

下水管ストックマネジメントの最新動向

下水道研究部長

高島 英二郎

下水管ストックマネジメントの最新動向

下水道研究部長 高島 英二郎

1. はじめに

明治 33 年（1900 年）制定の旧下水道法において、「下水道と称するは土地の清潔を保持する為汚水雨水疎通の目的を以て布設する排水管其の他の排水線路及び其の附属装置を謂う」と定められた。明治期に、横浜、東京などが先駆となり築造が始められた下水管であるが、急速に整備が進められたのは昭和 33 年の現行下水道法が制定され、組織や事業制度が整ってきた頃からである。現在（平成 24 年度末）において管路ストックは地球 11 周強に相当する 45 万kmに及ぶ膨大な延長に至るとともに、築造後 50 年以上を経過する管路が今後急増することとなる（図-1 参照）。

一方、人口減少や少子高齢化の時代に入ったことで、一層の財政逼迫が予想され、料金収入の減少等による下水道事業経営の脆弱化が懸念されている。今後、老朽化していく施設を、限られた予算内で、適正に管理し機能の持続性を確保するとともに、施設の長寿命化を図る等、ストックマネジメントの取り組みが重要である。

国総研下水道研究部では、ストックマネジメントの導入にあたり必要となる、劣化判定基準の作成、管路の健全率予測式の作成、調査診断手法の開発等の各種研究及び提案を行ってきた。ここでは、これまでの国総研におけるストックマネジメントに関する研究成果を中心に述べる。

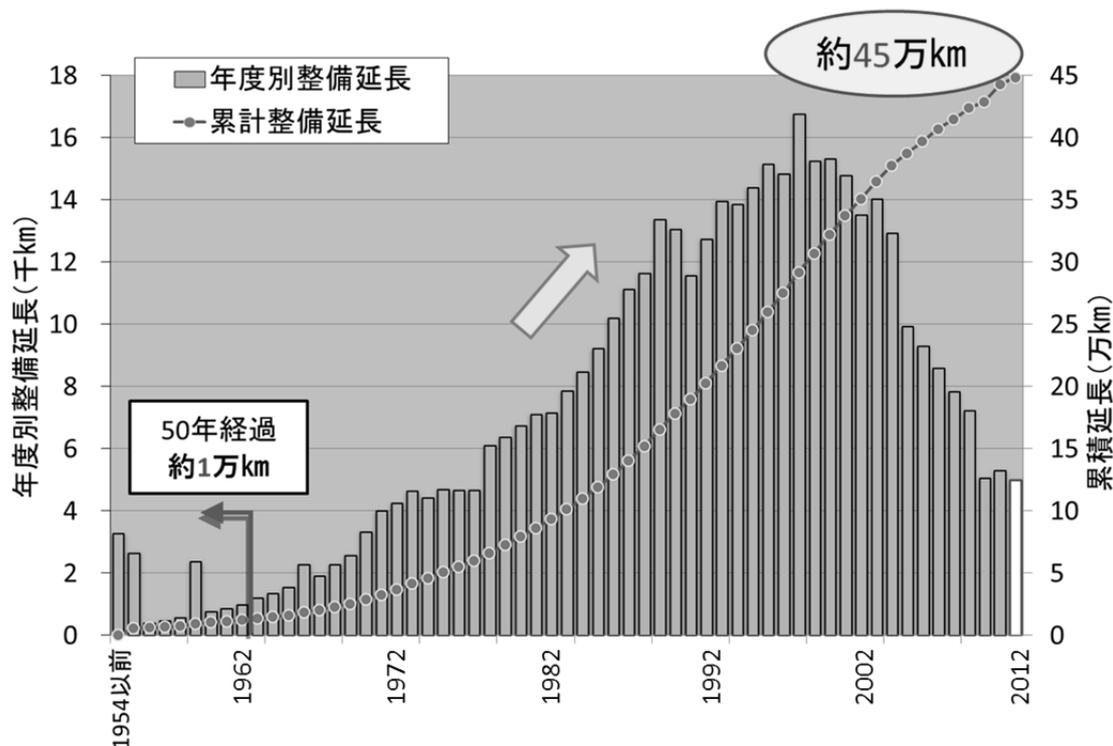


図-1 管路の年度別整備延長

2. 増大する管路ストックと老朽化問題

2. 1 管種別の状況

管路の年度別整備延長を管種別に見ると（図-2 参照）、累積で最も多いのは塩化ビニル管であり、全体の約5割を占める。塩化ビニル管の歴史は比較的浅く、下水道協会規格（JSWAS）が定められた昭和49年以降に急速に普及した。次いで多いのはコンクリート管であり、全延長の約4割を占める。コンクリート管は、下水道事業が本格化する昭和初期より多用され、30年以上経過した管路の半分以上を占める。また、陶管は昭和以前より使用され下水道普及に貢献してきた管材であり、30年以上経過した管路の約2割を占めているが、近年の新設整備量は年間50km程度と極めて少ない。

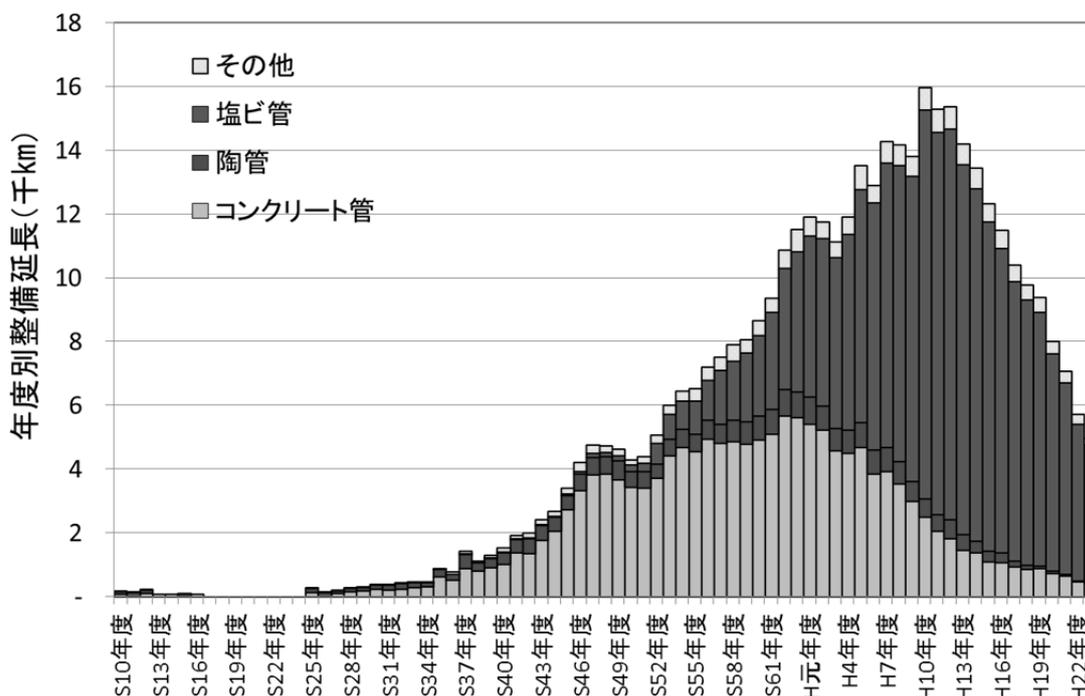


図-2 管種別管路延長内訳

2. 2 管路老朽化による道路陥没

管路の老朽化等を表す指標の1つに道路陥没件数がある。国総研では、平成18年度より、下水道事業を実施する全自治体を対象とし、毎年発生する管路に起因する道路陥没件数を調査している。道路陥没は年間4千件前後で推移しており、大きな地震が発生すると、発災年及びその翌年は陥没が多くなる傾向にあるが、経年的に見ると近年増加傾向は見られていない（図-3 参照）。

管路延長あたりの道路陥没件数は管路100km当たり1件/年であるが、施工年度ごとに見ると、昭和50年以前に施工された管路は、陥没件数が顕著に高い傾向を示す（図-4 参照）。

陥没原因となった管路の管種に着目すると、約半数は陶管であることが分かっているが、道路陥没の傾向には、陶管規格の変遷等が関わっていることが最近の分析で分かってきた。

