

## 1.4 研究経過

本研究においては、管路研究委員会を年3回、管路研究グループ委員会をグループごとに年3回実施した。各委員会の活動経過は以下のとおりである。

### 1) 管路研究委員会の活動経過

開催日	議事内容
平成17年10月11日 (第1回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本研究の背景及び必要性について</li> <li>・管路研究委員会設置要領について</li> <li>・研究体制について</li> <li>・本研究の実施に関する基本方針について</li> </ul>
平成17年12月20日 (第2回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事業体向けアンケート調査(案)について</li> <li>・文献調査について</li> <li>・調査計画(案)について</li> <li>・基礎研究・基礎実験について</li> </ul>
平成18年3月14日 (第3回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水道事業体向けアンケート調査結果について</li> <li>・文献調査結果について</li> <li>・平成17年度研究の活動報告について</li> <li>・報告書のとりまとめについて</li> <li>・基礎研究・基礎実験について</li> </ul>
平成18年7月4日 (第4回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成17年度報告書(案)について</li> <li>・平成18年度調査計画(案)について</li> <li>・平成18年度委託研究の内容について 等</li> </ul>
平成18年12月22日 (第5回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成18年度調査計画及び進捗状況について</li> <li>・平成18年度基礎研究・基礎実験について 等</li> </ul>
平成19年3月29日 (第6回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成18年度の成果報告について</li> <li>・平成19年度の研究計画(案)について 等</li> </ul>
平成19年6月29日 (第7回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成19年度第1研究グループ研究計画について</li> <li>・平成19年度第2研究グループ研究計画について</li> <li>・「老朽管路の計画的更新に関する技術マニュアル」(素案)について</li> <li>・平成19年度基礎研究・基礎実験について 等</li> </ul>
平成19年11月26日 (第8回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成19年度第1研究グループの進捗状況について</li> <li>・平成19年度第2研究グループの進捗状況について</li> <li>・研究成果の取り纏めについて</li> <li>・「老朽管路の計画的更新に関する技術マニュアル」(素案)作成について 等</li> </ul>
平成20年3月4日 (第9回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成19年度基礎研究・基礎実験の成果報告について</li> <li>・最終成果報告書目次(案)について</li> <li>・平成19年度第1研究グループ成果報告について</li> <li>・平成19年度第2研究グループ成果報告について</li> <li>・研究結果のまとめについて</li> <li>・マニュアルWGの成果報告について 等</li> </ul>

2) 第1研究グループ委員会の活動経過

開催日	議事内容
平成17年10月21日 (第1回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本研究の実施内容(案)について</li> <li>・幹事会における作業の進捗状況について</li> <li>・今後の研究内容について</li> </ul>
平成17年12月15日 (第2回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事業体向けアンケート調査(案)について</li> <li>・文献調査について</li> <li>・調査計画(案)について</li> <li>・基礎研究・基礎実験について</li> </ul>
平成18年3月2日 (第3回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アンケート調査結果(案)について</li> <li>・文献調査結果(案)について</li> <li>・調査の結果および進捗について</li> <li>・報告書のとりまとめについて</li> <li>・基礎研究・基礎実験について</li> </ul>
平成18年6月22日 (第4回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成17年度報告書(案)について</li> <li>・平成18年度調査計画(案)について</li> <li>・平成18年度委託研究の内容について 等</li> </ul>
平成18年12月8日 (第5回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・調査の進捗状況について</li> <li>・基礎研究について 等</li> </ul>
平成19年3月6日 (第6回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成18年度の成果報告について</li> <li>・平成19年度の研究計画(案)について 等</li> </ul>
平成19年6月14日 (第7回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成18年度報告書の取り纏めについて</li> <li>・平成19年度研究計画について 等</li> </ul>
平成19年11月15日 (第8回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成19年度研究の進捗状況について</li> <li>・研究成果の取り纏めについて 等</li> </ul>
平成20年2月21日 (第9回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最終成果報告書目次(案)について</li> <li>・研究計画成果について 等</li> </ul>

### 3) 第2研究グループ委員会の活動経過

開催日	議事内容
平成17年10月25日 (第1回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・幹事会における作業の進捗状況について</li> <li>・今後の研究内容について</li> </ul>
平成17年12月13日 (第2回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基礎研究・基礎実験について</li> <li>・幹事会における作業の進捗状況について</li> </ul>
平成18年3月8日 (第3回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アンケート調査結果(案)について</li> <li>・合同研究について</li> <li>・報告書のとりまとめについて</li> <li>・基礎研究・基礎実験について</li> </ul>
平成18年6月23日 (第4回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成17年度報告書(案)について</li> <li>・平成18年度調査計画(案)について</li> <li>・平成18年度委託研究の内容について 等</li> </ul>
平成18年12月5日 (第5回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第4回第2研究グループ委員会議事録(案)について</li> <li>・平成18年度調査進捗状況について</li> <li>・平成18年度基礎研究・基礎実験の内容について 等</li> </ul>
平成19年3月9日 (第6回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第5回第2研究グループ委員会議事録(案)について</li> <li>・平成18年度の成果報告について</li> <li>・平成19年度の研究計画(案)について 等</li> </ul>
平成19年6月4日 (第7回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成18年度報告書修正について</li> <li>・平成19年度研究計画について</li> <li>・基礎研究・基礎実験について 等</li> </ul>
平成19年11月13日 (第8回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成19年度研究計画の進捗報告について</li> <li>・研究成果報告書の取り纏めについて</li> <li>・基礎研究・基礎実験について 等</li> </ul>
平成20年2月19日 (第9回委員会)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最終成果報告書の取り纏めについて</li> <li>・基礎研究・基礎実験について 等</li> </ul>

## 1.5 研究成果概要

### 1.5.1 第1研究グループ

(老朽管路における水質劣化とその防止策等に関する研究)

文献調査等を通じた老朽管路と水質劣化に関する既知見の整理を行うとともに、管路における水質劣化のメカニズムを解明し、それを防止する対策技術及び管路の水質面の評価判断手法を開発するため、以下の研究を実施した。

#### (1) 管路における水質劣化メカニズムの解明

##### ①水質と残留塩素減少に係る調査 (ラボ実験)

浄水場の浄水では採水初期の比較的短い時間において残留塩素の低下速度が大きく、ある程度時間が経過すると低下速度は小さくなった。さらに管路末端部の採水では残留塩素濃度の低下速度が極めて緩慢になっていたことから、水質由来の残留塩素濃度の低下は一定時間を経過すれば反応が収束し、管路末端部では水自体の水質影響が小さくなることがわかった。

