

水道事業の現在位置



独立行政法人 水資源機構 理事

熊谷 和哉

我が国に水道が生まれて400年余、近代水道に移行してからでも140年近い歴史を持ったその結果として、現在の水道事業があります。

街、都市の誕生に伴い水道が始まり、外来水系伝染病対策として近代水道が求められ、戦後の人口増と都市化、工業化といった産業構造の変化などの結果として水源開発、用水供給事業の創設など水道事業の三層構造化などを経て今があり、今後、少子高齢化と長期人口減少社会の到来といった社会構造の変化に対応した次世代水道を現実的に模索するに至ったのが水道事業の現在位置と言えると考えます。数えてみると、水道第四世代ということになります。

我が国に生まれた最初の水道、第一世代は、後に木樋水道と言われたとおり、木製管路を主体とし、水の移送を主体に考えられたもので、我が国独自の技術で作られたものでした。

第二世代にあたる近代水道の当初の姿は、水源施設から給配水まで一つの事業で行う、今の言葉を用いれば末端供給完結型の水道でした。第一世代と違い、浄水処理・消毒と有圧給水といった衛生管理を必須要件としたものとなっています。

戦後の水道は、一つの主体が担いきれなくなった水道の機能を分解、特に拡大・拡張については、用水供給事業の誕生に象徴される、水源開発、浄送水、給水の三層構造に分け、それぞれ専門の主体を持つに至っています。

水道事業の構造変化だけでもこのような経緯と複雑な状況となっていますし、事業運営に目を移せば、産官学の巨大共同体を形成した結果として、1億2千万人強の水道サービスを達成する大きな成果を挙げてきています。

近代水道技術の歴史を追っただけでも、緩速ろ過処理の習得に始まり、資材の国産化、急速ろ過処理への移行、それに伴う、鉄・マンガン処理の定式化、漏水対策の進展、塩素処理の多面利用、オゾン活性炭処理等の高度処理の開発・実装、耐震資材と工法の確立、膜処理の開発・実装など。事業経営技術でも、配水・給水の役割分担、減価償却費の導入・総括原価主義の適用、用途別料金から口径別料金への移行、通増制料金と基本水量の設定、用水供給事業における責任水量性の採用、ダム使用権の新設など。その時々求めに応じ、様々な技術を発明してきています。

これまで経験のない少子高齢化社会と長期人口減少社会を前にして、水道事業はどのようなことを考えていかなければならないのでしょうか。少なくとも現在の延長線上に将来の水道事業を見るのは難しいと考えます。

「水道は環境が決める。」水道計画の巧拙は、地形の目利き、そんなことを改めて思い浮かべるところです。拡大拡張期から、人口停滞の30年。水道事業の課題は、人口増と都市化であって、大都市圏の問題の全国化の30年でした。問



題がそのようなものであったが故に、その対応もある意味全国画一的な処方箋でもそれなりの効果を発揮する状況であったと言えます。今後、絶対的な量の問題は収束し、需要減と担い手減少の中で、地域においてどのような施設配置と施設容量を持つべきかという課題に収れんしていくように見えています。

もう一度、水道と水道計画の原点回帰となるのが第四世代の水道と考えます。水道史上、初めて水源に優劣をつけ、選択することが可能となる世代です。どの水源を使い、どのような導・浄・送水系を持つのか。需要の分布と配置は、今後の社会情勢で決まるものの、総量としての需要は、かなりの精度での推計が可能。そうなれば、配水系は需要連動でその時々修正しながら適応するにせよ、送水と配水を明確に分割し、送水より上流側は水道側の主導権で決めうる領域です。単に需要減少に伴う減量問題でなく、将来的な三割減から半量に対して、どのような施設配置があるのか、考えるべきは施設の再配置であり、単なる容量の減量化で終うはずがありません。

当然、これまでの事業単位ではなく、地域単位での施設再配置、再構築が必然で、これが広域連携という言葉で表現されるものの実になるはずです。それは単に施設だけでなく担い手、職員の配置でもあり、更には限られた人量をどのように投入し支えるか、情報技術の実装にま

で関連するものです。

人口増という一連の動きの中ですら、第二世代から第三世代へ移行せざるを得なかった水道です。人口増から平成の30年間、結果としての人口停滞期を経て、ここ長期人口減少社会に至り、現況の延長線上で考えることから脱却し、将来需要に応じた水道を一から考えてみる。その際、現在の事業単位を一旦忘れてみる、そんな思考実験が将来の水道の姿を教えてくれるように思います。

これまで幾多の技術、手法を発明し、実装してきた水道事業は、今後、様々なものを発明していかなければならないでしょう。現在の技術、手法がいかなる環境と背景で発明されたものか、それを踏まえた上で、今後に継承すべきものか考える必要があります。むしろ今後に使えものの方が少数派かもしれません。

これだけの社会変化を目の前に、どれだけ現状を正確に把握できるか、加えて、今後の変化をリアルに認識できるかにかかっているように思います。受動的であるが故に水道は、環境変化を能動的に把握し、巨大で鈍重であるが故に時代を先取り、初動を俊敏にしなければならぬと考えます。

やりがいのある時代が来ました。根本から考え直せる千載一遇のチャンスと 생각합니다。関係者で試行錯誤しながら次世代を考えていきたいと 思います。

対談

「首都直下型地震に備えて」

— 関東大震災から100年を迎え、今、水道に求められること —



丸山教授

千葉大学 教授

丸山 喜久氏

東京都水道局 浄水部長兼特命担当部長

佐藤 清和氏

2023年は、関東大震災が発生（1923年9月1日）してから、100年の節目の年となる。これまで多くの地震や自然災害に対して、本誌では学識者や事業者の皆様ハード・ソフトの対策、取組み方針など、様々なテーマで意見を交わしてきた。

全国の水道事業者にとって、施設や管路の老朽化の対策として、更新すべきことはわかっているものの、遅々として進んでいない現状がある。関東大震災から100年を迎えた今日、地震だけではなく複合化する激甚災害、またいつ発生してもおかしくない首都直下型地震への対策について、学識者から千葉大学の丸山喜久氏と事業者から東京都水道局の佐藤清和氏にご参集いただき、語り合っていた。



佐藤部長

—まず、現在の水道事業の課題について、改めて丸山先生から話題提供をお願いします。

丸山教授：現在、社会インフラはかなり老朽化しているという課題があり、水道に限らず道路などでも問題になっています。近年では、和歌山市の水管橋の事故などがあり、少しずつ問題が顕在化しています。老朽化が進んでいるというのは、裏を返せばなかなか水道管路の更新が進んでいないということです。

しかし、東京都などの首都圏では、関東大震災から100年が経過しました。相模トラフを震源とするマグニチュード8クラスの地震の周期は約200～300年と言われています。前回の関東大震災から100年経ち、首都圏は地震の活動期に入った、もしくは入りつつあると考えられています。

このように、マグニチュード7クラスの首都直下地震の切迫性が高まっている中、老朽化した水道管路は地震に脆弱という問題を抱えています。全国的には埋設管の更新をして耐震化を進めていくという重要な対策があまり進んでいないという印象があります。

—では、佐藤部長からは東京都水道局の施設及び管路における「耐震化」に関するこれまでの取組の概要をお教え下さい。

佐藤部長：それではまず、東京都の震災対策に関する事業計画について簡単にお話させていただきます。

東京都では、昭和34年9月に愛知県を中心に甚大な被害をもたらした伊勢湾台風を契機とした国の災害対策基本法の制定(昭和36年)を受け、昭和38年に東京都地域防災計画を策定しています。さらに、昭和46年には東京都独自の震災予防条例(現・東京都震災対策条例)を制定し、これに基づき震災予防計画等を策定し、取組を進めています。

水道局においても、都の動きに合わせて、震災の予防対策や応急対策に係る計画を策定し、以降数次にわたって改定しながら、ハード・ソフトの両面で、対策を実施してきました。

特に「水道施設や管路の耐震化」といった、ハード面の取組に関しては、地震による水道施設の被害を最小限にとどめるということ、都民に対する給水を可能な限り確保することを目的に、「水道システム全体の耐震化」と「飲料水の確保」、この2つを柱に体系化し、計画を策定しています。

現在、この計画については、水道施設整備の方向性や10か年に行う整備の目標や内容を示した「東京水道施設整備マスタープラン」にまとめています。

次に水道施設の耐震化の概要についてご説明します。まず、最上流の水道施設にあたる貯水施設については、狭山湖、多摩湖として親しまれている「山口貯水池」及び「村山下貯水池」の堤体強化工事を実施しました。これは、阪神・淡路大震災を契機に、堤体の耐震解析を実施した結果、堤頂部が沈下する等の損傷を受ける可能性が判明したためです。



【写真：堤体強化工事を実施した村山下貯水池】

両貯水池は、堤体直下に市街地が近接していることもあり、震災時に重要となる原水の確保と二次災害防止の観点から、堤体下流部に強化盛土を施工するなど、アースフィルダムの耐震性強化という前例の少ない大規模な工事を行いました。こうして、平成14年度に山口貯水池、平成20年度に村山下貯水池の堤体強化が完了しています。現在は、もうひとつの村山上貯水池についても、同様の堤体強化工事を実施中です。

また、奥多摩湖と称される小河内貯水池については、平成21年度に健全度調査を実施しております。この調査の結果、ダム本体については、耐震性能を有していることを確認し、耐震性に課題があることが判明した付帯設備については、耐震補強を実施しました。

次に、浄水施設については、着水井から沈殿池、ろ過池、排水処理施設といった浄水処理の連続性を考慮し、処理系列ごとに、順次耐震化を行っています。その結果、浄水施設の主要構造物の

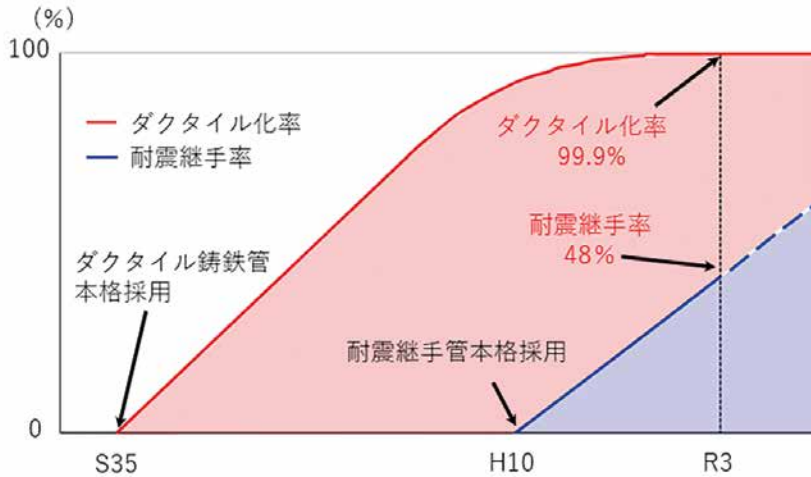
耐震化率（沈殿池・ろ過池の耐震化した割合）は、令和3年度末現在57%となっています。

また、浄水場や給水所等の配水池については、非常時に水を確保する観点から、耐震化を優先して進めており、令和3年度末現在では82%が耐震化済みです。

続いて、管路の耐震化の取組については、当局では昭和40年代後半から、既に老朽管の取替え事業に着手しており、現在では、靱性や強度など、材質的に耐震性に優れたダクタイル鉄管への更新をほぼ完了しています。

この過程において、阪神・淡路大震災における管路被害を踏まえ、平成10年度からは抜け出し防止機能を有する耐震継手管を全面的に採用し、さらなる耐震性の強化に努めているところです。

こうした取組の結果、令和3年度末現在、当局が管理する配水管の総延長、約27,000kmにおける耐震継手管の割合は48%となっています。



【図：ダクティライズ率と耐震継手率】

管路の更新率については、令和3年度の実績は約1.3%であり、1年間に350kmほど更新しています。大都市という施工が困難な状況下においても、積極的に取組を進めております。

一近年、発生した地震や自然災害の特徴について、丸山先生からコメントをいただけますでしょうか。

丸山教授：近年地震での水道被害でいうと熊本地震や北海道胆振東部地震などが挙げられます。私は熊本地震における熊本市の管路被害の分析をさせていただいたのですが、一般には溶接鋼管は地震に強いのですが、古い規格の溶接鋼管が被害を受けたという事実があったので、やはり古いものは着実に更新するというのが重要です。

地震以外の最近の自然災害では、豪雨災害が非常に多くなっています。豪雨で埋設管路が壊れるという事例はそんなに多くはないと思うのですが、例えば橋梁の添架管が橋梁と一緒に河川氾濫による被害を受けることはあります。そのような場合に橋が落橋したとしても、添架管が耐震継手を有していれば管路が離脱しなかったという事例があります。抜け出し防止機能のある耐震継手は、地震に強いだけでなく、

大きな変状・変形がかかっても離脱しないというメリットがあります。このように、管路を耐震化することによって、地震だけでなく他の災害にも強い管路が形成されることが実証されつつあります。

一方で、最近の自然災害では、停電の影響が大きくなることがあります。例えば北海道胆振東部地震では北海道全体がブラックアウト、令和元年台風15号(房総半島台風)では千葉県の広い範囲で長期間停電しました。停電すると、浄水場等の拠点施設に自家発電設備がないと機能を果たせなくなり、管路は問題なくても水が配れない事態に陥ってしまいます。

管路の耐震化は当然進めることとして、停電対策も充実させ自立を進めていく必要があります。首都直下地震などが起きたときには停電が長引く可能性もあり心配されます。

一ではここで、東京都水道局の100年間の管路における地震対策・耐震化について具体事例を何事例かご紹介して下さい。

佐藤部長：東京における近代水道は、明治31年12月に、現在都庁舎がある場所にあった淀橋浄水場から神田・日本橋地区に通水したことに始まるわけですが、当時、主要な水道工用

資材として、鋳鉄管が最も多く使用されていたことから、創設期の水道では、配水管に鋳鉄管を採用しています。

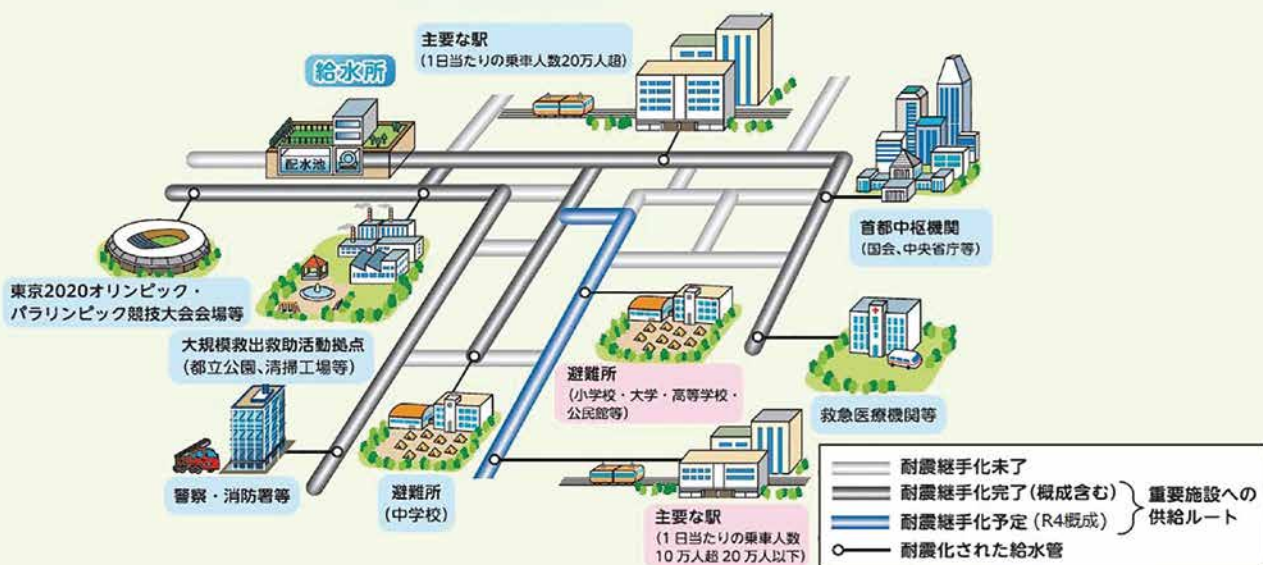
その後、昭和5年には、従来の普通鋳鉄に比べ2倍近い強度を持つ高級鋳鉄の製法が開発されたことから、当局においては昭和8年から高級鋳鉄を採用しています。しかしながら、鋳鉄は、鋼に比べて炭素を多く含むため、もろく、耐衝撃性、靱性などに欠けるという短所もあります。このため、昭和20年代後半から、交通量の増加、車両の大型化・重量化、あるいは地盤沈下など、埋設管にかかる荷重や振動の増大によって、管路の破損が年々増加の一途をたどっていたという歴史があります。

そこで、当局においては、昭和33年頃から技術的、経済的な検討や他都市での採用状況、メーカーの生産体制等の調査を始め、昭和35年度に1,000mm以上の大口径管から、順次ダクタイル鉄管を使用していくこととしています。

耐震継手化については、当局が管理する配水管の総延長は、地球の周長の2/3にあたる約27,000kmに及ぶことから、優先順位を定め、効果的に進めていくことが不可欠だと考えています。そのため、震災時においても、特に給水が必要とされる重要施設である、首都中枢機関や医療機関、避難所、主要な駅等への供給ルートを優先して耐震継手管に取り替えてきました。この事業は、平成17年の中央防災会議による首都直下地震対策大綱などを踏まえ、平成19年度から、首都中枢機関や救急医療機関等を対象に開始したもので、その後、優先施設の対象を拡大して推進しています。

なお、東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会に際しては、競技会場等への供給ルートを優先対象とし、開催前に耐震継手化を急遽実施しました。大会の成功の影には、当局の下支えもあったのではないかと思います。

これら重要施設への供給ルートの耐震継手



【図：重要施設への供給ルートの耐震継手化（イメージ）】

化は、令和4年度で概ね完了することになります。今後は、さらに効率的に耐震化をしていくため、震災時に断水率が高いと想定される地域に着目した耐震継手化を重点的に進めていくことを計画しています。

次に経年管の解消「K0（ケイゼロ）プロジェクト」について紹介します。

普通鉄や高級鉄といった古い管を経年管と呼んでいますが、経年管は管体の強度が低い上、継手も抜けやすく、さらに管内外面の腐食が進行し、漏水事故の原因となっていました。こうした管は、河川・鉄道の横断部、埋設物が輻輳している箇所あるいは幅員が狭い道路など、いずれも取替えが極めて困難な場所に多く残存し、バックアップ機能がなく、計画的な断水が困難な路線であることから、工事ができませんでした。

そこで、こうした経年管を全廃するため、平成14年度に“K0プロジェクト（経年管更新推進計画）”を立ち上げました。

このプロジェクトは、代替路線の新設や廃線の検討、あらゆる工法の検討など、従来の考え方にとらわれない多様な取替手法を駆使するとともに、お客さまや道路管理者等に積極的にPRしながら、局一丸となって取替えを推進していくというものでした。「K」は経年管を、「0」は全廃（ゼロ）を表しており、「K0」は「K.O. “ノックアウト”」とも読み、残存している経年管を徹底的に根絶する強い姿勢を示したものです。

こうした取組によって、現在では経年管の取替えは概成しており、配水管のダクタイル化率は、99.9%になっています。

次に導水施設の耐震化についてです。導水施設は、その多くが一系統のみの施設であり、被災した場合、最悪、浄水機能が停止することも懸念されています。

対策の例を挙げると、多摩川の羽村取水堰から先ほどの山口貯水池や村山貯水池に原水を導水するため、大正13年に竣工した導水トンネルである羽村線の耐震化を昭和60年12月から63年11月にかけて実施しています。常時使用しながら、短期間で工事を完成させる必要があったため、当時の最新工法であったパイプintonネル工法で、従来の馬蹄形トンネルの内部に、内径2900mmのダクタイル鉄管（U形継手）を布設しました。工事は水の需要量の少ない時期に行うため、総延長8.8kmを10工区に分割し、夏場を避ける形で実施されました。

もう一つ、送水管のネットワーク化についてもご紹介します。震災等により被害を受けた場合においても、可能な限り給水を確保することが責務と考えており、当局では、効率的な水運用や非常時におけるバックアップ機能を強化することを目的に、浄水場と給水所あるいは給水所間を連絡する送水管ネットワークを構築することとしています。

これまでの大規模幹線整備の例としては、葛飾区の水元給水所から金町浄水場を経由し、区部東部を外周し、東京湾をシールドトンネルで横断して、大田区の東海給水所に至る延長約38kmの東南幹線があります。また、多摩地区では、昭島市の拝島給水所から多摩市の聖ヶ丘給水所までの多摩地区西南部を外周する延長約33kmの多摩丘陵幹線などの送水管を整備し、広域的な送水管ネットワークを形成しております。

東南幹線は主に口径1800mmから口径2600mmの管路から構成され、昭和49年から平成23年まで、多摩丘陵幹線は主に口径1500mmの管路から構成され、平成9年から平成27年まで、途中、工事を行っていない期間もありましたが、長い歳月をかけ整備していきました。管種については、両者とも9割以上がダクタイル鉄管



【図：送水管ネットワーク】

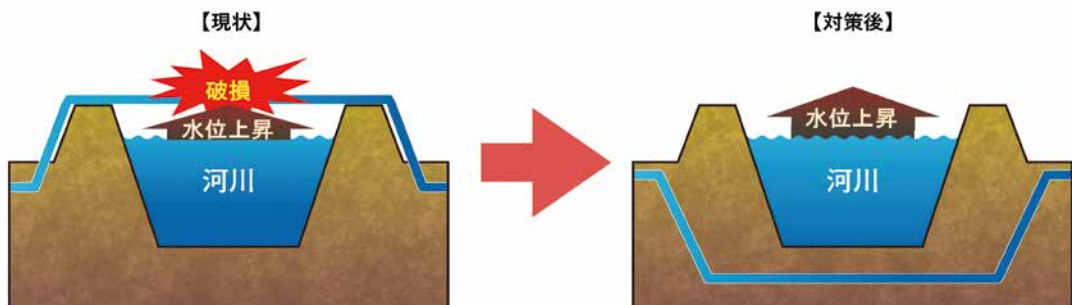
となっています。

このように、予防対策を積極的に実施していますが、それでも大地震により水道施設に被害が発生した場合には、断水の被害は免れないと思います。東京都では、このような状況においても、お客さまの生活に不可欠な飲料水を確保できるように応急給水体制を構築しています。応急給水を行う給水拠点については、おおむね半径2kmに1箇所整備することとしており、浄水場、給水所、応急給水槽等が給水拠点となっています。

この取組は、昭和49年、局の第一次震災予防計画で位置付けて以来進めてきました。令和4年7月1日現在、浄水場と給水所で120箇所、

応急給水槽(1,500 m^3 槽)53箇所、小規模応急給水槽(100 m^3 槽)33箇所の合計206箇所を整備しており、常時、都内には100万 m^3 以上の水が応急給水用に蓄えられているという状況です。このうち、100 m^3 槽につきましては13か所に、呼び形2600mmのダクタイル鋳鉄製の貯水槽を採用しています。

また、先ほど丸山先生からもあったように、豪雨時に添架管が流されるという事例がありましたので、添架管や水道橋といった河川を横断している管路で浸水域に入る場所などにつきましては、シールド工法等で地中化する事業を始めているところです。



【図：河川横断管路の地中化（イメージ）】

一ではここで、耐震工法設計指針で定められている耐震基準の変遷や首都直下地震が発生した場合、改めて大都市での激甚災害への対策についてお話し下さい。

丸山教授：南関東では相模トラフを震源とするマグニチュード8クラスの関東地震が一番規模の大きな地震となり、だいたい220年～300年に1回起こります。直近の関東地震が1923年に発生し、現在100年が経過しました。過去の地震の周期から、マグニチュード8クラスの地震はしばらく発生しないと思われます。ただ、次のマグニチュード8クラスの地震が発生するまでの期間が静穏期と活動期に分かれると言われています。その意味では今は活動期に入っているもしくは入りつつあるとも言われています。活動期に入るとマグニチュード7クラスの地震が、南関東周辺で頻発することとなり、それを首都直下地震と呼んでいます。

マグニチュード8の関東地震と比べると一回り小さいのですが、例えば兵庫県南部地震もマグニチュード7クラスなので大きな被害が心配されます。これが首都直下地震の考え方の現状です。30年以内の発生確率が70%程度というのが首都直下地震の切迫度を表しています。この首都直下地震のマグニチュード7クラスが、兵庫県南部地震と同じように、自分の足元で起きると非常に大きな揺れに見舞われます。

耐震基準の変遷に関しては、これまで大きな地震が起きると耐震基準が見直されています。最近では、1995年兵庫県南部地震がきっかけになり、レベル1地震動とかレベル2地震動といった外力に対する考え方が生まれました。また、レベル1地震動とレベル2地震動が規定されるとともに、仕様規定型から性能規定型へ設計方法を変えることが盛り込まれました。

その後、2011年に東日本大震災が起きて、想



丸山教授

定外の災害に備えることの重要性が指摘されるようになりました。想定外に備えるために「危機耐性」という新しい考え方が、耐震工法設計指針に導入されました。想定を超えるような外力が作用した時にも水道施設の水道システムが深刻な事態に陥らないようにしようというのが危機耐性の考え方です。

例えば、佐藤部長がおっしゃっていたように、システム全体の耐震化というのはそれに合致した考え方で、万が一大きな外力が作用して断水が長引いてしまう危機的な状況に陥らないように、ネットワーク化をすすめておくことが重要です。この危機耐性の考え方に従うと、管路そのものの耐震化を進めるというのは最低限の対策となります。ネットワーク化をすすめて、どこかで管路被害が生じて別系統が確保されているとか、万が一断水してしまった時のために応急給水対策がきちんと計画されていて、水は住民にきちんと届けられるとか、不測の事態が起きたときでも水道の機能がなるべく失われないような対策を立てておくことが「危機耐性」という考え方です。

全国の水道事業体の更新率は0.7%、東京都だと先ほどおっしゃられていたとおり倍の1.3%ありますが、管路の耐震化のようなモノの対策は当たり前で、その上で不測の事態に陥らないように対策を立案することが求められる時代になっています。水道事業体が財政面で様々な問題を抱えている中ではありますが、現在の耐震工法設計指針が求めているものはご説明した内容となります。

—地震対策・耐震化は非常に重要ですが、被害がゼロというのは非現実的かと思います。もし、関東大震災と同規模の地震が発生した場合に、どの程度の被害を想定され、その対応についてはどうお考えでしょうか。

佐藤部長： 東京都の地震被害想定は、「首都直下地震等による東京の被害想定報告書」という形で、令和4年5月に最新のものが公表されました。

前回の被害想定は平成24年に策定され、それ

以降の防災対策の進展や、人口構造の変化等を反映するとともに、対象となる地震動について、発生確率や首都中枢機能への影響を考慮して見直されています。

今回の想定地震は、都心南部直下地震、多摩東部直下地震、大正関東地震、立川断層帯地震の4つが示されており、水道の被害は地震発生時に想定される断水率で表されています。これは、過去に発生した地震の被害実態を踏まえて設定された算定式を使用し、管路の材質や継手構造、管径別延長のほか、液状化分布や地震が広がる速さ等のデータから推計したものです。

4つの想定地震の内、大正関東地震を想定した場合の断水率は、区部と多摩地域の全体で15.7%と想定されています。

断水被害が最大となる地震動は平成24年の被害想定においては元禄関東地震で、断水率は45.2%でしたが、今回の被害想定では、都心南部直下地震となり、断水率は26.4%と、この10年の間に約20%減少しています。

H24被害想定				
想定地震	東京湾北部 (M7.3)	多摩直下 (M7.3)	元禄型関東 (M8.2)	立川断層帯 (M7.4)
区部	45.0%	38.7%	50.4%	2.2%
多摩	11.7%	33.1%	34.0%	37.4%
全体	34.5%	36.9%	45.2%	13.3%

