

下水道管路施設管理の専門誌

JASCOMA

平成23年1月31日発行

JASCOMA

Vol.17
No.

34

管路管理の計画を聞く

長寿命化計画の策定によってライフサイクルコストを大幅に縮減

尼崎市

特集 下水道管路内清掃・洗浄

高圧洗浄車・強力吸引車開発の変遷と最新機種

下水道管路内清掃・洗浄に関わる新工法

スペシャルレポート 洗浄ノズル その歴史とトレンドを探る

特別寄稿

コンクリート下水道管の腐食と維持管理

保坂 成司

「モールボール工法」とは

モールボール工法協会



公益社団法人

日本下水道管路管理業協会

JAPAN SEWER COLLECTION SYSTEM MAINTENANCE ASSOCIATION

目次

contents

■フォトドキュメント

- ・これが下水道の現場だ！ —きれいな水を支える人々— …………… 1
- ・つまった下水管どうやってきれいにするの？ …………… 4

■管路管理の計画を聞く

- ・長寿命化計画の策定によって
ライフサイクルコストを大幅に縮減（尼崎市） …………… 6

■特集 下水道管路内清掃・洗浄

- ・高圧洗浄車・強力吸引車開発の変遷と最新機種 …………… 12
- ・管路内清掃・洗浄に関わる新工法 …………… 22
- ・スペシャルレポート
洗浄ノズル その歴史とトレンドを探る …………… 26

■特別寄稿

- ・コンクリート下水道管の腐食と維持管理 ……………保坂 成司 31
- ・「モールボール工法」とは ……………モールボール工法協会 37

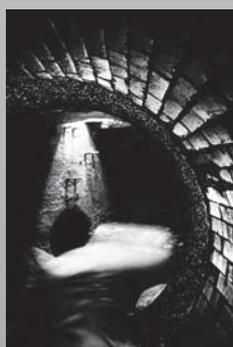
■報告

- ・中国（上海市）管路管理事情調査
—急成長する市場— ……………田中 修司 43

■災害支援における支援者登録制度について

- ……………公益社団法人 日本下水道管路管理業協会 49

- 会務報告 …………… 51
- 支部活動ニュース …………… 53
- 会員名簿 …………… 54
- 発行図書一覧 …………… 69
- 編集後記 …………… 70
- 広告索引 …………… 71



表紙の写真
撮影：白汚 零

正円を形づくるレンガの光と影が、鮮やかなコントラストを描く。日本で最初の下水処理場である三河島水再生センターにつながる浅草幹線。

This is a site in sewerage works!

— きれいな水を支える人々 —



都市の地下数十メートルを掘り進むシールド掘削機。その最先端部でもくもくと働く人達がいる。きれいな水を支えるために—

下水処理場の建設から運転、維持管理、管渠の敷設、点検・清掃・管更生に至るまで、下水道に携わる人々はさまざまな現場で汗を流して働いています。現場はその多くが地下や狭い場所であったり、また常に危険に晒されてもいるため、普段はなかなか見ることができませんが、ライフラインである下水道工事に携わる人々の汗や努力が、われわれの安全で安心できるくらいを支えています。日々、きれいな水を支えるために——。今回のフォトドキュメントでは、「これが下水道の現場だ！」という現場のスナップ写真を掲載し、そこから浮かび上がる働く人々の素顔を紹介します。



大雨による浸水被害を防止する雨水調整池の築造工事。狭い土地を有効活用し、さらに工期短縮を図るためプレキャスト式雨水地下貯留施設を導入



地震では下水道施設にも被害が発生する。管内の状況を調査するため、閉塞した管内の土砂を取り除く



地震発生時にマンホールが浮上し、交通機能や救助活動にも影響を与えるため、浮上防止マンホールへの改造工事が各地で行われている



最新技術によるシールド
築造。工期とコストの縮
減が求められるとともに、
品質の確保も重要な使
命

日々、くらしのために ——



巨大な下水道幹線では幹
線への流入の際に、落差
の大きな箇所がある。
日々の点検はかせない

つまった下水管 どうやってきれいにするの？

24時間、365日休みなく下水を流し続ける下水管ですが、きちんと維持管理しないとその中に汚泥や土砂が堆積して、ひどい場合にはつまって下水が流れなくなってしまいます。そうなると大変。そうならないうちに、高圧の水を噴射する高圧洗浄車と土砂などを吸い取る強力吸引車できれいにします。



① 下水管の中に堆積物が溜まって、今にもつまりそうです。



④ 今度は逆に下流側からホースを引張り、噴射で管内を洗いながら下流側マンホールに汚泥や土砂を運びます。



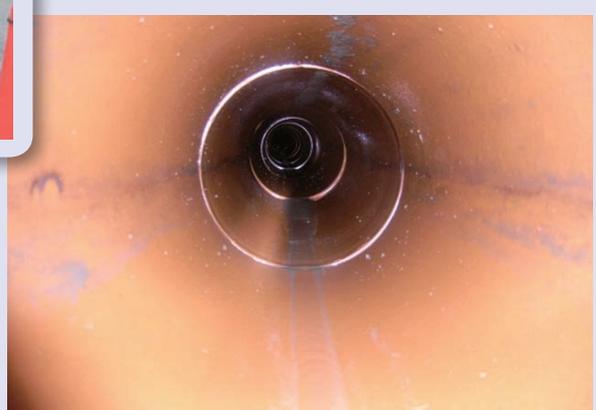
② 高圧洗浄車と強力吸引車が到着して、作業開始です。



⑤ マンホールに運び出された汚泥や土砂は、強力吸引車で吸い取り作業を行います。



③ 高圧の水を後方に噴射するノズルを下流側マンホールから上流側に通します。



⑥ きれいになった下水管は、またどんどん下水を流すことができます。

管路管理の計画を聞く

長寿命化計画の策定によって ライフサイクルコストを大幅に縮減

尼崎市都市整備局下水道室

建設担当課長 久樹 敏伯氏
建設担当係長 西野 政行氏
建設担当 田中 知樹氏



久樹氏



西野氏



田中氏

JR東海道線南側を対象に

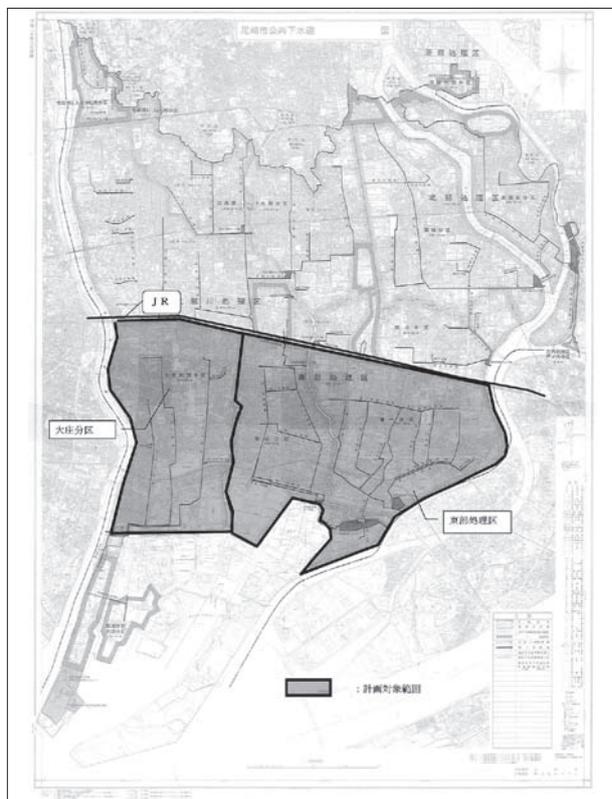
——下水道事業の概要と管路ストックの現状は。

尼崎市の公共下水道は、昭和28年に事業着手し、普及率は99.9%とほぼ概成しています。管渠の総延長は約1,060km、計画面積4,055.05haのうち4,053haが供用を開始しており、処理人口は平成21年度末で46万186人となっております。

市域のほとんどが合流式下水道で、分流式の区域は16%のみとなっております。

単独公共下水道は東部処理区、北部処理区の両方で市の東半分を占めます。東部処理区は市の南部になる東部浄化センターに、北部処理区は市の東端にある北部浄化センターに流入します。

その他、流域関連公共下水道は武庫川処理区、原田処理区、庄内処理区で、市の西半分にあたる武庫川処理区は兵庫県の武庫川下流流域下水道に接続し、市の南西端にある武庫川下流浄化センターに流入します。原田処理区は猪名川流域下水道に接続



図－1 管渠の長寿命化計画範囲（JR東海道線の南側）

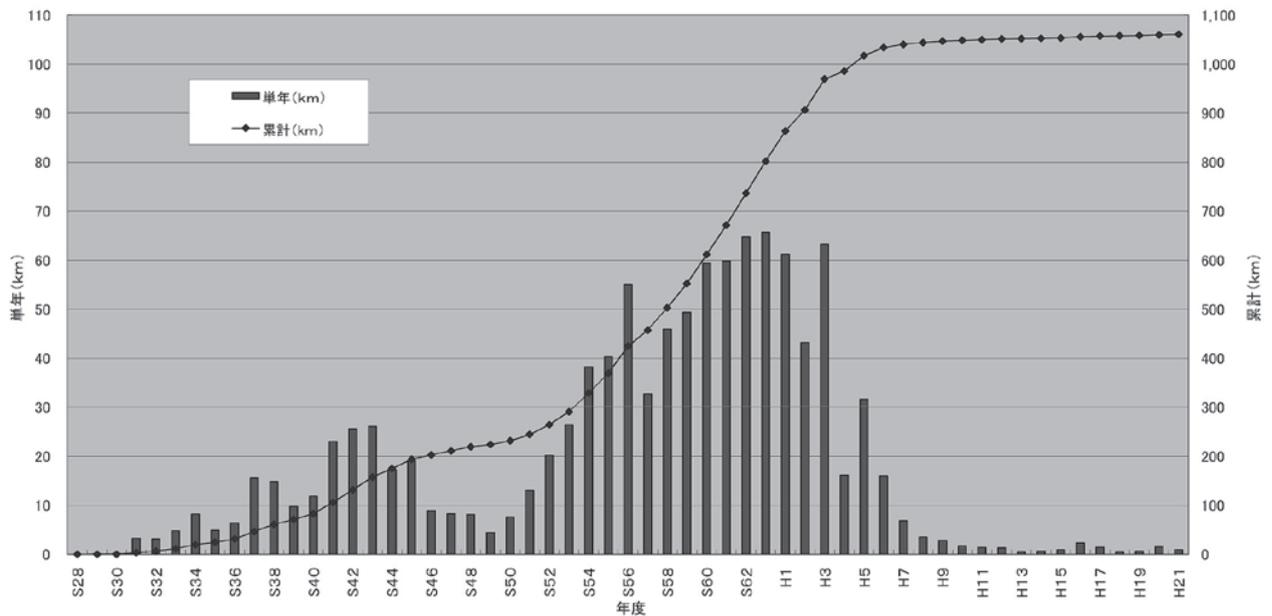


図-2 尼崎市における年度別の管渠整備延長

し、大阪府豊中市にある原田処理場に流入します。庄内処理区は豊中市の庄内下水処理場に流入します。

——事業における課題はどのようなものがあるでしょうか。

当面の課題は、本年度策定した社会資本総合整備計画に基づいた平成22年度から平成26年度の5カ年の計画の実施です。同計画では、浸水対策として雨水ポンプの増強や増補管などを予定しています。また、北部および東部浄化センターでは高度処理の導入準備を進めていきます。耐震対策としましては、9ポンプ場の耐震診断を実施していきます。処理場・ポンプ場の機械・電気設備の長寿命化計画も平成23年末に5年間の計画策定を行う予定で、現在作業をすすめています。その他、効果促進事業に雨水各戸貯留助成制度、内水ハザードマップの印刷・配布、下水道広報誌の作成などを組み込んでいます。

——管路ストックの現状はどのようなものでしょうか。

当市のほぼ中央をJR東海道線が東西に走っているのですが、その南側が管渠の布設時期が古いエリアとなります。JR線北側は下水道の布設後30年経っていない比較的新しいエリアです。

JRの南側は昔からの工業地帯であったこともあ

り、古くから管渠整備を進めてまいりました。今回の長寿命化計画の対象管渠も全て、この地域になります。ほとんどが合流管で、幹線はヒューム管やボックスカルバートが中心です。市全体で見ましても、ヒューム管やボックスカルバートは約64%と一番多く、塩ビ管は33%、残りは現場打ちコンクリートや陶管となっています。

以前は維持管理上必要なときに対処療法的に管更生工や部分補修をやっていましたが、計画的な改築および維持管理を行うにあたり、5年ほど前から本格的な調査を進めております。

長寿命化でLCCが約4億円縮減

——長寿命化計画の概要はどのようなものでしょうか。

「平成21年度尼崎市公共下水道管渠長寿命化計画」は、平成20年11月より、国や県と協議を重ねた結果、平成21年12月7日に国の同意を受け承認されました。

計画期間は平成21年度から24年度までの4年間です。対象管渠は126路線で延長は約5.1kmとなりました。総事業費は約35億円。ライフサイクルコスト計算の結果、長寿命化対策を実施しない場合に比べ更生工法による長寿命化対策は約4億円の縮減額となりました。同計画による工事は今年度より行ってい

ます。

——長寿命化計画策定への経緯は。

下水道長寿命化支援制度の創設により、平成25年度以降の改築工事は、長寿命化計画を策定しなければ、補助による改築はできないことになりました。尼崎市では現在、処理場・ポンプ場設備の改築工事については、平成19年度から25年度までの改築計画が承認されており、平成24年度までは従前通りの補助での実施が可能です。

しかし、管渠については平成20年度の管渠改築計画しか承認されておらず、平成21年度以降の管渠改築については、国の指導もあり早期の長寿命化計画の策定が必要になりました。また、長寿命化計画を進めると同時に管渠の延命化をはかりたいと考えました。これは、更生工法により古いコンクリートの管渠が樹脂ライニングされ、硫化水素による腐食に対する防止効果の向上が期待されるからです。

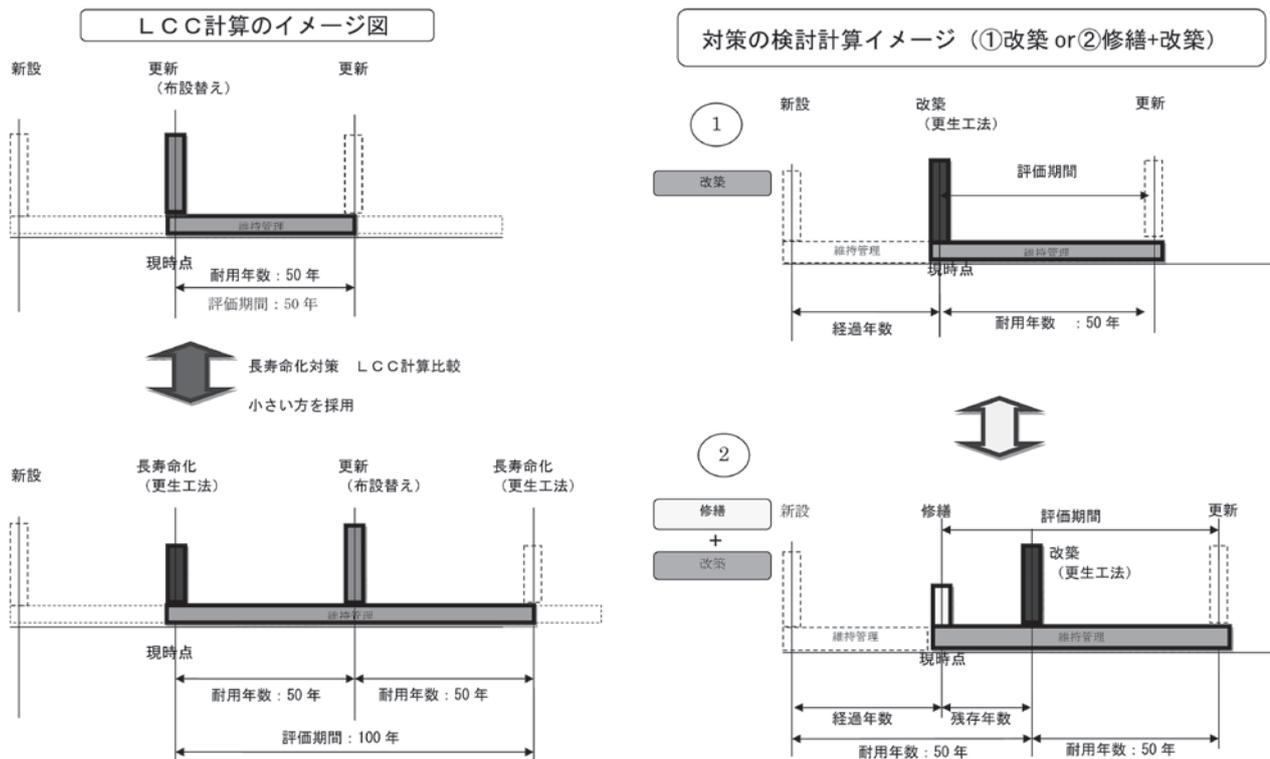
——管渠の調査は以前から行っていたのでしょうか。

そうです。通常の維持管理の一環として、6カ年計画でJR東海道線以南（主に東部処理区および武庫川処理区内の大庄処理分区）の管渠の現況調査を

行ってきました。しかし近年、管渠の改築のための本格的な調査につきましてもJR線以南の経過年数の古い地域からはじめました。大工場があった関係で工場排水による管の劣化も激しく、放置すると道路陥没などの事故につながる恐れがあるので、古い時期に布設した大口径の管から手をつけたわけです。

まず平成17年に布設30年以上経過した管渠合計約70kmあまりの老朽化調査を実施しました。この時は東部処理区のヒューム管などφ600mm以上の主要な管渠と大庄処理分区のボックスカルバートなど集水面積20ha以上の幹線等主要管渠が対象となりました。また、平成18年度に大庄処理分区の幹線以外の30年以上経過したφ600mm以上の管渠約43kmについても同様の調査を行いました。この合計113kmが今回の計画策定のための1次調査となりました。

1次調査だけでも長寿命化計画は策定できますが、腐食やたるみなど劣化度が大きいと判断された管渠について、本市独自の詳細な2次調査を実施しました。113kmのうち約7.6kmが2次調査の対象となりました。



図ー3 長寿命化計画策定の際の計算イメージ

そして、1次および2次調査の結果を踏まえ、まずスパン単位の対策が必要であるかどうかを判断し、その上で長寿命化対策の検討を行うわけです。緊急度の判定や長寿化対策の検討の流れについて、当市のケースをフローチャートにまとめてみました(図-4)。

長寿命化策定の「手引き」の劣化判定基準に基づき、腐食、たるみ、不良発生率など各項目についてA~Cのランクで判定を行います。Aが二つあるものは「緊急度Ⅰ」として、スパン単位の対策が早急に必要なであるとされます。Aが一つあるいはBが二つ以上のものは「緊急度Ⅱ」、そうでないものは長寿命化対策対象外の「緊急度Ⅲ」となります。

当市の場合は「緊急度Ⅰ」と判定された管渠約1.5kmについて、緊急度が高いため長寿命計画の策定を待たずに平成20年度の事業である「特殊環境条件下における対策」として管渠改築計画を策定し、昨年度までに施工しました。これ以外の「緊急度Ⅰ、

