

第2章 腐食の種類とその特徴

2.1 基本的事項

腐食は、金属材料が環境条件により化学的あるいは電気化学的反應により表面から消耗する現象であり、鋼管等の場合、土壤中に含まれる水分を介した電気化学的腐食が生じる。

埋設鋼管等の場合、施設の置かれた環境により異なる腐食機構が存在し、発生要因から自然腐食と電食に大別され、自然腐食は全面腐食（マイクロセル腐食）と局部腐食（マクロセル腐食）に大別される。

【解説】

2.1.1 腐食の概要

(1) 腐食の定義

腐食とは、金属がそれを取り囲む環境の物質と化学的あるいは電気化学的に反応して、表面から消耗したり金属以外の物質に変わることによって金属が失われていく現象である。

化学的腐食は水分を伴わない腐食（乾食）で、高温の空気あるいは反応性ガスによる酸化の腐食をいい、電気化学的腐食は主に土や水のような電解質を介在する腐食（湿食）をいう。

(2) 鉄の腐食

自然界の鉄は、酸化した“錆”（酸化鉄）の状態で鉄鉱石として存在し、この鉄鉱石を精錬（酸素を失う：還元）して“鉄”として使用している。鉄を放置すると水（水が溶けた酸素を含む）に接することで腐食（水と酸素と結合：酸化）して、最も安定した状態（酸化鉄）に戻ろうとする。この現象が腐食である。図 2.1-1 にその機構を示す。

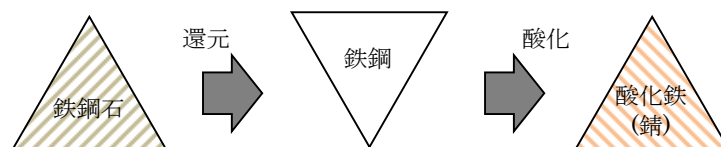


図 2.1-1 鉄の還元(精錬)と酸化(腐食)の関係

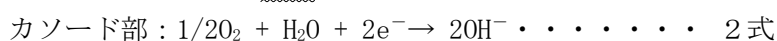
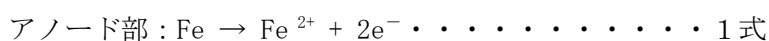
酸素と水が存在する環境で鉄が腐食するという現象は、電気化学的な機構によって起こる金属のイオン化反応である。この場合、電子を放出し腐食する側をアノード、電子を受け取り防食される側をカソードという。

なお、自然界で不安定な鉄が、pH（水素イオン濃度）の変化によって腐食しない領域がある。鉄の腐食は、pH10 以上になると腐食速度は急激に減少し、pH12 以上のアルカリ領域では強固な不動態被膜の形成により腐食は進行しない。pH4～10 程度の領域では、腐食速度にほとんど変化はないが、pH4 以下の酸性領域では、水素イオン濃度が溶存酸素濃度より高くなるため水素発生型腐食が生じ、腐食速度が著しく増大する。

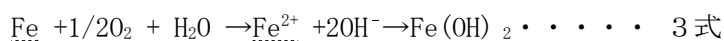
【コラム】 鋼管等の腐食反応

鋼管等は様々な環境の中に埋設されるため、環境の違いによる電位差から逃れることは出来ない。鋼管等の鋼材表面は、材料特性や土壌環境の差異により不均一であり、この結果、同一金属表面に電位差が異なるアノードとカソードが生じる。このアノードとカソードの電位差（電池作用）により鉄の中を電子が流れ、鉄(Fe)がイオン化(Fe^{2+})して溶け出し腐食が進行する。この際、電流は鋼管等の内部をカソードからアノードに向かい流れる（①）。また、アノードに流れた電流は電解質を通りカソードに戻る（②）。

