

2017 **11**

801. Vol.59 No.13

# 配管技術

The Piping Engineering

伝統と革新のブランド  
**RIDGID**

## 埋設管路探知器 シークテック SR-20



地上にしながら、埋設管の  
位置・方向・深度を探知可能！  
金属管はもちろん、発信器や  
管内検査カメラとの組み合わせ  
次第で非金属管も探知可能です。

無料デモ受付中

日本エマソン株式会社 リッジ事業部  
TEL: 03-5403-2951

  
EMERSON

We  
Build  
Reputations™

**RIDGID**

〔製品技術情報〕

## 給水管、空調管、水道管の長期延命技術 配管防錆装置

Anti-Corrosion Device "NMR Pipetector" for Water Pipe -Technology to prolong life duration of domestic, air-conditioning and main water pipes-

＜赤錆から黒錆へ、配管更新を不要にし維持管理費を大幅削減する  
革新的技術「NMRパイプテクター」＞

日本システム金剛社 熊野 活行

### 1. はじめに

給水管、空調管、水道管といった配管は人間の体でいえば血管に例えられるように、建物の中でも大変重要な役割を担っているが、通常は目に見えない場所にあることから、維持管理を考える上では、外壁の塗装等と比較しても意識が低く、対応が遅れることが多い。建物の躯体寿命は60～70年使用可能といわれているが、給水管、空調管、水道管は、配管内の赤錆劣化により経年劣化し、漏水の危険性が増すため、築30年前後で更新する事が一般的であり、その更新費用には莫大なコストが発生する。

2011年3月の東日本大震災、2016年4月の熊本地震においては家屋の倒壊もさることながら、建物内の配管や敷設されている水道管からの漏水被害が大きな問題となった。このような漏水被害は経年劣化により、配管同士をつなぎ合わせる継手部の赤錆腐食が進行することによってネジ山が脱落して、引き起こされるものである。

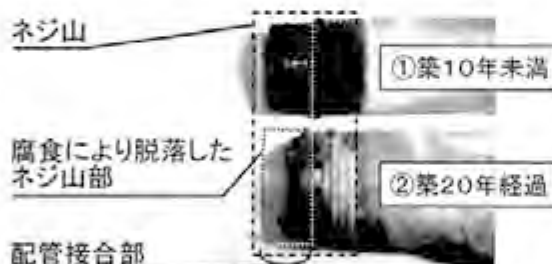
第1図①の築10年未満の配管継手部のネジ山に比べ、②の築20年経過後の配管継手部の劣化は大きく進んでおり、漏水の危険性が高くなっている。

赤錆は水に溶ける性質があるため、配管の継手部で赤錆腐食が進行すると、脆くなった赤錆部分は流出し、ネジ山が欠けてしまうことで配管の耐震強度の低下につながる。一度欠けてしまったネジ山は復元できないため、漏水事故を防止するには早期の対策が重要である。経年劣



継手部時 築22年・7階建て・26戸（VLP使用物件）

写真1 配管継ぎ手部継手断裂部断面近影



第1図 配管の耐震強度の低下

化した配管の赤錆問題は配管更新によって解決するが、配管の更新には多額の費用を要するだけでなく、断水を伴い施設の使用を制限して工事を行う必要があるため、業務に大きな支障が出る。

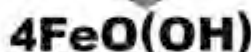
近年、配管の赤錆問題を解決し配管を長期延命する技術として、施設の運営に支障をきたさず、配管更新費用の1/5～1/10（空調管では1/20以下）で対策が可能な配管防錆装置「NMRパイプテクター」が注目されている。本稿では、当技術について紹介する。

## 2. 配管の赤錆劣化を防ぐには

配管内の赤錆劣化は、配管を構成する鉄から電子(e<sup>-</sup>)が失われる事によって引き起こされる(第2図)。電子を失う事で進む反応であるため、電子を供給する電気防食が唯一の解決策である。配管内で継続的に電子を供給することで、新規の赤錆が防止できるだけでなく、赤錆(オキシ水酸化鉄)が電子を受け取り、黒錆(マグネタイト)という非常に安定な不動態被膜に還元する作用がある(第3図)。赤錆を黒錆化することで、内側から錆びない配管をつくり、配管を長期保護・延命し配管更新を不要にすることができる。