##### ②管材質と残留塩素減少に係る調査 (ラボ実験)

残留塩素濃度の経時変化について、無ライニング铸铁管とライニング鋼管とを比較すると、無ライニング铸铁管は明らかに残留塩素濃度の減少速度が大きい傾向が見られた。また、 $k$  値を指標にして内面に錆こぶが生じている無ライニング管路を同定できる可能性があることが示唆された。

##### ③管の水理特性・老朽度と残留塩素減少に係る調査 (フィールド調査)

実管路における調査では、無ライニング铸铁管路では、水が滞留した場合、残留塩素濃度が著しく低下するが、流速が 10cm/sec 程度あれば、ライニングのある管路と残留塩素濃度の消費に差が見られなかった。実管路における残留塩素濃度の消費には、管路の内面状況だけではなく、水理要件が大きく影響していることがわかった。

##### ④管の老朽度と懸濁物質捕捉に係る調査結果

全路線無ライニング管路における Fe 捕捉量は、ライニングのある管路と比較し、大きい値となっている。全路線無ライニング管路は Fe 捕捉量が大きいと考えられる。また、全路線無ライニング管路で、流速別に Fe 捕捉量を見ると、流速が速い方が捕捉量が大きくなった。流速の上昇により、管壁の Fe が巻き上げられて捕捉量が増加すると考えられる。

## (2) 水質劣化対策技術に関する調査内容

### ①管路更新による水質劣化防止効果に係る調査結果

Y市/管路Uのうち、管路更新を行った調査箇所③-④の277m区間について、更新の前後で残留塩素濃度の調査を行った。口径とk値の関係から考えると、更新前のφ200と比較して、更新後のφ100は接触率が上がるためk値は増加する傾向にあるが、調査結果では逆に減少(更新前:  $0.096\text{hr}^{-1}$  → 更新後:  $0.008\text{hr}^{-1}$ )しており、管路更新によるk値の改善効果が認められた。

### ②石灰注入による水質劣化防止効果に係る調査(フィールド調査)

管の腐食防止対策として消石灰注入を行っている管路においてダクタイトル鑄鉄管等のテストピースを用いた腐食量調査を行ったところ、消石灰注入による腐食速度の抑制効果が確認された。また、消石灰注入による残留塩素の低減抑制が確認され、水質劣化防止効果のあることが示唆された。

### ③管路における塩素注入に係る調査(ヒアリング調査)

20水道事業体に対しヒアリング調査を実施した結果、そのほとんどが配水池やポンプ所周りの管路における追加塩素であり、配水管路で追加塩素を実施しているのは3事業体のみであった。この3事業体では、全自動滅菌装置やポンプ注入等によって配水管路での追加塩素を実施しており、課題としていた配水管路末端部における残留塩素濃度の確保が可能となったとしていた。

## (3) 管路の水質面における評価診断手法の開発

管種、流速、残塩対策の有無等の項目による簡易診断(スクリーニング)と管内カメラ、水理・水質調査等による直接診断を組み合わせた、水質面において問題を抱えた管路を抽出するための評価診断手法の素案を明らかにすることができた。

## 1.5.2 第2研究グループ

(管路の老朽度診断技術に関する研究)

アンケート調査によるの管路診断の実態調査および文献調査等による既存診断技術の体系化を行うとともに、布設後の経年管路が有する機能の実態を効率的かつ詳細に把握し、管路診断プロセスにおける判断指標となる診断・評価技術を開発するために、以下の研究を実施した。

### (1) アンケート調査

#### 1) 水道事業体向けアンケート調査

約330の水道事業体を対象として、管路の評価診断や維持管理に関するアンケート調査を実施し、以下の情報を得た。

##### ① 管路施設の保有情報

給水人口5万人未満の事業体では布設後25～40年の管路の保有率が30%と高く、更新時期が近いと言えることから、これらの事業体の主体である中小口径管路の診断技術のニーズが高まると考えられる。

##### ② 漏水事故情報

管路施設における漏水事故の原因の約6割を占める「管体継手の折損、継手の抜出し、腐食」に対しては、対症療法的な部分補修がほとんどで、根本的な改善となる管路更新は先送りにされている傾向がうかがえる。

##### ③ 管路更新理由

更新理由は「漏水事故等の未然防止のため」が大きな割合を占めており、予防保全に対するニーズが高い。

##### ④ 管路診断

管路更新計画時に基準やマニュアルを活用している事業体は約4割で、特に、規模の大きな事業体においては、独自に基準・マニュアルを作成し管路施設の管理を実施しているところがある。

#### 2) 事業体独自マニュアルの内容調査

平成17年度に実施したアンケート調査において、水道事業体が独自に管路診断または管路更新に関する基準やマニュアルを保有しているとの回答が比較的規模の大きい18事業体からあった。今後の参考とするため、これら事業体独自の基準・マニュアルを収集し、内容(診断項目等)の整理ならびに追加ヒアリング調査を行った。

その結果、老朽度診断項目の実態を把握することができ、また、調査した18事業体中9事業体では、採点(重み付き採点)をもとに管路優先順位を決定していることが明らかになった。

## (2) 管路の効率的な現地診断技術の研究

### 1) 既存技術調査

平成17年度及び平成18年度に実施した既存技術調査より、以下に示す3つを有望技術として、主に性能確認等の詳細調査を実施した。

- ・ 下水管きょ劣化診断ロボット
- ・ 管内テレビカメラロボット
- ・ 磁気飽和渦流探傷法による配管検査システム

その結果、まず、下水管きょ劣化診断ロボットについては、ダクタイル鋳鉄管の老朽度診断への適用の可能性があることが確認できたため、基礎実験テーマとして詳細な研究を実施した。次に、管内テレビカメラロボットについては、調査区間の管内水を排除した内面無ライニング管などに使用できる有効な診断技術であることが確認できた。ただし、大きな錆こぶなどが有る場合は使用できないことが明らかになった。最後に、磁気飽和渦流探傷法については、管内面の塗覆装を除去することなく管内外面の母材の欠陥を高速に検出することができ、水道管路の健全性の把握に有効な手法であることが確認できた。

### 2) 既存技術の整理・分類

#### ① 管路診断技術の到達レベルマップ

管路診断に関する既存技術を取り纏めたことにより、現在どのような調査・診断方法が実用化又は研究されているか、また、どの部分の診断技術が充実しているかを容易に把握することが可能となった。

