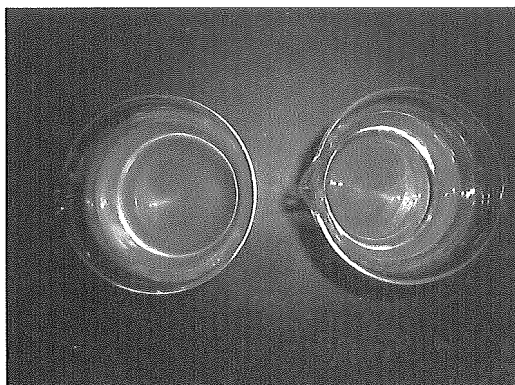
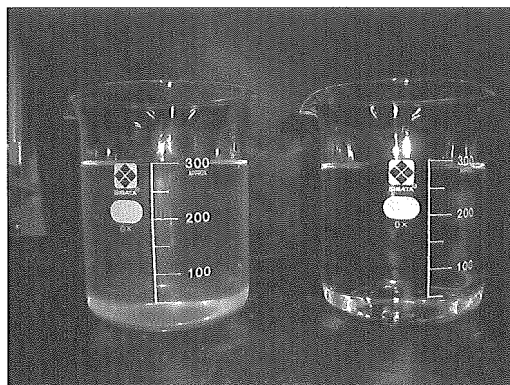


写真 7.2.36 各濁質ろ過試験における供試水と膜ろ過水

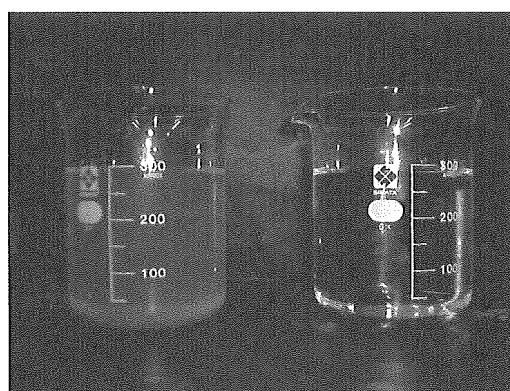
(左：供試水、右：膜ろ過水[15min 後])



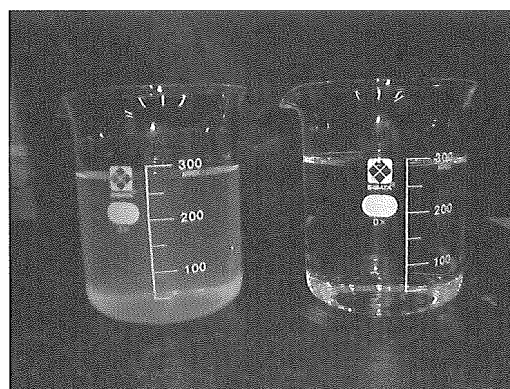
標準粒子 2 種 (0.01wt%)

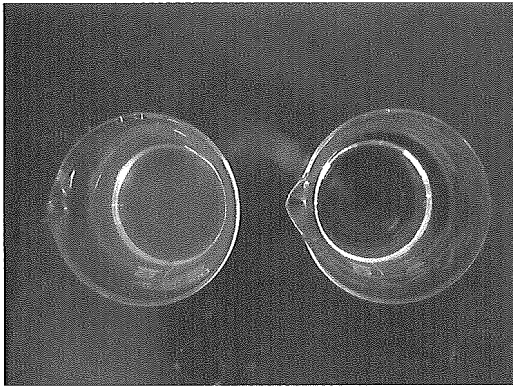


標準粒子 8 種 (0.01wt%)

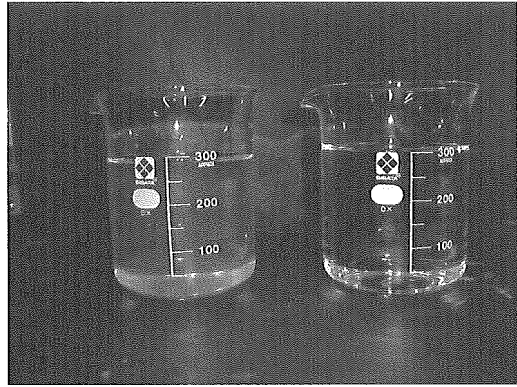


標準粒子 3 種 (0.01wt%)

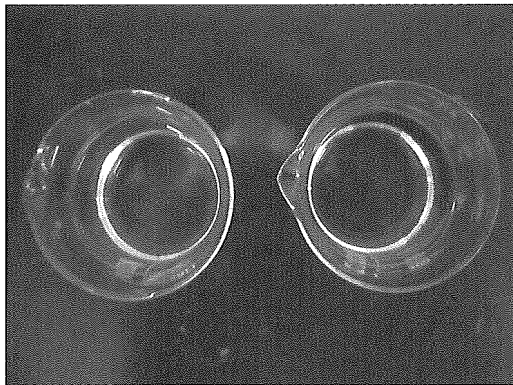
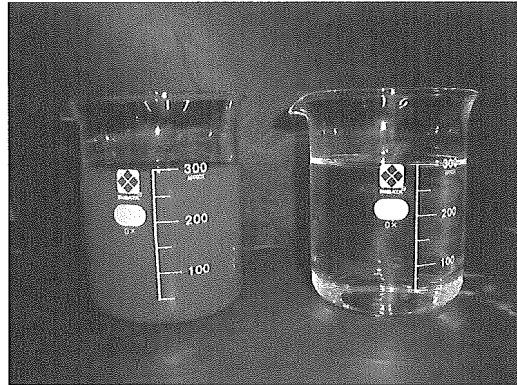




