

### 3.4.3 埼玉県企業局でのフィールド実証試験結果

庄和浄水場でのフィールド実証試験は平成15年2月より始まっており、昨年度の本報告書で中間報告を行った。その実証試験の内容は下記の通りである。

#### 1) フィールド試験設備

##### ①設置場所

PCタンク（送水調整池：貯水量3万m<sup>3</sup>）は、非常時に供給する飲料水を配水管から分岐して貯留しており、水質維持のために図-3-4-3の様にRC浄水池との間で常時、水を循環させている。このとき本PCタンクの流入側には、遠距離圧送分の送水圧力がかかることで発生する20mAq程度の余剰圧力のため減圧弁が設けられている。そこでこの余剰圧力を利用して水車を駆動させ、未利用エネルギーを回収する事にした。

設置場所写真を写真-3-4-8に示す。φ2000の送水本管から分岐したφ250の管路途中に減圧弁が設置されており、この減圧弁と並列に水車を設置した。

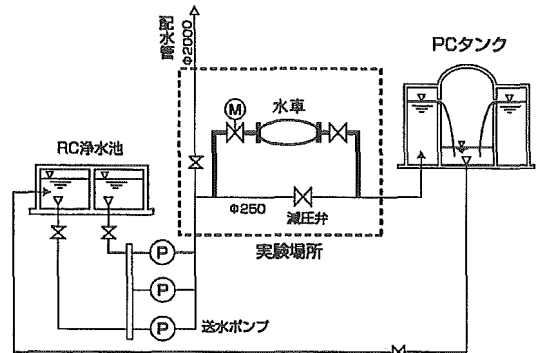


図-3-4-3 系統図

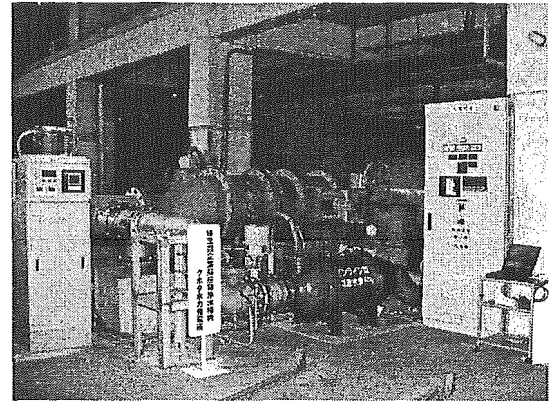


写真-3-4-8 設置場所写真

##### ②設備構成

###### (1) インライン型発電水車

仕様：13m<sup>3</sup>/min×20m×1010min<sup>-1</sup>×35kW

呼び径：φ250mm 全長：1440mm

重量：1250kg

###### (2) 発電機盤

###### (3) 水質測定ユニット

測定項目 ①水温 ②pH

③濁度 ④残留塩素

## 2) インライン型発電水車の全体構造

フィールド試験で用いる水車は図-3-4-4のように、発電機、ガイドベーン、羽根車（ランナ）から構成される。既設の配管設備に容易に設置できるように下記の特長を有している。

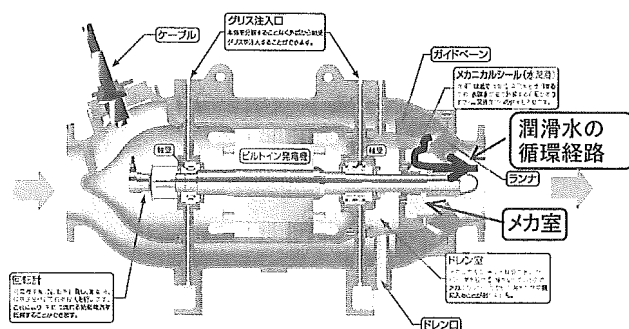


図-3-4-4 概略構造図

- ① 口径はφ300~600mm程度。
- ② 斜流羽根車により、30m程度の高落差にも対応可能。
- ③ 出入口の軸線が一致しており、既設管路途中への据付が容易。
- ④ 軸封部と軸受部の間にドレン室を設ける構造とした。
- ⑤ 自己水潤滑方式のメカニカルシールを使用している。

## 3) 羽根車とガイドベーンの設計

上述のように斜流水車を採用しており、羽根車は写真-3-4-9のような8枚羽根である。比較的高落差での設計のため、羽根車への負荷が大きい。また、ガイドベーンも同様の理由、さらに渦巻室がないため、負荷が大きくなる。

そこで適切な流れ場を与えて羽根車形状を設計する新設計手法（逆解法）を用いた。本設計手法では、幾つかの負荷パラメータ（ハブとシュラウド、各4ヶ）により、

- ① ガイドベーン出口の適切な旋回速度分布
- ② ガイドベーンや羽根車内で、局所的に急激な増減速のない滑らかな相対速度変化
- ③ 羽根車出口で旋回速度をほぼ回収

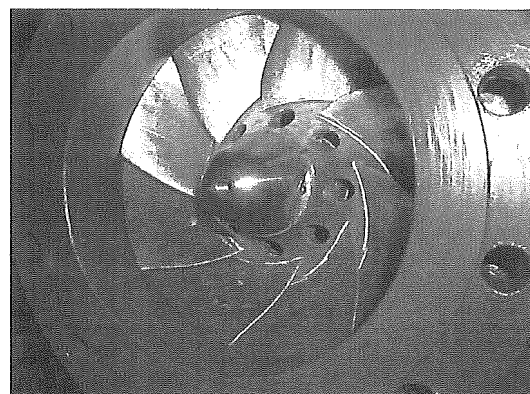


写真-3-4-9 羽根車

等を確実にコントロールできる。よって、遠心型から軸流型近くまでの広範囲にわたる仕様の設計が可能である。さらに剥離や渦の発生を抑制して、エネルギーを有効に回収できるので、発電効率が高く、また騒音を小さくすることができる。