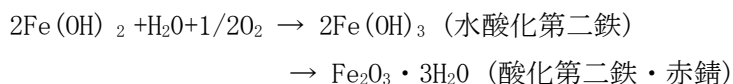
腐食反応は下式により表すことができる。



鉄鋼の腐食反応は、アノード反応とカソード反応の和となるので、水酸化第一鉄 ($\text{Fe}(\text{OH})_2$) が生成される。



この水酸化第一鉄は不安定であり、さらに酸化され水酸化第二鉄、酸化第二鉄（赤錆）になって沈積し、鉄鋼は減肉するとともにこれらの腐食生成物に覆われて錆層を形成する。



なお、上記3式から、酸素 (O_2) 又は水 (H_2O) のいずれか一方でも供給されない環境では、鉄鋼の腐食は進行しないことがわかる。

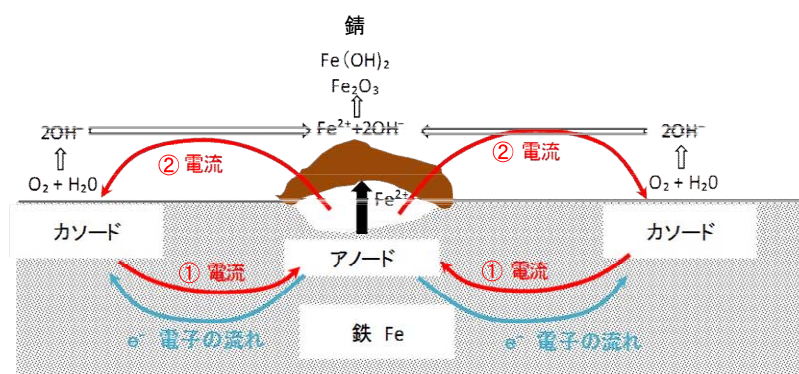


図1 腐食の電気化学的機構

【コラム】 電気の話

電圧とは電気を流そうとする「圧力のようなもの」で、単位はボルト（V）で表される。

乾電池を例にとると、図1に示すように乾電池のプラス極は黒鉛、マイナス極は亜鉛（Zn）と異なる二種類の金属を使用している。これらを電線で接続するとプラス側の黒鉛からマイナス側の亜鉛に向かって電流が流れる。この時の乾電池の電圧が1.5V（ボルト）であり、流れる電流はA（アンペア）で表わされる。

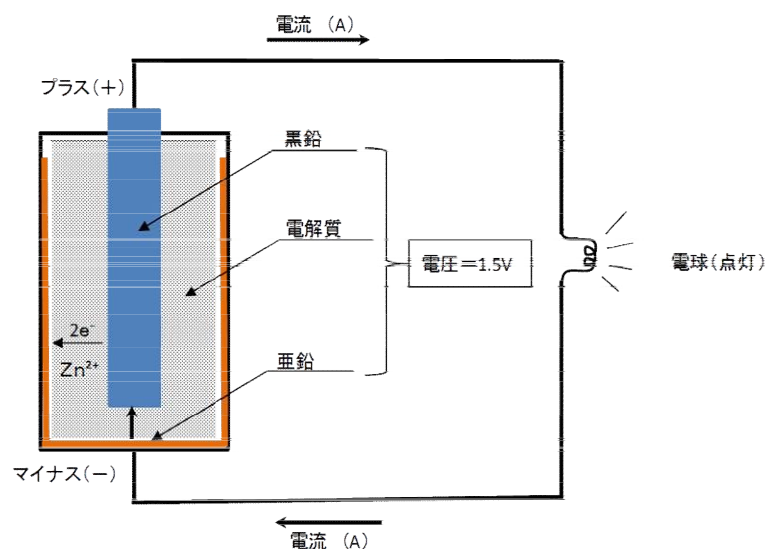


図1 乾電池の構造図

また、電線を通れる電流は電線の電気抵抗 Ω （オーム）で決まり、抵抗が大きいほど電流は小さくなり、電圧が高いほど電流は大きくなる。この法則をオームの法則といい、電圧： V （V）・電流： I （A）・抵抗： R （ Ω ）の関係は次式となる。

$$V = I \times R \cdots \cdots \text{【オームの法則】}$$

電気抵抗の大きさは物質の種類によって異なる。電気を通しやすい物質を導体といい、銅は特に電気を通しやすいので導線の材料として用いられる。反対に電気をほとんど通さない物質を不導体又は絶縁体といい、ゴムやFRPが挙げられる。

2.1.2 電気化学的腐食

金属には腐食しやすいものと腐食しにくいものがあり、腐食しやすい金属ほど低い電位を示す。腐食しやすい金属は水溶液中等の環境で陽イオンになる（金属イオンと電子に分かれる反応）傾向が強く、この傾向をイオン化傾向という。表 2.1-1 は、金属をイオン化しやすい順に並べたものである。

表 2.1-1 イオン化傾向と標準電極電位

大 ← イオン化傾向								
金属	Li リチウム	K カリウム	Na ナトリウム	Mg マグネシウム	Al アルミニウム	Zn 亜鉛	Fe 鉄	
電位 (V)	-3.0400	-2.9360	-2.7141	-2.3700	-1.6800	-0.7627	-0.4400	
イオン化傾向 → 小								
金属	Ni ニッケル	Sn スズ	Pb 鉛	Cu 銅	Hg 水銀	Ag 銀	Pt 白金	Au 金
電位 (V)	-0.2360	-0.1410	-0.1263	+0.3370	+0.7960	+0.7991	+1.3200	+1.5000

イオン化傾向が異なる金属を接続すると、イオン化しやすい金属から電子が放出され、マイナスの電荷を有する電子はプラス側へ移動する。図 2.1-2 の例ではイオン化しやすい亜鉛から放出された電子が銅に移動する。一方、電流はプラスからマイナスに流れるため、電子の移動とは逆に銅から亜鉛に向かって流れ、亜鉛から電解質を介して銅に流れる。

この反応を腐食・防食の観点でみると、亜鉛板に腐食電流が流れ、亜鉛板が腐食（酸化）し、銅板は防食されたことになる。このため、銅板には防食電流が流れたと考えることができる。