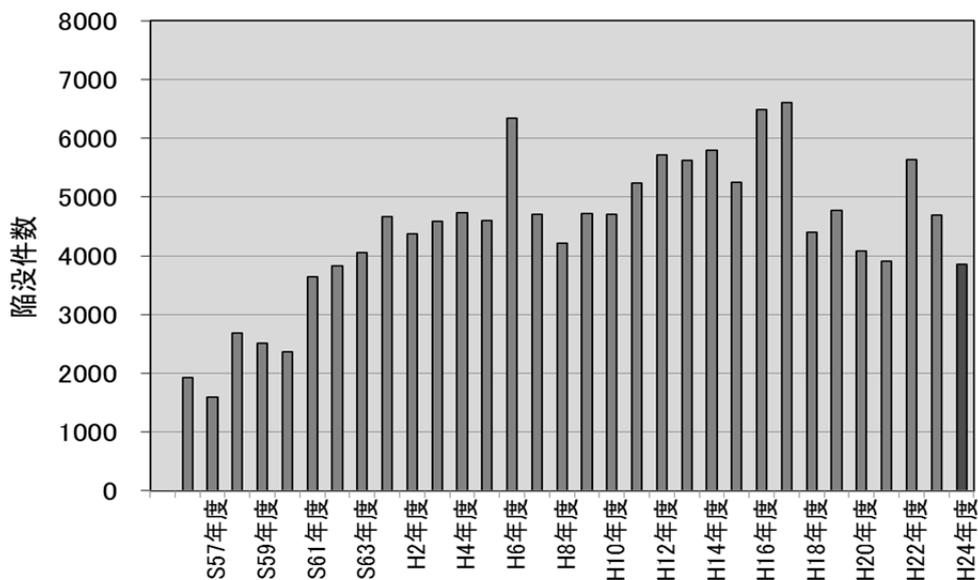


図-3 管路施設に起因する道路陥没件数の推移

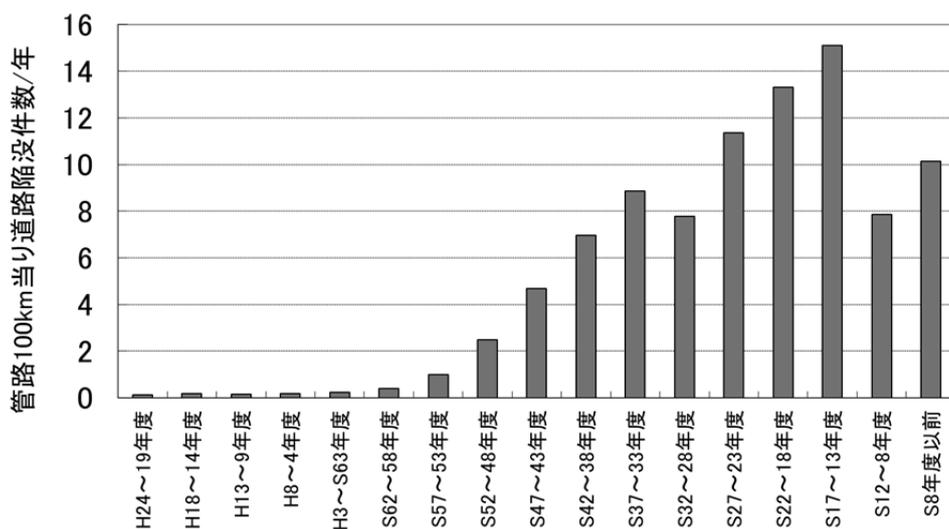


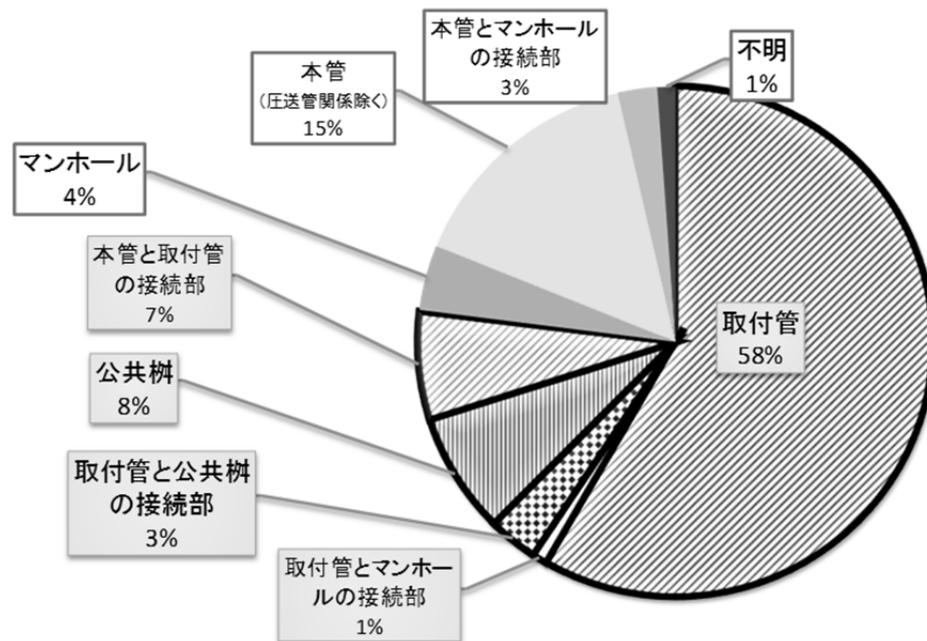
図-4 施工年度ごとの管路延長あたり道路陥没件数

陶管は、昭和48年以降に製造方法や仕様が大きく見直され、強度の段階的な向上(φ150:1667kgf/m→2860kgf/m)、有効長の延伸化(660mm→1000mm)、受け口の成形方法の改良(手仕上げ→自動化)、止水性能の向上(モルタル→圧縮ジョイント)など技術的な進歩があった。昭和50年頃以降に施工された管路で陥没件数が少なくなっている理由としては、経過年数が短いだけでなく、陶管の耐荷力や止水性能等が向上したことも挙げられると考える。

陥没件数を管路施設の部位別(本管、取付管、マンホール、柵の各部位と各々の接続部)で見ると、取付管及び他部位との接続部で全体の3/4を占める陥没が発生していることが分かる(図-5参照)。取付管とは、敷地の下水を集める柵(マス)と管路(本管)とを接続するための管をいう。

取付管は、枝付き管（本管）を用いることが推奨されるが、新たな宅地造成や人口増加等により取付管の後付けを余儀なくされる場合、下水道本管を削孔する必要があることから施工不良が生じやすくなる。また、土被りが浅く、勾配も急な部分があるため、交通荷重を受けやすく、施工（埋戻し土の締め固め）も煩雑になることが要因と考えられる。

また、陥没の発生件数全体の約6割が深さ20cm未満、約9割が50cm未満であり、人身事故につながったものは全体件数の0.2%、物損事故については0.5%であることも分かっており、被害の大きさを重視した、効率的な予防策を立てる必要がある。



※全国集計値 (H18～21年度)、合計 17178 件

図-5 道路陥没部位の内訳

3. 管材の劣化進行

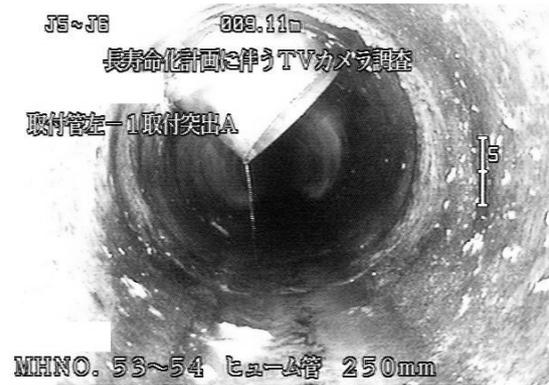
3. 1 コンクリート管と塩化ビニル管の劣化特性の違い

コンクリート管と塩化ビニル管は、材質及び構造が異なるため劣化特性が異なることが明らかになってきている。

図-6 は、国総研が所有する管路劣化データベースを基に、コンクリート管及び塩化ビニル管の劣化項目毎の割合を示したものである。コンクリート管の構造的な特性として、剛性管であるためたわみにくいが破損・クラックが生じやすく、また管路内で発生する硫化水素により腐食が生じやすい特性がある。一方、塩化ビニル管は構造的な特性として、可とう管であるためたわみやすい。また、耐薬品性に優れており硫化水素による腐食は生じにくい特性を有する。



腐食Aランク



取付管突出しAランク

写真-1 コンクリート管の劣化事例

ここで、下水道維持管理指針の判定基準は、主にコンクリート管等（遠心力鉄筋コンクリート管を含む）及び陶管といった剛性管を対象とした基準である。

先に触れた通り、昭和 50 年以降、塩化ビニル管が急速に普及し、今や全国の布設延長の約 5 割を占める主流の管材である。特に中小都市においては大半が小口径の塩化ビニル管であり、今後の維持管理においては、塩化ビニル管の劣化状況を適切に把握することが、より効果的な予防保全及び長寿命化対策の実施に繋がる。塩化ビニル管使用の実績がようやく 30 年を越えたことを踏まえ、塩化ビニル管の判定基準の作成が可能となった。

3. 3 塩化ビニル管の不具合事例

塩化ビニル管に関する不具合は、整理された情報が少ないため、全国の自治体から劣化状況を記録した TV カメラ調査結果を収集した。しかし、可とう管特有の劣化については現在の判定基準に該当項目が存在しないため、既往の TV カメラ調査では劣化として整理されておらず、それらの実態はつかめなかった。

そこで、塩化ビニル管が普及し始めた時期（昭和 40 年後半～50 年代）に布設された管路 2.4 km（115 スパン）を対象に TV カメラ調査を実施した。調査の結果、可とう管の劣化の特徴として、扁平と破損などの劣化が併発している（写真-2 参照）割合が高かった。また、管体内面への局所的な凸状の突出し現象（以下、変形という）が見られた（写真-3 参照）。