Ⅱ」と判定された管渠5.7kmについて今回の長寿命化対策の適用を検討し、その結果約5.1kmが計画の対象となりました。

「緊急度Ⅱ」でも劣化程度によりスパン単位の改築ではなく修繕が妥当とされることがあります。しかし、その場合でも費用比較により改築の方が安価な場合、例えば修繕箇所が多数であってスパンごとの管更生を行った方が工費が安い場合は改築を適用し、長寿命化対策の対象管渠としました。

改築を布設替えと更生工法のいずれで行うかは経済比較により判断しますが、今回の計画策定では5.1kmを更生工法で行うことになりました。

独自の2次調査で40路線を対象に

——尼崎市独自の2次調査というのが特徴的ですが、具体的にはどのようなことを行うのでしょうか。
φ600~φ700mmの管渠はTVカメラを用いた通常の調査です。管内に作業員が入れるφ800mm以上

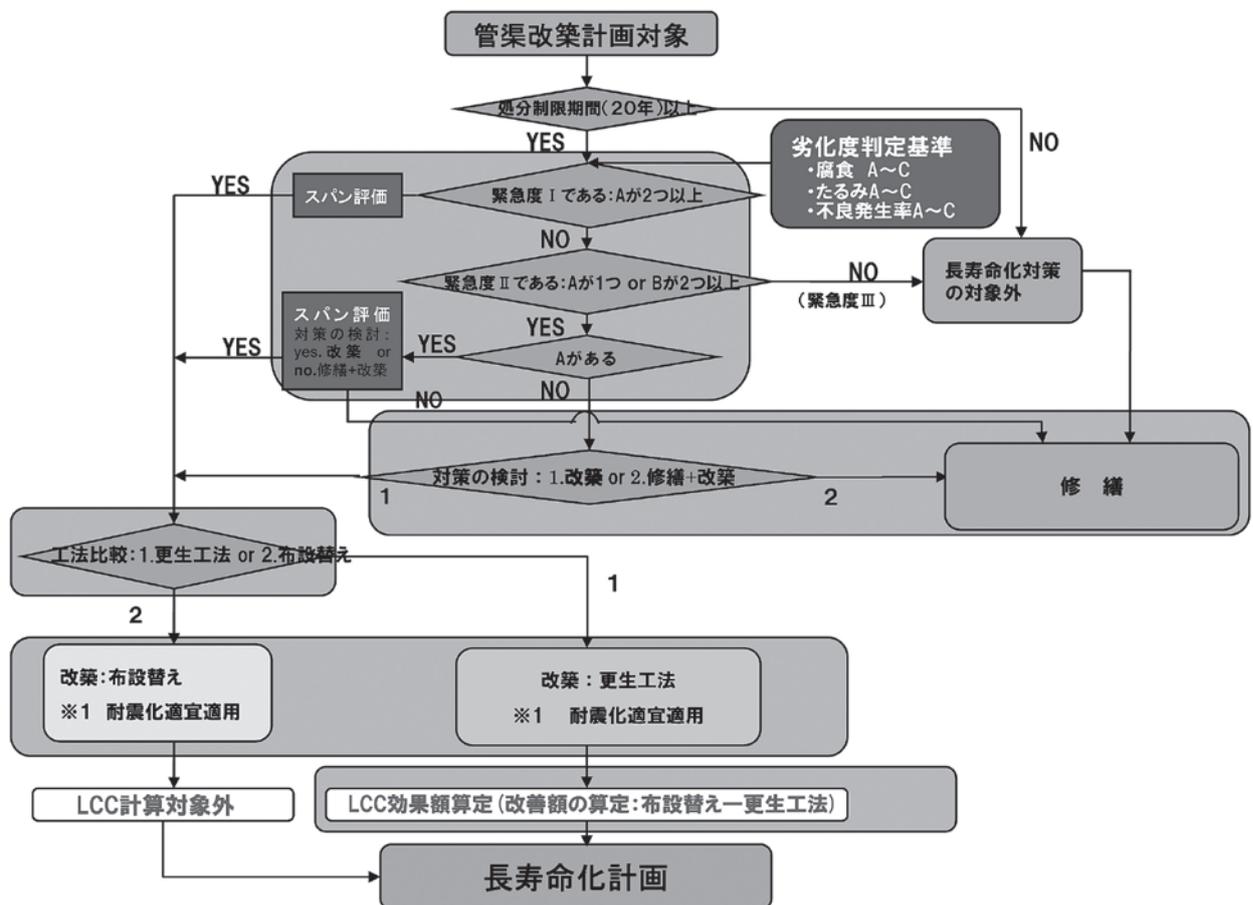


図-4 長寿命化計画策定のフロー

の大口径管渠については国の「下水道長寿命化支援制度に関する手引き」に基づく老朽度調査に加えて、独自の2次調査を行いました。

具体的には、ボックスカルバートの場合は管壁からコアを採取しての圧縮強度試験や鉄筋腐食試験、フェノールフタレインを用いた中性化試験を実施しました。ヒューム管の場合はコア採取ができませんので、コンクリート圧縮強度測定機器であるシュミットハンマーによる表面強度の測定や中性化試験等を行い、残存強度を測定しました。

これらの独自調査により老朽度の高さを証明したことで、より多くの路線について長寿命化対象として承認を得ることができました。126路線のうち40路線が2次調査により長寿命化の対象となったものです。

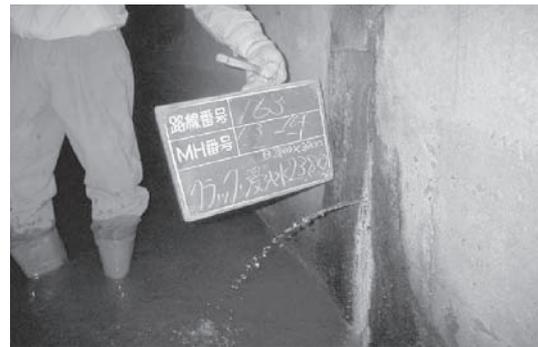
また、耐用年数50年を超えていない管渠も積極的に長寿命化対象となるかの判定を行いました。その結果、対象となった126路線のうち75路線が耐用年数を超えていない管渠となりました。

——計画策定終了後の施工の状況、具体的な施工概要などをお知らせください。

計画策定が終わり国の同意を得ましたので、設計、そして施工となります。まず管渠の改築を更生工法で行うにあたって、5月に設計の発注を行いました（「東部処理区改築工事その2実施設計業務委託」）。設計が終了後、施工業者を決定して第四下半期より順次更生工事を発注する予定です。今回の長寿命化計画での施工分は全てφ600mm以上の中大口径管やボックスカルバートが対象なので製管工法で行います。具体的にはSPR工法、ダンビー工法、



腐食



浸入水



破損



クラック



継手ずれ



継手ずれ

3Sセグメント工法、PFL工法、パルテムフローリング工法の5工法いずれかの工法協会に所属する市内の業者に発注して行きます。

「東部処理区改築工事その2 実施設計業務委託」は2.7kmの改築工事を対象としたものです。このうち、今年度内に発注見込みの工事は「中在家町1丁目地内他下水管渠改築工事」(□2,900×3,600 L=212m、φ600 L=93m)、「神田中通2丁目地内他下水管渠改築工事」(□3,000×2,400 L=200m)、「大庄西町2丁目地内下水管渠改築工事」(φ1,500 L=327m)、「西向島町地内他下水管渠改築工事」(φ1,650 L=16m、φ1,000 L=108m)、「汐町地内他下水管渠改築工事」(φ1,500 L=210m、φ800 L=14m)などとなっています。

台帳電子化システムを活用

——今回の計画対象以外の管路調査も継続されていますか。

管路の現況調査については、平成21年度には3.8kmと引き続いて順次行っております。これらは東部処理区の幹線管渠以外が対象となりました。同処理区のφ800mm以上の中大口径については19年度までに、φ600～φ700mmの管渠についてのTVカメラ調査は21年度までに調査を終了しました。この調査結果は次期の長寿命化計画策定に反映させていきたいと思っています。今年度からはφ450～500mmの管渠について順次、TVカメラ調査を行っています。

また、下水道台帳の電子化についても取り組んでいます。平成18年度から基礎調査などを行っており、平成22年度末に台帳電子化システムが完成予定です。この新システムを活用して面的なエリア別の

老朽管渠の緊急度判定などを実施し、次期長寿命化計画策定への準備を進めていくことが今後の課題です。

当市の管渠の布設年度は昭和50年代後半から平成初めにかけてピークとなっておりますので、いまから約20年後に耐用年数50年を迎える管渠の更新ピークが一気にやってきます。このピークの前倒しや延命化を行い、事業費を平準化するためにストックマネジメントの考え方を活用し適切な維持管理を行っていきたいと思います。

——最後に、国や下水道関係者に関して何か求めることはありますか。

長寿命化計画策定時に、改築だけではなく、修繕も長寿命化対象にならないか、国と協議を行いました。しかし、機械・電気設備に関しては修繕も長寿命化の対象となりますが、管路の場合はスパン未満の修繕は認められませんでした。

また、修繕と判定された路線であっても、震災時の緊急輸送路下であり耐震化が必要な路線も長寿命化対象として更生工法により耐震化させていただきたいと要望しましたが、耐震化は下水道総合地震対策事業として取り組むべきと判断されたため、認められませんでした。

今後は、さらなる安定した事業の推進のため、地域特性も加味しながら修繕が有利な場合は、状況に合わせて長寿命化対象となるよう柔軟な制度の拡充をお願いしていきたいと思っています。

また、管渠更生工事は尼崎市内業者による競争入札により実施していますが、特殊な工事であることから、施工資格を持った専門業者が少ないため、新たな専門業者の育成が課題となっています。

——ありがとうございました。

特集：下水道管路内清掃・洗浄

高圧洗浄車・強力吸引車 開発の変遷と最新機種

清掃現場にもたらされた二度の変革

我が国における下水道管の清掃技術は、二度の変革を経て今日に至っている。一度目は1950年代前半に見られた技術革新で、清掃の主要工程を機械化したもの。それまで、管内の清掃といえば、棒状の器具を使って堆積した土砂を掻き取るのが一般的だったが、戦後復興の中で下水道管整備が急速に進み、それに伴って効率的な維持管理が問われはじめた時代である。そうした中で注目されたのが、当時、欧米で普及していたバケットマシンの存在だった。これは、ワイヤーの先端にバケットを括り付け、管底を這わせながら機械で巻き上げることにより、堆積した土砂を除去する仕組みである。同技術を他社に先駆けて導入したのが藤原産業株式会社（現・株式会社カンツール）で、昭和27年（1952年）、米国フレキシブルプラマーズ社から輸入したのが始まりだった。

しかしながら、この技術にもいくつかの課題が見

られた。最も大きかったのが、通線の問題であった。通線とは、上流側および下流側の2カ所のマンホールを開けてワイヤーを通す作業であるが、管が閉塞している場合には通常の何倍もの時間をとられるなど、「現場ごとに難易度が変わる」（カンツール）欠点を抱えていた。また、一度に除去できる土砂の量が限られる（バケット容量）ため、堆積量が多いと当然、通線から巻き上げまでの一連の作業回数が増える。それに伴い、トラックへの積載作業も困難さを増し、場合によっては浚渫した土砂を一時空き地に積み上げておいて、すべての浚渫が終わった後にトラックに積み込むケースもあったという。

このように、バケットマシンは必ずしも安定的な性能を発揮する技術ではなかった。また、管理すべきストックが加速度的に増大した時代性なども相まって、「一層の安定化」、「一層の効率化」を求める声はますます強くなっていった。そうしたニーズに背中を押される格好で、二度目の技術革新がもたらされたのである。1960年代前半のことであった。

連続性を実現した高圧洗浄技術

当時、下水道先進国といわれたアメリカやドイツで下水道向けの高圧洗浄車が相次いで発表された。同技術のポイントは、水の力で付着物を洗い落としながら、同時に水の流れを利用して堆積物や付着物を搬送（流体搬送）する点にあった。つまり、清掃作業を文字通り流れるような連続作業に変えた点が革新的だったといえる。また、洗浄水とともに浚渫物が吸引できるようになったことで、密閉されたタンクからトラックへの積載および搬送が実現し、現場における臭気対策等の面でも改善を見ることと



1933年当時の清掃器具（アメリカ）



量産・販売が始まった当時の高圧洗浄車
(東京いすゞ自動車)

なった。

1965年に我が国で最初に高圧洗浄車の量産・販売を始めたのは東京いすゞ自動車株式会社・アチューマツト部である。同社は当時、主力部門のトラックのシャーシおよびエンジンの販売強化に向けて「付加価値の創出」に努めていた時期であり、その戦略の一環として、将来的にニーズ拡大が見込める高圧洗浄車に目を向けていたという。一方で、世界的ポンプメーカー、ドイツ・WOMA社（ヴォーマ社）も日本市場への進出を果たそうとしていた。そうした中で両者の思惑が合致し、WOMA社のポンプを採用した国産の高圧洗浄車が完成したわけである。

また、1975年にはカンツールが独自の高圧洗浄車を開発し、市場投入を果たした。この頃は円が弱く、「輸入品は高い」という認識が消費者に定着しており、様々な分野で国産化が進んだ時代でもあった。

他方、吸引車での実績を足掛かりに高圧洗浄車の市場に参入したのは兼松エンジニアリング株式会社だ。同社は1987年に特定のユーザーに高圧洗浄車を納めて以来、しばらくは受注拡大せず、あくまでも特定ユーザー限定の製造を行っていたが、吸引車のユーザーから「洗浄車も供給してもらえないか」との相談が相次ぎ、1994年に現在の製品の原型となる

車両をつくって本格的な市場参入を果たした。

また、戦時中に有名な「紫電改」や「二式飛行艇」などの戦闘機の製造を行っていた新明和工業株式会社が、1975年頃から真空式汚泥吸引車の製造を皮切りに参入。消防車の国内シェアNo.1を誇る株式会社モリタホールディングスのグループ会社である株式会社モリタエコノスも1966年に高圧洗浄車の製造を開始し、各社がそれぞれの知恵と工夫を凝らした高圧洗浄車・強力吸引車の市場が形成されていった。

小さく・強く・大容量が最近のニーズ

このようにいくつかの企業が技術改良を競うようになったことに加え、道路の舗装化による土砂の流入量の減少などが後押しとなり、高圧洗浄車は下水道分野に広く浸透していった。ただし、欧米のように大型車ではなく、国内の道路事情への配慮や扱いやすさから、普通自動車免許で運転可能な4t車タイプに需要が集中したのが特徴である。ちなみに、積載ポンプには圧力13~25MPa・吐出水量190~235L/minや圧力20~25MPa・吐出水量200~230L/minの製品などが選ばれ、今日も定着している。

また、近年のトレンドとしては、都市部における下水道整備の進展から、商店街や住宅地といった道路幅の狭い場所での作業を行うため、3t車や2t車のシャーシを使用するなど車輛の小型化が進んできた。最近では、さらにこれら小型の車輛にパワーのあるポンプを装備することや、できるだけ長い時間作業が行えるよう水タンク容量の増加がユーザーから求められてきている。

各メーカーでは、これらの要望に応えるため、様々なアイデアを盛り込み、新たな挑戦を続けている。この特集では、これらのメーカーがたどってきた変遷とともに最新鋭の機器について紹介する。

■スタイリッシュな角型タンクに最新鋭の装備を搭載

東京いすゞ自動車・アチューマツト部

昭和40年から開発をスタート

東京いすゞ自動車が、高圧洗浄車の製造をスタートしたのは昭和40年頃のこと。いすゞ自動車製トラックと産業用エンジンの販売拡大を図るために、ドイツのWOMA社から高圧プランジャーポンプを導入したのが始まりである。昭和41年からロングセラーモデルとなる4t車クラスのGC型の販売を開始。GC型は3,000Lの楕円タンクを装備した高圧洗浄車で、メイン・サブリールともに旋回機能はないものの、使い勝手のよさと完成度の高さから昭和60年代まで製造され、多くの現場で活躍していた。

昭和61年には、歩道上や狭い空間での作業効率をよくしたいとの要望からメインリールが120°旋回する角型二層タンクのGKCT型を開発。タンク容量は2,500LとGC型よりも小さくなったが、作業上の死角をなくすことでホースのねじれを防止し、作業効率の向上を実現している。

これら洗浄車の開発が進められていた昭和50年代には、各メーカーによって洗浄のための最適な圧力と水量について様々な模索が行われていた。東京いすゞ自動車では、高い圧力、少ない水量で洗浄するよりも、当初から採用されてきた13MPaの水圧と毎

分200L以上の水量が下水道管路内の汚泥や土砂を洗浄するのに適していると判断し、以来洗浄車設計の基礎となっていた（現在では19.6MPa、234.7L/minが主流になっている）。

平成2年に発売されたGCT型では、4t車シリーズ最大の3,200L楕円タンクに180°旋回リールを装備、更なる作業の効率化と大容量タンクによる長時間運転を可能にした。

平成12年にはGKCT型の高機能機種としてGKCT-C型を開発する。GKCT-C型は、高圧洗浄車初となる角型ステンレスタンク（3,000L）に180°旋回リールを組み合わせたもので、タンクと一体型になった大容量の収納ボックスやカラーコーン収納機能を備えているのが特徴。また、ガイドローラーブレードによってホースの送り出し、巻き戻しを従来よりもスムーズにするなど、細かな工夫が凝らされている。

スイッチひとつで圧力を切り替え

また、同時期にユーザーからさらに様々な要望が出てきた。下水管路の中に堆積した汚泥や土砂などを洗い流すのは高圧洗浄で十分だが、モルタル除去や管更生工事の後処理などを行うためには、さらに



ロングセラーとなったGCT型。3,000Lタンク、リール180°旋回



超高圧にスイッチひとつで切り替えられる2502GKCT-2W型

高い圧力が必要となる。そのため、そのような現場では標準の高圧洗浄車と40~60MPaの超高圧洗浄車の二つの車両を用意するか、プランジャーポンプ圧力を変えるためにシリンダーセットを組み替える必要があった。そこで、超高圧洗浄と高圧洗浄とを1台の洗浄車で使い分けられることのできる圧力切替式洗浄車の開発が進められた。平成12年に切替式高圧洗浄車として初めて製造されたGKCT-2W型は、水平3連プランジャーを搭載し、スイッチひとつで25MPa、180L/minの通常圧力から40MPa、116L/minに切り替えることができる。また、リールも通常の高圧用リールと超高圧用リールを装備し、二つのリールが同時に180°旋回することも可能で、作業効率の向上と消耗品などのコスト縮減につながる機種として人気が高く、平成16年には超高圧の出力を50MPa、96.7L/minとした2502GKCT-2Wも製造されている。

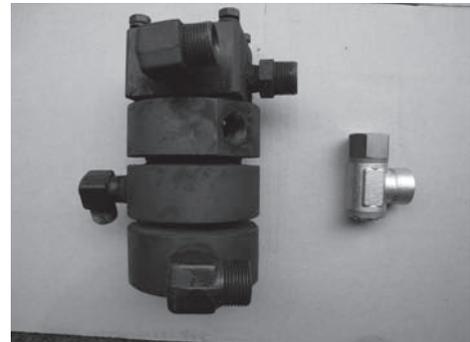
2t車クラスに大型タンクを

平成15年にはWOMA社との間に日本総代理店契約を締結。この頃から下水道管路の高圧洗浄の普及に伴って道幅の狭い住宅街や商店街などでも作業が行える車幅の小さいタイプの車両への要望が多くなってきていた。それまで製造されてきたのは主に4t車クラス（車幅2,200mm）や3t車クラス（車幅1,880mm）であったが、平成17年には、GKCT-C型にタンク容量2,000Lの2t車クラス（車幅1,695mm）を加えた。