#### 4) フィールド試験結果

##### ①水車運転状況

フィールド試験により、下記が確認できた。引き続き、試験を続行している。

- ・車の直前では若干の流量変動・圧力変動があるが、水車はそれに追従した発電を行い、未利用エネルギーを回収している。(図-3-4-5)
- ・発電された電気は既存設備に影響を与えることなく、場内の負荷へ送られている。

##### ②水質

前述の水質測定ユニットで水質を常時自動監視しているが、図-3-4-5の様に、水車の上流と下流で濁度や残留塩素濃度等の水質変化はほとんどない。よって水車が水質に与える影響はほとんど無いことが確認できた。

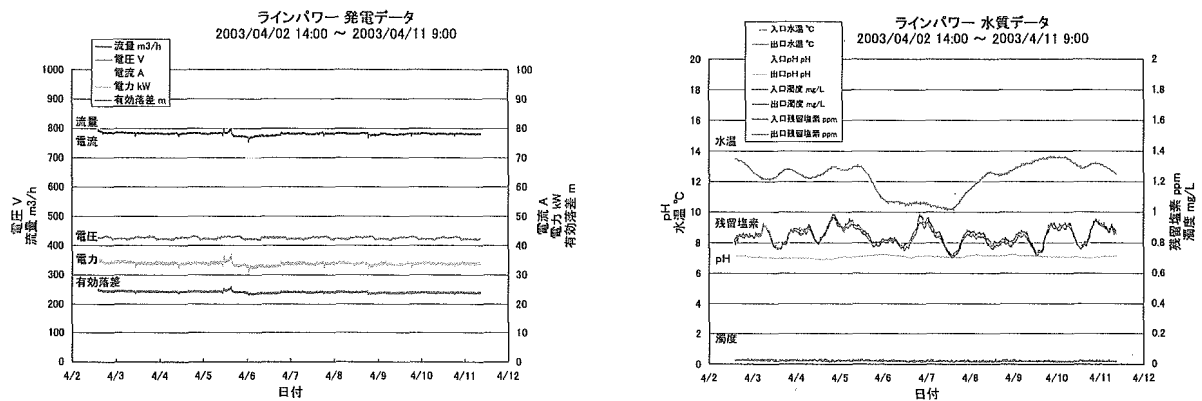


図-3-4-5 定常運転時データ (4月2日～11日)

##### ③経済・環境効果 (発生電力)

監視モニターで記録したフィールド試験データを使って、これまでのフィールド試験期間中の発生電力量の集計を行い、その経済・環境効果を検証している。

平成15年2月21日から平成16年3月31日までの1年1ヶ月の間では、累計約28万kWhの発電を行い、CO<sub>2</sub>削減効果は約206トであった。

#### 3.4.4 まとめ

地球温暖化問題への関心が高まる中で、これらフィールド実証試験はテレビや新聞でも報道された。その結果、水車等による水道施設の未利用エネルギー回収は全国の事業者だけでなく顧客（水道利用者）にも認知され始めており、その啓蒙、普及の一助となったと思われる。

また水道ビジョンでは「今世紀半ばの我が国の水道のあるべき姿」として、「安心」、「安定」、「持続」、「環境」、「国際」を5つの主要政策課題に位置づけ、水道界全体での取組みを求めている。その中の「環境・エネルギー対策の強化」の課題解決型政策群では、下記が揚げられている。

- ① 施設更新等にあわせ、エネルギー消費の少ない施設やシステムを整備
- ② 水道施設は水の有する位置エネルギー、熱エネルギー等を利用できる施設でもあり、他分野とも協調・調整を図りながら、社会システム全体で環境負荷を低減する方策の検討も推進

またその達成すべき施策目標として、以下が揚げられている。

- ① 単位水量あたり電力使用量（現況 0.50kWh/m<sup>3</sup>） 10%削減
- ② 石油代替エネルギー利用事業者の割合 100%

この様に水道施設での未利用エネルギー利用の機運が高まってきている。来年度はこれらフィールド実証試験の評価・まとめを行うと共に、水道施設での未利用エネルギー回収技術の導入を促進するために、下記を行う。

##### (1) アンケート

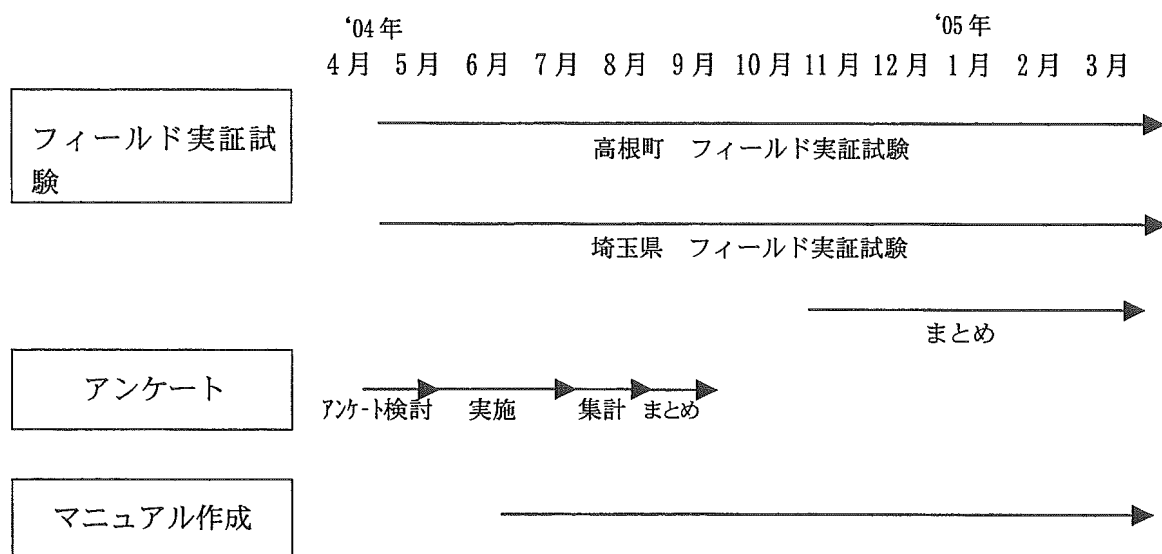
水道施設における潜在発電能力を調査し、未利用エネルギー利用促進の一助とするために、全国事業者へのアンケートにより下記等を把握する。また導入阻害要因があれば明らかにして、分析・検討してマニュアルへ反映させる。また必要なら、導入に前向き、また適切な回収場所を有している事業者へのヒアリングも行う。