R4被害想定				
想定地震	都心南部直下 (M7.3)	多摩東部直下 (M7.3)	大正関東 (M8クラス)	立川断層帯 (M7.4)
区部	34.1%	28.6%	19.5%	0.3%
多摩	9.2%	19.5%	7.2%	14.5%
全体	26.4%	25.8%	15.7%	4.7%



「首都直下地震等による東京の被害想定報告書」東京都防災会議 (R4.5) 及び同報告書H24.4) をもとに作成

【図：被害想定別の断水率の比較】



佐藤部長

当局では、平成24年の被害想定を踏まえ、これまで、地震発生時の断水率が50%を超える区市町を優先して耐震化を行ってきましたが、こうした取組の効果が発揮されたものと考えています。ちなみに耐震継手率は、前回の被害想定時では27%でしたが、現在は48%となっており、こちらも20%向上しています。

今後は、一層効果的に断水被害を軽減するため、区市町ごとの行政単位ではなく、さらに小規模な区域に細分化(250mメッシュ)して地震

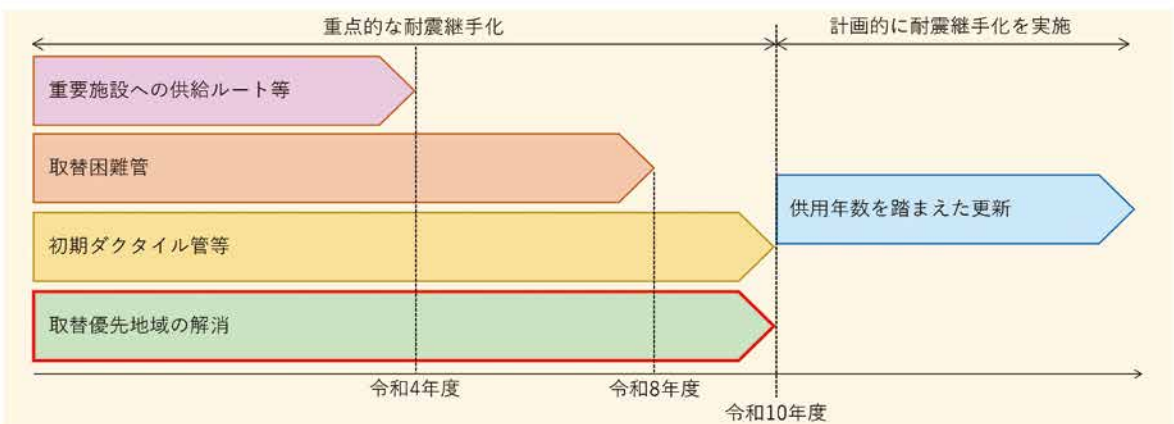
被害の検証を行い、この単位で断水率が50%を超える区域を優先して耐震継手化をしていく考えです。こうした取組により、令和10年度までに断水率が50%を超える地域を全て解消する予定です。

被害については断水率のほか、復旧日数も課題となります。先ほどの被害想定が最大となる都心南部直下地震が発生した場合の復旧は、非耐震継手管における被害箇所数と1日当たりの復旧作業量から算定しており、復旧が概ね完了するのは、17日後になると想定しています。

復旧活動については、工事受注者等との協力体制の下に実施することとしており、必要な作業要員、復旧用材料の確保に関しては、関連会社等にあらかじめ協力要請を行うなど体制を整備しています。こうした応急対策業務への協力については、日本ダクタイル鉄管協会や業界団体、資材メーカーとも協定等を締結して行っています。

また、震災復旧等への対応のため、都内11か所の資材置き場で資材の備蓄を行っており、10日分の復旧活動に必要な資材を備蓄しています。

震災時に応急対策活動を迅速かつ的確に実施



【図：管路更新の進め方】

するためには、日頃から繰り返し訓練を行うことが必要と考えており、当局では、首都直下地震を想定した対応訓練を年に複数回実施しているほか、区市町や住民などの多様な主体と連携した応急給水訓練も実施しています。

さらに他水道事業者等と相互応援に関する協定を結び、協力体制を確立しています。被災した事業者から救援要請があった際に、迅速に救援隊を派遣できるよう平成28年度に「東京水道災害救援隊（東京ウォーターレスキュー）」を設立しており、各事業所に輪番制で割当て、派遣が必要になった際に予め人員の配置を定めておくというものです。

—関東大震災から100年の年にあたる2023年、丸山先生からは首都直下地震の発生確率についてその見解をお教えいただけますでしょうか。また、改めて大都市の激甚災害に備えるためにこういった対策が必要となってくるのでしょうか。

丸山教授：東日本大震災がきっかけとなって、危機耐性という新しい考え方が水道施設にも要求されるようになりました。危機耐性は先ほども申し上げたとおり、かなりレベルの高い概念です。モノの耐震化は当然として、その上さらに水道システムが危機的な状態に陥らないことを求めています。



【写真：東京水道災害救援隊（静岡市での応急給水支援の様子）】

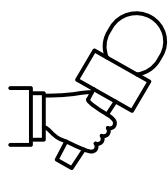


東京都の取組を伺ったところ、まず管路の更新率が高く、老朽管や経年管も「K0プロジェクト」というもので駆逐していくというモノの対策が充実しています。従来はこれだけでよかった。ところが、これが今は最低限で、この最低限にプラスして、佐藤部長が挙げられたような、送水管のネットワーク化や、復旧を早めるために資材を備蓄する、応急給水対策の充実などが求められています。東京都のような水道事業者の力があれば、難しい危機耐性という概念に何らかの解を導いていけるのだろうと想像します。

ただ、水道事業者は様々な規模があり、危機

耐性の事例も少ない中、東京都から水道システムの危機耐性とはこういうものだとして頂いて、それがいろいろな水道事業体に理解され、それぞれの事業体に合わせた危機耐性が広まっていけば災害に強い水道が実現できるのではないかと思います。

—ありがとうございました。



この人に聞く

～明るい未来に向けて～



八戸圏域水道企業団

副企業長 古川 勲



これまでの経歴について

昭和 53 (1978) 年に当時の八戸市水道部給水課漏水防止係としての業務が「水道人」のスタートです。当時は、漏水も多くて、音聴棒という機器を使用して、漏水を発見する仕事が最初の業務でした。その後、昭和 61 年、八戸圏域水道企業団発足により移籍し、工務部施設課、工務部計画課、管理課管理班長、総務課課長補佐、経営企画課危機管理監、事務局次長兼配水課長、事務局長を務めて、平成 27 年 3 月に退職しました。その後、同年 4 月に北奥羽広域水道総合サービス株式会社の社長を経て、平成 27 年 7 月に副企業長となり、令和 5 年 7 月で 8 年になります。

大規模断水におけるマスコミ対応

一番に思い出すのは、平成 21 (2009) 年 1 月 1 日に 1200mm 導水管事故の報道機関への対応です。私は事務畑・技術畑で分けると技術畑の人間で、事故当時は総務課課長補佐でした。企業長の記者会見の段取り、マスコミに対する対応等、住民説明の原稿等、すべて初めての経験でした。特に困ったことは、マスコミからの断水する地域について、職員や水道関係者であれば「白山系統」と伝えれば理解していただけただけですが、一般マスコミには通用しません。「白山系統?」、具体的な住所や地域の詳細を説明してほしいと、問い合わせを受けて、混乱しました。企業長からは「白山系統給水エリアの〇〇地区、〇〇地区が断水」と説明する必要があったと諭されて、深く反省しました。住民目線で考えると、「6 日間も断水しているが、企業団は一体、何をしているのだ」とお叱りを受けて当然です。入庁後は工事における部分断水はありましたが、このような大規模事故での断水経験はもちろんなく、住民の皆さんに安全な水を安定して給水していたので・・・、言い訳ですね。住民には分かりやすい言葉で的確に正確に原因と復旧見込みを伝えて説明しないと、混乱に拍車がかかります。当然ですが、予定より早く復旧すれば有難がられますが、遅れるとトラブル



漏水防止係時代の古川副企業長

が増大し、住民の感情として大きな問題となります。どのタイミングでいつ復旧できるかをお知らせするのはとても難しかったですね。当時は無我夢中で対応しておりましたが、あの経験は今に生きていて私の大きな財産で、「水道人生」のターニングポイントでした。

振り返ると、あの事故までの水道に関するトラブルや事故は、企業団職員で対応できると考えていました。しかしあの事故は企業団



2009年1月4日導水管事故第3回記者会見

の職員だけでは対応できなかった。例えば、どの場所に給水所を開設するのか、どこに人を張り付けるべきなのか、各構成団体と具体的な協議など事故以前は実施していなかった。事故以来、構成団体との協議も定期的に行い、災害に対する対応も見直しました。また、現在では災害時には、各市町とどの場所に給水所を開設すれば住民に分かりやすいか等を決めています。事故検証委員会では、事故原因は水路築造のため切り回し配管した導水管の不適切な接合であることが判明したのですが、導水管の管理は企業団が行っているわけで、責任は企業団にもあるわけです。私個人の水道事業に対する考え方は大きく変わりました。我々の使命は「住民に向けて安全な水を安定して送る」ことですが、その感覚にプラスして「住民の目線、住民の水道事業への理解」

という新たな視点を加えました。

また、その年の4月1日に企業団で「危機管理監」というポストを初めて設置し、私が就き、2年間努めました。現在でも災害対応等の責任者として危機管理監を配置しています。

苦勞した水利権

企業団の発足は、当時の給水人口の増加により、水源の不足に対応するため広域水道として事業を進めたことも大きな理由です。水源は、二級河川上流にある農林水産省主体の多目的ダムです。このダムに10万㎡の水利権を得ることを計画しました。当時、私は担当部署で水利権の関連書類を作成し、申請に携わっていました。青森県庁や建設省(当時)のヒアリングでは、10万㎡の水を使用する目的、根拠を示して説明することによりかなりの時間を要しました。協議を開始して3～4年はかかったと記憶しております。5万8,000㎡の水利権を得たときに苦勞が報われ感慨深いものがありました。苦勞したこと、しんどかった経験は覚えているものです。

ここで強調したいのは、給水人口が増えていく時代を経験しているのも、配水量の減少は大きな問題です。ご承知のように水道事業は装置産業です。浄水場の規模や埋設管の口径は水量に対して一定程度の余裕をみて設計します。どの程度まで余裕を持っておくか難しい問題ですが、当然ながら埋設した後に「給水量が増加したので水量が不足します」、とはできないわけです。この観点からも将来予測を担当する計画部門は重要です。

現在のような人口減少の時代となれば、施設が過大であると評価を受けることも致し方ありませんが、当時の状況では人口が減少するという考えは日本の社会全体としてあまり意識していませんでした。水道施設の余剰分もそうですが、職員数、個々人の仕事に対する姿勢も

余裕を持っていないと、いざ災害や事故時には住民の対応が疎かになり、大きなトラブルを招くことになります。

企業団としての人材育成

現在は155名の職員体制で業務を行っています。企業団で採用となると、定年まで企業団の内部での人事異動はありますが、市町の行政との異動はありません。メリットでもあり、デメリットでもあります。職員には水道のプロとしての心構えを伝えています。上司が部下に対して指導、目配りをしなければいけません。放置しているだけでは、職員は育ちません。現在の水道界を俯瞰してみると大きな問題であると感じています。上司の立場からは、仕事を覚えてもらうために部下には時に厳しく指導することも必要です。厳しい指導は信頼関係を構築していればできるはずです。蛇口をひねれば当たり前のように出る水道水は、職員のため努力があって、実現できていることを全職員に意識させねばなりません。部下の立場は「あの人に指導されればありがたい」、と思ってもらえる上司が理想ですが、当人同士が美しいハーモニーを描いて切磋琢磨することが最適解です。現代の上司には10回叱ると数回は褒めることを行う、「気遣い」が必要です。部下に業務の目的を明確に説明し、部下が納得するまで時間をかけねばなりません。結論を言えば、すべてにおいて「人が財産」です。

これからの時代、老朽管は増加し、給水収益は減少する現状から、計画を立案しどのように実行に移すべきか、現在の状況下で如何に人材を育成すべきか、悩みはつきません。また、私の先ほどの経験談にもありますが、企業団のメリットは技術畑で採用された職員でも総務課や経営企画課などの事務畑にも配属させて、財政や料金、広報などの業務も経験させます。技術畑は「技術がすべて」という考



2019年1月4日仕事始めの式（訓示）

えに陥りやすいのですが、事務畑を経験することによって自分たちの技術畑の仕事を多角的に捉えるきっかけになり、また技術畑と事務畑の仕事の常識は異なり、その部分を学ぶことができるため、オールマイティーな人材となります。極端な例を言いますと、技術畑は「工事する予算が不足していても工事、工事」と要望するわけです。そこで事務畑に「予算がない」と言われても、事務畑の状況が理解できません。水道事業全体の予算を見て工事は実施しなければなりません。その予算のあり方も勉強する必要があります。これを覚えるためには数年の時間が必要です。工事のことだけ知っていればよいという技術畑の職員では困ります。

また、組織のトップが新しいことにチャレンジしている姿勢を見せることも重要です。仕事には、常に問題ややるべき課題があるものです。それをクリアするために、どの手法で進めるか、トップは判断をくださねばなりません。その判断を職員は見ています。何でも前向きに考えていける風土を構築するために繰り返し繰り返し説明しなければなりません。職員からチャレンジする気持ち、前向きなモチベーション欲が湧いてくれば上司は見守るだけでよいわけです。

影響を受けた人物

八戸市水道部時代の昭和43(1968)年5月16日に十勝沖地震が発生し、水道管が壊滅的な状況となりました。その当時、耐震管をメーカーと共同で開発した田辺一政さんです。田辺さんからは「水道事業は特殊なものだから頑張るように」と声をかけていただいたことが忘れられません。今考えると、メーカーとタイアップして新たな研究を事業体が行い、それが八戸市だったことは、誇りに思えることです。今でこそ、耐震管は全国的にスタンダードとなって、「地震が発生しても水道管は問題ありません」と言えるのは、彼とメーカーの努力の結晶です。その後も、耐震管の挙動調査のため設置した地震観測所も、地震計を設置して、1年に1回、データとともに報告書を提出していただき、開発された耐震管は地震に対して有効であることを実証してきました。

また、先ほど申し上げた平成21(2009)年の正月の断水事故当時の企業長であった小林眞市長、副企業長であった大久保勉さん、榎本善光さんです。今、私がおの立場で、同じ対応ができていくか考えると、先輩方はとても偉大であったと思います。



地震観測記念模型で説明を行う

現在の水道業界へ

組織のトップに就任する人は、50年～100

年後の「水道事業」を具体的にイメージする必要があります。継続して事業を進めるためには必ず職員力が必要です。末端給水事業で言えば蛇口から水が出ていれば全てがOKではありません。将来の人口減少、給水収益の大幅な減少を考えると、事業規模の違いがあっても広域的な連携を考える必要があります。

私の個人的な考えですが、全国の事業体で水道に関する「バッドニュース」を数多く報道機関に情報提供しても良いと思っています。施設や管路は老朽化が進んでいることは間違いない、それらを含め使用者に知らせる必要があります。

多くの情報を提供することで、逆に水道に対して興味を持ってもらえることもあるでしょう。

思い描く水道業界の未来など

老朽管の更新事業が現在以上に効率的にできないかを考えています。例えば、同じ管の更新でも新たな技術を駆使して1時間短縮できないのか、その工事手法を活用することが一般化できれば、時間を積み上げることで職員の負担を減らすこともでき、工事量を増加することができます。これからも貪欲に新たな技術を研究して行きます。また、若い世代に興味を持ってもらう業界にしなければなりません。業界がICT技術を活用して、若い人に興味をもつていただき、水道業界で活躍してもらうことを期待しています。

— インタビュー中、昔を思い出しながらも苦労話をにこやかに話す古川副企業長からは水道に対する情熱を強く感じることができました。時に厳しい言葉をかけるが、「人が財産」とおっしゃった古川副企業長、これからも業界に新たな風をおこしていただくことを期待してやみません。

Technical Report 01

技術レポート

泥炭性軟弱地盤における ダクタイトイル鉄管の適用事例

国土交通省北海道開発局
札幌開発建設部 岩見沢農業事務所
第2 工事課長
清水 拓郎



1. はじめに

一級河川石狩川の中・下流部に広がる泥炭地は、先人らの地まぬ努力などにより、排水性の悪い未墾地・原野から北海道内屈指の稲作地帯へと変貌を遂げた。ここで生産される米の食味等は全国から極めて高い評価を得ている。

泥炭地は、枯死した植物の生化学分解が十分行われないうまま生成した有機質土から成ることから、多量の水分を含み、軟弱で、高い圧縮性を持つことから排水改良に伴う沈下が生じやすい¹⁾。

この特殊な性質により、主として泥炭で構成される軟弱地盤に埋設された農業用パイプラインでは、過去から、地下水位の変動に伴う経年的な地盤沈下の進行に起因する管継手部の離脱や管体破損などの事故が多数確認さ

れている²⁾³⁾。このため、本地区内の用水路(呼び径 600 以上)では、土質条件や経済性を考慮し、比較的軽量で、継手のない配管(溶着)となる高密度ポリエチレン管(以下、「PE 管」という)を採用してきた。

一方で、ダクタイトイル鉄管は耐震性や地盤追従性に優れた継手など、用途に応じた開発が進められており、北海道胆振東部地震(2018 年)で被災した国営造成施設の復旧工事では大口径の鎖構造継手が採用されるなど、泥炭が多い北海道においても施工事例が増加する状況となっている。

今回、国営農地再編整備事業「美唄茶志内地区」(以下、「美唄茶志内地区」という。)桜井支線用水路(呼び径 800)の整備にあたり、泥炭の不同沈下を考慮した安全性や経済性を踏まえ比較検討を行った結果、最も有利な管種

としてダクタイト鉄管を選定した。また、泥炭性軟弱地盤におけるダクタイト鉄管の施工事例は、まだ多くないことから、経年的な沈下への追従性を確認することを目的に、管の挙動観測を実施することとした。本稿では、これらの概要について報告する。

2. 地形・地質及び施設の概要

(1) 地形・地質の概要

美唄茶志内地区は美唄市に位置し、石狩川左岸に広がる約1,570haの水田地帯である。地区の主要工事である区画整理は、傾斜区分1/1,000～1/100の田を対象とした低平地で事業を実施している。また、美唄市の地質図幅(昭和40年地質調査所)では、高位泥炭及び低位泥炭が広く現れており、昭和46年度調査実施の「地力保全基本調査成績書 空知中部地域(北海道道立中央農業試験場)」を基本としつつ、現地踏査及び現地土壌断面調査を行ったところ、地区内の水田土壌では7割以上が泥炭由来の土壌であった(図1)。

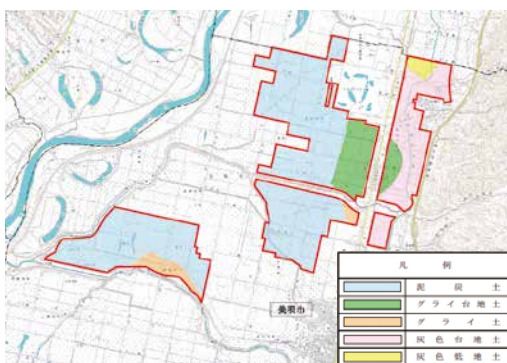


図1 土壌区分図(美唄茶志内地区)

(2) 施設の概要

今回整備した桜井支線用水路は、農地の区画整理工事に伴う水掛(かんがいされる区域、用水系統)の統合の後、新設変更を行うもので、

北海幹線用水路(フルーム水路)から分岐している茶志内幹線(管水路)を起点とする延長L=0.7kmの配水系クローズドパイプラインである。最大通水量 $Q=0.886\text{m}^3/\text{s}$ (代かき期)、管径800、静水圧は最大0.16MPaである(図2)。



図2 施設位置図

3. 設計の概要

(1) 配管計画

本水路の総延長は約630mである。配管計画にあたっては、管継手の性能とコストを勘案し、一般区間(約330m)と重点対策区間(約300m)に区分することとした。このうち重点対策区間は、軟弱地盤に起因する施設変状、特に不同沈下が予想される区間であるため、高性能継手の採用を検討するものとした。

(2) 比較管種の選定

美唄茶志内地区で造成する支線及び末端用水路では、施工区域の土質条件や経済性を考慮し、呼び径500以下は全ての地盤条件で硬質ポリ塩化ビニル管(VU管やVP管など)、呼び径600以上は普通地盤で強化プラスチック複合管(FRPM管)、軟弱地盤・泥炭地盤ではPE管として管種設定を行ってきた。しかし、近年では、樹脂系管材の突発事故の増加や北海道胆振東部地震(2018年)のよう

な大規模自然災害による管路の被災などが懸念事項とされている。管材の長期特性を踏まえた構造設計や施設の重要度に応じた耐震対策など、新たな考え方が採り入れられ始めたことから、桜井支線用水路(呼び径800)の整備では、軟弱地盤において慣例的に採用されてきたPE管と、鉄系材料で長期供用時にも性能が変化せず、軟弱地盤への追従性や耐震性に優れ、かつ、北海道内での多くの施工実績を有するダクタイル鉄管を対象に比較検討するものとした。

(3) 比較検討方針

比較検討では、地区内の基盤となる泥炭に着目し、排水促進に伴う地盤の不同沈下、管体敷設による荷重の増加、区画形状の変更による影響を踏まえた安全性や経済性を総合的に評価することとした。

最新の他地区の事例収集や、資材メーカーからの聞き取り等により、耐震用のNS形ダクタイル鉄管及びNS形継輪(以下、「NS形」という。)には、大きな伸縮・屈曲性能や離脱防止性が期待でき、不同沈下に十分対応可能なこと、ALW形ダクタイル鉄管(以下、「ALW形」という。)は、NETIS(新技術情報提供システム)登録技術であり、従来(K、T形)のダクタイル鉄管と比べ軽量なことが確認できたことから、今回は、以下3ケースを検討対象とした。

- ① 高密度ポリエチレン管：地区の支線用水路で採用。軽量で、継手を溶着することで管路が一体化されるため、地盤変動への追従性が高い。
- ② ALW形ダクタイル鉄管+NS形ダクタイル鉄管：ALW形は従来のダクタイル鉄管

よりも軽量。NS形を併用することで耐震性(地盤変動への追従性)を強化。

- ③ NS形ダクタイル鉄管：耐震性(地盤変動への追従性)、強度に優れる。

(4) 管路の自重と沈下量

桜井支線用水路の路線沿い及び近隣で実施したボーリング調査資料では、概ね泥炭層厚が約5m、その下にN値5未満の粘土やシルトの軟弱粘土層厚が約10m確認されており、全体として軟弱層厚が15m程度と判断された。また、近傍のボーリング調査でも泥炭層厚は同様の傾向であった。これにより、軟弱地盤層厚を15mと仮定した場合の沈下量(概略)を「泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル」にある概略式より求めたところ、呼び径800のALW形は0.43m、NS形は0.51mと算定された(沈下量の計算は、管満水時の重量、管投影面積分の上載荷重等から求めた簡易的なものである)。

なお、従来のPE管とALW形を比較した場合、沈下量はALW形の方が0.11m多い程度であり、沈下量計算の係数のひとつである増加応力では管重の比率が1.32に対し満水時管重+水重の比率が1.07となった(表1)。このことから、沈下量に与える増加応力については、管重の要素は大きくないと評価された。

表1 想定沈下量と重量比(呼び径800)

管種	想定沈下量(m)	管重(比率)(kN/m)	水重(比率)(kN/m)	満水時(比率)(kN/m)
PE管	0.32	1.184(1.00)	5.207(1.00)	6.391(1.00)
ALW形	0.43	1.557(1.32)	5.294(1.02)	6.851(1.07)
NS形	0.51	2.999(2.53)	5.178(0.99)	8.177(1.28)

(5) 地盤変状に対する継手の特徴と追従性

ALW形もNS形も、継手部に伸縮・屈曲性能を有している。さらにNS形の場合は離脱防止機能も有している。そこで、沈下に対する管の健全性の確認にあたっては、可とう管等の沈下を吸収する資材に頼らずに、各継手の最大屈曲角度から求めた限界伸び出し量を沈下追従性として評価することとした。

また、NS形に代表される鎖構造継手管路では、曲管に近い継手から屈曲と伸び出しが生じ、次々に外側の継手に伝達して管路全体が変位する。このことから、鎖構造継手管路の変形モードを参照し⁴⁾、①直管1本が限界まで屈曲した時の変位量と②直管4本分での変位量、の2パターンについて想定沈下量への適否を検証した(図3、図4)。

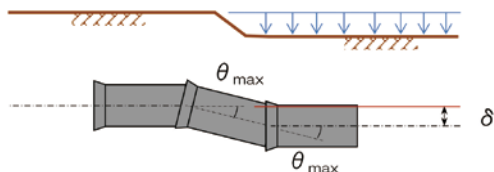


図3 直管1本が限界まで屈曲した状態の模式

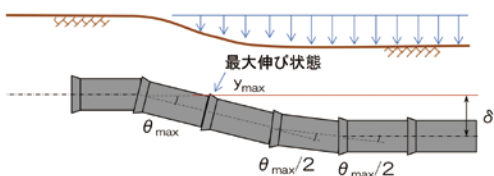


図4 直管4本が限界まで屈曲した状態の模式

計算の結果、呼び径800のALW形の場合、想定沈下量の0.43mに対し、直管1本での変位量の限界値は0.502mであった。また、NS形の場合、想定沈下量0.51mに対し、直管1本分では0.731m、直管4本分では1.837mとなった(表2)。

表2 想定沈下量と変位量(呼び径800)

管種	想定沈下量(m)	①直管1本での変位量限界(m)	②直管4本での変位量限界(m)
ALW形	0.43	0.502	—
NS形	0.51	0.731	1.837

以上より、最大沈下量が局所的に生じる最も厳しい条件でも、ALW形及びNS形は、可とう管等の沈下を吸収する資材に頼らずに、直管のみで沈下に追従可能と判断された。

(6) 採用管種の決定

泥炭土の不同沈下を考慮した安全性や経済性など総合的に判断し、本水路においては、従来のPE管よりも、ダクトイル鉄管のALW形とNS形を適切に使い分けた方が有利と評価した。

(7) 施工方法及び施工断面

本水路で選定したALW形及びNS形は、地盤への追従性に優れた管種ではあるが、施工にあたっては、従来工事と同様に、不同沈下の抑制を目的として、掘削溝の縦断方向に沿って不同沈下抑制シート(引張強度6kN/m)も敷設することとした(写真1)。一方、浮上



写真1 不同沈下抑制シート敷設状況

対策としては、管路が浮上しないための最小必要土被りを算出し、埋設深さを設定した。また、当該地盤条件のように特殊土壌腐食環境(泥炭地帯、腐植土や粘土質の土壌)にある場合、錆等の進行による管体腐食を防止する対策を行う必要がある。このため、当該路線では、防食対策として水道事業でも採用されているポリエチレンスリーブ被覆を行った(写真2)。



写真2 ポリエチレンスリーブ被覆状況

なお、本地区の基礎材及び埋戻し材は、管内で施工実績があり、経済的にも有利な現地発生土(泥炭)とし、用水付帯盛土のみ購入土とした(図5)。

4. 管の挙動観測計画

(1) 挙動観測の目的

泥炭性軟弱地盤に埋設されたALW形及びNS形について、経年的な沈下への追従性を確認し当該施設の機能の検証を行うことを目的とし、管の挙動を観測することとした。

(2) 挙動観測の内容

観測区間は、道路横断後を起点とした約48mの区間1(重点対策区間)と、田面高さ(上載荷重)に差がある地点を含む直線部約36mの区間2(一般区間)とした(図6)。

観測項目は、①管路の沈下、②継手の動き、③管の変形、④地下水位の変化、⑤周辺地盤の沈下とし、併せて⑥現地盤の物性試験、⑦埋戻し土の材料試験も実施した。

観測区間内の管には、1本毎に沈下高さを測量するための立上げ管(S1～S15)を設置し、継手には伸縮・屈曲量を測定するための変位計(J1～J12)を1継手当り3箇所設置した。ALW形及びNS形の各1本(D1、D2)には、管外面の円周方向12点にひずみゲージを貼