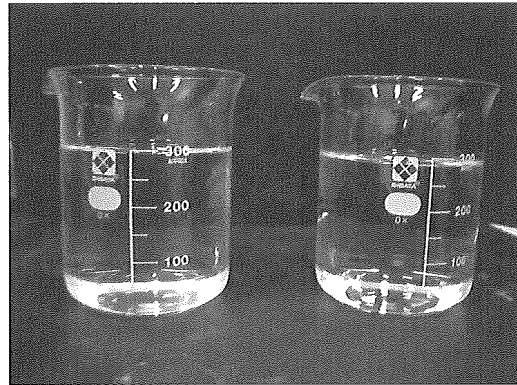
標準粒子 7 種 (0.01Wt%)



標準粒子 7 種 (0.1wt%)



標準粒子 7 種 (0.001wt%)



4) スケールアップ検討

基礎性能評価試験においては、一定濃度での濁質除去試験を行ったが、実際の運用ではピーク状の濁質負荷が到達する場合は想定される。そこで、大型セラミック膜を用い、ピーク状濁質負荷を模擬した定流量ろ過試験を実施し、実濁質（鉄錆、砂、シーラコート）を用いた濁質除去性能評価した。また併せて、膜閉塞に対応するために、逆洗によるろ過性能の回復を確認した。

- (1) 実験期間： 2004年2月
- (2) 実験場所： 横浜市水道局川井浄水場 *Epoch* 実験管路
- (3) 試験方法 実験管路内に膜ろ過装置を設置し、消火栓より所定の濁質を投入後、ポンプにて試験管路内を送水しろ過を実施。ろ過時原水側/ろ過水側圧力、及び原水/ろ過水濁度、SSを測定し評価。
- (4) 実験装置： 膜エレメントとして、膜孔径の異なる2種類大型セラミック膜エレメントを使用した。大型膜エレメントの概観を写真7.2.37に、仕様を表7.2.41に示す。また、実験フロー概略を図7.2.29に、配管図を図7.2.31に示す。また、試験に使用した膜ろ過装置フローを図7.2.30に、外観を写真7.2.38に示す。

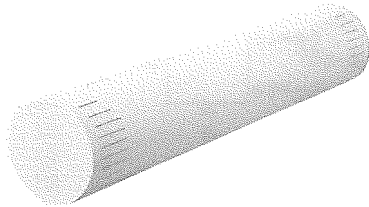


写真 7.2.37 大型セラミック膜エレメント

表 7.2.41 大型セラミック膜仕様

形式	内圧式モノリス型
材質	セラミック
膜孔径	1,10 μm
外径×長さ	φ180 mm×1000 mm
膜ろ過セル内径	約 2.5 mm
膜面積	12m ²