- ① 減圧弁設置の施設や管路の調査  
(未利用エネルギー回収の可能性を、具体的・数値的に把握)  
設置位置、管径、計画水量、弁前後圧力等
- ② 水道施設への水車発電設備導入に対する、実事業者（事業者）の考え方・意見
- ③ 本設備の導入・普及に必要な制度に対する、実事業者の展望・意見

##### (2) マニュアル作成

上記アンケート結果を分析・検討し、また具体的現況として折り込んだ上で、利用が容易な様に要点をまとめた技術設計指針を作成する。また導入判断基準も折り込む。

(3) 平成16年度のスケジュール



### 3.5.まとめ

#### 3.5.1 平成15年度成果の概要

##### 1)現況調査

- ・文献調査は平成14年度および本年度に調査した135文献に就いて、管内水質・管材質・管網・小水力発電等に分類しその内容を紹介した。
- ・管網実態調査として事業体に追加アンケートを実施し、管網形状の影響・洗管作業・水理条件と濁質の関係を調べた。

##### 2)管路基礎実験

###### ・濁質挙動

φ75～φ150の直線管路およびφ100の上越し・下越し・水平異形管部で流速を上げていき、濁質（砂・鉄錆び・塗膜片）の各流速での挙動を把握した。

砂および鉄錆の固形は、粒子の小さなものでは流速0.2m/s程度より流れ始め、流速0.4m/s程度で安定して流れていく。

上越し・下越し等の異形管部を通過するには更に早い流速が必要で、流速0.7m/s程度で下流へ流れていく。

塗膜片は流速0.1m/s程度で流れ始め、上越し・下越し等の異形管部でも水の流れに乗って移動する。

流速0.9m/s程度では勢い良く流れて行き、水道維持管理指針に“管洗浄の管内流速は1.0m/s以上が望ましい”とある様に効果的な洗浄が行える事を確認した。

また濁質沈降実験において口径φ100、φ150の直線管路の途中で水を抜いて流速を下げ、砂の移動および沈降状態を把握した。

砂の沈降・滞留は、流速0.4m/s程度で大きな砂が堆積し始め、流速0.3m/s程度になると細かな砂も堆積してくる。

###### ・分岐部における濁質分配

十字・T字管で濁質の分配実験を実施し流量配分に対する濁質の分配比を把握すると共に、アクリル製の十字・T字管を製作し挙動を観察した。

塗膜片は、ほぼ流量比に比例して分配される。

砂等の比重が重く管底を移動する濁質は塗膜片の場合と異なる。

同口径の十字・T字管では、濁質は分岐方向に引っ張られ直進方向には流量に比較して僅かしか分配されない。

異口径の十字・T字管（φ150×φ100）では流量が分岐方向に多く行く場合は、直進方向には濁質は殆ど分配されず、逆に流量の多くが直進する場合は流量に比して多くの濁質が直進方向に分配される。

・給水栓からの濁質流出

砂は流速 1.0m/s 程度では給水栓からの流出は見られなかった。

鉄錆の固形も流速 1.0m/s 程度では給水栓からの流出は見られなかったが、赤水は流速 0.3m/s では管内全体に広がり給水栓より流出する。

3)管網基礎実験

川井浄水場に設置した実験管路にて、濁質の分岐実験および田型管網における濁質拡散実験を実施した。

分岐実験および田型管網での濁質拡散実験では、濁質の分配比は分岐部における濁質分配実験結果より十分推定できることが確認された。しかし濁質が堆積する位置（流速範囲）については幾分の幅をもって推定する必要がある。

4)未利用エネルギーの有効利用

水車発電機のフィールド実証試験は順調に駆動しており、データの収集を継続実施している。

3.5.2 今後の課題（平成16年度の計画）

1)管路基礎実験

・管路基礎実験の追加及び再確認実験

十字管（ $\phi 150 \times \phi 100$ ）2方向流入の場合の濁質分配

T字管（ $\phi 100 \times \phi 100$ ）全流量直進の場合の濁質分配

・管網基礎実験の追加実験 田型管網における濁質拡散実験

・最適管網形成に関する実験

2)効率的な洗管方法

・濁質堆積場所の特定に関する検討

・効率的洗管手順の検討

3)配水管路形態

・滞留の無い管路および濁質回収の容易な管路

・各配水形態のメリット、デメリット

4)流況解析

管底を移動する粒体の分岐部挙動解析

5)未利用エネルギーの有効利用

・実証実験の継続実施

・アンケートによる事業者（事業体）の要望・意見と水道施設における潜在発電能力の調査

## 4. 濁質除去システムの開発

(管路第3研究グループ)