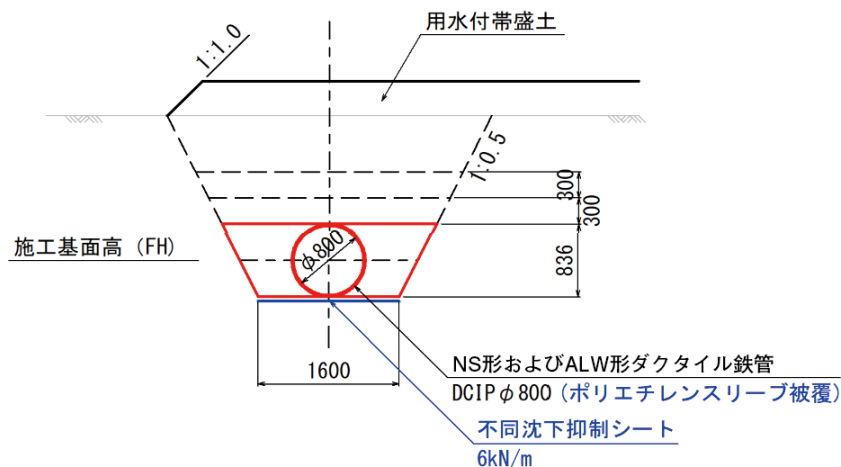


図5 標準断面図(呼び径 800)

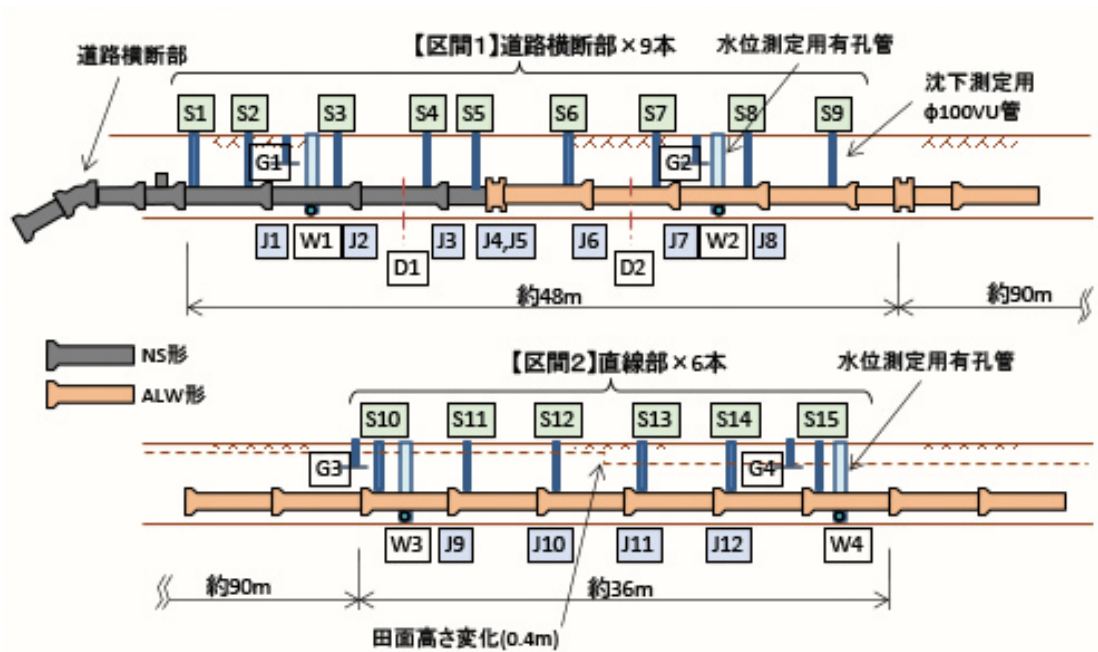


図6 挙動観測区間と計測位置

付けて埋設した。また、地下水位の変動を計測するため、各区間に2か所ずつ水位計(W1～W4)を設置するとともに、周辺地盤の変動を把握できるよう、計測管路と並行した4か所に、GL-0.6mの深さで平板と立ち上げ管(G1～G4)を設置した。なお、①⑤は計測作業によるレベル測量、②③④はデータロガーによるインターバル計測である。

(3) 観測期間

観測期間は、現時点で概ねの沈下収束までの期間として3年間を想定している。今後の計測値の蓄積状況とデータの傾向を踏まえて、適宜修正する予定である(表3)。

表3 観測期間

	(1) 管路の沈下	(2) 継手の動き	(3) 管の変形	(4) 地下水位の変化	(5) 周辺地盤の沈下	現地盤及び埋戻土	備考
現地盤掘削	—	—	—	—	—	●	埋戻し完了から1年後までの間は計測頻度を多くとる。
管布設	●	○	○	設置	●	—	
管芯埋戻し	—	○	○	—	—	●	
管頂埋戻し	●	○	○	—	—	●	
埋戻し完了	●	○	○	○	●	—	
1年後	●	○	○	○	●	—	
2年後	●	○	○	○	●	—	
3年後	●	○	○	○	●	—	

●：計測作業によるレベル測量
○：データロガーによるインターバル計測

5. 初期観測結果

ここでは、管布設開始から盛土完了までに確認された管体の初期沈下量について計測結果を報告する。

なお、計測期間は管布設時点を起点(区間1:2022年10月7日、区間2:2022年9月22日)とし、付帯施設の支線農道の施工が完了した2022年11月15日までとしている。

①区間1(道路横断後を起点とした約48mの区間)

盛土完了時の最大沈下量は、継輪付近S5地点で計測された182mmであった。現状、水重の影響は受けていないものの、表2に示す想定沈下量より小さな値であった。また、最小沈下量はS8地点での111mmであり、両地点の差は71mmであった(図7)。現在のところ、継ぎ輪部分の沈下が他よりやや大きい傾向であるが、管路は概ね一様に沈下しているものと推測される。

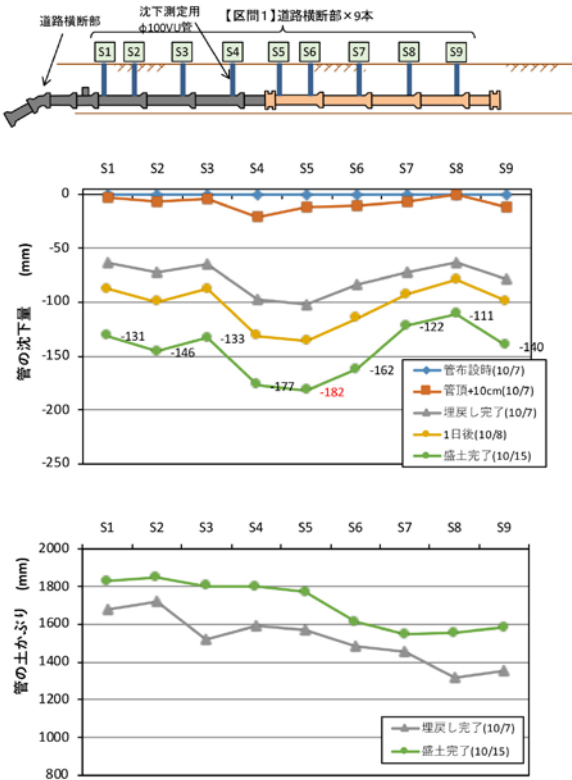


図7 区間1での沈下量と土かぶり

②区間2(直線部の約36mの区間)

盛土完了時の最大沈下量はS10地点で計測された237mmであった。これも区間1と同様に、表2に示す想定沈下量より小さな値であった。また、最小沈下量はS13地点での107mmであり、両地点での差は130mmであった(図8)。

区間2では、盛土の土かぶりの増分に差があり、盛土荷重の大きいS10～S12で、特に沈下量が増加している。この土被りの違いは、区間2として田面高さに差のある地点を選んだためであり、盛土整形時に所定の高さに調整されたことで沈下が進行したものと考えられる。

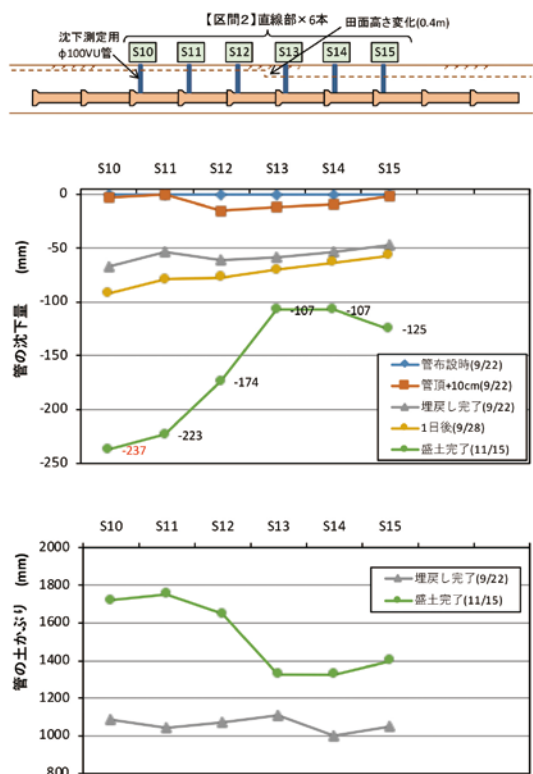


図8 区間2での沈下量と土かぶり

6. おわりに

泥炭地を対象とした基盤整備では、施工に伴う泥炭層の排水促進による沈下が課題とされている。供用後の施設機能の低下を回避するためには、設計及び施工時の対策を適切に行うことが重要である。

今回、桜井支線用水路の工事では、日施工量を踏まえたサイクル（掘削、管布設、埋戻し）で順調に推移し、降雨等の影響を受けることもなく無事工期限内に完工した（写真3）。また、計測値から判断される管の挙動（継手の動きや管の変形）は十分に安全な範囲にあり、泥炭性軟弱地盤特有の沈下に対しても十分対応できている。この場を借りて関係各位に厚く

御礼申し上げます。

本報では計測開始から約1か月経過時点における初期観測結果について述べたが、泥炭地では、盛土の場合、施工終了後数ヶ月で一次圧密の大部分が終了するとされている⁵⁾。これからは融雪前後の地下水位の年変動や水利用との関係を踏まえながら管の挙動観測を継続するとともに、関係機関との適切な状況共有を図りながら評価を進めていく所存である。

今後も新技術の適用可能性の検討とその実証を継続し、同様の条件下にある施設設計における技術的な選択肢の付与となるよう取り組んでいきたい。



写真3 管体工・施工状況

●参考文献

- 1) 農業土木学会：日本の特殊土壌（梅田安治）
- 2) 農業農村工学会：泥炭地における農業用パイプラインの沈下と漏水リスク管理（坂本克史、植屋賢祐）
- 3) 第65回北海道開発技術研究発表会：泥炭性軟弱地域等におけるパイプラインの更新技術に関する研究（南雲人、寺田健司、大久保天）
- 4) 神戸大学、茨城大学、農研機構：液状化地盤におけるパイプラインの耐震化向上技術 設計・施工マニュアル 管路屈曲部の耐震工法
- 5) 北海道開発土木研究所月報：泥炭地盤の長期的な沈下（土質基礎研究室）2002年6月

Technical Report 02

技術レポート

ダクタイル鋳鉄管の 各種内外面塗装埋設実験 ～長期耐久性の検証～

大阪市水道局 工務部 配水課
豊島 幸司

1. はじめに

1.1 実験概要

大阪市水道局では、ダクタイル鋳鉄管の長期耐久性を評価するため、昭和54(1979)年及び平成元(1989)年に大阪市港区千船橋から中央突堤に至る道路下に呼び径400mmを埋設し、過去に埋設開始から2年後、5年後、10年後、20年後に管体の掘り上げ調査を行っており、今回、埋設開始から30年及び40年経過後の管体を掘り上げ、管体の内・外面の腐食状況、ポリエチレンスリーブ及びゴム輪の物性値などの分析を行ったので、その結果について報告する。

1.2 埋設場所

大阪市港区築港2丁目8番地(写真1)



写真1 埋設場所

1.3 埋設期間

(1) 約30年経過管

埋設時期 : 平成元(1989)年9月

掘り上げ時期 : 令和3(2021)年3月

埋設期間 : 約31年6ヶ月

(2) 約40年経過管

埋設時期 : 昭和54(1979)年11月

掘り上げ時期 : 令和3(2021)年3月

埋設期間 : 約 41 年 4 ヶ月

1.4 掘り上げ調査管

調査管の配置詳細図を図 1、内外面塗装等仕様を表 1 に示す。

(1) 約 30 年経過管

- ・呼び径400mm×長さ2000mm 乙切管3本
- ・呼び径400mm K形継ぎ輪 3ヶ

(2) 約 40 年経過管

- ・呼び径400mm×長さ2000mm 乙切管3本
- ・呼び径400mm K形継ぎ輪 2ヶ

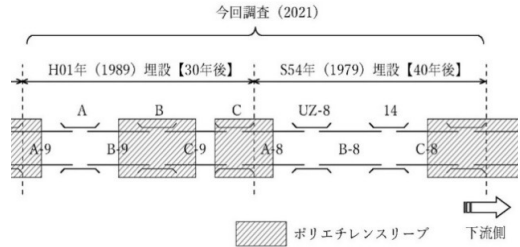


図 1 配置詳細図

なお、現在における本市の主な材料仕様について、管外面塗装として、呼び径 250mm 以下の小口径管路はアクリル系塗装、呼び径 300mm 以上の中大口径管路はエポキシ系塗装、管内面塗装として、小口径管路は、エポ

表 1 内外面塗装等仕様

埋設年数	区分	No.	外面仕様			内面仕様	本数	備考
			範囲	塗装仕様	ポリエチレンスリーブの有無			
30年間	直管(乙切管)	A-9	上流側	酸化被膜+亜鉛溶射+アクリル系塗装	有	セメントモルタルライニング+浸透性シールコート	1	—
			下流側		無			
		B-9	上流側	酸化被膜+エポキシ系塗装	無	アルミナセメントモルタルライニング	1	ボルトナットはSUS403
			下流側		有			
		C-9	上流側	ショットブラスト処理+亜鉛溶射+エポキシ系塗装	有	エポキシ樹脂粉体塗装	1	ボルトナットはナイロン被覆DCI
			下流側		無			
	継ぎ輪	A	—	無	エポキシ樹脂粉体塗装	1	—	
		B	—	有				
		C	—	有				
40年間	直管(乙切管)	A-8	上流側	酸化被膜+無機系ジンクリッチペイント+タールエポキシ塗装	有	セメントモルタルライニング	1	ボルトナットはDCI(30年間埋設)
			下流側		無			
		B-8	上流側	酸化被膜+エポキシ樹脂粉体塗装	無	エポキシ樹脂粉体塗装	1	ボルトナットはSUS403
			下流側		無			
		C-8	上流側	ショットブラスト処理+無機系ジンクリッチペイント+タールエポキシ塗装	無	エポキシ樹脂粉体塗装	1	ボルトナットはSUS403
			下流側		有			
	継ぎ輪	UZ-8	—	ショットブラスト処理+有機系ジンクリッチペイント+タールエポキシ塗装	無	エポキシ樹脂粉体塗装	1	—
		14	—	ショットブラスト処理+タールエポキシ塗装	無			

キシ樹脂粉体塗装、中大口径管路は、モルタルライニングを使用している。また、ボルトナットについて、K形等一般継手はDCI製、耐震継手はSUS製を使用している。

1.5 埋設土壤

埋設場所の大阪市港区築港は、昭和4年に埋立造成された港湾地区で、地盤沈下のため、昭和22～23年に海底あるいは河底の浚渫土砂、工業廃棄物、石炭ガラ等により盛土がなされた腐食性の強い埋設環境である。

調査箇所は、過去の調査時と同様とし、12箇所(30年後6箇所、40年後6箇所)とした。各調査時期における土壤の腐食性調査結果の比較を表2に示す。調査時期によってバラツキはあるが、いずれもANSI評価点数が10点を超えており、腐食性の強い埋設環境が確認できる。

表2 土壤の腐食性調査結果の比較 注2)

調査時期	注1) 比抵抗(2) ($\Omega \cdot \text{cm}$)	Redox 電位 (mV)	含水率 (%)	pH	ANSI <small>注3)</small> による 評価点	
2年後	365	+269	63.3	7.9	15.5	
5年後	762	+339	56.5	7.4	14.8	
10年後	1012	+252	29.2	7.4	10.6	
今回	30年後	1033	+335	41.7	8.2	14.3
	40年後	636	+476	51.5	6.4	15.3

注1) 比抵抗(2)は純水で飽和させた状態の値を示す。

注2) 表中の数値は、同一時期に調査した土壤採取位置6箇所の平均値を示す。

注3) ANSIは土壤の腐食性を示す指標(アメリカ国家規格)である。

2. 調査結果

2.1 調査状況

埋設管の掘り上げ状況を写真2、3に示す。



写真2 掘削状況



写真3 調査管の状況

2.2 各調査結果

調査項目は以下のとおり

- ・管体の外面状況
- ・管体の内面状況
- ・ポリエチレンスリーブの状況
- ・ボルトナットの状況
- ・ゴム輪の状況
- ・管体の組織

2.2.1 管体の外面状況

管体の外面状況について、以下に主な仕様の結果について概要を述べる。

表3に示すように、これまでの調査結果と比較してみると、腐食が進行し、防食仕様ごとの差が明確になったことが確認できる。

腐食が大きくなっている傾向の順番として経過年数が異なるが、タールエポキシ塗装のみ、ジンクリッチペイントを下塗りしたタールエポキシ塗装、エポキシ樹脂粉体塗装、亜鉛溶射+エポキシ系塗装となっており、ポリエチレンスリーブを装着したものは腐食が認められなかった。

表3 管外面の経過年数別の比較

調査時期	供試管の種類	管外面の防食仕様					
		昭和54年開始分			平成元年開始分		
		タールエポキシ塗装のみ	ジンクリッチペイントを下塗りしたタールエポキシ塗装	ポリエチレンスリーブを装着したもの	エポキシ樹脂粉体塗装(酸化被膜あり)	亜鉛溶射+エポキシ系塗装	亜鉛溶射+エポキシ系塗装+ポリエチレンスリーブ
今回供試管No.	B-8(下流側)、14	C-8(上流側)、UZ-8	A-8(上流側)、C-8(下流側)	B-8(上流側)	C-9(下流側)	C-9(上流側)、B、C	
2年後	乙切管	1.0mm	赤錆の発生のみ	赤錆の発生のみ	赤錆の発生のみ	-	-
	継ぎ輪	フランジの角で腐食	赤錆の発生のみ	赤錆の発生のみ	-	-	-
5年後	乙切管	1.6mm	0.8mm	赤錆の発生のみ	赤錆の発生のみ	-	-
	継ぎ輪	2.1mm	1.0mm	赤錆の発生のみ	-	-	-
10年後	乙切管	2.3mm	0.8mm	赤錆の発生のみ	0.3mm	赤錆の発生のみ	赤錆の発生のみ
	継ぎ輪	2.3mm	0.7mm	赤錆の発生のみ	-	フランジの角で腐食	特に異状なし
20年後	乙切管	2.5mm	1.7mm	赤錆の発生のみ	赤錆の発生のみ	-	-
	継ぎ輪	2.8mm	1.2mm	-	-	-	-
30年後	乙切管	-	-	-	-	0.7mm	赤錆の発生のみ
	継ぎ輪	-	-	-	-	-	赤錆の発生のみ
40年後	乙切管	2.6mm	2.2mm	赤錆の発生のみ	2.6mm	-	-
	継ぎ輪	4.5mm(フランジの角)2.5mm	赤錆の発生のみ	-	-	-	-

注)表中の数値は、最大腐食深さを示す。最大腐食深さは東地点、西地点の内、大きい方の腐食深さを示す。

- 1) タールエポキシ塗装のみを施したものの(乙切管B-8下流側、及び、継ぎ輪14)は、腐食の発生が認められ、40年後の最大腐食深さは、2.6mm(乙切管)、及び、4.5mm(継ぎ輪14のフランジ角部)であった。
- 2) ジンクリッチペイントを下塗りとし、タールエポキシ塗装を上塗りとして用いたもの(乙切管C-8上流側)にも、若干の腐食の

発生が認められ、40年後の最大腐食深さは2.2mmであった。これは、前述のタールエポキシ塗装だけのものよりも小さい値であり、ジンクリッチペイントの効果が表れていると考える。

- 3) ポリエチレンスリーブを装着したものは、いずれの塗装仕様においても、一部で赤錆が発生していた程度で、腐食は認められなかった。40年経過管のポリエチレンスリーブありとなしの場合の外面状況(写真4、5)に示すとおり、ポリエチレンスリーブがある場合は腐食が認められない。



写真4 ポリエチレンスリーブなしの外面状況



写真5 ポリエチレンスリーブありの外面状況

- 4) 外面にエポキシ樹脂粉体塗装を施したもの(試作品)は、腐食の発生が認められ、40年後の最大腐食深さは2.6mm(乙切管B-8上流側)であった。
- 5) 平成元年に追加した亜鉛溶射+エポキシ系塗装(乙切管C-9下流側)は、ごく僅かに腐食の発生が認められ、30年後の最大腐食深さは0.7mmであった。

2.2.2 管体の内面状況

管体の内面状況について、以下にその概要を述べる。

表4 管内面の経過年数別の比較

調査時期	供試管の種類	管内面の防食仕様					
		昭和54年開始分		平成元年開始分			
		セメントモルタルライニング (当時のシーラコート)	エポキシ樹脂粉体塗装	エポキシ樹脂粉体塗装	セメントモルタルライニング (浸透性シーラコート)	アルミナセメントモルタルライニング	
		今回 供試管No.	A-8	B-8、C-8 UZ-8、14	C-9 C	A-9	B-9
2年後	乙切管	異常なし	異常なし	—	—	—	
	継ぎ輪	—	異常なし	—	—	—	
5年後	乙切管	異常なし	異常なし	—	—	—	
	継ぎ輪	—	異常なし	—	—	—	
10年後	乙切管	異常なし	異常なし	—	異常なし	異常なし	
	継ぎ輪	—	異常なし	—	—	—	
20年後	乙切管	顕著な異常はなし ^{注2)}	異常なし	—	—	—	
	継ぎ輪	—	異常なし	—	—	—	
今回	30年後	乙切管	—	—	異常なし	異常なし	異常なし
		継ぎ輪	—	—	異常なし	—	—
	40年後	乙切管	管端部でわずかに剥離した箇所が認められた	異常なし	—	—	—
		継ぎ輪	—	異常なし	—	—	—

注1) 表中の評価は東地点、西地点の内、変化の大きい方の状態を示す。

注2) 管端付近で、シーラコートの劣化した部分がわずかに認められた。

表4に示すように、当時のシーラコートでわずかに剥離が認められたが、それ以外の仕様では、すべて異常は認められなかった。

1) セメントモルタルライニング(当時のシーラコート)は、40年後、管端部でわずかにシーラコートの剥離した箇所が認められた(写真6)。

2) セメントモルタルライニング(浸透性シーラコート)、及び、アルミナセメントモルタルライニング(試作品)はいずれも健全であり、異常は認められなかった(写真7)。



管端部で僅かに剥離した箇所あり

写真6 内面状況



異常なし

写真7 内面状況

3) エポキシ樹脂粉体塗装は、健全であり、異状は認められなかった(写真8)。



異常なし
写真8 内面状況

2.2.3 ポリエチレンスリーブの状況

ポリエチレンスリーブの物性調査結果を表5に示す。

埋設から20年後のポリエチレンスリーブの引張強さが若干低い値であるが、ポリエチレンスリーブ表面の傷等の影響を考慮すると、有意差はないものと考えられる。

表5 ポリエチレンスリーブの調査結果

調査時期	試料	引張強さ(MPa)			伸び(%)		
		縦(軸方向)	横(周方向)	規格値	縦(軸方向)	横(周方向)	規格値
2年後	東地点	15.5	16.5	9.8以上注1	404	518	250以上注1
	西地点	15.4	15.6	9.8以上注1	416	483	250以上注1
5年後	東地点	15.2	16.7	9.8以上注1	375	555	250以上注1
	西地点	14.7	16.7	9.8以上注1	340	520	250以上注1
10年後	東地点	15.7	19.6	9.8以上注1	430	580	250以上注1
	東地点 (平成元年追加)	21.6	22.5	19.6以上注2	510	580	500以上注2
	西地点	14.7	18.6	9.8以上注1	350	560	250以上注1
20年後	東地点	12.7	13.7	9.8以上注1	360	460	250以上注1
	西地点	-	-	-	-	-	-
今回 30年後	東地点	-	-	-	-	-	-
	西地点 (平成元年追加)	19.7	20.1	19.6以上注2	501	570	500以上注2
40年後	東地点	-	-	-	-	-	-
	西地点	15.9	17.3	9.8以上注1	390	549	250以上注1

注1) JCPA Z 2005-1975
注2) JCPA Z 2005-1989

なお、平成元年追加時のポリエチレンスリーブは昭和54年開始時に比べて、物性値が大幅に向上している。

昭和54年開始、平成元年追加のいずれについても、ポリエチレンスリーブの物性は、経年による劣化の傾向は認められなかった(写真9)。



外観の大きな変化なし

写真9 ポリエチレンスリーブ状況

2.2.4 ボルトナットの状況

使用されていたボルトナットは以下の3種類であり、各継手箇所当たり任意に1本抜き取ったものの成分分析結果を表6に示す。

- ・SUS403 製
- ・ナイロン被覆 DCI 製 + ポリエチレンスリーブ
- ・DCI 製 + ポリエチレンスリーブ

表6 ボルトナットの成分分析結果

調査時期	ボルトナットの種類	採取位置	分析元素(wt%)							ポリエチレンスリーブ	
			T・C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni		Mg
30年後	SUS403	A-9 下流側	0.13	0.36	0.64	0.030	0.014	12.35	0.38	-	無し
		B-9 上流側	0.10	0.32	0.64	0.030	0.013	12.09	0.37	-	無し
	DCI (ナイロン被覆)	B-9 下流側	3.58	2.81	0.36	0.068	0.005	0.08	0.07	0.030	有り
		C-9 上流側	3.55	2.81	0.32	0.066	0.012	0.06	0.03	0.035	有り
	DCI	C-9 下流側	3.56	2.65	0.30	0.074	0.007	0.06	0.02	0.031	有り
		A-8 上流側	3.71	2.48	0.30	0.075	0.008	0.06	0.02	0.030	有り
40年後	SUS403	A-8 下流側	0.12	0.37	0.77	0.026	0.008	11.96	0.10	-	無し
		B-8 上流側	0.11	0.35	0.74	0.026	0.008	11.81	0.09	-	無し
		B-8 下流側	0.12	0.37	0.77	0.023	0.007	11.84	0.09	-	無し
		C-8 上流側	0.12	0.35	0.75	0.024	0.008	11.78	0.09	-	無し
SUS403の規格値 (JIS G 4303)			0.15 以下	0.50 以下	1.00 以下	0.04 以下	0.03 以下	11.5 ~13	0.60 以下	-	

結果の概要については以下のとおり。

- 1) SUS403 製ボルトナットでは、大きな腐食は認められなかったものの、ボルトのネジ部先端や頭部角、ナットの角部等に、若干の腐食が発生しているものが認められた(写真10)。

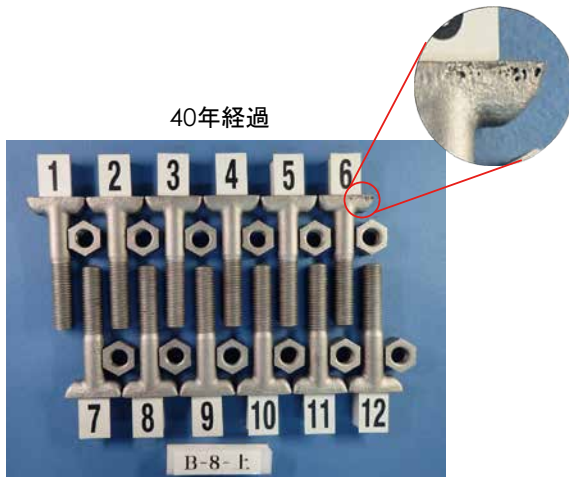


写真10 SUS製ボルトナット

また、SUS403 製ボルトナットの化学成分分析結果は、いずれも JIS G 4303「ステンレス鋼棒」に定められた規格値を満足していた。

- 2) DCI 製、及び、ナイロン被覆 DCI 製ボルトナットは、いずれもポリエチレンスリーブが装着されており、全体に赤錆が生じていたが、30年後においても顕著な腐食は認められなかった。