### 3) 現地診断技術の事例紹介

#### ① 鋳鉄管等における調査事例

F水道事業体の掘上管による調査を行った結果、調査管11検体のうち2検体は、腐食貫通孔が認められ漏水事故リスクが非常に高い管路であったことが確認された。また、一般的な管路診断手法に基づき実施した調査結果と、数量化理論による配水管の安全性評価モデルにより評価した漏水事故リスクとの整合性が確認された。

## (3) 管路の老朽度面における評価手法（間接診断）の開発

### 1) 統計的手法を用いた管路の老朽度診断手法の開発

経年管比率・土壌の腐食性・世帯数等と事故件数の関係について、数量化理論による統計的解析を行い、配水管の安全性評価モデル及び漏水リスク評価モデルを構築した。また、構築したこれらの評価モデルは、汎用性があることを確認した。

### 2) 既存施設データを用いた管路の老朽度診断手法の開発

#### ① 水道用硬質塩化ビニル管路の評価・診断技術の研究

掘上経年管の調査より、塩ビ管の老朽度診断を行うための指標となる現象の一

つとして、1979年のJIS規格改定前の旧仕様のTS継手において、高い割合で継手に亀裂が発生していることが明らかになった。

また、S水道事業体の既設管路における管内カメラ調査により、TS継手の新仕様、旧仕様の違いを、内面のストッパー部分の幅により確認することができた。

## ② 水道用バルブ類点検データの分析及び評価

バルブ類の点検データを分析した結果、使用年数30年で不具合率が5%を超え、40年を超えると急増して25%に達し、さらに45年で不具合バルブは設置数の1/3を超えることが明らかになった。

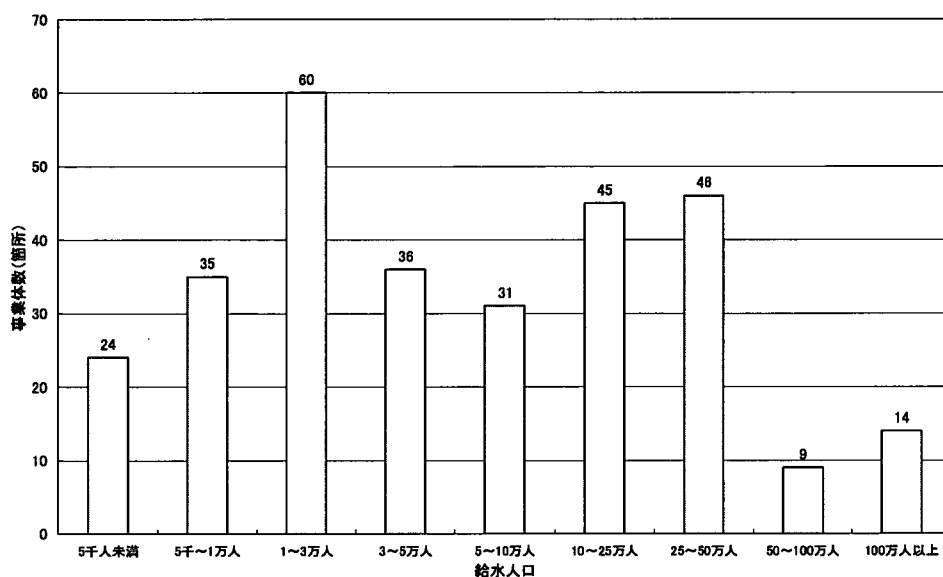
また、仕切弁については、口径 $\phi$ 500mm以下では不具合率が小さく、比較的大きな口径( $\phi$ 700mm $\sim$  $\phi$ 1200mm)で不具合の出る確率が大きくなることが明らかとなった。なお、バタフライ弁は、口径との関連性を見出せなかった。



## 2. アンケート調査

## 2.1 管路施設の機能診断・評価に関する研究における水道事業体向けアンケート調査

水道事業体の管路に関する維持管理状況の実態を把握するため、(財)水道技術研究センターの332の事業体会員(図2.1.1 給水人口別会員事業体数 参照)を対象にアンケート調査を実施(195事業体から回答あり。回収率:58.7%)した。



※用水供給事業体を除いたもの。

図 2.1.1 給水人口別会員事業体数

アンケート調査の結果、主として以下の点が明らかになった。なお、アンケートの内容とその結果については、後段に添付したとおりである。

- ・ アンケート調査先の主要な浄水場の原水の内訳は、河川水が約4割、地下水が約3割であった。また、浄水処理方法の内訳は、急速ろ過が約5割、消毒処理のみが約2割であった。
- ・ 管路施設が原因となった苦情としては、錆による濁水(赤水)と回答した事業体が3割近くを占め最も多く、次いで錆以外による濁水等やシールコート・砂等の異物混入が1割程度を占めた。また、苦情対策としては、排水・洗浄が8割近くを占めた。
- ・ 漏水事故の原因としては、腐食(土壌由来、電食、異種金属管接続、その他含む)と回答した事業体が4割近くを占め最も多く、管体・継手の折損が3割弱、継手の抜け出しが2割弱を占めた。また、漏水事故の対策としては、補修(事故箇所部のみの更新)が9割強を占めた。
- ・ 残留塩素濃度の低減現象が認められると回答した事業体が4割近くを占めた。
- ・ 残留塩素濃度が低減する原因として、管路内での滞留と回答した事業体が6割強

- を占めたのに対し、管路の老朽化は3割程度であった。
- ・ 残留塩素濃度の低減現象への対策として、排水・洗浄と回答した事業者が4割強を占めたのに対し、管路更新は2割程度であった。
  - ・ 管種別（塗装の種類別）の水質調査・実験等を実施したことがあると回答したのは、9事業者であった。
  - ・ 残留塩素濃度の具体的な低減化計画があると回答した事業者は2割弱であった。

## 2.1 アンケート調査回答

### 1) 施設状況

設問 1-1) 原水の種類とその割合について教えてください。(主要な浄水場で、最大 5 つまで。)