#### 4 濁質除去システムの開発（管路第3研究グループ）

##### 4.1 濁質除去用資機材の開発・評価（参画企業研究）

###### 4.1.1. ㈱石垣

「管路内除去装置(ストレーナ方式)の開発」

###### 1) 目的

配水管内濁質の除去装置としてストレーナを用いた方式を提案し、想定される管内濁質除去機能等の評価を行なう。

###### 2) 平成15年度研究成果

###### (1) ストレーナ方式実験機概要

石垣ストレーナの概略設計仕様は次の通りとする。

口径 :  $\phi 150\text{mm}$

仕様 : 複式ストレーナ形

捕集濁質手動式洗浄管付

###### (2) 社内実験報告

###### ① 実験設備概要

社内実験設備について、図4.1.1.2に示す。供給用水槽に貯水された水道水をポンプでストレーナ実験機に供給し、その水道水は循環できる構造とした。

この供給水の圧力・流量は調整弁2箇所調整を行ない、ストレーナ出入り口に観察用のアクリル管を設けた。

また、実験管路における $\phi 150$ ストレーナ実験機について、図4.1.1.3に示す。

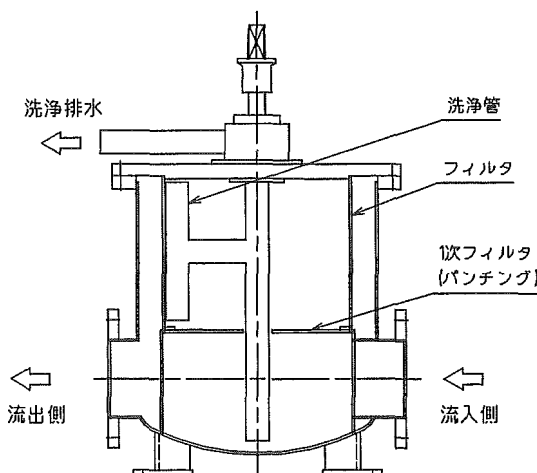


図 4.1.1.1 ストレーナ構造図

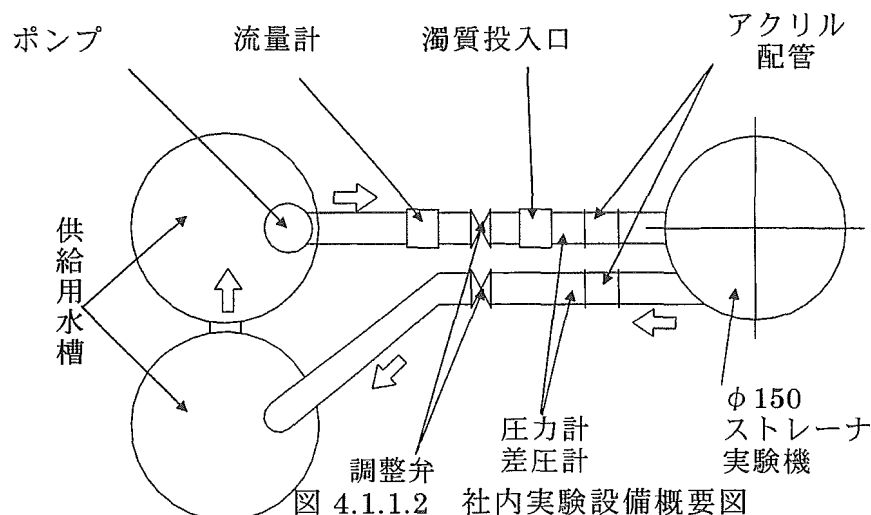


図 4.1.1.2 社内実験設備概要図

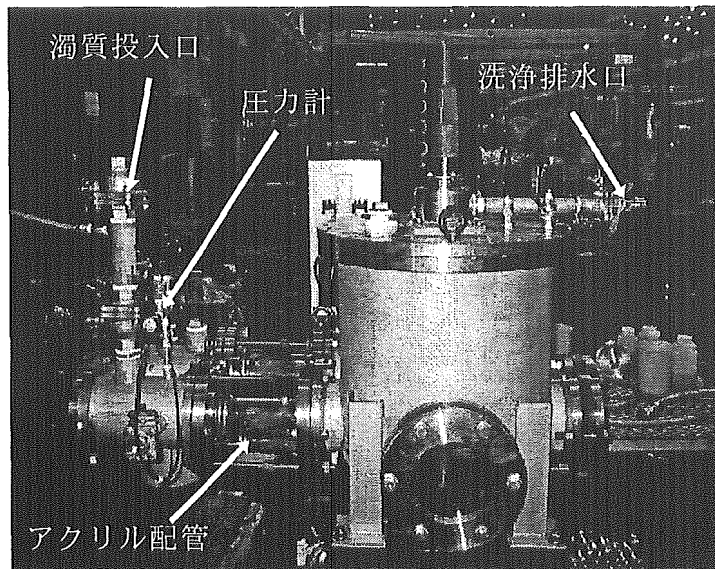


写真 4.1.1.1  $\phi 150$  ストレーナ実験機全景

$\phi 150$  ストレーナ (石垣) 実験機

②

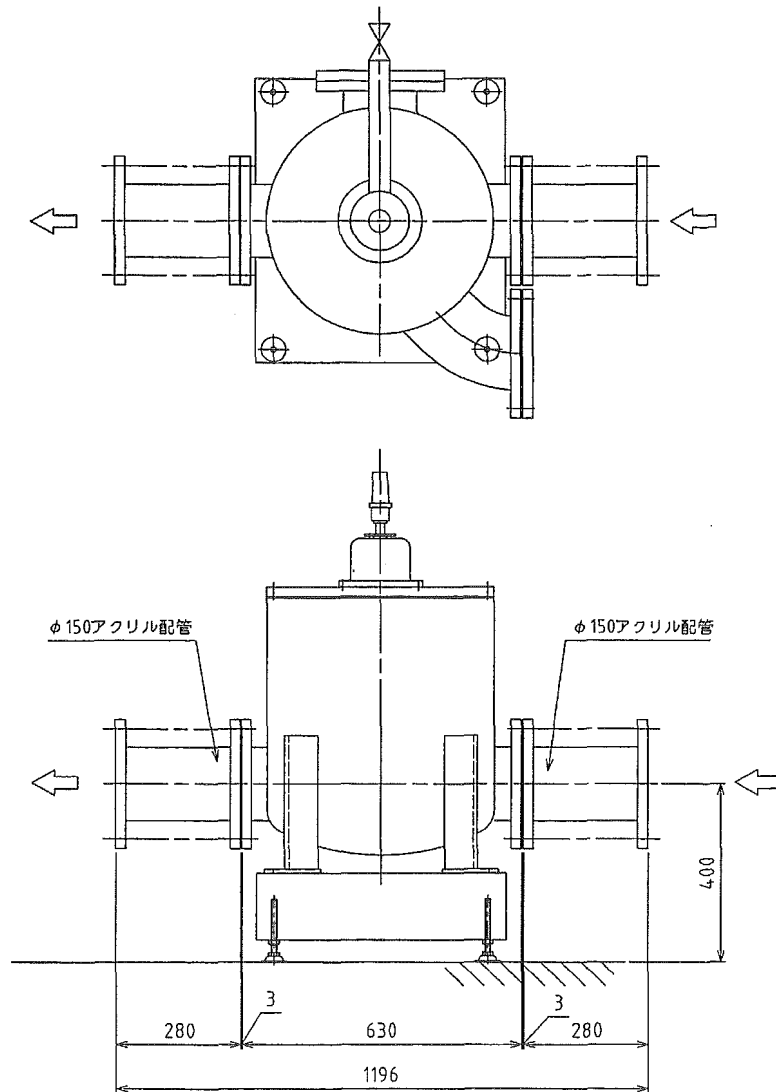


図 4.1.1.3 実験管路における  $\phi 150$  ストレーナ (石垣) 実験機