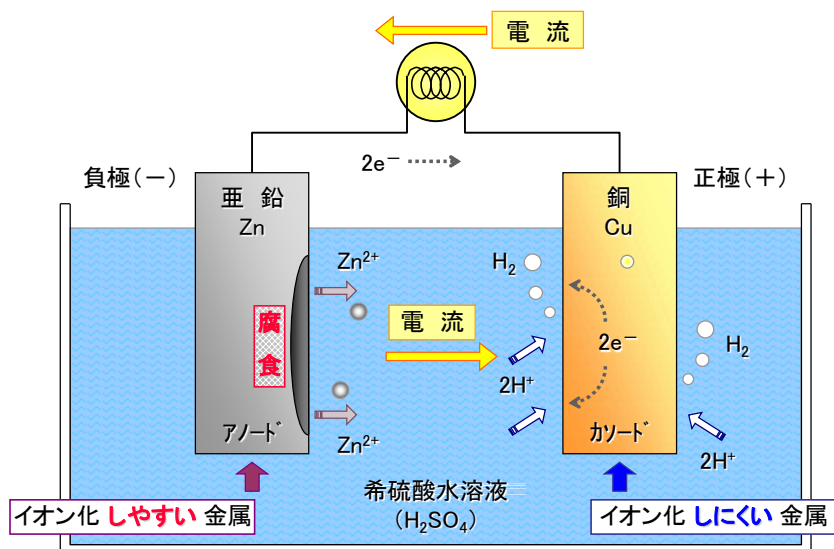


図 2.1-2 ボルタ電池

2.2 腐食環境

鋼管等鋼材の腐食は、自然界に置かれた環境によって、淡水、海水、大気、土壌の四つの腐食環境に大別される。

2.2.1 腐食環境の概要

腐食は淡水、海水、大気、土壌の四つの腐食環境において、腐食因子である水と酸素が関与し電気化学的反応により進行するものである。一方、腐食に影響を及ぼす腐食促進因子は、表 2.2-1 に示すようなものがある。

表 2.2-1 腐食促進因子

腐食促進因子	概 要
pH	・ pH が 4～10 の範囲では腐食速度は pH に依存せず、鋼材表面に到達する酸素量によって決定される。一方、pH4 以下を示す領域では、腐食速度が急激に増大する。特殊な環境を除き pH4 以下を示す領域になることはなく、腐食速度に影響を及ぼすことは少ないが、酸性土壌などでは留意する必要がある。
溶存酸素	・ 淡水、海水中の鋼材の腐食は、その環境から鋼材表面に供給される溶存酸素の供給速度により決定する。したがって、淡水、海水中の溶存酸素量が増大すると、環境に関らず腐食速度は増加する。
溶解成分	・ 塩化物などの塩類を多量に溶解している場合、その環境は良好な電解質となり鋼材の電気化学的腐食反応が生じやすくなる。また、溶解している塩類の主成分である Cl^- （塩化物イオン、以降 Cl^- と示す）は、腐食により生成される錆を多孔化するため、錆層による保護性能が低下し腐食しやすい環境となる。
流 速	・ 一般に淡水、海水中の腐食速度は、周囲の環境から鋼材表面に供給される溶存酸素の供給速度により決定される。したがって、流速の増加により酸素供給速度が増加し、鋼材表面への酸素供給量が増大するため、腐食速度は増加する。
温 度	・ 鋼材周辺の温度上昇に伴い鋼材表面への酸素の供給速度が増大し、鋼材表面におけるアノード反応とカソード反応の速度も増大するので、腐食速度は増加する。

(1) 淡水環境による腐食

淡水の代表は湖、沼を含む河川水、地下水及び水道水である。

淡水による腐食は、水中に溶けている酸素（溶存酸素）により生じる。腐食の速度は、金属表面にどれだけ酸素が供給されるか（溶存酸素濃度、流速及び表面付着物で決まる）による。また、錆こぶを伴った腐食形態が一般的であって、錆こぶの下には孔食が存在する場合が多い。なお、水質や流速、温度等、酸素拡散量に影響を与える全ての因子の作用によっても腐食の程度は異なる。

(2) 海水環境による腐食

鋼材の腐食機構は、基本的に酸素と水によって腐食が進行するので、海水環境と淡水環境で同じである。

腐食速度の違いは、鋼の表面に拡散してくる溶存酸素濃度の大小、海水の場合は塩化物イオン濃度の増加による海水抵抗の減少等により、形成されるマクロセル腐食回路を流れる腐食電流が大きくなり、腐食速度が大きくなる。

護岸等で用いられている鋼管杭や鋼矢板は、海上大気部から海底土中まで連続体である。このような構造物では、飛沫帯の腐食速度が最も大きく、干潮位直下、干満帯、海中部、海上大気部、海底土中の順で腐食速度は減少する。飛沫帯は、海水の飛沫により形成される薄い水膜が最も酸素を供給しやすい環境となるため、常時水没している海中部と比較しても非常に大きな腐食速度を示す傾向にある。ついで、干潮位直下は、酸素が供給されやすい干満帯がカソードとなり、その直下がアノードとなるマクロセル腐食の形成により大きな腐食速度となりえる。

(3) 大気環境による腐食

大気腐食においても、基本的には水と酸素の存在下で腐食が生じる。水の供給源としては、降雨によるものや大気中の水分の結露などにより鋼材表面に薄い水膜が形成された場合に進行する。その水膜の厚さが 1μ となる場合が最も腐食速度が大きいといわれている (Tomashov モデル)。

また、大気中のさまざまな汚染物質が水膜に溶解し電解質溶液を形成する。この電解質溶液の状態は、気象条件及び環境条件 (汚染物質の種類、濃度等) によって変化するため、大気腐食はその地域の気象条件及び大気環境の汚染の度合いによって大きく異なる。