また、DCI 製ボルトナット(写真11)に比べ、ナイロン被覆 DCI 製ボルトナット(写真12)は赤錆の発生が軽微であった。

30年経過

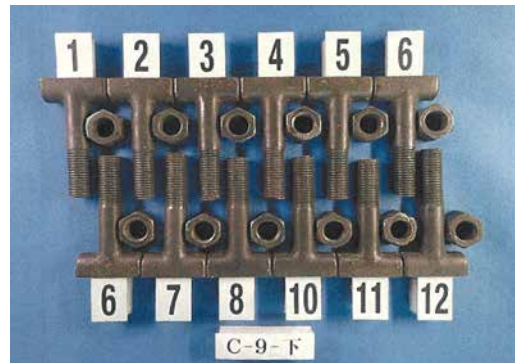


写真11 DCI製ボルトナット

30年経過



写真12 ナイロン被覆 DCI 製ボルトナット

2.2.5 ゴム輪の状況

管路に使用されていたK形ゴム輪について、JIS K 6353「水道用ゴム」に準じて行った物性試験の結果を表7に示す。

表7からわかるように、ゴム輪の物性は、当時の規格値を満足しており、約40年間使用後も顕著な劣化は認められなかった。

また、一部のゴム輪の断面形状(写真13)では、丸部と角部で変形が見られたものの、クラック等の異状は認められなかった。



写真13 ゴム輪の断面形状

表 7 ゴム輪の物性試験結果

調査時期	採取位置	試料の種類	硬さ (Hs) (JIS.A)	引張試験			老化試験			圧縮永久歪率 (%)	
				7MPa 荷重時の 伸び (%)	引張強さ (MPa)	伸び (%)	引張強さ 変化率 (%)	伸び 変化率 (%)	硬さ 変化率 (%)		
2年後	B-1 上流側 (東地点)	丸部	59	—	18.0	420	-6	-5	5	6	
		角部	72	—	22.6	300	0	-13	3	16	
	C-5 上流側 (西地点)	丸部	58	—	19.0	500	3	-4	2	10	
		角部	72	—	19.3	310	-11	-13	2	17	
5年後	A-2 下流側 (東地点)	丸部	57	199	19.6	410	-4	-5	3	5	
		角部	72	120	23.4	310	-2	-1	1	10	
	A-6 下流側 (西地点)	丸部	59	225	19.8	470	-5	0	1	5	
		角部	71	116	20.5	310	-7	-1	1	17	
10年後	A-3 下流側 (東地点)	丸部	60	201	19.2	420	-4	-2	3	12	
		角部	69	131	23.4	320	-5	-8	2	19	
	A 下流側 (東地点) 平成元年追加	丸部	59	200	20.6	480	-3	-2	3	8	
		角部	71	148	22.7	360	-4	-6	2	14	
	A-7 下流側 (西地点)	丸部	58	204	23.1	530	0	0	1	5	
		角部	70	145	21.6	370	-1	-6	2	15	
20年後	A-4 下流側 (東地点)	丸部	59	200	20.1	430	-6	-5	2	8	
		角部	72	123	24.5	310	-9	-10	4	19	
今回	30年後	B-9 上流側 (西地点)	丸部	56	273	20.4	530	-10	0	1	7
			角部	72	144	23.1	370	-4	0	2	8
		C-9 上流側 (西地点)	丸部	57	220	21.0	400	-5	-10	3	9
			角部	72	150	19.3	350	-7	-10	2	7
	40年後	A-8 上流側 (西地点)	丸部	56	236	17.8	430	-6	-14	0	3
			角部	70	140	20.9	340	2	4	2	11
		B-8 上流側 (西地点)	丸部	60	215	17.8	400	0	-3	0	5
			角部	73	120	19.3	310	-1	-7	1	8
C-8 上流側 (西地点)	丸部	56	236	18.5	450	-10	-3	2	5		
	角部	71	140	19.7	330	-1	0	2	11		
規格値 (JIS K 6353 -1977)		丸部	55 ± 5	350以下	17.7以上	400以上	-20以内	+10 ~ -30	+7 ~ 0	30以下	
		角部	70 ± 5	200以下	17.7以上	300以上	-20以内	+10 ~ -30	+7 ~ 0	30以下	

2.2.6 管体の組織

管体の組織について、管 No.A-8 より試料を採取して調査を行い、写真 14 より通常のダクタイル鋳鉄の組織を示していたことを確認した。

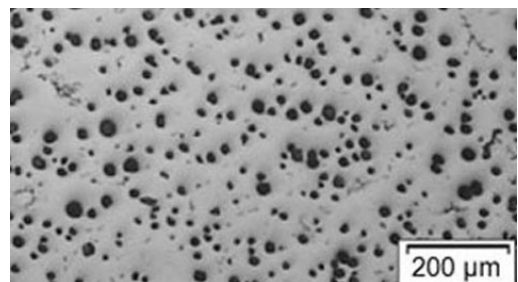


写真 14 ダクタイル鋳鉄の組織

3. 調査結果まとめ

3.1 管の外面について

図2に外面の塗装仕様と腐食深さの関係を示す。

本埋設実験の埋設環境は、強い腐食性を有しており、タールエポキシ塗装のみの管では、最大で2.6mm深さの腐食が発生していた。しかしながら、これまでの結果と比べると、埋設年数に比例して腐食が進行しているわけではなく、年数と共に腐食速度が低下していることがわかる。

ジンクリッチペイントまたは亜鉛溶射を下塗りとして用いている場合にも腐食が発生していたが、その程度はタールエポキシ塗装だけの場合よりも小さく、ジンクリッチペイン

トの効果が認められた。

ポリエチレンスリーブを装着した管では腐食は認められず、約40年間という長期間にわたって優れた防食効果を発揮していることを確認した。

3.2 管の内面について

内面については、セメントモルタルライニング(当時のシールコート)において、管端部でわずかにシールコートの剥離した箇所が認められたが、セメントモルタルライニング(浸透性シールコート)、アルミナセメントモルタルライニング(試作品)、及び、エポキシ樹脂粉体塗装はいずれも健全であり、異状は認められなかった。

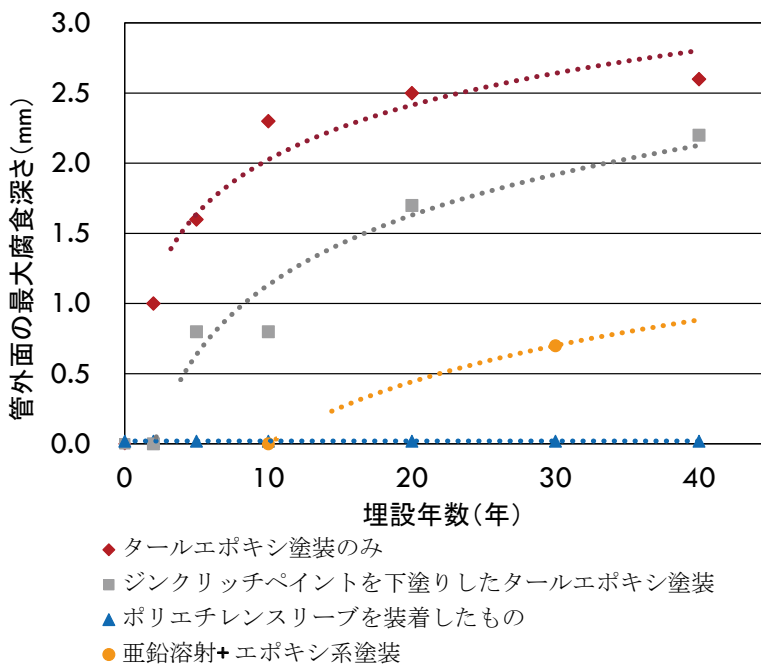


図2 設年数と管外面の最大腐食深さの関係
(乙切管の最大腐食深さより)

3.3 ボルトナットについて

SUS403 製ボルトナットは、ポリエチレンスリーブが装着されておらず、若干の腐食が認められた。

DCI 製、及び、ナイロン被覆 DCI 製ボルトナットは、いずれもポリエチレンスリーブが装着されており、全体に赤錆が生じていたが、30 年後においても顕著な腐食は認められなかった。

3.4 ポリエチレンスリーブ、ゴム輪について

ポリエチレンスリーブやゴム輪は、約 40 年間使用されたにもかかわらず、物性面での低下はほとんど認められなかった。これらの材料については、埋設当時に期待される機能や効果をそのまま保持している。

ね 65 年、一般土壌では概ね 100 年といった評価を行っている。現在はポリエチレンスリーブが施されている管体サンプルの採取を進めており、一定サンプル数が集まった段階で、本稿で得られた分析結果とあわせて総合的に評価し、ポリエチレンスリーブ装着管路の実質的な使用可能年数を算出し、今後の管路更新年数の設定の一助に繋げていきたい。

4. おわりに

本稿は、腐食性の高い埋設環境における 40 年にわたる埋設実験によって、ダクタイル鋳鉄管の長期耐久性を確認し、特にポリエチレンスリーブが適切に施されている場合は、管体の内・外面の腐食等がなく、ポリエチレンスリーブによる 40 年以上のアドバンテージ、いわゆる管体腐食の開始を遅らせることが可能で、使用可能年数の延伸が期待されることが分かった。本稿とは別に当局ではダクタイル鋳鉄管の実質的な使用可能年数について、市域全域で採取した管体サンプル及び土壌サンプルに基づき、腐食性土壌では概

●参考文献

- 1) 第 38 回全国水道研究発表会 ダクタイル鋳鉄管の各種内外面塗装埋設実験 昭和 62.5
- 2) 第 41 回全国水道研究発表会 ダクタイル鋳鉄管の各種内外面塗装埋設実験(Ⅱ) 平成 2.5
- 3) 令和 4 年度日本水道協会全国会議(水道研究発表会)ダクタイル鋳鉄管の各種内外面塗装埋設実験(Ⅲ) 令和 4.10

Technical Report 03

技術レポート

三田西宮連絡管供用開始に向けた 兵庫県企業庁の取組み



兵庫県 企業庁 水道課
施設整備班長
西川 宏樹

1. はじめに

1) 兵庫県水道事業の概要

兵庫県水道用水供給事業は、昭和40年代前半に、瀬戸内臨海部の都市化の進展により水需要の著しい増大がみられる中で、個々の市町では水源開発が困難なことや、重複投資を避けることなどから、県で広域的に水道用水供給事業を実施するよう関係市町から強い要請を受け、阪神・播磨地域の13市12町(当時)の市町営水道に対し、広域的に用水供給を行うこととして事業を開始した。

昭和46年度の猪名川広域水道事業を皮切りに、昭和47年度に東播広域水道事業昭和48年度に西播広域水道事業に着手し、その後、昭和52年の水道法の改正を受けて、「瀬戸内東南部地域広域的水道整備計画」が策定され、昭和54年度に3事業の統合認可を得て兵庫

県水道用水供給事業として一体的に整備を進めてきた。

これまで、平成6年度に西宮市、平成12年度に丹波篠山市及び淡路広域水道企業団平成17年度に西脇市を新たに受水団体に加え、1日最大750,700m³の水道水を17市6町1企業団に供給する計画としていた。しかし、人口減少社会の到来や節水意識の高まり・節水機器の普及等により、今後の大幅な水需要の増加が見込めないことから各受水団体の水需要の将来見通しを踏まえ、平成23年度から計画給水量を1日最大480,400m³に減量するとともに、受水団体については、未だ給水を開始していなかった市川町の撤退要請を認め、17市5町1企業団にした。

2) 施設計画

冒頭の概要で述べたとおり、企業庁では、



図1 兵庫県水道事業計画図

今後の水需要に大幅な増加が見込めないため、平成23年度から計画給水量を1日最大750,700m³から480,400m³に変更したが、この計画給水量の見直しに伴い、施設計画についても、既設浄水場から新たな送水管を整備することで、当初計画で予定していた浄水場1カ所と水源1カ所の整備を取りやめるなど、効率的な施設計画に見直した。

しかしながら、水源の供給能力が計画給水量に対して不足する浄水場があることから、水系間を超えて水融通を図る施設を計画し、安定給水に向けた送水管・導水管を整備する方針としている。

水融通の基本的な考え方としては、全水源において、10年に1回の確率で発生する渇水が生じた場合であっても、全受水団体に1

日最大申込水量が給水できるように水融通を行う方針である。

2. 三田西宮連絡管の概要

1) 目的・内容

渇水や地震、事故時の断水リスクを低減するため、各浄水場間の連絡管整備を順次進めており、三田浄水場と船津浄水場、船津浄水場と中西条浄水場は既に整備を終えている。

三田浄水場と多田浄水場の給水エリアを結ぶ三田西宮連絡管は、令和4年度に竣工し、令和5年度から西宮市への給水を開始する計画である。

2) ルート選定

ルート選定に当たっての評価項目としては、「施工性」、「占用難易度」、「縦断線形」、「経済

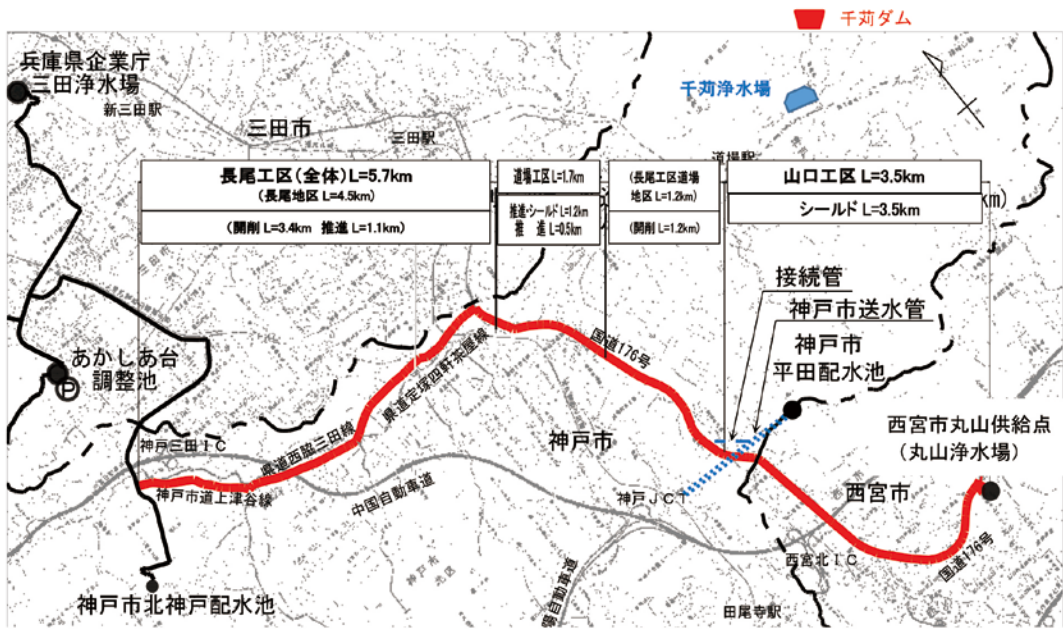


図2 三田西宮連絡管 平面図

性]、「工期」を主たる指標として評価を行った。

比較ルートについて当初の計画では経済性を重視して、開削工法主体であったが施工性、工期の面から実施可能な非開削工法も採用する必要があり、想定地盤との相違による工期の変動が予測された為、最も延長が短く経済性に優れる「国道176号主体ルート」を採用することとした。

3) 管種選定

管種については、基幹管路が備えるべき耐震性能を有しており、設計・施工基準が確立され実績のある「ダクトイル鋳鉄管(耐震継手)」を採用した。

ここで、基幹管路が備えるべき耐震性能とは次のとおりである。

- ・レベル1地震動に対して、原則として無被害であること。
- ・レベル2地震動に対して、個々に軽微な被害が生じて、その機能保持が可能で

あること。

3. 工事概要

各工区ごとの主たる工法及び施工延長については、下記のとおりである。

1) 長尾工区

L=5,691.09m (DCIP NS・PN形φ600)

開削工 L=4,629.39m

(長尾地区；3,402.45m,
道場地区；1,226.94m)

推進工 L=1,061.70m (さや管径φ800)

2) 道場工区

L=1,688.50m (DCIP PN形φ600 272.30m,
DCIP PN形φ700 1,416.20m)

推進・シールド併用型

L=1,243.40m (さや管径φ1000)

推進工 L=445.10m

(さや管径φ800；273.30m,
さや管径φ1000；172.80m)

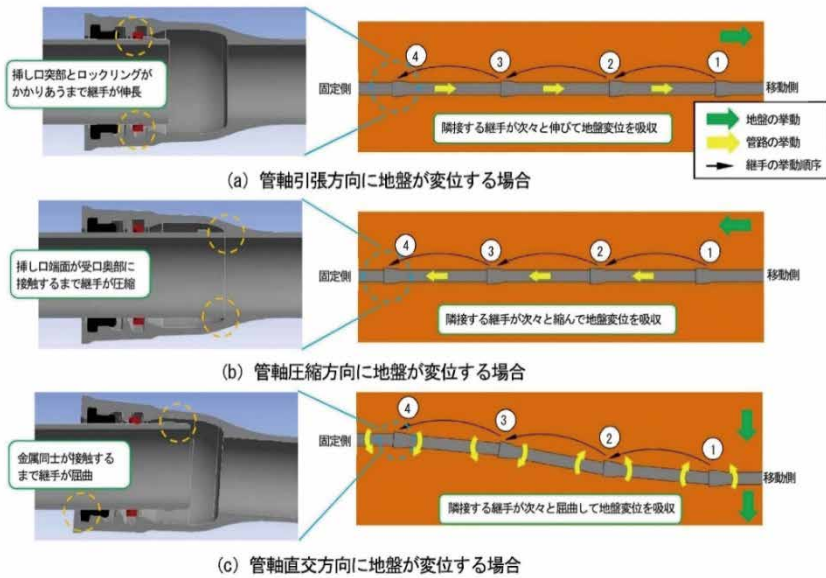


図 3 耐震継手の地震時における挙動イメージ

3) 山口工区

L= 3,462.90m (DCIP PN 形 φ700)
シールド工 L= 3,462.90m
(さや管径φ1000)

なお、推進工法については現地施工条件等により様々な工法を採用したが、採用にあたっての各工法の特徴を以下に示す。

表 1 推進工法の特徴について

推進工法	1 スパン最大掘進延長の目安 ※ 1)	曲線施工	工法の特徴(土圧・水圧軽減方法)
ボーリング式 (二重ケーシング方式)	60m	不可	—
泥水式 (一工程方式)	120m	可	カッタチャンバ ※ 2) 内を泥水で満たし、泥水圧を加え切羽の安定を図る
泥土圧式 (圧送排土)	120m	可	カッタチャンバ内を泥土で満たし、泥土圧を加え切羽の安定を図る
泥濃式	500m 以上 <施工実績有り>	特に優れている	カッタチャンバ内で掘削土砂と高濃度泥水を攪拌・混合した流動性の高い泥土を切羽面に作用させ、切羽の安定を図る

※ 1) φ 800 での延長、※ 2) 切羽背後の小空間



4) 施工状況写真



写真 1 長尾工区開削工その 1

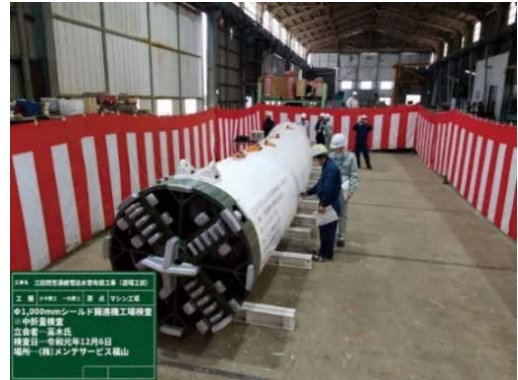


写真 3 道場工区シールド工その 1



写真 2 長尾工区開削工その 2



写真 4 道場工区シールド工その 2

4. 神戸市千苺ダム治水活用への 補償給水について

1) 千苺ダムの概要

千苺ダムは、二級河川武庫川水系羽束川に位置し、1919(大正8)年に築造された神戸市の水道専用ダムであり、構造形式については堤高が42.4mの重力式粗石モルタル積ダムである。なお、本堤は有形文化財に指定されている。

2) 千苺ダムの治水活用について

千苺ダムが位置する武庫川水系の河川整備計画では、昭和36年6月の戦後最大洪水を安

全に流下させるため令和12年を目標年次として河道対策や流域対策に兵庫県は取り組んでいるが、対策の完成までに時間を要し、記録的な大雨も多発しているため、この間の治水安全度を少しでも向上させる付加的な対策として、神戸市の協力を得ながら水道専用ダムを治水活用する全国初の取組みを行った。

千苺ダムは、神戸市が洪水期(6月~10月)に本堤のゲート17門を開けて、貯水位を常時満水位から1.5m低下(洪水期制限水位)して運用している。兵庫県土木部は、ダムの副堤付近に新たに放流設備を設けて、洪水期の



写真5 千苜ダム 全景

うち7月から9月の3か月間貯水位をさらに1.0m 低下(治水活用水位)させ、大雨が降った時に水が貯められる容量を約 100 万 m³ 確保する。

治水活用による効果は、河川整備計画対象洪水(昭和36年6月の戦後最大洪水と同規模)を、計画基準点(甲武橋)において、約 50m³/s 低減(約 5cm 水位低下)させることができる。



図4 千苜ダム 治水活用概要図

3) 千叡ダム水質悪化時の三田西宮連絡管からの応援給水

治水活用にともなう水位低下により、通常時より100万 m^3 貯水容量が減ることから化学物質の濃度が上昇することが懸念される為、治水活用に起因して貯水池全体の水質悪化が生じた場合、千叡浄水場の単独給水区域への給水が困難となる。なお、水質悪化は、特にカビ臭生産生物の異常発生が想定され、カビ臭原因物質であるジェオスミン^{※3)}と2-MIB(ジメチルイソボルネオール)^{※4)}が高濃度化し、浄水場での処理が困難となった場合である。

※3) ※4)
河川の富栄養化によって異常繁殖する植物プランクトン(藍藻類や放射菌)から出されるかび臭原因物質であり、水道水質基準では10ng/l以下と定められている。通常の急速ろ過方式で除去するのは困難であり、活性炭処理、オゾン処理等の高度浄水処理が効果的である。

水質悪化により千叡ダムが使用不可となった場合、千叡ダムによる給水区域へ県営水道からの応援給水を可能とするため、兵庫県企業庁が設置する三田西宮連絡管と神戸市水道管を連結する“接続管”を設置した。またダムの水位が回復しない場合は、阪神水道企業団からの送水も増量して対処することとした。

4) 令和4年度の兵庫県企業庁の対応

治水活用が始まる時期までに、補償給水が可能となる体制を整える必要が生じたことから、神戸市水道局と密に調整を行い、補償給水で使用する施設について水道法第13条で定められた、水質検査及び施設検査を5月末に実施すべく洗管スケジュールを策定し実施した。

モルタルライニングされた水道管の洗管作業において特に留意したことは、河川護岸に設置したドレーン管から河川へ排水する水質

のpH管理と残留塩素の中和である。このうちpHについては環境基本法で定められた河川環境基準値の上限が8.5であることから、目標値として排水のpH値が8.0を超えないよう、水質測定結果を分析しながら洗管間隔を設定した。また、残留塩素については排水に中和剤(ハイポ)を点滴する対応を行った。

水質検査結果と洗管間隔を評価検討した結果、2週間に1回の洗管作業を行うことで排水のpH値が8.0程度になることを確認し補償給水に備えたが、結果として令和4年度は補償給水作業には至らなかった。

5. おわりに

本事業については、令和5年3月に無事完成することとなり、関係者の方々のこれまでのご尽力に感謝するばかりである。

事業を振り返ると、今後に向けた改善点についてはいろいろ考えられるが、本職は事業最終年度である令和4年度から当該事業に携わっており、多少偏りがあるかもしれないが、事業完成にあたっての感想を以下に記述する。

平成9年に河川法が改正され「河川環境の整備と保全」が新たに定められて早26年が経過し、洗管時の排水処理が河川の生態系に影響を及ぼさないようにすることはもはや常識である。したがって、洗管時等に使用するドレーン管の位置についても、物理的・経済的な観点に加えて、放流先の状況を十分考慮することが重要である。また延長が長い大規模な管路の内面処理方法についても、イニシャルコストのみで判断するのでは無く、特にモルタルライニング管を採用した場合の洗管時に放流する高pH水の影響については計画・

設計時点で検討すべき重要な項目である。

本事業の本来の目的は、渇水時に度々取水制限のかかる一庫ダムを水源とする多田浄水場の水需要の増加と断水リスクを低減する目的で事業採択されたが、附带的に生じた神戸市千苺ダムへの補償給水の役割も担っており、間接的ではあるが二級河川武庫川の治水対策にも役立つこととなった。令和5年4月からの西宮市への給水開始に備えて、これまでの洗管等の作業を鋭意行ってきたが、今年度の千苺ダム治水活用に備え西宮市への給水中に生じる補償給水時の洗管作業(送水流量の変更ともなう濁りへの対応)についても早々に検討する必要がある。

このような大規模な工事においては、当初想定されなかった様々な変更要因が生じるものであり、我々技術者はこれらの問題解決について常に迅速に対応していくことが求められる。本事業を完成させるにあたり様々な困難に直面したが、ここで得られた教訓を次に生かすことが、本業務に携わった者の責任であると考えている。

●参考文献

- 1) 千苺ダムの治水活用について；兵庫県 県土整備部 河川整備課 松井 剛志
- 2) 厚生労働省ホームページ
- 3) 環境省ホームページ
- 4) 推進工法体系；公益社団法人 日本推進技術協会

Technical Report 04

技術レポート

送水幹線二重化事業の完成

高知市上下水道局
水道整備課
第一技術係長
船村 剛



1. はじめに

(1) 高知市の概要

高知市は、四国南部のほぼ中央に位置し、市の北方には急峻な四国山地があり、その支峰である北山に源を発する鏡川の下流域を中心に都市が形成されています。1998年(平成10年)4月には四国で最初の中核市に移行し、その後、一町二村との合併を経て、中山間地域と田園地域、そして都市部のバランスの取れた人口約32万人の中核市となっています。



写真1 牧野富太郎記念館展示館中庭

また、この春には高知が輩出した二人の偉人にまつわる作品や施設が生まれます。まず一人目は牧野富太郎博士で、日本の植物分類学の父と称され、新種など約1500種類以上の植物に命名した植物学者であり、牧野博士をモデルにした連続テレビ小説「らんまん」が4月から始まります。続いて二人目は、日本の歴史人物の中でも多くの人気を博し、明治維新の立役者として活躍した坂本龍馬です。太平洋を臨み龍馬像が佇む、高知を代表する



写真2 リニューアルした桂浜公園

景勝地の桂浜公園は、3月にリニューアルしてグランドオープンする予定であり、「感！高知（観光地）」としても魅力ある都市となっています。

（2）高知市の水道

本市の水道事業は、1925年（大正14年）4月、全国で56番目、四国では高松市に次いで2番目に通水を開始し、戦禍や昭和南海地震などの困難期を乗り越え、その後の目覚ましい都市の発展と共に4期にわたる拡張事業によって安定期を迎えました。その後も、全簡易水道の上水道統合や、組織も「一つの水循環系」として上下水道を総合的に管理するために組織統合するなど、水道事業の安定化を目指して取り組んできました。