鉄      酸素      水

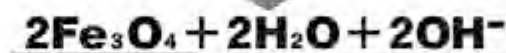


オキシ水酸化鉄/赤錆

第2図 鉄の酸化反応



オキシ水酸化鉄/赤錆      水和電子



マグネタイト/黒錆      還元反応により水中へ溶出するのは水分子と水酸基のみ

第3図 赤錆の黒錆への還元反応

### <黒錆の特長>

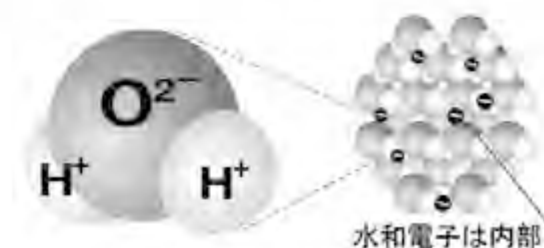
- 赤錆を防ぐ物質として奈良・平安時代の神社、寺で釘や螺番にも使われている。非常に安定した物質のため、何百年も錆びないことで知られている。
- 赤錆と異なり、水に溶けない性質のため、SGP(亜鉛めっき鋼管)では赤錆の黒錆化により水中の鉄分値が減少する(赤水の改善)。
- 赤錆の体積の1/10以下のため、配管内の赤錆閉塞が改善する。

2-1 従来の電気防食(単電極式)の問題点  
前記の反応を起こすための最も簡単な方法としては、配管内に電極を挿入し、電気を流す方法がある。しかしながら、電子は最も近くて抵抗の少ないところに流れる性質があるため、継手部のみ赤錆腐食が進行している場合は電極を挿した箇所から最も近い継手部に発生する錆コブで全ての電子が消費されてしまう。そのため、全ての継手部の数だけ電極を挿入する必要がある(SGPの場合は避雷針と同様、配管径の2倍毎の間隔での挿入が必要)。単電極方式で全ての継手部を保護するためには、継手部ごとに配管を切断し、電極を挿入する為、配管強度が持たないことや、そのコストは配管更新以上、場合によっては2倍近くかかってしまう事から、現在この方法はあまり普及していない。

### 2-2 水中に存在する自由電子による電気防食

外部から電子を供給する方法は事実上不可能であり、配管の末端まで電子を供給するためには、水中に元々存在する水和電子(自由電子)を利用する方法しかないと考えられている。ここでは水和電子について紹介する。

通常、水道水として供給される水の分子(H<sub>2</sub>O)は、第4図の様に、水素原子(H)がプラス電荷に、酸素原子(O)がマイナス電荷に帯電している。さらに、マイナス電荷をもつ酸素原子に隣のプラス電荷をもつ水素原子が引きつけられ、第4図の様に一般的な液体の状態では64個以上の水分子(H<sub>2</sub>O)が凝集結合した大きな固まりを形成している。水の自由電子(水和電子)は凝集の内側に存在しており、水が運



第4図 水分子/水の凝集モデル



動しても水和電子は剥離放電されない。

水和電子については、2005年1月発行の学術雑誌『Science』で、カリフォルニア大学パーレット博士の論文（下記）でもその性質について述べられており、水の凝集を構成する水分子が64個以上あれば水和電子は安定的に内側に存在し（水が運動していても放電現象はおきない）、凝集を構成する水分子が32個以下であれば水和電子は安定的に凝集の外側に存在するため、凝集が小さい状態で水が運動すると水和電子の放電が起こりやすいということが明らかとなっている。

論文名：「Observation of large Water-Cluster Anions with Surface-Bound Excess Electrons」SCIENCE vol307 (2005)