さらに、今年度には、2t車クラスの車両に最高



2t車クラスに2,400Lタンクと強力なポンプを積んだ最新鋭の洗浄車



独自開発の特殊3ウェイロータリージョイント

2,400Lの水を搭載できる角型タンクと、3t車用に開発されたポンプ（13.7MPa・172.7L/min）を装備した1002P45GKCT-Cをラインナップした。この新型車は特装車用に開発されたシャーシを使用することでポンプやタンクの大型化を図り、狭いスペースでも長時間の効率的な作業を可能とした機種として期待されている。

東京いすゞ自動車の高圧洗浄車で特筆すべきは、洗浄専用ホースやリール旋回のためのベアリング、ジョイントなどの開発である。専用ホースは、それまでゴムの中に補強素材としてワイヤーが2層入っていた。これをケブラー繊維1層とワイヤー1層にし、材料もポリウレタンとすることでホース重量を約1/2にまで軽量化。これによりノズルが管の上流部に到達するスピードが格段に速くなり、その間の洗浄水の使用容量が大幅に減少した。また、リールを旋回させるための大口徑ベアリングやジョイントも市販品を使わず、独自開発して信頼性の向上に努めている。

■随所に革新的なアイデアを盛り込んだ多彩なラインナップ

兼松エンジニアリング（株）

4tから25tまで7車種

環境整備機器のメーカーとして兼松エンジニアリングが創設されたのは昭和46年のこと。その3年後の昭和49年には、独立エンジンを備えた強力吸引車AD型を初めて製造している。翌年、シャーシメーカーである三菱自動車の協力によってフルパワーPTO駆動（車のエンジンから動力を得る）の強力吸引車を開発し、その後下水道清掃用強力吸引車の原型とも言えるサイドPTO車MP-04B「モバイルバック」が誕生した。

モバイルバックの当初の性能は、 $15\text{m}^3/\text{min}$ 、 -450mmHg であったが、昭和60年には2段一体型ブロワを開発し、 $18\text{m}^3/\text{min}$ 、 -650mmHg という高真空タイプのMP-04BHPを製造。その後、性能をさらに伸ばして $20\text{m}^3/\text{min}$ 、 -720mmHg の仕様としたBVPシリーズ（2～25t車クラス）をラインナップするなど、MP型は10年以上にわたり同社の強力吸引車の主力機種となった。

平成10年に製造が開始されたSM-04BHP「スーパーモバイル」は、モバイルバックの吸引性能をさらにアップさせた高能力車で、 $35\text{m}^3/\text{min}$ 、 -700mmHg （現在は $40\text{m}^3/\text{min}$ 、 -720mmHg ）という超強力吸引車クラスのパワーを持つとともに、モバイルバックから引き継いだ大容量のレシーバタンクの胴板には標準仕様としてステンレスを使うなど高機能化を図っている。現在は、このスーパーモバイルが同社の主力機種であり、4t車タイプから25t車タイプまで7車種がラインナップされている。

乾式ブロワで凍結防止

また、平成17年には、このモバイルバックに循環水を使わない乾式ブロワを搭載した「ネオモバイル」NM-04CVP（ $20\text{m}^3/\text{min}$ 、 -700mmHg ）の製造を開始した。このNM型は、空冷によるブロワ冷却方式のため、高真空での連続運転を可能としたばかりでなく、従来の湿式ブロワではできなかった連続圧送作業を可能としている。また、湿式ユニットがないため、凍結に悩まされていた寒冷地のユーザーに歓迎された。現在では、 $40\text{m}^3/\text{min}$ 仕様の乾式ブロワを搭載したNS型も追加されシリーズ化されている。

最新機種は、平成22年に製造が始まった「スーパーモバイル・エボリューション」SME-04BVPで、従来機と比較して約5dBの低騒音と約200kgの軽量化を実現するとともに、ブロワ新冷却方式により高真空状態を維持できる機種として現在売出し中である。

一方、高圧洗浄車については、ユーザーからの強い要望により昭和62年にJF-04M1920Kの製造を開始したが、数年間は限定ユーザーのみの販売であった。しかしながら、この間、新たな付加価値を加えた高圧洗浄車の開発のための様々な研究を行い、平成6年には、これまでにない革新的な高圧洗浄車JS-04M2019A（現在主流のA型洗浄車の第1号車）を製造する。

このA型高圧洗浄車「モバイルジェット」は、3,000Lの丸形タンクを搭載、20MPa、230L/minと25MPa、180L/minの2機種がある。メインリールをキャビン後方のキャブバック内に配置し、ホースの送り出し装置を取り付けることにより自動巻き取りを実現した。また、上下・左右・伸縮の3アクションによってホースのセット位置を自由に決めることができる「後方ガイド管方式」を採用して、車輛の停止位置の選択肢が大幅に広がった。

新発想の「後方ガイド管方式」

ホースは、カバー内からガイド管を通して出てくるため、巻き込み事故を防ぐばかりでなく、万が一ホースが破裂した場合でもオペレーターを守る構造になっている。

モバイルジェットの開発コンセプトは、「操作に熟練していない作業員でも簡単に使いこなせる」と



乾式ブロワを搭載した新型強力吸引車NS-04CVP



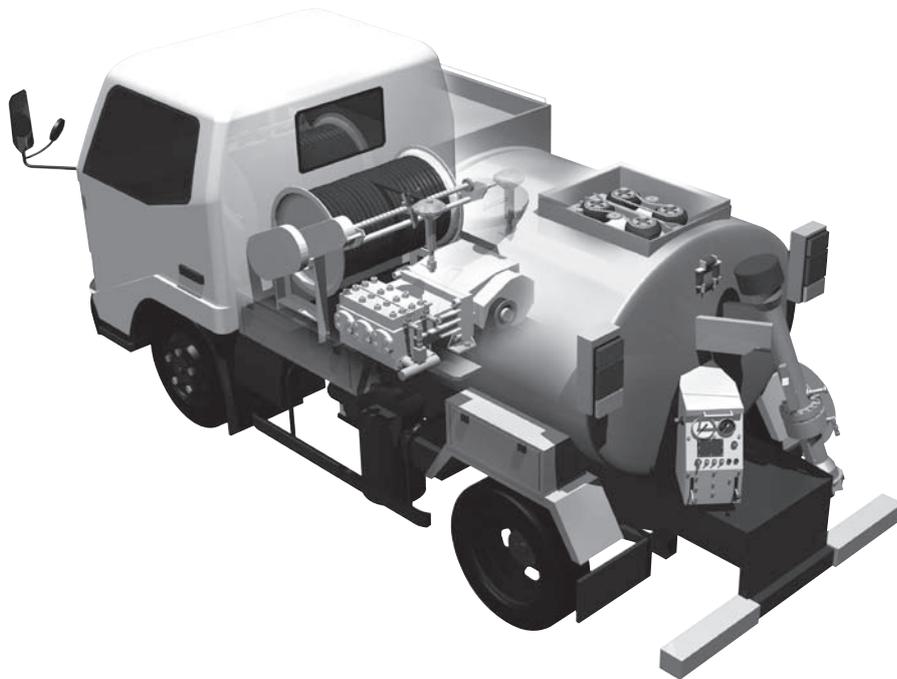
ベストセラーとなった高圧洗浄車のA型タイプ

ということ。操作盤にはホースの出し入れを操作する2本のレバーと圧力を調整するレギュレーターが付いており、ノズルの到達距離をデジタル表示する距離計を見ながら確実な操作が簡単にできる仕組みとなっている。

現在では、A型に加え重心が低く安定した台形型水タンクを搭載するAD型のほか、狭い場所での作業に対応した3t、2t車タイプ、スイッチ一つで超高圧と高圧に切り換えられるプランジャーポンプ(54-18MPa、68-20MPa)を搭載した機種などもラインナップ。また、平成20年に開発した高圧洗浄車+強力吸引車+給水車の機能を一体化したりサイクルコンビ車の市場性を調査するなど新たな取り組みも行っている。



超高圧にスイッチひとつで切り替えられるJS-04S 2270A



メインリールをキャビン後方のキャブバック内に配置し、後方ガイド管を取り付けることでホースのセット位置を自由に決めることができる

■ユーザーニーズに対応した特装車を提供

新明和工業(株)

原点は航空機の製造から

高度な技術の結晶である航空機事業、数多くの製品を展開する産業機器事業、そして国内外で活躍する特装車事業——の三領域を通じてその卓越した技術力をコアに製造、販売、サービスをトータルに展開する新明和工業。同社の原点は、川西航空機(株)時代に手掛けてきた航空機に遡る。第二次大戦中には名機と呼ばれる「二式飛行艇」や「紫電改」を製造。終戦後、航空機製造は中止になったが、そのノウハウを生かし、米駐留軍車両の修理、メンテナンスなどを請け負うことになり、国のインフラ整備に必要な製品として下水処理場や土木・建築現場で活躍する流体製品などの産業機器、ダンプトラックなど特装車の製造を行ってきた。

吸引車は、約35年前の真空式汚泥吸引車がその原点と考えられる。その後、下水道事業のめざましい進捗、普及率の向上にあわせて高圧洗浄車や強力吸引車といった特装車部門に進出。現在に至っている。

特装車は広島・佐野(栃木県)・寒川(神奈川県)の3製造本部で製造しているが、特に広島製造本部が環境関連車両の基幹工場となっている。下水道関係車両としては高圧洗浄車「ジェットクリーナ」、強力吸引車「クリーンキューム」が熱い注目を集めている。

高圧洗浄車「ジェットクリーナ」

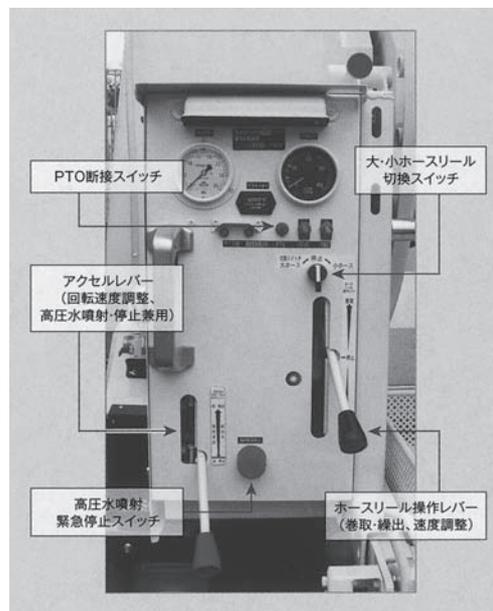
洗浄作業に適した4トン車を主流とした「超高圧・高圧切替式」と「高圧式」の2タイプ新型車を2009年から市場に投入している。

高い信頼性を有するプランジャポンプを採用、業界トップクラスのポンプ吐水能力を誇る。水タンクをはじめ、プランジャポンプまでのすべての給水ラインをオールステンレス化したことで耐久性・防錆性が大幅に進歩。さらに大・小ホースリールを180度一体旋回式にし、作業範囲が拡大。操作盤の一体化



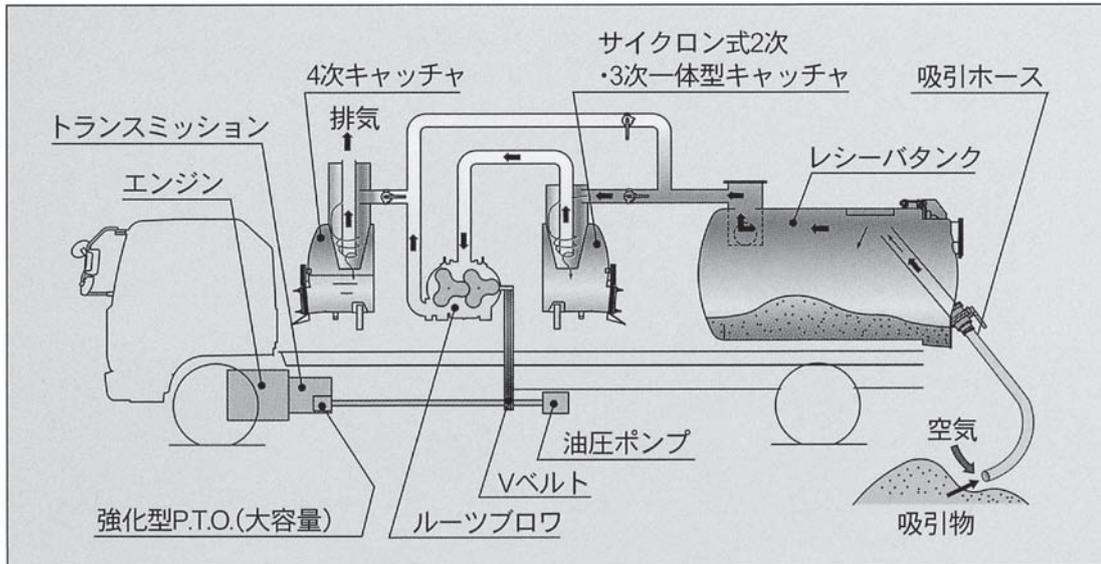
高圧洗浄車「ジェットクリーナ」

とともに、レバー操作も単純化し安全性、操作性を向上させた。PTO(動力取出し装置)断接の車両後部での操作も可能となった。また物入れや工事看板入れなどの収納スペースを多く確保することにより、作業従事者が使いやすい車両になっている。



大・小ホースリール一体作業盤

水タンク容量は切替式が約2,790L、高圧式が約3,040L(架装シャシにより変更あり)。オプションとしてホース距離計なども用意しており、多様化する



作動原理図（ブロワが駆動するとレシーバタンク内が負圧になり、ホース先端から空気を吸引、これにより吸引物はタンク内に回収される。軽く小さな粉塵は2次・3次キャッチャで分離回収、最後に4次キャッチャで水と接触させ浄化される）

顧客ニーズに対応している。ビルピット清掃などに威力を発揮する1台二役の高圧洗浄装置付吸引車などのラインナップも豊富だ。

強力吸引車「クリーンキューム」

3～10トン車まで、用途に応じた幅広いバリエーションを有する。新設計の「サイクロン式キャッチャ」を採用したクリーンキュームは、粉塵の集塵効率および冷却水の回収率が向上。排気飛散水とダストの放出を極限まで低減させたほか、遠心分離効果によりブロワ冷却水の減水量が減り、連続運転時間が飛躍的に向上した。

低騒音ブロワの新開発と外部エア配管の最適レイアウトにより、大幅な作業騒音の低減（約-3db・同社従来製品との比較）と高い吸引力（ブロワ風量約8%アップ・同）を実現。さらに吸引作業時負荷の増減に応じてエンジン回転数を自動調整するとともに、吸引待機中の余分な燃料消費を抑制、作業時騒音を低減するアクセルスローダウン装置を新規オプションとして設定。省エネ、環境負荷の低減に対応した。

ユーザーニーズに積極対応

同社ではこのほかにも塵芥車やボディを車体から脱着できる脱着車、浄化槽汚泥濃縮車など多種多様な特装車を手掛けているが、何より大事にしているのはユーザーの求める要望にできるかぎり対応することだという。

同社の高圧洗浄車や吸引車は今後増加していく下水道老朽管の更生工事に確実に威力を発揮すると思われるが、その際にユーザーの要望をフィードバックした車両を提供できることは作業上はもちろんのこと、サービスという観点からも高く信頼できるといえよう。



強力吸引車「クリーンキューム」

■高機能化とパワフルな性能の両立を実現

(株) モリタエコノス

消防車の製造のノウハウを活かし

バキュームカーや清掃車で高いシェアを誇る(株)モリタエコノスは、昭和23年に森田唧筒工業株式会社(現(株)モリタ)の消防車の整備を行う森田ポンプサービス工場として設立されたのが始まりである。

昭和28年に日本で最初のMS型衛生車(バキュームカー)を製作、昭和35年には汚泥吸引車「バキュームダンパー」の販売を開始するなど、消防車製造で培ったノウハウを活かし、早くから環境部門における特装車の開発・製造に着手している。

高圧洗浄車は、昭和41年に「ハイプレクリーナー」の1号機を開発して市場に参入。昭和56年には回収タンク付超強力吸引車「ディープマスター」と「パワフルマスター」の製作販売も開始した。

平成9年に社名を(株)モリタエコノスに改称。その後、一時期モリタ(株)と合併しエコノス事業部となるが、平成15年に分社化して新生モリタエコノスとして新たにスタートしている。

メインリールが180°スライド旋回

高圧洗浄車「ハイプレクリーナー」では、このほど高機能タイプを完成。強力な最新型プランジャーポンプを搭載し、集中操作パネルの採用により計器類の視認性と操作性を向上させることで作業効率を飛躍的にアップさせた。水タンク容量は2,100L、ポンプの最高圧力は19.6MPa、吐出量は230L/minを確保している。

高機能タイプの最大の特長は、メインホースリールが油圧スライドで旋回すること。ホースリールが左右にスライドし180°旋回するため、狭隘なT字路などに洗浄車を横付けしてもホースの操作が容易である。また、小口径のホースを巻き取るサブリールも油圧式を標準搭載しており、メインホースは100m、サブホースは80mまで対応できる。バルブ操作、旋回操作は手動、電磁式いずれの選択も可能である。



SE-420型ハイプレクリーナー

クラス最大の積載量を確保

一方、強力吸引車「パワフルマスター」にも最新のRBX50型を新たにラインナップした。これまで同社が製造・販売している、風量 $12\text{m}^3/\text{min}$ ～ $75\text{m}^3/\text{min}$ のバリエーションのなかで、主力である $42\text{m}^3/\text{min}$ のパワーアップと機能充実を図ったもの。

このRBX50型は、低騒音型プロワーポンプの風量を $50\text{m}^3/\text{min}$ に拡大。ホイールベース3200mmクラスでは、クラス最大級となる最大積載量約2500kgを確保した。

また、電磁式油圧バルブによる後部扉の開閉やタンクのダンプアップ/降下などの操作に、電気スイッチを採用したことが大きな特長となっている。



RBX50型パワフルマスター。低騒音でさらにパワフルに

タンクやハッチはリモコン装置による遠隔操作も可能。オプションには過積載を防止する「ロードセル式満量警報装置」も用意されている。

同社が長年、トップシェアを誇ってきた衛生車両バキュームカーもこのほど最新型を開発した。10年前、タンクをアルミ製の外装で囲むことにより、従来のイメージを一新した未来型のバキュームカーを開発したが、今回はこれをさらに進化させ、「魅せる」発想により、デザイン性と作業性、メンテナンス性を両立させたFRP製のエコパネル（外装）式の「EP-2」を開発。約20種類以上のスタイリッシュなデザインのラインナップから、顧客のスタイルに合わせて選ぶことができ、走る企業広告やPRとしても活用できる。



新型バキュームカー・EP-2



ダンプアップをリモコンで操作



FRP製のエコパネルでスタイリッシュに

管路内清掃・洗浄に関する新工法

■単条伏越の維持管理に威力 ——MJP工法

(株)北日本ウエスタン商事

維持管理の現状

単条伏越の維持管理は、流入側ゲート室や人孔で水替えを実施し、流下下水が伏越室に流入しない状態もしくは流下量が少ない夜間に強制排水を行い、高圧洗浄車や強力吸引車を併用して清掃点検作業を実施することが望ましいとされるが、近年は下水の流量増などにより夜間でも流入量が多く、水替え自体が困難になってきている。これら課題に対し、在来工法に比べ省スペースかつ高効率な「MJP工法」の採用による維持管理が注目を集めている。

