

表 2-2-8 経時での濁度測定結果（鉄錆細粒子）

時間	吸光度	濁度
0	0.048x10	170
2	0.170	60
4	0.096	34
6	0.082	29
8	0.082	29
10	0.065	23
12	0.058	20
14	0.056	20
16	0.051	18
18	0.051	18
20	0.042	15
22	0.043	15
24	0.040	14
32	0.032	11
48	0.029	10
56	0.023	8.1
120	0.014	4.7
168	0.012	4.2
216	0.008	2.7

水道水ブランク 0.1未満

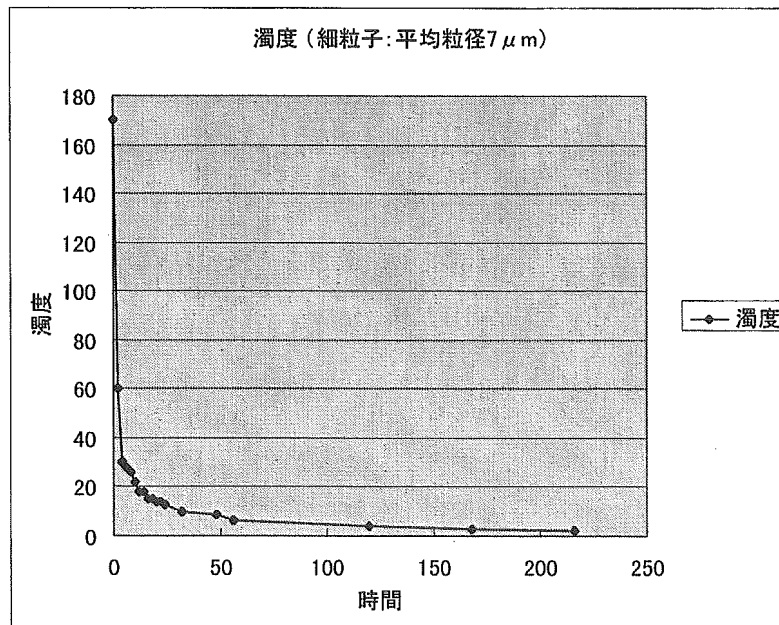


図 2-2-4 鉄錆細粒子の経時での濁度変化（水面から 100mm の位置）

(5)組成分析結果

各濁質の組成について、定性分析を行なった結果を以下に示す。

①砂

砂について X 線回折結果を図 2-2-5 に示す。

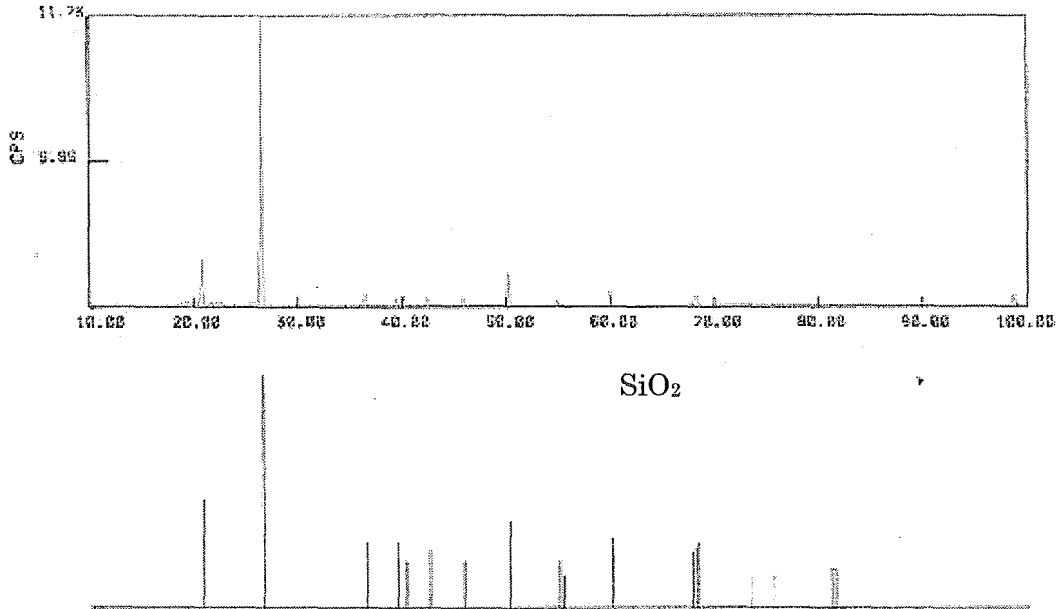


図 2-2-5 砂の X 線回折結果

②鉄錆

鉄錆について EPMA による分析結果を表 2-2-9 に示す。

表 2-2-9 鉄錆の EPMA による定性分析結果

濁質	元素
鉄錆	Fe、Al、Si、Mg、Ca、O、C

③マンガン

マンガンについて EPMA による分析結果を表 2-2-10 に示す。

表 2-2-10 マンガンの EPMA による定性分析結果

濁質	元素
マンガン	Mn、Al、Ca、Si、Fe、O、C

④塗膜片および代用塗膜片

塗膜片（アクリル系シールコート）および代用塗膜片（アクリルフィルム）の赤外分光分析結果を図 2-2-6 および図 2-2-7 に示す。

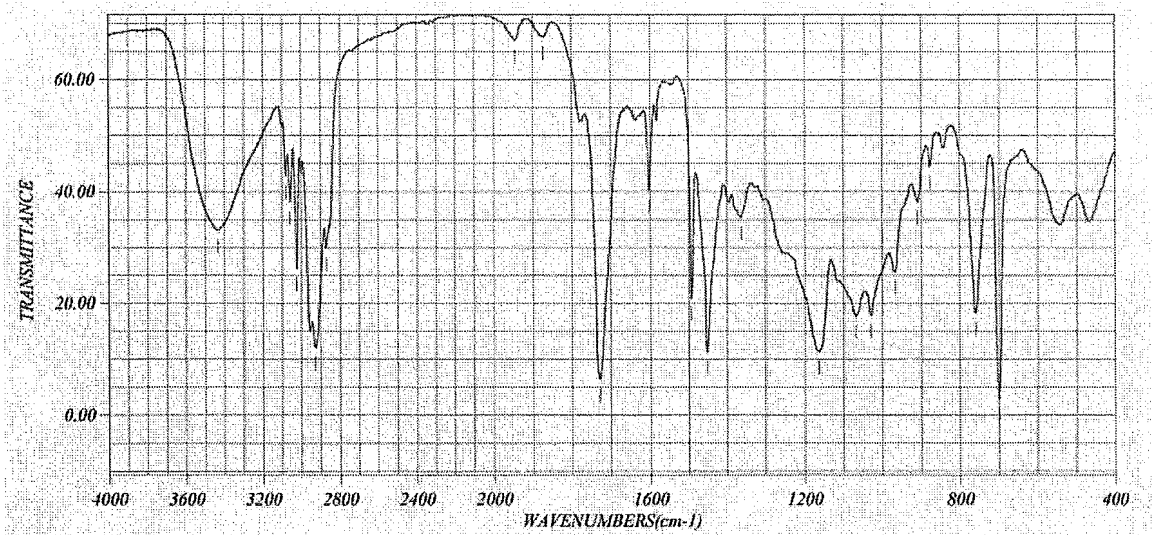


図 2-2-6 塗膜片（アクリル系シールコート）の FT-IR チャート

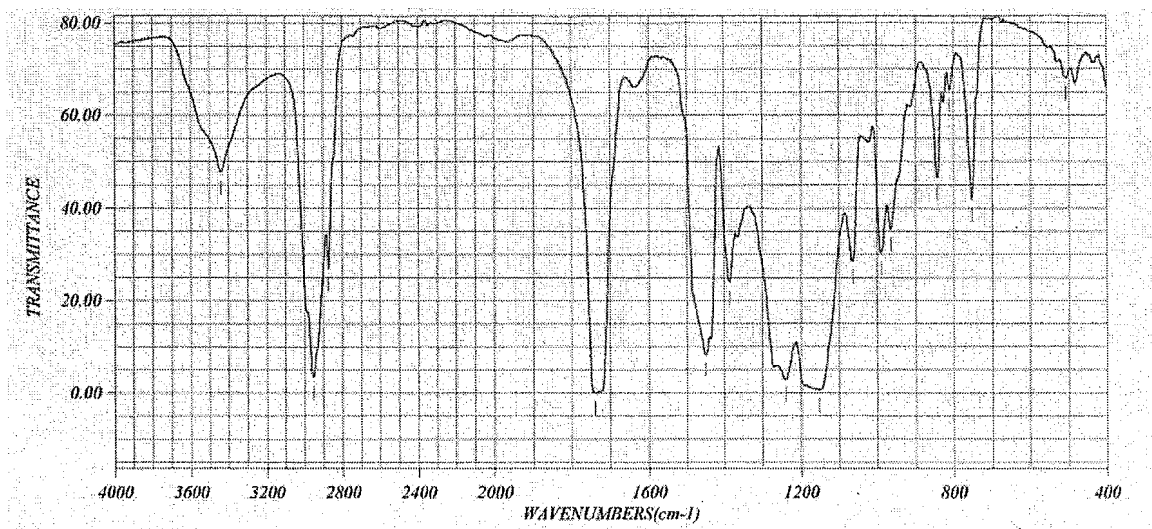


図 2-2-7 代用塗膜片（アクリルフィルム）の FT-IR チャート