著者：J.R.R. Verlet, A.E.Bragg,A. Kannrath, o.Cheshovsky,D. M.Newmark

したがって、水和電子を利用する為には、水分子の凝集体を小さくし、その状態を一定時間持続させ、その間に水が流れる（運動する）ことが必要となる。

### 2-3 水和電子を利用しようとした従来の工法

水の凝集体を小さくする最も簡単な方法は超音波を水に当てることである。超音波を水に当てることで水の凝集を小さくし、全体の表面積を大きくすることで洗浄力を向上させ、それをメガネの洗浄に利用しているのは広く知られている所である。しかしながら、2-2節で前述したように、酸素がマイナス帯電、水素がプラス帯電しているため、超音波装置の電源を切ると1秒以内に水分子同士が引きつけあって、元の大きな凝集の状態に戻ってしまうため、超音波を利用した防錆装置は今日まで存在していない。電気を流すことでも水の凝集状態（クラスター）を小さくできるが、超音波と同様、プラス帯電している水素とマイナス帯電している酸素が引き合い、1秒以内に再凝集し、水和電子

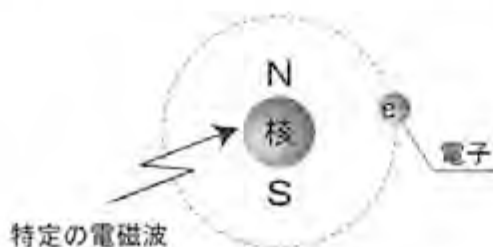
は凝集の内側に戻ってしまう。

また、磁力を利用し、磁界を水の運動で切る事で配管内に弱い誘導電流を発生させ、誘導電流によって水の凝集を切る磁気工法（永久磁石使用及び、コイルを巻いた電磁石）もあるが、この工法においても水分子中の酸素がマイナス、水素がプラス帯電しているため、水の凝集を小さくしても装置通過後1秒以内に、水の凝集は元の大きな凝集に変化し、水和電子は凝集の内側に戻ってしまう。そのため、磁気工法においても配管の防錆としては明確な効果が出ない事が知られている。

### 3. 世界で唯一の配管内防錆技術NMR工法

水の凝集を小さくした状態を持続させ、その水を運動させ配管内で弱い雷放電のような状態を起こし、配管内の新規の赤錆を防止すると同時に、既存の赤錆を黒錆化させる配管防錆技術として、当社が世界で唯一確立している方法が「共鳴」を用いたNMR工法である。

NMR工法では、水素核に共鳴振動を起こさせるような特定の波長の電磁波を装置より発生させることで、装置部を通過した水は6時間以上共鳴状態が維持され、その間水分子は小さな凝集が保たれ、水和電子は凝集の外側に位置したまま維持される。この状態のまま水が流れる（運動する）ことによって、水が通過した箇所水和電子が剥離放電され、配管末端まで防錆効果を発揮させることができる。“NMRパイプテクター”を通過した水は、6時間以上共鳴現象が続くことから、その間水の凝集が細かい状態



第5図 水素原子モデル

で保たれ、水和電子が凝集の外側に位置したまま維持される。この状態で圧送ポンプなどにより配管内で水が運動すると水和電子が剥離放電され、赤錆が黒錆に還元し防錆効果を発揮する。

＜NMR（核磁気共鳴）とは？＞

奇数の原子番号の物質、例えば水素（原子番号1）の原子核はN極とS極に分極（磁極化）しており、この原子核に特定の電磁波を与えると、原子核が共鳴を起こす。この現象をNMR(Nuclear Magnetic Resonance)という。

なお、一般的にNMR（核磁気共鳴）を起こすためには強い磁場（2～3万ガウス）が必要とされているが、2009年に九州大学にて行われた日本核磁気共鳴学会の年次大会で、「地球磁場でNMR現象が発生する事が実証された」との論文が発表されており、このことは弱い磁場において核磁気共鳴現象を起こしているNMR工法の技術を裏付けるものである。

論文名：「地磁気NMRにおける偏極法による高感度化」(2009)