(4) 土壌環境による腐食

土壌腐食についても、基本的には水中と同様な腐食原理であるが、水中のような比較的均一な腐食環境と異なり非常に不均一な環境である。土質の差異による通気差や、微生物の関与、直流電気鉄道からの迷走電流等の腐食促進因子が多く、さらにはそれらが複合することで複雑な腐食形態を呈する。また、埋設配管の場合には、施された塗覆装の経年劣化や損傷程度でも漏洩にいたるまでの期間が大きく異なる。

土壌腐食に影響を及ぼす因子には、①土壌抵抗率、②pH、③酸化還元電位、④土質、⑤含水率、⑥土壌溶解成分等があるが、これらの物理的・化学的性質以外に降雨、気温、日照などの気象条件や管路の埋設条件によっても異なる。

これらのうち、土壌の腐食性に最も影響を与える因子は土壌抵抗率である。マクロセル腐食回路が形成された時に、土壌抵抗率が小さいと腐食回路の抵抗が小さくなるので腐食電流が流れやすくなり、腐食速度も大きくなる。

鋼管等に生じる主な腐食は土壌環境による腐食である。

2.3 腐食の分類

腐食は、その機構から一般的に図 2.3-1 に示すように分類される。

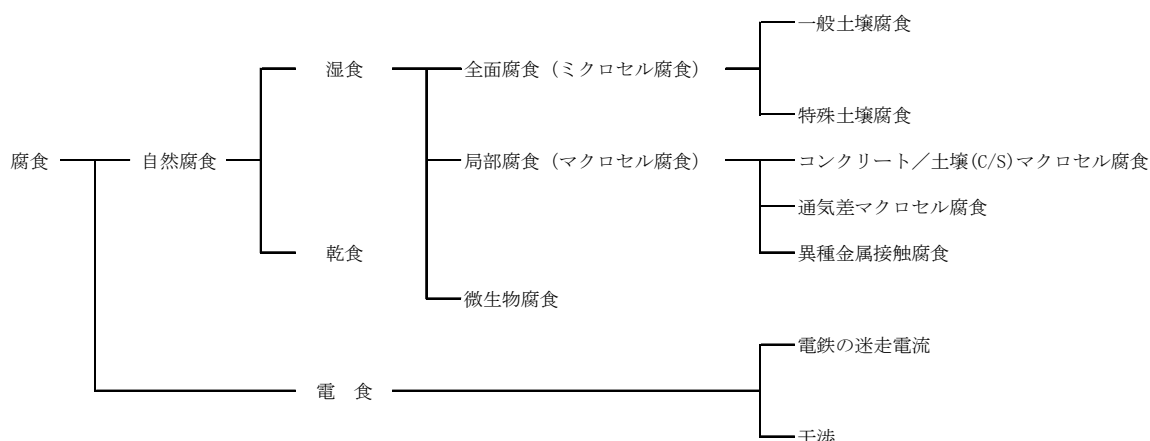


図 2.3-1 腐食の分類

2.3.1 ミクロセル腐食とマクロセル腐食

ミクロセル腐食とはミクロ腐食電池による腐食であり、アノード（＋）とカソード（－）の位置は終始移動しているため、腐食位置の特定は困難である。一方、マクロセル腐食はマクロ腐食電池による腐食であり、アノード（＋）とカソード（－）の位置は固定される。

ミクロセル腐食は、環境に接触している全表面がほぼ均一に腐食していく。そのため、ミクロセル腐食の腐食速度は遅く進行を予測しやすい。一方、マクロセル腐食は、特定の部分のみがアノード（＋）となって局所的に腐食する。そのため、マクロセル腐食は、ミクロセル腐食より進行が速く、様々な要因によって狭い範囲に腐食電流が集中して激しい腐食になることがある。

2.3.2 腐食機構の特徴

(1) ミクロセル腐食

1) 一般土壌腐食

一般土壌（腐植土、泥炭、淡水成粘土、海成粘土等の腐食性土壌以外の土壌）中で鋼材全面に一樣に生じる腐食を示す。腐食速度は小さく鋼管等に与える影響は小さい。

2) 特殊土壌腐食（詳細は「3.3.4 土壌腐食性調査」参照）

腐植土、泥炭、淡水成粘土、海成粘土等の腐食性土壌（以降、特殊土壌と記載）が分布する箇所では鋼材全面に一樣に生じる腐食を示す。

(2) マクロセル腐食

1) コンクリート／土壌(C/S)マクロセル腐食

コンクリートのようなアルカリ環境にある鉄の電位は-200mV 程度の電位を示すが、土壌中（中性）の鉄の電位は-400～-800mV 程度の電位※を示す。

※本マニュアルに示す電位は飽和硫酸銅電極基準値を示す（以降に示す電位値も同様）。

このため、両者の電位差により土壌中の鋼管等がアノード、コンクリート中の鋼管等がカソードとなるマクロセルが形成され腐食が生じる。これが、コンクリート／土壌(C/S)マクロセル腐食である（図 2.3-2）。