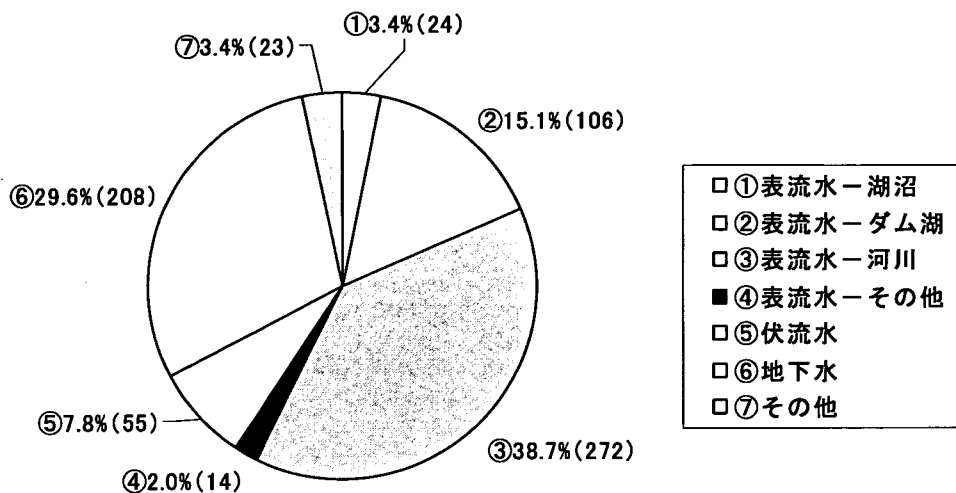


図 2.1.2 原水の種類 (複数回答あり)

設問 1-2) 設問 1-1 でお答えいただいた主要な浄水場の浄水処理の種類について教えてください。

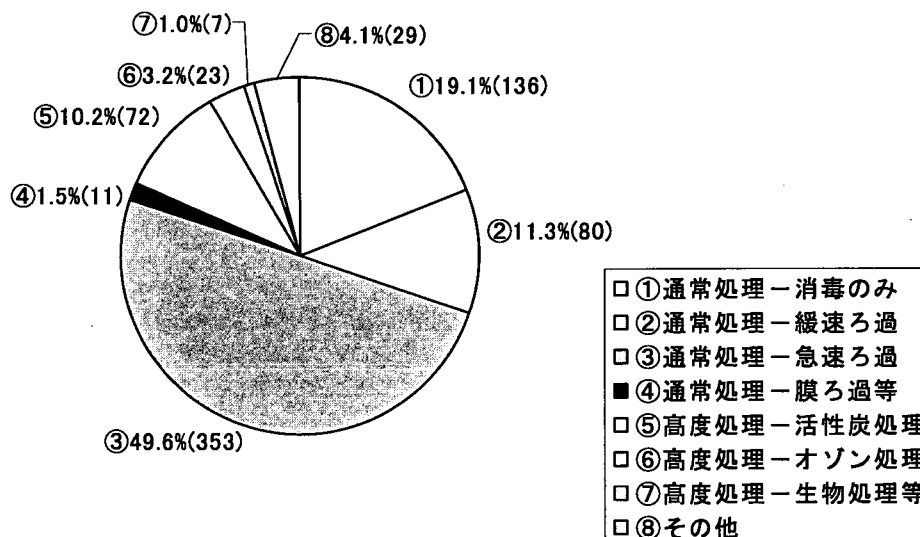
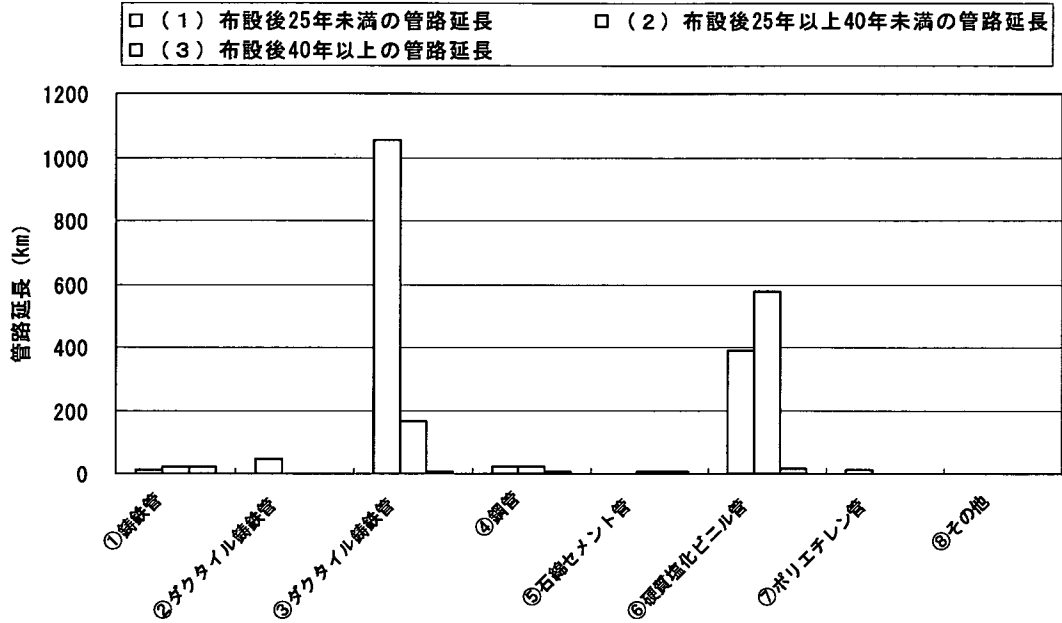


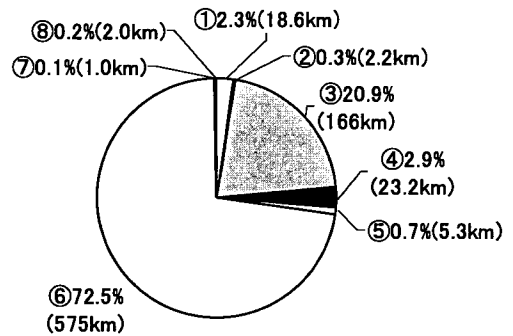
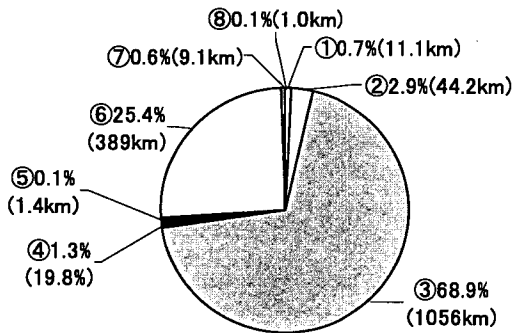
図 2.1.3 浄水処理の種類 (複数回答あり)

