

腐食環境下におけるマンホールふたの維持管理

不具合等の未然防止に向けた取り組み

取材協力: 東京都下水道局 施設管理部 管路管理課

東京都下水道局が管理する区部のマンホールふたは約 48 万個。河川横断箇所等の伏せ越しや圧送管開放部、勾配変化部の管きよなど、硫化水素ガスが発生しやすい地域に設置されているものもあります。昨年の下水道法改正では「維持修繕基準」が創設され、腐食のおそれ大きい排水施設の点検は 5 年に 1 回以上とすることが義務づけられました。マンホールふたについても、環境に応じた適切な維持管理が求められる中、都では腐食に伴う不具合等の未然防止に向けた取り組みを進めています。マンホールふたの腐食によって引き起こされるリスクとあわせ、この取り組みの内容について施設管理部の杉山純管路管理課長にお聞きしました。



杉山 純 管路管理課長

■マンホールふたの改良等を進める一方、一部で腐食も顕在化

東京都は、マンホールふたのガタツキ等の不具合や豪雨等に伴う浮上・飛散事故を防止するため、急勾配受け浮上・飛散防止型構造のマンホールふたを採用しています。平成4年以降、平受け構造のマンホールふたから順次交換を進めており、現在、全体の半数以上が急勾配受け浮上・飛散防止型構造マンホールふたになっています。

安全性や維持管理性の向上の観点から、マンホールふたの改良も重ねています。最新型は、マンホールふたの表面の摩耗の状態がわかるようにスリップサイン（下の写真）が設けられており、適切な交換時期を把握することで、スリップ事故等の未然防止に努めています。また、設置年度や設置場所など維持管理に必要な管理番号（下図）が付されており、地

域住民からの苦情等にも迅速に対応できるようにしました。

こうした取り組みの一方で、古くなったマンホールふたにおいては、一部で摩耗や腐食等が発生しています。こうした不具合は、マンホールふたのガタツキやズレ、豪雨時の飛散などにもつながりかねないため、予防保全に向けた対策が求められています。



▲スリップサイン（丸で囲った箇所）3mm 減ったら交換の目安

「都型・標準マンホールふた」

文字キャップ	01	3H	0H	60
	管理図内の人孔番号	管理図内の固有記号		管きよ布設年度
文字キャップ色	合流管、汚水管…黄色 雨水管…青色	識別記号…緑色		1900年代…黄色 2000年代…青色

※23区の下水道管きよは、すべて管理図によって把握しており、上記のマンホール番号は、管理図の番号・記号と対応しております。

▲マンホールふたの管理番号

■腐食環境下にあるマンホールふたを重点点検

都では通常、各地域を一定期間ごとに巡視し、地上からの目視によってマンホールふた表面のガタツキやふた枠の段差量などを確認しています。巡視の結果に応じ、ふたを開けて内部を確認し、強度や機能に問題があれば交換等が行われることになります。

「さらに、腐食のおそれ大きい環境にあるマンホールふたについては、重点的に点検を行っています。具体的には、伏せ越しや圧力管開放部、勾配が著しく変化する箇所、高落差（滝落とし）箇所やその影響範囲など、硫化水素ガス

が発生しやすい地区に設置され、一定期間が経過したマンホールふたが対象です。損傷、腐食箇所の早期の発見につなげ、効果的な予防保全を図っています」

都は、こうした維持管理に取り組むとともに、地区の選定や巡視・点検頻度・方法等について、今後も巡視結果を踏まえ、適宜見直していくこととしています。

「区部では、下水道管の老朽化や陶製取付管の破損に起因する道路陥没事故が、平成 26 年度に約 600 件発生しました。平成 12 年度には 1500 件以上発生していたことを考えると減少傾向にはあ

りますが、道路陥没は地域住民、交通等への影響が大きいことから、現在は下水道管の老朽化対策や陶製取付管を衝撃に強い塩化ビニル製取付管に交換する取り組みに注力しています。マンホールの腐食や故障の発生件数は、それらと比べるとわずかではあります。マンホールふたの浮上・飛散等はひとたび起きれば事故につながるおそれがあります。下水道法の改正にあわせ、マンホールも含めた下水道管の調査頻度を高め、調査延長を約2割アップさせる考えです」