さらに、コンクリート中に鉄筋があり、鉄筋と鋼管等が導通している場合、カソード部の面積が大きくなり土壌中の鋼管等の腐食がさらに促進される。

腐食事例を見ると、コンクリートピットの規模にもよるが、コンクリート壁から 10m の範囲で塗覆装が不良と思われる箇所に腐食事故が発生している。一般に鉄筋の表面積は、鋼管等の塗覆装損傷部の面積に比べて非常に大きいので、鋼管等が鉄筋と接触すると腐食が促進され、かつ塗覆装損傷部に集中するため短期間で漏水事故を起こすこととなる。なお、農業用水管路の突発事故実績によると、鋼管の漏水事故の多くは、このコンクリート／土壌(C/S)マクロセル腐食が原因になっているといわれている。

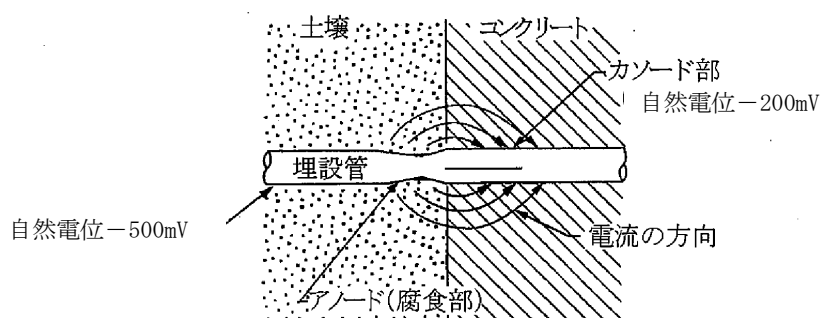


図 2.3-2 コンクリート／土壌 (C/S) マクロセル腐食の機構

コンクリート／土壌(C/S)マクロセル腐食が起こりやすい環境には、ポンプ場、水管橋の橋脚、橋台、露出したスラストブロック（鉄筋入り）、コンクリート舗装部、コンクリートピット等がある。図 2.3-3 は、事例の一部である。

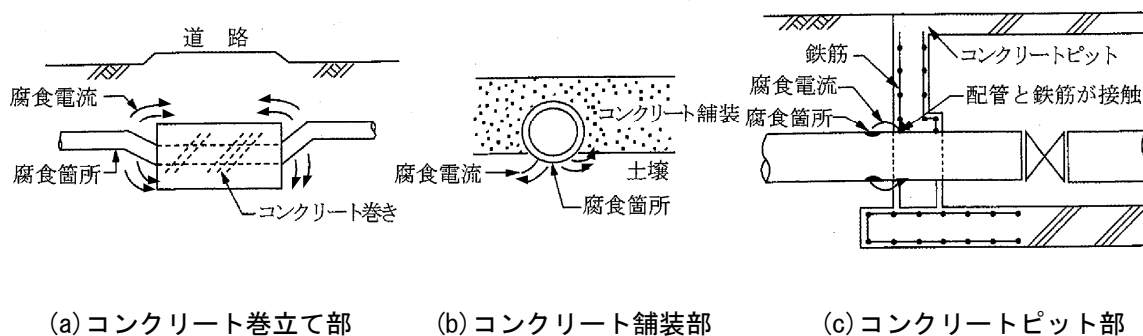


図 2.3-3 コンクリート／土壌 (C/S) マクロセル腐食の例

【コラム】 C/S マクロセル腐食とメタルタッチ

鋼管が一般土壌中とコンクリート中に敷設されると、pH7 前後の中性環境にある一般土壌中の鉄の電位は-600mV 程度を示し、pH12 以上の強アルカリ環境にあるコンクリート中の鉄の電位は-200mV 程度を示し、土壌中の鋼管がアノード部、コンクリート中の鋼管がカソード部となりマクロセル腐食が起きる。このときコンクリート中の鉄筋と鋼管が図1に示すように接触(メタルタッチ)していると、アノード部となる土壌中の鋼管の腐食を助長させる。

このようなC/S マクロセル腐食の腐食速度に関係する因子として、アノード部とカソード部の面積比があり、これらの関係は図2に示される。

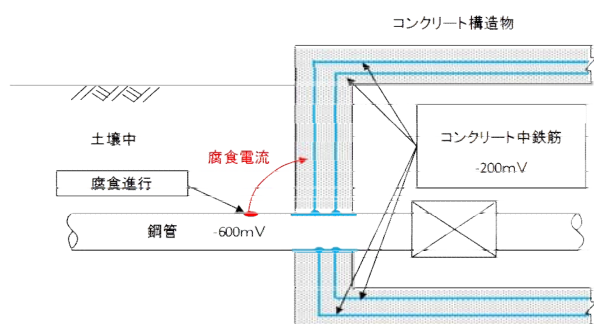


図1 鋼管とコンクリート中の鉄筋が接続している場合

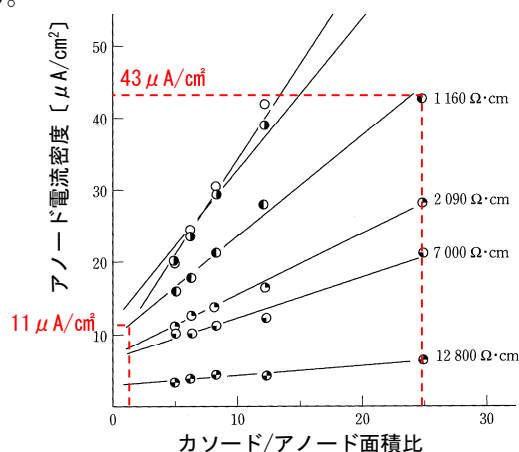


図2 カソード部とアノード部の面積比と電流密度の関係

ここで、土壌抵抗率が $1160 \Omega \cdot \text{cm}$ の場合、アノード/カソード面積比が1に対して25倍になるとアノード電流密度は $11 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ から $43 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ と約4倍に増加している。