## 実験項目

### (a) 各種条件における圧力損失の把握

ストレーナの条件、流量など各状態における圧力損失の測定を行なう。

測定項目は、全体流量及び1次側圧力・2次側圧力、ストレーナ出入口の差圧とした。

### (b) ストレーナ条件による捕集・配管圧力の影響の確認

実験濁質を使用して、ストレーナ条件による、濁質の捕集量や2次側の濁質濃度確認、圧力損失の変化状況の確認を行なう。

### (c) 洗浄水量(排水量)・洗浄間隔・洗浄時間の確認

実験濁質において、洗浄水量を最小にできる条件(洗浄管形状・洗浄時間等)の確認を行なう。

### (d) 混合物による挙動や洗浄の確認

共通濁質である砂や鉄サビ、フィルム(塗膜片の代替)の混合物による挙動および洗浄の確認を行なう。

### ③ 実験結果

#### (a) 各種条件における圧力損失

管内流速と清水時(濁質投入無)の圧力損失の関係を図 4.1.1.4 の▲、■に示す。流速増加につれ圧力損失が増加する傾向となった。

また、管内流速 1m/s 時のストレーナ圧力損失は、20 $\mu$ フィルタで約 0.7m であり、当初設計値(約 3m)以下に収まっていることがわかる。

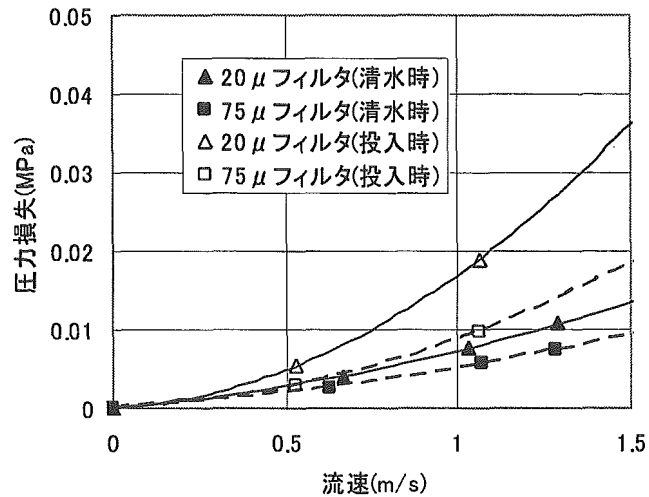


図 4.1.1.4 管内流速と圧力損失の関係

#### (b) ストレーナ条件による捕集・配管圧力の影響

写真 2 に示す濁質(砂 200~300 $\mu$ m)を投入した時の圧力損失を図 4.1.1.4 の△、□に示す。投入量は合計約 800ml とした。

この時のストレーナ圧力損失も流速 1m/s で約 1.7m であり安定したろ過が行なわれていることが確認できる。

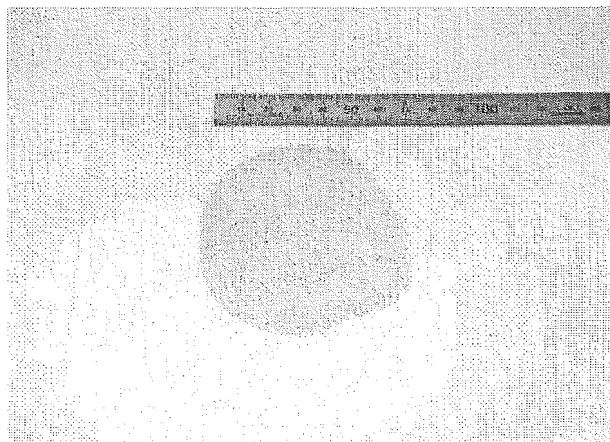


写真 4.1.1.2 実験濁質(砂 200~300 $\mu$ m)