■同じ条件でも腐食の進捗が異なる メカニズムの解明に期待

マンホールふたの腐食の仕組みについては、未だわかっていない部分があります。腐食の原因の分析は、適正な維持管理に向けた課題とされています。

「同時期、同環境内に設置したマンホールふたでも腐食等の劣化の進捗が異なる事例があることは把握していますが、その原因は十分に解明されていません。腐

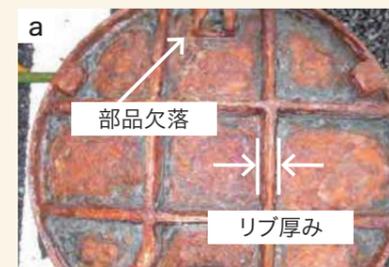
食等のメカニズムの解明が進めば、より適正で効率的な維持管理手法がとれるのではないのでしょうか」

杉山氏は、この分野の研究開発に期待を寄せます。

「現在のマンホールふたについては、安全性や機能性、維持管理性等の面で高く評価をしています。しかし、交通量

が激しい箇所、腐食のおそれの大きい箇所など、厳しい環境下にあるマンホールふたがある中、より長期に機能を確保できる新技術の開発は重要です。都としては、48 万個のマンホールふたの予防保全や適切な維持管理を積極的に進めていくとともに、こうした新技術の動向についても注視していきたいと思っています」

【参考】他都市におけるマンホールふたの腐食事例



▲部品欠落とリブ厚みの減少



▲枠勾配面の腐食生成物堆積



▲段差の発生（急勾配受け構造）

出所：「下水道マンホールふたの健全度評価に基づく維持管理方針に関する検討調査（F市）」（公益財団法人 日本下水道新技術機構 2013年度 下水道新技術研究所報）

マンホールふたの腐食劣化に関する基礎的研究

硫化水素や結露の影響明らかに腐食対策技術の評価手法確立めざす

株式会社G&U技術研究センター



研究開発部 桑原 裕樹
(現 公益財団法人 日本下水道新技術機構 研究第二部)

社会インフラの老朽化による腐食の問題が顕在化する中、マンホールふたにおいても、腐食によって様々な安全上のリスクが発生しています。例えば、ふたの開閉不能や、開閉後のふたがかみ合わないことで発生するがたつき。さらに腐食が進行すると、破損や、受枠との嵌合部の減肉によるふたの反転が生じ、歩行者が転落するリスクを招くこととなります。豪雨時におけるマンホールふたの浮上飛散防止機能は錠や蝶番が担っていますが、腐食劣化によって機能不全となることも懸念されます。

各マンホールふたメーカーが腐食対策品を販売しているものの、明確な評価基準が存在しないため、自治体が積極的に採用するには至っていません。また、マンホールふたを点検した際に、あとの程度の寿命であるのかを判断する方法が確立していないため、実際に問題が発生してから取り替えるケースがほとんどです。

コンクリート構造物については、硫化水素ガスに起因する硫酸による腐食メカニズムが明らかになっており、硫化水素濃度による腐食環境の分類とその対策について、「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル」(2012年4月 日本下水道事業団)に示されています。一方、マンホールふたについては、硫酸による腐食に加えて、結露のような水と酸素が存在するだけでも腐食が進行するため、その腐食メカニズムはコンクリート構造物よりも複雑です。

G&U 技術研究センターでは、フィールドでの調査や実験を通じ、硫化水素や結露の腐食への影響に関する知見を整理することにより、腐食環境の分類と環境に応じた腐食対策技術の選定基準・評価手法の確立をめざしています。ここでは、これまでに得られた新しい知見の一部を紹介します。

■「エイジロン」で硫化水素と腐食の関係を検証

G&U 技術研究センターは、地方共同法人日本下水道事業団との簡易提案型共同研究(2014年10月～2015年3月)において、下水道環境を模擬できる環境試験装置「エイジロン」(写真1)を用い、硫化水素濃度の影響を検証しました。

エイジロンでは、下水処理場から導入した下水を試験槽内に溜め、硫化水素供給装置により硫化水素を供給しながら硫化水素濃度、試験槽内の温度を制御することで、硫黄酸化細菌を繁殖させ、



写真1 エイジロン(上:内部、右:外観)



硫酸を生成することができます。

硫化水素濃度を0ppm、50ppm、200ppmと変化させると、硫化水素を含む環境では黒色の腐食生成物が生成し、硫化水素を含まない環境では赤色の腐食生成物が生成しました(写真2)。硫化水素を含むと、異なる形態の腐食が進行することが示唆されています。

硫化水素濃度が高いほど、腐食速度は大きくなり(図1)、腐食生成物中には多くの硫酸イオンが生成されます(図2)。このことから、硫化水素濃度が高いほど、より多くの硫酸が生成し、硫酸による酸性腐食により腐食が進行することが確認されました。