腐食速度に置き換えると、ファラデーの法則より $1\text{mA} \cdot 1$ 年間の電気量により腐食される量は 9.1g 、鉄の密度が $7.86\text{g}/\text{cm}^3$ である。塗覆装劣化面積を 10cm^2 とすると腐食速度は表1のように算定され、面積比1に対して面積比が25の場合、腐食速度も約4倍速くなる(比率①)。また、一般的な土中での鉄の腐食速度 ($0.02\text{mm}/\text{年}$) と比較すると、面積比1 ($0.13\text{mm}/\text{年}$) の場合で約7倍、面積比25 ($0.50\text{mm}/\text{年}$) の場合で約25倍腐食速度が速くなる(比率②)。

表1 腐食速度の試算結果

電流密度		1mA・1年間の 電気量により 腐食される量(g)	塗覆装 劣化面積 (cm^2)	腐食電流 (mA/10 cm^2)	電流により 腐食される量(g)	鉄の密度 (g/cm^3)	腐食速度 (mm/y)	比率①	比率②
($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	(mA/cm 2)								
11	0.011	9.1	10	0.11	1.001	7.86	0.13	1.0	6.5
43	0.043	9.1	10	0.43	3.913	7.86	0.50	3.8	25.0

実構造物レベルでは、例えば $\phi 800$ に対するコンクリートピット中の鉄筋面積(カソード面積)は $500,000\text{cm}^2$ 程度であり、塗覆装損傷部との面積比は $50,000$ 倍にもなる。図2に示すアノード電流密度とアノード/カソード面積比の関係は面積比で25倍までしか示されていないため、比率による単純な評価はできないが、メタルタッチに伴うC/S マクロセル腐食の腐食速度は極めて速くなることが想定され、特に留意すべき腐食機構であると言える。

2) 通気差マクロセル腐食

多くの金属の腐食は、カソードで酸素を消費、アノードで酸化することで腐食が進行する。この酸素は多くの場合、大気中より供給される。この通気の程度は金属の形状や位置、表面付着物等によって異なる。

埋設された鋼管等の場合、水分の多い用水路の下部や砂・粘土などの異なる環境を通ると、通気の悪い部位(酸素供給の少ない部位)がアノード、通気の良い部位(酸素供給の良い部位)がカソードとなってアノード部で腐食が進行する。通気差マクロセルとは、このように酸素濃度の違いによって引き起こされる腐食を指す。