(c) 洗浄水量(排水量)・洗浄間隔・洗浄時間の確認

ストレーナに合計約 800ml の濁質(砂 200~300 $\mu$ m)を投入後、フィルタ洗浄を行なった。写真 4.1.1.3~4.1.1.6 は 20 $\mu$ m フィルタでの実験のものである。

ア. 濁質捕集状況

写真 4.1.1.3 にストレーナ通過した水を示す。これより投入した濁質が見られないことがわかる。また、各フィルタでの濁質捕集率(※1)は 95%以上であった。

$$\text{※1 濁質捕集率 (\%)} = \frac{\text{捕集量}}{\text{投入量}} \times 100$$

(上記投入量及び捕集量測定は容積測定とする)

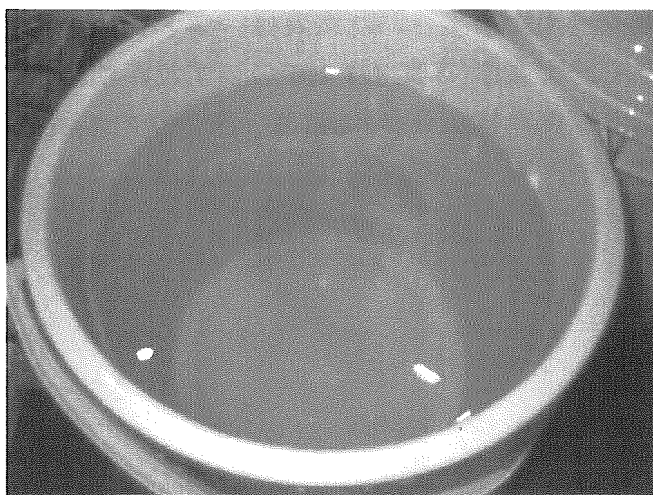


写真 4.1.1.3 ストレーナ通過後の水  
(サンプリング採取)

フィルタ 目幅 ( $\mu$ m)	流速 (m/s)	圧力 (MPa)	洗浄 水量 ( $m^3$ )	濁質 捕集率 (%)
20	1.0	0.3	0.06	98.7
75	1.0	0.3	0.06	95.1

表 4.1.1.1 洗浄水量・濁質捕集率について

イ. 洗浄水量

圧力損失がほぼ回復できた洗浄水量は 0.1 $m^3$  以下であり、洗浄時間も約 20 秒であった。これより一般の洗管作業に比べ小水量での洗浄が可能であることが確認できた。

写真 4.1.1.4 にこの時の洗浄後のフィルタ内面を示す。フィルタ内面に濁質の付着が見られないことが確認できる。

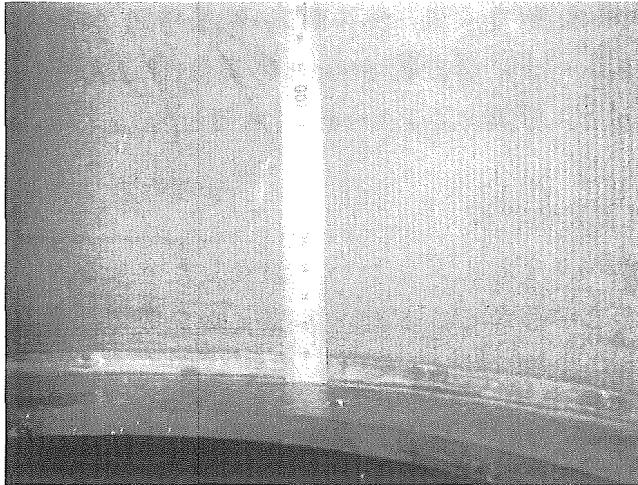


写真 4.1.1.4 洗浄後のフィルタ内面

ウ. 洗浄によるストレーナ状況

ストレーナに捕集された濁質は、ストレーナ洗浄による洗浄排水(写真 4.1.1.5)、ストレーナ底面(写真 4.1.1.6)のいずれかに存在することがわかる。このとき、その割合は洗浄排出分が約 91%、タンク内堆積分が約 9%であった。