■硫化水素が存在すると腐食速度は約3倍に

実環境での硫化水素濃度とマンホールふたの腐食状態の関係を確認するため、フィールドでの比較調査も実施しました。「硫化水素が検出される環境」(48時間の累積値が1ppm以上)と「検出されない環境」(同0ppm)で、腐食速度に大きな違いが見られ、硫化水素が存在する環境では、ほとんど硫化水素が存在しない環境の約3倍もの腐食速度を示しました(図3)。

ただ、硫化水素濃度と腐食速度の関係(図4)については、実験で得られたような明確な差が見られておらず、実験と実環境の整合が今後の課題となっています。

硫化水素の影響(エイジロンによる実験)



硫化水素濃度により異なる腐食形態を示した

写真2 エイジロンに100日間暴露後の鑄鉄試験片外観

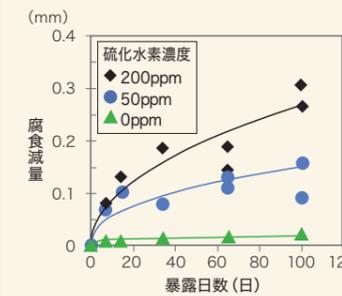


図1 暴露時間と腐食減量の関係

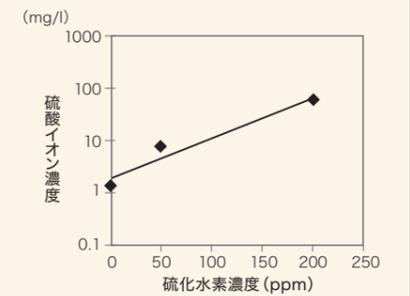
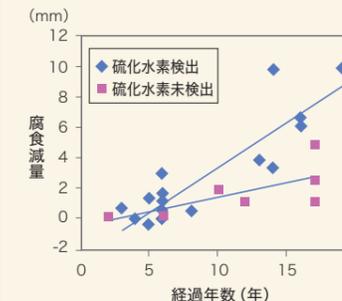


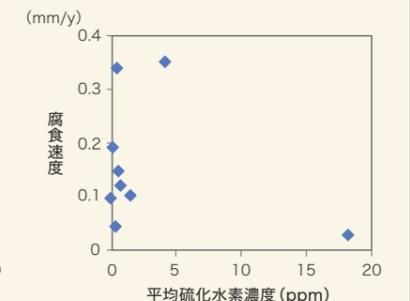
図2 エイジロンに100日間暴露後の腐食生成物中に含まれる硫酸イオン濃度

硫化水素の影響(フィールド調査)



硫化水素が存在する環境では約3倍の腐食速度

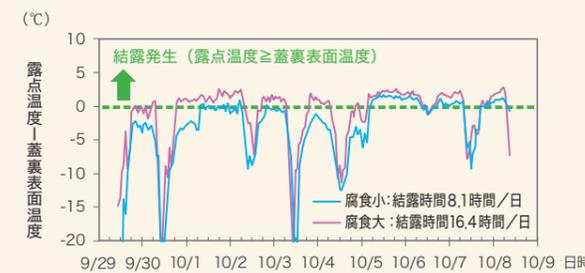
図3 蝶番の腐食量に対する硫化水素の影響



硫化水素濃度と腐食速度に明確な関係は見られない

図4 硫化水素濃度と蝶番腐食量の関係

結露の影響(フィールド調査)



1日あたりの結露時間が長いほど腐食が進行

図5 結露発生条件と腐食状態の比較



腐食 大

腐食 小

■「結露」も腐食を促進する

マンホールふたの腐食に影響を及ぼす最も大きい環境因子は、コンクリート構造物と同様に硫化水素です。しかし、硫化水素の存在しない環境でも、結露のような水と酸素が存在すると、マンホールふたの腐食は進行します。この点は、コンクリートと異なる点です。

硫化水素の検出されない環境で、腐食状況の異なる2ヵ所のマンホールふたの結露発生状況を比較しました。マンホールふたは外気に接しているため、外気温

度が低い場合、表面温度がマンホール内の温度よりも低くなりやすく、結露が発生しやすい状態になっています。

結露が発生する具体的な条件は、「露点温度 \geq ふた裏表面温度」。空気は温度によってある一定量の水蒸気を含むことができ、その量は温度が高いほど多くなります。空気の温度を下げていくと、空気中に含むことができる水蒸気量が減少していき、結露が発生。この温度が露点温度です。