通気差マクロセル腐食の起こりやすい環境には、次のようなケースがある。

①土質の差による通気差マクロセル腐食

鋼管等が粘質土と砂質にまたがって埋設されている場合、通気差により粘質土の部分の管が腐食する。

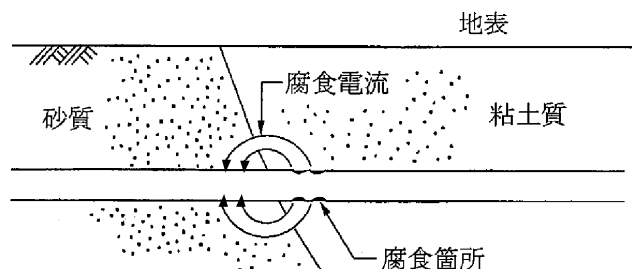


図 2.3-4 土質の差による通気差マクロセル腐食の例

②地下水の影響による通気差マクロセル腐食

鋼管等が地下水又は水分の多い土壌と通気性の良い土壌にまたがる場合は、水分の多い土壌の部分に腐食が生じる。

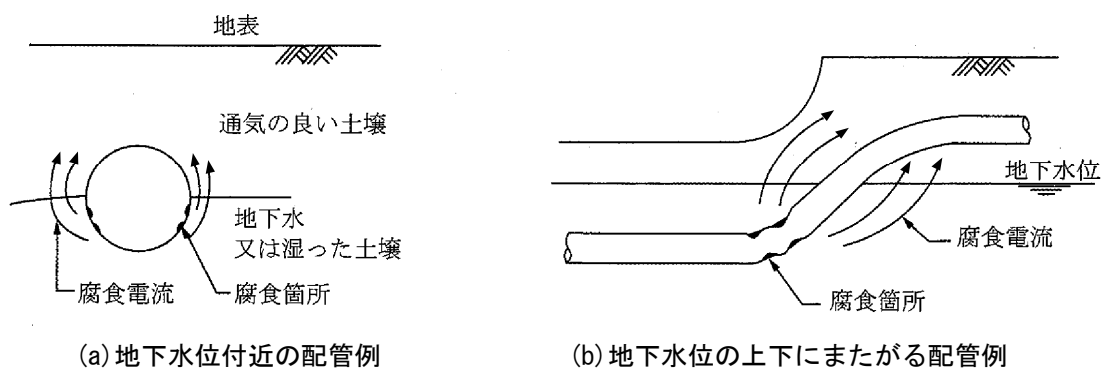


図 2.3-5 地下水の影響による通気差マクロセル腐食の例

③地表面付近での通気差マクロセル腐食

鋼管等が地上に立ち上がる場合、地表部分と地表のすぐ下の部分で通気差が生じ、地表のすぐ下の部分が腐食する。

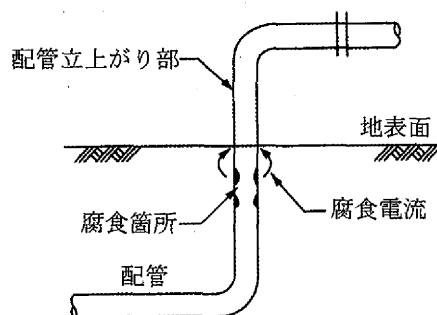
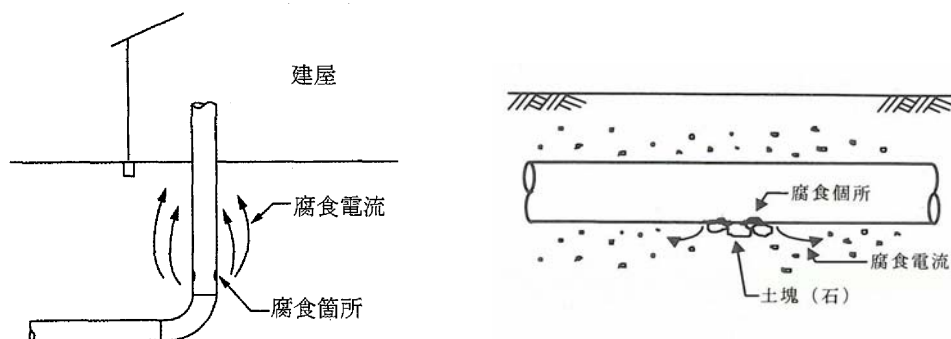


図 2.3-6 地表付近での通気差マクロセル腐食の例

④その他の通気差マクロセル腐食

その他、地表面からの埋設深さの差により、深い部分では地表付近に比べて通気性が悪くなり腐食する場合がある。道路のアスファルト舗装等が地表の遮蔽物となって、通気差を生じ、マクロセル腐食の原因になることもある。

また、配管に土塊（石）などが接触した場合、土塊（石）の下部分の配管表面には酸素が届きにくい。石のまわりでは、酸素は普通に供給される。こうして、石のまわりをプラス、石の下をマイナスとする通気性電池ができて、石の下で腐食が起こる。



(a) 埋設深さの差による通気差マクロセル腐食 (b) 土塊（石）との接触による通気差マクロセル腐食

図 2.3-7 その他の通気差マクロセル腐食の例

3) 異種金属接触腐食

二つの異なった金属が電解質中で接続しているとき、それぞれの金属の自然電位の違いから腐食電池回路が構成され、アノード部の金属が腐食する現象を示す。

異種金属接触腐食の起こりやすい環境の例としては、鋼管とステンレス製伸縮管との接続がある。この場合、絶縁されていないステンレス製伸縮管と鋼管の塗覆装損傷部の間で腐食電流が流れるため、鋼管が腐食する。

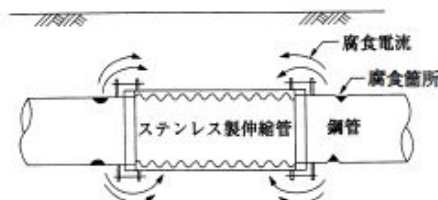


図 2.3-8 異種金属接触腐食の例

(3) 微生物腐食

微生物腐食は、微生物の代謝作用によって腐食アノード反応あるいはカソード反応が促進されることが原因となる。腐食に関係する代表的な微生物には、好気性の鉄細菌や硫黄酸化細菌、嫌気性の硫酸塩還元菌や鉄酸化細菌が挙げられる。腐食の激しさとしては鉄細菌が最も高く、次いで鉄酸化細菌と硫黄酸化細菌、硫酸塩還元菌の順となる。また、微生物が存在する可能性としては、硫酸塩還元菌が最も高く、次いで鉄細菌、鉄酸化細菌と硫黄酸化細菌の順となる。

嫌気性である硫酸塩還元菌による腐食が進行すると、その過程で溶存酸素の還元反応を促進すると考えられており、強い還元状態では酸化還元電位が低い値となることが分かっている。また、硫酸塩還元菌は低級脂肪酸や水素をエネルギー源として摂取し、硫酸イオンを用いて酸化し、硫化水素を放出する。このため、硫酸塩還元菌が存在する土中には硫化物が存在することが特徴である。

(4) 電食

1) 電気設備等からの迷走電流

直流電気鉄道や電気防食施設のような電気設備から直流電流が土壤中に漏洩し、その一部が鋼管等に流入し、流入した電流が鋼管等より再び土壤中に流出する。このとき、鋼管等の塗覆装損傷部からの流出で激しい腐食が起きる。この腐食現象を電食という。電食は、概して鋼管等の一部に集中して発生する特徴があり、短期間で配管に孔があき事故が発生する。特に塗覆装に損傷がある場合には、迷走電流は高電流密度で損傷部から流出し、鋼管等の局部的腐食を著しく促進する。