2.3 濁質発生原因調査

濁質（夾雑物、赤水の細粒子等）の発生原因解明の一助となる知見を得るため、実管路内での濁質の存在状況及び赤水発生状況について確認実験を行った。

実験内容を以下に示す。

2.3.1 実験内容

1) 夾雑物の存在状況確認実験

(1) 対象管路 … 夾雑物が発生している管路（管内流速（後述）の異なる2ヶ所）

(2) 口径 … $\phi 150\text{mm}$

(3) 管内流速 … 通常流速の速い所及び遅い所（目標 0.1m/s 以下）

(4) 実験手順

① 事前調査

消火栓を利用した流速測定を実施。（24時間）

↓

管内水中の濁質成分を調査するため、消火栓から排水を行い、その水をメンブレンフィルターで濾過した。

後日、濾過残留物の乾燥質量濃度と組成（X線回折分析）を調査した。

↓

② 実験当日

消火栓から管内カメラを挿入し、夾雑物の存在状況を調査した。（洗管前）

↓

管内カメラを取り出した後、消火栓から排水を行い、夾雑物をストレーナ状の器具を用いて回収した。後日、乾燥重量と種類（IR分析）を調査した。

↓

再度、管内カメラを挿入し、夾雑物の除去状況を観察した。（洗管後）

↓

管路を現状復帰した。

(5) 管路状況

①A 地点（通常流速の遅い所）

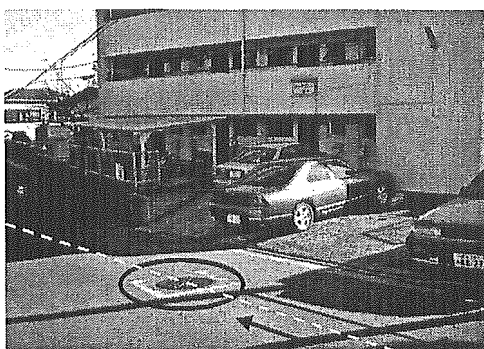
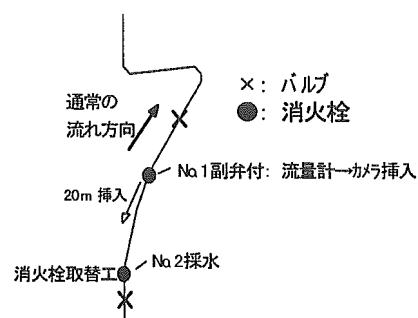


写真 2-3-1 No. 1 消火栓付近の状況



消火栓 No.1

②B 地点（通常流速の速い所）

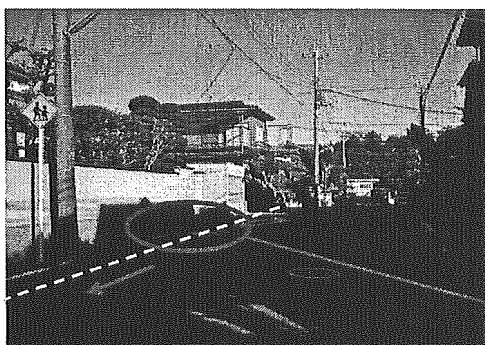
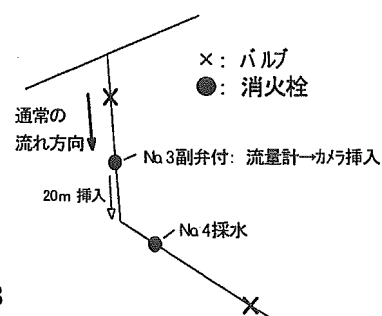


写真 2-3-2 No. 3 消火栓付近の状況



消火栓 No.3

2) 赤水発生状況の確認実験

- (1) 対象管路 … 無ライニング F C 管路
- (2) 口径 … $\phi 150\text{mm}$
- (3) 管内流速 … 通常流速の速い所及び遅い所（目標 0.1m/s 以下）
- (4) 実験手順