図5に2ヵ所のマンホールふたに関する結露発生条件の時間変化を示しました。露点温度とふた裏表面温度の差が 0°C 以上の条件で結露が発生し、結露発生条件を満たす時間を「結露時間」とすると、1日当たりの結露時間が長いほど、腐食速度が大きくなることが確認されています。このことから、硫化水素がほとんど発生しない環境でも、結露によって腐食が促進されることが明らかになっています。

解説 「金属の腐食について」

国立研究開発法人 物質・材料研究機構 (NIMS)
材料信頼性評価ユニット 腐食研究グループ

特別研究員 篠原 正氏

2001年に報告された調査*によると、日本の「腐食コスト」は3兆9281億円。腐食による経済的損失は莫大なものであり、より一層の対策が求められています。ただ、ひとくちに腐食といっても、そのメカニズムや特性は材質によって様々。そこで、NIMSの篠原正氏に金属の腐食についてご説明いただくとともに、アドバイザーを務めるG&U技術研究センターのマンホールふた腐食研究に関しても、お話を伺いました。

*腐食防食協会と日本防錆技術協会が設置した「腐食コスト調査委員会」が実施。腐食コストは当時のGDP比で0.77%と試算した。

しのはら・ただし 東京大学大学院工学系研究科(金属材料学) 修了、工学博士。東京大学工学部助教授、横浜国立大学大学院客員教授、NIMS材料信頼性評価ユニットグループリーダーを経て現職。腐食防食協会、日本鉄鋼協会の理事などを歴任。金属腐食、大気腐食のエキスパート。



金属の腐食は電気化学反応

金属の腐食というと、思い浮かぶのは「さび」。では、「さびる」という現象は、どのような仕組みなのでしょう。

「よく理科の教科書などでも、『さびが生じるには水と酸素が必要』と書かれていますね。金属は、電子(自由電子)と陽イオン(金属イオン:金属原子から自由電子が抜けたもの)で成り立っています。これに水が接すると、金属の原子がイオン化して水に溶けだします。一方、残された電子は水中の溶存酸素を消費し、水酸化物イオンになります」

金属の溶解は「アノード反応」(酸化反応)、電子の消費は「カソード反応」(還元反応)と呼ばれます。2つの反応が同

時に起こり、鉄イオンと水酸化物イオンが結合・酸化したものが「さび」ということです(図1)。

また、アノード反応は金属が電子を放つ反応、カソード反応は電子を使う反応です。鉄の中を電子が移動する、つまり

電流が流れていることになり、このような状態は「局部電池」と呼ばれています。

「金属の腐食は、化学反応と電子の移動が同時に行われる『電気化学反応』だと言えます」

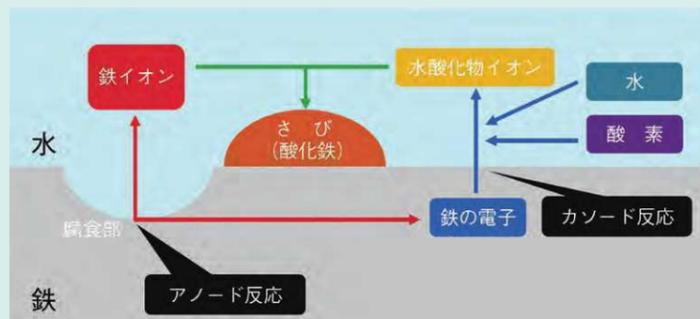


図1 金属(鉄の例)の腐食の仕組み

■環境に応じた腐食対策技術の評価手法確立へ

これまでの研究において、硫化水素の存在や結露の発生が腐食に大きく影響することが確認されました。今後は、硫化水素濃度や結露発生の有無を条件として腐食環境を分類し、環境に応じた最適な腐食対策技術の評価手法確立をめざします。また、硫化水素や結露以外の腐食因子(開閉操作時の摩擦、排ガス等の外部環境)の影響についても、検証しなければなりません。

環境の腐食性を定量化する方法としては、大気腐食環境での環境腐食性を評価する際に使用されている「ACMセンサ」(写真3=センサ表面の腐食によって発生する腐食電流を測定)の活用が期待されます。G&U技術研究センターでは、ACMセンサの下水道環境への適用に向けて詳細研究を進めています。



写真3 ACMセンサ外観

メカニズムがわかれば、正しく評価できる

「金属は、それぞれ腐食しやすい酸性度(pH)があり、その範囲が決まっています。コンクリートなどとは違い、金属の腐食には水が大きな影響を及ぼしますので、水(溶液)のpHが重要になってきます」
中でも広範囲に腐食域を持つのが鉄。「つまり、鉄は腐食しやすいということです。鉄を上手に使いこなすことは、材料分野に携わる人間の腕の見せどころとも