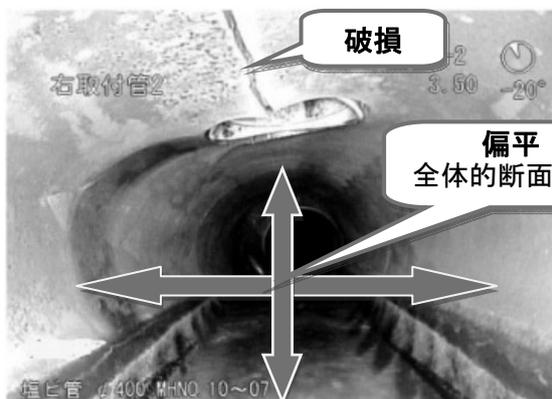


写真-2 扁平と破損併発の事例（塩化ビニル管）

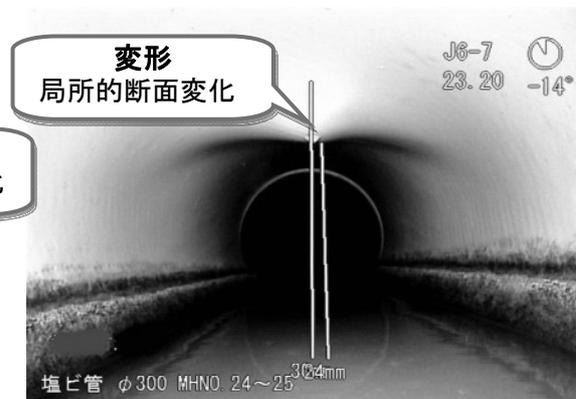


写真-3 変形の事例（塩化ビニル管）

3. 4 塩化ビニル管の判定基準

国総研では、塩化ビニル管の耐荷性能試験や実態調査結果をもとに、劣化判定基準（案）を作成した（表-1 網かけ部）。可とう管特有の、扁平、変形の項目を追加したほか、軸方向クラックについては、荷重によりクラックが進行し破壊に至る可能性を考慮し、大きさに関わらずaランクとした。円周方向クラックは、クラックの有無により耐荷力に差は出ないが土砂流入の可能性を考慮し、クラック幅によりランク設定した。さらに継手ズレについては、塩化ビニル管の場合、管径により継手部寸法が異なるため、独自の判定基準を設定した。

これらは、現在改訂作業中の下水道維管理指針に反映される予定である。

表-1 判定基準（下水道維管理指針改定調査専門委員会へ提案）

| スパン全体での評価 | ランク | | A | B | C |
|------------|-------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|
| | 項目 | 適用 | | | |
| スパン全体での評価 | 管の腐食 | 鉄筋コンクリート管 | 鉄筋露出状態 | 骨材露出状態 | 表面が荒れた状態 |
| | 上下方向のたるみ | 管渠内径700mm未満 | 内径以上 | 内径の1/2以上 | 内径の1/2未満 |
| | | 管渠内径700mm以上～1650mm未満 | 内径の1/2以上 | 内径の1/4以上 | 内径の1/4未満 |
| | | 管渠内径1650mm以上～3000mm未満 | 内径の1/4以上 | 内径の1/8以上 | 内径の1/8未満 |
| 管1本ごとに評価 | ランク | | a | b | c |
| | 項目 | 適用 | | | |
| 管1本ごとに評価 | 管の破損及び軸方向クラック | 鉄筋コンクリート管 | 欠落 | 軸方向のクラックで幅:2mm以上 | 軸方向のクラックで幅:2mm未満 |
| | | | 軸方向のクラックで幅:5mm以上 | | |
| | | 陶管 | 欠落 | 軸方向のクラックが管長の1/2未満 | — |
| | 軸方向のクラックが管長の1/2以上 | | | | |
| 塩ビ管 | 亀甲状に割れている | — | — | | |
| 軸方向のクラック | | | | | |
| 管の円周方向クラック | 鉄筋コンクリート管 | 円周方向のクラックで幅:5mm以上 | 円周方向のクラックで幅:2mm以上 | 円周方向のクラックで幅:2mm未満 | |
| | 陶管 | 円周方向のクラックでその長さが円周の2/3以上 | 円周方向のクラックでその長さが円周の2/3未満 | — | |
| | 塩ビ管 | 円周方向のクラック幅5mm以上 | 円周方向のクラックで幅:2mm以上 | 円周方向のクラックで幅:2mm未満 | |
| 管の継手ズレ | 鉄筋コンクリート管 | 脱却 | 鉄筋コンクリート管:70mm以上 陶管:50mm以上 | 鉄筋コンクリート管:70mm未満 陶管:50mm未満 | |
| | 陶管 | | | | |
| | 塩ビ管 | 脱却 | 接合長さの1/2以上 | 接合長さの1/2未満 | |
| | 浸入水 | 噴き出ている | 流れている | にじんんでいる | |
| | 取付管突出し | 本管内径の1/2以上 | 本管内径の1/10以上 | 本管内径の1/10未満 | |
| | 油脂の付着 | 内径の1/2以上閉塞している | 内径の1/2未満閉塞している | — | |
| | 樹木根侵入 | 内径の1/2以上閉塞している | 内径の1/2未満閉塞している | — | |
| | モルタル付着 | 内径の3割以上 | 内径の1割以上 | 内径の1割未満 | |
| | 扁平 | 塩ビ管 | たわみ率15%以上の扁平 | たわみ率5%以上の扁平 | — |
| | 変形(内面に突出し) | 塩ビ管 | 白化または本管内径の1/10以上内面に突出し | 本管内径の1/10未満内面に突出し | — |

4. 管路の劣化調査の現状と課題

管路の健全度を把握するための劣化調査は、ストックマネジメントの導入において欠かすことの出来ない重要な事項である。

現在の管路の劣化調査は、視覚調査にて行われることが一般的であり、大口径（800 mm以上）においては人の出入りが可能であれば作業員による直接目視調査、人の出入りが不可能な中小口径（800 mm未満）ではTVカメラ調査が行われる。また、流量が大きいために管路内の作業が困難な路線や、有毒ガスからの労働者の安全確保のため、大口径管においても船体型や車両型のTVカメラ調査が採用されてきている。

一般的なTVカメラを用いた調査は、マンホール間を一工程とし、管路内の映像を地上のオペレータ室内のモニターTVに映し出し、オペレータの判断により劣化状況を把握するものである（図-8参照）。TVカメラは、走行中は前方の状況を映し、不具合箇所では一旦停止後、レンズを回転させ壁面の状況を側視し劣化の判定を行う。有線式で、起点となるマンホールから100m以上の走行が可能である。1日当たりの作業量は、劣化の程度により差違があるが、標準的には300m/日程度である。

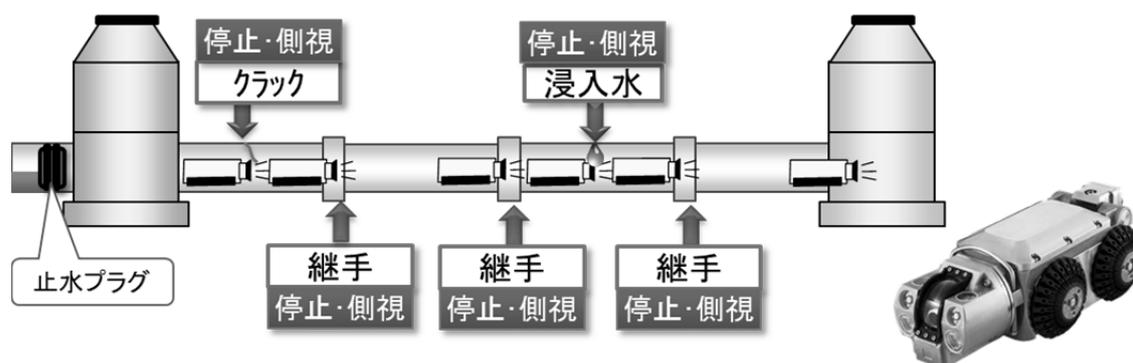


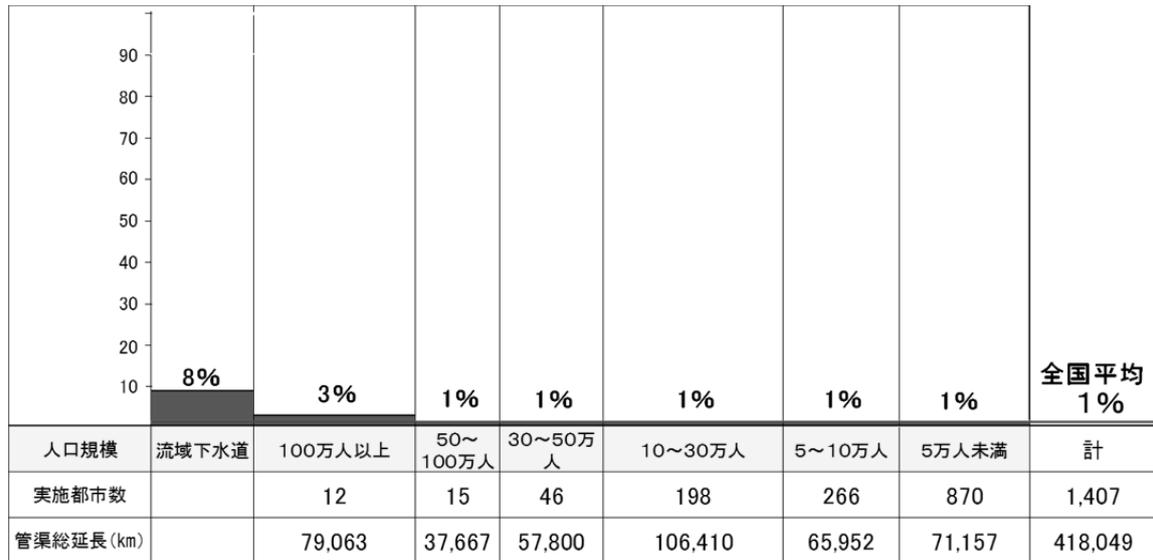
図-8 TVカメラ調査の概念図

現状のTVカメラ調査については、現場において撮影から劣化状況判定、ビデオ編集までを実施することから、現場での拘束時間が長くなる。また、不具合発見や程度の判定はオペレータの技量に左右される部分があり、成果品の精度にバラツキが生じやすいという問題がある。この問題の解決の方向性については6で一部後述する。