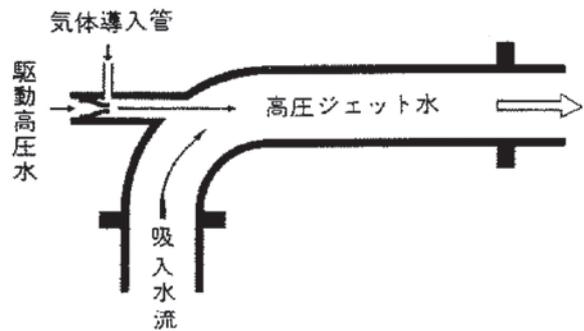
同工法は、仙台を本社とする総合的な維持管理業会社である北日本ウエスタン商事が1988年4月よりMJP開発株式会社（現 株式会社エムジェーピー）との間でMJP通常実施権契約を締結。以来、技術の普及と適用に努めてきている。

工法の概要

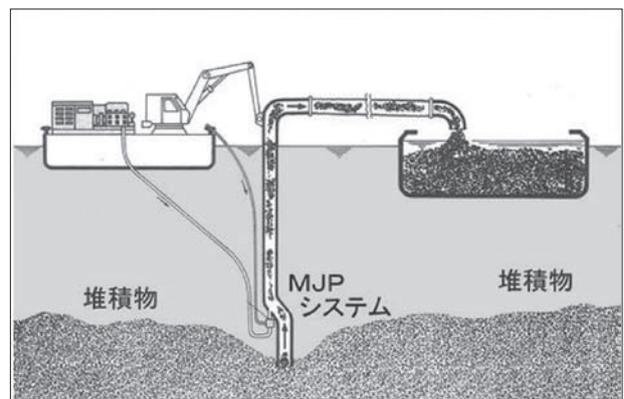
MJP工法は、MJP（混気ジェットポンプ）を利用した各種工法の総称で、土木分野から食品分野に至る幅広い業界で採用されている。

MJPとは、噴射ノズル先端で空気を自吸することで水中でも大気中に近い状態で高水圧を噴射することができる従来のイジェクターとはまったく異なる特性を有したポンプ。気体導入によりキャビテーションを防止し、ポンプ内に噴射した高圧水が高真空および大風量を発生させ、マウス部分（取り込み口）から吸入した浚渫対象物を流送管内に送り込み、任意の地点まで流送する仕組み。流送管中には突起物がないため、管径の90%までのあらゆる固形物を簡単に流送することができる。

MJPを利用した浚渫工法は、その優れた特長から



MJPモデル概念図



MJPシステム

数多くの施工ニーズを創出しており、従来施工が不可能とされてきた単条伏越の浚渫作業をはじめ、水中に設置された橋脚下部の堆積物の除去、海水中や河川水中の取水口部の浚渫、海洋を排出先とする雨水排水路の堆積土砂の浚渫工事などにおいて、その効果を十分に発揮している。上下水道でも、特に従来手作業でしかできなかった狭い場所や深い場所での作業も可能なほか、バキューム車でも不可能だった高揚程、流送距離などの問題を解決する工法として注目が集まっている。



デリバリー側排出状況（酒田市内某工場排出管清掃工事）



掘削ノズル付MJP本体（仙台市・単条伏越管浚渫清掃）



掘削ノズル噴射状況（松島港泊地浚渫工事）



ジェットノズル

施工実績の例

仙台市の要望に応え、汚水幹線が多く、水替えがほとんど不可能な状態だった同市内の単条伏越の浚渫清掃を行ってきたのをはじめ、「上越新幹線越後湯沢～燕三条間橋脚耐震補強工事」（2006年）、「大間原子力発電所新設工事・放流間損傷対策工事」（2007年）、宮城県仙台石巻港事務所「松島港泊地浚渫工事」（2010年）、水路内に繁茂している水草の浚渫作業を実施した「七郷堀水路浚渫」（同）などの施工実績を持つ。さらに現在韓国から全羅南道の浚渫工事の問い合わせなどもある。

同工法のポンプの最大の長所は水中部での大粒径

の固形物の吸引・流送に威力を発揮する点。過去の実績では水平距離で1,000m以上、揚程で100m以上を記録している。さらにMJPを使用した管きょ洗浄のノズルを使用すれば400m以上の長距離洗浄も可能になる。イニシャルコストは相応だが、伏越管の清掃に要する日数は標準的な単条伏越の清掃の場合、流入側伏越室で一日、伏越管きょの洗浄と流出側伏越室の清掃一日の計二日間程度と短く、ランニングコストが少なくすむ。現場条件が適合すれば相応の威力を発揮するものと思われる。

同社では管路の維持管理の最新技術として、各自治体の適正な下水道の維持管理の一助になれば、としている。

■ 気水混合衝撃波洗浄工法 — 下水道関連工事で初施工 —

(株) 興 和

下水道工事に初採用

昨年10月末、新潟県出雲崎町の汚水圧送管洗浄作業に気水混合衝撃波洗浄工法が採用された。同工法は従来、上水道配管・工業用水配管等の洗浄に対して使われており、各種パイプラインに付着したマンガン、スケールおよび土砂等を排出除去し、赤水・黒水の解消と、水量不足・圧力損失の改善、動力費の節約に貢献するもの。水道の配水管には新潟県内を中心としてこれまでに10数件・延べ約50kmの施工実績を持つが、下水道関連の工事では今回が初施工となる。

施工対象の現場は出雲崎町久田地区の海岸に近

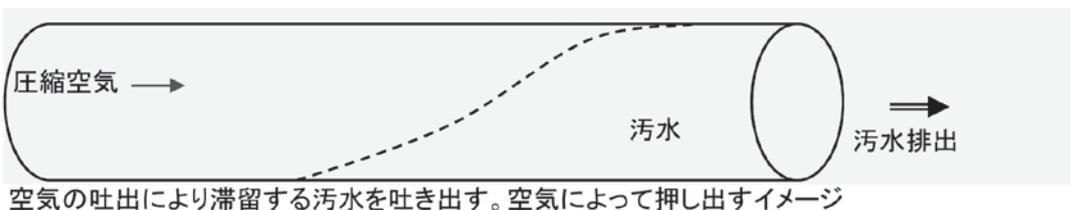
い、約φ250mm×1,125mの汚水の圧送管の洗浄。同町の下水道の供用開始は平成9年だが、現場は勾配があり距離も長いという条件下にあり、供用開始以来、汚水管の洗浄をしたことがなかった。長年の使用により管内にスケールが付着している可能性が考えられるため、管内洗浄を行って機能の回復を図ることがねらい。

通常、圧送管の洗浄はピグを使ったピグ洗浄を行うことが多いが、そのコストが高いこと、さらに汚水圧送管のため、管内貯留を含めて工事に要する時間が2～3時間強程度しかとれず、万一ピグが抜けなかった場合のリスクなどを考慮し、気水混合衝撃波洗浄工法を採用することにした。

開始前



滞留水排出状況



洗浄状況

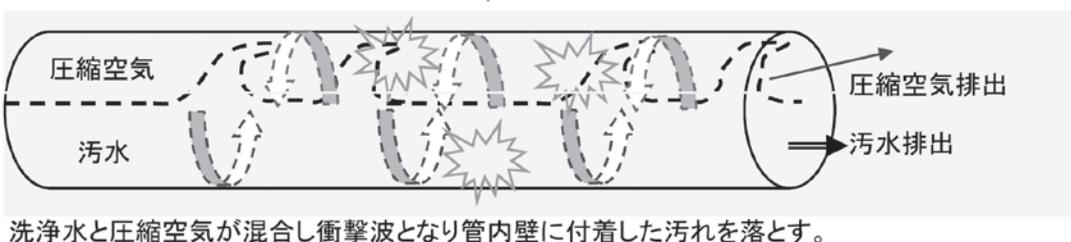


図-1 気水混合衝撃波洗浄による管内洗浄イメージ

工法の概要

同工法は管内に所定量の水を通水し、これに旋回圧縮空気流（0.1MPa～0.3MPa）を送気し、管内に気液二層環状流を発生させ、気泡水流の攪拌力と気泡破裂の衝撃波で管内壁面に付着したマンガン、スケール、水垢等の堆積物を洗浄排出させる仕組み。曲り管、異径管路を連続して施工可能なほか、管内面を傷めない、施工スパンを長く設定できる（約1,500m）、洗浄コストを抑えることができる——などの特長を持つ。

実際の使用と結果

1回の洗浄にかかる作業時間は約20分。管内に洗浄水を送り込み、コンプレッサーにより管内へ空気を吐出する。この洗浄水と圧縮空気が混合し、らせん状の衝撃波となり管内壁に滞留する汚水が吐き出される。なお、使用する水については、今回のケースは放流する予定の処理水を使ったため水量につい

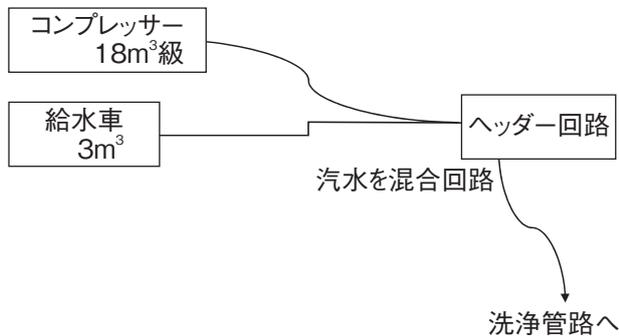


図-2 機器配置イメージ



写真-1 短時間での作業が要求された現場



写真-2 管内の濁水などを排出

ては問題がなかったという。

3～4回目の作業で管内に溜まっている濁水や土砂（約1m³）などほとんどが排出されたが、目視による確認と時間の制約の観点から全7回で作業を終了した。

作業を終えた工事業者によると、「特に問題なく終了しましたが、洗浄後の排出水の濁度やSS、Phの基準に加えて効果がどれくらい出たかという客観的基準が今のところありません。今後さらに工事案件の経験を積み、最も効果の出る水量やエアの量と口径や距離のファクター関係も探りながら適切なものを採らなければならないと思います」と課題を挙げている。

今回の工事は短時間で、しかもピグ洗浄に比べると1/3程度のコスト、さらに初施工にもかかわらず滞りなく作業を終えられたことは特筆に値するといえる。

さらに工事業者は、下水道管の洗浄業務に関して「ここまできれいにすればいいだろうというのは、今のところ現場の主観でしかない。定例的な維持管理は品質に関わる洗浄方法とともに、作業手順やそこにかかる作業時間、ひいてはコストが違ってくる。明確な基準なり数値があれば、さらによりよい維持管理作業ができるのではないかと思う」と提案している。

特集 下水道管路内清掃・洗浄 =スペシャルレポート=

洗浄ノズル その歴史とトレンドを探る

「同じ現場は二つとない」。そう囁かれるほど、下水道管の清掃は多種多様な条件を抱えている。そうした難しさのある分野で、なぜ高压洗浄が主役となりえたのか。そのカギは、水を自在に操る洗浄ノズルが握っているといってもよい。

今回は株式会社カンツール、兼松エンジニアリング株式会社、東京いすゞ自動車株式会社の3社を訪ね、意外と知られていない洗浄ノズルの開発の歴史やその技術の現在、そして今後の開発の方向性などについて聞いた。

水量が効率的な洗浄を可能にする

前項で記述した高压洗浄車や超高压洗浄車のポンプが吐き出す高压エネルギーを速度エネルギーに変え、洗浄力を生み出しているのが洗浄ノズルである。

洗浄ノズルによる最もオーソドックスな洗浄方法を図に示したのでご覧いただきたい。工程①にあるように、高压ゴムホースに取り付けられたノズルは、斜め後方に噴射される高压水の力によって、下水道管内の堆積物等を攪拌しながら前進（自走）する。この際、堆積状況をみながら前進させる距離を調整することが重要で、例えば堆積物が多い場合に一気に前進させすぎると、ノズル後方に攪拌された堆積物が大きな山を形成してしまい、手前に引き戻すことが困難になる。

この点に留意しつつ、適度に管内を前進させたノズルをゆっくりと巻き戻すことによって、手前に堆積物を集めながら管の内部を洗浄することができる（工程②）。また、管が閉塞している場合、ノズル前方へも高压水を噴射し、前方を切り崩しながら前進して洗浄する（工程③）のが一般的だ。さらに、管

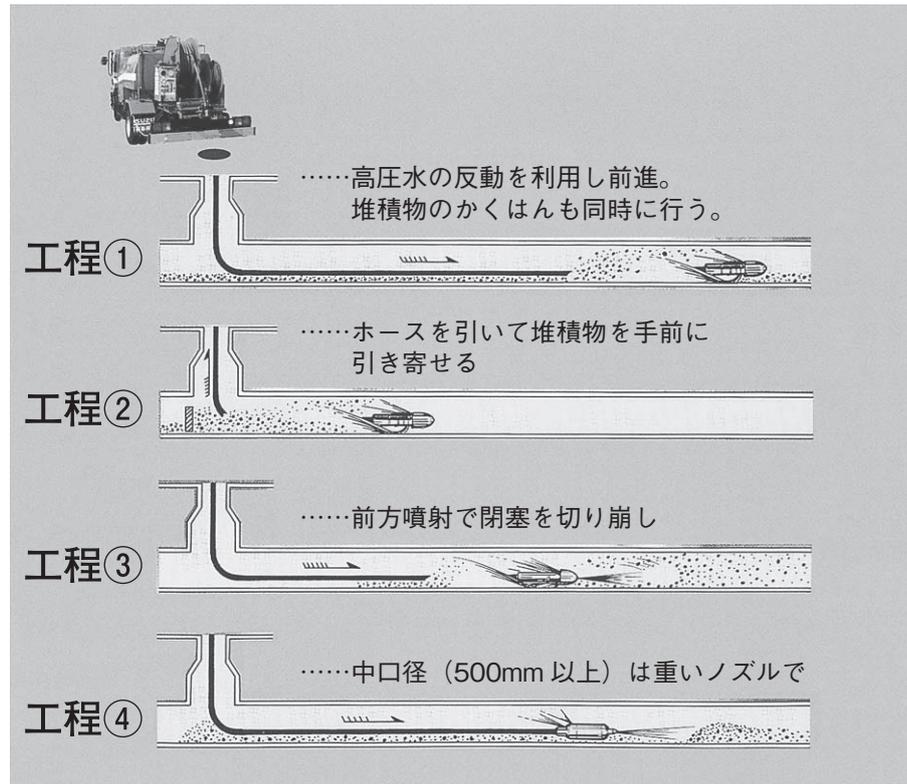
径が500mm以上の場合には、清掃範囲が広く、引っ張ってくる堆積量も多くなる傾向があるため、重いノズルを使用するなどの工夫により洗浄力の安定化を図っている（工程④）。

洗浄ノズルの能力が発揮される上で、最も大切なポイントは「吐出水量」である。高压洗浄車の導入当初、「水圧が最優先されるべき」と唱える向きもあったが、先駆者として東京いすゞが地道なデモンストレーションを繰り返し、その考えが誤りであることを実証してみせた。

分かりやすくいうと、例えば台風で巨大な岩や橋梁等の鉄骨構造物などが流されるのは、それらに大きな圧力が働くためではない。大量の水が大きな物質を動かすのである。東京いすゞは、「この考え方が下水道管の洗浄にも活かされるとの考えに至った」と説明する。

つまり、管の清掃も最終的には物（土砂等）の移動であるから、そのための吐出水量の確保をベースに積載ポンプの能力に基づく噴射圧力等とのバランス、あるいはノズルの耐久性などを計算し、トータルで最大限の洗浄力が発揮されるように設計したのである。このような考え方は、今日の高压洗浄技術の常識と言っても過言ではない。

一方、洗浄の目的や条件により、ノズル孔数を変える工夫なども見られる。例えば、ノズルの孔数は、数が多ければその分洗浄ムラを抑えることができる。しかしながら、除去対象物に対する1孔当たりの洗浄力は、孔数が増えるにつれて弱化するの避けられない。つまり、双方のバランスを作業条件に合わせていかに整えるかがポイントとなる。



一般的な洗浄方法

多様な条件に対応する洗浄ノズル

ここで、洗浄ノズルの基本構造をタイプ別に以下にまとめる。

①直射ノズル

高圧水を直進させるためのノズル。単孔が一般的で、主に噴射ガンに取り付けて使用する。1本の水束を噴射する仕様のため、汚れに対して高い破壊力を有し、強固なスケールの破碎、除去、表面の汚物を洗浄するのに適している。ノズルの孔は摩擦を軽減するため、当該部分に焼入鋼、セラミック、人工宝石などを用いることが多い。

②扇形噴射ノズル

噴射ガンの先端に取り付け、高圧水を扇形の整流として噴射するもの。洗浄対象物の平坦な広い面積を効率よく洗浄できる特長がある。

③サンド噴射ノズル

ノズル中央部に砂の通る孔があり、外側より前方の中心部に向かって高圧水を噴射させ、高圧水と研掃剤（けい砂）を同時に噴射する仕組み。ノズルの

取り付け部およびノズルが摩耗しやすいため、ノズルには焼入鋼やセラミックが用いられる。

④前方噴射ノズル

管内がほとんど閉塞している状況で用いる。孔数は3～12、角度は30°前後が一般的である。

⑤後方噴射ノズル

圧力ゴムホース、フレキシブルホースの先端に装着し、後方へ噴き出す噴射力で前方へと自走する。後退時にスケールを除去しながら手元まで引き寄せる。この繰り返して管内を清掃する。

⑥前方後方噴射ノズル

ノズルの前方と後方に噴射孔を有する。前方の噴射孔はスケールの破碎・除去を行い、後方の噴射孔は自走および取り残したスケールの除去、取り去ったスケールの搬送を行う仕組み。

⑦前方後方直角噴射ノズル

前方および後方噴射ノズルの間に、高圧水の流れに直角なノズル孔を設けたもの。直角噴射によって管内をより均一に洗浄できるが、水圧が拡散するぶん、一孔当たりの洗浄力は弱くなる。

⑧直角噴射ノズル

管壁の洗浄のみを目的としたノズル。ホースで引きながら洗浄するか、あるいはスチールランスで進退を繰り返しながら洗浄する。

⑨複合噴射ノズル

噴射孔の位置を様々に複合させたもの。後方直角噴射ノズル、前方直角噴射ノズル、前後方直角噴射ノズルのほか、後方噴射用のノズルを前後2段に設けて洗浄効果を高める2段噴射ノズルなどがある。また、他の噴射孔と構造が異なるものとして、ノズルに円周状のすきまを設けスクリーン状に噴射させるスクリーンノズルがある。

⑩回転ノズル（旋回ノズル）

回転ノズル（旋回ノズル）は元来、科学工場や醸造所などのタンク容器の内面洗浄に使われていた技術。文字通り、ノズルが回転しながら高圧水を噴射する仕組みで、管壁をまんべんなく洗うことができる。

上記のうち、回転ノズル（旋回ノズル）は1980年代になって開発されたものである。ちょうどこの頃、カメラが管内に入るようになり、洗浄の仕上がりがより鮮明にチェックできるようになった。このことが、洗浄に対するニーズを変化させたのだという。例えば、固定ノズルで洗浄した場合、管壁には洗浄痕が残るケースが多い。それでも、従前は「水が通ればよし」とされていたのだが、洗浄痕が確認できるようになると、「よりきれいな洗浄」を求める声が強まった。そうした背景から、ノズル本体にローターを採用し、高圧水を噴射しながら回転させる機構が考え出されたのである。