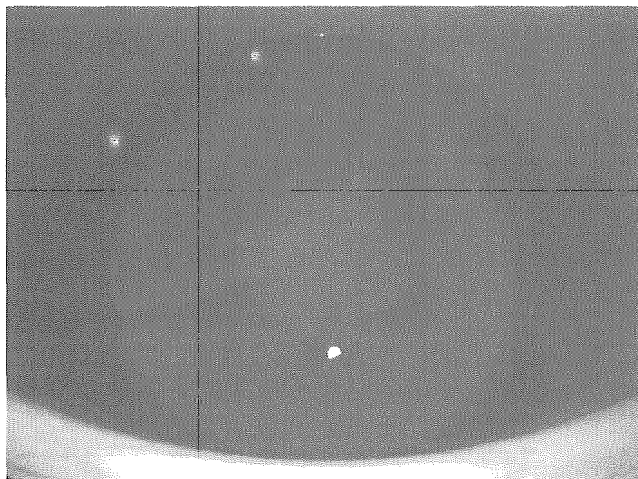


写真 4.1.1.5 ストレーナからの洗浄排水

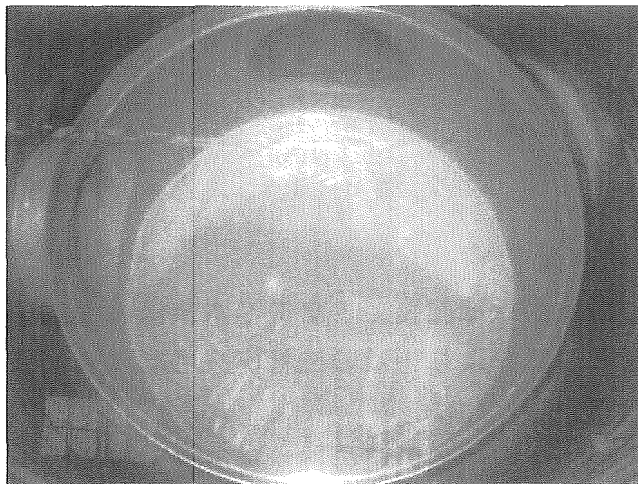


写真 4.1.1.6 ストレーナ底面

(d) 混合物による挙動や洗浄の確認

使用した共通濁質の種類を表 4.1.1.2 に示す。20 $\mu$ m フィルタで試験を行なった。

濁質種類	仕様
砂	粒径:4mm 程度まで
鉄錆	粒径:5mm 程度まで
フィルム	比重 1.14、サイズ:2mm 角

表 4.1.1.2 共通濁質種類について

それぞれについての状況を見ると、フィルム(写真 4.1.1.7、4.1.1.8)・砂は濁質捕集率が 93%以上となったが、細かな粒子が存在する鉄錆では 75%とやや低い結果となった。これは、細かな粒子がフィルタ面へ付着し、その洗浄による排出が短時間では難しいためと考えられる。また、最大圧力損失が高くなった理由として、その付着によるろ過面積の減少が考えられる。

濁質種類	流速 (m/s)	圧力 (MPa)	最大圧力損失 (m)	濁質捕集率 (%)
砂	1.0	0.2	3.0	93.0
鉄錆	1.0	0.2	16.6	75.0
フィルム	1.0	0.2	1.3	98.0

表 4.1.1.3 共通濁質の濁質捕集率について

投入濁質	濁質濃度(mg/l)
なし	1.1
鉄錆	4.0
混合物(鉄錆含)	4.0

表 4.1.1.4 鉄錆投入時の濁質濃度変化

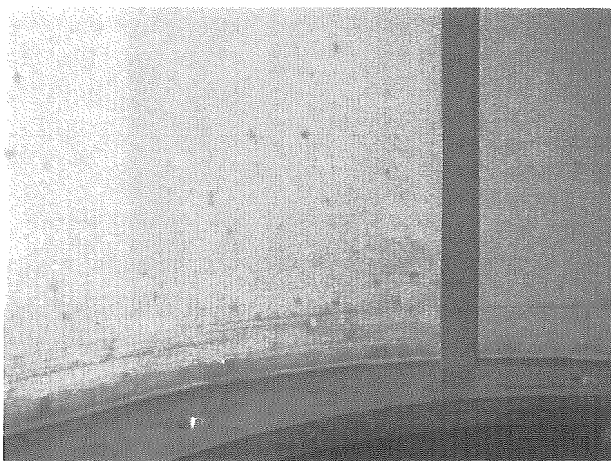


写真 4.1.1.7  
フィルタ内面(フィルム実験時)



写真 4.1.1.8  
洗浄排水で排出されたフィルム

また、鉄錆投入時には下流側に少し濁った水が流出する現象も見られ、フィルタ目幅以下の細かい粒子が流出していることがわかる。(表 4.1.1.4)

次に、砂・鉄サビ・フィルムの混合物(写真 4.1.1.9)を投入して実験を行なった。  
この時の投入量は約 200ml、鉄錆単体での実験結果を考慮しフィルタ目幅は  $75\mu\text{m}$  とした。

実験中には、先ほど見られた細かい鉄錆が下流側に流出する現象が見られたが、 $20\mu\text{m}$  と同程度の濁質濃度であった。(表 4.1.1.4)また、捕集され洗浄により排出された濁質を写真 4.1.1.10 に示す。

この時の最大圧力損失は約 1m、濁質捕集率は約 88%であった。

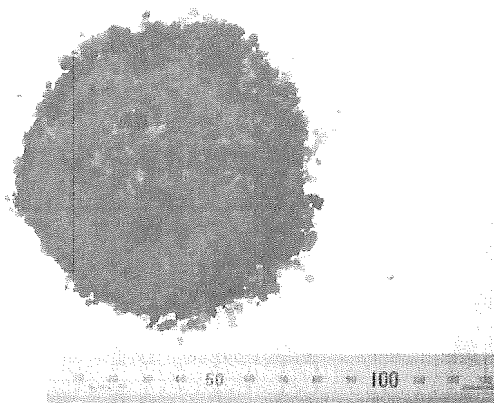


写真 4.1.1.9 投入した混合物の一部  
(砂:鉄錆:フィルム=1:1:0.3(容積比))