しかしながら、現在においては、全国の水道事業者の方々と同様、急速に進展する人口減少への対応や施設の老朽化対策、さらには切迫する南海トラフ地震への対応など、これまでとは異なる局面を迎えており、「変わりゆく時代」に突入しています。本市水道事業はこの局面に対し、「安心と信頼を未来につなぐ高知の水道」を基本理念に掲げ、お客さまと共に築いてきた「安心」と「信頼」を未来につなぐために様々な施策を展開しているところです。

2022年（令和4年）3月末の給水人口は305,279人、1日最大配水量（実績）は113,508㎥となっており、主な施設として2つの基幹浄水場と13の基幹配水池を有し、管路の総延長は約1,600kmとなっています。

2. 水道施設の耐震化の状況

本市の水道施設は、昭和50年代前半に整

備された構造物が多く、最新の耐震基準に照らすと耐震性能に不足が生じており、南海トラフ地震が発生した場合には、これらの水道施設が被災し、広範囲に及ぶ断水被害が長期間に渡って継続する恐れがありました。

そのため、上下水道局では、2022（令和4）年度までの期間を南海トラフ地震対策の「集中投資期間」と位置付け、全力で耐震化事業に取り組んできた結果、基幹施設である2つの浄水場や13の配水池を含む主要な施設のうち、管路を除く全ての施設において令和3年度までに耐震化を完了することができました。

基幹施設の耐震化には一定の目処がついた一方で、2021（令和3）年度末の基幹管路の耐震適合率は47.1%と全国平均の40.7%（2020年度）を上回っているものの、未だ南海トラフ地震に対する備えは道半ばの状況です。そのため、重要度の高い管路の布設替を優先しながら、当面の目標である2026（令和8）年度末の基幹管路の耐震適合率59%を達成するために、計画的に基幹管路の耐震化に鋭意取り組んでいるところです。

3. 大型事業「送水幹線二重化事業」の立ち上げ

本市の西部に位置する基幹浄水場の一つである針木（はりぎ）浄水場は、日量最大給水能力116,000㎥を有しており、本市の配水量の約半数以上を担っている重要施設です。この針木浄水場からの配水量のほぼ全量を送水する役割を担っているのが、針木浄水場から本市中心部に位置する九反田配水所までを結ぶ送水管です。口径1,200mmの既設送水管（図1）は、1972年（昭和47年）～1978年（昭和53年）にかけて整備したもので、旧高知市（平成の大合併以前）の3分の2のエリアに送水し、

給水人口にして約20万人もの暮らしを支える「本市の大動脈」とも言える最重要管路です。

この送水管の布設にあたっては、約10kmにも及ぶ長距離区間を開削工法を主として施工することとし、その区間の大部分が河川堆積物で形成された軟弱地盤となることから、継手の水密性が高く、伸縮性や可とう性のある、当時としては最新のK形ダクタイル鉄管を採用していました。

しかしながら、この送水管が市民生活を支え続け、安定給水のための第4期拡張事業も完成に目途が立った頃に、送水管のリスク管理に重要な課題を与える大きな出来事が起こりました。

それは、1995年(平成7年)1月17日、関西地方に未曾有の被害をもたらした阪神淡路大震災です。本市からも応急給水活動のために職員を派遣することとなったのですが、その報告内容に大きな危機感を抱かざるを得ませんでした。美しい街並みに活気あふれる神

戸の街は、地震の大きな揺れにより見る影もなく壊滅的な被害を受けており、途方に暮れた多くの被災者が水を求めて給水車に長い列をなしている状況です。さらには、配水管だけでなく送水管も被災しているために、復旧までに相当の期間を要するであろうという惨状でした。このことに改めて水道というライフラインの重要性を、また災害時に備えた十分な対策の必要性と緊急性を再認識し、それらを担い、果たしていくという責務を痛感した出来事でした。



写真3 応急給水活動(阪神淡路大震災)



図1 既設送水管と主要施設



写真4 既設送水管
(昭和51年布設)

そこで同年、局内で災害対策検討委員会を設置し、従前から計画している地震対策について、被災現場での派遣職員の実体験などをもとに、ハード・ソフト両面において再検証することとなりました。

その検証の一つとして、南海トラフ地震などによる既設送水管への被害について、約20万人もの市民生活に多大な影響を及ぼすリスクを「回避すべき重大リスク」に位置づけました。このことにより、一系統しか有しない本市の大動脈に対する脆弱性が一気にクローズアップされるとともに、送水幹線の二系統化に向けた強い機運の高まりを背景に「送水幹線二重化事業」を立ち上げました。

4. 送水幹線二重化事業の概要

前述した契機により事業化された「送水幹線二重化事業」は、2006年(平成18年)の事業開始から、2022年(令和4年)に完成するまで17年の歳月を要し、約120億円もの事業費を投じた本市屈指の大型事業となりました。

本事業は、針木浄水場から九反田配水所までを、既設送水管と別ルートに新たな口

径1,100mmの耐震管で結ぶことにより、既設送水管と二系統化することで非常時のバックアップ機能の確保を図るものです。この新たな送水幹線を整備するために、以下の項目については計画段階時に特に検討を行いました。

①最適な管口径の検討

今後進展する人口減少や水需要の減少を見据えて計画一日最大給水量の見直しを行い、決定した計画送水量に緊急時や渇水時の予備能力を考慮した結果、既設送水管の口径1,200mmに対して新設送水幹線は口径1,100mmにダウンサイジングすることとしました。

②最適なルート及び施工方法の検討

新設送水幹線は、針木浄水場を起点とし、終点となる九反田配水所までの経路の間で、朝倉配水所への送水と、本市南部に位置する配水池へと送水する南部系送水管に分水させるルートを設定する必要性がありました。

現在、多くのライフラインなどが道路下に埋設されていることや、工事区間における交通量などから、開削工法による施工には限界があったため、立坑からの長距離掘進が可能

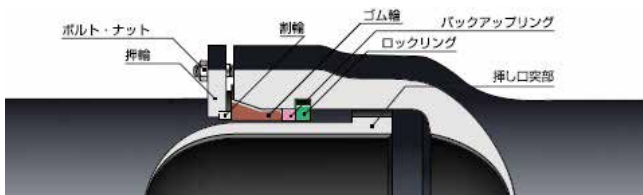


図2 S形継手構造と性能(開削部)

継手性能(呼び径 1100 の例)

- ・継手伸縮量：± 60mm
- ・許容屈曲角：1° 40'
- ・離脱防止力：3300kN

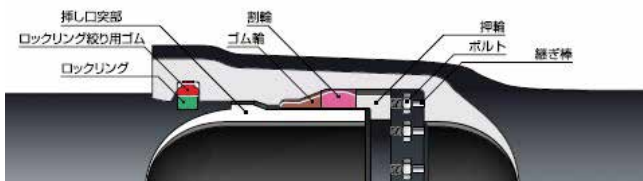


図3 US形継手構造と性能(シールド二次覆工)

継手性能(呼び径 1100 の例)

- ・継手伸縮量：70mm
- ・許容屈曲角：1° 40'
- ・離脱防止力：3300kN

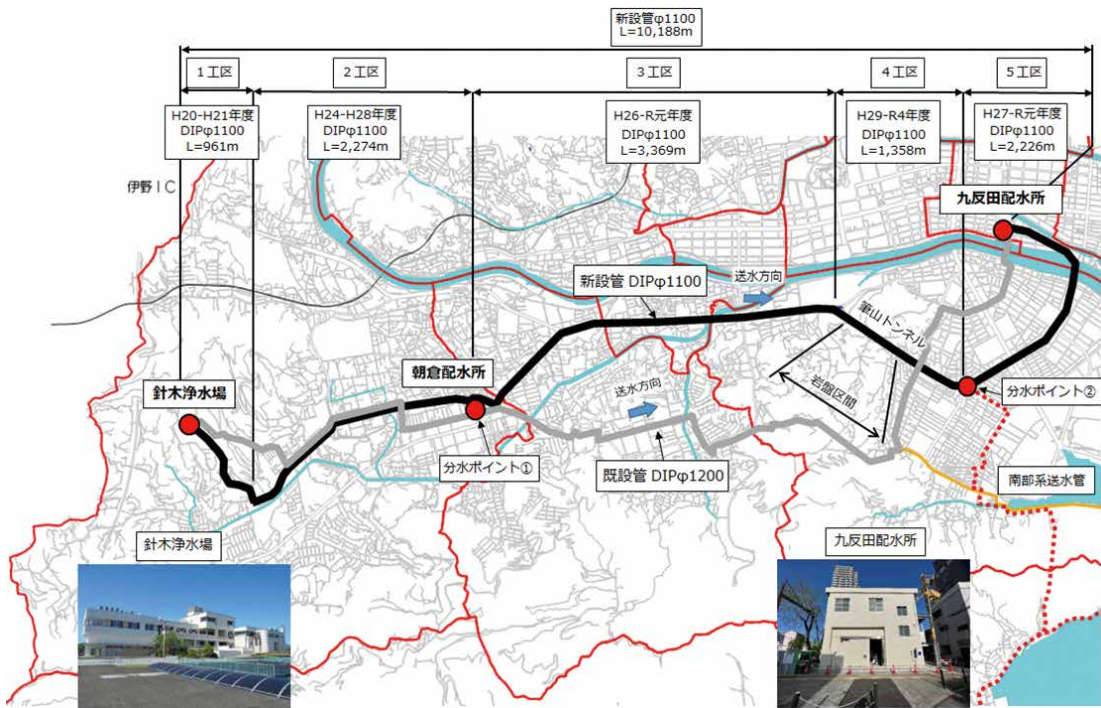


図4 送水幹線二重化事業全体平面図

なシールド工法を主な工法に採用するとともに、立坑用地の確保とルート制約の観点から国道56号をメインルートに決定しました。

③優れた耐震性能を有する管種の決定

政府発表によりますと、南海トラフを震源とする巨大地震の発生確率は10年以内に30%程度、30年以内では70～80%、40年以内では90%程度もしくはそれ以上と予測されており、本市においても甚大な地震被害が発生する可能性が極めて高いことから、新設送水幹線には高い耐震性能が求められます。さらに、口径が大きく延長も長距離であるため、経済性にも優れた管種にする必要がありました。

そのため、さまざまな条件を考慮して検討した結果、開削部はS形ダクトイル鉄管、シールド二次覆工はUS形ダクトイル鉄管を採用することとしました。これらの管種は優れた

伸縮性及び可とう性を有し、大きな離脱防止力を備えた管であることから、巨大地震に対しても送水幹線としての機能を維持することが可能となります。

以上の検討結果を踏まえて設計を行い、新設送水幹線の総延長約10kmを5つの工区に分割し、1工区は開削工法、2～5工区はシールド工法による非開削工法で施工することとしました。完成を迎えるまでには、「住宅地に近接した場所での大口径立坑の築造」、「全国的にも例の少ない超長距離掘進」、「コンクリート強度の約10倍(232N/mm²)にも及ぶ超硬質な岩盤掘進」、「河川横断面における超軟弱地盤での急曲線掘進」など、各工区において様々な技術的課題に直面しました。その度に、上下水道局と受注者が「この大型事業を絶対に完成させる」という強い使命感と団結力で一体となって難局を乗り越え、17年

にも及ぶ大型事業を成し遂げることができました。改めまして、受注者や協力会社の皆様を始め、この事業に従事していただいたすべての皆様に深く感謝申し上げます。

また、これらの熱い技術者の思いが伝わる動画も制作し、ホームページ上に掲載していますので、お時間のある時にご覧いただければと思います。

■参考 <https://www.youtube.com/watch?v=BJNTLbqDc0M>



5. 送水幹線二重化の運用

こうして幾多の難局を乗り越え、ようやく全工区の完成に漕ぎつけた送水幹線二重化事業ですが、運用するための洗管作業や水圧試験も一筋縄ではいきませんでした。大量の洗浄水の排出が伴うことから排出場所に制約があり、洗浄区間や方法が限られたことで管内の残留空気の排除に苦戦し、洗浄と水圧試験を繰り返し行った末に、2022年(令和4年)8月に新旧の送水幹線2本による運用を開始することができました。運用にあたっては既設送水管と新設送水幹線との2本での送水とすることから、1本での送水よりも管内での滞

留時間が長くなることにより、配水支管末端での所定の残留塩素濃度の保持が懸念されました。しかし、運用後に水質の変動に注視して観測を続けましたが、残留塩素濃度の低下は殆ど見られず、二重化したことによる水質管理面に及ぼす影響もなく「地震に強い大動脈」として、しっかりと市民生活を支えています。

6. おわりに

送水幹線二重化事業や、基幹施設の耐震化が完了したことで、本市水道事業の防災力は飛躍的に向上しましたが、引き続き管路の耐震化に重心をおいて取り組み、本市水道ビジョンにおける基本目標の一つである「強靱～災害に強く頼りになる水道～」を体現するよう、南海トラフ地震対策に邁進してまいります。

本市の水道事業は、2025年(令和7年)に通水100周年を迎えます。拡張に次ぐ拡張の時代から、本格的な人口減少社会の到来による「新たな時代」を迎えている中で、次の100年に向けてこれまでお客さまと築いてきた「安心」と「信頼」を未来につなぐため「変わりゆく時代」への挑戦を続けていきたいと思ひます。



写真5 二重化事業完成記念式典

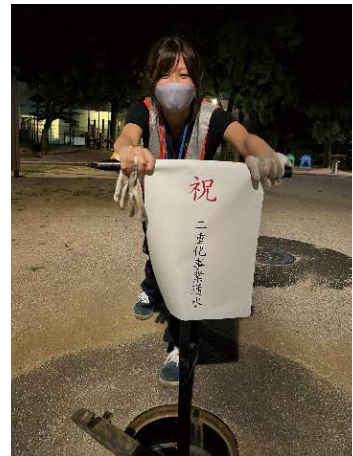


写真6 通水開始を喜ぶ職員

Technical Report 05

技術レポート

PN形ダクタイトル鉄管の シールド内持込工法による 導水管布設工事

宮崎市都市整備部 市街地整備課
主査

新坂 栄人

(前 宮崎市上下水道局水道部 水道整備課)



1. はじめに

宮崎市は宮崎県のほぼ中央に位置し、市域を貫流する大淀川の恵みを受け宮崎平野に発展した人口約40万人の中核都市である。本市は、黒潮がもたらす一年を通じた温暖な気候や豊かな自然に恵まれ、自然の力が創り出した奇岩「鬼の洗濯板」やピロウジュをはじめとする亜熱帯植物が茂り南国の雰囲気が漂う市内有数の観光地である青島、「日本の白砂青松100選」にも選定されアカウミガメ産卵地でもある一ツ葉、宮崎の食が集まる飲食店街、通称「ニシタチ」。そして街を彩る四季折々の花や日本書紀、古事記の神話にまつわるスポットを有している。さらには、温暖な気候によりプロ野球やWBC日本代表、ラグビー日本代表、サッカーなどのキャンプやゴルフトーナメントが開催される街でもある。

本市の水道事業は、大淀川などの恵みを受け、昭和7年4月26日に給水を開始して以来、都市基盤の整備、生活水準の向上に伴い、5次にわたる拡張事業を実施し今日に至っている。

現在、人口減少や節水機器の普及及びライフスタイルの変化などの要因による収益の減少、施設の老朽化及び耐震化、更には危機管理対策、環境保全といった課題に直面しており、公営企業をめぐる経営環境は厳しさを増しつつある。このようななか、「宮崎市上下水道事業マスタープランみやざき水ビジョン2010」を策定し、重要なライフラインの計画的な更新や耐震化、健全な経営の持続などにつながる施策に取り組んできた。

令和元年度には、令和2年度から令和11年度を計画期間とした「みやざき水ビジョン2020」を策定し、上下水道事業を取り巻く環

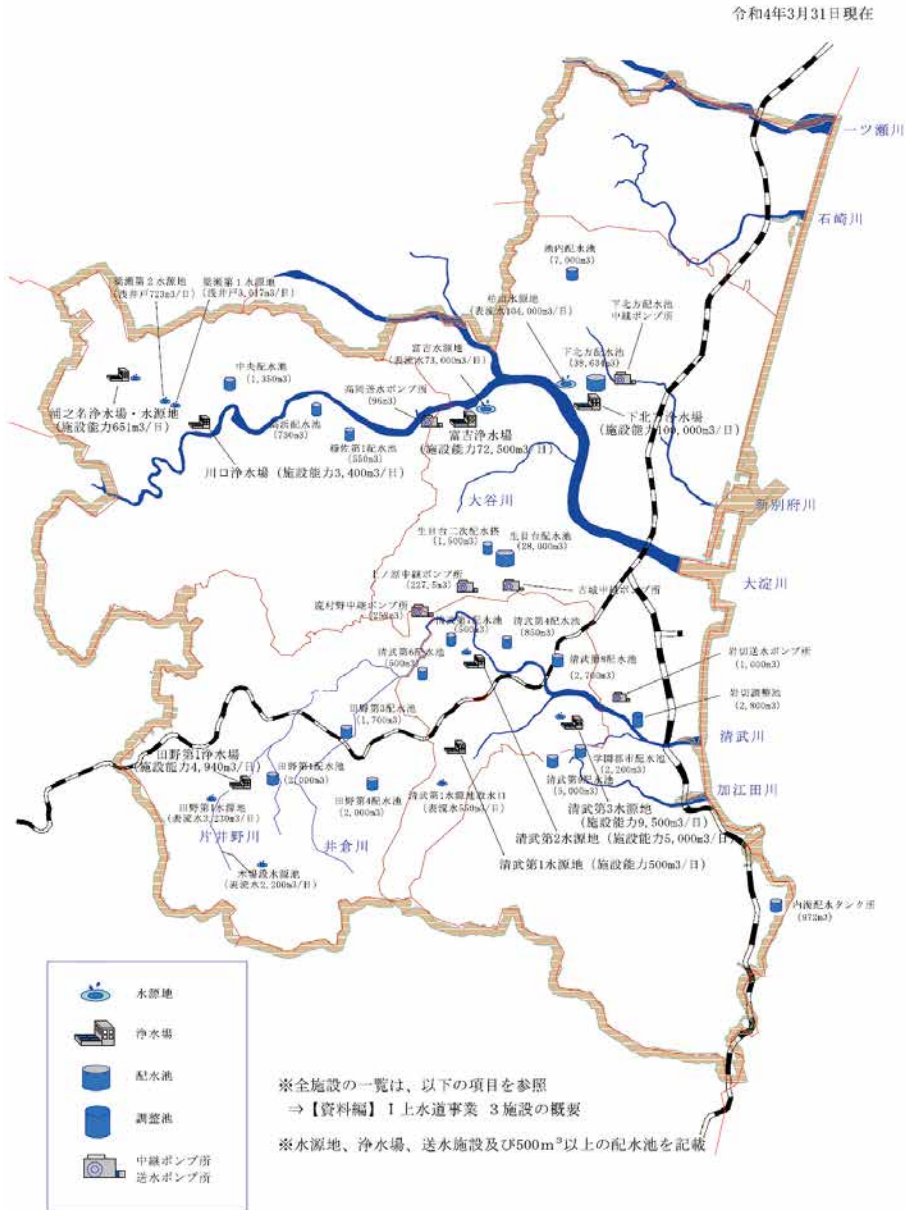


図1 主要施設の位置図

境変化、発生が予測される「南海トラフ巨大地震」や激甚化する豪雨などの自然災害への取組を進めている。

2. 幹線管路耐震化事業導水管布設替工事

2-1 背景

本市は、図1に示すように8箇所浄水施設

と83箇所配水施設を有しているが、老朽化の進行や現在の耐震基準以前に整備された施設が多い。そのため、地震への脆弱性など、安定的な給水に支障をきたすおそれがあり、施設の更新及び耐震化が課題となっている。

そこで下北方浄水場から大淀川を約1km上流に遡った柏田水源池とを結ぶφ900K形

ダクトイル鉄管の導水管を、平成21年度より取り組んでいる基幹浄水場の下北方浄水場(浄水能力10万 m^3 /日)大規模改修に合わせて導水管の耐震化を図ることとした。

2-2 管布設工法の検討

(1) 課題

本工事のルートである柏田水源地と下北方浄水場を結ぶ県道は非常に交通量の多い幹線道路である。また、当該道路は一級河川である大淀川の堤防としての機能も有しており、築堤構造部(下図AC区間)においては、埋設物の規制区間となっている。

一方、当該県道に並走する市道は住宅地を通る幅員6mの急曲線を有する道路であり、県道の築堤構造区間の埋設物規制に伴い、水

道管、下水道管、NTTケーブルなどの様々な埋設物が輻輳している道路でもある。また、大淀川の支流である五十鈴川が横断しているため、途中、橋梁も有している事から開削工法による施工は困難な状況であった。

また、柏田水源地の入口周辺では、県道の道路改良工事を行う計画があり、工法や工事期間によっては互いの工事が干渉するおそれもあり、工法及びルート選定、施工スケジュールを急ぎ検討する必要がある。

前述の課題を踏まえ、導水管の早期耐震化を目指し、工法検討を行った。なお、工法検討は、特質した地理的条件から、「開削工法」、「推進工法」、「シールド工法」の3工法から施工性、安全性、及び住民環境への配慮を勘案し、工法選定を行う事とした。

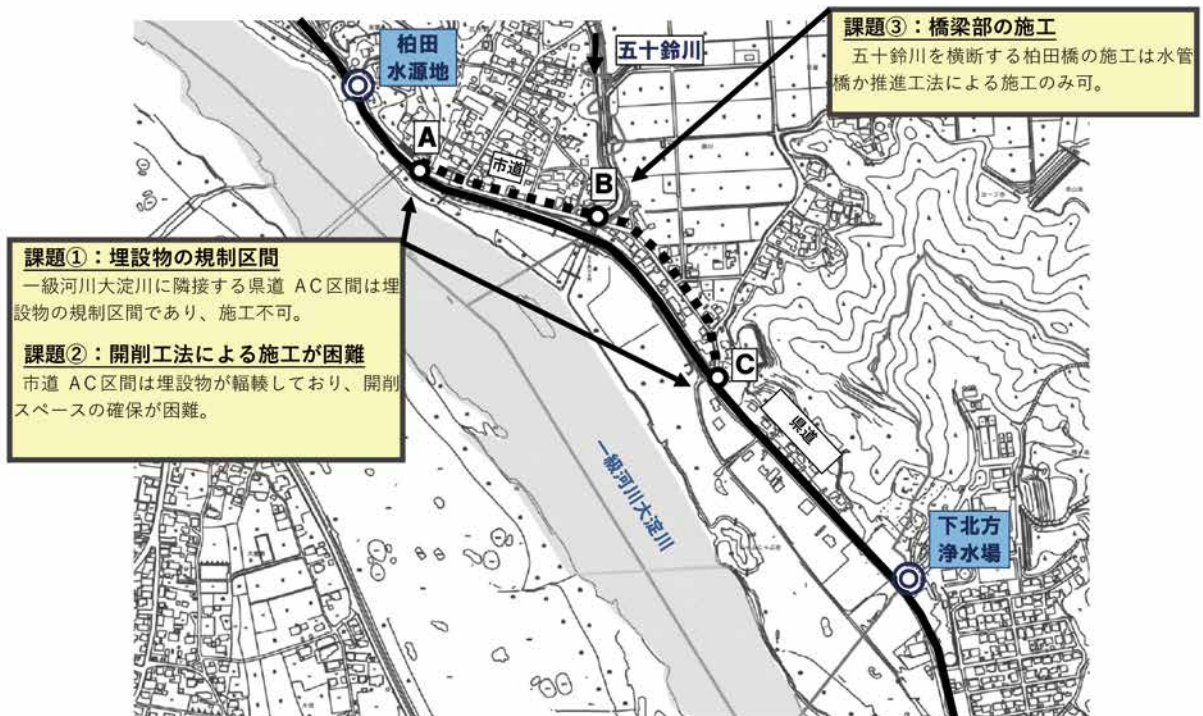


図2 導水管布設工事に伴う課題の整理



図3 工法検討案

(2) 工法比較検討

現地調査や関係機関との調整を行い、最終的に下記3案について検討を行った。

【案①】 開削工法(430m) + 推進工法(530m) + 開削工法(230m)

【案②】 開削工法(430m) + 推進工法(760m)

【案③】 シールド工法(1190m)

(詳細については工法検討案を参照)

案①【総合評価：×】

県道開削区間は、既設の埋設管が輻輳しており、掘削幅が2車線に跨る区間が発生するため、県道占有に伴う道路管理者との協議が困難である。仮に開削工法で承諾頂けても当該県道は交通量の多い幹線道路であり、夜間施工となるため、長期間に及ぶ周辺住民への影響(騒音、振動等)に不安が残る。

市道推進区間は、立坑予定位置として、「市道交差点内」、「民地内」を検討したが、市道交差点内は、市道の全面通行止めを約1年間行う必要があり、周辺住民への影響が大きい。さらに、試掘調査の結果、立坑位置近辺に

埋設物(水道管φ300、下水道圧送管φ200、NTTφ75×3条×2段)が輻輳し、支障物件の移設が必要となる。また、用地買収に伴う民地についても、事前に地権者に意向確認を行ったが、承諾を頂けず、推進工事の立坑設置は非常に困難な状況である。

案②【総合評価：△】

県道開削区間は、案①と同じく県道占有に伴う道路管理者との協議や交通対策が困難である。市道推進区間は、推進延長が長く、地質調査の結果、岩盤掘進区間もあるため、推進力不足が懸念される。さらに推進工法体系には「作業員の万一の場合の避難行動を考慮して推進延長は600m以内が望ましい」とあるため、施工性及び安全性に不安が残る。

案③【総合評価：○】

シールド工法は、長距離かつ急曲線の施工が可能であり、本工事の約1.2km区間においても安全な施工が可能である。本案では、発進基地を下北方浄水場に併設された市が管

理する施設の駐車場に設置し、到達立坑は柏田水源地の西側に位置する県道法面内(墓地進入路)に築造する計画である。これにより、県道及び市道の交通規制が不要となり、騒音や振動も低減できる事から周辺住民への影響が少ない工法といえる。

以上を踏まえた結果、施工性、安全性、及び環境への影響に優れた【案③】のシールド工法を採用する事とした。

2-3 シールド工法の検討

(1) シールド工法の選定

本路線の地質状況は図4に示すように、五十鈴川横過部は沖積粘土層(青色部)で、その上下流はいずれも砂岩泥岩の互層からなる岩盤層(黄緑部)となっている。したがって、沖積の粘土等から洪積地盤および硬軟入りまじっている互層地盤等まで対応可能な密閉型の泥土圧式シールド工法を採用することにした。

(2) シールド断面

水道事業実務必携によると、水道本管φ900の場合のトンネル標準寸法は、鋼製セグメントを使用した場合では、外径が1800mmまたは2000mmとされている。

しかし、本計画の管路上の道路は、幅員が5.0m未滿と狭く、曲線区間も有しているので、標準セグメントを使用した施工は難しいと思われた。そこで小口径シールド工法によるPN形ダクタイトル鉄管の持込み工法の検討を行った。

同工法は、小口径シールド工法とPN形ダクタイトル鉄管を組み合わせることでトンネル(セグメント)外径を図5に示すように1330mmで施工可能となる。そのため従来のシールド工法と比較して大幅な断面縮小が達成され、布設する道路条件等から同工法によって施工性及び安全性が高まると判断して

