーティング継手 (エルボ, 材質: 鋳鉄) が、Photo 3に示すようにステンレス鋼との接続部で局部的に大きく腐食されており、片側が穿孔されている (事務所ビル, 16年使用)。ステンレス鋼をカソード、鋳鉄をアノードとする異種金属電池が形成され、アノードとなった鋳鉄製エルボの腐食が促進されたものと考えられる。エルボ内面はコーティングされているため、最初はコーティングのない端部のねじ付近から腐食されコーティングの下部に腐食が進行したと考えられる。ガルバニック電流はカソード/アノード間の溶液抵抗が小さい接続部付近に集中するため、局部的に腐食されたものと考えられる。

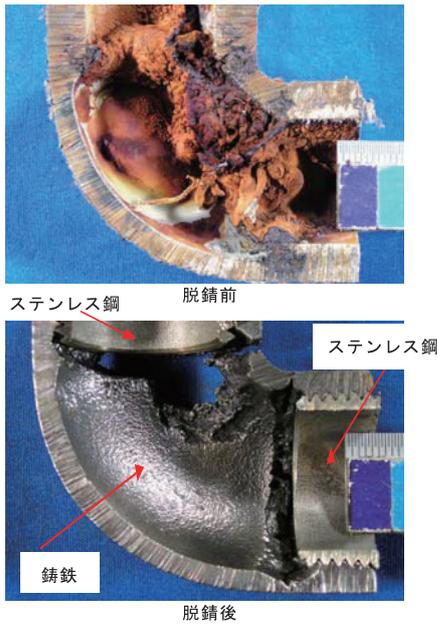


Photo 3 給水管, SUS304配管と接続された内面コーティング铸铁継手に発生した異種金属接触腐食, 20A, 16年
Galvanic corrosion generated in inside coating cast iron joint connected with SUS304 water supply pipe, 20A, and 16 years

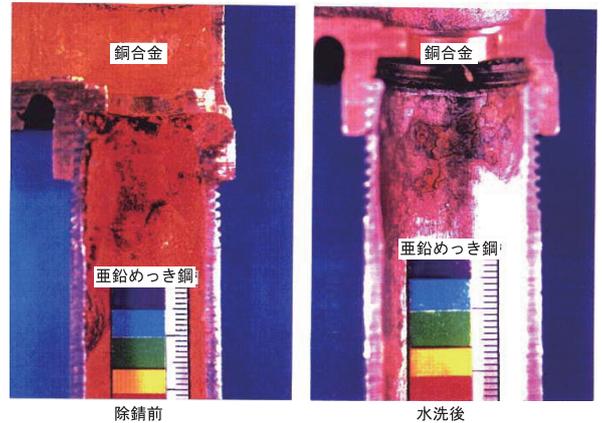


Photo 4 冷温水用亜鉛めっき鋼管に発生した異種金属接触腐食, 20A, 密閉システムで約2年, その後, 開放システムで約4年使用²⁾
Galvanic corrosion generated in galvanized steel pipe for hot and chilled water, 20A. After it used by the closed system for about two years, it used by the open system for about four years.

4.4 冷温水用亜鉛めっき鋼管の腐食事例 (vs. 砲金製継手)

事務所ビルの密閉系配管システムとして約2年使用された後, システム変更により開放系配管システム (蓄熱槽を有する循環システム) として約4年使用された亜鉛めっき鋼管 (20A) において, 砲金製バルブとの接続部に発生した異種金属接触腐食の状況をPhoto 4に示す。Photo 1に比べて腐食状態は緩慢であるが, 給水用亜鉛めっき鋼管と同様, 接続部境界に近いほど腐食が進行している。給水と冷温水では, 溶存酸素濃度, pHなどの水質条件が異なり腐食速度に影響するものと思われ, 密閉系の冷温水配管では補給水が少ないため溶存酸素濃度が低く腐食速度は小さくすると推察される。

4.5 銅管のろう付け部における銅管の異種金属接触腐食事例 (vs. ろう材)