調査の頻度については、下水道維持管理指針に「供用開始後経過年0～30年では、潜行目視調査又はTVカメラ調査は10年に1回」の記載があり、管路の平均経過年数と道路陥没件数の関係や、維持管理を積極的に実施している自治体の実績に基づき設定された、いわば理想的な設定例である。これに対し、全国での管路劣化調査の実態としては、年間の調査延長が総管路延長の1%程度となっており、理想と実態の大きな乖離が見られる（図-9参照）。

本格的な維持管理時代に向け、早く、安く、適切な精度で管路調査診断を実施できる調査手法及び機器開発が必要となっている。さらに、調査頻度について、管路の経

過年数による劣化の進行を表す、後述する健全率曲線の成果等を活用して設定する方法についても検討すべきである。



注) 実施都市数は、アンケート回収都市数を指す。なお、組合は都市として扱っている。

図-9 管路の調査実施率 (H21 年度)

5. 管路の劣化予測 (健全率予測式の作成)

改築計画の立案や点検調査頻度を定めるには、管路の劣化が経過年数とともにどのように進行し、いつの時点で補修や改築を実施する必要があるかを把握する必要がある。このためには、自走式TVカメラ等による多くの劣化診断調査データを基に、健全率予測式を作成することが有効である。健全率予測式は、改築等の対象となる管路の割合が、経過年数とともにどのように推移するかを予測する式である。

健全率とは、全体資産数に対する健全資産数の割合であり、これを経過年数毎にプロットし、プロットの近似を取ったものが健全率予測式である(図-10、11参照)。

健全率は、12都市から得られた約17万スパンのTVカメラ調査結果を用い、経過年数ごとに緊急度割合を整理して求めた。調査判定項目と基準は、都市によって異なる場合があるため、「管路施設の緊急点検実施マニュアル(案)」に基づき、調査判定基準を統一させることで緊急度を判定した。緊急度は、緊急度Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、劣化なしに分類した。健全率予測式は、直線近似式(図-10)、ワイブル分布式(図-11)等の近似式を算出し公表している。これらの成果は、「下水道施設のストックマネジメント手法に関する手引き」にも反映され、多くの自治体における長寿命化計画策定に活用されている。

より詳細で精度の高い維持管理計画や改築事業計画の策定には、各下水道事業体の有する管路の布設条件や使用している管種等の個々の特性に配慮した、事業体固有の健全率予測式の作成が望まれる。しかしながら、下水道事業体ごとで保有する管路の劣化の情報(TVカメラ調査結果)は極めて少ないことから、事業体固有の健全率予測

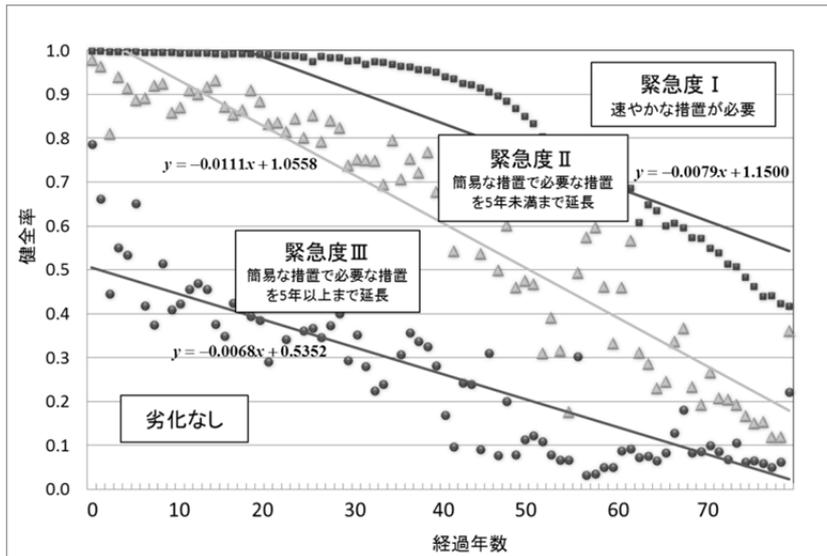


図-10 健全率曲線と健全率予測式（直線近似式）

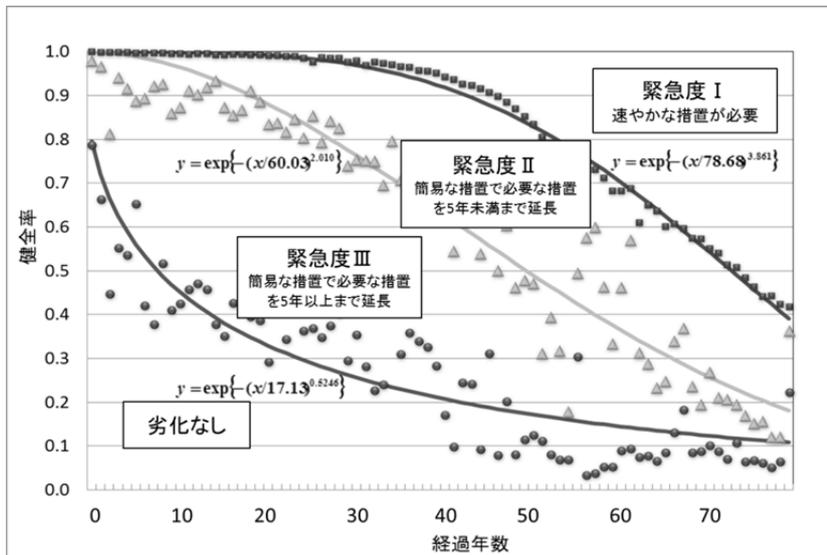
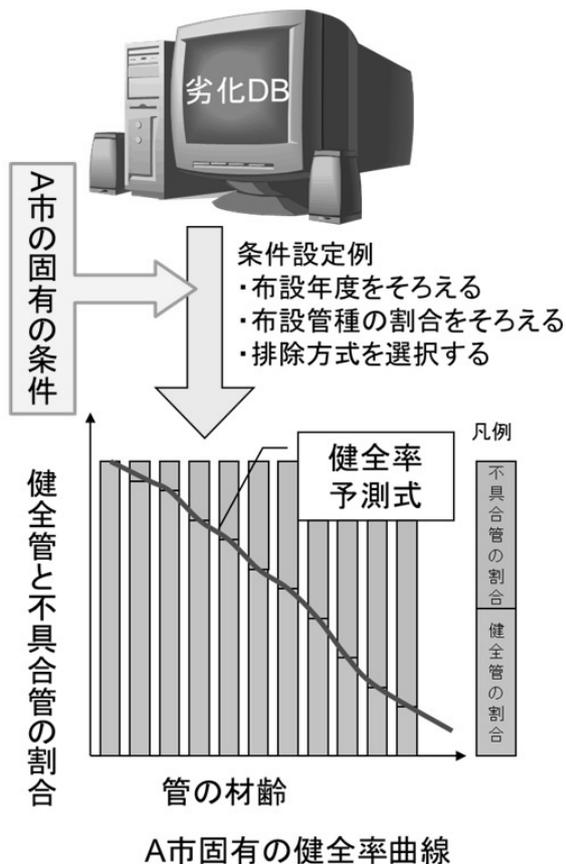


図-11 健全率曲線と健全率予測式（ワイブル分布式）

式を作成することが困難な状況である。このため国総研では、ストックマネジメント支援の一環として、8政令市4中核市から提供された下水道台帳データ及びTVカメラ調査データをデータベース化し、『管路劣化データベース』として公開している。これにより、健全率予測式を作成しようとする事業者は、本データベースから任意の条件のデータを抽出し、これに自らが保有するデータを加えることで、適正な予測式の作成が可能となる（図-12参照）。