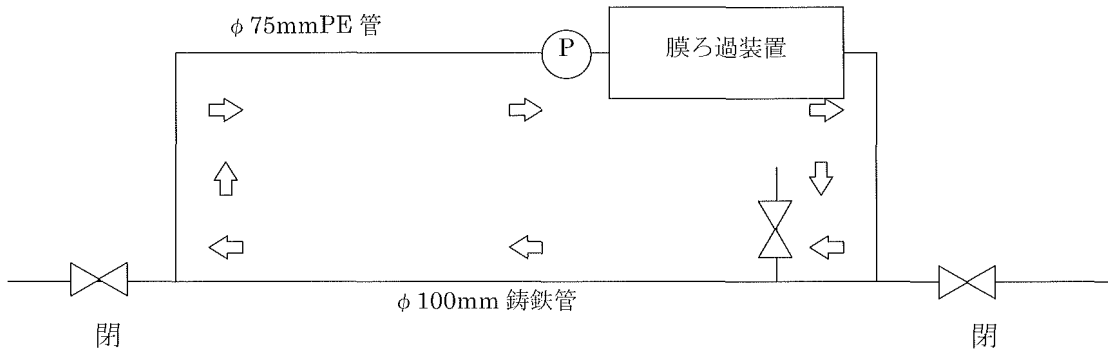


図 7.2.29 実験フロー概略

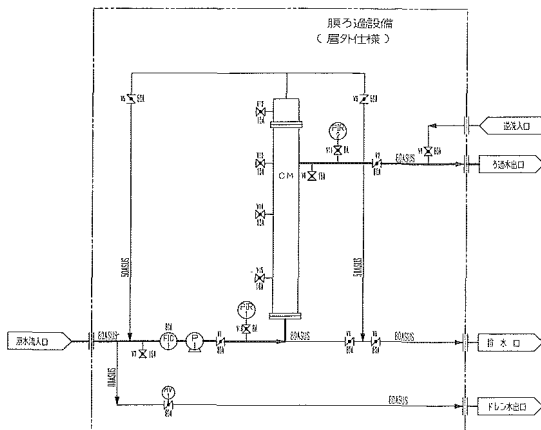


図 7.2.30 装置フロー

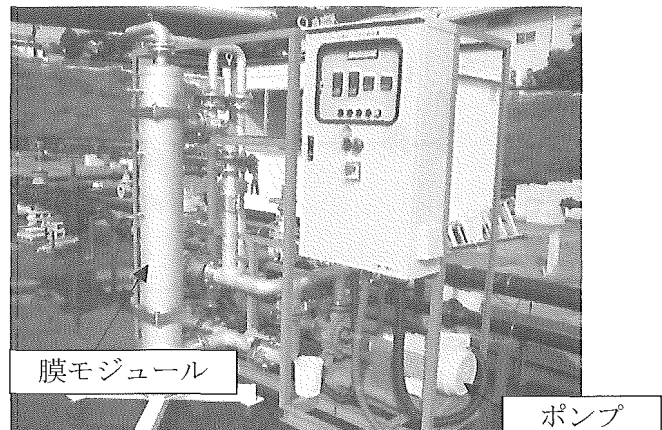
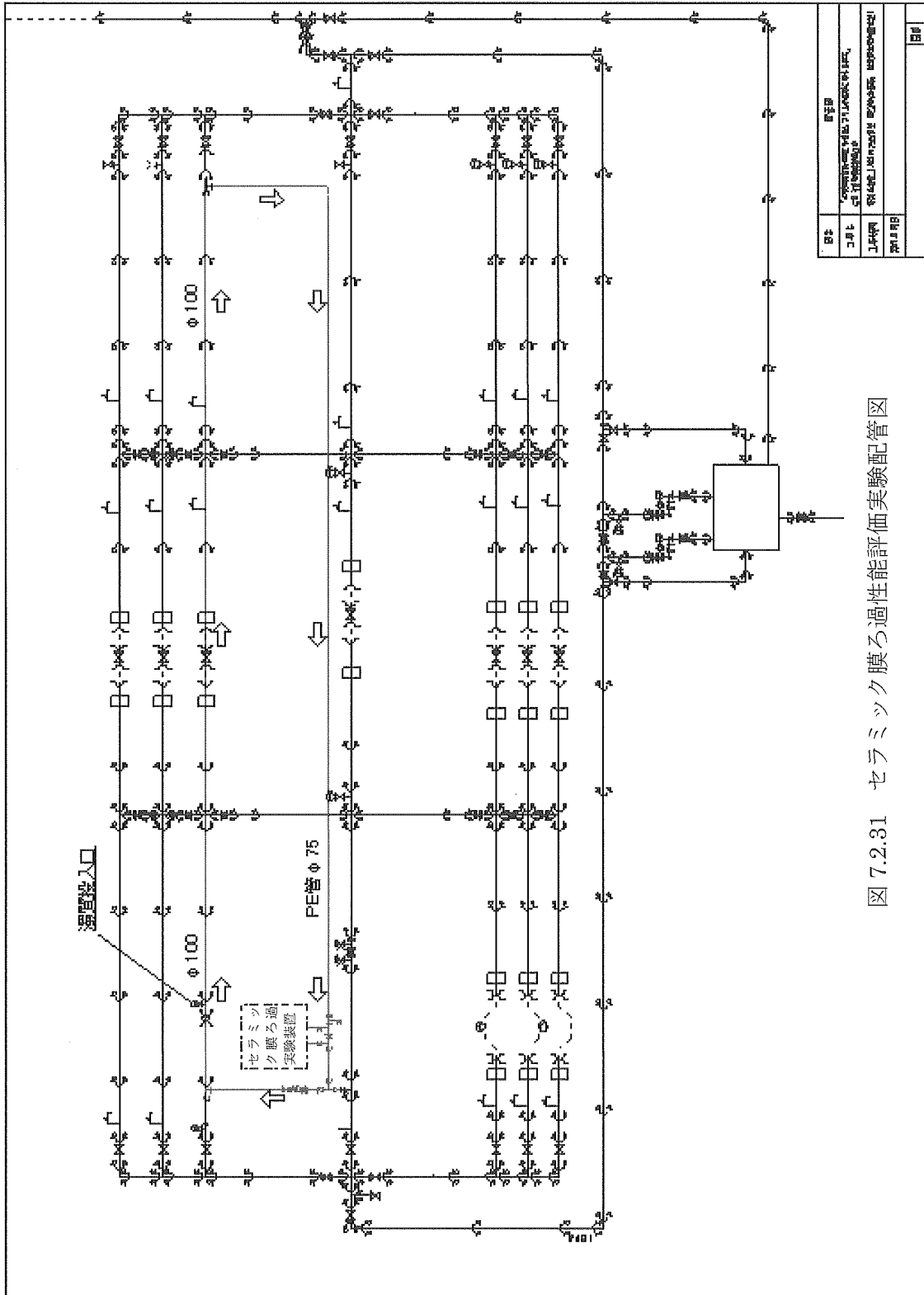


写真 7.2.38 装置外観



図名	図 7.2.31
工事名	「セラミック膜ろ過性能評価実験装置」の設置工事
工種	配管工事
図号	001

図 7.2.31 セラミック膜ろ過性能評価実験配管図

(5) 実験条件

対象原水： 濁質添加水道水

鉄錆（1mm 篩下を使用）、砂（1mm 篩下を使用）、シーラコート

表 7.2.42 実験条件

	膜孔径 [μm]	膜ろ過流束 [$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$]	投入濁質 [-]	投入量 [g]
RUN1	1	53	鉄錆	300
RUN2	1	10	鉄錆	300
RUN3	1	53	鉄錆	1720
RUN4	10	53	鉄錆	300
RUN5	10	53	鉄錆	1720
RUN6	10	53	鉄錆	750
RUN7	10	53	砂	500
RUN8	10	53	シーラコート	50

(6) 試験結果

① 濁質除去性能評価

a. 膜孔径評価

膜孔径 $1\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ にて鉄錆の除去性能の評価を実施。(投入量 300g 膜ろ過流速 $53\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{日}$ 、RUN1,4) 各孔径での原水及びろ過水の濁度経時変化を図 7.2.32~33 に、流量膜間差圧の経時変化を図 7.2.34~35 に示す。濁質投入後、ポンプを起動させることにより、濁度の変化より濁質がピーク状に装置入口に到達していることがわかる。膜孔径 $1\mu\text{m}$ でのろ過水濁度はピーク到達に関わらず、 0.6NTU 以下を維持しているが、 $10\mu\text{m}$ ではピーク到達時には、約 6NTU の濁度の漏洩が認められた。