一方、近年の傾向として、モルタルの除去や更生工事の前処理（木の根除去等）のニーズも増加している。つまり、除去対象物に対して従来よりも強い洗浄力が求められるようになったのである。このため、高圧洗浄車には高圧・超高圧の切り替え機能が付加され、併せて、超高圧に耐えうる耐摩耗性の強い素材を使ったノズルの開発などが進められたほか、前述した回転ノズルのローター部分にカッターの役目を果たす部品を取り付けたものなどが製品化されている。

ちなみに、洗浄ノズルの中で最も傷みやすい噴射孔の寿命は、3～5年程度。当初は噴射孔が摩耗す



チップを取り付けたノズル（兼松エンジニアリング製）

るとノズルそのものを交換しなければならなかったが、現在はチップと呼ばれるボルト状の部品に噴射孔を開けたものが開発され、当該部品を取り換えるだけで対応が可能となった。つまり、コスト面でも改良が進んでいるわけである。

変わりつつある管清掃の現場

今後の開発の方向性として具体的に挙がっているのは、まず、「吸引した水を噴射水に再利用する技術（ノズル）の開発」（カンツール、兼松エンジニアリング）である。兼松エンジニアリングはすでに6t車で試作品をつくった実績があるといい、現時点ではリサイクル設備の架装スペースに問題が残るものの、「最終的には改良を図り、4t車の実現をめざしたい」と抱負を語る。打開案としては、タンク設備等のコンパクト化を図るため、駆動高圧水に空気の負圧を加え流送および洗浄効果を高める混気ジェットポンプの応用などが狙い上に乗っているという。

このほか、近年ニーズが増えてきたモルタルや木の根除去をピンポイントで効率よく行うため、小型カメラを装着したノズルの開発などもテーマに挙がっている。だが一方で、「将来的にはノズル技術をさほど必要とせず、容易に下水道管を管理できる時代がくるのではないか」（兼松エンジニアリング、東京いすゞ）との観測もあって、そうなる、むしろ技術はシンプルな方向に向かっていくものと考えられる。事実、現場からは近年、「堆積量が減ってきている」との報告が多く上がるようになったとのこと。その一因に考えられるのは、管材の変化、シー

ルド工法の採用の影響などで、特に都市部で見られるシールド工事はますます管位置が深くなり、接続する枝管は勾配がきつくなる傾向にある。そうしたことから、土砂等が溜まり難い状況が自然に生まれつつあるのではないかと見られている。

こうした状況を踏まえると、今後、清掃作業のあり方そのものを再点検する必要もありそうだ。国や自治体、民間が一体となり、ハード面のみならずソフト面を合せた総合的な技術の進歩が望まれるところである。

最後に、今回取材した3社の主要製品を紹介する。

【東京いすゞ自動車アチューマツト部】

洗浄ノズルはすべて自社生産している。標準タイプのノズルとして、後方噴射ノズル、側溝の清掃に適したブリックノズルやキャリアヘッドノズルなどがある。後方噴射ノズルは噴射角15°から45°までの各種類があり、はじめに推進力のある噴射角の小さなノズルでおおまかな清掃を行い、続いて噴射角の大きなノズルで仕上げるのが基本。側溝や中口径以上の管の清掃に関しては近年、一層の効率化を望む声が出ていることから、同社は10穴キャリアノズルを開発した。これは、後方に向けられた10穴から噴射された水が膜となって全体に拡がり、土砂を包み込むようにして排除するもの。

また、噴射孔を回転させることで管壁をムラなく効率的に洗浄するノズルとして、80型旋回ノズル(写真4)を商品化している。同ノズルのローターはベアリングのないシンプルな作り。後方噴射の孔の位置(回転の中心からの距離)をそれぞれ微妙にずらすことにより、ローターに回転(1分間に8000~9000回転)を与える工夫をしている。この回転効果により、高圧水が管壁にまんべんなく高圧水を作用させる仕組み。

一方で、ローターを回転させることにより高圧水の洗浄力が低下するため、除去対象物によっては、回転数を落とし、強く叩くことを主眼とした商品もある。一つはブレーキ付き旋回ノズルで、これは回転数を1分間に4000回転程度と抑え、そのぶん、洗浄力を高めている。

また、1分間に1~120回転と超スロー回転によってモルタルや木の根などの除去を可能とした「ターボノズル」がある。同ノズルは高圧水の噴射にスプレーガンを用い、高硬度な洗浄対象物を至近距離から破壊・除去する仕組みだ。なお、大口径管の洗浄や管底だけを洗いたいといったニーズに対しては、スキップジャックノズルで応えている。同製品はノズルチップの脱着が自在で、同チップをどのように取り付けても常にノズル本体が安定し、必ず狙った位置に高圧水が噴射されるよう設計されている。



80型旋回ノズル(ムラなく洗浄)

【カンツール】

カンツールはスイス・ENZ社(エンツ社)と契約を交わし、同社の洗浄ノズルを輸入している。噴射孔が固定されたタイプのノズルとして、クリーニングノズル、グレードボム、ポイントノズルを揃えており、このうちクリーニングノズルは土砂等の除去を主目的とした最も標準的な製品。グレードボムは多量の岩石や軟質堆積物などの除去用につくられたもので、必要水量がクリーニングノズルよりも若干多くなるのが特徴。ポイントノズルは閉塞した管の貫通が目的であり、ノズルがペン先のような形状をしており、閉塞物を突き通す効果と前方への高圧水の噴射によって切り崩しを行う。

一方、回転ノズルは次々と新製品が開発されている。ローターからの噴射角度の違いによってRGS(横回転噴射)、HRH(後方回転噴射)、KBR(後方/横方回転噴射)の3タイプがあるほか、ロトパルス、ブルドーザー、エジェクター、ブルドック、

チェーンなど、用途に応じて多彩なラインアップを揃えている。ロトパルスは、ローターを中心からやや外して（偏心）回転させることにより、高速振動を発生させ、その振動で堆積物を効率的に分解する。ブルドーザーは開水域および中口径管向けにつくられたもの。エジェクターは水に浸った状態で使用し、ジェットの手で前方に真空状態をつくり、その作用で土砂等を後方に押し流す機構となっている。その際、管内を流れる水を利用するため、吐出水量の約5倍の水を洗浄水として利用できる特長を有する。また、ブルドッグは高圧水による1点当たりの洗浄力を高めるため、回転速度を落として自走するもの。チェーンノズルは、ローターに取り付けたチェーンを振り回して、その衝突力を利用してモルタルや木の根などを除去する製品である。

このほか、最新ノズルとして、中空球形という斬新なデザインのカッターを回転させ、固い堆積物を除去するスピニングボール・カッター（リヒテンシュタイン・デイトマカイザー社）を販売している。



スピニングボール・カッター

【兼松エンジニアリング】

1987年にスイス・ENZ社のノズルを輸入開始した。スタンダードノズルのKE-100およびKE-101は、ENZ社に独自注文し、兼松エンジニアリング向けとして輸入。いずれも前方後方噴射ノズルで、孔数は前方1・後方8、後方噴射角はKE-100が30°、KE-101が15°で、後者のほうが推進力に長けたタイプとなっている。

また、同社オリジナルの製品として、パワースライドノズルがある。「推進力があって洗浄力も高いノズルが欲しい」とのニーズに応えるため独自開発したもので、噴射角15°、30°、45°の孔をそれぞれ2個ずつ、計6個設けることにより、ムラのない洗浄と力強い推進を両立させている。同製品を使用することにより高圧洗浄車の付属部品を削減することが可能で、その原価低減効果もセールスポイントの一つといえる。



パワースライドノズル

このほか、ENZ社製ノズルとして、前方後方噴射ノズル（スタンダード）、障害物を切削・粉砕する先細ノズル、ローターの回転軸に対して垂直に噴射孔を開けた直射型の回転ノズル（DN）、ローターから斜め後方（45°）に噴射する後射型回転ノズル（RN、RC）、斜め前方（前方45°）に噴射する前射型回転ノズル（FN）、インパクトカッター（CNP）、チェーンカッター（CC）、大口径管や側溝などに適した特殊ノズル（ブリックノズル、コブラ）などがある。

前射型回転ノズルは閉塞管の洗浄を主な用途としてつくられたもので、前射ノズルからの高圧水が堆積物を切り崩し、推進ノズルで自走しながら除去物を後方へ排出する機構。インパクトカッターおよびチェーンカッターはいずれも、回転カッターがもたらす物理的な衝撃によって異物を除去する仕組みで、前者はコンクリートやモルタルなどの石灰質付着物を効率よく除去するよう設計されている。

一方、後者は木の根などにも対応可能。ただし、インパクトカッターは最大圧力が15MPaと小さく設計されているのが特長である。

コンクリート下水道管の 腐食と維持管理



日本大学生産工学部環境安全工学科

准教授 保坂成司

1. はじめに

2007年6月、国道23号木曾川大橋のトラスの斜材が破断しているのが発見された。幸いにも人的被害はなかったが、社会資産の維持管理の重要性を認識させられる事故であった。

橋梁などの社会資産の老朽化による事故は社会的影響が大きいと、新聞等に取りざたされたが、下水道に関しても老朽化に起因する事故が多く発生している。例えば国土交通省の調べによると下水道の老朽化等に起因した道路陥没が平成19年度に約4,700カ所も発生している。

現在、日本の下水道普及率は73.7%（平成21年度末）と先進国においてはまだ高い水準とは言えず、各自治体においても普及率100%を目指し下水道整備事業を推進しているが、下水管路延長は約40万km、処理場数は約2,000カ所と膨大なストックを抱えるまでに至っている。

一方、東京都区部についてみると、高度経済成長期以降急速に下水道の整備が行われ、現在ほぼ100%整備が完了している。しかし管理延長約15,600kmの下水道管渠のうち約2,000kmが標準耐用年数（コンクリート製下水道管=50年）を超え、さらにこの耐用年数に達する管路が年々増加傾向にある。このことから、東京都は平成12年度から『再構築クイックプラン』を策定・実施し、これらの問題に対し効果を上げてきた。さらに平成16年度より、段階的に再構築を進める老朽化対策先行整備や取付管対策などを加えた『新・再構築クイックプラン』をスタートするなど、現在は本格的な維持管理の時代

に入っている。

2. コンクリート下水道管の劣化・腐食

これまでコンクリートは永久構造物であると考えられていたが、近年コンクリートの劣化・腐食が報告され、おかれている環境によっては劣化・腐食が早期に進行する事例も報告されている。

2.1 コンクリート下水道管の劣化

コンクリート下水道管の劣化についてみると大きく次の二つが挙げられる。

①有機酸による腐食（劣化）

下水中に含まれる有機物は、微生物により有機酸と二酸化炭素（CO₂）に分解される。この有機酸がコンクリートを腐食する。我々が行った有機酸による腐食実験では、有機酸中に浸漬したコンクリートは実験開始直後から有機酸と激しく反応し表面から腐食を受け、数日後には粗骨材が露出した。また表面のコンクリート成分を分析した結果、カルシウム分はほとんど検出されなかった。このことから有機酸はコンクリートを腐食し、さらにカルシウム分を溶出させ強度低下を引き起こすと考えられる。

②中性化による劣化

コンクリートは製造当初、主成分の一つである水酸化カルシウム（Ca(OH)₂）によりpH12以上の高アルカリに保たれており、内部の鉄筋もこのアルカリに守られて錆びずにいる。しかし水酸化カルシウムは空気中の二酸化炭素との反応により炭酸カルシウムとなり、中性化していく。特に下水管渠内は湿潤状態の密閉空間であるため、有機物分解時に発生

する二酸化炭素により二酸化炭素濃度が上昇し、中性化が進行しやすい環境となる。

この中性化が進行し、コンクリート内部の鉄筋まで達すると、鉄筋は発錆・膨張しコンクリートの破壊へとつながることとなる。

2.2 コンクリート下水道管の微生物腐食

下水道管は地下に埋設されており、有機物を含む下水が常時流れ、温度、湿度もほぼ一定であることから、微生物の繁殖に適した環境となる。

写真-1は微生物腐食を受けた下水管渠内の気相部のコンクリートであり、コンクリート表面が剥がれ落ち、粗骨材が見えている。さらに腐食が進行すると、内部の鉄筋まで影響を受け、構造体としては非常に危険な状態となる。

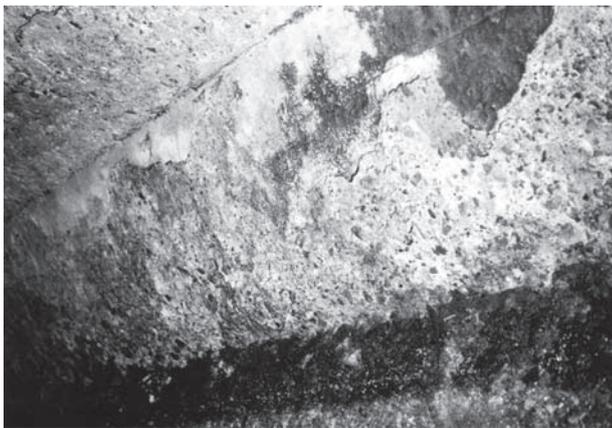


写真-1 微生物腐食を受けた下水管渠内の気相部のコンクリート

このコンクリート下水道管における微生物腐食の進行過程は以下の通りであり、模式図は図-1の通りである。

- ①嫌気性微生物である硫酸塩還元細菌が、下水中の硫酸塩 (SO_4^{2-}) から硫化物 (H_2S , HS^- , S^{2-}) を生成
 - ②硫化水素 (H_2S) はマンホールなどの落差箇所において気相中に放散
 - ③気相中の管渠内面に棲息する好気性微生物である、硫黄酸化細菌が硫化水素を酸化し、硫酸 (H_2SO_4) を生成
 - ④硫酸によりコンクリートが腐食
- 以上が腐食のメカニズムであるが、この腐食の進

行度合いには、先に述べたコンクリートの中性化や、下水中に含まれる有機酸による腐食が大きな影響を与えている。

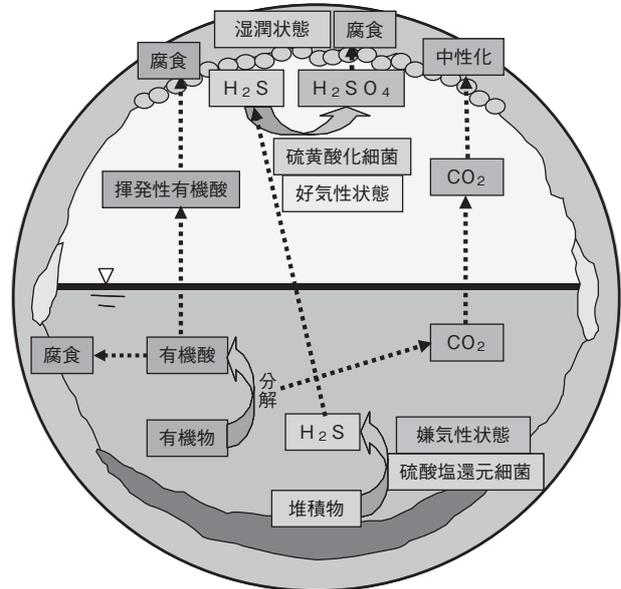


図-1 コンクリート下水道管における微生物腐食のメカニズム

2.3 硫酸によるコンクリート腐食

次に硫酸によるコンクリート腐食のメカニズムについて記述することとする。

コンクリートの硫酸腐食は、コンクリート中のカルシウム分と硫酸との反応により生じ、この反応のサイクルは、以下の通りである。

- ①コンクリートと硫酸が反応。この反応でコンクリートの主成分である水酸化カルシウムは二水石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) を生成する ((1)式)。



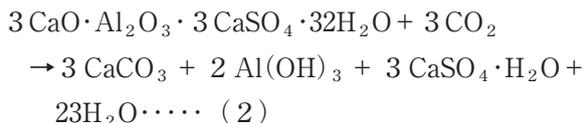
この二水石膏の他にエトリンガイト ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) を生成することも知られている。このエトリンガイトは膨張性の結晶であり、3~4倍に膨張するため、膨張によりコンクリート表面はポーラスな状態となり、さらに硫酸による腐食を促進させる。なお、材料中の塩化物が存在すると、フリーデル氏塩 ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) を生成することも知られている。

我々が行ったコンクリートの硫酸腐食実験では実験開始直後、コンクリートが微量な重量増加を示すことがわかっている。この重量増加はこれら膨張性

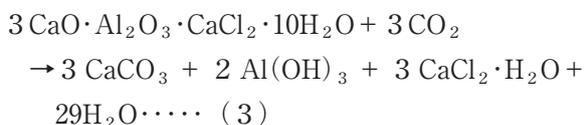
物質を生成するためと考えられる。

②エトリンガイトはコンクリートの中性化に伴って炭酸化され、硫酸イオンを解離し、未中性化領域へと移動し再びエトリンガイトを生成する（(2)式）。またフリーデル氏塩も同様、中性化に伴い塩素イオンを解離し、未中性化領域へと移動し再びフリーデル氏塩を生成する（(3)式）。

・エトリンガイトの炭酸化



・フリーデル氏塩の炭酸化



上記サイクルを模式図で表したものが図-2であり、このサイクルを繰り返してコンクリートを腐食させていく。

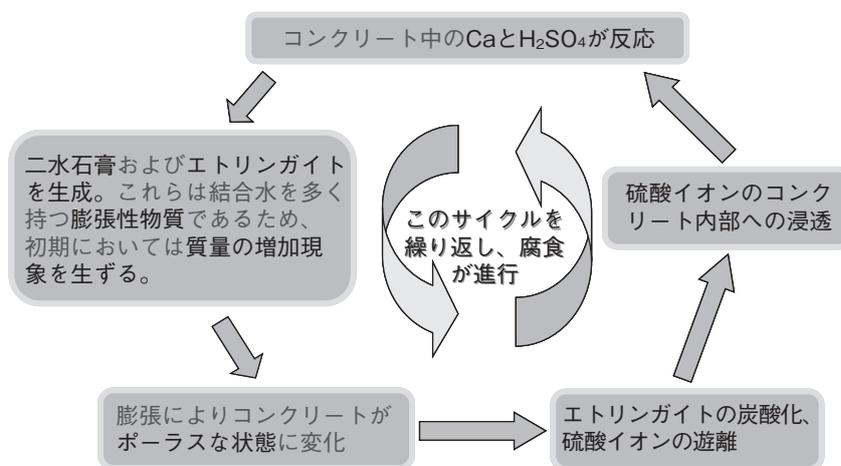


図-2 硫酸によるコンクリート腐食のサイクル

3. コンクリート下水道管の腐食の実態と予測

3.1 東京都区部における腐食の実態

東京都区部における下水道は、高度経済成長期以降に大量に整備され平成6年度末に100%概成した。しかし都区部で管轄する下水道の約5割が昭和40～50年代に建設されていることから、今後標準耐用年数50年を超える下水道が一斉に更新時期を迎えることとなる（図-3）。

ここで我々が行っている合流式下水道におけるコンクリート管の腐食状況について、都区部のある地域の管径900mm以下の411路線について調査した結果を示す。この地域は飲食店なども多く商店街がある東京の下町である（図-4にこの路線に接続されている建物の種別のヒストグラムを示す）。