健全率曲線を作成することにより、補修又は改築事業量の予測、劣化調査の標準的頻度の設定等に役立つことが期待される。



| 列番号 | 項目名称 | タイプ | サイズ | 項目説明 |
|-----|------------|-----|--------|-----------------------------------|
| A | 事業分類 | 文字型 | 100 | 公共：公井下水道 |
| B | 自治体種別 | 文字型 | 100 | 政令市、市、町村の別及び自治体名称(アルファベット) |
| C | 管径(mm) | 文字型 | 100 | 管径・形状 |
| D | 路線延長(m) | 数値型 | 信濃型浮動型 | 路線延長 |
| E | スパン内の管本数 | 数値型 | 信濃型浮動型 | スパン内の管本数 |
| F | 布設年度(西暦) | 数値型 | 長整数型 | 布設年度を西暦で統一 |
| G | 調査年度(西暦) | 数値型 | 長整数型 | 調査年度を西暦で統一 |
| H | 経過年数 | 数値型 | 長整数型 | 経過年数(調査年度(西暦)-布設年度(西暦)) |
| I | 管種CODE | 数値型 | 長整数型 | 管種コード(1:陶管、2:コンクリート管、3:塩ビ管、4:その他) |
| J | 取付管本数 | 数値型 | 長整数型 | スパン内の取付管本数 |
| K | 区画種別 | 文字型 | 100 | 区画市道等の区分 |
| L | 歩道通区画 | 文字型 | 100 | 歩道通の区分 |
| M | 排水種別 | 文字型 | 100 | 分合流の区分 |
| N | 土壌汚染 | 数値型 | 信濃型浮動型 | 土壌汚染(土壌汚染と下流値の平均値) |
| O | 管の腐食_A | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| P | 管の腐食_B | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| Q | 管の腐食_C | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| R | 上下方向のたるみ_A | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| S | 上下方向のたるみ_B | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| T | 上下方向のたるみ_C | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| U | 管の破損_A | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| V | 管の破損_B | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| W | 管の破損_C | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| X | 管のクラック_A | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| Y | 管のクラック_B | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| Z | 管のクラック_C | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| AA | 管の継手スレ_A | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| AB | 管の継手スレ_B | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| AC | 管の継手スレ_C | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| AD | 浸入水_A | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| AE | 浸入水_B | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| AF | 浸入水_C | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| AG | 取付管の突出し_A | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| AH | 取付管の突出し_B | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| AI | 取付管の突出し_C | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| AJ | 油腐の付着_A | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| AK | 油腐の付着_B | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| AL | 油腐の付着_C | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| AM | 樹木根侵入_A | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| AN | 樹木根侵入_B | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| AO | 樹木根侵入_C | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| AP | モルタル付着_A | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| AQ | モルタル付着_B | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |
| AR | モルタル付着_C | 数値型 | 長整数型 | 調査結果 |

図-12 管路劣化データベース

6. 効率的な調査診断手法

前述した通り、管路のストックは膨大であり、経過年数の少ない(不具合の少ない)管路に最初からTVカメラ調査を実施すると、調査が追いつかないのが現状である。管路に起因する事故を防止し、ライフサイクルコストを低減するため、管路内を早く安く適切な精度で調査できる手法が求められている。

6. 1 管口カメラによるスクリーニング調査

管口カメラとは伸縮可能な操作棒の先にカメラとライトをつけた調査機器である(写真-4)。マンホールに挿入することで、調査者が地上にいながらズーム機能を使って管内を点検・調査するものであり、既存の詳細調査(TVカメラ調査)に比べ、安価で短期間に多くの管路を調査することが可能である。国総研下水道研究室では管路の予防保全のための維持管理の推進と適切な改築、修繕の実施に向けて、既存の詳細調査(TVカメラ調査)とスクリーニング調査(管口カメラ調査)を組み合わせたスクリーニング併用型調査手法の有効性の検討を行った。

スクリーニング併用型調査はTVカメラによる調査の前段で、管口カメラ調査を実施することで、調査箇所絞り込み(スクリーニング調査)を行い、調査の効率性(経済性、調査延長)を向上させることを目的とするものである。スクリーニング併用型調査の概念を図-13に示す。

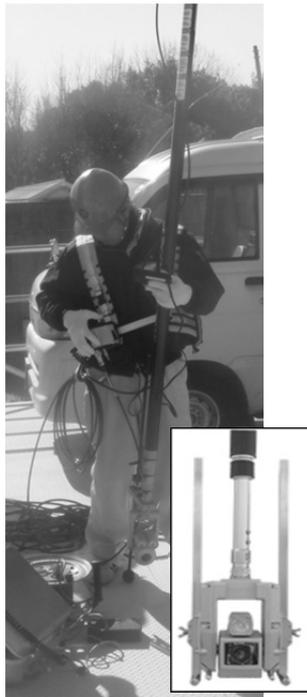


写真-4 管口カメラ

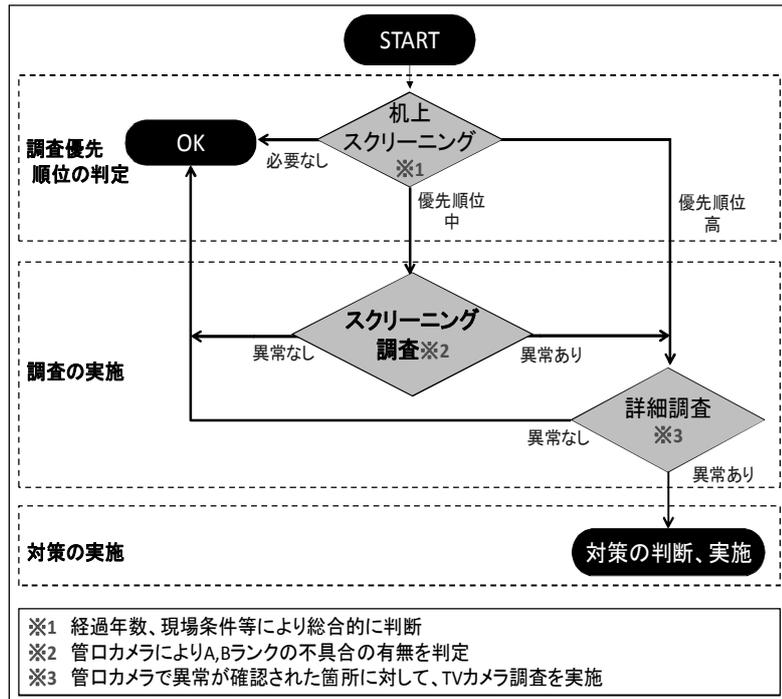


図-13 スクリーニング併用型調査のフロー

関西地方の2都市の協力を得てφ200~400の円形管（管路延長約4.5km、スパン数203）を対象に管口カメラ調査を実施し、より実態に即した管口カメラ調査の可視域の検証を行った。なお、TVカメラ調査はABCランクの判定を行っているのに対し、管口カメラによるスクリーニングでは不具合の有無のみの判定とした。検証の結果、管口カメラによるクラック、破損の可視域は約3m（取付管突出や木根侵入等の管内部に発生した不具合は、管口から15m程度）であり、この範囲内に発生した不具合であれば管口カメラでのスクリーニングが概ね可能であることが確認された。

続いて管路内に発生するクラック等の不具合が、管路内のどの位置に発生するのか、その発生傾向を国総研が所有するTVカメラ調査結果データをもとに明らかにした。まず、ヒューム管649スパン（不具合2,704箇所）のTVカメラ調査結果データから、Aランク（重度）およびBランク（中度）の不具合を対象に、マンホール（管口）から発生箇所までの距離（不具合発生距離）を整理し、集計を行った。一例としてクラックの集計結果を図-14に示す。クラックの場合、管口から0~3mの区間に60%の不具合が集中している。これは、下水道管路の構造上、管口付近に応力が集中するためと考えられ、管口付近を適正に調査することで、スパンの劣化の概況を判断するスクリーニングが有効であると推察される。

前述した現地調査の結果から管口カメラによる破損、クラックの視認範囲を3メートルと仮定し、国総研が所有する不具合の発生した下水道管路スパンのデータのうちの、どの程度がスクリーニング可能かを検証したところ、76%がスクリーニング可能との結論が得られた。

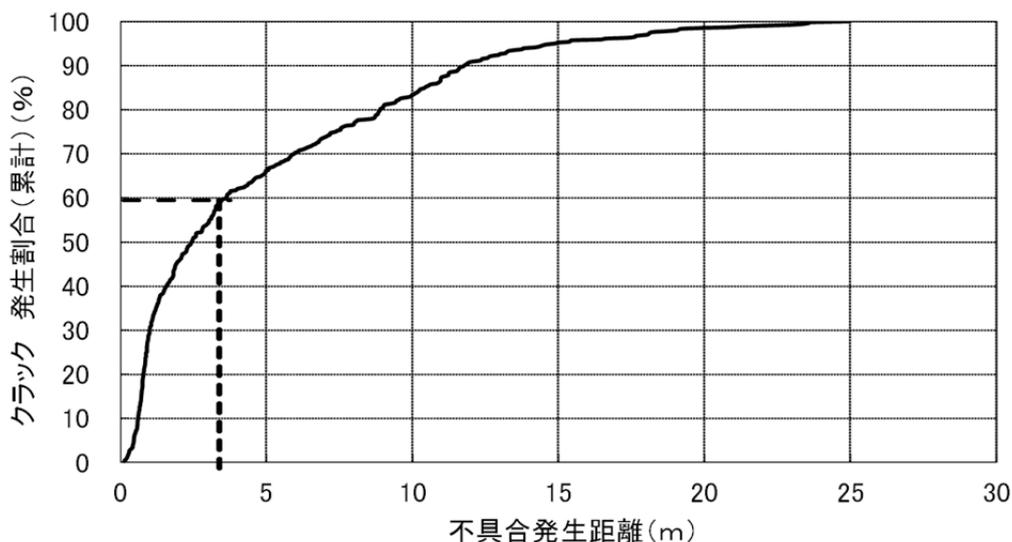


図-14 クラックの発生傾向 (累計)