設問 1-3) 平成 16 年度末時点における管路施設の保有状況について教えてください。  
 なお、回答欄の (1) には布設後 25 年未満の管路延長 (km)、(2) には布設後 25  
 年以上 40 年未満の管路延長 (km)、(3) には布設後 40 年以上の管路延長 (km)  
 を記入して下さい。

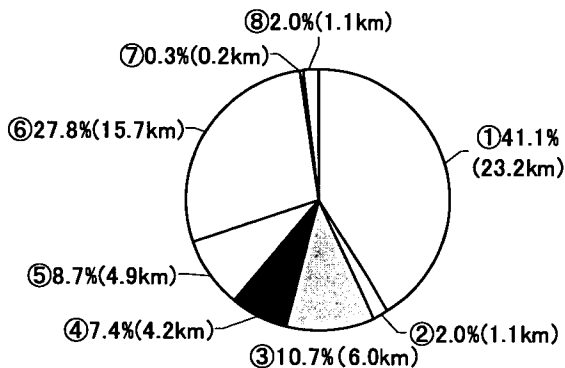


① 布設後 25 年未満の管路延長

② 布設後 25 年以上 40 年未満の管路延長



③ 布設後 40 年以上の管路延長



- ① 鑄鉄管
- ② ダクタイル鑄鉄管
- ③ ダクタイル鑄鉄管
- ④ 鋼管
- ⑤ 石綿セメント管
- ⑥ 硬質塩化ビニル管
- ⑦ ポリエチレン管
- ⑧ その他

図 2.1.4 管路延長

2) 事故情報

設問 2-1) 過去 3 年間 (H14~H16 年度) の管路施設が要因となった苦情の状況について教えてください。また、苦情に対してどのような対策を講じましたか。主な対策として、下記の (1) ~ (5) から一つ選択して下さい。

<対策>

- |             |                 |               |
|-------------|-----------------|---------------|
| □ (1) 排水・洗浄 | □ (2) 管路更新      | □ (3) 管網形態の変更 |
| ■ (4) その他   | ▣ (5) 特に何もしていない | □ データ管理なし     |

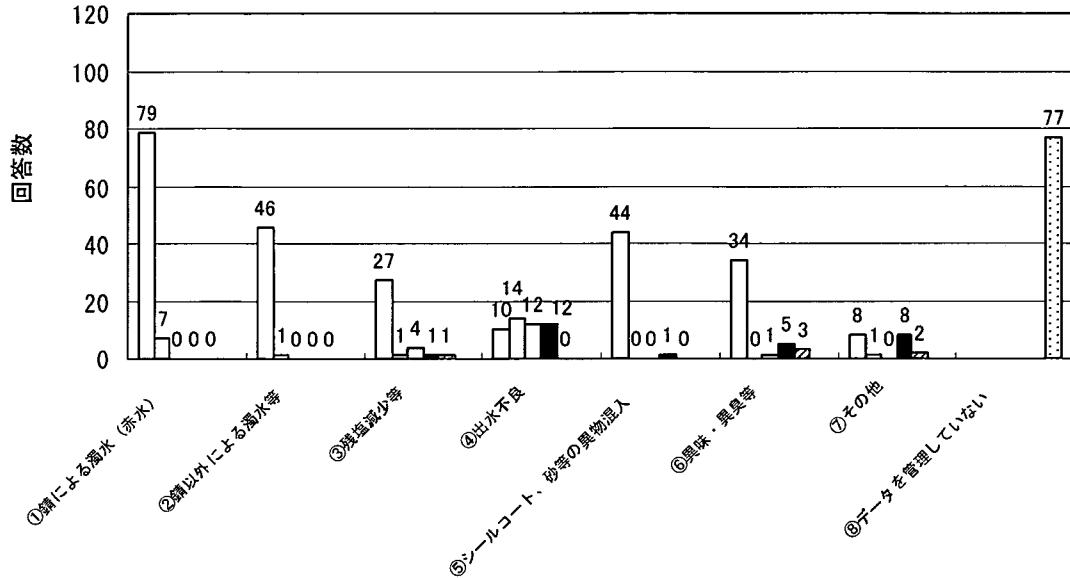


図 2.1.5 苦情の状況 (複数回答あり)

設問 2-2) 過去 3 年間 (H14~H16 年度) の管路施設の漏水事故の状況について教えてください。また、漏水事故に対してどのような対策を講じましたか。主な対策として、下記の (1) ~ (3) から一つ選択して下さい。

<対策>

- |                       |            |           |           |
|-----------------------|------------|-----------|-----------|
| □ (1) 補修 (事故箇所部のみの更新) | □ (2) 管路更新 | □ (3) その他 | □ データ管理なし |
|-----------------------|------------|-----------|-----------|

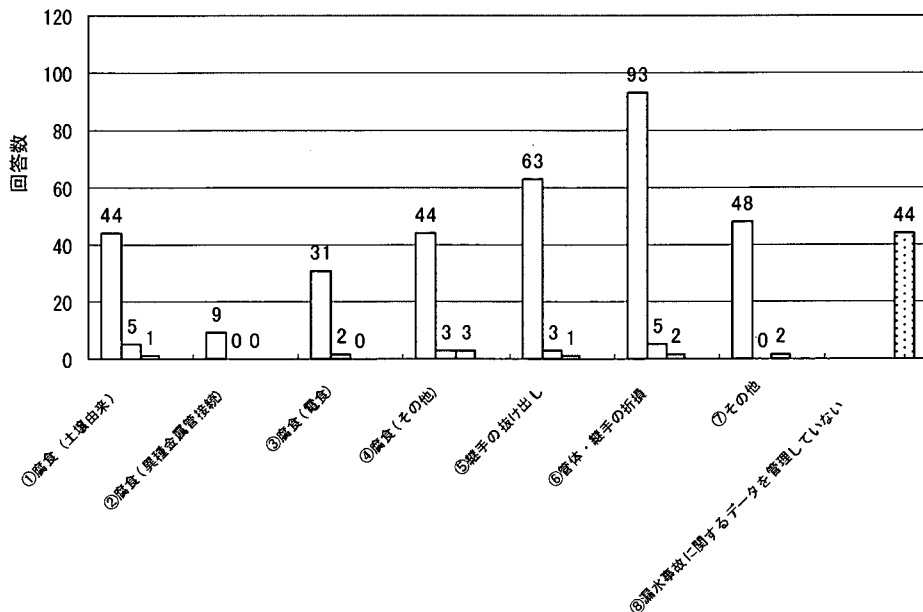


図 2.1.6 漏水事故の原因 (複数回答あり)

