（公財）水道技術研究センター会員 各位　　第４３７－２号　平成 26 年 10 月 31 日

JWRC 水道ホットニュース

（公財）水道技術研究センター
〒105-0001 東京都港区虎ノ門 2-8-1
虎ノ門電気ビル２Ｆ
TEL 03-3597-0214, FAX 03-3597-0215
E-mail jwrchot@jwrc-net.or.jp
URL http://www.jwrc-net.or.jp

配水システムの修復技術の現状
－米国環境保護庁報告書から－
（その１）

（はじめに）

米国環境保護庁は、2013 年 3 月、「配水システムの修復技術の現状（State of Technology for Rehabilitation of water Distribution Systems)」と題する報告書を発行しています。

この報告書によれば、米国では各種の取り組みが行われているものの、布設された水道管の経過年数は増大し続け、問題が悪化するであろうとし、下図に示すように、水道管の平均経過年数が 2000 年には約 38 年であったものが、2050 年までに 50 年を超えるようになる見通しであるとのことです。これは、第二次世界大戦後に行われた水道管布設のブームによるものであり、1870 年から 1945 年までの各 10 年間に布設された水道管は 2 万マイル（約 32 千 km）未満であったのが、1945 年以降、各 10 年間における水道管の布設延長は 8 万マイル（約 129 千 km）を超えるようになっているとのことです（米国環境保護庁、2002 年)。

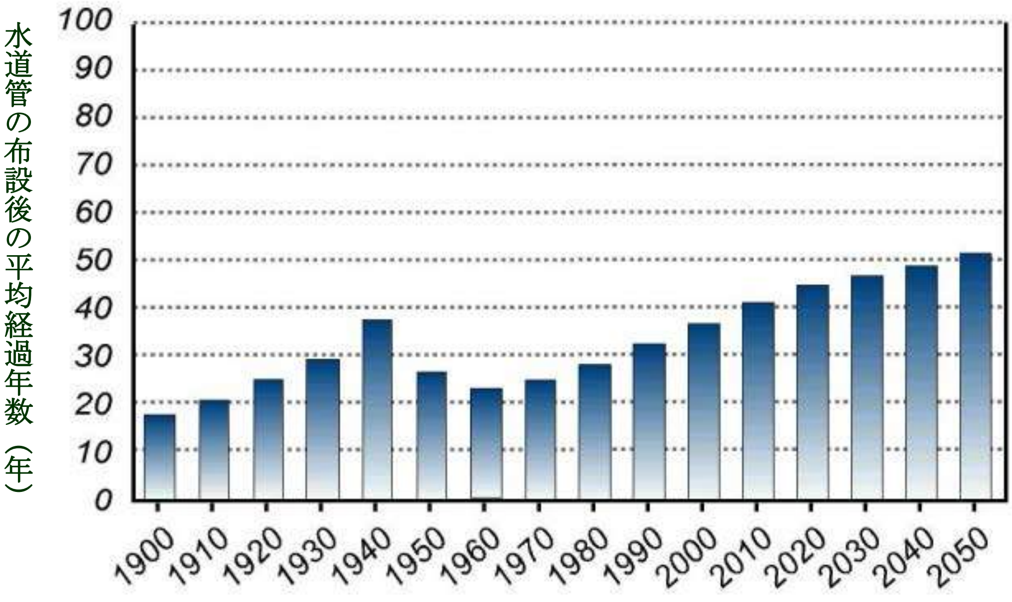

図　米国における水道管の布設後の平均経過年数の推移及び見通し

一方、米国で使用されている水道管は、配水管（distribution piping、2～10 インチ≒50mm～250mm）又は送水管（transmission mains、12 インチ以上≒300mm 以上）に分類することができるとされています（米国環境保護庁、2009 年)。そして、水道管の管路延長合計の約 73％は配水管であり、また、特に 30 インチ（約 760mm）未満の水道管は人が入ることができない口径であると考えられ、点検又は非開削の修復は遠隔操作で行う必要があるとされています。

この 30 インチ（約 760mm）未満の水道管は、表 2 に示すとおり、全水道管の 93%を占めています。以下の表は、米国の配水ネットワークの管種割合、口径及び布設後の経過年数に関する統計を示しています（米国水道協会、2004 年）。