次に、スクリーニング併用型調査のコスト面での優位性に関して検証を行うため、スクリーニング併用型調査と TV カメラのみで調査を行った場合との調査コストの比較を行った。なお、スクリーニング併用型調査の場合、不具合が確認された管渠に対して再度 TV カメラ調査を行うことから、不具合が少ない管渠 (=経過年数が少ない管渠) ほど、「TV カメラ調査のみ」に比べ、経済的に優位となるといえる。本検討では調査区域全体における不良管路延長の割合を管路健全率予測式より概算し、経過年数ごとの比較を行った。主な検討条件、検討結果を図-15 に示す。

限られた財源で膨大な管路延長の調査を行う場合、対象とする管路の経過年数が 30 年以下であれば、TV カメラ調査のみと比較して単純なコスト比較で 1/5 ~ 2/5 と経済的に大きな優位性を持つため、この期間にスクリーニング併用型調査を運用することで調査の効率化を図ることができる。

ただし、管口カメラの視認範囲外にのみ不具合が存在する場合、スクリーニング調査では異常なしと判断されてしまうため、50 年以上経過した老朽管や交通量の多い重要路線については最初から詳細調査を実施するなどの判定を行う、机上スクリーニングが重要である。

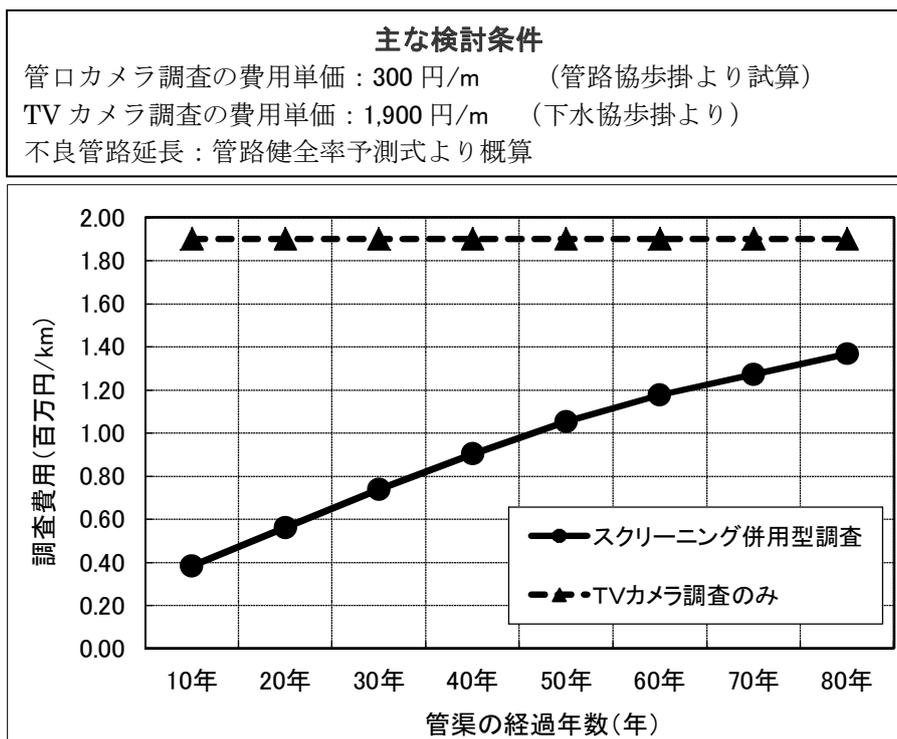


図-15 調査コスト比較

6. 2 下水道革新的技術実証事業 (B-DASH プロジェクト)

(Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High technology Project)

国土交通省では、エネルギー利活用の効率化やストックの有効活用等を推進するため、革新的技術について実規模レベルの施設及びフィールドで技術的な検証を行う「下水道革新的技術実証事業 (B-DASH プロジェクト)」を平成 23 年度から開始した。その一環として、平成 25 年度に「管渠マネジメントシステム技術に係る革新的技術」(以下「本プロジェクト」とする)を実施中である (図-16 参照)。

これまでの管路調査は、高額な調査費用と低い日進量が課題となっており、全国的な調査実施率は非常に低い状況にある (図-9参照)。短期間かつ低コストで多くの管路を調査するには、詳細な調査を必要とする管路を抽出するためのスクリーニング調査等が有効であるが、適用可能な機材や必要な性能等に関する実証データは少ないという課題が生じている。本プロジェクトでは、スクリーニング調査等を用いる効率的な管路マネジメントシステム確立のため、技術の性能や劣化診断精度等について実証を行うとともに、技術ガイドラインとしてとりまとめ、全国への技術展開を図ることを目指している。

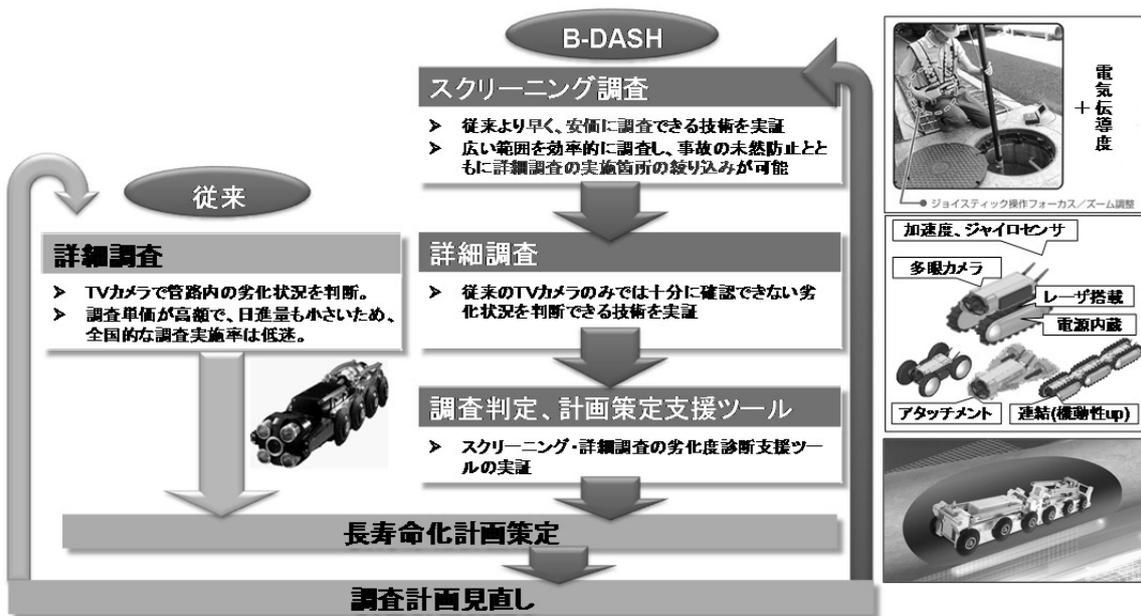


図-16 管路マネジメントシステムのフロー

6. 2. 1 高度な画像認識技術を活用した管路マネジメントシステム

本技術は、日本下水道事業団・日本電気(株)・船橋市共同研究体による提案技術である。無停止での全周画像撮影、機械学習による不具合自動検出、レーザー投影による不具合検出、管路内の走破(障害乗り越え)性能の向上等により、調査の速度等を向上することを目指している。また、調査結果を保管・管理し、管路台帳システムへ自動で取り込む機能も有しており、下水道管路の長寿命化対策やアセットマネジメントを効率的に実施できることが期待される(図-17、図-18参照)。