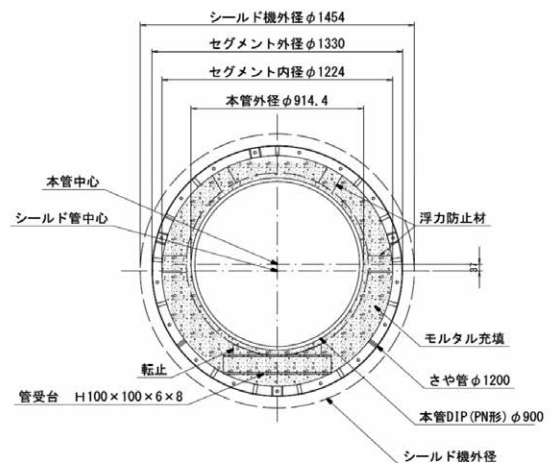


図5 シールド断面

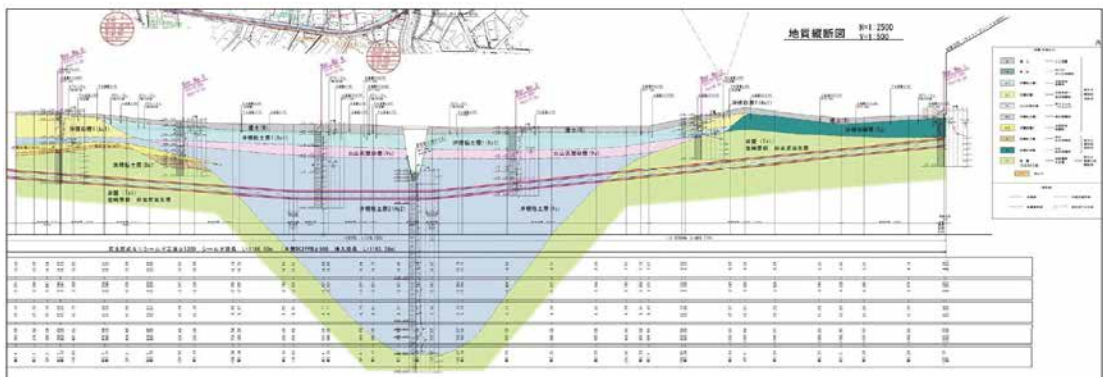


図4 地質断面

採用を決定した。

(3) シールド線形

シールドの線形は、市道の線形による平面曲線半径がR=30m～200m(計5箇所)、縦断曲線半径が五十鈴川横過部にR=500m(計

2箇所)で最大勾配：20.969%となっている。

いずれも同工法の対応可能な最小平面曲線半径(R=15m、但し岩盤部：R=20m)及び最小縦断曲線半径(R=200m)以下なので施工可能である。



図6 路線全景

2-4 シールド内配管の検討

(1) PN形ダクタイル鉄管

PN形ダクタイル鉄管の継手構造は、図7に示すようにロックリングが挿し口溝に抱き付くことで、以下の継手性能を有している。

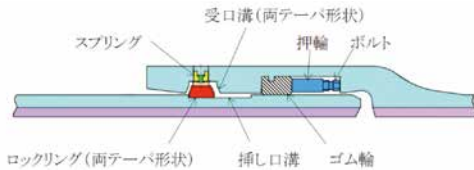


図7 PN形ダクタイル鉄管の継手構造

<呼び径 900 の場合>

- ・継手伸び量：55mm
- ・許容曲げ角度：3°
- ・離脱防止力：2700kN

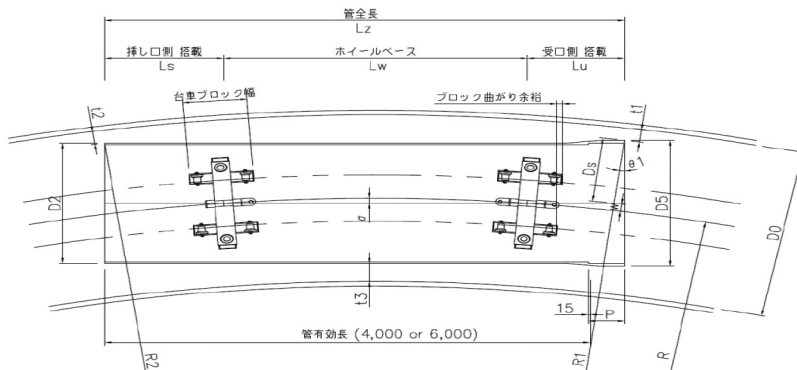
なお、PN形ダクタイル鉄管は、「管路の耐震化に関する検討報告書(平成25年度管路の耐震化に関する検討会、平成26年6月)」において、基幹管路がレベル2地震動に対して備えるべき耐震性能を有する管種・継手として区分されている。

(2) 配管検討

① 曲線部の直管の通過検討

本計画では、曲線半径 $R=30\text{m}$ の曲線を有しているため、曲線部を通過時の平面及び断面における間隙(セグメント内面とダクタイル鉄管外面の隙間)の検討を行う。

曲線平面におけるダクタイル鉄管の運搬状況を図8に、受口部断面におけるそれを図9に示す。



R：曲線半径

D2：ダクタイル鉄管の直部外径

D5：ダクタイル鉄管の受口外径

D0：セグメント内径

Lz：ダクタイル鉄管全長

Lw：台車ホイールベース

t3：ダクタイル鉄管外面とセグメント内面の隙間

Ds：ダクタイル鉄管の受口外面から管中心までの R1 上の斜辺長

Lu：ダクタイル鉄管受口側 台車搭載位置長

Ls：ダクタイル鉄管挿し口側 台車搭載位置長

σ ：ダクタイル鉄管中心とセグメント中心のズレ量

w：ダクタイル鉄管受口中心とセグメント中心のズレ量

R1：ダクタイル鉄管受口外面の曲線半径

R2：ダクタイル鉄管挿し口外面の曲線半径

θ 1：R1の線と受口端面との角度

t1：ダクタイル鉄管受口外面とセグメント内面の隙間

t2：ダクタイル鉄管挿し口外面とセグメント内面の隙間

図8 曲線部の運搬状況(平面)

ここで、

- T : ダクトイル鉄管受口外面とセグメント内面との最小隙間
- Σ : ダクトイル鉄管とセグメント中心のズレ量
- h : ダクトイル鉄管とセグメント中心の高さの差
- hd : 管運搬台車の高さ
- hm : 軌条枕木の高さ
- Dh : Ds の斜辺長

上記条件より、ダクトイル鉄管受口外面とセグメント内面との隙間は下式により算出する。

$$h = D2/2 + hd + hm + D0/2$$

$$\Sigma = \sqrt{(h^2 + w^2)}$$

$$T = D0/2 - \Sigma - Dh$$

$$Dh = D5/2 + (Ds - D5/2) \cos(\theta h)$$

$$\theta h = \tan^{-1}(h/w)$$

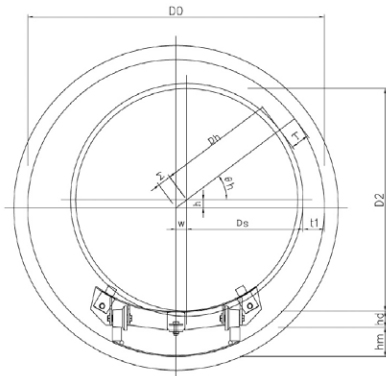


図9 曲線部の運搬状況(断面)

有効長 6.0mの呼び径 900PN形ダクトイル鉄管が曲線半径 R=30mを運搬通過する時の隙間は、いずれの位置(t1、t2、t3、T)も概ね 50mm程度は確保されることから施工可能と判断した。

- t1 : ダクトイル鉄管受口外面とセグメント内面の隙間=70mm
- t2 : ダクトイル鉄管挿し口外面とセグメント内面の隙間=53mm
- t3 : ダクトイル鉄管直部外面とセグメント内面の隙間=74mm
- T : ダクトイル鉄管受口外面とセグメント内面の隙間=47mm

②曲線部の管の割付

曲線半径の大きい場合の管の割付は、図10に示すように直管のみを用いて継手の許容曲げ角度の 1/2 以下に継手を曲げて配管する。

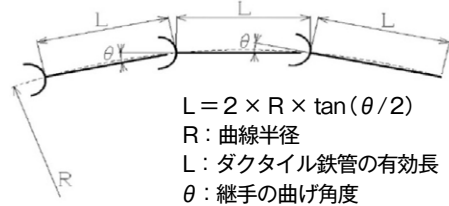
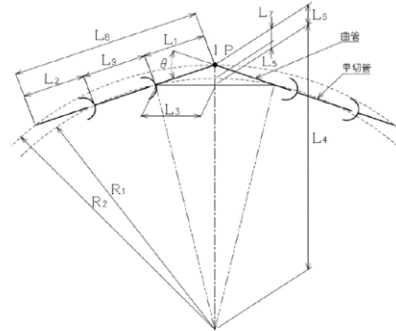


図10 直管による曲げ配管

また、曲線半径が小さい場合は、図11に示すように直管と曲管を組み合わせて配管する。



$$L_3 = L_1 \times \cos(\theta/2)$$

$$L_4 = \sqrt{\theta R_1^2 + L_3^2}$$

$$L_5 = R_1 - L_4$$

$$L_6 = L_1 \times \sin(\theta/2)$$

$$L_7 = L_6 - L_5$$

$$R_2 = R_1 + L_7$$

$$L_8 = 2 \times R_2 \times \sin(\theta/2)$$

$$L_9 = L_8 - (L_1 + L_2)$$

R₁ : 曲線半径
 R₂ : 曲管IPの曲線半径
 L₁ : 曲線受口側長さ
 L₂ : 曲線挿し口側長さ
 θ : 曲管確度
 L₉ : 甲切管有効長

図11 曲管と直管の組合せ配管

この手順に則って決定した本計画の曲線部の管の割付を表1に示す。

表1 曲線部の管の割付

曲線半径(m)	30	60	100	200	500*
曲管の種類	11 1/4°	5 5/8°	3°	—	—
直管長さ(m)	4.0	4.0	6.0	4.0	6.0

*: 縦断曲線

2-5 シールド内配管の施工計画

シールド内配管の施工フローを図12に示す。

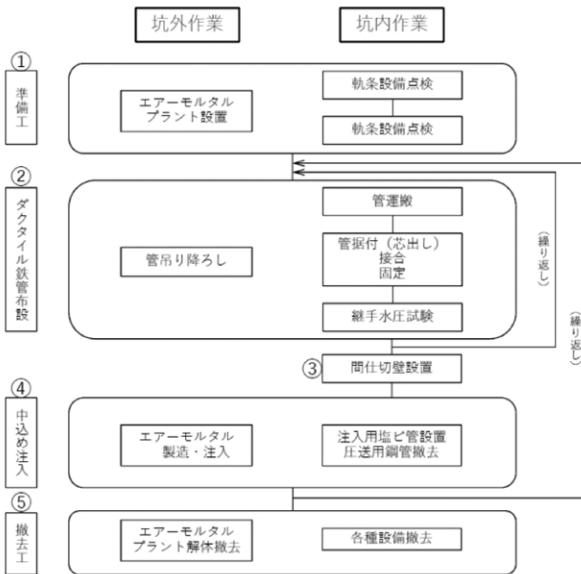


図 12 シールド内配管の施工フロー

①準備工

- ・軌条設備点検
一次覆工で使用した軌条を使用するので、ゆるみやガタツキ等の異常がないか点検する。
- ・管布設準備
管運搬の障害とならないように照明設備・動力設備の配置替えを行う。

②ダクタイトイル鉄管布設

- ・吊り降ろし
ダクタイトイル鉄管をクレーンで立坑内に吊り降ろし、管運搬専用台車に積載する。
- ・運搬
バッテリー機関車で所定の位置まで運搬する。
- ・管据付(芯出し)・接合・固定

管据付場所に管が到着後、所定の高さまで台車のジャッキを操作し、受口に挿し口を挿入する。

管内面に接合治具を取り付け、引込機にて静かに平均して引き込み、管を接合する。浮力防止材をダクタイトイル鉄管受口外部とセグメントの内側の間に取り付ける。

・継手水圧試験

継手水圧試験機にて水圧試験を行う。

③間仕切壁設置

ダクタイトイル鉄管外面とセグメントの隙間に、セメントレンガとモルタルを用いて間仕切壁を設ける。

④中込め注入

坑外に設けたプラントより圧送鋼管にてエアームタルを圧送注入する。

注入作業は、注入区間に隙間なくエアームタルが充填されるように、図13に示すように間仕切り壁に水抜き管及び複数の空気抜き用の塩ビ管を設けて注入圧力に注意を払いながら慎重に行う。

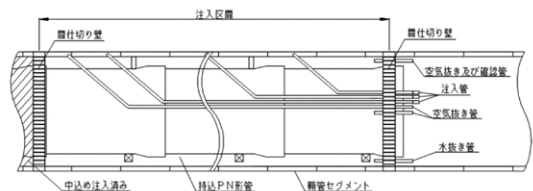


図 13 中込め注入

到達立坑側から発進立坑側に向けて②③④の作業を繰り返す。

⑤撤去工

坑外ではエアームタルプラントの解体撤去を、坑内からは水圧試験機等の撤去を行う。

3. 工事の概要

工事名：幹線管路耐震化事業導水管布設替工事(但しシールド工)

契約工期：令和元年6月28日～令和4年1月31日

事業費：1,445,369,207円(税込)

工事概要：φ900DIP(PN形)布設工 L=1190.6m

(鞘管シールド工法(泥土圧式 呼び径φ1200))

- ・シールド掘進延長 L=1188.2m
- ・セグメント組立延長 L=1189.1m
- ・立坑築造工 N=2箇所
- ・防音ハウス工 N=1箇所

φ900DIP(NS形)布設工 L=17.9m

工事の状況を写真1～写真10に示す。



写真1 シールドマシン全景



写真2 鋼製セグメントの組立

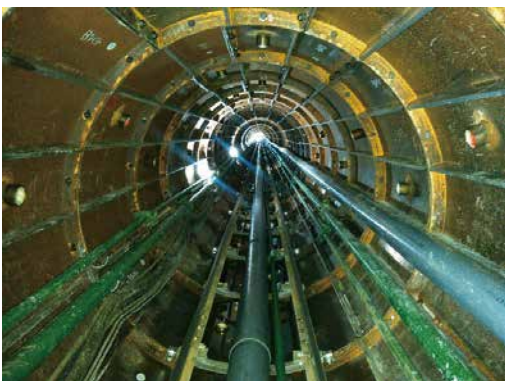


写真3 一次掘削中の坑内



写真4 到達時のカッターヘッド



写真5 坑内へのダクトイル鉄管の吊り降ろし



写真6 管運搬台車への積載

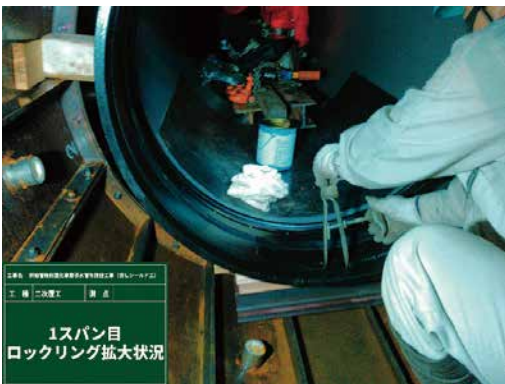


写真7 管の接合(ロックリングの拡大)



写真8 管の接合(押輪の締付け)

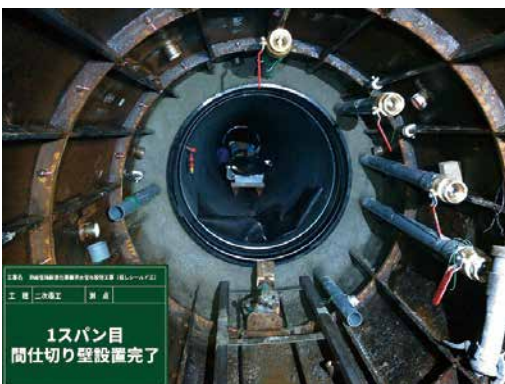


写真9 間仕切り壁の設置



写真10 発進立坑の防音ハウス

4. 施工を終わって

シールドマシン搬入となった令和2年4月、新型コロナウイルス感染症の感染拡大防止のため、緊急事態宣言が発出され、本工事でも県外からの往來を自粛し、作業員の入場自粛を行ったため、51日間の現場作業の中止を決定した。その後、先行きが不透明な中で作業再開となり、事前の調査データからカットビットを無交換での掘進作業に対して若干の不安はあったが、データ通りの土質(砂岩: $q_u = 2 \sim 6\text{MPa}$)であったので計画通りに無交換で掘進を完了することができた。更に、五十鈴川横過部の砂岩から粘性土(N値1~2)への地盤の急変部では、蛇行が心配されたがそれも杞憂に終わった。PN形ダクタイトイル鉄管の配管接合は、ロックリング挿入機を必要としないタイプに改良されたことによって大幅に施工性が改善され、中込め注入や継手水圧試験を含めて2か月少々で施工を完了した。

また、基幹管路の更新事業で本市と同様の問題を抱える南九州の事業者からの要望に応え現場見学会を開催し、工法選定から発注に至る経緯の紹介や実際の工事の様子をご覧いただきながら忌憚のない意見交換を行うことができた。

本工事で採用したPN形等の耐震継手ダクタイトイル鉄管は、水道用管材の中でも最も耐震性が高いとされており、最近では、地震のみならず津波、液状化、豪雨土砂災害といった他の災害にも対応を求められようとしているが、耐震継手ダクタイトイル鉄管は各種の実績データからそれらに合致する最も有効な管材料であると考えられる。

今後、今回の工事で得られた知見を活かし、安全で強靱なライフラインの構築に向けて事

業に取り組んでいきたい。なお、本論が同様の事業を計画中の皆様の参考になれば幸いである。

Technical Report 06

技術レポート

GX形ダクタイル鉄管採用と耐震化の現状



嵐山町上下水道課
主席主査
栗原 淳

1. はじめに

嵐山町は、人口約1万7千人、埼玉県のほぼ中央、都心から60km圏に位置し、東に東松山市、滑川町、西に小川町、ときがわ町、南に鳩山町、北に寄居町、深谷市、熊谷市に接し、東西2.5km、南北12kmと南北に細長い地形をなし、面積は29.85km²、町の周囲を標高約90～100mの山稜が連なり、全体

として起伏に富んでおり、緑豊かな地勢を形成している。

当町は昭和42年に町制を施行し、町名を「嵐山町(らんざんまち)」とした、これは、我が国最初の林学博士である本多静六博士が、都幾川と槻川の合流地とその上流の景勝地を訪れ、その様子が京都の「嵐山(あらしやま)」に大変よく似ているということから、「武蔵国の嵐山(あらしやま)」という意味で「武蔵嵐山」と名付けたことに由来している。

歴史的には、平安末期から鎌倉時代にかけて、木曾義仲や畠山重忠などの坂東武士が活躍した土地であり、「いざ鎌倉」という言葉にもあるように、早くから交通路が整備され、それと共に宿場のにぎわいもみせていた。

戦国時代には、戦国期城郭の最高傑作の一つといわれる国指定史跡「杉山城」が築かれる



図1 嵐山町位置図

など豊かな歴史に満ちており、杉山城跡は、畠山重忠が構えたとされる国指定史跡「菅谷館跡」とともに「(平成 29 年)続日本 100 名城」に選定されている。

近年は、それら史跡巡りや、町名の由来となった「嵐山溪谷」、旅行サイトのBBQ&キャンプ場人気スポットランキング(2018)で2年連続全国1位、関東エリアでは8年連続で1位に選ばれた「嵐山溪谷バーベキュー場」や、「千年の苑ラベンダー苑」など、県内外からの来訪者があり、賑わいを見せている。



写真1 杉山城址



写真2 嵐山溪谷 BBQ & キャンプ場

2. 嵐山町水道事業の沿革

当町の水道事業は、昭和 38 年 6 月 27 日埼玉県指令 38 公衛第 3599 号付で埼玉県知事の認可を得て、昭和 39 年簡易水道として始まる。

当時の給水人口は 4,200 人、1 日最大給水量は 695m³で、その後人口の増加と町の発展と共に、事業の拡大を行い、第 1 次～第 2 次拡張工事を経て、最近では、花見台工業団地の立地による水需要の増加に対応するため、平成 4 年 3 月 31 日に計画給水人口 25,000 人、計画一日最大給水量 14,800m³の認可を受け、第 3 次拡張工事を実施し現在に至る。

給水区域はほぼ行政区内全域で、給水区域図のとおりである。

なお、令和 3 年度末時点での水道普及率は 99.9%となっている。

当町の水道事業に係る組織体制は、町長が水道事業管理者の職務を担い、事業管理者の権限に属する事務を処理するために上下水道課を設置し、課長以下合計 10 人、上水道担当



図2 給水区域図

表1 嵐山町水道事業の沿革

区分	認可取得年月	計画目標年度 (年度)	計画給水人口 (人)	計画一日 最大給水量 (m ³ /日)	計画一人一日 最大給水量 (ℓ)	備考
創設	昭和38年 6月27日	昭和48年度	4,200	695	150	中央簡水創設、第1水源、 菅谷地区の一部給水
第1次 拡張	昭和46年 3月31日	昭和56年度	20,000	6,000	300	第2水源、 第1浄水場及び配水場建設、 全町に給水
第2次 拡張	昭和54年 5月8日	昭和60年度	18,500	9,453	511	第3水源、 第2配水場建設
第3次 拡張	平成4年 3月31日	平成12年度	25,000	14,800	592	県水受水 3,500m ³ /日、 第3配水場、工業団地

は、2人の副課長の下に管理担当1人、施設担当3人の合計6人(内、技術職は1人)となっている。

このほかに平成17年度からメーター検針・受付・徴収・開閉栓等の業務を民間に委託している。

3. 水道施設の概要

1) 水源

水源は、自己水源である第1・第2・第3水源の3か所の地下水(浅井戸)より一日最大合計11,300m³の取水と、埼玉県営水道から一日最大3,500m³の受水により賄っている。なお、自己水源の濁度は、月平均0.019～0.050度(令和3年度実績)である。

2) 浄水施設

浄水施設は、第1水源と第2水源からの原水を浄水する第1浄水場と、第3水源からの原水を浄水する第2浄水場の2箇所があり、浄水処理方法は塩素消毒方式を採用している。

3) 配水施設

配水施設は、第1浄水場からの浄水を配水する第1配水池(有効容量2,000m³)と、第2浄水場からの浄水を配水する第2配水池(有効容量2,200m³)、県水と第2浄水場からの

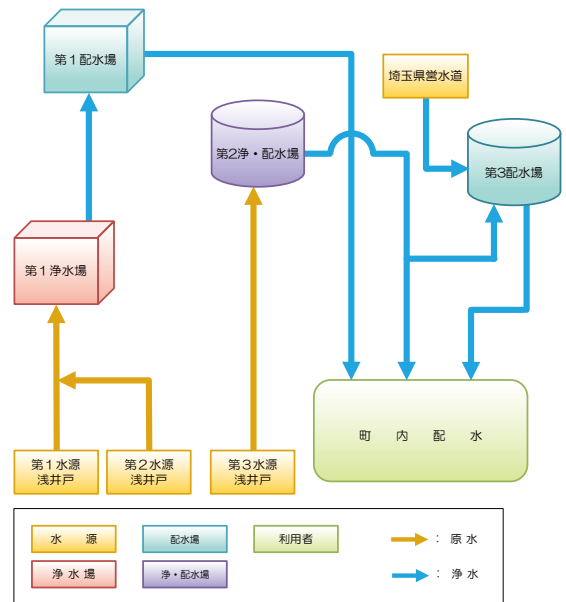


図3 配水施設

浄水のブレンド水を配水する第3配水池(有効容量4,000m³)があり、配水池ごとの各区域に配水している。

4) 管路

令和3年度末における管種別管路総延長は表2とおりである。

表2 管種別管路延長

ダクタイトル鑄鉄管(一般継手)	79.8km
ダクタイトル鑄鉄管(耐震継手)	23.2km
硬質ポリ塩化ビニル管	72.7km
その他	3.5km
合計	179.2km



図4 管路延長位置図

この管路延長約180kmは、嵐山町から福島県郡山市までの距離に相当する。

4. 当町の水道事業基本計画

第2次水道事業基本計画は、「第5次嵐山町総合振興計画」及び「第1次水道基本計画」を踏まえ、嵐山町水道事業として中・長期的な施策の方向性を示したもので、3つの理想像（「安全」、「強靱」、「持続」）を基に、5項目

3つの理想像

安全

安心して飲める水道
適正な水質管理体制
統合的アプローチによる対応

強靱

危機管理に対応できる水道
適切な施設更新、耐震化、
被災してもしなやかに対応

持続

信頼され続ける水道
長期的に安定した事業基盤
人口減少社会を踏まえた対応

目標

- ① 安心・安全な水道水の供給
- ② 安定した水道
- ③ 災害に強い水道
- ④ サービスの充実
- ⑤ 堅実な経営

を目標として掲げ、各目標に対する施策を示し、課題の解決及び基本理念の実現を図ることを目的とし策定された。

現在、施策として経営面では、事業の効率化、経営基盤・財政基盤の強化であり、資産管理の活用や人材の育成、定期的な水道料金の見直しの検討や健全な財務体質の確保などの実施に努めている。

施設整備面では、計画的、効果的な整備と高水準化の一環として、適切な水質管理、浄水場施設の更新と再構築のため、施設を統廃合ダウンサイジングし、新しい浄配水場を建設する計画を進めている。

5. 水道管路の耐震化の現状

嵐山町水道事業は、平成22年に全国で初めてGX形ダクタイル鉄管（以下、GX形管）を採用することにより、経年管対策と合わせた耐震化を進めている。

なお、GX形管については、以下の①～③の施策が採用当初から今に至るまで変わることなく採用の根拠となっている。

①計画的な管路施設の高水準化の推進

厳しい財政状況の中、ライフサイクルコストが有利で耐震性を備えたGX形管採用によ

り管路の機能向上を行う。更に GX 形管が備えている長寿命化の効果で、将来的な管路更新時期の大幅延長が期待できる。

②災害・非常時対応の強化

過去の大規模地震でも被害のないダクタイル耐震管と同等の継手性能を持った GX 形管を布設することで地震等自然災害が発生しても町民に対し安定した給水を行える。

③水道サービスの充実

計画的な拡張事業により全ての町民への水道水供給を目指す上でも、施工の早い GX 形管は工事による生活環境の住民負担軽減が可能である。更に、施工現場における耐震管布設工事の PR (工事看板の掲示等) で町民に対し水道事業方針を開示する。

・現状

当町では、導水管、送水管、及び $\phi 250\text{mm}$ 以上の配水本管を基幹管路として位置づけし、大規模災害時を想定し、優先して更新していくこととした。

ここでは、基幹管路並びに管路総延長における耐震化率について、10年前の平成23年

度末時点と令和3年度末時点と比較し、その進捗状況を表3及び表4に示す。

なお、当町の耐震化延長に計上する管種は、SUS管(融着)、DIP-NS形管、DIP-GX形管である。

このことから、GX形管の採用から約10年間で、あゆみは遅いものの着実に耐震化が進んでいる。

6. 概算数量発注方式の導入

今後、更なる耐震化率の向上のため、人事等により職員育成や技術継承がままならない中、工事の発注件数の維持向上を図るため、令和3年度より「概算数量発注方式」による工事発注を行っている。

施工延長としては令和3年度に GX 形管 $\phi 75$ を $L=180\text{m}$ 試験施工し、令和4年度は、2つの工事を発注し GX 形管 $\phi 100$ を $L=200\text{m}$ 、GX 形管 $\phi 75$ を $L=300\text{m}$ 施工中であり、安定した工事発注に一役買っている。

今後、職員による直営設計、設計業務委託、そして、概算数量発注の3つの方法による工

表3 基幹管路における耐震化状況の比較

	平成23年度末			令和3年度末		
	延長	耐震化延長	耐震化率	延長	耐震化延長	耐震化率
導水管	3,285.1m	768.6m	23.4%	3,084.3m	2,116.2m	68.6%
送水管	7,255.3m	3,769.8m	52.0%	7,255.3m	5,260.4m	72.5%
配水管	13,614.5m	70.4m	0.5%	13,872.7m	1,431.8m	16.6%
合計	24,154.9m	4,608.8m	19.1%	24,212.3m	8,808.4m	36.4%

表4 管路総延長における耐震化状況の比較

平成23年度末			令和3年度末		
総延長	耐震化延長	耐震化率	総延長	耐震化延長	耐震化率
175.6km	9.9km	5.6%	179.2km	23.9km	13.3%

事発注により、安定した工事発注とGX形管による耐震化率向上に努めていく。

▼施工風景



写真3 ゴム輪の位置確認(GX形管)



写真4 嵐山仕様の仕切弁とトルク管理

る私たちは、漏水もそして地震などの災害も必ず起こるものと想定し、今後に対応し続けなければならないのだと思います。

余談になりますが、GX形管は耐震化や施工性について注目され、また、説明しやすい部分でもありますが、私達は「地震にも強く、100年たっても漏水しない管なんですよ。」と住民の方へ説明しています。