事務所ビルのファンコイルユニットにおける銅コイル (細い軟質銅管) とUベントとのろう付け部において, 使用開始約7年でPhoto 5に示すように銅コイルとUベント (銅コイルと同じ軟質銅) が局部的に減肉して穿孔する事例が発生した。脱錆後において, ろう付け部表面はPhoto 5の上段に示すようにろう材に接する銅コイルとUベントが溝状に腐食され隙間を生じているが, ろう材はほとんど腐食されていない。ろう材の種類はB-Cup2 (P: 6.8~7.5%, 残Cu) で, これまでの研究結果においてはろう材との異種金属接触腐食が原因と考えられている⁷⁾。Photo 5の下段に示すように, 腐食は銅コイルとUベントの隙間から配管内面に浸入したろう材の先端部周辺から発生しており, 腐食の進行とともにろう材だけを残してろう材と接する銅が大きく抉られる様相を呈している。このように電氣的に導通した二種類の金属の片方が接触部を境にして一方的に腐食され, 他方がほとんど腐食されないという腐食形態から, ろう材をカソード, 銅をアノードとするガルバニック作用による異種

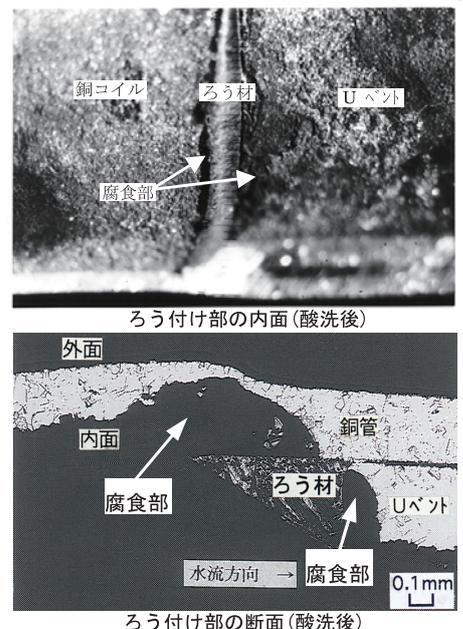


Photo 5 ファンコイルユニットの銅コイルとUベントのろう付け部に発生した異種金属接触腐食, 約7年⁷⁾
Galvanic corrosion generated on the brazing part of copper tube and U bend in the fan coil unit

金属接触腐食と推察される。ろう材の種類や水質などの腐食条件は十分明らかになっていないが、一旦発生すると銅コイルの肉厚が薄いので穿孔されやすく、注意を要する。

5 異種金属接触腐食対策

5.1 異種金属接触腐食防止の基本的な考え方

異種金属接触腐食防止の基本的な考え方をFig.13に示す。建築設備配管の設計においては、まず①電位差を考慮した異種金属材料の組み合わせを行い、その上で腐食の発生が懸念される組み合わせに対して②回路抵抗の増大③カソード／アノード面積比の低減④環境処理を行い、さらに施工・コスト面から可能であれば⑤システムの変更などの対策を講ずる手順が考えられる。

5.2 異種金属接触腐食防止対策

(1) カソード／アノード電位差の低減（適切な異種金属材料の組み合わせ）

これまで開路電位差としての許容値は、“50mV以下では普通無視できる⁸⁾”あるいは米軍規格MIL-STD-171A(1960)で“100mV未満”が示されているが、統一された見解は示されていない。建築設備用水として水道水、井水などが使用されるが、使用系統によって温度、流速・流量、一過式と循環式および開放系と密閉系といった違いがあり、腐食環境は必ずしも一様ではない。建築