言えます」

篠原氏は、G&U技術研究センターのマンホールふた腐食研究でアドバイザーを務めています。

「铸铁であるマンホールふたについては、濡れる環境と硫化水素の影響でさびる、ということで片づけられてきました。しかし詳しいメカニズムは、実は意外と明らかになっていないのです」

「メカニズムがわかれば、腐食のレベルを正しく評価することができます」と篠原氏は強調します。

「ここはこういう環境だから、こういう材料、対策が必要だろうという予測法や管理法を立てることもできるようになるでしょう。さらに、たとえば腐食を防ぐ新しい材料が開発された時に、その性能を試験・評価することも可能になると思います」

腐食の挙動をACMセンサで把握

篠原氏は、環境の腐食性をモニタリングできる「ACMセンサ」の開発に携わっています。

「ごく簡単に構造を説明すると、鉄板の上に銀ペーストが貼付されているものです。先に申し上げたように、金属の腐食は電気化学反応ですので、腐食が起きると電流が流れ、この値を読み取る仕組みです」

ACMセンサでは、湿度や温度も同時に測り、それらと電流値との相関関係を見ることが可能です(図2)。

「たとえば、この時間帯に雨が降ったから、あるいは結露があったから、これだけ腐食が進んだというように、腐食の挙動を把握することが可能になります」

ACMセンサは、これまでに道路や橋梁を中心とした公共施設、住宅、プラント設備および自動車など、様々な環境の腐食モニタリングで活用されており、腐食の挙動が少しずつ明らかになっています。

「どういう条件ならどのくらい腐食するかということがわかれば、環境の腐食性の評価が可能になり、効率的な対策の立案が可能になります」

G&U技術研究センターの研究では、ACMセンサを現場のマンホールふたの裏に設置し、ふたの実環境の腐食性を

電流値として定量的に計測しようという、新たな試みが進められています。

「やはり現場が一番大事ですので、マンホールの中がどういう状況になっているか、アクティブに調べていく必要があると考えています」

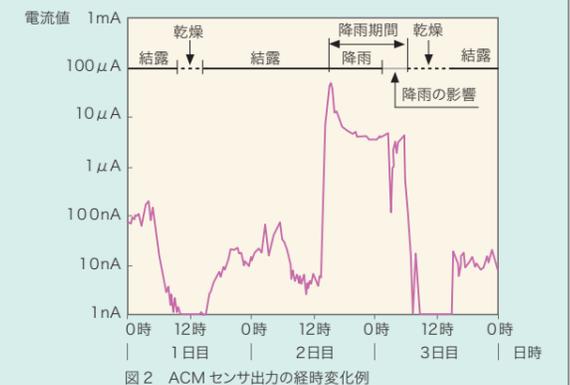
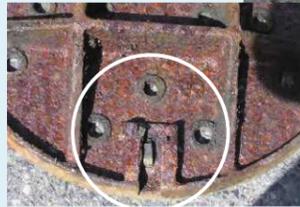


図2 ACMセンサ出力の経時変化例

下水道台帳などの机上情報でマンホールふたの腐食を予測
 〈次世代型高品位グラウンドマンホール推進協会〉

マンホールふたの腐食については、ふたを開けないとその状況を把握することができず、現地ですたを開けるのは時間も労力もかかります。

そこで、下水道台帳にある情報や、維持管理に関する情報を特定の「予測式」に当てはめることにより、マンホールふたの腐食度合いをある程度予測しようという試みが行われています。腐食度合いは、現在だけでなく、将来についても予測することが可能。当面の対応が必要な箇所をスクリーニングできるとともに、たとえば「5年後に腐食によって更新対象となるマンホールふたがいくつあるか」といった具体的な数値を予測することができ、事業者がマンホールふたの将来的な更新総量を把握する上でも、活用されることが期待されます。



▲腐食でリブが減り強度低下

▲蝶番部品の脱落で機能消失

研究概要

1. 硫化水素の発生しやすい管路構造の抽出

マンホールふたの腐食に関して多大な影響を与えている硫化水素の発生は、管路構造の特徴に大きく影響されます。そのため、硫化水素が発生しやすいといわれているマンホールポンプの吐出口、伏せ越し、管底段差、高所流入が含まれるマンホールを調査対象としました。