設問 2-3) 管路の破損事故や修理記録はコンピュータ等のデータベースで管理されていますか。管理されているとすれば、次のどのような項目を記録されていますか。

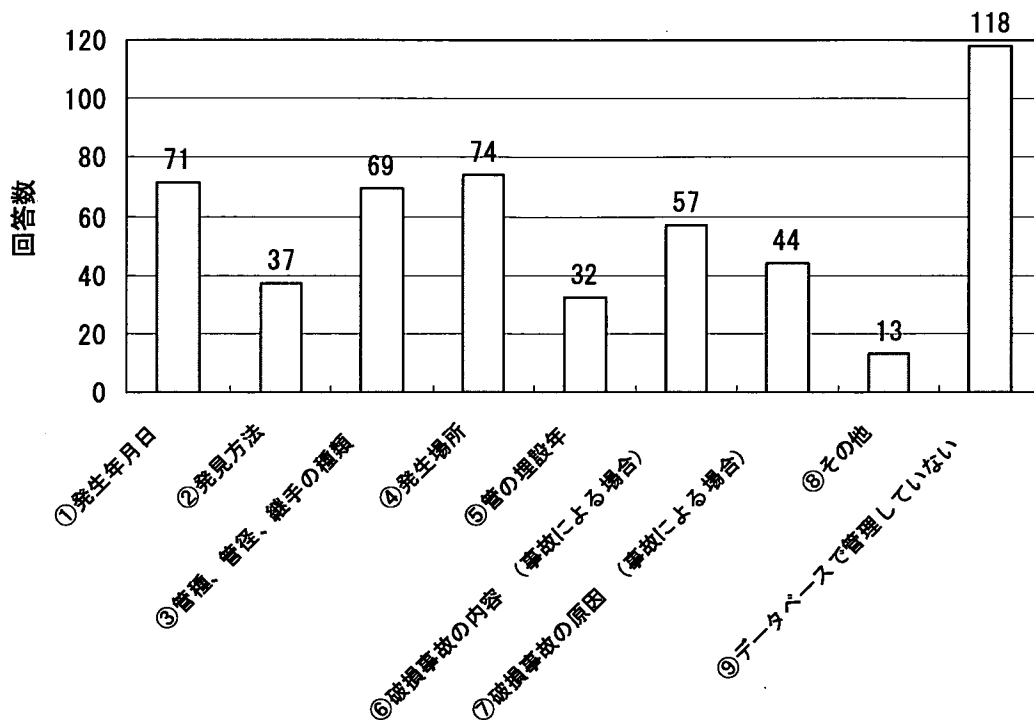


図 2.1.7 データ管理項目 (複数回答あり)

### 3) 維持管理

設問 3-1) 管網末端部での残留塩素濃度の大幅な低減現象はありますか。

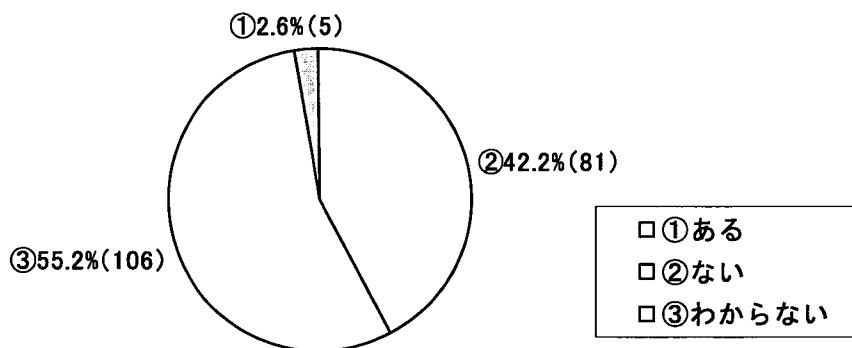


図 2.1.8 残留塩素濃度の低減現象

設問 3-2) 設問 3-1 で「①ある」とお答えの場合の主な原因は何と考えますか。該当するものに○（選択欄）を付けて下さい。また、○を付けたものについて、その順位を付けて下さい。

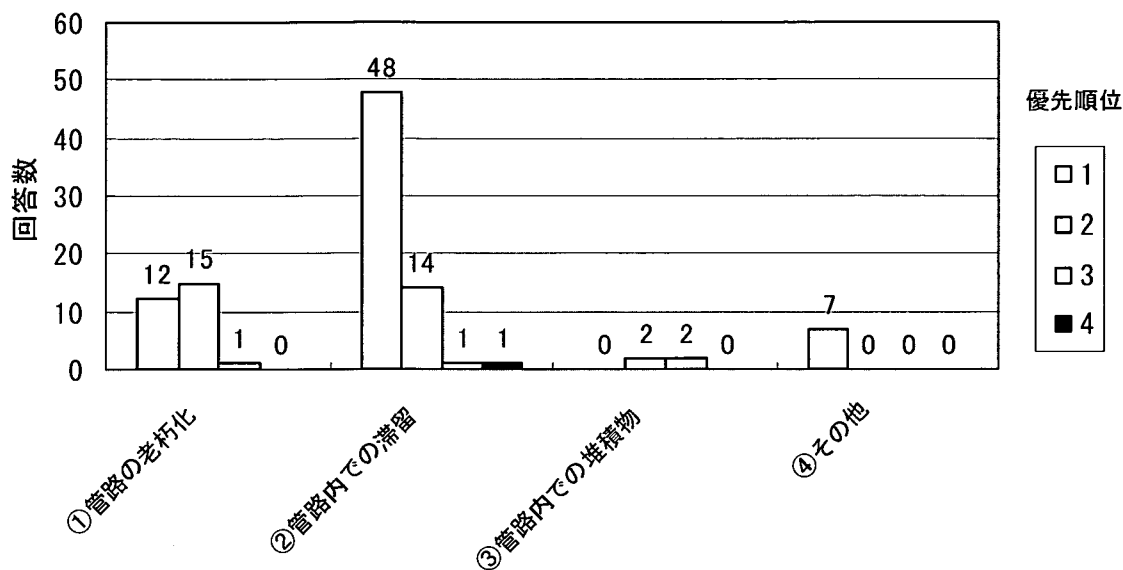


図 2.1.9 残留塩素濃度低減の原因（複数回答あり）

設問 3-3) 設問 3-1 で「①ある」とお答えの場合に、実施した対策は何ですか。該当するものに○（選択欄）を付けて下さい。また、○を付けたものについて、その順位を付けて下さい。