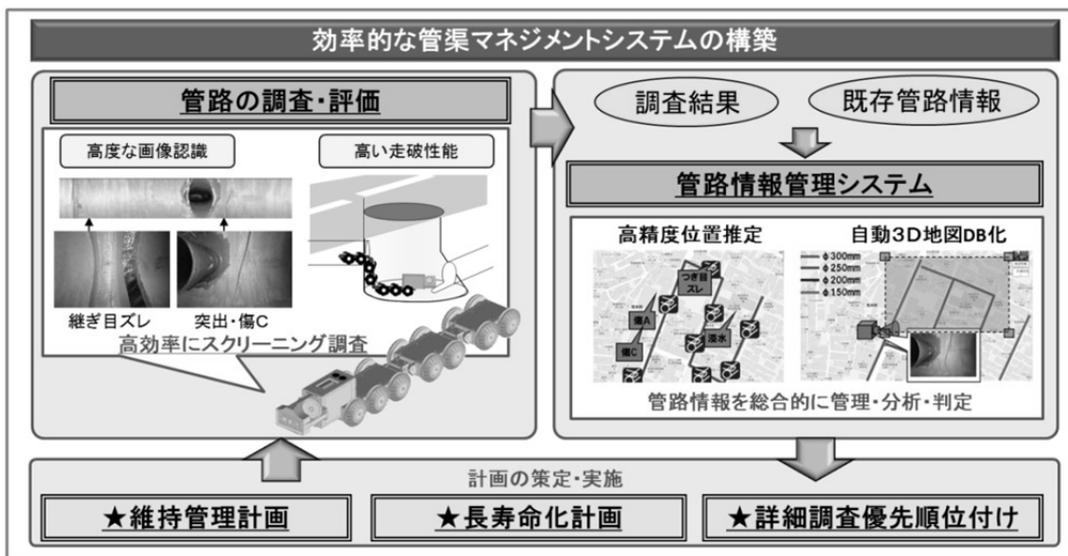


図-17 実証調査体系図

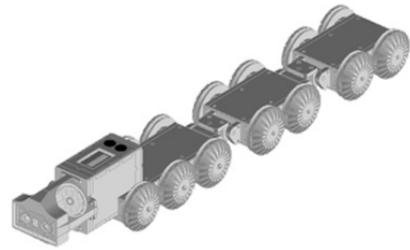
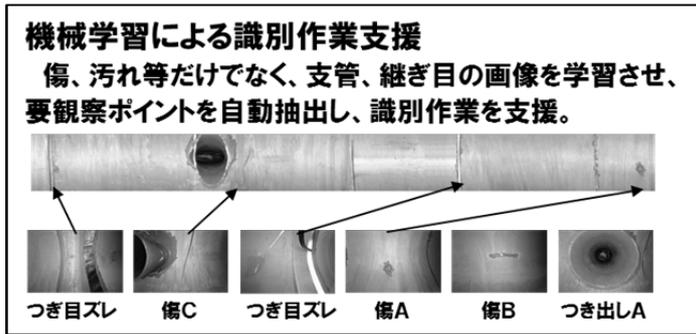


図-18 スクリーニング調査用 TV カメラ

6. 2. 2 管口カメラ点検と展開広角カメラ調査 及びプロファイリング技術
 を用いた効率的管路マネジメントシステム

本技術は、管清工業(株)・(株)日水コン・八王子市研究共同体による、管口カメラ(写真-5参照)と電気伝導度計(写真-6参照)を用いたスクリーニングと、広角展開カメラ(写真-7参照)と管路形状プロファイリングシステム(写真-8参照)を用いた詳細調査技術、さらに情報管理システム効率化を組み合わせたものである(図-19参照)。

スクリーニング調査では、携行性が高い管口カメラを用い、調査コストの大幅な削減が期待できる。電気伝導度計による調査は、浸入水(地下水、雨水)と汚水との電気伝導度の違いを利用して浸入水の割合を感知することにより、浸入水発生領域を絞り込むものであり、面的な調査優先度を把握する上で有効である。

詳細調査技術としては、展開広角カメラは直進するのみで管路内全周の展開画像を作成するとともに、傾斜計測機能を内蔵し管路縦断勾配を把握することができる。管路形状プロファイリングシステムは、レーザー光線を管内壁に照射することにより管内壁を精密に計測し、腐食による減肉量や変形等を把握する技術である。通常のTVカメラ調査では把握できない形状の異常を精緻に計測することが可能となる。

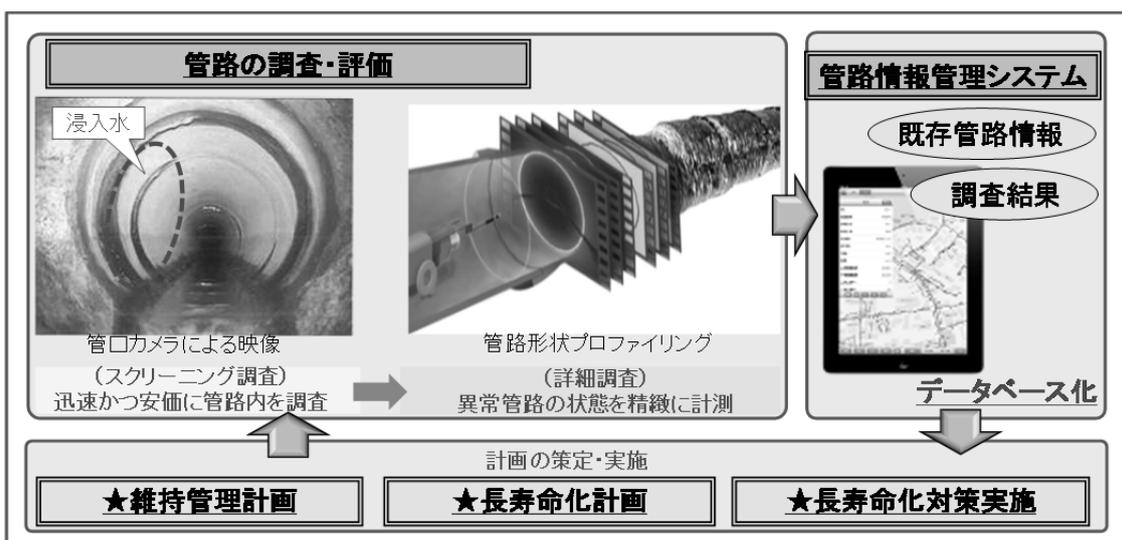


図-19 実証調査体系図



写真-5 管口カメラ (改良型)



写真-6 電気伝導度計



写真-7 展開広角カメラ+傾斜計測

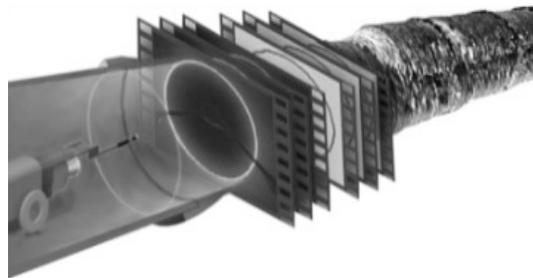


写真-8 管路形状プロファイリング

6. 2. 3 広角カメラ調査と衝撃弾性波検査法による効率的管路マネジメントシステム

本技術は、積水化学工業(株)・(財)都市技術センター・河内長野市・大阪狭山市共同研究体による、広角カメラによるスクリーニング調査と衝撃弾性波検査法による詳細調査の組み合わせによる管路マネジメントシステムである (図-20参照)。

広角カメラによるスクリーニング調査は、直視走行だけで管内状態を効率的に把握することが可能な広角カメラ (写真-9参照) を用い日進量の向上を図る。詳細調査では、衝撃弾性波検査法 (写真-10参照) により管体の耐荷力を計測することで、修繕か長寿命化対策かの適正な判定が可能となる。衝撃弾性波検査法とは、検査対象管の頂部にインパルスハンマーで衝撃を与えたことで発生する弾性波 (振動) を受信センサーで計測し、周波数分布の特性を解析することで、対象管の状態を把握する非破壊検査法である。さらには、管路情報管理システムによる緊急度判定支援技術により、データ管理の効率化や緊急度判定等の計画策定を支援することが期待される。

以上 3 件のB-DASHプロジェクトは現在、実証フィールドにおいて各種運用調査、評価に向けたデータ収集が進められている。B-DASH採択技術を始め、効率的な管路調査技術が広く発展普及することを目的に、ガイドラインをとりまとめる予定である。