図-5はこの地域の下水道管の使用年数を示したグラフであり、使用年数50年以上の管が5割弱を占

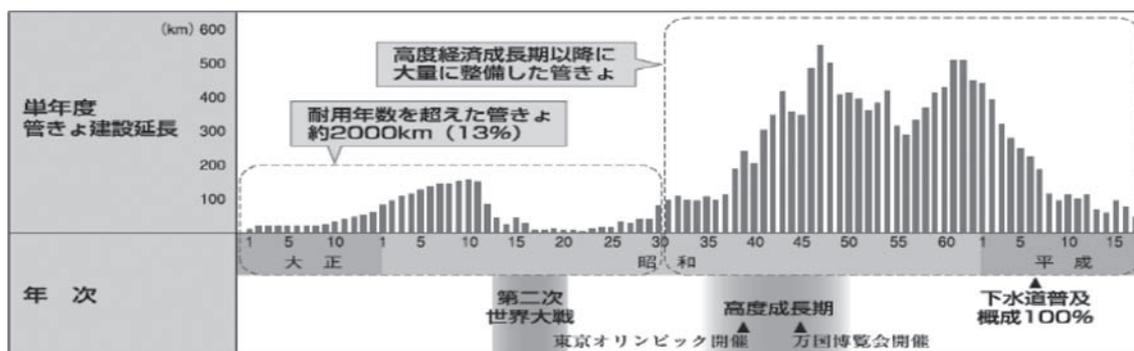


図-3 下水道管渠建設実績の推移

出典：東京都下水道局事業概要

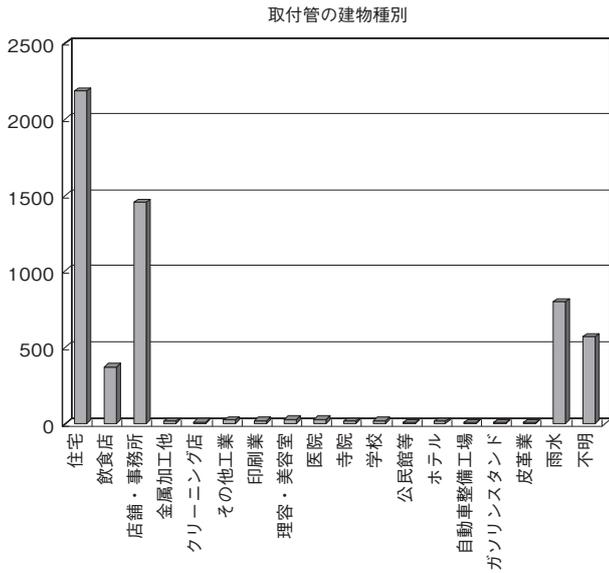


図-4 調査地域における建物の種類のヒストグラム

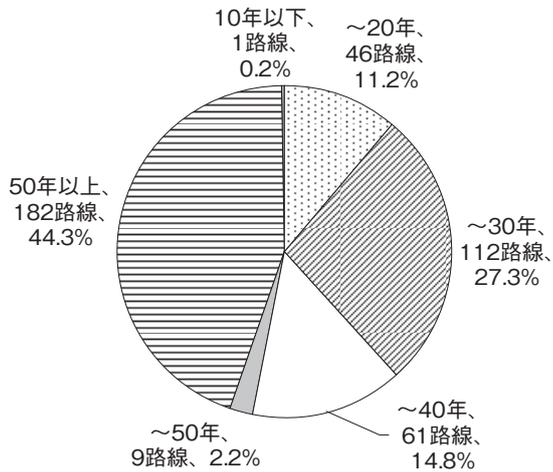


図-5 調査地域における下水道管の使用年数

める老朽化管の多い地域であることがわかる。

図-6は腐食の割合を示したグラフである。グラフ中に腐食Dランクがあるが、これは東京都が用いている腐食の判定基準A、B、Cランク以外にも、明らかにコンクリートの表面が製造当初とは異なるものが多く見られたことから、新たに『表面が腐食していると思われる状態』としてDランクを加えたものである。

グラフより、鉄筋露出状態を示す腐食Aランクと、骨材露出状態を示す腐食Bランクが全体の4割弱を占める腐食の進行した地域であることが分かる。

また我々が設定した腐食Dランクまでを含めると9割以上の管に何らかの変状をきたしていることが分かる。

表-1 腐食ランクと腐食状態

腐食ランク	状態
A	鉄筋露出状態
B	骨材露出状態
C	表面が荒れた状態
D	表面が腐食していると思われる状態

本調査において新たに追加

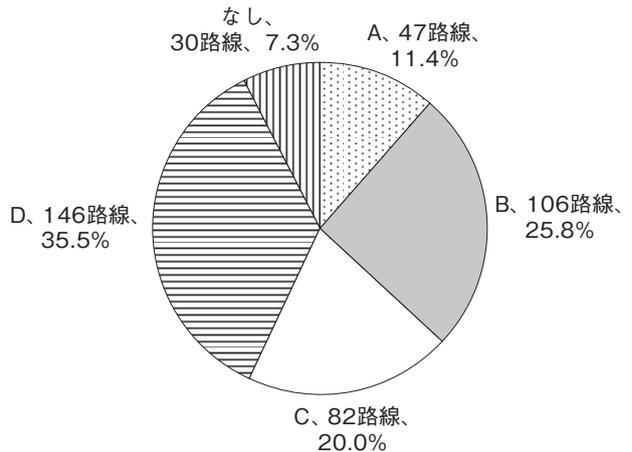


図-6 調査地域における下水道管の腐食割合

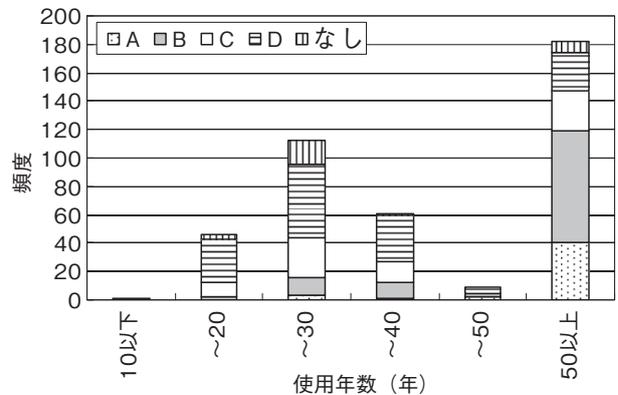


図-7 使用年数における腐食割合のヒストグラム

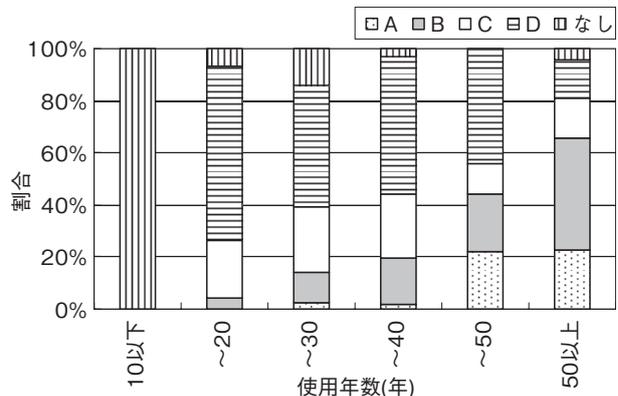


図-8 使用年数毎の腐食割合 (各クラス100%表示)

図-7は使用年数10年ごとに腐食の割合をヒストグラムで表したものであり、図-8はこのヒストグラムの各クラスを100%表示したものである。

図-8より、使用年数の増加に伴い腐食ランクの高いものが増加し、使用年数が腐食に与える影響は明らかである。

3.2 コンクリート下水道管の腐食予測

我々が行っているコンクリート下水道管における腐食の調査は、下水道台帳から、管径や勾配、路線延長など当該下水道に関する基本データの収集から、管路内調査工の調査データを用いての異常項目の確認とビデオ映像による確認、さらに現地調査により下水管に接続されている建物の種類などの調査を行っている。

現在さらにデータを蓄積し分析、解析を行っているが、以前先の3.1で述べた地域のデータを用いた腐食の予測が可能か検討し報告した⁶⁾。

この報告では多変量解析の判別分析法を用いて管径、勾配、路線延長、使用年数といった下水道の基本データから腐食度合いの予測が可能か検討を行い、結果、判別の中率=83.9%と比較的良好な精度で腐食度合いの予測が可能であることを示した。

ここで多変量解析について簡単に述べると、多変量解析とは調査データなど複数のパラメーターを総合的に処理し、目的とする数値や傾向を推定する手法である。

この多変量解析の手法には、数値などの量的データから目的とする数値や傾向を推定する、重回帰分析、判別分析、因子分析と言った手法から、アンケート結果の『はい、いいえ』など質的データから目的とする数値や傾向を推定する数量化理論Ⅰ類、Ⅱ類、Ⅲ類、Ⅳ類がある。

なお、多変量解析の詳細については現在様々な書籍が出版されているので、そちらを参照していただきたい。また解析に関して、手計算では煩雑な計算を強いられることになるが、現在では色々なソフトウェアが販売されておりコンピューターを用いれば簡単に結果を導き出せる。

4. 下水道管の維持管理について

『布設後30年を経過すると道路陥没が急増する』と

いう国土交通省の調査結果がある。東京都でも布設後30年を目安に管路内調査を実施し、予防保全型の維持管理への移行を推進している。

しかし、公共事業費が年々削減される現在の厳しい財政下において、中小自治体においては維持管理に充てられる予算も限られてくる。

この限られた予算を効率的に使うために、近年ではアセット(社会資産)マネジメントという考えが広まりつつある。アセットマネジメントとは予防保全により構造物を長寿命化させ、ライフサイクルコストを最小化しようとする考えである。しかしアセットマネジメントを行うためには正確な実態調査と診断や老朽化の予測が必要となる。

下水道管の老朽化予測の手法としては、我々が用いた多変量解析の他に、マルコフ推移確率を活用した改築等の事業量予測方法や、ロジスティック回帰分析とAHP法を用いた下水道管の不具合発生の可能性の評価式などが提案されている。しかし、いずれの方法も調査データの解析が基本であり、効率的な維持管理を行うためには、既設の下水道管における精確な調査データの収集と、調査データをデータベース化し活用することが必要となる。

5. おわりに

現在我が国では下水管路延長で約40万kmと膨大なストックを抱えているが、更生・再構築のための管路内調査工は総延長の約1.2%/年しか実施されていない⁷⁾。この数値は下水道普及率の伸び約1%/年と同程度であり、現在の普及率73.7%から単純に計算しても新たに建設された下水道の管路内調査工が実施されるのは約70年後となり、下水道管の標準耐用年数である50年を大幅に超えてしまうこととなる。

また、改築は総延長の約0.1%/年しか実施されておらず⁸⁾、膨大な下水道施設の更生・再構築は充分に行われていないのが現状である。しかし公共事業費は年々減少しており、この限られた予算内で効率よく維持管理を行うためにはアセットマネジメント手法を取り入れることが有効であると考えられる。

しかしアセットマネジメントを取り入れるに際し、管路内調査を行っているある技術者から『合流式と分流式では腐食の度合いが違う』といった話や、ま

た我々の調査では地域によって腐食状況が異なる可能性が示唆されていることから、各自治体はこれら提案されているアセットマネジメントの手法をそのまま取り入れるのではなく、地域特性にあったアセットマネジメント手法を取り入れ、効率よく維持管理を行うことが今後の下水道事業において重要であると考える。

参考文献

- 1) 国土交通省ホームページ<http://www.mlit.go.jp/crd/sewerage/sesaku/03kaichiku.html>
- 2) (社)日本下水道協会：下水道施設改築・修繕マニュアル（案）1998年版 1998
- 3) (社)日本下水道協会：下水道施設テレビカメラ調査マニュアル（案）2000
- 4) 三品文雄編著：基礎から応用まで さらに詳しい 下水道腐食対策講座 環境新聞社 2003
- 5) (社)日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説 前編2001年版 2002
- 6) 保坂成司、大木宜章、梶ヶ谷勝、高橋岩仁：既設下水道管腐食の実態調査結果に基づく多変量解析による下水道管の腐食予測の検討、下水道協会誌論文集 Vol.42 No.517 pp115～127、2005
- 7) 榊原隆、松宮洋介、深谷渉、福田康雄、西尾称英：下水道管渠におけるストックマネジメント導入に関する検討調査、国総研資料第543号 平成20年度下水道関係調査研究年次報告集pp 1～6、国土交通省国土技術政策総合研究所 2009.8
- 8) 榊原隆、松宮洋介、深谷渉、福田康雄：全国事業量等に関するアセットマネジメント導入検討調査、国総研資料第463号 平成19年度下水道関係調査研究年次報告集pp15～18、国土交通省国土技術政策総合研究所 2008.6



下水を止めることなく、伏越管渠の安全で効率的な清掃・浚渫を行う

「モールボール工法」とは

モールボール工法協会

1. はじめに

現在、社会資本である下水道は都市の細部にまで完備され、安全で清潔な市民生活を支えています。しかしながら、絶え間なく流れている下水道も、その管の中に堆積した土砂や油脂などが下水の流下能力を低下させ、悪臭や硫化水素などの有毒ガスを発生させる温床となることが問題視されてきていました。

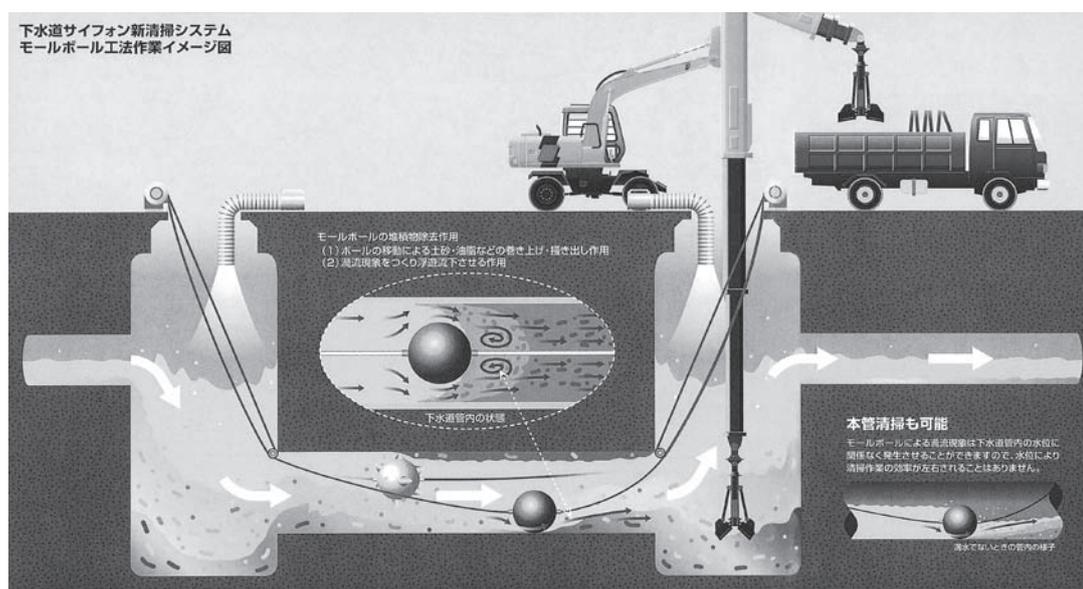
そのような状況下において、東京都下水道局と動栄工業(株)は、安全で効率的な下水道伏越管渠の清掃を行う工法として「モールボール工法」を共同開発しました。この工法は、下水道管路施設への負担を最小限に抑えながら、高い清掃効果を発揮し、さらに作業者にとっても負担の少ない安全な工法とし

て多くの施工実績を積み重ねてきています。ここでは、モールボール工法の概要や特徴、適用範囲などについて紹介いたします。

2. モールボール工法の概要

2.1 モールボール工法とは

モールボール工法とは、ワイヤーで連結した球体形状の「モールボール」を流水中の管渠内に導入し移動させることによって、管渠内付着物・堆積物を除去するとともに、下流人孔に集積させ、それらを吸引車や「テレスコープ」(特殊クラムシェルグラブバケット)で地上部に搬出し処分する一連の管渠内清掃作業のことです。この工法は、一般名称として、『球体移動式下水管渠清掃工法』とも言われています。



2.2 モールボールによる管渠内清掃

管渠内に導入されたモールボールは、モールボールの移動による物理的な清掃作業と、モールボール周辺で起こる流れの高速化、圧力差（負圧部）・渦流等の流体エネルギーの利用による清掃作業の組合せで管渠内清掃を行います。モールボールのモール（英語でMole）は、モグラを意味します。管渠内に導入されたボールが、モグラのように移動するさまをイメージしてこのような呼称となりました。

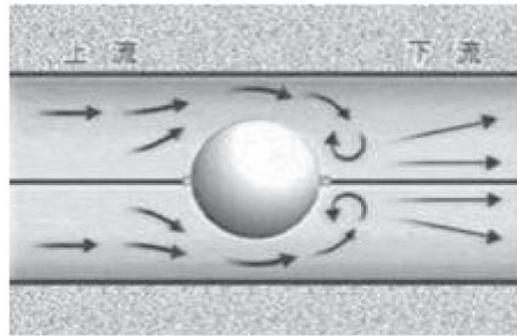


図-1 球体周りの下水の挙動

3. 流体力による管渠内清掃

管渠内を定流状態で流下してきた汚水は、球体形状のモールボールの出現により、流れを激しく乱します。その結果、モールボール周辺部に高速流、圧力差（負圧部）、渦流等が発生します。定流状態の流体エネルギーは、モールボールによって高速流、圧力差（負圧部）、渦流をもった流体エネルギーに変換されることとなります（図-1～3）。この変換された流体エネルギーは、管渠内付着物・堆積物の剥離、浮上、巻き上げ、押流しのエネルギーとなって管渠内の清掃を行います。

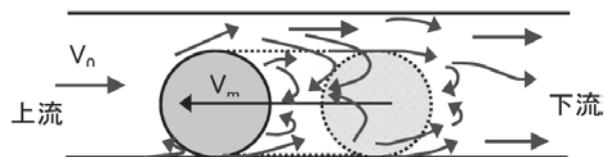


図-2 球体が上流側に移動する際の下水の挙動

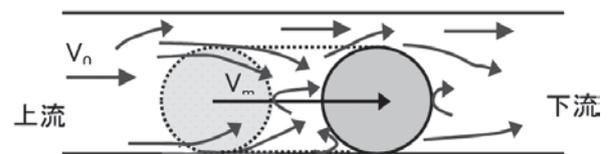


図-3 球体が下流側に移動する際の下水の挙動

球体廻りのエネルギーの変換は、以下の要因が組み合わさって生じます。

- ・下水流れが球体に妨げられ、球体周りの流線ベクトルが多様化する。
- ・球体廻りにおいて、下水流路が狭まり、流下下水の平均流速が増大する。
- ・水学的に、球体表面周りの流速は平均流速に対して、1.5倍程度増大する。
- ・モールボールが、下水中で上流方向あるいは下流方向に移動（約0.6m/s）することにより、移動で生じた空間（負圧仮想空間）に周囲の下水が一気に走りこむ。

4. モールボールの種類と適用区分

4.1 モールボールの種類

モールボールは、材質で3種類（鋳鉄、アルミニウムおよびそれら材質のゴムライニング被覆）、形状で2種類（球形、コンペイトウ形）、サイズで4種類（200～550mm）がラインアップ化されています（写真-1～4）。