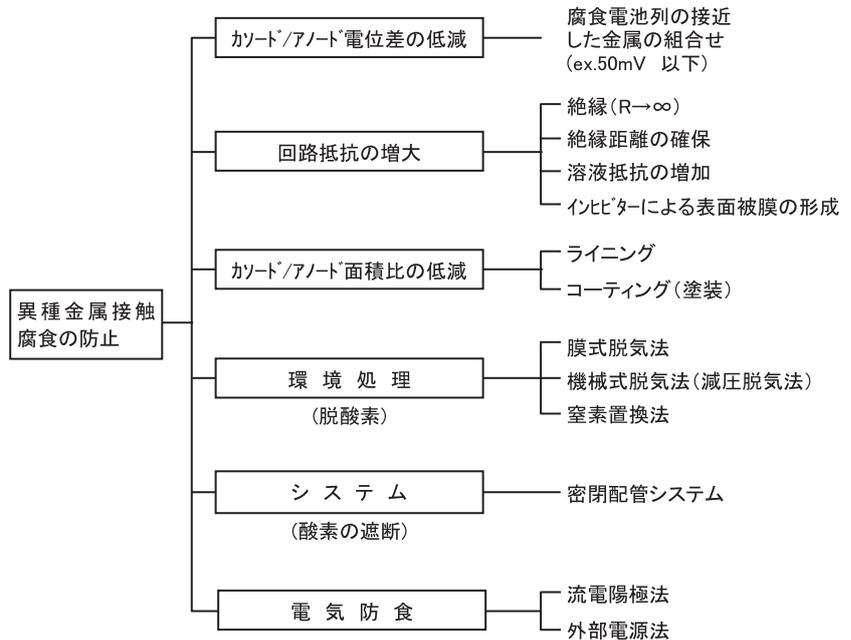


Fig.13 異種金属接触腐食防止の考え方と手法
Idea and measures for galvanic corrosion prevention

Table 1 配管系絶縁処理判定表⁹⁾
The table to judge whether insulation for galvanic corrosion prevention in the architectural equipment piping system

配管	継手・機器	継手				ポンプ			槽類				
		铸铁	砲金	黄銅	SUS	铸铁	ライニング鋼	SUS	炭素鋼	ライニング鋼	SUS	Cu	Al
給水・給湯	ライニング鋼	○	×	×	×	○	○	×	○	○	×	×	×
	Cu (銅)	×	○	×	○	×	×	○	×	×	○	○	×
	SUS	×	○	×	○	×	×	○	×	×	○	○	×
	黄銅	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×
消火	SGP	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	SGP	○	×	×	×	○	○	×	○	○	×	×	×
冷温水	開放	×	○	×	○	×	×	○	×	×	○	○	×
	SGP	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	SGP	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	SUS	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
冷却水	開放	○	×	×	×	○	○	×	○	○	×	×	×
	SGP	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	SGP	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	SUS	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

○：絶縁不要， ×：要絶縁（接触不可）
SGP，炭素鋼，铸铁は亜鉛めっき材を含む

設備配管系で異種金属同士を接続させる場合、絶縁が必要か否かについて、これまでの実験結果や実配管系における使用実績から、使用系統別にまとめた異種金属接触腐食防止のための『配管系絶縁処理判定表』をTable 1に示す。蓄熱槽を有する開放系空調システムの場合、蓄熱槽内面の仕上げ材質が循環水の水質に影響するが、最近のような樹脂材料による表面仕上げではモルタル面からのアルカリの溶出による水質の改善が期待できないので絶縁が必要である。消火配管、密閉配管システムの冷温水配管と冷却水配管では基本的に溶存酸素の補給がないので絶縁は不要である。ただし、密閉式冷温水配管ではグランドパッキンからの流出量が多い場合補給水が多くなるため、溶存酸素が供給され異種金属接触腐食が進む恐れがあり、注意を要する。

(2) 回路抵抗の増大

異種金属接触腐食は、Fig.4に示すようにイオンを含む導電性の溶液が介在する系で電位差のある2種の金属が電気的に導通した場合に成立する電池作用である。したがって、2種の金属を電気的に絶縁すれば金属間の距離や水質条件に関わりなく異種金属接触腐食を防止できる。絶縁材としては、一般的に非導電体として知られる樹脂やゴムが使用される。絶縁継手の形式としては従来からFig.14（上段）に示すようなフランジ型やユニオン型が知られている。しかし、形状が嵩張るため配管の敷設場所などによっては実用上制約があった。最近では、ライニング鋼管用としてFig.14（下段）に示すような薄い樹脂絶縁層を持つコンパクトな継手が開発され普及している。

(3) カソード／アノード面積比の低減（塗装・被覆）

SUS304／SS41（鋼）およびCu（銅C1020）／SS41の組み合わせでカソード／アノード面積比（Ac/Aa）が約0.03～100のガルバニック対を用いて、60℃・200mg/LCl⁻水溶液中において行った腐食度の測定結果をFig.15に示す。いずれのガルバニック対においても、Ac/Aa（面積比）の増加に伴いアノード金属の腐食度が増加している。このことは、淡水系での異種金属接触腐食が溶存酸素の還元反応によるカソード支配と考えられることに対応している。