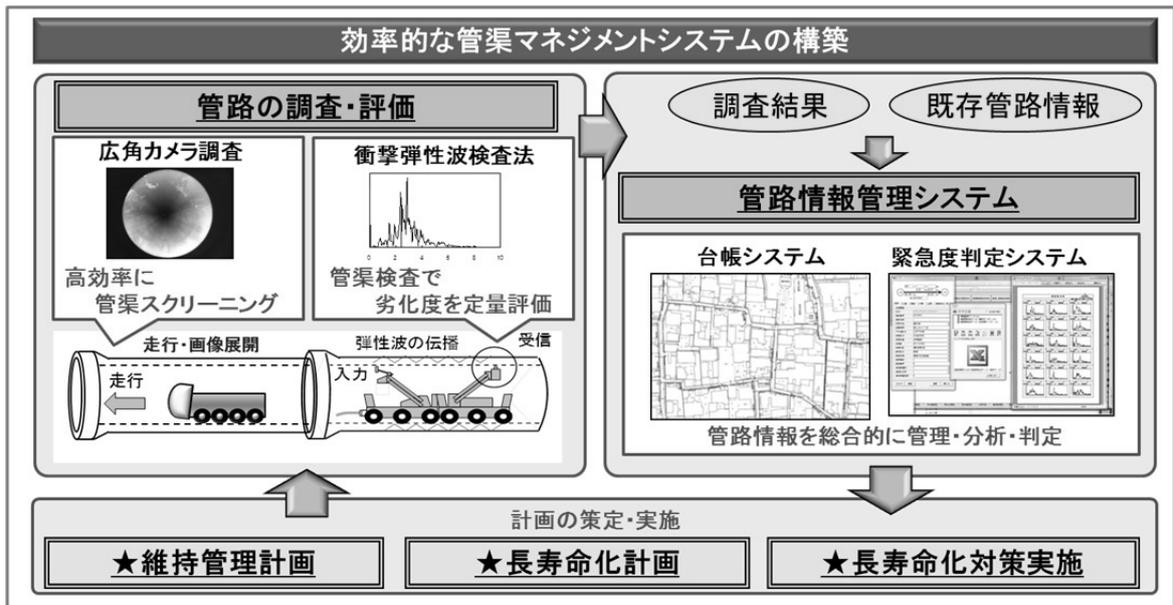


図-20 実証調査体系図

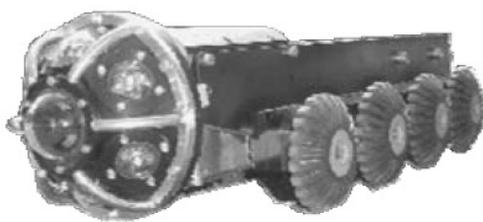


写真-9 広角カメラ

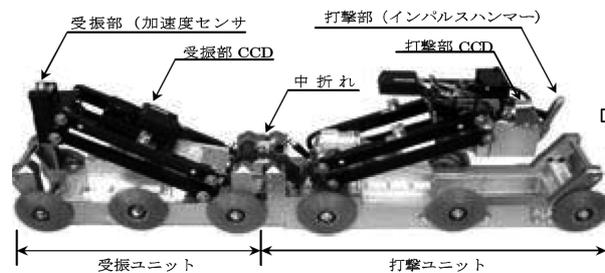
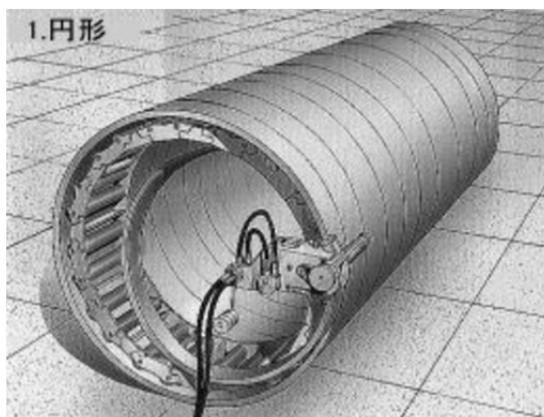


写真-10 衝撃弾性波検査

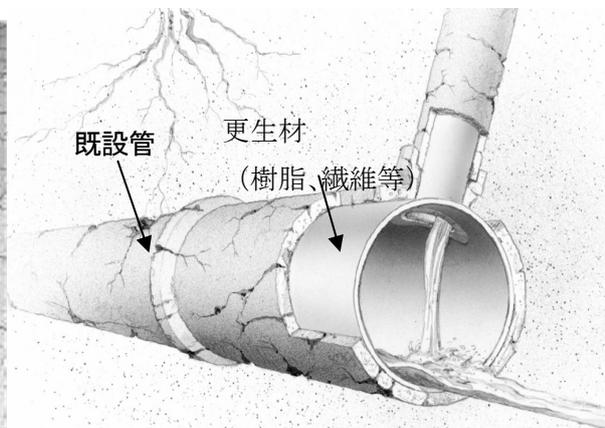
7. 老朽管路の改築

7. 1 管路更生工法の概要

更生工法とは老朽管内面に新たに管を構築することにより、管路の更生および流下能力の確保を行う工法である（図-21 参照）。道路を掘削することなく改築更新が可能な工法として更生工法は着実に施工実績を伸ばしており、管路の長寿命化や耐震化を図る上で、今や不可欠な技術となっている（図-22 参照）。

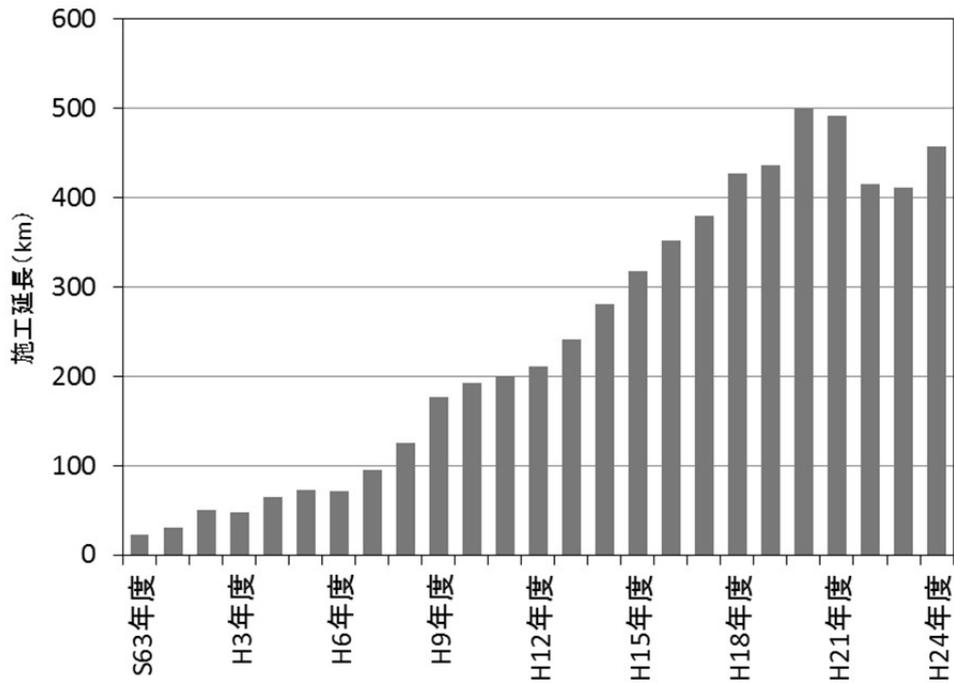


<複合管タイプ>



<自立管タイプ>

図-21 管路更生工法



図－22 管路更生工法の施工実績（年度毎）

更生工法は現在でも多種多様な工法が開発されており、工法ごとに施工方法、材料、強度、適用範囲等が異なっている。また、現場において完成品である更生管を構築する工法であることから、多くは半製品として現場に納入された材料を加工する現地製作品であり、施工にあたっては工法毎に定められた管理手順、管理値を遵守し、関連仕様書に基づき、適正に管理を実施する必要がある。

上記の観点からすでに ISO では下水道管路更生工法に関する国際規格 ISO11296s(非加圧地下排水及び下水網の修復用プラスチック配管システム)が発行されているものの、同規格は欧米における設計の考え方に基づくものであり、耐震性能等の考え方等が日本と異なるため、日本の施工条件を踏まえた国家規格（JIS 規格）の作成が求められている。

7. 2 管路更生工法の JIS 化

更生工法について、提供者（メーカー）、利用者（下水道事業者）間の調整を国が中立的な立場から行う必要があることから、国総研下水道研究室では我が国における更生工法の品質確保、国内の更生工法の海外展開の促進等の観点から、平成 23 年度に下水道管路更生工法 JIS 規格検討委員会を設立した。同委員会にて議論を重ねた結果、平成 24 年度末に ISO 規格と国内の施工条件を考慮した更生工法の国家規格（JIS 規格）原案の作成を行った。

JIS 規格原案では密着管、現場硬化管、ら旋巻管、組立管の 4 工法における更生材製造段階、更生管施工段階それぞれの要求性能、品質確保のための取り組みについて

規定している。また更生管の設計手法についても既存の国内団体規格をもとに整理している。

今後は工業標準化法にもとづき、国交省、経産省の共管により JIS 規格の策定手続きを進めていくこととしている。JIS 規格の策定により発注者、工法メーカー、施工者それぞれの立場から更生工法の品質確保に向けた取り組みが進展することが期待される。

8. おわりに

公共下水道事業主体である市町村（流域下水道は都道府県）の財政事情は厳しく、また、下水道財源は汚水対策については多くを使用料で賄うことになっているが、使用料の設定を高くすることは認められにくい状況である。下水道統計によると、全国ベースの管路維持管理費は年間約 1200 億円であり、管路累積延長は増加しているにも関わらず、管路延長当たりの維持管理費は減少傾向となっている。

予算、人員等の制約がある中で、下水道の機能は持続的に維持・改善していかなければならない。ライフサイクルコストの低減の為、必要性を説得できる材料を用意した上で、適切な維持管理予算を確保していくことが重要である。

長年にわたる経験・実績の情報を集約・分析し、将来に向け、安全性の確保、施設機能の保全、ライフサイクルコスト低減等を達成していく必要がある。また、特に低コスト化につながる技術開発を誘導及び評価することも、国の役割として重要なものとする。

本稿で述べたように、下水道施設のうち管路のストックマネジメントのみを概観しても、その内容は非常に多岐にわたっている。国総研では、適切なストックマネジメントの実現・向上のため、知見、技術の拡充、情報発信を進めていくこととしており、関係各位のご協力、ご助言をお願いする次第である。