鋳鉄製は水中下で沈み、アルミニウム製は浮きます。そのため、それぞれのモールボールは主に以下のような用途で使われます。

- ・鋳鉄製モールボールは管底部清掃用
- ・アルミ製モールボールは管頂部清掃用
- ・ゴム被膜モールボールはライニング管などの清掃用
- ・コンペイトウ球モールボールは付着力の強い土砂やラード（スカム）などの清掃用

4.2 モールボールの標準適用区分

- 1) 投入するモールボールのサイズは、管渠径の約60%（50～70%）を標準とします。
- 2) 管渠内径がφ1200mm以上の下水管渠においては、モールボールを2個組み合わせて使われます。
- 3) 管渠内の清掃は、管渠内においてモールボールを6往復させて行います。
- 4) モールボールの標準的な適用サイズを表-1に、標準的な組合せを表-2に、そして表-3にモールボールの重さと荷重を示します。



写真-1 様々な形と大きさがあるモールボール

5. 清掃作業内容

現場に入る前に現場調査を行い、人孔の位置、汚泥深、管径・管種・人孔深などを確認・記録し、図面との差異をチェックするとともに施工工程表作成の資料とします。また、交通量・交通形態、道路幅員、地域環境などを調査・確認し、道路規制などの資料とします。

現場調査結果を踏まえて発注者と打合せを行い、設計内容の確認、特記事項の確認、注意事項の確認、住民PRの方法や堆積物と付着物処分の確認等を行います。

これらに基づいて、施工計画書を作成します。作業フローを後述の図-4に、作業状況を写真-5に示します。

5.1 準備工、保安設備設置工

- 1) 保安設備、機材の設置
- 2) 使用機械の組立・配置、使用前点検
 テレスコープの組立配置をはじめとして（テレスコープ車を使用する場合）、使用機械の使用前点検整備と配置を行います。
- 3) 人孔内のガス濃度測定・送風・土砂深測定などを行うとともに、着工前の写真撮影を行います。
- 4) 作業工程の進展にともなって、安全管理、施工管理、出来形管理、品質管理、写真管理を行います（以下同様）。



写真-2 鑄鉄製のモールボール



写真-3 ゴムライニングのコンペイトウ形



写真-4 500mmのアルミ製コンペイトウ形

5.2 下流側人孔浚渫工

- 1) 人孔内浚渫
 吸引車あるいはテレスコープ（泥掻寄せとも）により、人孔内の浚渫を行います。管口部に堆積・付着している土砂等は高圧洗浄で切崩しを行い、以後の作業（通線工）の妨げにならないよう対処します。
- 2) 作業・検査記録
 適宜、ガス濃度測定や写真撮影を行います。浚渫完了後には浚渫（搬出）土砂量や人孔内土砂深を測定します（以下同様）。
- 3) 工事写真
 工事写真は、施工前と施工後が比較できるようスタッフ等をいれて写真を撮ります。写真を撮る時

表-1 モールボール適用サイズ

使用モールボール サイズ(外径)mm	主な堆積物	管 渠 内 径 φmm												
		250 } 350	400 } 450	500	600	700	800	900	1000 } 1100	1200	1350	1500	1650 } 1800	2000
200	土砂	M 1												
	ラード	M 2												
250	土砂		M 1											
	ラード		M 2											
300	土砂			M 1										
	ラード			M 2										
350	土砂				M 1									
	ラード				M 2									
400	土砂					M 1								
	ラード					M 2								
450	土砂						M 1			M 3				
	ラード						M 2			M 4				
500	土砂							M 1			M 3			
	ラード							M 2			M 4			
550	土砂								M 1			M 3	M 3	M 3
	ラード								M 2			M 4	M 4	M 4

表-2 モールボール標準組み合わせ

組合せ分類		適用モールボール球種		
		1回目	2回目	3回目
M 1	単球	鋳鉄製球	鋳鉄製コンペイトウ球	アルミ製コンペイトウ球
M 2		鋳鉄製コンペイトウ球	アルミ製球	アルミ製コンペイトウ球
M 3	2個 連結	鋳鉄製球 + アルミ製球	鋳鉄製コンペイトウ球 + アルミ製球	鋳鉄製コンペイトウ球 + アルミ製コンペイトウ球
M 4		鋳鉄製球 + アルミ製球	鋳鉄製球 + アルミ製コンペイトウ球	鋳鉄製コンペイトウ球 + アルミ製コンペイトウ球

表-3 モールボールの重さと荷重

モール ボール サイズ mm	球型				コンペイトウ球型			
	空気中での 重さ (kg)		水中での鉛直 方向荷重(kg)		空気中での 重さ (kg)		水中での鉛直 方向荷重(kg)	
	鋳鉄	アルミ	鋳鉄	アルミ	鋳鉄	アルミ	鋳鉄	アルミ
200	8.0	3.0	3.8	-1.2	9.0	3.3	4.7	-1.0
250	13.5	5.0	5.3	-3.2	16.2	6.0	7.6	-2.6
300	24.0	8.9	9.9	-5.2	26.0	9.6	11.6	-4.8
350	31.8	11.8	9.4	-10.6	36.6	13.6	20.8	-2.2
400	47.8	17.7	14.3	-15.8	54.2	20.0	28.7	-5.5
450	72.6	26.9	24.9	-20.8	78.4	29.0	40.7	-8.7
500	88.6	32.8	23.2	-32.6	98.0	36.3	57.8	-3.9
550	108.0	40.0	20.9	-47.1	120.0	45.0	65.8	-9.2

注 マイナス記号は、上向きの荷重を示します。

は、撮影方法を統一し（同一の方向、角度、距離）、撮影箇所や工事内容を明記した黒板をいれます（以下工事写真の項同様）。

5.3 上流側人孔浚渫工

上流側人孔に土砂が堆積している場合は、5.2下流側人孔浚渫工と同様に、モールボール工法施工前に人孔内の堆積土砂等を浚渫します。

5.4 通線工

牽引用ワイヤーロープを管渠内に通すために、そのガイド役となる線を管渠に通します（以下通線という）。これはスーパーイエローと呼ばれている『通線』専用の線で、これに準備ロープを接続して人の手で上流側マンホールから下流側マンホールに押し込んでいきます。

『通線』が完了すると、準備ロープに牽引用ワイヤーロープを連結し管渠内に通します。その他の通線方法として、ウォータージェットの推進力を利用したものや、下水の流下能力（フロートを浮かべる）を利用したものがああります。現場状況に合わせて、最適な通線方法を採用します。

5.5 管渠内清掃工

管渠内清掃に先立ち、テスト用モールボール（径の小さいモールボール）を管渠内に導入・移動し、

管渠内の堆積物・付着物等の状況を確認（手探り確認）します。

管渠内に異常の無いことを確認した後、正規サイズのモールボールを牽引用ワイヤーに連結し、下流側人孔から管渠内に導入します。モールボールのサイズ、材質、形状は前述の組合せ表によります。

管渠内清掃は、電動ウインチでモールボールを数秒間移動（ワイヤースピード約0.6m/sec）、その後数秒間停止というサイクルを繰り返すことにより行います。

モールボールが上流側人孔に到達したら、同様に移動－停止を繰り返して下流側人孔に到達させます。これを2回繰り返します（2往復）。その後、モールボールの形状・材質をかえて管渠内の清掃を行います（合計で6往復させます）。

5.6 下流側人孔浚渫工

管渠内清掃の結果、下流側人孔に流下・集積した堆積物、付着物を吸引車（あるいはテレスコープ）

で地上部に搬出し、ダンプトラック（蓋付き）等に積込みます。

ダンプトラックに積込まれた堆積物、付着物は、下水道管理者が管理・処分する処分場まで運搬します。なお、産業廃棄物としての処分の場合は、産業廃棄物関連法規に従って運搬・処分します。

5.7 検査工

品質管理計画に則り、工事完了後の社内検査および立会検査を行います。

5.8 片付け工、保安設備撤去工

作業終了後はテレスコープの解体をはじめとして（テレスコープを使用する場合）、使用機械の撤収を行います。

現場内をすべて見て回り、放置物や蓋の閉め忘れなどがないことを確認します。すべての既存設備が作業前の初期状態に戻っていることを確認します。作業エリアを清掃（消毒・洗浄共）し、保安機材・設備を撤収します。

6. モールボール工法の特長と適用範囲

6.1 モールボール工法の特長

モールボール工法は、下水の流下エネルギーを利用する清掃工法であることから、以下の特長を有します。

1) 下水の流体力による清掃工法

流下下水管渠内にモールボールを導入することで、モールボールの周辺で部分的に高速流、負圧、渦流が発生します。モールボール工法はこの流体力を利用して管渠内清掃を行います。

2) 水替え不要な清掃工法

管渠内の清掃は、下水流水中にモールボールの移動・停止の繰り返しにより行います。この作業間における水替えは不要です（作業は地上作業となります）。水替えができない、あるいは水替え費用や期間がかさむ場合に、より有効な工法です。

3) 省エネルギー、安全、軽臭の清掃工法

下水の流体力を使用して清掃する工法のため、機械の消費動力が小さく、省エネルギーな清掃工法となっています。

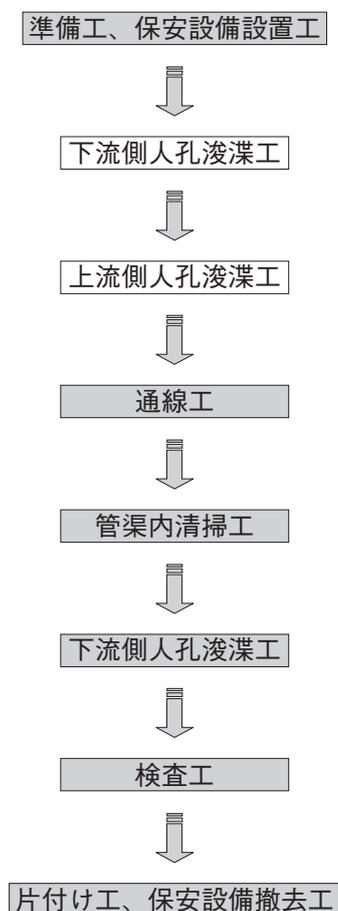


図-4 モールボール工法の作業フロー

管渠内堆積物、付着物中に含まれる有害・悪臭ガス等はモールボールで清掃中に流下下水とともに流下するため、有害・悪臭ガスなどの大気拡散が少なく、安全で臭いの少ない清掃工法です。また、緊急時の対応も迅速にできる工法です。

4) 効率的な清掃工法

堆積物、付着物の状況に応じた「モールボール」のサイズ・形状・材質が選択でき、効率的な清掃が可能です。また、堆積物、付着物の浚渫は、状況に応じて吸引車（強力吸引車または特殊強力吸引車）あるいは人孔内堆積物の浚渫用として開発した「テレスコープ」を使用します。

6.2 適用範囲

1) モールボール工法の標準適用範囲は、以下の通りです。

- ・管渠径：φ250～φ2000mm
- ・人孔最大深さ：22/17.6m（特殊強力吸引車、テレスコープ車）
- ・人孔間最大間隔：200m
- ・清掃対象物：堆積土砂、堆積一般生活汚泥、ラード（スカム）

ド（スカム）

人孔深さが22/17.6mを超える場合や人孔間最大間隔が200mを超える場合でも対応可能です。

テレスコープ車での浚渫の場合、地上部の作業空間（最小）として、以下のスペースが必要になります。

- ・人孔深12m未満の場合 L*W*H：7*4*5m
- ・人孔深17.6m未満の場合 L*W*H：4*6*6.5m

2) モールボール工法が力を発揮するところ

数多くの特長を有するモールボール工法が力を発揮するのは、以下のような清掃工です。

- ・伏越し管渠の清掃工
- ・水替え（流水遮断）が出来ない、あるいは水替えの費用・期間が嵩む管渠の清掃工
- ・付着物（ラードなど）の発生が多く、詰りやすい管渠の清掃工
- ・有毒ガスの発生や酸素濃度の不足が予想され、人孔内および管渠内作業に対する安全上のリスクが高い清掃工
- ・悪臭の地上拡散を極力抑制する必要がある清掃工
- ・緊急時、迅速で確実な清掃が必要な清掃工

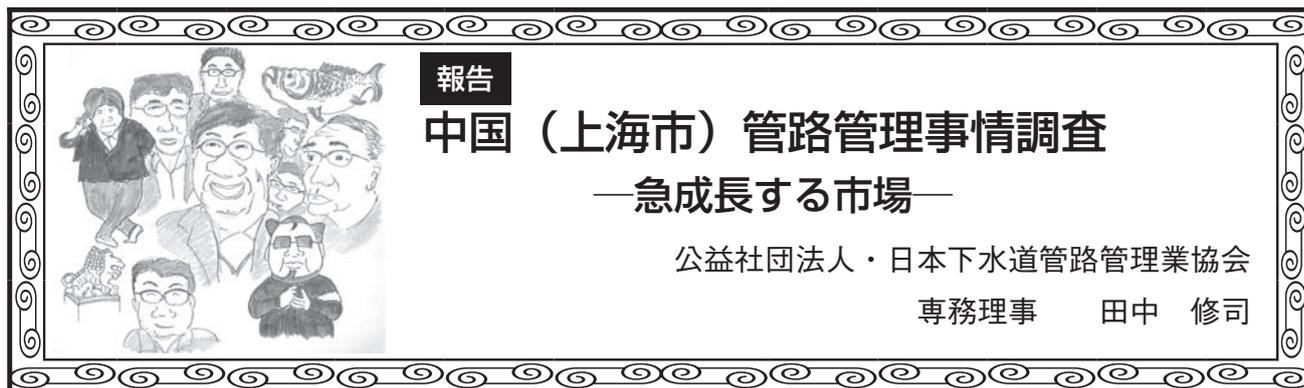
7. おわりに

以上のように、モールボール工法では、下水道管路の清掃・浚渫作業のほとんどが地上からリモートコントロールで行えるため、作業員がマンホール内や管渠内に入る必要がなく、安全で確実な工法と言えます。

都市における下水道の普及率が100%近くになり、下水道管路施設の維持管理は一層その重要性を増してきています。モールボール工法は、このような下水道管路（特に伏越管）の安全で効率的な清掃工法として、実績を積み上げてきました。最近においては、下水道管路（本管）に多量に付着するラードを効果的に清掃・除去することを目的に、高压洗浄車とモールボールを組み合わせた「ハイブリッド高压洗浄車清掃工法（仮称）」も開発し、実績もついてきました。この工法の詳しい内容は、モールボール工法協会までお問い合わせください。本稿が、下水道管路の維持管理に携わるの方々にとって何らかの参考になれば幸いです。



写真-5 モールボールによる作業の状況



管路協では調査研究の一環として、成長し続ける中国での下水道管路管理の市場調査を行っている。この調査の一部として、上海市に赴き関係機関や業界の方にお会いし直接ヒアリング調査を行った。調査は協会会員の参加を募り7名の参加者を得て実施した。以下の文章は、ヒアリング調査で浮かび上がってきた下水道管路管理の中国（上海市）事情の報告である。

1. 太極拳で始まる朝

中国の朝は太極拳で始まる。路上に置かれたラジカセから、ゆったりと流れる控えめな音量の音楽に合わせて、沢山の人が所々で呼吸を整えながら静かに集団で太極拳を行っている。上海の銀座と言われる南京東路では、夜が明けてしばらくするとこの光景が見られる。こんな中心部にもたくさんの人が住んでいるらしい。イスラム国の朝がモスクから聞こえる大音量のアザーンだとすると、中国の朝は集団で息をあわせて行われる太極拳であろう。



写真－1 上海の銀座といわれる南京東路では毎朝太極拳で健康管理している人を見ることが出来る

もう少し時間がたつと、自転車や電動バイクの集団が職場を目指して静かに行き交う。日本と同じ営みに見えて微妙に異なる朝が始まる。しばらくすると地下鉄の人民広場駅は広大なコンコースにもかかわらず行き交う人で溢れ、人・人・人の波になる。中国の人口の多さを実感する。一方道路を行き交う車は盛んに警笛を鳴らし騒音の海になる。道路にも人が溢れてくる。渋滞した道路にあふれ車から吐き出される排気ガスのためだろうか、どんよりとした空に高層ビルは霞がかかったように見える。静かに始まった朝は、急に熱気を帯びてくる。中国の急成長を感じる時間でもある。

2. 異なる管路システム

下水道管路は路面下にあり直接目に見えず、また面的に広がっているため国によって差があってもなかなか気が付きにくい。今回の調査からは、上海市と日本の管路はずいぶんとそのシステムが異なっていることが分かってきた。異なる主な点を挙げると、①排水のマンホール接続②管路の網状化③マンホールの一つおきの泥溜め構造④トイレトーパーの非投入④ポンプ排水の重用がある。上海市の管路管理の取り組みを理解するためには、まずは基本となる仕組みを前段で知っておくことが必要である。以下少し煩わしいかも知れないが上の4点の相違点について説明を試みたい。上海市そのものに興味がない人も、海外の異なる下水道管路システムとして興味を持っていただけるのではないだろうか。

1) 排水のマンホール接続

排水のマンホール接続は日本では現在ほとんど行

われていない。日本では取付管により管きよに直接排水している。この方法は構造上の弱点になり、様々な問題の原因になっており著者らはマンホール接続への変更を提案している（管路長寿命化のための新構築法、月刊下水道2009年1月号）。中国ではすでに古くから排水は管きよではなくマンホールに接続する方法が実施されている。管きよに取付管を接続する方法は全く行われていない。公共マスが設置されていることには変わりはないが、公共マスに集まった排水はマンホールに接続されている。この接続管は接戸管と呼ばれ、公共マスから各ビルや各家（上海はほとんどが集合住宅）までは私的な管理の管路が伸びている。

著者が複数ルートで得た情報では、このマンホール接続は台湾、韓国でも標準的な接続方法であるらしい。日本でも大阪市ではかつてはマンホール接続を採用していたと聞いている。取付管が管きよに存在していないことは、更生工法を実施した際も取付管の穴を削孔する必要がなく仕事がやりやすいことにもつながる。

2) 管路の網状化

様々な人からヒアリングした結果、上海市では下水道管路は網目状の形態をしていることがわかった。管路は、枝線から幹線へと流れ樹枝状の構造を持っているのが日本の一般的な姿である。神戸市は最上流部を接続していたり、大都市では幹線の相互接続のルートが確保されていたりという変形はあるが、基本は樹枝状のパターンを取っている。ところが、もうひとつのパターンとして上水道管路のような網目状のパターンもある。私は、タイでこの網目状の形態の管路図を頻繁に眼にした。自然流下構造の管が網目状に構成されても意味を成さないと思われるかも知れない。しかし世界は広い。網目状の構造が意味を持つのがバンコク（タイ）や上海の下水道管路である。

私は、JICA専門家として2年間タイに滞在しこの網目状の下水道管網の意味を理解していたので、上海市の管路も網目状ではないかと疑っていたのだが、ヒアリングを重ねてゆくうちに私の仮説は複数の現地の技術責任者によって間違いないことが裏付けられた。

ここで、上海を離れタイに視点を移したい。初めてタイのいくつかの都市の管路の図面を見たとき目を疑った。上流と下流がはっきりしないのだ。幹線管路が網目状にたくさんのところでつながっている。始めは、これは果たして下水道管路の図面だろうかと思んだ。「こんな馬鹿な図面があるか!」「管路の図面も書けないのか!」と疑ってしまった。しかしかつての専門家等の書いた資料を読むうちに、自分の常識が通じないタイの下水道の姿が浮かび上がってきた。むしろ現地の自然状況に良く適合させた知恵の結果というべきかもしれない。