① 事前調査

消火栓を利用した流速測定を実施（24 時間）

↓

② 実験当日

管内水中の濁質成分を調査するため、消火栓から排水を行い、その水をメンブレンフィルターで濾過した。

後日、濾過残留物の乾燥質量濃度と組成（X線回折分析）を調査した。

↓
 消火栓より管内カメラを挿入し、管内の状況を確認した。
 ↓
 管内カメラを取り出した。
 ↓
 消火栓のバルブ開閉度を操作し、消火栓からの放水により管内流速を約 0.1m/s 刻みで上げていった。(同じ流速状態を約 5 分間維持し、最大 0.5m/s 程度まで)
 この際の管内流速は、別の消火栓に取り付けた流速計で測定した。
 ↓
 各設定流速毎に採水した。後日、濁度と錆粒子の大きさ (SEM 分析) を調査した。
 ↓
 管路を現状復帰した。

(5) 管路状況

①C 地点 (通常流速の遅い所)

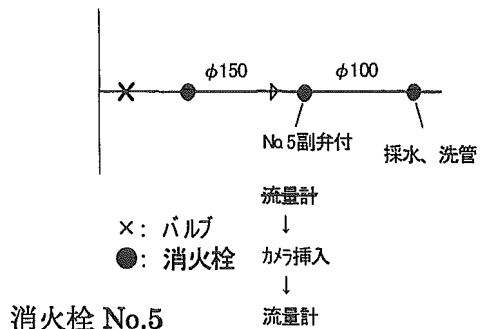


写真 2-3-3 No. 5 消火栓付近の状況

②D 地点 (通常流速の速い所)

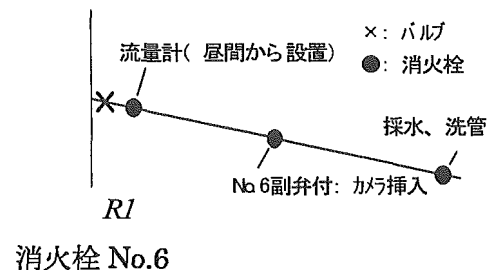
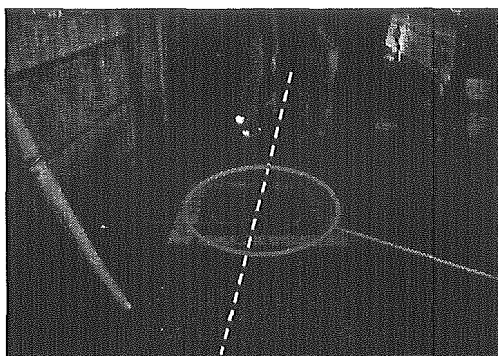
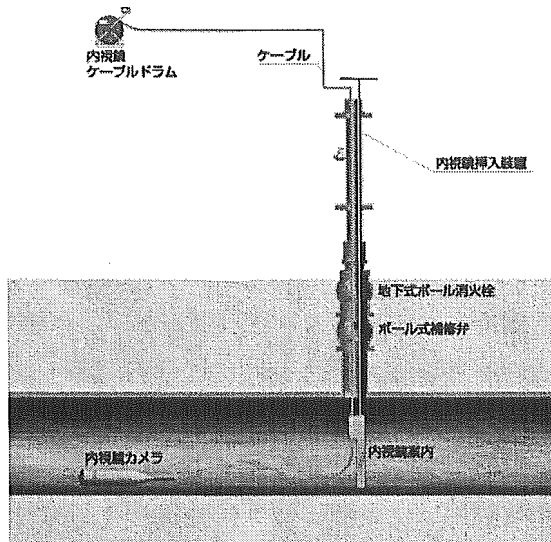


写真 2-3-4 No. 6 消火栓付近の状況

2.3.2 管内カメラ（内視鏡カメラ）による調査

1) 管内の調査状況



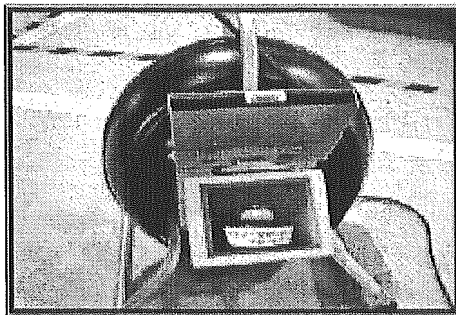
左図に示すように、消火栓（補修弁付き）より内視鏡カメラを挿入して、管内の状況を調査した。

なお、調査には日本水機（株）製の水道用不断水管内調査簡易型内視鏡カメラ（ポータブル）を使用した。

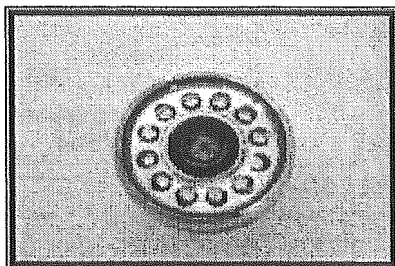
図 2-3-1 内視鏡カメラによる管内調査概要

2) 仕様

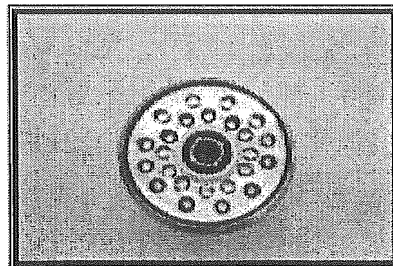
- | | |
|---------|-----------------------------|
| ①耐圧 | 使用水圧0.75MPa |
| ②最大挿入距離 | 50m仕様（片側25m） |
| ③対象管路 | 水道用「铸铁管、鋼管、塩化ビニル管、ポリエチレン管等」 |
| ④対象管径 | φ75mm～ |