著者：赤羽英雄、渡邊翔太、糸崎秀夫  
大阪大学大学院基礎工学研究所

#### 4. “NMRパイプテクター”の利点

ここまで配管の防錆技術として、他工法との比較を交えながら“NMRパイプテクター”の利点、原理等を説明したが、改めてその特長、優位性を以下に記す。

- 赤錆が水に不溶な黒錆に還元され、鉄分の溶出が無くなる（赤水が改善される）。
- 腐食の進行が完全に停止するため、新たな漏水が無くなる。
- 装置自体が水と直接接触しないため衛生的で安全性が高い。
- 装置は配管の外側から設置するだけなので断水せずに設置できる。
- 配管更新が不要となり、赤錆・漏水対策費が大幅に削減できる（コストは配管更新に比べ給水管で1/5～1/10、空調管では1/20

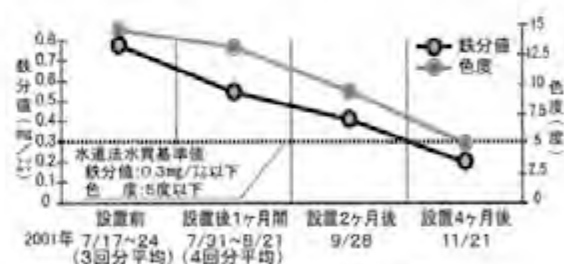
以下）。

- 製品自体は40年以上使用可能なので、その結果配管は建物寿命まで使い続けることができる。
- 外部電源は必要なく、設置後はメンテナンスフリーである。

### 5. “NMRパイプテクター”の実証例（国内）

#### 5-1 北海道立工業試験場

“NMRパイプテクター”の初期の効果検証事例としては、2001年、当時築25年の北海道立工業試験場の給水管での試験例がある。当施設において“NMRパイプテクター”の防錆効果を公的に確認するための効果検証を実施した。本試験においては、表面工学の研究者で生体工学の権威である北海道大学名誉教授の勇田敏男教授が“NMRパイプテクター”の還元作用について検証を行い、“NMRパイプテクター”によって水中に溶出する鉄分値が減少することを確認し、新規の赤錆発生が完全に防止されたと同時に、既存の赤錆の表面が、水に不溶性の黒錆に還元されたことが実証された。このことはマンション管理の専門紙である「マンション管理新聞」にも取り上げられた。

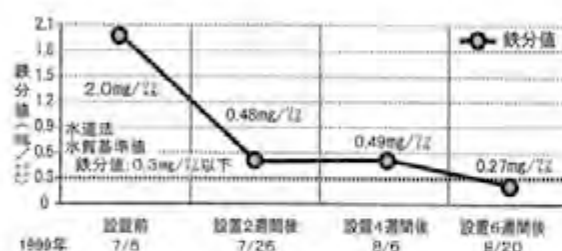


第8図 北海道立工業試験場

#### 5-2 日本赤十字社旧医療センター

当施設においては10年後に建物の建替えが決まっており、新生児の病室で朝一番の給水で赤水が発生していたため、建て替えまで配管更新をせず、修繕費の大幅削減を目的とし“NMRパ

イブテクター”を築24年時点で導入した。“NMRパイプテクター”設置前の朝一番の夜間滞留水は赤錆が溶出し、2.0 mg/Lと非常に高い鉄分濃度だったが、新規の赤錆の発生を完全に防ぎ、既存の赤錆が不溶性の黒錆に変化し、設置6週間後には水質基準値の0.3mg/Lを下回り、赤水が完全に解消された。



第7回 日本赤十字社田原医療センター

配管更新の見積もりは数億円だったが、“NMRパイプテクター”によって配管更生を行う事で、修繕費用を1/10以下に削減することができた。この結果は日赤医療センター院内報2000年1月発行号)でも取り上げられた。院内報では次のように書かれている。