ろ過初期の膜間差圧については、膜孔径 $10\mu\text{m}$ では約 13kPa であったのに対し、 $1\mu\text{m}$ では、 23kPa と約 1.8 倍の圧力損失がかかることがわかる。また、各孔径とも膜面への濁質到達と同時に膜間差圧の顕著な上昇は認められなかったが、ろ過時間の経過とともに、 $1\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ とも数 kPa のわずかな上昇が認められ、若干 $1\mu\text{m}$ の方が膜間差圧上昇を抑えられていた。

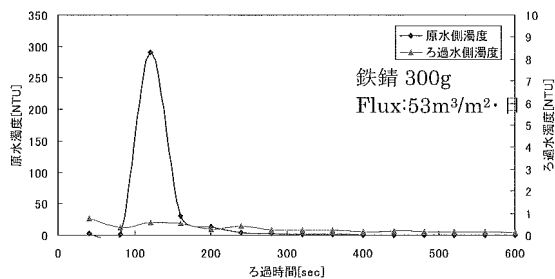


図 7.2.32 膜孔径 $1\mu\text{m}$ 濁度経時変化

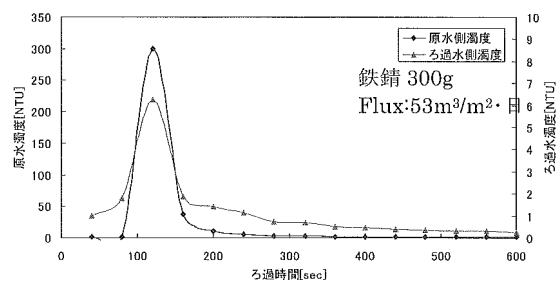


図 7.2.33 膜孔径 $10\mu\text{m}$ 濁度経時変化

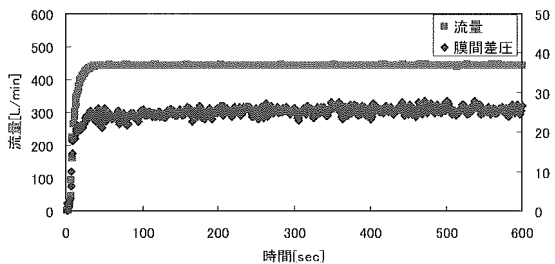


図 7.2.34 膜孔径 $1\mu\text{m}$ 流量差圧経時変化

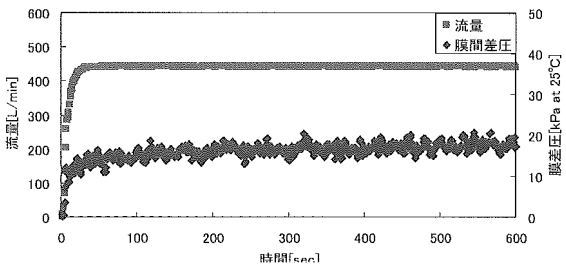


図 7.2.35 膜孔径 $10\mu\text{m}$ 流量差圧経時変化

表 7.2.43 各孔径における濁質除去性能

膜孔径	原水濁度 最大値 [NTU]	ろ過水濁度 最大値 [NTU]	初期時 膜間差圧 [kPa]	終了時 膜間差圧 [kPa]
$1\mu\text{m}$	293	0.6	23.0	26.4
$10\mu\text{m}$	299	6.2	13.3	17.4

b. 負荷量評価

膜孔径 $1\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ にて鉄錆の投入量を変化させ除去性能の評価を実施。

(投入量 300、1720g[膜面積負荷=25、140g/m²]、 $1\mu\text{m}$ -RUN1,3、 $10\mu\text{m}$ -RUN4,5)

原水及びろ過水の濁度経時変化を図 7.2.36~37、図 7.2.40~41 に、流量及び膜間差圧の経時変化を図 7.2.38~39、図 7.2.42~43 に示す。膜孔径 $1\mu\text{m}$ では濁質の負荷量を増大させても、ろ過水濁度の変動は認められなかった。しかし、 $10\mu\text{m}$ 膜では、負荷量を増大させた場合、ろ過水濁度最大値が低下した。これは、負荷量の増大により、膜面でケーキろ過が進行し、膜孔径よりも小粒径な濁質も阻止されたためと考えられる。また、膜間差圧については、負荷量の増大により、各孔径とも、ピーク到達により膜間差圧の上昇が認められた。但し、ろ過を継続しても膜間差圧が上昇する傾向は認められず、安定したろ過性を示した。