なお、ダクトイル鋳鉄管（ゴム輪を介して接続される継手の場合）は、継手部が絶縁材となり、影響範囲が配管 1 本毎（約 5.5m 程度）の延長と極めて短いので、迷走電流による影響も小さく、電食の影響を受けにくい。

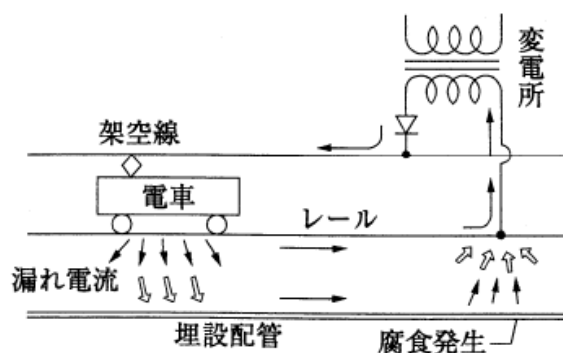


図 2.3-9 電食の概念図

2) 干渉

埋設鋼管に外部電源方式の電気防食を行ったとき、これに近接する他の埋設鋼管に電氣的影響を及ぼすことを干渉という。外部電源方式は、整流器の（－）側に鋼管を接続し、土中に設置した電極を整流器の（＋）側に接続して、鋼管に防食電流を強制的に流し続ける方法である。

外部電源用電極の周囲の大地は、遠隔の大地に対してプラスの電位となっている。このプラスの範囲に他の埋設鋼管があると、防食電流の一部がその配管に流入する。流入した電流は近接交差部等の電流の出やすい場所から元の配管に戻ろうと電流が流出する。この電流の流出部で腐食が発生する場合がある。このことを干渉による腐食と呼ぶ。なお、流電陽極方式の場合は、陽極周囲の電圧・電流が極めて小さいので、干渉作用はほとんど生じない。

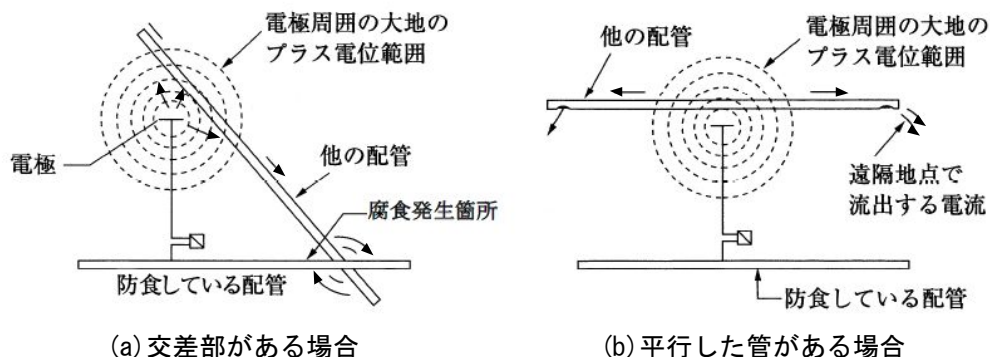


図 2.3-10 電気防食装置による干渉の例

(5) 黒鉛化腐食

ダクタイル鋳鉄管において、鋳鉄など炭素を多く含む材料に見られる選択腐食の一つで、素地の鉄が腐食し、黒鉛が表面に残留して外観が黒く変色する腐食をいう。一般の炭素鋼管と異なり、素地の鉄に分散した黒鉛は、素地の鉄より溶解しにくく、鉄が選択的に溶解（腐食）し、表面が黒色に変化する。腐食部の強度は著しく低下する。黒鉛化腐食が発生しても、見掛けは健全状態と変わらない場合が多く点検時に注意が必要である。

2.4 腐食速度

(1) 一般土壌腐食における腐食速度

土壌中における鋼管のマイクロセル腐食による腐食の場合、日本鉄道電気技術協会が長期間の埋設試験を行った結果によれば、鋼管の腐食進行速度は、約 0.02mm/年程度である。

(2) 特殊土壌腐食における腐食速度

特殊土壌中におけるダクタイル鋳鉄管のマイクロセル腐食による腐食の場合、九州管内の海成粘土が分布する地区の事例によれば、腐食進行速度は、約 0.29mm/年（DCIP4 種管 ϕ 600：規定管厚 $t=8\text{mm}$ 、孔食による漏水発生までの供用年数 28 年）であり、一般土壌腐食に対し約 15 倍の腐食速度となっている。

(3) マクロセル腐食における腐食速度

マクロセル腐食が生じる環境では腐食速度は著しく増加し、設計基準パイプラインには 0.1mm/年～2.0mm/年と示され、一般土壌腐食に対し最大 100 倍の腐食速度となっている。

[参考]

平成 21～28 年の国営造成管水路の突発事故調査結果の場合、孔食による漏水発生までの腐食進行速度は、鋼管で約 0.17mm/年～0.43mm/年、ダクタイル鋳鉄管で約 0.22mm/年～0.38mm/年（農林水産省九州農政局土地改良技術事務所調べ）となっている。



図 2.4-1 メタルタッチに伴う C/S マクロセル腐食例

以上より、腐食機構の特定では、他の腐食機構よりも腐食速度が速く対策の必要性が高くなる（対策実施時期が早くなる）ことが想定され、マクロセル腐食の有無に留意する。