カメラケーブル（ケーブル長さ30m）
（最大挿入距離約50m）



カメラヘッド部（36φ）照明白色LED12灯



カメラヘッド部（50φ）照明白色LED24灯

2.3.3 実験結果

1) 夾雑物の存在状況確認実験

A地点の管路内をテレビカメラで撮影した結果の一例を写真2-3-5に示す。また、その管路の通常時の流速測定結果を図2-3-2に示す。

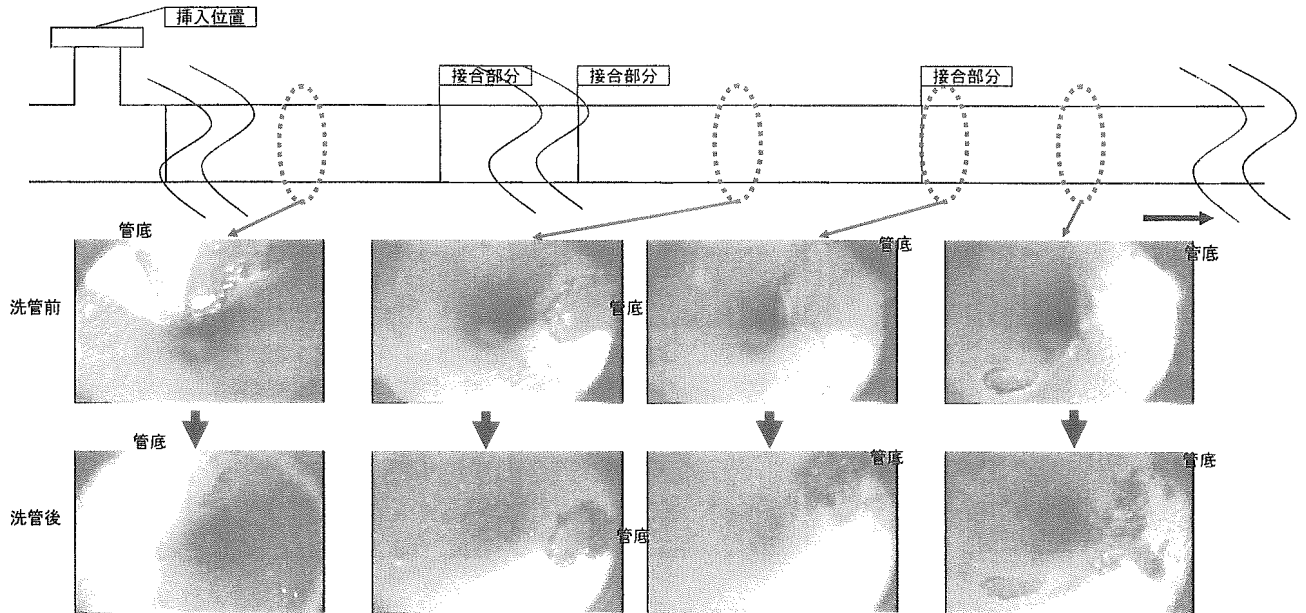


写真2-3-5 実管路（A地点）の管内状況

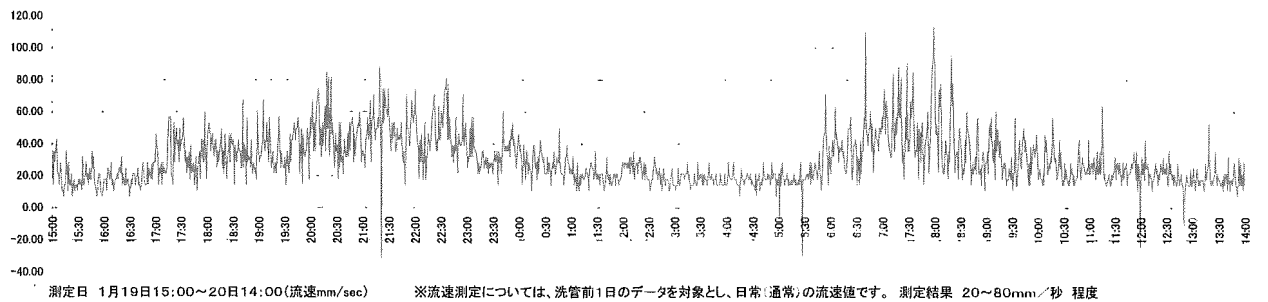


図2-3-2 通常時流速測定結果（A地点）

消火栓からの排水により採取された夾雑物の外観状況を写真2-3-6に示す。

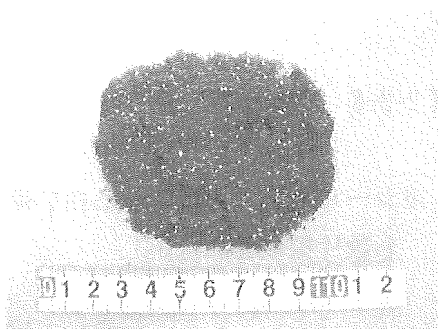


写真2-3-6 夾雑物の外観状況（A地点）

乾燥重量：6.29g

※シールコートと思われる白い薄片も数片採取された。

B地点の管路内をテレビカメラで撮影した結果の一例を写真2-3-7に示す。また、その管路の通常時の流速測定結果を図2-3-3に示す。

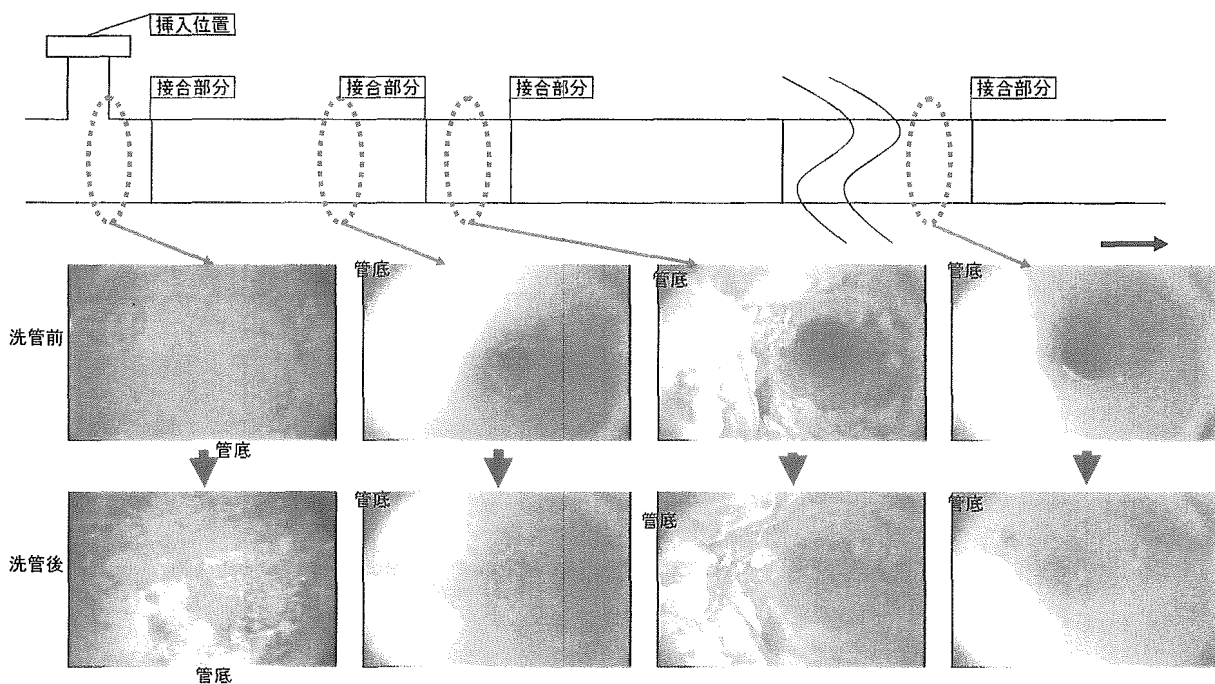


写真 2-3-7 実管路 (B 地点) の管内状況

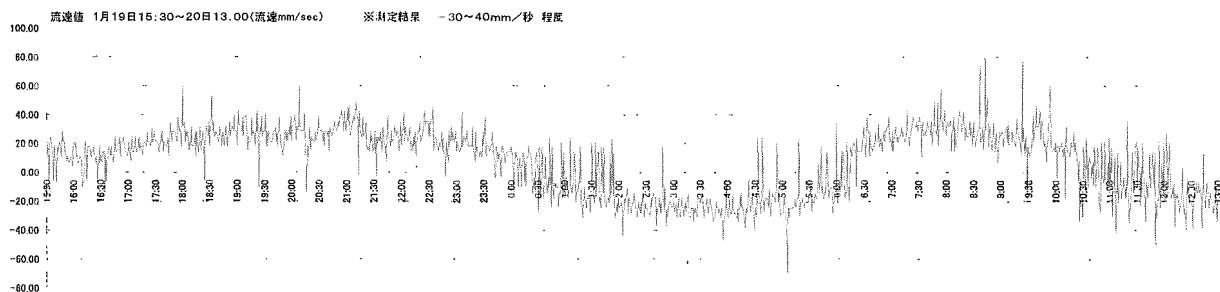


図 2-3-3 通常時流速測定結果 (B 地点)

消火栓からの排水により採取された夾雑物の外観状況を写真2-3-8に示す。