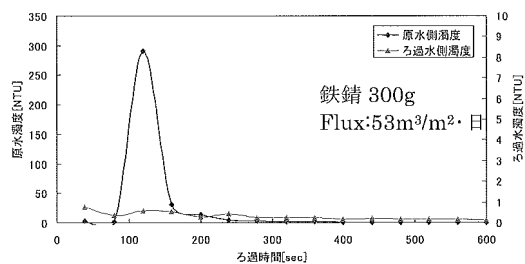


図 7.2.36 膜孔径 $1\mu\text{m}$ 濁度経時変化

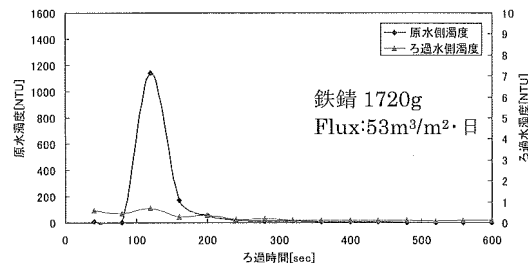


図 7.2.37 膜孔径 $1\mu\text{m}$ 濁度経時変化

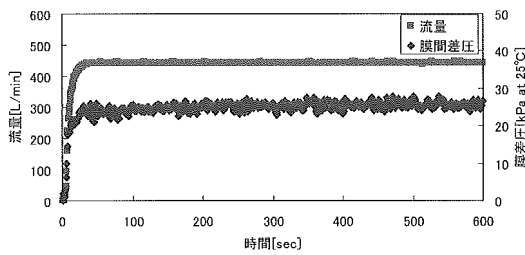


図 7.2.38 膜孔径 $1\mu\text{m}$ 流量差圧経時変化

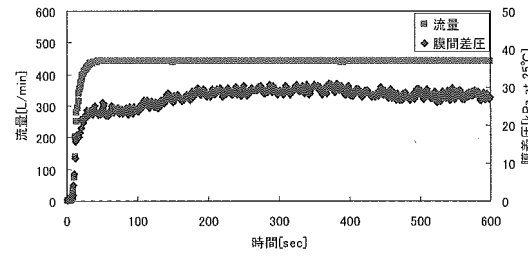


図 7.2.39 膜孔径 $1\mu\text{m}$ 流量差圧経時変化

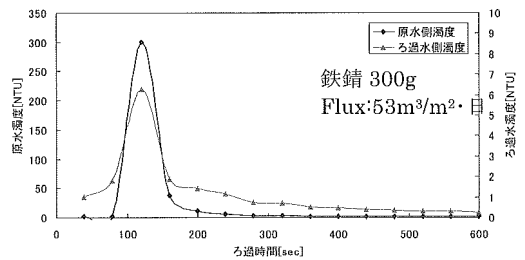


図 7.2.40 膜孔径 $10\mu\text{m}$ 濁度経時変化

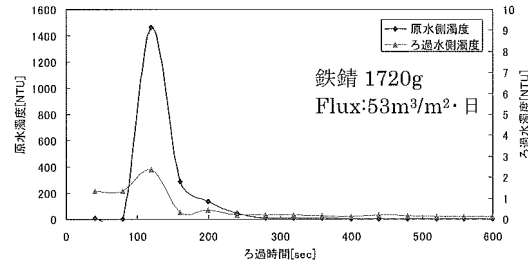


図 7.2.41 膜孔径 $10\mu\text{m}$ 濁度経時変化

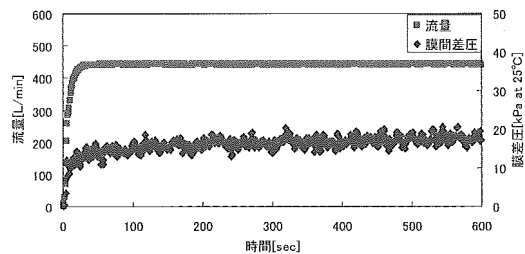


図 7.2.42 膜孔径 $10\mu\text{m}$ 流量差圧経時変化

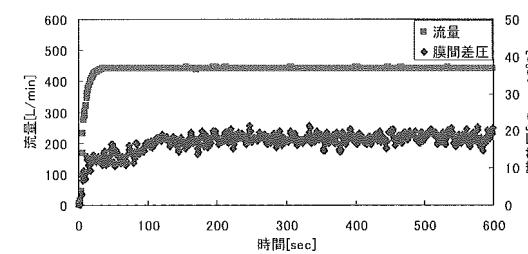


図 7.2.43 膜孔径 $10\mu\text{m}$ 流量差圧経時変化

c. 膜ろ過流束評価

膜孔径 $1\mu\text{m}$ にて膜ろ過流束を変化させ除去性能の評価を実施。

(膜ろ過流束 $10, 53\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{日}$ 、RUN2,1-管内流速 RUN2: $0.2\text{ m}/\text{sec}$ 、RUN1: $1\text{ m}/\text{sec}$)

原水及びろ過水の濁度経時変化を図 7.2.44~45 に、流量及び膜間差圧の経時変化を図 7.2.46~47 に示す。

膜ろ過流束を変化させた場合も、ろ過水への濁度漏洩は認められず、膜ろ過流束の影響は認められなかった。

低流束の場合、膜孔径 $1\mu\text{m}$ の膜間差圧は数 kPa と非常に低く抑えられて運転が可能であった。ろ過継続による差圧上昇は、高流束の場合とほぼ同等であった。