2. 腐食状態予測の分析を可能にするため、マンホールふたの劣化状態を定義

マンホールふたの劣化状態を定義するため、製品の状態を5段階に分類しました。劣化状態を定義する部分は、リブ（ふた裏の補強部）の寸法や蝶番の寸法です。これらの寸法計測により、耐荷重性能の劣化状態や、機能部品の劣化状態が把握できます（下の表はリブ寸法の例）。

■マンホールふたの劣化状態の定義（リブ寸法の場合）

ランク・判定	スコア	状態の定義	
E 問題なし	0	初期	腐食なし
D 危険度は小であるが経過観察要	1	リブ幅が初期の85～100%	腐食は進行しているが問題なし
C 危険度が中程度で計画的な対応措置が必要	2	リブ幅が初期の75～85%	発生応力が疲労限に近づいている
B 危険度が大きく早期の措置が必要	3	リブ幅が初期の50～75%	発生応力が疲労限をオーバー
A 危険度が非常に大きく緊急に措置が必要	4	リブ幅が初期の50%以下	発生応力が耐力をオーバー

3. 現地調査

現地調査にて、マンホールふた裏のリブの寸法を計測し、「2」に従い、スコア化（数値化）しました。

4. 机上情報の整理

下水道台帳や維持管理情報などから管路構造、経過年数、管径、マンホールポンプにおける運転時間等を収集し、整理しました。

5. 調査結果分析

現地調査結果と机上情報を統計的に解析（重回帰分析）することで予測式を作成しました。現地調査結果と予測式との相関係数は、リブの場合 0.75（下図）となり、高い相関関係が見られました。

■現地調査と予測との差（リブの場合）



ライフラインの腐食環境を的確に察知

水道分野における劣化予測技術の最前線

腐食のリスクが指摘される社会インフラの代表例として、たびたび取り上げられる水道施設。

我が国には今、約65万kmの水道管が張り巡らされ、その6割に铸铁管が使われています（2014年、厚生労働省データ）。

金属が腐食する大きな要因とされるのが酸素と水の存在。つまり、水道管が埋設された湿っぽい土の中は、まさに腐食にうってつけの環境だと言えるのです。

見えない場所でじわじわと着実に

劣化が進む水道管の健全度を的確に見定めて、

事故の未然防止や効率的な改築更新に取り組むことが、水道事業者が直面する重要な課題となっています。

こうしたニーズに応える新技術を開発して

世に送り出している、横浜国立大学との産学連携企業（株）ベンチャー・アカデミアを取材しました。



▲水道管の老朽化が時には甚大な事故を招く
 (2014年9月3日付・京都新聞掲載/京都市山科区)

同じ土壌環境、同じ材質で腐食劣化を予測.....腐食センサ

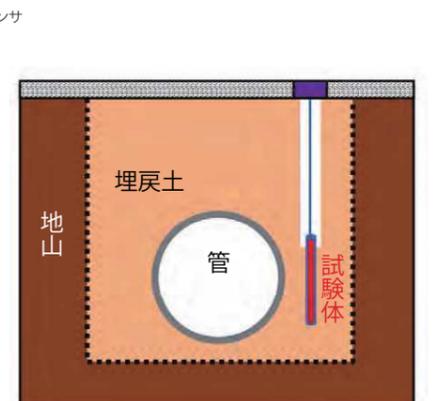
2005年6月、横浜市磯子区で大口径（φ800mm）の配水管から大量の水道水が地上に吹き出す事故が発生しました。その後の調査によると、とりわけ腐食性が強い土壌（海成粘土層）に、1970年に埋設したダクタイル铸铁管が腐食して孔が開いたことが原因だとわかりました。

横浜市は1887年、我が国最初の近代水道が整備された街です。そのため、古い水道管の点検・調査や更新事業も以前から盛んに行われていますが、特殊な土壌の影響を受け、時にはこうして法定耐用年数（40年）を待たず、腐食による事故が起きることも珍しくありません。

従来より効率的な調査方法で、少しでも多くの箇所の現況をきめ細かく把握できないか……。この漏水事故を機に横浜市水道局は、専門的なノウハウを持つ（株）ベンチャー・アカデミア（朝倉祝治代表取締役）と共同で「腐食センサ」の開発に乗り出しました。