表1. 送配水システムの管種別布設延長及び構成割合

管種	布設延長：マイル	構成割合（%）
鋳鉄管 (unlined, cement mortar lined, and other)	341,715（549,937km）	39.6
ダクタイル鉄管 (unlined, cement mortar lined, and other)	189,115（304,351km）	21.9
石綿セメント管	136,196（219,186km）	15.8
ポリ塩化ビニル管	114,152（183,710km）	13.2
鋼管	34,047（54,793km）	3.9
プレストレストコンクリートシリンダー管	23,584（37,955km）	2.7
ポリエチレン管	3,349（5,390km）	0.4
ガラス繊維強化プラスチック管	665（1,070km）	0.1
その他/不明	20,169（32,459km）	2.3
合計	**863,000（1,388,864km）**	**100**

表 2. 口径別にみた配水システムの延長及び構成割合

口径	布設延長：マイル	構成割合（%）
6インチ未満（≒150mm未満）	107,200（172,522km）	12.4
6～10インチ（≒150～250mm）	523,200（842,009km）	60.6
12～16インチ（≒300～400mm）	138,600（223,055km）	16.1
18～24インチ（≒450～600mm）	29,700（47,798km）	3.4
30～48インチ（≒760～1200mm）	57,700（92,859km）	6.7
48インチ超（≒1200mm超）	6,600（10,622km）	0.8
合計	**863,000（1,388,864km）**	**100**

表 3. 布設後の経過年数別にみた配水システムの延長及び構成割合

布設後の経過年数（年）	布設延長：マイル	構成割合（%）
0 – 10	245,000（394,289km）	28.4
10 – 25	325,500（523,841km）	37.6
25 – 50	156,500（251,862km）	18.1
>50	137,000（220,480km）	15.9
合計	**863,000（1,388,864km）**	**100**

（訳注）合計が一致しない場合があるので、留意願います。

以下に、報告書の要約を紹介することとします。なお、本出版物は「Public Domain」であり、翻訳許可は必要とされていないことを申し添えます。

（出典）http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/P100GDZH.pdf

なお、翻訳に誤り等がありましたらご容赦いただくとともに、原文を参照していただくようお願いします。

（参考）用語の定義

報告書では用語の定義が示されており、以下に主な用語の訳文（及び原文）を掲載します。

更新（Renewal）

水道配水システム又は下水収集システムの機能を回復するための、インフラの修理、修復及び布設替の技術の適用

The application of infrastructure repair, rehabilitation, and replacement technologies to return functionality to a drinking water distribution system or a wastewater collection system.

修理（Repair）

いくつかの特定の箇所を除いて既存の管の大部分が構造的に健全である場合に、一般に用いられる部分的な復元を行う技術である。

A technique is typically a spot restoration used when the majority of the existing pipe is structurally sound, except in some spot locations.

修復（Rehabilitation）

運転寿命を延ばすとともに管の水力学的及び構造的な機能の多く又は全てを復元するために用いられる内部コーティング、シール材及びライニング

Internal coatings, sealants, and linings used to extend operational life and restore much or all of the pipe’s hydraulic and structural functionality.

布設替（Replacement）

既設管が著しく劣化し、破損し、又は通水能力の増大が必要とされる場合、通常、既設管は布設替えされる。

An existing pipe is usually replaced when it is severely deteriorated, collapsed, or increased flow capacity is needed.

配水システムの修復技術の現状

（要約）

State of Technology for Rehabilitation of Water Distribution Systems
EXECUTIVE SUMMARY

はじめに

本報告書は、配水システムの水道管及び給水管に関する既存の又は新たな技術の包括的なレビュー及び評価を含んでおり、配水システムの水道管及び給水管の修理（repair）、修復（rehabilitation）及び布設替（replacement）のために用いられる技術を取り扱っている。調査チームは、米国の配水管修復産業において採用の初期段階にあり、かつ、実証プログラムに組み込むことが適切な目標となると考えられるいくつかの更新（renewal）技術を確認したが、さらに、修復システムが構造劣化及び機能性という点からどのように作用するかを追跡し、それによって、修復された構造に期待される耐用年数を評価する必要がある。この報告書の主な目的は、以下のとおりである。