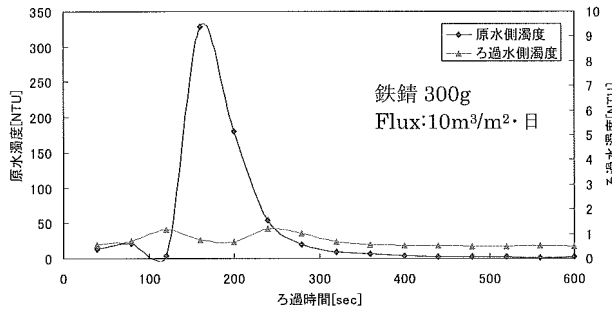


図 7.2.44 膜孔径 $1\mu\text{m}$ 濁度経時変化

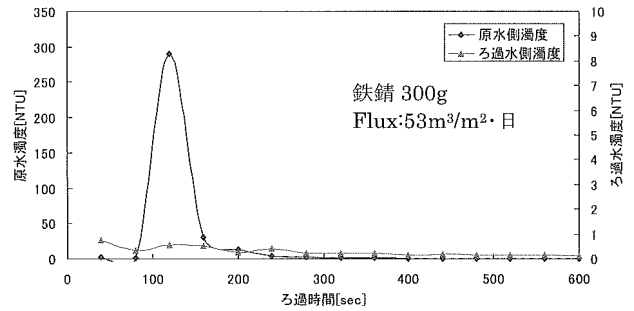


図 7.2.45 膜孔径 $1\mu\text{m}$ 濁度経時変化

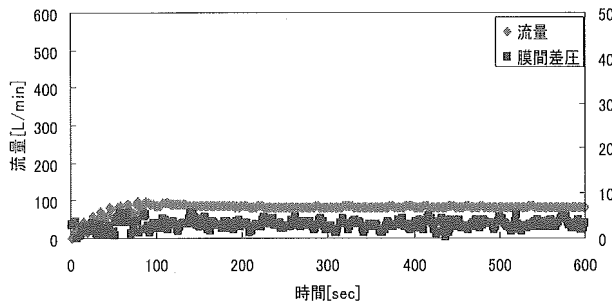


図 7.2.46 膜孔径 $1\mu\text{m}$ 流量差圧経時変化

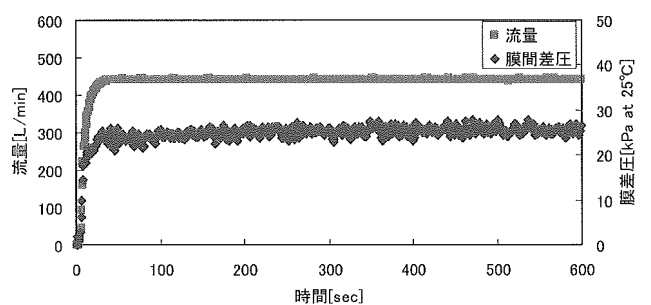


図 7.2.47 膜孔径 $1\mu\text{m}$ 流量差圧経時変化

② 濁質種類評価

膜孔径 $10\ \mu\text{m}$ 、膜ろ過流速 $53\ \text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{日}$ にて砂及びシールクートの除去性能の評価を実施。(RUN7,8)

砂投入後の原水のSSの経時変化を図 7.2.48 に、流量及び膜間差圧の経時変化を図 7.2.49～50 に示す。砂投入時のろ過水、シールクート投入時の原水及びろ過水のSSについてはいずれも検出限界以下 (1mg/L 以下) となった。また、各孔径とも膜面への濁質到達と同時に膜間差圧の上昇は認められず、ろ過時間の経過後も膜間差圧の上昇は認められなかった。シールクートの投入量は少量ではあるが、砂、シールクートともに容易にろ過分離できることがわかった。

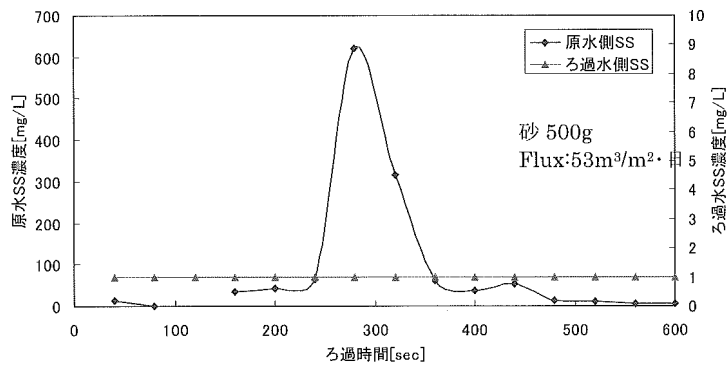


図 7.2.48 膜孔径 $10\ \mu\text{m}$ 濁度経時変化

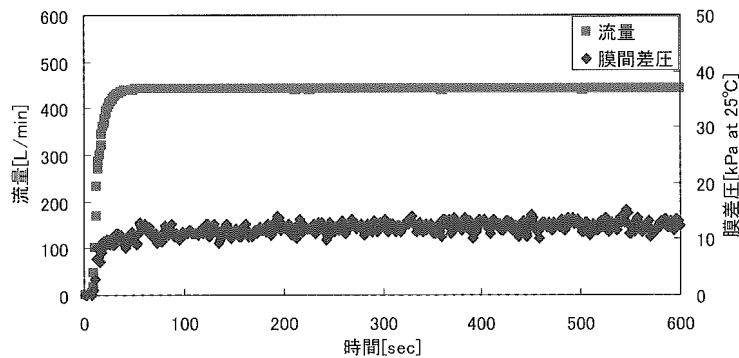


図 7.2.49 膜孔径 $10\ \mu\text{m}$ 流量差圧経時変化

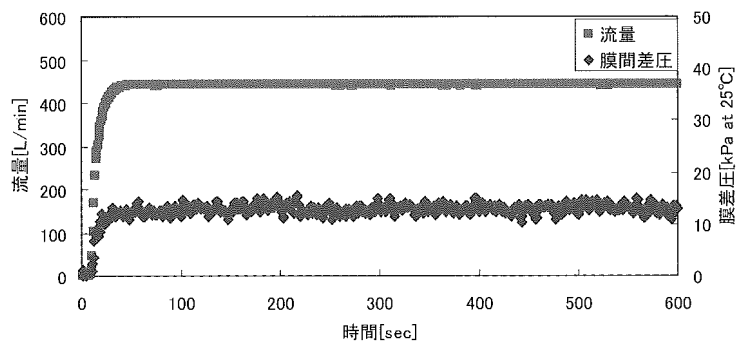


図 7.2.50 膜孔径 $10\ \mu\text{m}$ 流量差圧経時変化

③ 逆洗回復性評価

濁質除去試験後、ろ過側より 200kPa にて加圧エアを供給し物理逆洗を実施し、初期及び回復後の透水能を評価した。逆洗時のフローを図 7.2.51 に、試験結果を表 7.2.44 に示す。逆洗時の排水量は約 50L であった。また、逆洗後、初期時に比べほぼ完全に回復することが確認できた。但し、長期間ろ過運転を実施することにより、更に閉塞が進んだ場合は、薬液による洗浄が必要となると考える。