腐食センサは、現場の埋設管と同じ材質規格の铸铁材を使って作製する棒状の試験体。これを管の周囲の土壌中に数本ずつ設置して

埋め戻し、所定の期間（通常は半年～1年程度）が経過したのちに引き抜きます。回収した試験体の重さを測り、埋設前の



▲腐食センサ埋設時のイメージ



▲試験体の変化（上：埋設前、下：1年埋設後）

重さと比較して、腐食による減肉量や腐食速度を算出。この結果を経験式に当てはめれば、埋設管自体の現在の老朽度・腐食健全性を間接的に把握でき、残る耐用年数（余寿命）を予測できるというわけです。

ベンチャー・アカデミアは共同研究を通じてこの技術を確立したのち、2007年度からこれまでに、横浜市水道局管内27カ所の調査地点に129本の試験体を埋設しました。一方で、回収時期を迎えた試験体は順に掘り返して腐食状況を測定し、解析を行ったデータを水道局に報告しています。市水道局では、このデータをマッピングシステムに反映・蓄積しながら、いっそう効率的・経済的な管路の維持管理・更新の計画づくりに役立っています。

古くから埋設されたままの水道管が今

どれくらい腐食・劣化しているか。あとどれくらい安全に使用できるか。それを知るために、今でも一般的な方法として定着しているのが、実際に地面を掘り返して確認する開削管体調査です。ベンチャー・アカデミアもこれまで、横浜市やさいたま市から約100件、この調査を

請け負ってきた実績があります。しかし、交通規制をして大掛かりに掘削する必要があり、ガス管や電気ケーブルなど他の地下埋設物を誤って破損するおそれもあります。その場で管の腐食孔を見つけ出して正確に浸食深さを測定するには、熟練者のノウハウと経験も不可欠。さらに、通水したままの工事のため、深い腐食孔からいきなり高圧の水が噴き出すことも



▲開削管体調査の様子

あるなど、危険と隣り合わせの作業です。現場をじかに見られる確実性と引き換えに、多くの費用と時間、リスクを伴う調査方法と言えます。

それに比べれば、比較的小さな掘削で、水道管と同じ土壌環境に同じ材質の試験体を埋めて、その腐食状況から水道管の健全度や余寿命を推察する「腐食センサ」は、経年施設を多く抱えた水道事業者にとって、きわめて心強いツールとして活用してもらえそうです。2014年9月には横浜市との共同特許を取得できました。今後の開発・改良目標について、同社・朝倉代表は「試験体を長い期間埋設して回収するのではなく、腐食が進む過程がリアルタイムでわかるようなセンサにしていきたい」と、引き続き測定精度や機能性の向上、さらに低コスト化にも努めていく考えです。



▲管体の表面に腐食孔を発見

地中に潜むさまざまな腐食リスク

下の写真は、鋳鉄管の典型的な局部腐食です。原因としては、工事中に石や機材などが管体にぶつかって塗膜が剥げ、そこを起点に腐食が進んだ可能性があります。地中で成長する木の根つ



▲管体の腐食の例

こが、埋設後に塗膜や管本体を傷つけるケースもあります。また、埋め戻し土に混ざった粘土が管体に張り付くと、周辺のシルト等と比べ、粘土の部分だけ通気性が悪くなり、腐食の進み具合を加速化します。この現象は「通気差腐食」と呼ばれます。

右の写真は、黄銅製のバルブが長年かかって自然に腐食した状態です。黄銅は銅と亜鉛の合金ですが、水気の強い環境に長期間置かれると、電位差により亜鉛が溶出して腐食が起こり



▲バルブの腐食の例

ます（脱亜鉛腐食）。写真の白い部分は亜鉛の錆び、緑色の部分は一般に「緑青」と言われる銅の錆びです。

このように、地中に埋設された水道管や部材は、複雑で多様な腐食のリスクに常にさらされています。

埋設現場の土壌腐食性を精度よく測定

SCテスター

すでに触れたように、既設の水道管外面の腐食の進み具合は、時間の経過だけでなく、管を取り巻く土壌の性質（土壌腐食性）に大きく左右されます。つまり、埋設場所ごとの土壌腐食性のデータを的確に把握し、それを埋設後の経過年数のデータとかけ合わせることで、不測の事故を防ぎ、実態に即した更新計画を描くことができるのです。