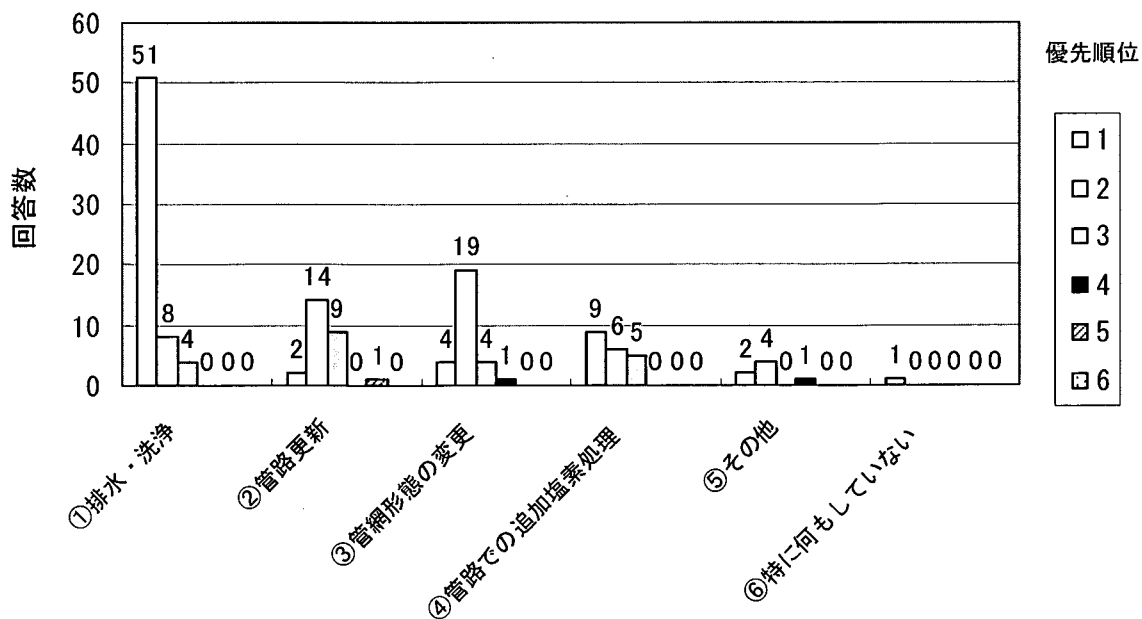


図 2.1.10 残留塩素濃度低減の対策（複数回答あり）



設問 3-4) 管種別 (塗装の種類別) の水質変化について、調査・実験等を行ったことはありますか。

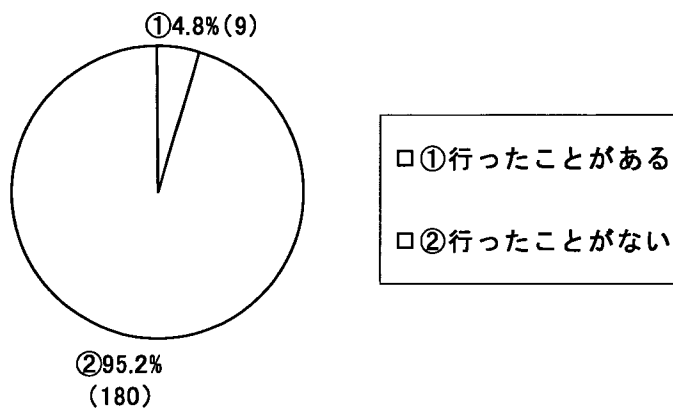


図 2.1.11 水質調査・実験

設問 3-5) 残留塩素濃度低減化に向けた具体的な計画がありますか。

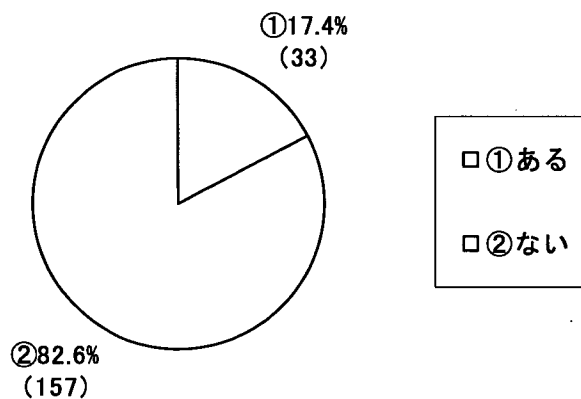


図 2.1.12 残留塩素濃度の低減化計画

設問 3-6) 管網末端部における pH の上昇はありますか。

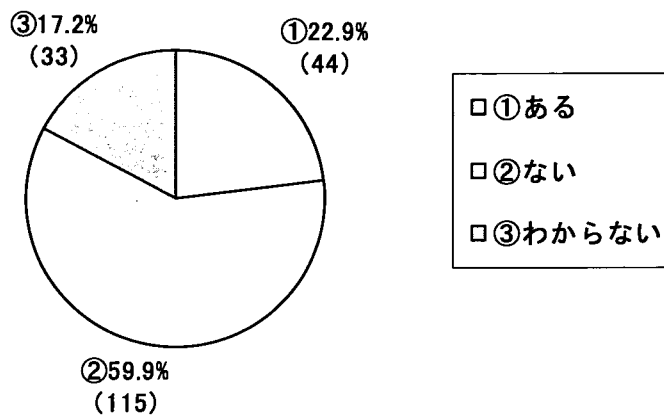


図 2.1.13 管網末端部での pH 上昇

4) 管路更新状況