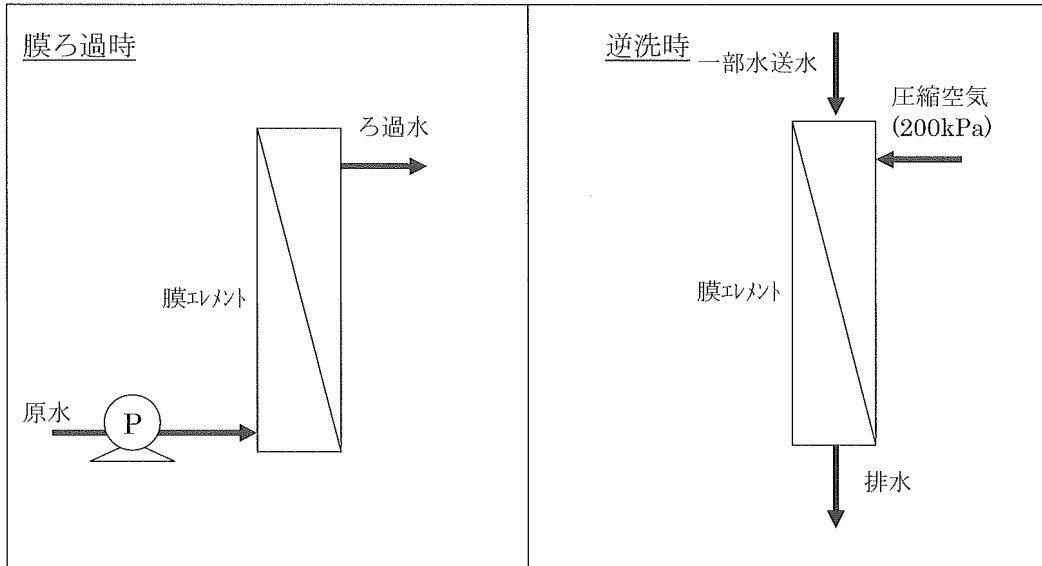


図 7.2.51 膜ろ過時、逆洗時フロー

表 7.2.44 逆洗前後の透水能 [at100kPa]

	1 μ m	10 μ m
初期	105m ³ /m ² ・日	215m ³ /m ² ・日
濁質除去試験後	92m ³ /m ² ・日	144m ³ /m ² ・日
逆洗後	104m ³ /m ² ・日	213m ³ /m ² ・日

5) まとめ

- ・膜孔径 1 μ m のセラミック膜ろ過により、鉄錆はほぼ完全に除去可能であった。
- ・膜孔径 10 μ m のセラミック膜ろ過では、鉄錆はやや漏洩するものの、砂、シーロコートはほぼ完全に除去可能であった。
- ・膜面あたりの負荷量(140g/m²)を多くしても各孔径除去性能は低下せず、安定したろ過が可能であった。
- ・膜ろ過流束を変動させた場合も、濁質の除去性能及びろ過性能に変動は無かった。
- ・逆洗により、ろ過運転後の膜閉塞物はほぼ除去することが可能であった。

7.2.4 日本水機(有) 「不断水縦管錆瘤除去方式」

実管路での実施「不断水縦管錆瘤除去方式及び防錆装置の設置実験」

1) 実施及び設置場所

K市

2) 実験者

日本水機調査有限会社 2名、他 2名

3) 目的

- ・消火栓等の縦管部のサビコブによる配水管への濁質、錆等の流出を防ぐ。
- ・縦管部の閉塞による消火活動への影響、エアハンマー等の防止。
- ・縦管部のサビコブ除去後の再腐食防止。

上記を目的として開発した「不断水縦管更生工法システム」の中の「不断水縦管サビコブ除去方式」及び「防錆装置」を実管路にて試験的に施工し、現段階での実用上の問題点を探り、またその効果を検証する。

4) 実験方法

K市内実管路の経年管路（布設年昭和28年）を対象として、実際の地下式消火栓位置のT字管立ち上がり内部φ75mmにおいて「サビコブ除去装置」によるサビコブ除去及び「防錆装置」を設置し、その防錆効果及び問題点等を検証する。