- ・配水システムの水道管及び給水管に対する既存の又は新たな修復技術をレビューすること。
- ・水道事業者のインフラ更新に対するニーズを把握するとともに、ニーズを満たすための取り組むべき技術のギャップを明らかにすること。
- ・様々な修復技術に対する主要な性能パラメータを明らかにするとともに、市場で使用することが可能な修復技術に関する情報を収集し文書化すること。

背景

水インフラへの投資の不足が時間とともに老朽化する地下インフラの性能に与える影響は文書に詳しく纏められており、今後 20 年間にわたって必要とされる資金は 3,250 億米ドルに及ぶものと推定されている。現在の年間布設替率（annual replacement rate）は平均 0.5％であることから、管は 200 年間の使用が予想されるが、ほとんどの管は耐用年数が 50 年又は 100 年で設計されている。水道管はまだ比較的新しいことから、ごく近い将来においては十分な布設替率であるとしても、システムが老朽化していくに従い、必要な布設替率は必然的に増加するであろう。必要とされる資金に加えて、建設工事に起因する断水（disruption）に対して公衆は我慢ができないことから、地上及び地下の混雑・密集によって、水道事業者が水道管の布設替を行うことを一層困難にしている。修復及び布設替のための非開削技術は利用可能性が増大しており、従来の開削による布設替に対して、現実的で費用対効果が見込まれる代替案となると同時に、これらの問題を最小化又は緩和する解決策となるものである。

水インフラの資金調達及び時宜を得た水道管の更新（renewal of water pipe）という課題は、管の修復（pipe rehabilitation）が対処の手助けとなるであろう。水道料金は政治的に敏感なものであり、水道管の状態を改善するために必要な資金を増やすことは困難である。多くの水道事業者はよく練られた修理方法を有しており、事前に体系立てて修復するやり方よりも、主に事後的に対応する方が安価であると考えている。事業者が修復作業に取り組むこととなる主な原動力は、水道管の度重なる故障に関連した直接的及び間接的費用であるが、現在の修復作業により水道管の寿命を長くすることができるという誤った評価を招くおそれがある。大部分を占める小口径管の主な破損は影響が限定的であり、実際に管路状態の評価を困難にする一因となっている。一方、大口径の送水管は、大規模な破損が都市の全域を水浸しにして費用のかかる結果を招くことがあり、また、現在、いくつかの事業者は初めてこの種のタイプの破損を経験していることから、他の展開をみせている。ほとんどの水道管にとって、繰り返される管路の故障はその後の繰り返される修理に繋がり、修復や布設替に比べて徐々

に不経済なものとなる。管路更新の原動力となるのは、繰り返されたり長引いたりする中断時間に対して顧客がしばしば我慢できないことにある。

水道管の特徴

様々な調査により、配水管網の延長は98万～約180万マイル（158万～約290万km）と推定されている。水道に用いられる管種の選択は、水圧、耐久性、布設工法、そして、国際衛生財団/米国規格協会規格61（NSF/ANSI Standard 61）のような水質認証に依存している。また、土壌の腐食性及び組成、地温、そして、地下水の挙動などの環境面の要素も重要である。

1940年代まで、水道管は無ライニングの鋳鉄管及び鋼管が主流であった。1980年代半ばには、鋳鉄管製造業者はダクタイル管に転換し、鋳鉄管は完全に製造を終えた。現在、埋設されている水道管全体の 40%超が鋳鉄管である。鋳鉄管は強度があり（脆弱であるが）、一般には耐用年数が長いものの、管内外面での腐食を受けやすい。内面腐食（錆こぶ）は、水質問題、流量減少及び水圧低下、そして、最終的には漏水に至ることがある。鋳鉄管は電食作用による分水栓の故障を起こし易く、それが漏水に至ることとなり、また、曲耐力の減少により周囲にひび割れを起こす。

ダクタイル鉄管は1955年に事業者の市場に登場し、米国における水道管全体の22%を占めている。内部腐食はセメントモルタルライニングによって防止され、1975年までには、ほとんどの水道用ダクタイル鉄管はセメントモルタルライニングが施された。外面腐食はポリエチレンフィルムによる管の被覆、塗装又は電食防止により防護されている。