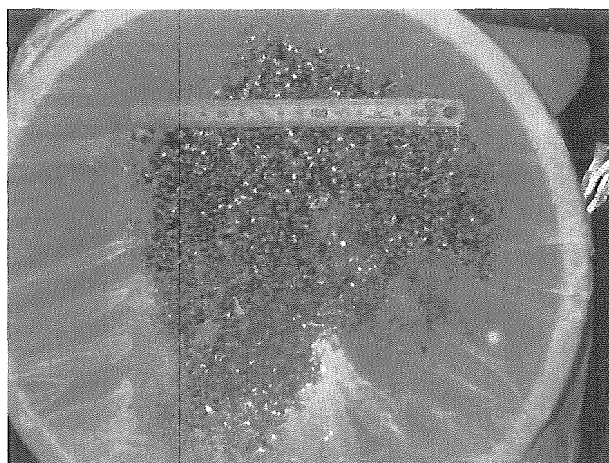


写真 4.1.1.10 洗浄排水で排出された濁質

#### ④ まとめ

砂、フィルムに関して、フィルタ目幅  $20\mu\text{m}$  条件下での濁質捕集率、洗浄効果はともに良好な結果となったが、細かい粒子が存在する鉄錆では圧力損失が大きく、また、洗浄効果もやや少なかった。それを考慮したフィルタ目幅  $75\mu\text{m}$  の試験を行ない、圧力損失・洗浄効果が確認できたので、この条件で川井浄水場での実験管路実証実験を行なう所存である。



3) 平成 16 年度研究基本構想

平成 16 年度においては、川井浄水場実験管路における実証実験を行ない、機器単体および複合システムの確認・評価を行なう。

実験管路実証試験の内容は以下の通り。

(1) 機器単体機能確認実験

配水管直接取り付けによる機器単体機能確認試験(圧力損失の確認等)、濁質投入試験(濁質捕集・洗浄の機能確認等)を行なう。

(2) 共同研究 非排水循環除去実験

試験機を非排水循環除去システムの濁質除去機として位置づけてシステムの複合的な機能確認試験を行なう。



表 4.1.1.5 Epoch 第3研究G 研究テーママスケジュール (案)

小分類	研究開発項目	具体的研究開発事項	平成14年度			平成15年度			平成16年度		
			1	2	3	4	6	8	10	12	1
□社内試験	◇文献・資料調査研究	◆管路内濁質除去類似システムの文献調査	↑			↑					
		◆管路内濁質除去類似システムの資料調査	↑			↑					
		◆社内試験設備による機能確認試験				↑	↑	↑	↑	↑	↑
□共同試験 (川井浄水場)	◇社内機能確認試験	◆社内試験の機能評価				↑	↑	↑	↑	↑	↑
		◆持込準備									
		◆単体機能確認試験									
□まとめ	◇複合機能確認試験	◆複合性能確認試験									
□参考	◇濁質の調査 (第1グループ)	◆濁質の種類、形状、大きさや水理挙動特性の調査					↑				

#### 4.1.2 (株) 栗本鐵工所

##### 「局所洗淨方式の性能確認試験」

#### 1) 目的

バルブ付T字管を実管路に設置し、通常のフランジ付きT字管からは排出されにくい土砂や錆などを除去対象として機能評価をおこなう。

#### 2) 実験概要

##### (1) 設置場所

福岡市水道局殿の協力によりバルブ付T字管（φ200×φ75）を実管路へ設置した。当該管路は給水区域末端に近く、砂礫混入のクレームが頻発していた管路である。

設置場所：福岡市西区小戸3丁目地内

設置日：平成15年10月21日

実験日：平成15年10月28日（1回目、①および②）

平成15年12月18日（2回目、③および④）

##### (2) 実験方法

バルブ付T字管と近傍の既設うず巻式T字管および上流側既設消火栓（フランジ付きT字管）から洗管作業をおこない、夾雑物の排出量を比較した。

なお、いずれのT字管も呼び径φ200×φ75で、上部に消火栓が設置されている。

##### <実験1>

図4.1.2.1に示す分岐側管路（下方）の夾雑物をバルブ操作により①バルブ付T字管、②うず巻式T字管の順に導き、一定時間洗管後に排出された夾雑物量を測定する。

##### <実験2>

図4.1.2.1に示す右方向管路（フランジ付T字管の上流側）の夾雑物を③バルブ付T字管、④フランジ付T字管の順に導き、一定時間洗管後に排出された夾雑物量を測定する。実験状況を写真4.1.2.1～写真4.1.2.4に示す。

（注）当初、上流のフランジ付T字管から先に排水する予定であったが、工程の都合でバルブ付T字管から先に排水した。

##### <実験条件>

- ・排水時間 各10分

##### <使用機器その他>

- ・流量計
- ・夾雑物捕集用ネット
- ・メスシリンダ

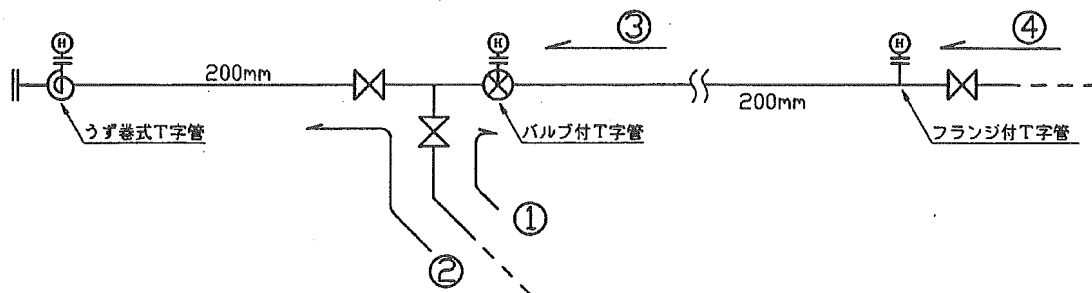


図 4.1.2.1 試験管路概要図