このように異種金属接触腐食反応はカソード金属面でのカソード還元反応に支配されるので、異種金属接触境界部のカソード面への塗装・被覆が有効である。最も注意しなければならないことはアノード面への不完全な塗装・被覆である。アノード面での被覆欠陥はアノード電流密度を著しく増加させ、局部腐食を促進させる。とくに境界面付近での欠陥では腐食速度が速くなるので注意を要する。前述のように砲金製バルブなどと接続されたライニング鋼管端部の腐食の進行が速いのはこの原理による（Fig.12）。現行においては、異種金属接触腐食防止のために内面が塗装・被覆された銅・銅合金製あるいはステンレス鋼製の継手は製造されていない。配管や継手製品内面への塗装・被覆は困難な場合が多いので、カソード面への塗装・被覆は、実際的には槽類など機器内面での施工対策として有用と思われる。

また、ネジ、ボルト、ナットなど小面積の部材は使用対象（取り付ける相手の設備）より電位が貴な材質でなければならない。材料の組み合わせ設計が可能であれば最善であるが、塗覆による場合はアノード部の欠陥に対する注意が特に必要である。

(4) 環境処理（溶存酸素の除去）

溶存酸素濃度を低下させるとカソード表面での酸素還元反応（O₂+2H₂O+4e⁻→4OH⁻）の速度が低下して異種金属接触腐食が抑制される。砲金管（カソード）と亜鉛めっき鋼管（アノード）をFig.16に示すように接続させた供試管に対して439日間連続

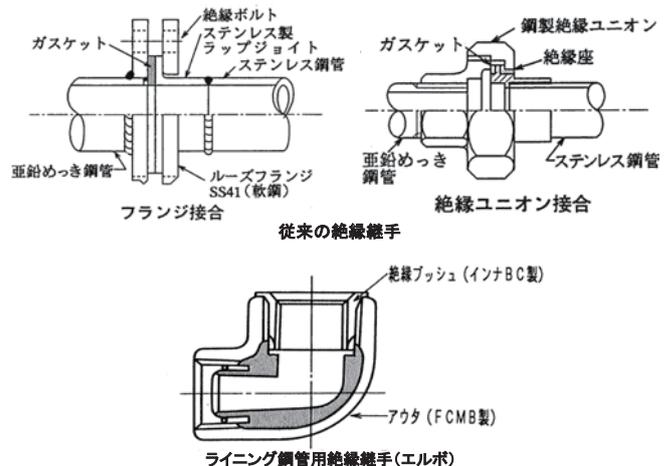


Fig.14 絶縁継手の例⁹⁾
Example of insulation joint

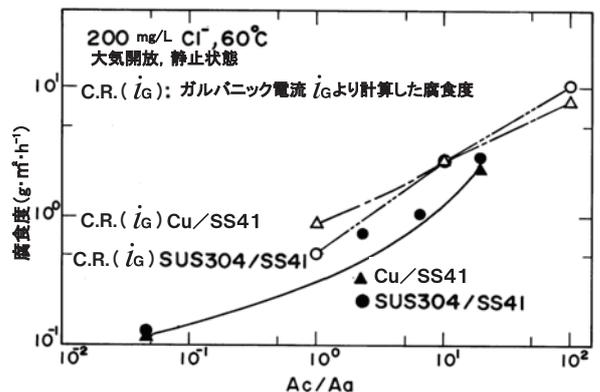


Fig.15 異種金属接触腐食に及ぼす面積比の影響¹⁰⁾
Influence with area ratio of cathode/anode on galvanic corrosion

して水道水あるいは脱気水（水道水を膜脱気により平均溶存酸素濃度0.33mg/Lに調整した水）を0.3m/sで通水させ、連続的にガルバニック電流を測定した。ガルバニック電流の測定結果をFig.17に示す。また、実験終了後における砲金との接続部付近の供試管内面の腐食状態（上段）および砲金との接続部における管端から30mmの管軸方向の断面の亜鉛めっきの残存状態をPhoto 6に示す。脱気水を通水した供試管のガルバニック電流は水道水を通水した供試管に比べて減少し、砲金との接続部付近における配管内面の腐食状態が大きく緩和されている。Photo 6における切断面（下段）においては、水道水を通水した供試管では亜鉛めっきは全く残存しないが、脱気水を通水した供試管では管端付近においても広範囲に亜鉛めっきが認められ、異種金属接触腐食の抑制効果が示される¹¹⁾。