「(前略)“NMRパイプテクター”はNMR共鳴エネルギーにより、水分子間に発生したマイナス電子が赤錆を黒錆に変え、赤水を解消し、配管を保護・延命するという原理ですが、これは病院で断層写真の撮影に使用されているMRIと同様の現象を起こすエネルギーであると言えます。ご理解いただけるかと思えます。(中略)“NMRパイプテクター”は配管の外部から設置できるため、水が装置と接触せず、安全性が高い事、又断水が不要なことは他の工法にはない大きなメリットであり、病院施設の給水管メンテナンスとして、大変画期的な工法ではないかと思われれます。」(日本医療センター院内報2000年1月号より)

上記で述べられているように“NMRパイプテクター”は医療施設の配管の維持管理において大きく貢献できる技術であり、国内では日本赤

十字病院を中心に、浜松市医療センター等多くの医療施設での導入がある。

一方、老朽化した施設において空調冷温水配管などの交換時にアスベスト除去の処理費用が非常に高額となっており、1999年に本装置の設置を行った成城大学の図書館では、当事改修仕事を担当していたゼネコンがアスベスト除去による被害を防ぐため、空調冷温水配管で更新工事が不要になる本装置にて防錆対策を行った。同様に新宿の紀伊国屋書店の空調冷温水配管に当時担当していたサブコンを通じ“NMRパイプテクター”が導入された。

### 5-3 “NMRパイプテクター”の効果実証例(海外)

このように、“NMRパイプテクター”は全てのユーザーで効果の検証を実施しており、防錆学会では「初めて装置で配管内の防錆効果を検証した」論文が受理、発表されている(第13回アジア・太平洋防錆学会国際会議2003年、一般財団法人日本防錆技術学会機関誌「防錆管理」2005年)。科学的な裏付けによる信頼から、2004年には英国のケンブリッジ大学の紹介で英国国立病院機構(NHS)のアッデンブルックス病院(規模:1,300床、当時築34年)にて配管更新後3年で漏水の問題があるとの事から、“NMRパイプテクター”の設置を行った。設置11日後には防錆効果を示す水中の鉄分濃度が大幅に減少し、以後漏水問題もなくなった。



第8回 アッデンブルックス病院

その報告を受け、NHS本部病院のナイチンゲールで有名なロンドンの聖トーマス病院、エリザベス女王のひ孫が生まれたセント・マリー病



写真2 アッデンブルックス病院／バッキンガム宮殿／  
国会議事堂／大英博物館

院など名だたる国立病院へ導入された。その他、英国放送協会（BBC）、ハロッズデパート、バッキンガム宮殿、国会議事堂、ロンドン市庁舎、マンダリンオリエンタルホテル、大英博物館といった著名な建築物の給水管、空調管、給湯管にも導入が進んでいる。

## 6. おわりに

“NMRパイプテクター”は建物の配管のみならず、敷設水道管の防錆についても大いに効果が期待できる技術である。2013年には日本水道協会で、水道局が“NMRパイプテクター”により配管内の赤錆を防止することで殺菌用残留塩

素の減少防止にも効果があるという論文を発表した。

2016年には(株)国際協力機構（JICA）の案件化調査にて、ベトナムの水道管にて“NMRパイプテクター”の実証試験を行い、短期間での防錆効果を確認した。東南アジアをはじめとした発展途上国での老朽化した水道管の赤錆劣化対策として今後普及する事が期待されている。

### 【筆者紹介】

#### 熊野活行

日本システム企画㈱

代表取締役社長

〈主なる業務歴および資格〉

平成15年：第13回大阪大学  
でアジア太平洋防錆学会に  
て防錆技術NMR工法の論文  
発表

平成17年：(社)日本防錆技術  
協会で配管酸化防止技術の論文発表

平成22年：第16回世界臨床薬理学学会年次総会  
で血中の酸化抑制技術の研究発表



〈会社事業内容及び会社の近況〉

日本システム企画㈱は、水処理装置の製造・販売を主に他、環境改善関連商品、介護用品の製造・販売などの事業を行っている。