設問 4-1) 過去3年間 (H14~H16年度) の管路更新の実施状況について教えてください。

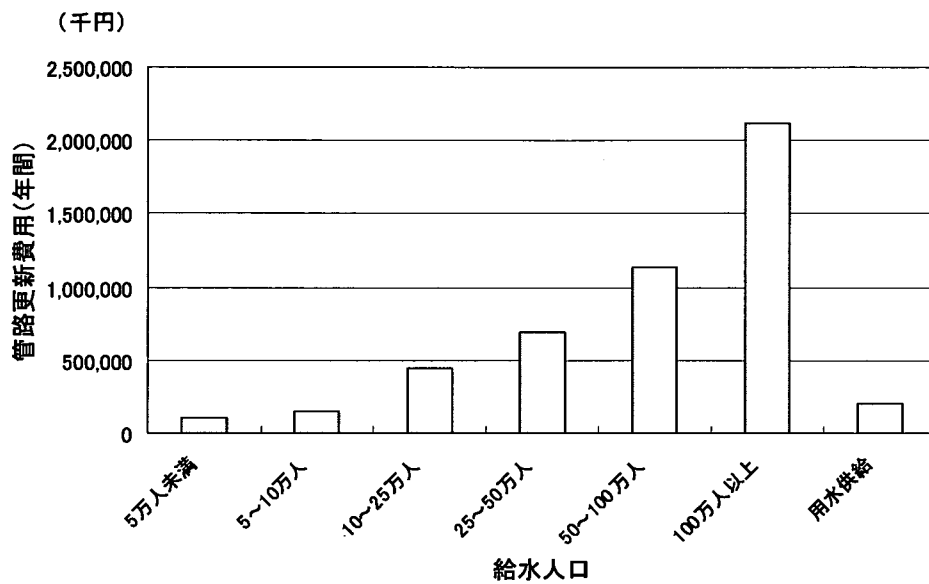


図 2.1.14 管路更新実施状況

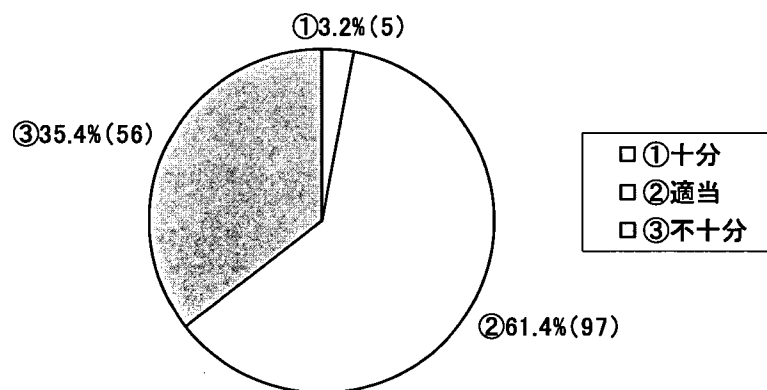


図 2.1.15 管路更新費用充足状況

設問 4-2) 過去 3 年間 (H14~H16 年度) の管路更新時に新たに布設している管の種類毎の延長を教えてください。

布設延長(km)平均

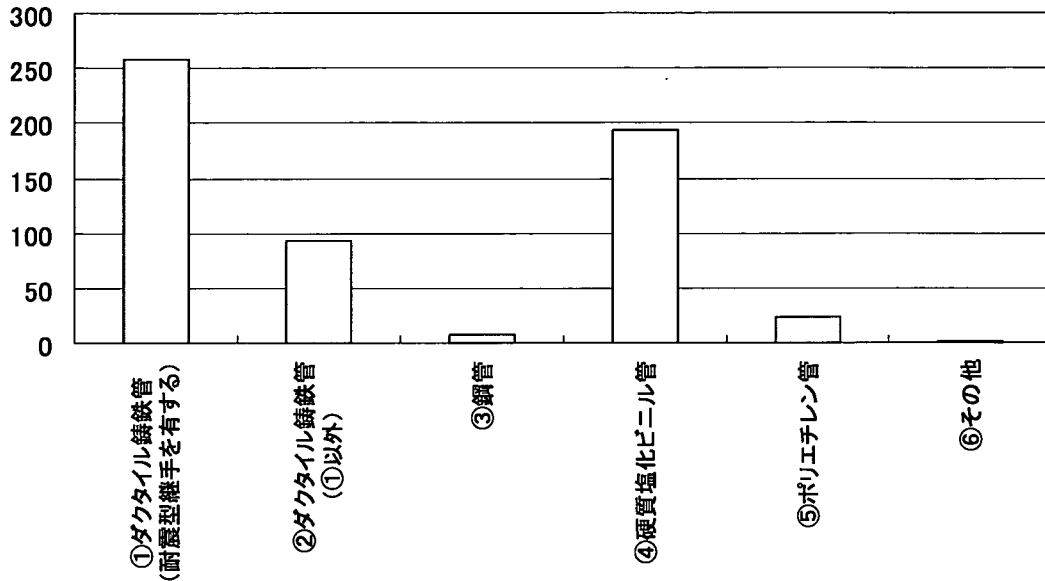


図 2.1.16 管路更新時における布設管種

設問 4-3) 管路更新計画を立案している場合、参考にしてしている基準やマニュアルはありますか。

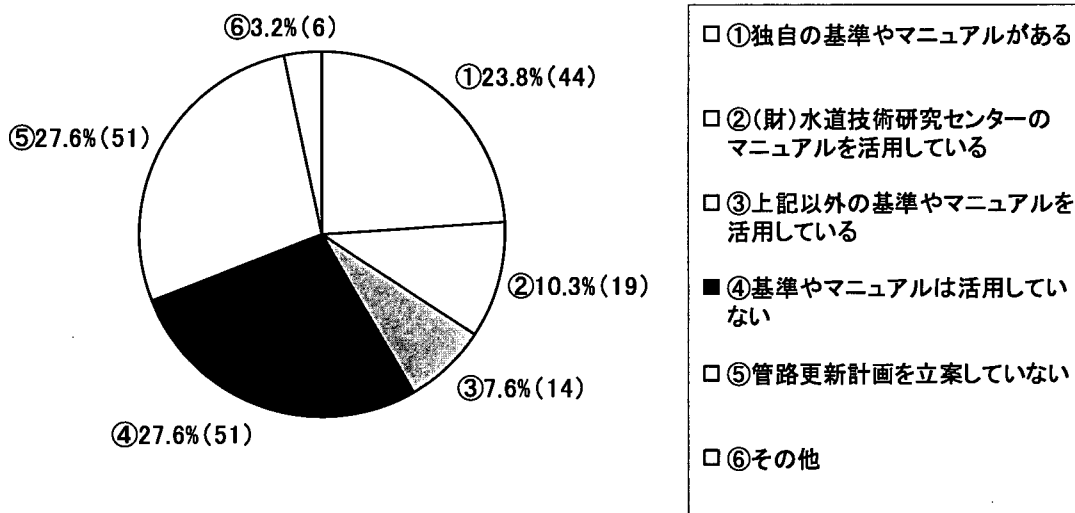


図 2.1.17 管路更新計画立案時における参考資料