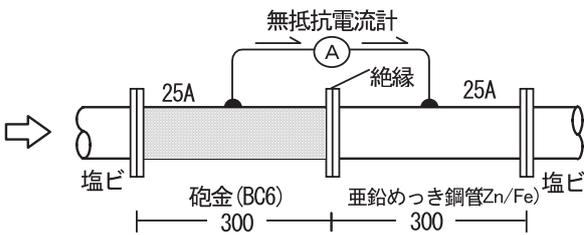


Fig.16 ガルバニック対配管¹¹⁾
Galvanic couple piping

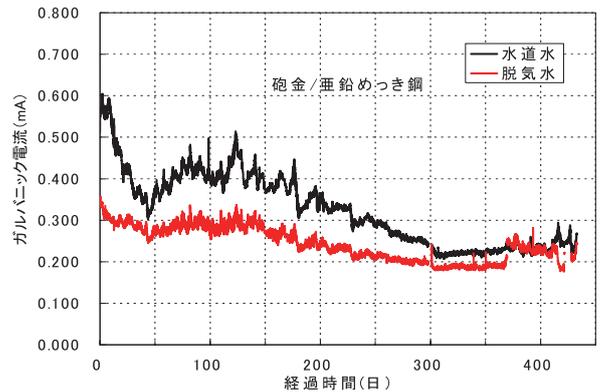


Fig.17 配管ガルバニック対におけるガルバニック電流の経時変化¹¹⁾
Change over time of galvanic current in galvanic couple of piping

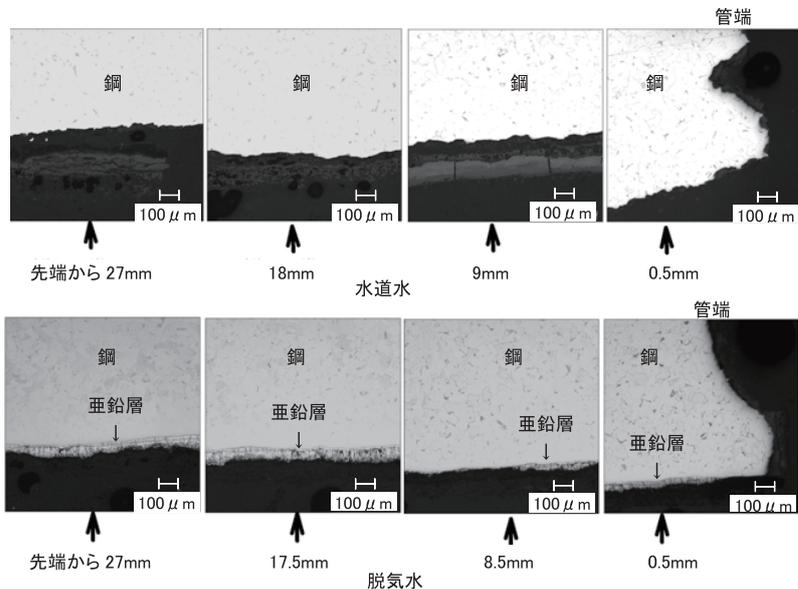
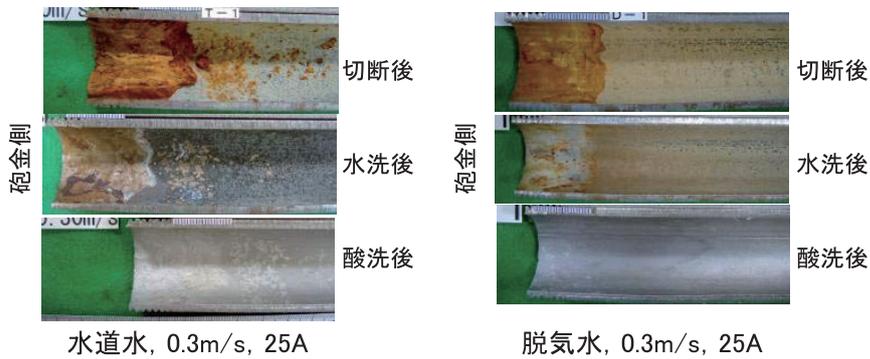