初採用から10年、嵐山町ではGX形管からの漏水などの事象はないことをご報告いたします。

7. おわりに

管路更新・耐震化率向上のため、試験施工の数年前から「概算数量発注方式」の導入に向け、施工業者の方々や関係部署等との調整を行っていました。

紆余曲折を経て、令和3年度に試験施工に至り、導入まで長い道のりでしたが、また一歩前進したと思います。

以前、漏水修繕等に関し、相談した他部署の方から「漏水は行政の怠慢によるものだ。」との厳しいご意見を頂いたことがあります。当時は反感を覚えましたが、水道行政に関わ

Technical Report 07

技術レポート

小規模事業者における GX形ダクタイル鉄管を使用した 管路更新



元 多気町上下水道課参事兼課長
中出 賢一

1. はじめに

多気町は、平成18年1月1日に旧多気町と旧勢和村が合併して誕生した。三重県のほぼ中央、伊勢平野の南端部、松阪市



図1 多気町の位置

と伊勢市の中央に位置し、買い物や病院、職場など生活の利便性も良い、人口約1万5千人の自然豊かな町である。「多気」とは、伊勢神宮が造営された頃より、食べ物がたくさん採れる場所、食べ物は命を支えることから、多くの気(命)を育む場所という古語に由来(説)する。古くから農業が盛んで、伊勢茶・伊勢芋・前川次郎柿・しいたけ・みかん・松阪牛・鮎など、潤いのある大地からたくさんの特産品が生産されている。

2. 水道事業の沿革

現在、多気町では平成18年1月の町村合併により旧勢和村水道事業の全てを譲り受け、新多気町水道事業となり町内へ給水している。水源は地下水源と用水供給事業の受水により、計画給水人口16,300人の計画1日

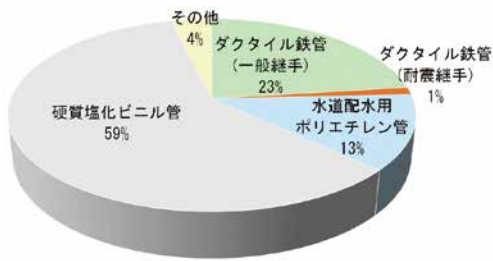


図2 管種別管路延長の比率 (%)

最大給水量 8,660m³を賅っている。令和3年度末の水道普及率は99%である。

また、管種別管路延長は、ダクタイル鉄管(一般継手)55km(23%)、ダクタイル鉄管(耐震継手)3km(1%)、水道配水用ポリエチレン管30km(13%)、硬質塩化ビニル管142km(59%)、その他9km(4%)で構成されている。

3. 耐震化基本計画

多気町では合併を機に老朽化の激しい旧勢和村の水道施設改修計画を策定し、平成22年度から平成27年度にかけて改修を実施した。改修事業の終盤においては、老朽化した硬質塩化ビニル管の漏水事故が連日のように発生し、大変苦慮することとなった。

同じ様な状況にならないよう、旧多気町の水道施設においても耐震改修の基本計画を策定し、耐震改修事業を行っている。今年度までは、浄水場・配水池などの施設を重点的(配水管の一部含む)に耐震改修を行ってきた。

管路においては、耐震化率が14%に留まっていることから、老朽管をGX形ダクタイル鉄管で更新することにより、経年管対策と合わせた耐震化対策を行っていく。

基本計画では、令和31年度末を到達地点とした将来像において、呼び径75～350の基幹管路の耐震化率を100%とする目標を掲げており、令和5年度より本格的実施となる。



図3 管路経年化率 (%)



図4 管路更新率 (%)

4. GX形ダクタイル鉄管採用の経緯

平成20年の水道施設の技術的基準を定める省令改正に伴い、耐震管の採用が必須条件となった。これを受けて、今後採用すべき耐震管の管種検討を行った。

旧勢和村の管路は呼び径150mm以下であることから、GX形ダクタイル鉄管と水道配水用ポリエチレン管を比較検討した結果、インシャルコストで勝る後者を採用した。

一方で、旧多気町の管路は呼び径350mmまでであることから、耐震性能と共に長期耐久性も併せて検討した。硬質塩化ビニル管の漏水には度々苦慮した経験より、樹脂系材料には材質劣化の懸念が残るため、長期耐久性が検証されているダクタイル鉄管を採用した。南海トラフ地震において震度6強の揺れが想定されており、大地震に複数回耐える必要がある。複数の継手の伸縮により大きな地盤変状を吸収する鎖構造管路を構築することで、地

震後も管体に変形が残らないため、複数回の地震に対しても新設時と同等の耐震性能を有する耐震継手ダクタイトイル鉄管とした。中でも、GX形ダクタイトイル鉄管は外面耐食塗装により、防食性能が格段に向上した長寿命製品である。呼び径にもよるが、初期コストは水道配水用ポリエチレン管に比べて多少高くなるものの、長期的視点で考えれば十分経済的である。次世代に安全・安心な水道管路を残すことができるかと判断し、平成30年度から呼び径75mm以上の管路に採用した。

5. 直近の工事発注状況

令和4年度は、中央配水池耐震改修工事等の7件を発注した。そのうち西部配水池進入路築造工事では、呼び径100mm×59m、呼び径150mm×64mの布設替えを行った。

GX形ダクタイトイル鉄管を全面採用して4年を経過していることから、町内の業者は経験が豊富であり、工事は滞りなく進捗している。令和5年度も呼び径100mm×538m、呼び径150mm×591m、呼び径200mm×800mの発注を予定しており、配水管の布設替えが本格始動となる。管路総延長239kmのうち、約34km(14%)を耐震管にて改修したが、今後も基本計画に基づき、生活基盤施設耐震化等交付金(水道管路緊急改善事業)を活用しながら工事発注を継続していく。

以下は、令和3年度に実施した西部加圧ポンプ所築造工事において、呼び径75GX形ダクタイトイル鉄管の施工写真を添付する。



写真1 溝切状況



写真2 チェックゲージを用いた溝深さの確認



写真3 ダクタイトイル鉄管切管鉄部用塗料の塗布



写真4 チェックゲージによるゴム輪の位置確認



写真5 G-Link の隙間ゲージによる確認



写真6 工事全景

6. おわりに

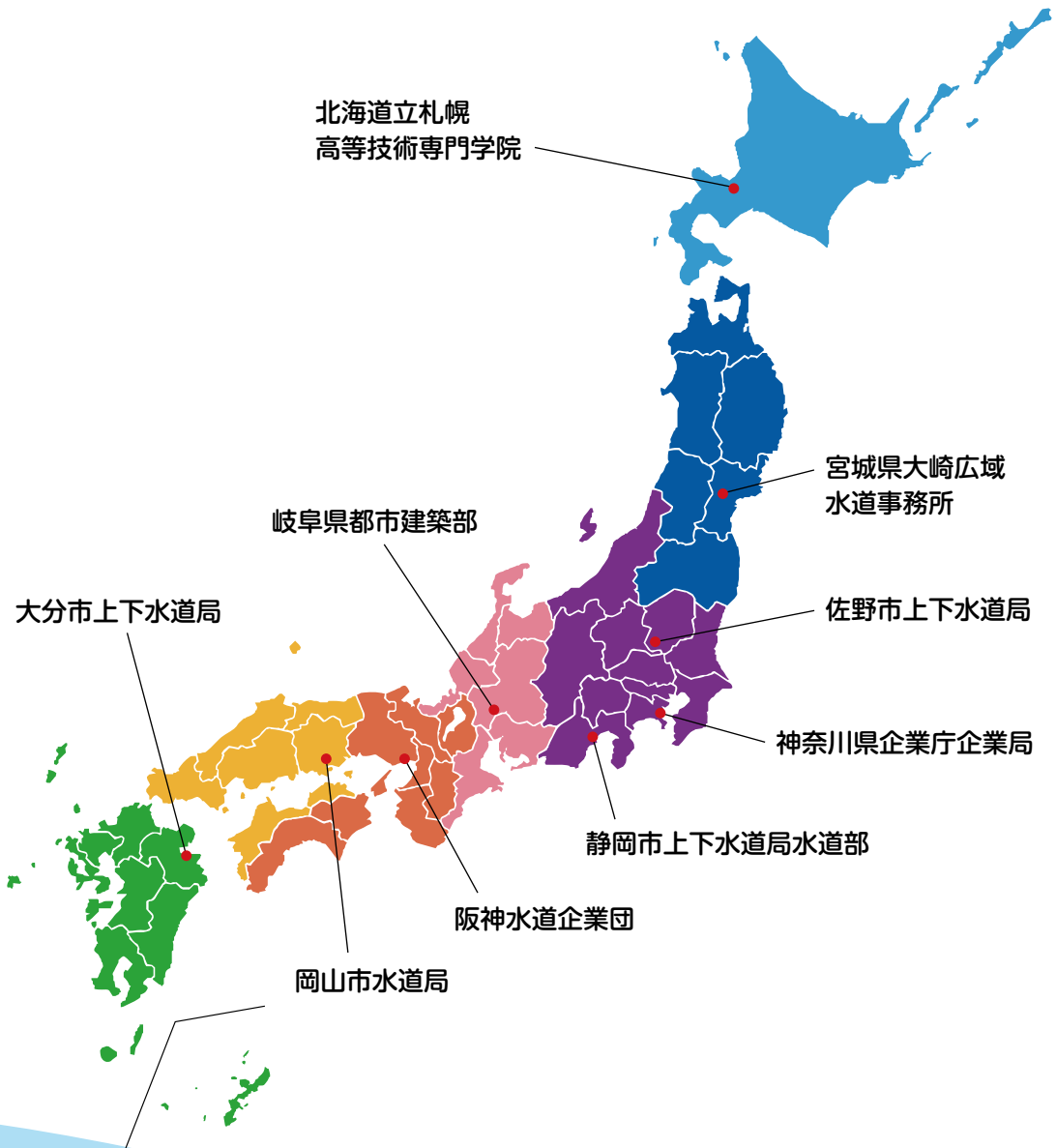
近年では地震だけでなく、全国的に豪雨災害が多発している。町内を流れる櫛田川とその支流においても、豪雨被害にも備える必要がある。GX 形ダクタイル鉄管は大規模地震だけでなく、豪雨災害でも被害がなかったことが多く報告されている。

多気町水道事業は小規模事業者であり、決して財政にゆとりがあるわけではない。しかし、小規模事業者なりに将来像を見据え、20年近く行われていなかった料金の見直しを実施し、また交付金等を活用することで、GX 形ダクタイル鉄管での管路更新が十分可能であると確信している。

水道事業を継続させていくためには、水道に対する『愛着心と使命感』を秘めた、プロ意識を持つ人材の育成が必須である。ある人の言葉を引用して、『住民の幸不幸は職員の資質にかかる』だと考えて実践している。

本報告が、全国の小規模事業者の管路更新について、参考となれば幸いである。

112号でご協力いただいた事業体・団体





北海道支部

北海道立札幌高等技術専門学院 (MONOテク札幌)

GX 形ダクタイル鉄管の接合・解体実技体験



GX形ダクタイル鉄管の紹介

北海道立札幌高等技術専門学院 (MONO テク札幌) は、厚生労働省所管の「職業能力開発促進法」に基づき北海道が設置、運営する公共職業能力開発施設です。

MONO テク札幌では、地域のニーズに対応するため「精密機械科」、「金属加工科」、「電子印刷科」、「建築技術科」、「建築設備科」、「能力開発総合センター」を設置し、就職に必要な知識や技能・技術の習得を目指しています。

また、北海道内には、札幌のほかに、函館、旭川、北見、室蘭、苫小牧、帯広、釧路にも道立高等技術専門学院 (MONO テク) が設置されています。

MONOテク札幌では、令和4年10月14日に給排水設備、冷房設備等に関する知識や技能の習得を行っている建築設備科の2年次を対象に、日本ダクタイル鉄管協会北海道支部の協力のもと、GX形ダクタイル鉄管の紹介や呼び径100のGX形ダクタイル鉄管を用いた接合・解体実技実習等を通じて、私たちの生活に欠かせない重要なライフラインである水道や水道管路整備についての理解を深めました。

今回、生徒にとってはGX形ダクタイル鉄管の接合・解体の実技は初めての経験でありましたが、普段から設備工事の技能習得に努めており、手際良く進めることが出来ました。

MONO テク札幌では、引き続き、ライフラインを支える技術者を育成していきます。



GX形ダクタイル鉄管接合実習の様子



東北支部

宮城県大崎広域水道事務所

市町村との連携による研修「麓山塾」の開催

宮城県大崎広域水道事務所では、水道水を供給する市町村と連携し「麓山塾（ふもとやまじゅく）」と称する研修会を開催しています。現場や作業に精通した職員の退職による技術やノウハウ等の継承機会の減少を補うとともに、水道事業に関わる施工や維持管理等の技術力向上がねらいです。

研修会では、関係協会等から講師を招き、施設設計や施工、維持管理等に関する座学研修と、工事現場における施工や通水洗管作業等について、施工方法や手順等の講習と視察による現場研修を開催しており、多くの職員に受講いただいております。

県では、令和4年度より上工下水道を民間運営会社が一括管理する「みやぎ型管理運営方式」を導入しましたが、管路施設は引き続き県が管理していきます。今後、施設の老朽化対策や頻発する自然災害等への対応が急務なことから、水道事業の未来を担う人材育成を目指し、市町村と連携を図りながら技術習得と研鑽の場として「麓山塾」を継続してまいります。

<※「麓山塾」：事務所が所在する麓山浄水場に由来する>



座学研修



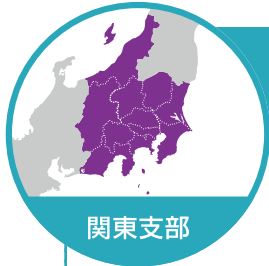
通水洗管作業研修



不断水施工現場研修

●「麓山塾」の開催経過（令和2～4年度）

年度	開催月日	研修テーマ	講師・団体名
令和2年度	11月10日	水管橋設計について 配水池に関する基本事項・劣化対策について	(一社)建設コンサルタンツ協会 東北支部
	2月19日	松山枝線不断水施工研修(現場研修)	
令和3年度	7月21日	松山枝線通水洗管作業(現場研修)	施工業者など
	11月10日	鉄管管路の診断と老朽度調査	(一社)日本ダクタイル鉄管協会 東北支部
		「管路更新を促進する工事イノベーション研究会」を通じた 管路更新を促進するための取り組み (小規模簡易DB方式の取り組みなど)	
令和4年度	8月4日	田尻川水管橋通水洗管作業(現場研修)	施工業者・弁メーカー
	11月8日	水道用バルブ講習会	水道バルブ工業会
			水道用鉄蓋類に関する講習会



関東支部

佐野市上下水道局

新上下水道庁舎の完成を迎えて



令和5年1月23日 開庁式



1階執務室

現在、佐野市の水道事業を取り巻く環境は、人口減少、施設の老朽化、節水型社会の定着に伴う料金収入の減少、技術者の恒常的な不足など、たいへん厳しい状況にあります。

また、整備が進み、事業の対象が新設・拡張から管理・更新へと構造的に大きく変化しています。

本市の水道事業では、「安全な水の供給」「災害に強い水道」「持続可能な水道」を、3つの基本目標を掲げ、市民の皆様の快適な生活環境づくりに努めています。

東日本大震災や令和元年東日本台風のように、頻発化・激甚化する自然災害への対応するため、老朽管路及び施設の更新等を進めています。そうした中、令和4年度に新上下水道庁舎が完成したことから、庁舎の老朽化及び耐震不足の問題が解消されました。さらに、別々の場所にあった水道課と下水道課を統合しましたので、今後は、重要なライフラインである上下水道の危機管理拠点として機能強化が図られ、お客様サービスの向上、事務の効率化の効果が期待されます。

水道は、市民生活や社会経済活動を支える重要なライフラインです。市民の皆様に安全かつ安心な水を安定的に供給するという使命はもちろん、コロナ禍における衛生面の観点からも、命の水を預かるものとして、その役割と責任を強く感じているところです。



佐野市新上下水道庁舎 正面玄関



関東支部

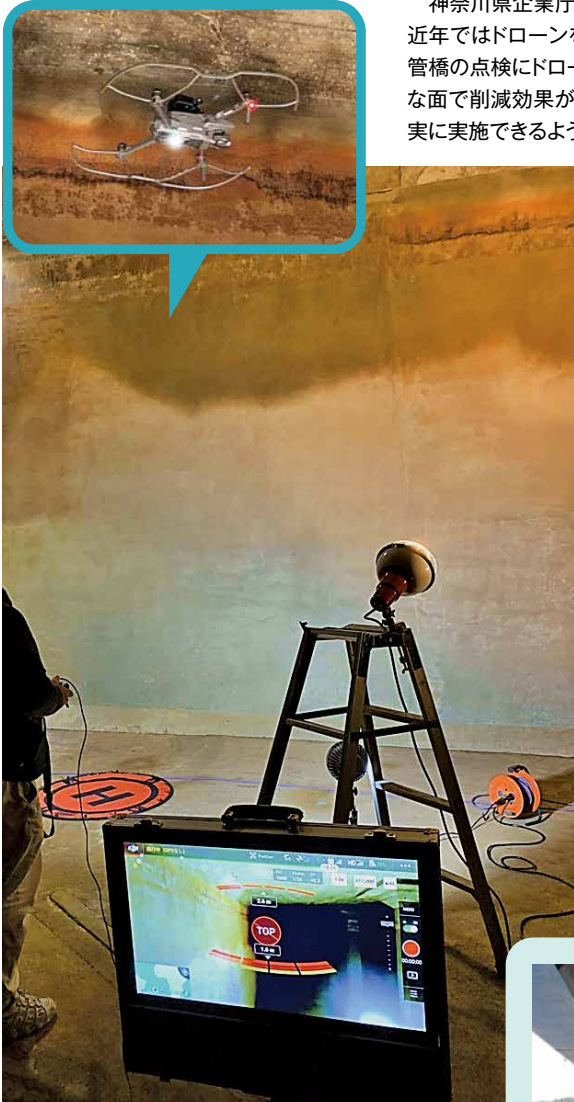
神奈川県企業庁企業局

ドローンを活用した水道施設点検の取り組み

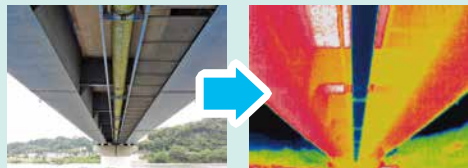
神奈川県企業庁では、目視で行う水道施設の通常の点検に加え、近年ではドローンを活用した点検も行っています。特に配水池や水管橋の点検にドローンを活用することにより、時間・経費とさまざまな面で削減効果が図られ、これまでは手軽にできなかった点検が着実に実施できるようになりました。

さらに、ドローンに搭載されている赤外線カメラは、目視で見えにくい異常箇所（塗装内部での漏水・塗装の劣化など、水道管の表面温度に影響を与える異常）を検出できる可能性を秘めており、実地検証を重ねることで、最新技術の有効な活用方法を検討しています。ただし、赤外線は天候や気温等の影響を受けやすく、漏水や塗装劣化の判定レベルまでには至っていませんので、今後の性能向上を見据えた検証を継続していきたいと考えています。

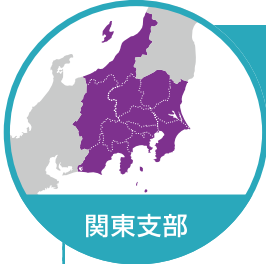
また、ドローンの活用拡大に向け、操縦者の育成に力を入れています。国土交通省から飛行許可が得られる総飛行時間 10 時間以上という条件をクリアするために、企業庁独自で研修を行っています。ドローンでの業務経験が豊富な職員が講師となり、操縦方法を教えることができ、操縦者全体のレベル向上に繋がっています。現在 9 機のドローンを保有し、33 名の職員が操縦者として活躍しており、安全で効率的な点検を行うため、今後も操縦者の育成を続けていきます。



配水池内部点検の様子



赤外線カメラを搭載したドローンで撮影
(表面の温度で色の変化)



関東支部

静岡市上下水道局水道部

“全国初の技術” スマート水道メーターの実証実験開始



公共施設実験箇所設置写真(機器接写)



公共施設実験箇所設置写真(通信状況確認)

令和4年9月に本市を襲った台風第15号によって発生した大規模断水におきましては、全国から応急給水活動など多大なご支援を賜り、心より感謝申し上げます。

さて、本市ではIoT技術の活用を検討しているところです。この度、民間5者の協力のもと、全国初の技術を搭載したスマート水道メーターの実証実験が実現することとなりました。

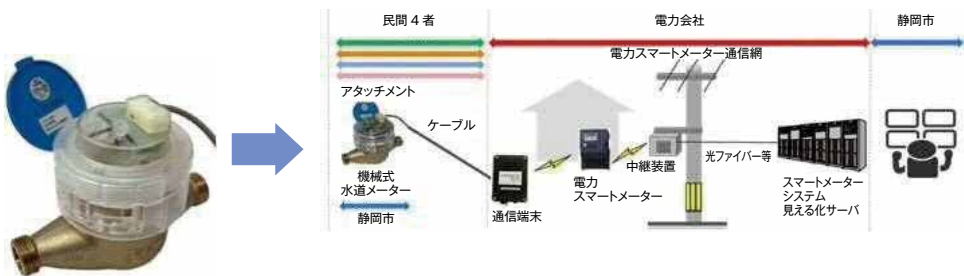
今回の実験の概要ですが、既に普及が進む電力会社のスマートメーター通信網を活用し、全国初の技術となる①アタッチメント機能(既存の平型直読メーターに簡単装着)、②OCR検針機能(内蔵カメラで撮影した検針値を光学文字認識により数値化)、③漏水検知機能(内蔵された振動センサーにより近傍管路の漏水を検知)、④通信機能(検針値、漏水検知アラームを送信)の4つの機能が一つになったスマート水道メーターを静岡市清水区の住宅エリアに設置し、自動検針及び近傍管路の漏水検知を1年間(令和5年1月～12月)かけて検証します。(イメージ図参照)

本実験を通して、自動検針の導入コスト削減や漏水検知による効率性向上について検討していきますが、将来的に断水エリアの特定や漏水箇所の早期復旧といった災害時に活用される技術となることを期待しております。

● OCR 検針機能のイメージ



● アタッチメント型スマート水道メーター 水道自動検針のイメージ図





中部支部

岐阜県都市建築部

更なる防災能力の向上を目指して ～ 岐阜県営水道防災訓練 ～



応急給水訓練 (検温、消毒)



漏水箇所調査訓練

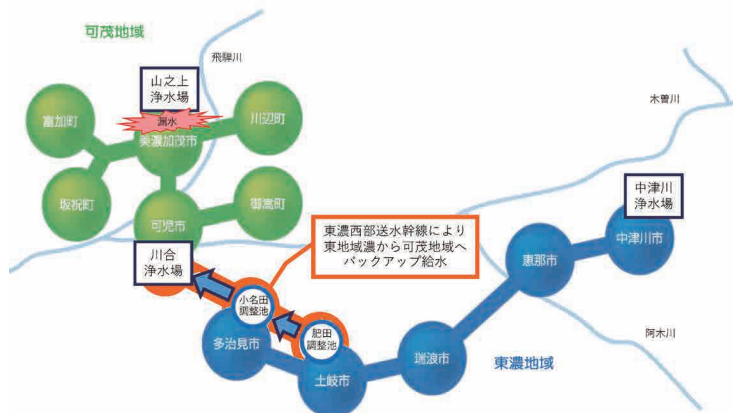
岐阜県営水道では、激甚化・頻発化する豪雨災害に備え、被災時における初動対応の強化、並びに復旧体制の充実など、防災対応力の向上を目的として、受水市町や関係団体の参加のもと、防災訓練を毎年実施しています。

今年度は、記録的な豪雨に伴う土砂災害により県営水道および美濃加茂市の水道管で漏水が発生し、同市の一部地域で断水が発生したと想定し、応急給水訓練、管路応急復旧訓練、漏水箇所調査訓練の他、地域間の相互融通を可能とする東濃西部送水幹線を利用して、東濃地域から可茂地域へ水道水のバックアップ給水を行う訓練などを実施しました。

このうち、応急給水訓練では、新型コロナウイルス感染予防対策として、岐阜県の「新型コロナウイルス禍における災害時応援職員の派遣及び受入方針」に従い、給水拠点入り口での検温および消毒液での手指消毒等を行ったうえ、布製の仮設水槽を利用した応急給水拠点を設置し、応急給水を行いました。

また、管路応急復旧訓練では、美濃加茂市上下水道協同組合や民間企業の方のご協力のもと、φ200～300mmの仮設配管を迅速に接合する訓練を実施しました。

受水市町が参加する訓練は今回で17回目となります。このような防災訓練を継続して実施していくことが、岐阜県営水道の防災能力の向上に繋がり、また受水市町との連携をより一層強化し、更には若い水道技術者の育成、技術の継承の一助になるものと考えております。



【イメージ図】バックアップ給水を行う訓練



関西支部

阪神水道企業団

阪神水道企業団尼崎浄水場特別開放イベント 2022



スタンプラリー形式での浄水処理過程見学



浄水処理を体感してもらう水の実験教室



あますいブース

当企業団の事業内容等について、市民の皆様から関心と理解を得ることを主な目的として、例年、「尼崎浄水場特別開放イベント」を開催しています。このイベントには、地元の水道事業者である尼崎市公営企業局様にもご参加いただいています。

近年は、新型コロナウイルス感染症の影響で、イベントの開催を見送っていましたが、令和4年度は、11月12日(土)に、約3年ぶりに開催することができました。

当日は、尼崎浄水場を特別に開放し、「スタンプラリー形式での浄水処理過程見学」、「浄水処理を体感してもらう水の実験教室」、「利き水体験」などを行い、多くの市民の皆様楽しんでいただきました。

イベント会場出口でのアンケート調査では、「浄水処理の仕組みを知る事ができた。」、「水源が淀川であることを知らなかった。」、「阪神水道企業団の役割を知る事ができた。」、「阪神水道企業団と水道局の違いを知る事ができた。」等の感想をいただくことができました。また、「管路の耐震化等の状況」について興味を持っておられる方も多く、市民の皆様の水道への関心の高さを知ることができました。

当企業団は用水供給事業者であり、市民の皆様と接する機会があまり多くありません。そのため、このイベントは、市民の皆様の声を聴くことができる大変貴重な機会です。今後も継続して実施していきたいと考えています。



イベント風景



中国四国支部

岡山市水道局

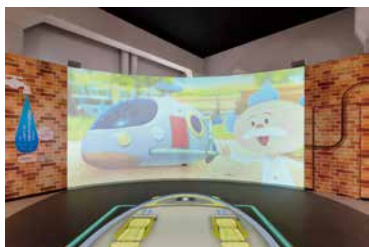
岡山市水道記念館のリニューアルについて



記念館



ポンプアップウォーター



浄水場アドベンチャー

岡山市の水道は明治38年7月23日、全国で8番目の近代水道として通水を開始し、断水することなく118年目を迎えました。

岡山市水道記念館は、中心市街地北部の三野(みの)浄水場内にあり、明治38年の水道創設時に動力室・送水ポンプ室として築造された煉瓦造りの洋風建物です。昭和60年に通水80周年記念事業として、水道について楽しく学べる施設として生まれ変わり、平成17年には、水道創設時から良好な状態で遺されている建物として、現役稼働している緩速ろ過池や配水池等とともに国の登録有形文化財に登録されました。

小学校の校外学習を中心に来館者が年間1万人を超える人気の施設でしたが、平成29年に行った耐震診断の結果、建物が耐震性を有していないことが分かったため、令和2年7月から耐震改修工事を実施し、併せて展示物等の更新を行ったうえで、令和4年7月23日にリニューアルオープンしました。