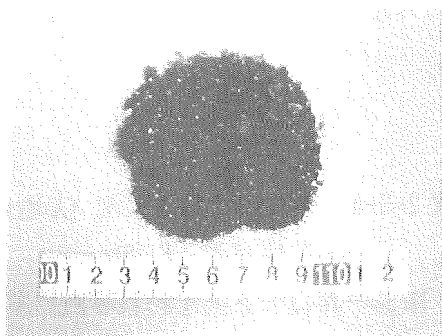


写真 2-3-8 夾雑物の外観状況 (B 地点)

乾燥重量 : 7.53g

※シールコートと思われる白い薄片も数片採取された。

- ・いずれの管路にも夾雑物は殆ど存在していなかった。
- ・洗管前の比較的大きな固着物については、洗管後もほとんど形状も変わらず、固着したままの状況であった。
- ・管壁表面に付着しているものについては洗管による除去効果が確認できた。
- ・洗管前には無かった錆等が観察され、これらが洗管により移動してきた形跡が認められた。

2) 赤水発生状況の確認実験

内面無ライニングのFC管路で、消火栓排水により所定の流速を与え、赤水発生状況(濁度、錆粒子の大きさ)との関係を調査した。

(1)C 地点

通常時流速は測定することができなかったが、行き止まり管路であり殆ど流れはないと推定される。

表 2-3-1 濁度測定結果

目標流速 (m/sec)	濁度 (NTU)
0.1	3.11
0.2	25.60
0.3	15.00
0.4	9.37

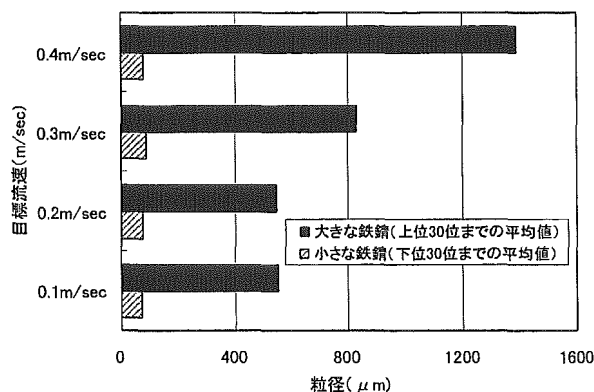


図 2-3-4 管内流速と鉄錆の粒径の関係

注) 流速 0.1m/sec では小さな鉄錆の測定対象が 26 個しかなかったため、その平均値を採用した。

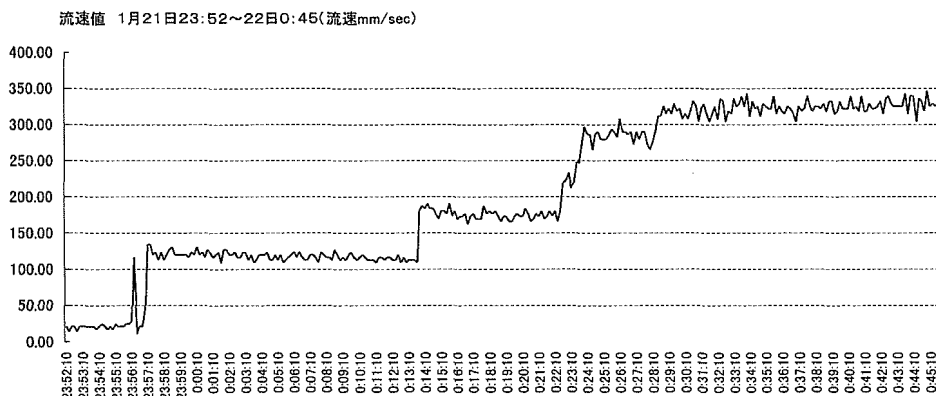


図 2-3-5 実験時流速測定結果
(約 0.1m/s 刻みで流速を上昇)