Photo 6 異種金属接触腐食部における亜鉛めっき鋼管の腐食状態¹¹⁾
Galvanic corrosion of galvanized steel pipe in different kind of metallic joint

(5) システム

DHC（地域冷暖房District Heating and Cooling）施設から熱源を供給される冷温水配管においては、供給水を直接受け入れる場合、時として屋内配管において腐食の問題が顕在化することがある。この場合、屋内配管の入口でDHCからの供給水と屋内配管側の循環水を熱交換して後者を密閉配管とすることにより、二次側（屋内配管）では酸素の補給が断たれるため防食環境が達成され異種金属接触腐食が抑制される。同じように、DHC以外の冷温水配管や冷却水配管でも、配管システムを密閉系とすることにより異種金属接触腐食が抑制される。

6 結語

建築設備配管系における異種金属接触腐食の実態と腐食反応のメカニズム、腐食要因および対策について、実験や事例解析に基づいて示した。主な内容は以下の通りである。

- 1) 水道水環境において電位の異なる金属を接触させた場合、異種金属電池作用によって電位の卑な金属は異種金属接触腐食作用を受け、腐食が加速される可能性がある。
- 2) 銅、銅合金、ステンレス鋼（以上カソード）と接触した銅、鋳鉄、アルミニウム（以上アノード）などは異種金属接触腐食作用により腐食が加速される。
- 3) 異種金属接触腐食の腐食要因として、溶存酸素、電気伝導度、温度、カソード／アノードの面積比が影響する。
- 4) アノード金属がライニングされている場合、ライニングの欠陥部分において腐食速度が加速される。
- 5) 銅管のろう付け部において、ろう材をカソード、銅（軟質銅）をアノードとした異種金属接触腐食作用に起因するとみられる現象（ろう付け部における銅の局部腐食）が確認されている。
- 6) 異種金属接触腐食対策は、①電位差の小さい組み合わせ②回路抵抗の増大③カソード／アノード面積比の低減④水の脱酸素処理⑤密閉配管システム⑥電気防食に大別される。
- 7) 電位差のある組み合わせの対策としては絶縁が有効であり、実験と事例解析の基づく「配管系絶縁処理判定表」が提案される。

配管や継手および各種の設備機器がそれぞれの機能特性を発揮するとともにコストに見合った価格で市場に供給されるために様々な材料が使用されている。そのため、今後とも建築設備配管系ではいろいろな金属材料が組み合わせて使用されることは必定であり、設計や施工および維持管理の立場から異種金属接触腐食に対する配慮が望まれる。また、絶縁機能のあるバルブなど簡便で低コストな継手や機器の開発が期待される。

参考文献

- 1) 山手利博, 吉田達也, 都竹克二, 金子 智: 建築設備配管系でのガルバニック腐食とその防止に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, No.487, Vol.9, pp.51-60, 1996
- 2) 防錆防食技術総覧, 産業技術サービスセンター, p.667, 2000
- 3) G. Skaperdas, H. Uhlig, Ind. Eng. Chem., 34, 748, 1942
- 4) 防錆防食技術総覧, 産業技術サービスセンター, p.668, 2000
- 5) 山手利博, 村川三郎: 膜式脱気法による建築設備配管の腐食防止に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, No.539, Vol.1, pp.75-82, 2001
- 6) 防錆防食技術総覧, 産業技術サービスセンター, p.666, 2000
- 7) 山手利博: 銅管のろう付け部における異種金属接触腐食, 材料と環境, No.56, Vol.4, pp.170-174, 2007
- 8) G.Wanglen著, 吉沢四郎, 山川宏二, 片桐 晃 共訳: 金属の腐食防食序論, 化学同人, p.87, 1973
- 9) 防錆防食技術総覧, 産業技術サービスセンター, p.670, 2000 (文献1) の表4を改定
- 10) 山手利博, 吉田達也, 都竹克二, 金子 智: 建築設備配管系での異種金属接触腐食に関する基礎的研究, 第10回防錆防食技術発表大会講演集, p.78, 1990
- 11) 山手利博, 村川三郎: 水道水中における銅, 亜鉛の腐食に及ぼす流速の影響と膜脱気による腐食防止効果, 日本建築学会環境系論文集, No.608, Vol.10, p.45-52, 2006