石綿セメント管は、1929年に北アメリカで最初に導入され、1940年代から 1970年代にかけて広く水道管として採用された。米国では 1983 年に製造が中止されたが、依然として米国の水道管全体の 16%を占めている。石綿セメント管はアスベスト繊維、ケイ砂、ポルトランドセメントを原料とし、電食による影響を受けない。しかし、軟水ではセメントから水酸化カルシウムが溶け出し、これは最終的に管内面の劣化に繋がる（例えば、アスベスト繊維の放出に伴う強度低下。）。また、酸性の地下水や土壌中に含まれる硫酸化合物に管外面が触れることで、セメントの劣化に繋がることもある。

熱可塑性の管（初はポリ塩化ビニル（PVC）、その後はポリエチレン（PE）の形）も、地下埋設の水道管として広く使用されている。ポリ塩化ビニル管は、1970年代後半から米国の配水システムにおいてかなり使用され、米国の水道管全体の13%を占めている。一方、ポリエチレン管は、米国の水道管全体の約 0.4%である。熱可塑性の管は、電気化学的又は電解腐食や、管内外面の腐食を受けず、化学的な又は生物学的な劣化に高い抵抗性を有している。しかし、石油系炭化水素による浸透及び劣化を受けるので、石油汚染土壌での布設は適さないであろう。

他に長年よく使用されている管種としては、鋼管、プレストレストコンクリートシリンダーパイプ（PCCP）、ガラス繊維強化ポリマー管（GRP）がある。鋼管は、その高い強度や剛性により、一般的に大口径管や高圧力下で使用されるが、管内外面に腐食の影響を受ける。管外面の腐食は、ポリエチレンフィルムによる管のラッピング、外面塗装、又は電気防食によって最小限にする一方、内面腐食は、セメントモルタルライニング及び浄水処理といったような様々な方法によって防ぐことができる。プレストレストコンクリートシリンダーパイプ（PCCP）は1940年代に最初に製造され、コンクリートコア、薄い鋼のシリンダー、高い延性をもつプレストレストワイヤー及びモルタルコーティングにより構成されている。プレストレストコンクリートシリンダーパイプ（PCCP）は大口径向けで、故障した場合、どちらかといえば被害が甚大で損害が大きくなる傾向にある。飲用水用の管として使用されるガラス繊維強化ポリマー圧力管（GRP）は、巻き付けのガラス繊維、合成樹脂、充填材、砂の複合物として、遠心分離などのプロセスを用いて製造される。ガラス繊維強化ポリマー圧力管（GRP）は、ポリエステル、ビニルエステル及びエポキシを含む様々な合成樹脂を用いて製造することができ

る。

各々の管種の故障メカニズムは様々であり、修復策は、特定の管種での問題に合致したものとするか、運転上及び環境上の条件によって異なるであろう数々の性能に関する問題をカバーするのに十分な柔軟性があるものでなければならないということを意味する。故障のメカニズムは、各々、測定可能ないくつかの指標を持っている。故障の形態及びそれらの指標を理解することは、管種の状態の評価や、用いる更新技術の適切な時期や方法の選定において有用となる。

（文責）センター専務理事　安藤　茂
〃　管路技術部研究員　川村　潤也
〃　総務部研究員　髙橋　邦尚

配信先変更のご連絡等について

「ＪＷＲＣ水道ホットニュース」配信先の変更・追加・停止、その他ご意見、ご要望等がございましたら、会員様名、担当者様名、所属名、連絡先電話番号をご記入の上、下記までE-メールにてご連絡をお願いいたします。

〒105-0001　東京都港区虎ノ門2-8-1 虎ノ門電気ビル２Ｆ　（公財）水道技術研究センター　ホットニュース担当
Ｅ-ＭＡＩＬ：jwrchot@jwrc-net.or.jp
ＴＥＬ　０３－３５９７－０２１４　　ＦＡＸ　０３－３５９７－０２１５

また、ご連絡いただいた個人情報は、当センターからのお知らせの配信業務以外には一切使用いたしません。

水道ホットニュースのバックナンバーについて

水道ホットニュースのバックナンバー（第58号以降）は、下記アドレスでご覧になれます。

バックナンバー一覧　http://www.jwrc-net.or.jp/hotnews/hotnews-h26.html
国・地域別の水道情報　http://www.jwrc-net.or.jp/aswin/projects-activities/country_area.html
耐震化関連の情報　http://www.jwrc-net.or.jp/taishin-corner/taishin_hotnews.html