(2)D 地点

表 2-3-2 濁度測定結果

目標流速 (m/sec)	濁度 (NTU)
0.1	1.41
0.2	1.17
0.3	2.30
0.4	0.45
0.5	0.95

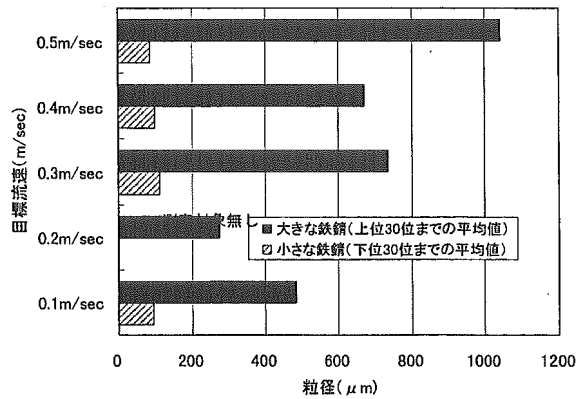
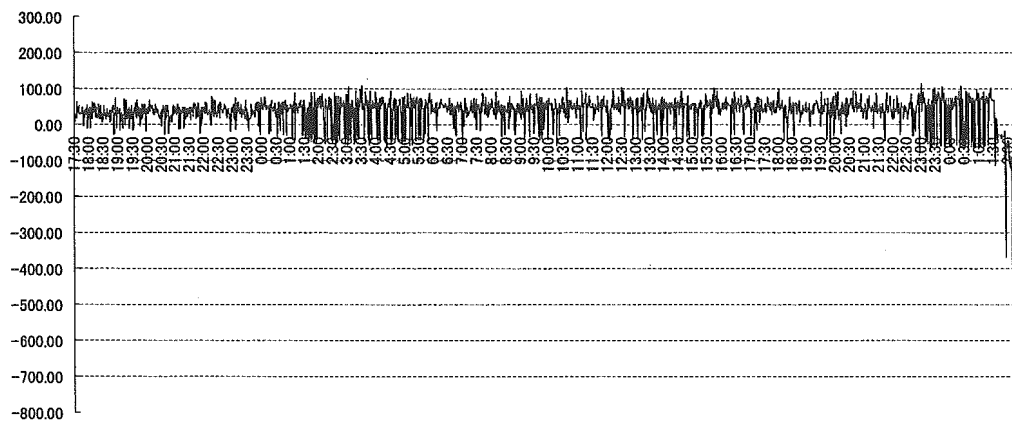


図 2-3-5 管内流速と鉄錆の粒径の関係

注) 流速 0.1m/sec では小さな鉄錆の測定対象が 4 個しかなかったため、その平均値を採用した。



測定日 1月20日17:30~22日2:00 (流速 mm/sec)

図 2-3-6 通常時流速測定結果

- ・ C 地点、D 地点ともに無ライニングの FC 管であったが、流速を与えた場合に発生する赤水の程度に大きな差があり、常時 0.05~0.1m/s の流速がある D 地点では極端な赤水は発生しなかった。
- ・ 流速の増加とともに、含まれる錆粒子の粒径は大きくなる傾向があった。

3) 対象管路における通常時の水質(濾過成分)調査結果

実験対象管路4地点について、事前に通常流れている水を採水し、水中の濾過成分(0.7 μ mのフィルタ-)の量や成分を調査した。以下に結果を示す。

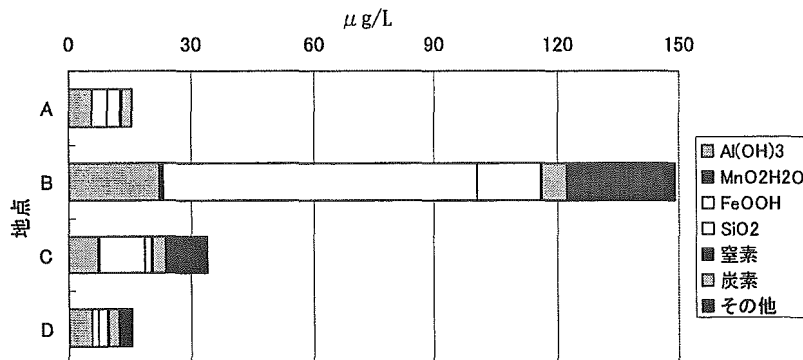


図 2-3-7 乾燥質量濃度の内訳

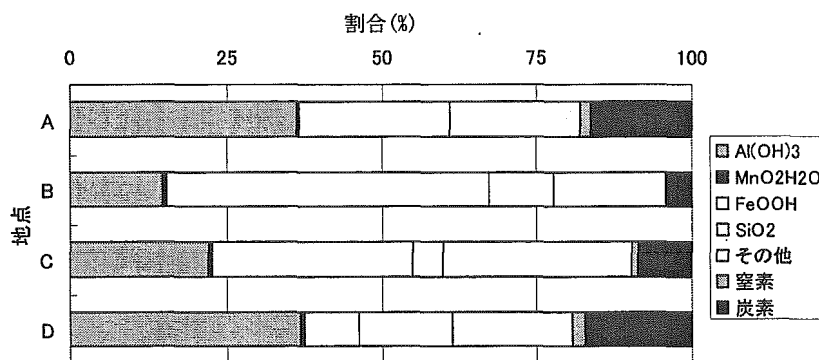


図 2-3-8 全体の組成

- ・ A 地点と D 地点の濾過残留物量は小さく、清廉な水であった。
- ・ 特に、D 地点は、無ライニングの管路にもかかわらず濾過残留物量が小さかった。これは、常時 0.05~0.1m/s の流速で流れていることに起因していると推察される。なお、この管路では、赤水発生状況の確認実験でも程度の大きな赤水は発生しなかった。
- ・ 濾過成分については、いずれの場合もアルミニウムの割合が高かった。また、更にデータを蓄積することにより、管路の赤水或いは夾雑物発生能を表せる可能性もあり、来年度も引き続き調査していくべきと考える。

3. 管網再形成及び未利用エネルギー に関する研究

(管路第2研究グループ)

3. 管網再形成及び未利用エネルギーに関する研究

(管路第2研究グループ)

3.1. はじめに

3.1.1 研究目的

水道は、流域圏の大きな水循環系を構成する重要な要素になっており、水質、水量の両面から健全な水循環の形成を、自然環境への影響を抑えた上で果たす責務がある。

水質面での根幹をなす浄水処理では、微量有機化学物質や臭気物質、クリプトスポリジウム等に対処すべく多くの事業者で対策が検討されているが、もう一方の水道システムの重要要素である送・配水管路においては、管路の老朽化等の原因による濁質生成等の水質劣化、管施工時の洗管作業等により、ユーザーに給水されることなく廃棄される水は全国で年間5億 m^3 に、管路腐食による漏水事故等による漏水量は全国で年間14億 m^3 に達しており、健全な水循環の観点から、水資源の有効利用、環境負荷の少ない水道システムが求められている。

また、現状で見られる水需要の横這い状況や、将来的な人口減少、節水機器の普及に伴う水使用量の減少等により既存管網内での滞留時間の増加に伴う更なる水質劣化も懸念され、水質維持を目的とした洗管作業排水は今後増えることが想定される。

一方、環境面では、水道事業の電力消費量は日本全体の0.8%を占めており、二酸化炭素など温室効果ガスの排出による地球温暖化の抑制など環境保全のための自然エネルギーの有効活用や未利用エネルギーの有効利用が不可欠な状況となってきた。