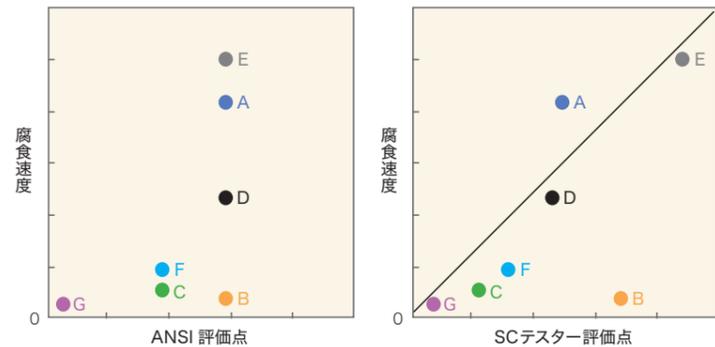
現在、土壌腐食性を評価する方法として世界中で一般的に用いられているのが、米国規格協会（ANSI）が定めた「ANSI評価」というものです。これは、腐食に関わる主要な5項目（電気伝導度、ORP[※]、pH、含水比、硫化物の有無）を測定し「評価点」に数値化するのですが、測定は土壌を試験場などに持ち込んで行うため、現場の土壌の状態（湿り気など）が変質するほか、腐食に強く影響する通気性も考慮されないという課題も指摘されています。

そこでベンチャー・アカデミアでは、電気化学的手法を用いた現場測定型の装

置「SCテスター」を実用化し、普及に乗り出しています（2014年12月特許出願）。写真のとおり、専用の測定杖と計測機器で構成され、測定の際はまず、路盤などに直径2センチ程度の穴を開けて、埋設管に近い土壌中に測定杖を打ち込みま

す。そして、測定杖の先から微弱な電流を地中に流し、その応答をもとに、腐食に最も関与する通気性（酸素）と湿り気（水）を同時に測定することができます。穴開けの時間を除けば、1回あたり計1時間ほどあれば計測作業が終了します。

国内各地の実際の土壌を対象に、ベンチャー・アカデミアが行った比較テストによると、ANSI評価の場合は、同じ評価



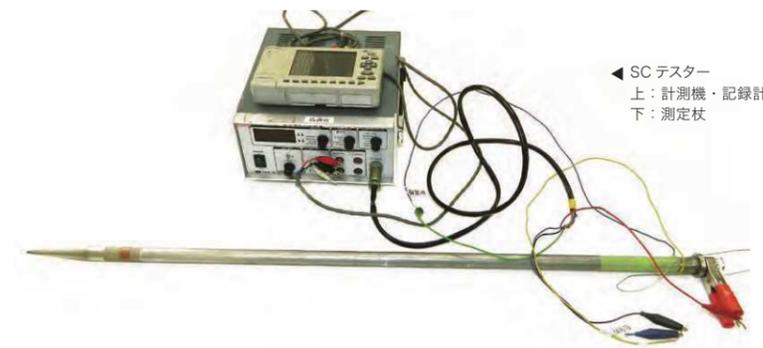
▲腐食性の評価点（ANSI / SCテスター）と腐食速度の相関イメージ

点の土壌でも腐食速度はばらつきが非常に大きいのにに対し、SCテスターでの評価点は、実際の腐食速度との間に相関があることが、上のグラフから見て取れます。「空気がどれくらい通りやすいか。水分がどれくらいあるか。この2つの要素で土壌の腐食性はほぼ決まるのです」と朝倉代表。もちろん、テスターで測定した数値の解析には、同社が長年蓄積してきた膨大なデータや独自のノウハウが活かされていることは言うまでもありません。

従来方法よりも高い精度で、しかも現場で手軽に迅速に、土壌腐食性を測定できるというこの新技術。水道事業者の正式な採用はまだこれからの段階ですが、管路更新計画を立てる際の1次スクリーニングなどにとっても役立つのではない

でしょうか。ベンチャー・アカデミアでは引き続き、実証試験のデータ収集に努めるとともに、前述の腐食センサや開削管体調査とトータルで、適時適切な改築更新のための提案を水道事業者に働きかけて

います。



▲SCテスター
上：計測機・記録計
下：測定杖



株式会社 ベンチャー・アカデミア
朝倉 祝治 代表取締役
Shukuji Asakura

1963年、横浜国立大学工学部電気化学科を卒業後、1968年、東京大学大学院化学系研究科博士課程修了（工学博士）。1972年から30年余にわたり、横浜国立大学工学部／大学院工学研究院に在籍、講師・助教授・教授を務める（現在は名誉教授）。「大学に無尽蔵に眠る学問知識や学術的資源を社会に役立てたい」との思いから、2004年に（株）ベンチャー・

アカデミアを設立。2013年9月より同社代表取締役。専門分野は腐食防食工学、反応系の安定性計測、化学センサなど。大学で培った「教育力」を活かした社会人向けのリカレント教育にも意欲を注ぐ。関連学会、中央省庁・自治体等行政機関、公的団体の委員会等のメンバーも数多く務めている。