バンコクはチャオプラヤ川の沖積平野に形成された大都市だが、1700年代の都市形成とともに運河が開削され農業用の水路および生活水路として利用されるようになった。タイにおける水工土木技術は、アユタヤ王朝時代（日本の室町時代）のアユタヤ周辺の運河の建設などを通して、日本よりも遥かに進んだ技術を有していたことがうかがえる。現在のバンコクはラタナコシン（チャクリー）王朝により建設され現在の王様は9代目である。

ラタナコシン王朝になると、運河の建設は一層盛んになっており1つの運河延長も隣の流域の河川までもつなぐ長さになり、全体で数千kmを超える運河や水路を建設している。その建設時期は大半が1860～70年代に集中している。この大運河網を建設した子孫が現在のタイ人である。こんな水工土木技術に長けたタイ人はなぜ網目状の下水道管網を作ったのか。これはタイの雨の降り方とも関係がある。雨季にはスコールが来る。スコールは2時間程度の豪雨が来てすぐに止む。雨域も小さい。このような雨の降り方の場合には管路内の貯留容量を最大限に活かせる網目方式が有効なのである。

バンコクの汚水排水は、既存の雨水排水システムを使っている、いわゆる合流式だ。雨水排水システムは、その管路容量を最大限に生かすために上流下流がはっきりせず、全体に網目状につながっている。すなわち土地がほとんどフラットであると同時に管網もフラットに近く、全体につながっている。このためにその管網を流れる下水道は水面勾配だけで流れる。ある日に右から左に流れていたものが、次の日には逆に流れている。

管路がそれだけ平らだと、当然管路内部への堆積物も非常に多く、管路高さの半分以上が土砂に埋まっているという状況は頻繁に見られる。このため、雨季が来る前には管路内を徹底的に清掃することが行われている。清掃によって、疎通能力と管路容量を確保しようと言うわけである。

長々とタイの下水道システムの話を書いたが、このタイの下水道が理解出来ていると、上海の地形的類似性からバンコクと似た状況ではないかと推定された。上海は長江の南岸河口に位置しており、土地は起伏がほとんど無い平らな都市である。

私のこの仮説はヒアリングを通してほぼ間違いないことが確認できた。

3) マンホールの一つおきの泥溜構造

マンホールの底部は二つのタイプがあり、ひとつはインバートを有するもの、もうひとつが泥溜を持つものである。この二つのタイプを交互に配置しているそうである。これは泥の排除を容易にしようとする為の工夫であろう。

マンホールにインバートがなく泥溜がある形式は大阪市で普及していたがいまはこの泥溜をインバートに打ち変えている。その理由は合流式下水道のファーストフラッシュの負荷に大きく寄与していることが検討の結果わかったからだと聞いている。

4) トイレトペーパーの非投入

デパート等のトイレを見てみると大便が出来る個室にはゴミ箱が置いてあり使用後の紙を流さずにゴミ箱に捨ててあることに気がつく。これは中国の一般的な習慣だそうである。このような習慣が根付いた背景には二つの理由があるようである。

第1は、かつては個別の腐敗槽（セプティックタンク）を用いてトイレ排水を処理していたのでその腐敗槽のつまり防止でトイレトペーパーは下水に流さないのがマナー（習慣）となっていたこと。第2はトイレ専用の排水管が細く、質の悪いトイレトペーパー事情と相まって排水管のつまりの原因となることである。

このトイレトペーパーの非投入は、私が直接見たケースではタイ、ラオス、ビルマ、カンボジアの東南アジアでも同様だった。東南アジアの国々では主に腐敗層（セプティックタンク）が使われており、

タンクの流出水が浸透形式で、詰まり防止のため発達した習慣と聞いている。そのほか、韓国でもトイレにはペーパーは流さないのがマナーとなっているらしい。

5) ポンプ排水の重用

上海市の中心部の地盤高は周辺河川の水位よりも低いため、汚水も含めてポンプ排水が主要な装置になっている。すべてポンプを使わないと排水ができない仕組みである。このことは上で述べた網目構造と結合すると管路は自然流下で流れる時と、水面勾配で流れる時の二つのケースがでてくる背景となっていることに繋がる。すなわち管路勾配に逆らって（下流から上流に）水面勾配で流れることも生ずる。そしてこのポンプ場は非常に数が多く（765箇所）、排水がうまくいくか否かは、ポンプの運転がうまくいくかに掛かっている面が大きい。

3. 上海市下水道概要

1) 上海市概要

上海市は17区と1県（島）で構成されており、人口は戸籍人口1,889万人、外来常住人口517万人、流動人口（把握出来ていないが非常に多いと言われていた）である。就業人口は946万人、国営会社に141万人、民間会社488万人、外資系会社133万人等となっている。

上海市のGDPは約1万ドル/人、で中国の一人当たりGDPの3倍程度である。また上海市財政収入は7,533億元（うち地方財源収入2,380億元）、環境関係支出422億元となっている。

ここで中国の戸籍制度について触れておく必要がある。中国は「戸口制度」と言われるものがあり、日本の戸籍に相当するが、自由に戸籍地を選ぶことができないという点で日本とは大きく異なっている。戸口は城市（都市）と農村の二つに分かれている。生まれた場所が都市か農村かでその後の生活は大きく異なることになる。また農民は医療・教育・福祉などの社会保障の対象外で、住宅の手配も自力で行わねばならなかった。現在も原則として農村住民の都市移住は禁止されている（ハンドブック現代中国p36-37、2008年、株式会社あるむ）。

2) 下水道整備史

上海市の下水道整備は3期区分で理解しておく必要がある。

- ①第一期 1843年開港以降 排水設備整備開始
- ②第二期 1949年以降 建国
1949年：雨水管路532km、污水管路117km
- ③第三期 1978年以降 改革開放政策
1978年：下水道管総延長1310km、ポンプ場90カ所

3) 施設概要

現在（2009年）の施設は污水管4,134km、雨水管3,183km、合流管1,290km、連絡管1,951km、合計10,058km。ポンプ場765カ所、処理施設52カ所、（日処理量5万t未満34カ所、5～20万t未満13カ所、20万t以上5カ所）（政府所管28カ所、BOT16カ所、TOT4カ所）となっている。

上海市中心部は周辺の河川よりも標高が低く、すべてポンプ排水である。標高が低い理由は地下水くみ上げに伴う地盤沈下であるが、最近になって沈下は止まった。雨水排水能力は、重要地区では3～5年に一度の規模の降雨に対して、一般地区は年1度の規模の降雨に対して能力を確保することになって

いる。

4) 管路管理組織体系

上海市の下水道管理をめぐる体系は改革のため頻繁に変化している。調査時点では以下のような体系で行われている。

上海市水務局は水道・下水道・利水等の行政を司る機関である。この水務局の下に、上海市排水管理部があり、行政機関として中心部の処理場・ポンプ場、管路の管理を行っている。その他に各区の水務局があり区の下水道施設の管理は区単位の水務局で行われている。

実際の維持管理業務は民間業者に発注して行われている。ただし、上海市中心部の幹線とポンプ場の管理は上海市城市排水有限公司が独占的に行っている。

5) 法体系

下水道をめぐる法体系は三つのレベルがある。まず国務院が発行した「国家基準（GB）」、建設部（日本の旧建設省に相当する役所）が発行した「業界基準（CJ）」、地方レベルの「地方基準」である。例えば「下水道管路維持管理安全技術規定」は政府の法規であり、GBである。

6) 管路管理概要等

上海市水務局が業界の管路管理部署であり、下水



写真一 2 疎通確保のための管路内浚渫を夜間作業で行っている様子。場所は南京東路から1本南の九江路の交差点

道管路管理の監督、処理場運転の監督を行っている。

現状では疎通確保が維持管理の第一の課題である。そのためには管路内の堆積物対策が重要であるが、発生源はビル等の建設現場からの土砂、道路上のごみなどである。ゴミ対策は環境衛生局の所管だが、下水道管路管理と連動させて実施している場所もある。

管路全体に閉塞気味であり、浚渫等を行っている。閉塞理由はビル等の建設に伴う泥、ゴミ等の異物流入である。浚渫・疎通の確認は以下の内容で期間が定まっている。例えば小口径（直径600mm未満）は年2回、中口径管（600～1000mm）年に1.5回。大口径管（1000～1500mm）は年に0.5回、1500mm以上は回数不定となっている。

また建設した管きよはすべてテレビカメラ調査を実施し、管理者に移管することになっている。

疎通確保の維持管理監督は以下のように行われている。各区から毎月5日までのその月の維持管理計画書が提出されてくる。この内容をチェックする。当該月の業務実施状況は翌月末に報告書が出てくるのでそのチェックを行っている。チェックはソナー等を用いて汚泥堆積状況を確認している。

実施と監督の分離が行われて、必要な業務がきちんと行われたかどうかをチェックする仕組みになっている。

誤接続対策は必要であり、今後の仕事量は大きい。

なおポンプ場を含む管理関係経費は年間2億元。下水道料金は1m³で概ね1元（13円程度）、水道料金も同じく1m³で概ね1元である。

7) 上海市静安区市政養護工程有限公司の例

同有限公司は静安区（中心部）の下水道管路管理を受託している業者。同有限公司は次の三つの業務を実施。①区道路・下水道の維持管理業務、②市管理局の法規実施の一部支援（下水道管接続許可証の発行等）。

業務の受注は入札結果による。公開入札であり、インターネットで実施されている。

静安区は総面積7.26km²の小さな区で、上海市の中心部に位置している。道路は63本、下水道管延長

150km、排水区として6区ある。マンホール数5,926個、雨水呑口4,243カ所。

年間売上1億元。道路維持管理、下水道維持管理、建設が主な仕事で、社員数263名、うち正社員120名、ほか契約社員（含む作業員）となっている。

下水道の維持管理業務としては疎通確保が毎月14kmありこれは防災目的も含んでいる。市で実施に対する指標が定められており、その指標を満足できるように作業を行っている。下水道管路の構造として特徴的なのは、マンホール一つおきに泥溜があることである。これは基本構造として設計マニュアルに定まっている。

疎通確保では、大規模なものは機械施工で行っている。小規模なものは人力（竹等での施工）。機械は、吸泥車兼洗浄車（脱水機が内蔵されている）2台（うち1台がドイツ製の大型機械車）、高圧洗浄車1台等。

下水道蓋取り替えは毎年400～500枚程度。

8) 上海楽通管道工程有限公司の例

この有限公司は2003年3月18日に設立された若い会社である。米国の家庭管路やビル等の管路メンテナンス会社の協力でスタートした。その後、管路更生のCIPPを行うようになった。ビルや工場等の排水管管理は売上がたいしたことがないので下水道分野に進出するようになった。2005年には米国の会社との提携を中止した。

現在150名の社員、売上が6千万元ほど。2003年設立時は70万円の売上だったが毎年2倍の売上で成長してきた。今後の5年間の平均売り上げ見込みの増



写真-3 楽通の管通検査車。本社ビル前に駐車していた

は毎年37～40%と見込んでいる。

2003年時点ではCCTV調査を実施できる会社は楽通のみだった。現在上海市全体でCCTVを行う会社は24社ある。管更生は毎年100km発注されている。補修は5万カ所ある。検査業務もそのマーケットが急速に大きくなっている。

楽通の業務内容は①高圧洗浄②CCTV調査③管口カメラ検査④ソナー調査⑤非開削更生⑥部分補修⑦流量測定⑧誤接合調査⑨地下埋設物調査⑩管網管理図作成⑪測量⑫上水漏水調査⑬管路管理機器販売等である。

業務発注元は政府機関。受注は入札による。入札は技術審査と価格の両方を点数化した総合評価が多い。入札は価格については「合理価格」という考え方をとするケースのものが多く、これは入札者の最高価格と最低価格の両方を排除し、その他の応札者の価格の平均に近いものを最高点とする方式である。技術審査点は実績や資格者の配備、経歴等を評価するものである。

4. まとめ

今回の調査は2010年11月8日から12日の1週間にわたって実施した。その2カ月前の9月7日に、尖閣諸島沖での漁船の衝突事件等があり、反日デモが中国各地で起こり、果たして上海に行っても適切に調査ができるのか、反日的雰囲気嫌な思いをするのではないかと懸念をした。しかしすべて杞憂に終わった。

上海到着の夕方、上海で最も規模の大きな書店に行ってみると、エスカレータですれ違った若い女性が日本語の教則本を手にしてレジに向かっていた。日本というものに関する興味をそこに見た気がした。マスコミで報道されているのとはずいぶん異なる雰囲気の現地での状況であった。

海外で実際に日本企業が出て行って仕事をする際にはカントリーリスクを考えておかねばならない。中国で時々起こる反日もそのひとつであろう。このようリスクは存在するものの、上海楽通管道工程有限公司などへの訪問を通して、中国での管路管理の仕事量が急速に拡大していていることが理解で



写真-4 TV（11月11日再放送）では日本の南西諸島に自衛隊が配備強化されたことを報じていた。TV中の大きな文字は「日本強化西南諸島軍力 意图明顯」と書いてある

きた。中国全土で業務展開を考える場合に上海はその入口として極めて有望であるとも感じた。

中国の兵法書、孫子の第六虚実偏には「凡そ先に戦地に処りて敵を待つものは佚し、遅れて戦地に処りて戦いに趨く者は勞す。故に善く戦う者は、人を致して人に致されず」（田中訳：先に市場に来てビジネスをはじめめるものは準備が整い、後から来て始める者は状況が分からない。先に仕事をしているものはルール等を制し、後発者に対して有利な立場に立ち相手を翻弄する）とある。ヒアリングを通して何度も聞いたことは、先行して新業務を開拓した業者は規格化や設計指針等の制定の際に影響力を与えることができ、有利な立場を築きつつあることであった。

中国市場という世界最大のマーケット抜きには今後の管路管理ビジネスも語れないが、上海での業務は重要拠点であると同時に中国市場全体の橋頭堡を築くという意味でも有望であると確信した。

最後になりましたが今回の調査では上海市の下水道関係者の多数の方に非常にお世話になりました。また調査のアレンジ、通訳等について環久水環境技術（上海）有限公司の柳社長には大変ご苦労頂き、わずか1週間で密度の高い核心に触れる情報を入手することができました。ここに記して謝意を表したいと思います。（平成22年11月22日記）

災害支援における支援者登録制度について

公益社団法人 日本下水道管路管理業協会

1. 支援者登録制度とは

災害支援においては、緊急時対応であることから、迅速な判断と行動、さらには災害支援に関する経験や知識を有する人材を初期対応および陣頭指揮に派遣する必要があります。(図参照)。このため、地域ごとにこのような人材をあらかじめ要員として登録し、確保しておく制度を昨年より発足いたしました。登録は、支援者登録講習を受講した者を対象として行うもので、講習は昨年5月より本年9月まで、全国10会場で実施し、384名が受講し、登録されました。また、この登録名簿は当協会ホームページに張り出しており、いつでも誰でも閲覧できます。

2. 登録制度の概要

1) 種類

次の2種類の登録制度とする。

①前線基地責任者

リーダーである統括者および副統括者とともに管路協内対策本部を円滑に運営し、災害支援を行う協会員を適切に支援するとともに、前線基地において支援自治体との調整および協会員

を指揮する役割を果たす。このため、経験とともに調整能力についても高度な能力を備えていることが必要である。総合技士資格者が望ましい。

②支援班長

班ごとに任命されるリーダーで、班の内部において指導的役割を果たす。経験と知識を有し、業務を適切に遂行する能力が求められる。主任技士資格者が望ましいが、専門技士も可とする。

2) 登録

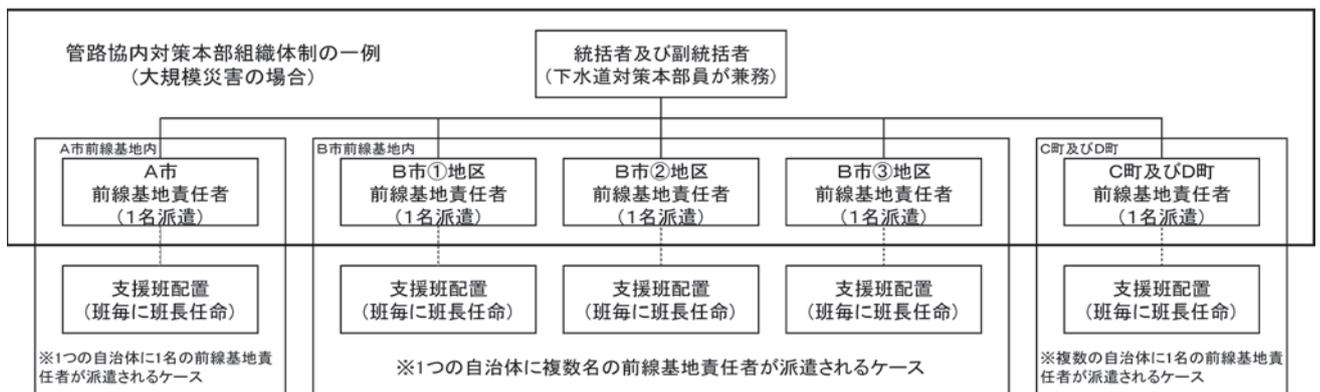
(社)日本下水道協会の支援ルールや当協会災害復旧支援マニュアル、支援時提出書式や連絡方法など、復旧活動に必要な知識や情報を伝授するための登録講習を実施し、その受講者を登録者名簿に登録するとともに、登録証を登録者に発行する。

①前線基地責任者 各支部2名以上登録する。

②支援班長 各会社に1名登録を目標とする。

3) 登録者の講習

登録後、支援ルール等が大幅に変更されたときは、登録者に対し講習を実施する。また、増員な



どの必要に応じ講習を実施する。

3. 沖縄での登録講習

最後となる沖縄県那覇市での登録講習を紹介します。那覇市では、10名の方が講習を受け、登録されました。主な講習内容は、以下のようです。また、講習の様子は、写真のようでした。



①登録制度の必要性と経緯②登録者の種類と業務内容③災害支援の実績とその状況④下水道協会の「災害支援に関するルール」⑤災害支援の流れ⑥先遣調査緊急調査⑦応急復旧について⑧1次調査の方法と報告書作成⑨2次調査の方法と報告書作成⑩災害支援における課題と対応。

4. 災害支援出動可能機器の調査

災害支援では、使用機器および車両が執行能力を決定していると言っても過言ではありません。使用可能な機器がどこに、どれだけ配備されているかを常時把握しておくことが、支援体制を構築する上で最も重要です。このため、毎年当協会では会員の所有する出動可能な機器の調査を行い、会社ごと、都道府県ごと、支部ごとに集計しております。下表は、支部ごとにまとめた21年度調査結果です。なお、22年度については日程上、省略せざるを得ませんでした。23年度調査は23年6月より実施し、9月にはとりまとめて公表できるようにしますので、その際は会員・支部・部会のご協力をお願い致します。

□資機材リスト（平成21年度調べ）

支部	高圧洗 浄車等	汚泥 吸引車	給水車	本管TVカメラ車 (大口径用)
北海道	54	74	36	29 (1)
東北	162	236	52	92 (9)
関東	210	206	75	136 (11)
中部	234	323	87	145 (11)
関西	151	175	59	73 (5)
中国・四国	70	103	23	38 (2)
九州	151	327	79	73 (10)
合計	1,032	1,293	411	586 (49)