このため、本研究グループでは、特に管路の水理要因に着目した水資源の有効利用、環境負荷低減への貢献を目的に

- ・水質劣化を抑止する最適管網に関する研究
- ・小水力発電による未利用エネルギーの有効利用

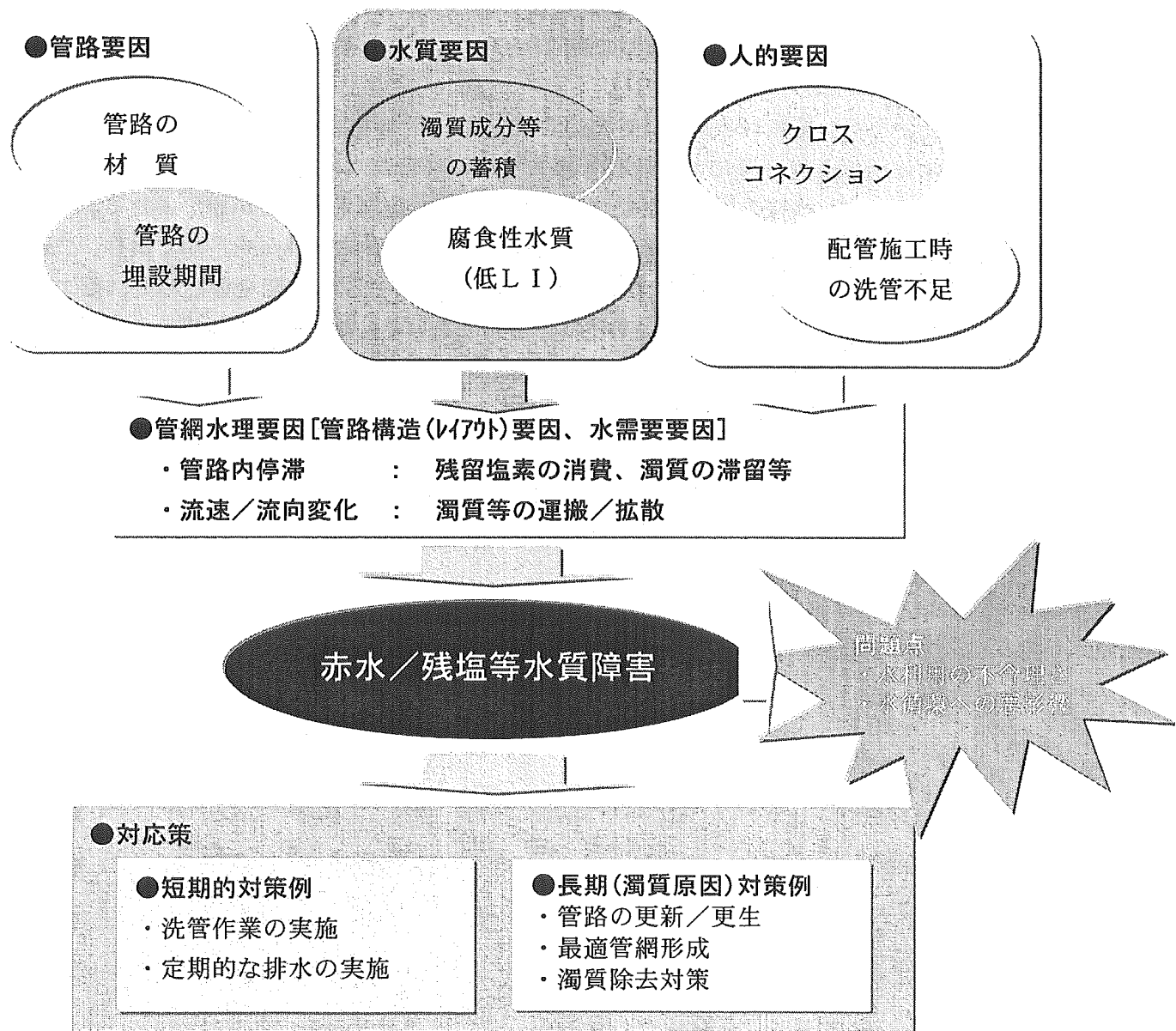
に関する研究を行うものである。

3.1.2 研究方針

1) 水質劣化を抑止する最適管網に関する研究

管網システム内での水質劣化の抑制は、排水量の抑制、水資源の有効利用に資するものであり、管網システムにおける水質劣化の現象は、濁質等を発生させる要因と濁質等を流出（運搬／拡散）させる要因に分けられる。前者としては、管路要因（本管及びライニング材質、布設年度等）、水質要因（水の腐食性、浄水中の鉄・マンガン等の管路への蓄積）、人的要因に分けられ、後者としては、管網水理要因（管網構造、水需要状況）が上げられる。これらの複合作用により水質劣化が生じる。

本研究グループでは、主に後者の管網水理要因に着目し、水質劣化抑制の観点から最適管網に関する研究を行い、洗管排水を最小化するための洗管作業効率化に関する研究を行う。



【図-3-1-1 水質障害と要因】

○研究項目

(1) アンケートによる実態調査

- ・ 管網内水質劣化の発生状況と発生原因
- ・ 水質に関する苦情と対応状況
- ・ 水質劣化と管網形状の関係
- ・ ブロック化と水質被害の関係
- ・ 洗管作業のマニュアル化等

(2) 管路内濁質の基礎的事項の把握

- ・ 管路流速と濁質の基本挙動の把握 : 管路流速と濁質基礎的挙動の整理 (濁質比重と移動、沈降、給水栓からの流出、伏せ越し部)
- ・ 管網内での濁質の基本挙動の把握 : 分岐・合流部 (T字管、十字管) の管路流速と濁質の分配の整理
- ・ 管網での濁質挙動の確認 : 管網における濁質分配と基本挙動結果の整合性確認による管網への濁質挙動の応用確認

(3) 効果的な対策の検討

- ・ 管網内における流速分布と濁質が停滞しやすい箇所に関する検討
- ・ 効率的な洗管方法に関する検討

(4) 最適管網 (滞留のない管網) に関する研究

- ・ 最適管網に向けた基礎的事項の整理
- ・ 各配水形態のメリット、デメリット

(5) 流況解析

- ・ 管底を移動する粒体の分岐部挙動解析

2) 小水力発電による未利用エネルギーの有効利用

水道事業では、水のエネルギーを水道システム内に保有しているものの、有効活用が普及しているとは言い難い状況にある。本研究では、自然エネルギーの中で、特に小水力発電に関する研究を行い、自然エネルギーの普及促進に資するものである。