今回のリニューアルでは「遊びと学びの両立」、「子どもから大人まで幅広い世代での交流」、「もっと浄水場や水道事業のことを知ってもらおう」というコンセプトのもと、降った雨が川となり、川の水が浄水場の中で安全で安心な水道水になる過程などを楽しく遊びながら、学べる体験性を重視した展示を設置しています。主な展示に非接触型モーションセンサーを導入し、ゲーム性を高めています。

休館日は年末年始(12月29日から1月3日)と月曜日です。駐車場は三野浄水場構内に15台程度あります。また、浄水場内の施設のため、飲食は出来ません。

リニューアルオープンからの来館者数は、約半年間で年間目標とする1万人を超え、ご好評をいただいています。訪れた多くのお客様が、楽しみながら水の大切さを学び、水道事業についてより理解を深め、また遊びに来ていただけることを願っています。



水の旅



九州支部

大分市上下水道局

組織を超えた応急給水訓練を実施



消火栓からの給水車への注水訓練



仮設水槽(コンテナ)の組み立て訓練

大規模断水時における応急給水業務は、給水車への注水を行う「給水基地担当」、給水車で病院や避難所などに水を運ぶ「運搬給水担当」、避難所等に仮設水槽を設置して住民に水を配る「応急給水拠点担当」など多くの人員を必要とします。

しかし近年は、大量退職等により応急給水業務に携わってきた経験豊かな職員が減少し、このままでは突発的な有事の際に、迅速かつ的確な応急給水ができなくなる恐れがあります。

こうした課題を解決するため、大分市上下水道局では令和4年10月に応急給水業務を経験したことのない職員を対象とした「応急給水訓練」を実施しました。開催にあたっては、広域連携を見据え日本水道協会大分県支部の他市水道事業者、災害時応援協定を締結している受託事業者に声掛けをし、延べ64名の方にご参加いただきました。

訓練では、まず、ベテラン職員による実技を見学してもらい、その後、消火栓の取り扱いや仮設水槽の組み立て、給水袋へ注水など応急給水に係る一連の作業を実際に経験してもらいました。

今後もこのような訓練を継続的に実施することで、人材育成を図るとともに、関係団体との連携を強化し、大規模災害時においても安全・安心な水道水をお客様に届けられるよう努めてまいります。



仮設給水栓・給水袋の取り扱い訓練

私の好きな
時間

南国の海から スポーツクラブ 通いへ

札幌市水道局給水部
浄水担当部長

住友 寛明

札幌市水道局の住友と申します。貴協会とのつながりも多い配水担当部から令和2年4月に局外に異動した後、昨年4月から浄水場・ポンプ場の運営や水質管理などを所管する浄水担当部で勤めています。

胸を張って紙面で紹介できるような特徴的な趣味などはないのですが、過去の海外派遣から、家族との南国旅行、現在のスポーツクラブ通いまで綴ってみたいと思います。



首都圏水道スタッフとの調査（左から3人目が私）



スポーツクラブでのストレッチ

国際協力機構（JICA）では、貴協会会員の人的協力も得たチーム派遣により、1996年よりマニラ首都圏水道において漏水防止など無収水低減化のための技術協力を行い、私もそのための長期派遣専門家として2年間フィリピンに滞在しました。南十字星の下で現地スタッフとともに行った漏水調査など今でも折に触れ思い出されます。

派遣中に首都圏水道が民営化（コンセッション方式）されることとなり、任期の終盤には地方の小規模水道の調査なども担当しましたが、いずれも異国にて安全な水の安定供給に携わる貴重な機会でした。

また、この海外勤務は、派遣前に妻との結婚を決め、自らに足枷をはめる機会ともなりました。赴任中のオフに妻とともにフィリピンの島々を訪れる機会を何度か持てましたが、妻は南国の青い海にすっかり魅了されたまま、私の任期満了を迎えました。

帰国後は、二人の娘に恵まれ、暫く子育て期間が続きました。次女は小児喘息でしたが、症状が改善したら暖かい島に連れていくと話していたところ、幼いながらの頑張りで吸入器が不用になるほど回復

したため、私の両親も伴って家族での初の海外旅行が実現しました。娘達もすっかり南国の海の魅力に惹かれ、その後もまとまった休暇を利用して、派遣国だったフィリピンなど東南アジアの島を何度か訪れました。

開発があまり進んでいないフィリピンの町では、自然のままの海が残され、滞在費が随分と安価でした。温水シャワーがないなど高い快適性のある宿ばかりではないものの、順応性の高い子供には苦にならないようで、果物など初めて見る食べ物を頬張り、現地の子供たちとも仲良く遊んだり、スキューバダイビングの子供用ライセンスを取得したりと、非日常の時間を楽しんでいました。日本語の通じない環境で過ごし、意思疎通の難しさ、文化・社会の違いなどを肌で感ずる機会を経て、危険察知の感性も多少は身に着けたようです。



娘達との水中写真

令和の時代となった今、娘たちも既に親元を離れ、新型コロナの影響が続くほか旅費も高騰しています。今後また南国で家族と過ごす機会があるかわかりませんが、備えとして泳力を含む体力の維持はしたいところです。また、私は若い頃から頸・肩などが強く凝る体質で、年齢とともに高負荷の運動後は疲れや

痛みが残りやすくなりました。そこで、仕事や生活のための日頃の健康管理として、スポーツクラブにおいて、疲労を蓄積させない程度の運動量での水泳のほか、身体を柔軟にして姿勢を整えるストレッチ、ピラティス、ヨガを続けています。

以前には「水泳はできるだけ速く」との思いもありましたが、今では同レーンで自分より速い方には先行してもらいながら、時にプールの底に映る照明を南海の太陽光のゆらぎに見立てつつ、ゆったり長く泳いでいます。そうすることで気持ちも落ち着き、「エッセイを書くことになったけど、どんな風にしようか」などと思考を巡らす時間にもなります。

ピラティスやヨガでは、最初のうち全くできない動作がありましたが、周りの方との力量差を過度に意識せず、自分で工夫できるストレッチと併せて焦らずに年月を重ねて反復しているうち徐々に筋肉の可動域も広がって、全身の凝りが軽快して姿勢も改善されてきました。新型コロナの流行で中断した時期もありましたが、今ではすっかり習慣化し、健康面など支障がなければ、歳を重ねても無理なく続けられそうに思います。

スポーツクラブ通いは、妻にとっても私が家に居座る時間を最小化できる“Win-Win”の行動で、夫婦円満の一助ともなっています。そんな妻も、何を思ったのか同様にジム通いを始めて今も継続しており、身体も気持ちも以前より軽く、快調でいるようです。



ここまでお付き合いくださりありがとうございます。今後も自らの心身と家庭環境を整えつつ、共に仕事をする方との縁を大切に、水に関わる仕事を通じた社会への恩返しが少しでもできるような努めていきたいと思えます。皆様が健康で今後もご活躍されることをお祈りいたします。

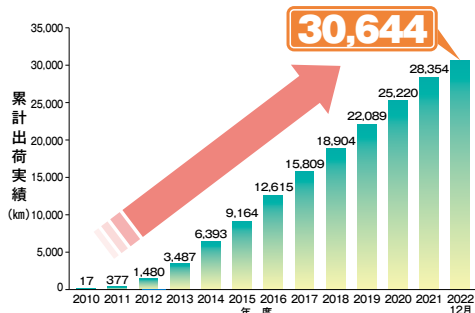
自然災害に強いハザードレジリエントダクタイル鉄管!!

地震に強だけでなく、津波や液状化などの二次災害、近年増加している台風・豪雨などの災害にも強靱な管体と優れた継手性能によって、有効性を発揮しています。GX形、NS形E種管、S50形管の2022年12月末までの出荷実績等は下記の通りです。

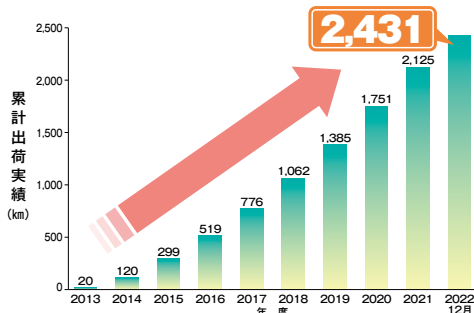


GX形

小口径GX形管の累計出荷実績



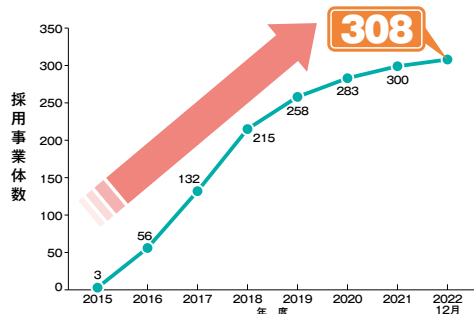
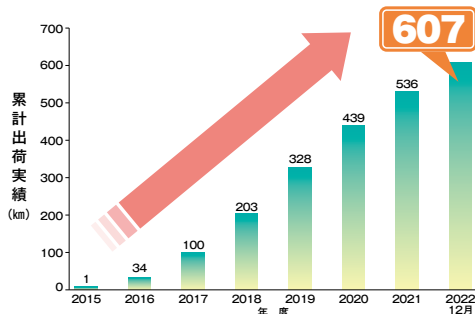
中口径GX形管の累計出荷実績



累計出荷実績33,000km突破!

NS形E種

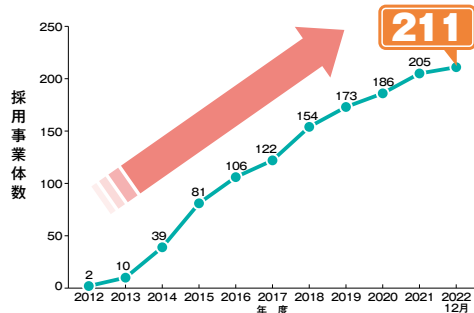
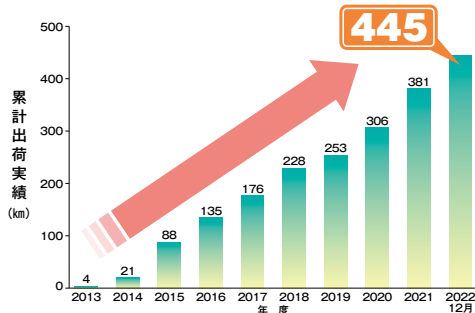
NS形E種ダクタイル鉄管の累計出荷実績と採用事業体数の推移



累計出荷実績607km、採用事業体数308突破!

S50形

S50形ダクタイル鉄管の累計出荷実績と採用事業体数の推移



累計出荷実績445km、採用事業体数211突破!

展示品・パネル貸し出しのご案内

日本ダクタイトイル鉄管協会では、水道週間や各種イベント等でご利用できる展示物・パネルをご用意しております。水道管路の耐震化、そこに使用されている耐震管について、説明しやすく理解していただきやすい展示物です。みなさまからはご好評いただいております。イベントでのリピート使用も多くなっています。ぜひお気軽にご相談下さい。このランキングは2022年4月から12月末までの集計となります。

人気RANKING

展示品編



1 手動模型
貸出し **32**回



- ・地震が起きた時の、耐震管と一般管の違いを説明しやすい。
- ・便利な宅急便サイズ

サイズ(梱包時)
W760*H660*D350 約25キロ



**2 GX形φ75
耐震体験管**
貸出し **19**回



- ・思いっきり引っばっても抜けない事を体験できる。
- ・地震等で抜けない事を説明しやすい。

サイズ(梱包時)
W1170*H600*D340 約70キロ



**3 GX形φ150
カットサンプル**
貸出し **14**回



- ・GX形φ150の現物を見たり触ったりできる。
- ・継手の構造を見ることが出来る。

サイズ(梱包時)
W700*H280*D260 約30キロ

パネル編



**1 耐震継手の特性と
地震時の挙動**
貸出し **33**回



**2 震度7津波・台風・
豪雨にも耐えた
ダクタイトイル鉄管**
貸出し **30**回



**3 強くしなやかに！
つないでいこう耐震管**
(GX形吊り上げ)
貸出し **28**回



**4 東日本大震災でも
実証された耐震管**
貸出し **14**回



**5 地震に強い
ダクタイトイル鉄管
(NS形吊り上げ)**
貸出し **10**回



協会ニュース

名古屋水道展に出展しました。

2022年10月19日～21日まで開催された「2022名古屋水道展」において、日本ダクトイル鉄管協会ブースを出展しました。

今回のブースは入口からメインの通路沿いということもあり、90インチの大型モニターで、多くの来場者にダクトイル鉄管をPRすることができました。

3年ぶりに現地開催された水道展ということもあり、訪れた方がゆっくりお話できるようサロンスペースは広めに設計。壁面には過去の協会誌表紙110号分をデザインするとともに、名古屋市上下水道局の水道施設をスライド映像で紹介するなどして、名古屋での開催を盛り上げました。



2022年度日本ダクタイトイル鉄管協会セミナーを開催しました

水道事業に関する最新の情報や先進事業者の実例を紹介するセミナーを毎年開催しており、今年度も下記の日程・内容にて全国16会場で開催し、会場で871名、オンライン配信で216団体の方にご参加いただきました。講演頂いた講師の方々にお礼申し上げます。

※検温・手指消毒・密を避けソーシャルディスタンスを十分に確保するなど万全の感染症防止対策のもと実施いたしました。

2022年度 日本ダクタイトイル鉄管協会セミナー 一覧表《全16会場》

支部	開催日・開催場所	講師	テーマ
北海道	11月1日 札幌市	会津若松市上下水道局 副局長兼水道施設課長 鈴木 勇人 氏	会津若松市水道事業における水道わかまつアクションプランと水道DXの取組
		旭川工業高等専門学校 校長(北海道大学名誉教授) 五十嵐 敏文 氏	公共事業で発生する自然由来重金属等への対応 ～北海道新幹線建設を例として～
東北	10月26日 仙台市	熊本市上下水道局 計画整備部 計画調整課 技術監理室 室長 本田 義晴 氏	熊本地震からの復旧 ～災害対応管路としての品質管理～
		北海道大学大学院 工学研究院 環境工学部門 環境リスク工学研究室 教授 松井 佳彦 氏	水道水質基準と レギュレトリーサイエンス
	2023年1月19日 盛岡市	金沢大学 名誉教授 宮島 昌克 氏	上水道防災学のすすめ ～耐震化から強靱化へ～
		独立行政法人 水資源機構 理事 熊谷 和哉 氏	水道第四世代の創生

札幌会場 会場49名が参加



会津若松市上下水道局 鈴木副局長



旭川工業高等専門学校 五十嵐校長



会場風景

仙台会場 会場30名、オンライン配信で27団体が参加



熊本市上下水道局 本田室長



北海道大学大学院 松井教授



会場風景

盛岡会場 会場31名、オンライン配信で35団体が参加



金沢大学 宮島名誉教授



水資源機構 熊谷理事



会場風景

2022年度 日本ダクタイト鉄管協会セミナー 一覧表《全16会場》

支部	開催日・開催場所	講師	テーマ
関東	7月20日 さいたま市	横浜市水道局 配水部長 江夏(こうか) 輝行 氏	水道料金改定と管路更新
		東京大学大学院 工学系研究科社会専攻 教授 沖 大幹 氏	水と気候変動と持続可能な開発
	9月6日 新潟市	八戸圏域水道企業団 工務課長 内宮 靖隆 氏	ICT 技術を活用した耐震管の品質管理
		東京大学 生産技術研究所 基礎系部門 准教授 清田 隆 氏	液状化防災の高度化に関する研究紹介
	9月30日 水戸市	石巻地方広域水道企業団 建設課 課長補佐 佐々木 知洋 氏	東日本大震災 水道施設の復旧・復興 ～発災から復旧までの経験から～
		筑波大学 システム情報系 教授 庄司 学 氏	近年の地震災害を踏まえた 水道施設の耐震性について
	11月7日 長野市	厚生労働省 医薬・生活衛生局 水道課長 名倉 良雄 氏	最近の水道行政と今後の水道について
		東京都市大学 建築都市デザイン学部 都市工学科 教授 長岡 裕 氏	これからの水道技術の考えかた — 水源・浄水場・管路・ユーザーの直列 システム全体をとらえることの重要性 —
	12月1日 静岡市	新潟市水道局 秋葉事業所 所長 山本 真司 氏	新潟市における 「施設能力の適正化」の取り組み
		京都大学大学院 工学研究科 教授 清野 純史 氏	ライフライン地震防災と今後の展望
	2023年1月25日 千葉市	公益財団法人 給水工事技術振興財団 専務理事 石飛 博之 氏	財団の事業と水に纏わる 最近のトピックス
		東京立大学 都市環境学部 特任教授・名誉教授 水道システム研究センター長 小泉 明 氏	水道管路に特化した産官学共同研究



展示を視察する(左から)山本所長と清野教授(静岡会場)

さいたま会場 会場 96 名が参加



横浜市水道局 江夏部長



東京大学 沖教授



ロビーではパネル展示等も

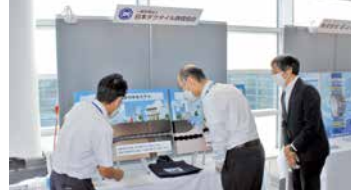
新潟会場 会場 38 名が参加



八戸圏域水道企業団 内宮課長



東京大学 清田准教授



併設された展示ブース

水戸会場 会場 25 名が参加



石巻地方広域水道企業団 佐々木課長補佐



筑波大学 庄司教授



会場風景

長野会場 会場 29 名、オンライン配信で 26 団体が参加



厚生労働省 名倉水道課長



東京都市大学 長岡教授



会場風景

静岡会場 会場 26 名が参加



新潟市水道局 山本所長



京都大学大学院 清野教授



会場風景

千葉会場 会場 83 名、オンライン配信で 34 団体が参加



給水工事技術振興財団 石飛専務理事



東京都立大学 小泉名誉教授



会場風景

2022年度 日本ダクタイトイル鉄管協会セミナー 一覧表《全16会場》

支部	開催日・開催場所	講師	テーマ
中部	11月28日 名古屋市	呉市上下水道局 技術部 副部長 増木 誠治 氏	豪雨災害後の災害に強いまちづくりの 推進について
		東京都市大学 建築都市デザイン学部 都市工学科 教授 長岡 裕 氏	これからの水道技術の考えかた ー 水源・浄水場・管路・ユーザーの直列 システム全体をとらえることの重要性 ー
関西	9月13日 大阪市	千葉大学大学院 工学研究院 融合理工学府 地球環境科学専攻 都市環境システムコース 教授 丸山 喜久 氏	近年の自然災害時における ライフライン施設の機能支障
		東海国立大学機構 名古屋大学 減災連携研究センター 共創社会連携領域 准教授 平山 修久 氏	水道文明と水道文化から レジリエントな水道を考える
	11月15日 京都市	京都大学大学院 工学研究科 都市環境工学専攻 環境システム工学講座 教授 伊藤 禎彦 氏	水道料金値上げに対する容認度を 高めるためのコミュニケーション技術
		石巻地方広域水道企業団 建設課 課長補佐 佐々木 知洋 氏	東日本大震災 水道施設の復旧・復興 ～発災から復旧までの経験から～
関西・ 中国四国 共催	2023年1月17日 高知市	関西大学 環境都市工学部 都市システム工学科 教授 飛田 哲男 氏	液化化による地盤災害と 被災メカニズム
		熊本市上下水道局 計画整備部 計画調整課 技術監理室 室長 本田 義晴 氏	熊本地震からの復旧 ～災害対応管路としての品質管理～
中国 四国	11月17日 広島市	公益財団法人 水道技術研究センター 常務理事 清塚 雅彦 氏	水道の事故と アセットマネジメント
		東京都立大学 都市環境学部 都市基盤環境学科 准教授 荒井 康裕 氏	水道管路システムの維持管理と IoT や AI 技術の活用
九州	10月13日 福岡市	近畿大学経営学部経営学科商学研究科 教授 浦上 拓也 氏	水道事業の持続可能性について
		公益財団法人 水道技術研究センター 常務理事 清塚 雅彦 氏	水道の事故と アセットマネジメント
	11月29日 那覇市	千葉大学大学院 工学研究院 融合理工学府 地球環境科学専攻 都市環境システムコース 教授 丸山 喜久 氏	近年の自然災害時における ライフライン施設の機能支障
		福岡市水道局 整備推進課長 田中 辰夫 氏	福岡市における配水管の更新・耐震化の 取り組みについて

名古屋会場 会場 39 名が参加



呉市上下水道局 増木副部長



東京都市大学 長岡教授



会場風景

大阪会場 会場 63 名が参加



千葉大学大学院 丸山教授



名古屋大学 平山准教授



会場風景

京都会場 会場 80 名が参加



京都大学大学院 伊藤教授



石巻地方広域水道企業団 佐々木課長補佐



会場風景

高知会場 会場 46 名、オンライン配信で 17 団体が参加



関西大学 飛田教授



熊本市上下水道局 本田室長



会場風景

広島会場 会場 78 名、オンライン配信で 47 団体が参加



水道技術研究センター 清塚常務理事



東京都立大学 荒井准教授



会場風景

福岡会場 会場 119 名、オンライン配信で 30 団体が参加



近畿大学 浦上教授



水道技術研究センター 清塚常務理事



会場風景

那覇会場 会場 39 名が参加



千葉大学大学院 丸山教授



福岡市水道局 田中課長



会場風景

HINODE

IoTを活用した 管網管理の効率化

流況監視ユニット

センサで計測した水圧や流量などの流況を
アンテナとバッテリーを搭載した鉄蓋からクラウドに送信
事務所やスマートフォンから流況の遠隔常時監視を
可能にするボックスユニットです



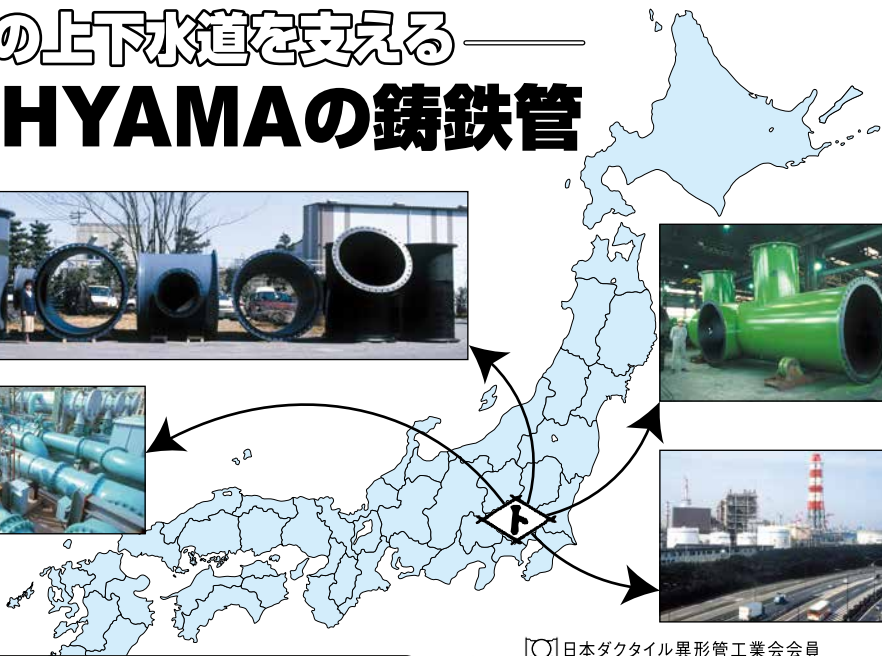
詳しい特長はこちら

日之出水道機器株式会社

本社 / 福岡市博多区堅粕5-8-18(ヒノデビルディング)
<https://hinodesuido.co.jp>

Tel (092)476-0777

日本の上下水道を支える —— TOHYAMAの鑄鉄管



■ 営業品目

上・下水道用 }
工業用下水道用 } ダクタイル鑄鉄管
ポンプ用 } (口径75 ϕ m~3,000 ϕ m)



〔〇〕日本ダクタイル異形管工業会会員

株式会社 遠山鐵工所

本社 埼玉県久喜市菟浦町昭和18番地
☎0480(85)2111 FAX0480(85)7100

浄水場・配水池・水処理センターの建設、更新に 丸マークのフランジ形異形管



豊富な管種、安定した品質、確実な納期で九州鑄鉄管の製品は日本全国で活躍しています。

 **九州鑄鉄管株式会社**

<http://www.kyuchu.co.jp>

本 社：福岡県直方市大字上新入1660-9

TEL 0949-24-1313

東京支店：東京都千代田区内神田2-7-12 第一電建ビル401号

TEL 03-3525-4551

ホームページで便覧がダウンロード できるようになりました。



そのほか、各種技術資料もダウンロードできます。



(一社) 日本ダクタイル鉄管協会

編集後記

- 巻頭言は、水資源機構の熊谷理事に「水道事業の現在位置」と題して、現在の水道事業から見える、水道の将来像と課題について執筆いただきました。
- 対談は「直下型地震に備えて～関東大震災から100年を迎え、今、水道に求められること～」と題し、千葉大学の丸山教授と東京都水道局の佐藤部長に対談いただきました。関東大震災から100年となる今日、地震だけではなく複合化する激甚災害や首都直下型地震に備えた東京都の取組を佐藤部長からご紹介いただきました。丸山教授から「危機耐性」についての難しさが改めて語られましたが、東京都の取組が全国の水道事業者の課題解決のヒントになれば幸いです。
- 技術レポートでは、泥炭性軟弱地盤に

おけるダクタイトイル鉄管の適用事例、ダクタイトイル鉄管の各種内外面塗装埋設実験、連絡管供用開始に向けた取組み、送水幹線二重化事業、PN形のシールド内持込工法による導水管布設工事、GX形管を採用した事業者の管路更新の現状等バラエティに富んだ7本のレポートを掲載しています。ご一読ください。

- 新型コロナウイルス感染拡大予防による様々な規制が緩和されつつある中、当協会でも3年ぶりとなる水道展への参加や、セミナーの開催回数をコロナ禍以前と同程度に増やすことができました。当協会では、今後も感染症対策には留意しつつ、ユーザーに貢献する活動をより一層広げてまいります。

ダクタイトイル鉄管第112号〈非売品〉

2023年4月17日発行

編集兼発行人 木 村 康 則

発 行 所 一般社団法人
日本ダクタイトイル鉄管協会
(<https://www.jdpa.gr.jp>)

本部・関東支部	〒102-0074	東京都千代田区九段南4丁目8番9号(日本水道会館)
		電話03(3264)6655(代) FAX03(3264)5075
関 西 支 部	〒542-0081	大阪府中央区南船場4丁目12番12号(ニッセイ心斎橋ウエスト)
		電話06(6245)0401 FAX06(6245)0300
北 海 道 支 部	〒060-0002	札幌市中央区北2条西2丁目41番地(札幌2・2ビル)
		電話011(251)8710 FAX011(522)5310
東 北 支 部	〒980-0014	仙台市青葉区本町2丁目5番1号(オーク仙台ビル)
		電話022(261)0462 FAX022(399)6590
中 部 支 部	〒450-0002	名古屋市市中村区名駅3丁目22番8号(大東海ビル)
		電話052(561)3075 FAX052(433)8338
中国四国支部	〒730-0032	広島市中区立町2番23号(野村不動産広島ビル8階)
		電話082(545)3596 FAX082(545)3586
九 州 支 部	〒810-0001	福岡市中央区天神2丁目14番2号(福岡証券ビル)
		電話092(771)8928 FAX092(406)2256

水をつなぐ、 しあわせをつむぐ

安心できる水と暮らしている人のために、
その水をつなぐために努力する全ての人と共に、
日本鑄鉄管は、技術と知識で
安心できる暮らしと構造を実装します。



日本鑄鉄管株式会社

本社 | 〒104-0045 東京都中央区築地1-12-22 コンワビル ☎ 03-3546-7675
久喜工場 | 〒346-0193 埼玉県久喜市菖蒲町昭和沼一番地 ☎ 0480-85-1101
支社 | 北海道支社、東北支社、中部支社、九州支社



www.nichu.co.jp

For Earth, For Life
Kubota

ON YOUR SIDE

1890年の創業から「食料・水・環境」の課題解決に向けて歩んできたクボタ。
これからも一歩一歩、すべての人と心をひとつに、明日へと進み続けます。

株式会社クボタ