○研究項目

- ・ フィールド実証試験
- ・ アンケートによる意識及び需要調査
- ・ 普及に向けたマニュアルの作成

●テーマ：水資源の有効利用に資するシステムの構築に関する研究（管内水質保持 ⇒ 作業用水量の最小化）

○第1G：濁原因調査（管内探査技術、濁発生メカニズム）

○第2G：最適管網システムの研究（管内水の滞留防止、最適管網形成の研究）

○第3G：管内水の濁質除去システムの開発

●水資源の有効利用の観点からの最適管網システムの研究（エネルギーの有効利用は別途）

○管内水の滞留防止（最適管網の要件と効果）

到達時間短縮 管網ループ化 管網アップ化 強制循環

○最適管網形成の研究（最適管網の実現）

既管網特性と停滞評価方策 滞留防止の管網形成方策

○管内濁質の挙動把握

濁質 流速/流向 口径 材質等 管形状

○管内濁質評価方策

濁質滞留/拡散評価方策 効率的な濁質除去方策

●文献/実態調査

管網に関する既研究

実態調査

- ・管網状況
- ・濁質被害状況
- ・濁質被害特性

●効率的な洗管作業による水資源の有効利用に係る実験

○実験管路による実験計画（案）

○基礎実験（単一路線）

- 濁質挙動基礎実験
 - ・濁質挙動に関する基礎的事項の検証
 - 流速（流速変化）と濁質の移動/滞留
 - 流速（流速変化）と給水栓からの濁質流出
 - ・濁質挙動と濁質滞留・発生指標
 - 濁質挙動と濁質滞留・発生指標
 - 分岐部の流速と濁質の分配

○管網実験（モデル管網）

- 管網における濁質実験
 - ・濁質滞留・移動状況確認
 - ・水理解析による濁質挙動再現性の確認
- 濁質滞留/拡散評価方策の検討
- 効率的な濁質除去方策の検証

●最適管網に関する研究

【最適管網に関する基礎的研究】

- 最適管網に関する基礎的事項の整理
 - ・最適管網に関する指標
 - ・管網形態と管路流速
- 配水形態の評価/提案
 - ・各配水形態のメリット・デメリット

【 図-3-1-2 研究概要と実験概要 】

3.1.3 研究の経緯と概要

1) 平成14年度の成果概要

I. 文献調査

文献調査は、水資源の有効利用に資するシステムの構築に関する研究を進めるにあたり、現況調査として、管路内の水質や管網の解析など管路に関する研究の現状を把握するため行った。

(1) 対象年次

最新の研究成果の調査を目指し、文献の年次は15年以内に限定して調査した。また調査対象文献において参考文献として引用されている文献については対象年次にかかわらず追加調査を実施することとした。

(2) 調査対象

- ①雑誌：水道協会雑誌、水道研究発表会概要集、水道公論など水道関連の雑誌等
- ②文献検索システム（JOIS）：関連するキーワードによる国内外文献の検索
- ③インターネット：主に海外文献等の調査
- ④図書館：水道管路に関する研究を行っている大学の研究論文等
- ⑤水道事業体の研究報告書：水道事業体内部の研究報告書等

(3) 調査結果

調査結果は別添Epoch文献調査リスト一覧で示すと共に、個々論文の抄録、目的、手法、結論を文献調査表に取り纏めた。

II. 最適管網形成に関する実験計画書（案）の策定

水資源の有効利用の観点から見た最適管網の形成に資する基礎的データ、評価指標等の収集・整理を目的に、横浜市川井浄水場の実験フィールドを利用した実管路による実験計画（案）の策定を行った。

①単一管路による濁質挙動の基礎実験計画

濁質の種類や管路条件の違いによる濁質の挙動を把握する基礎実験計画

②管網モデルによる最適管網形成実験計画

実管路を想定した管網モデルにより、実態調査等に基づく濁質の滞留や流出が生じる管網（管路）の再現及び、改善方策による効果の検証を行う最適管網形成実験の計画

③実験管路設備計画

これらの実験を実施するための実験管路モデルの設備計画

2) 平成 15 年度の研究概要

I. 文献調査

平成 15 年度に出版された雑誌や論文等について、追加調査を実施し、抄録、目的、手法、結論を文献調査表に取り纏めた。

II. 濁質挙動基礎実験

(1) 管路基礎実験

①. 濁質挙動の観察実験

濁質の種類、管路口径、管路流速による濁質挙動の違い、動き出しの流速など基本的な挙動の観察を行った。

②. 濁質沈降実験

浮遊しない濁質を対象に、動いている濁質が沈降し、滞留する流速を確認した。

③. 分岐部における濁質分配実験

管網内で濁質がどのように移動するかを確認するために、T字管や十字管を用いて分岐部における濁質分配実験を行った。

④. 給水栓からの濁質流出実験

赤水など濁質被害が発生する状況を確認するため、本管流速と給水栓から濁質流出状況を確認する実験を行った。

(2) 管網基礎実験

①. 濁質分岐実験

分岐を繰り返す枝状管路において、濁質が基礎実験結果と同様に分配されるかを確認し、基礎実験の管網への適合性を確認した。

②. 田型管網における濁質拡散実験

実ネットワークでの濁質拡散状況を想定する前段として、シンプルな田型の管網により濁質拡散実験を行い、基礎実験結果の適合性、水理解析による濁質拡散想定
の基礎的データ収集を行った。

3.2. 現況調査

3.2.1 文献調査

文献調査は、水資源の有効利用に資するシステムの構築に関する研究を進めるにあたり、現況調査として、管路内の水質や管網の解析など管路に関する研究の現状を把握するため行った。

1) 対象年次

最新の研究成果の調査を目指し、文献の年次は15年以内に限定して調査した。また調査対象文献において参考文献として引用されている文献については対象年次にかかわらず追加調査を実施することとした。

- ・ステップ1 : 5年以内のもの(1998年～)
- ・ステップ2 : 10年以内のもの(1993年～)
- ・ステップ3 : 15年以内のもの(1988年～)

2) 調査対象

調査対象として、以下のものを取り上げることとした。

(1) 雑誌

水道協会雑誌、水道研究発表会概要集、水道公論など水道関連の雑誌を調査する。

(2) 文献検索システム (JOIS)

関連するキーワードを用いて国内外の文献を検索し、必要な文献は別途で原文を注文する。

(3) インターネット

主に海外文献等の調査を目的とする。

(4) 図書館

水道管路に関する研究を行っている大学の研究論文を対象とする。

(5) 水道事業体の研究報告書

水道事業体内部の研究報告書等を対象とする。

3) 調査結果

調査結果は別添Epoch文献調査リスト一覧で示すと共に個々論文の抄録、目的、手法、結論を文献調査表としてまとめる。