5) 実験条件

実管路状況

施工場所	K市内地下式消火栓位置
布設年度	昭和28年
配管径	φ200mm
縦管径	φ75mm
縦管部の水道水の導電率	153.3 μS/cm

6) 導電率測定値

	事前調査	設置直前 2004/11/26	設置後 2004/12/3
測定値 (μS/cm)	153.3	224.0	205.0

※事前調査、設置直前の測定データについてはサビコブ除去作業等で調査箇所の消火栓より放水した後の測定値で、設置後については縦管部に滞留していた部分の測定値を示す。

7) 使用機材及び装置

(1) 消火栓縦管部サビコブ除去機

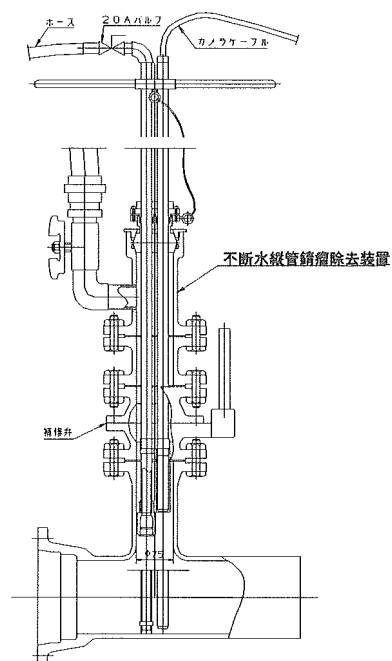


図 7.2.52 不断水縦管錆瘤除去方式概念図

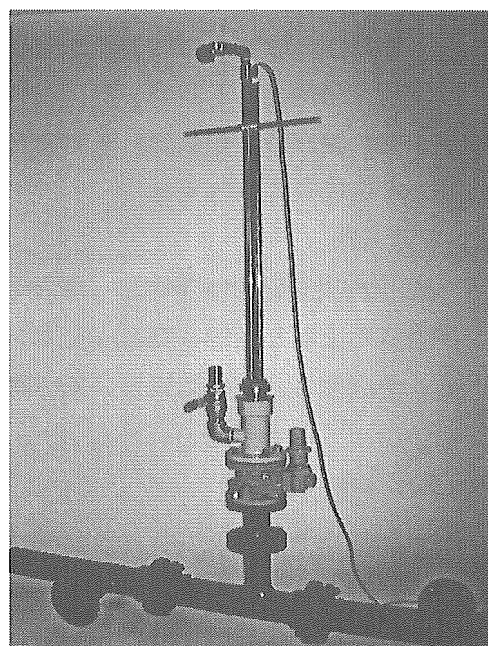
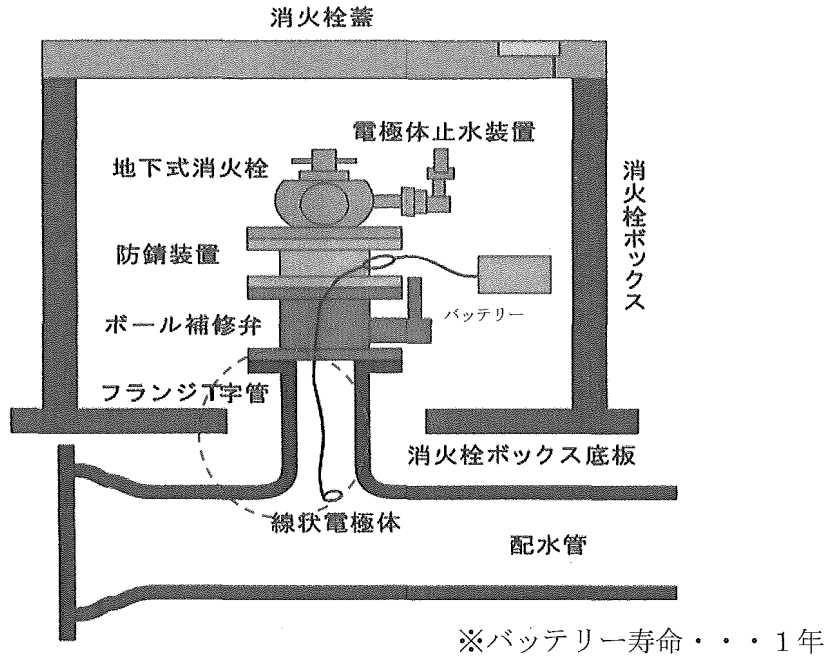


写真 7.2.45 不断水縦管サビコブ除去装置

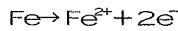
(2) 防錆装置



線電極を用いた電気防食法

●電気防食の防錆原理

金属は電子が放出されることで溶けだして錆びます。こうした金属が腐食する環境に「電流を流して、錆びる箇所に常に電子が供給されれば金属は錆びない」とすることが電気防食の基本原理です。金属の腐食は電池作用（電流が流れる＝電子が移動する）の結果であり、鉄の腐食の化学式は下記のように左から右式に移行します。



この時、失われる電子を供給してやると鉄は溶けずに安定した状態を維持することが出来ます。（上記式の移行がおこらない＝金属は腐食せず、安定する）

●線電極技術の評価

電気防食の原理にあるように、これまでの防食の技術の中では電気防食法が最も効果的とされてきました。しかしながら、給水管等の対策に考慮されながら運用されなかった背景には次の理由がありました。

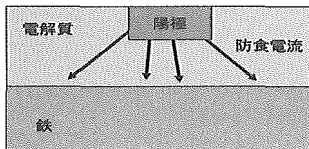
(i)水道水（淡水）では電気伝導率が低いため、従来の局部に電極を設置する方式では全体配管の防食は不可能で、電極の近傍を対象とした局部防食しかできなかった。（電圧をあげると電流の到達距離は伸びるものの、近傍に存在する腐食部にほとんど電流が集中するため、電圧の大小に関係なくおおむね3.5m前後が配管内の電流到達距離となる。）

(ii)配管全体を防食するには線状の電極を配管内部に挿入する必要があった。

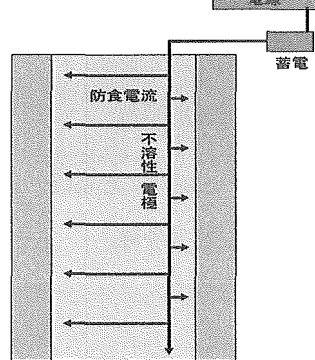
(iii)しかしながら、耐久性のある材料としては白金チタンが最もすぐれているものの、材質的に固いため曲がりくねった配管内に挿入するのは困難であった。つまり、施工性の悪さが全ての原因だったわけです。新たに線電極は、鋼線の表面をPt-Nbで覆った材質で、柔軟性と耐久性を備えた材料であることから、施工性の面でもかなり改善されています。又、直接電極とメタル接触することないように絶縁する必要があります。

そのための材質として四フッ化繊維で袋編み被覆していますが、この四フッ化繊維は不溶性で耐熱性も高く、従来から電気ボット・電子ジャー等に使用されている物と同じ材質で衛生面でも安全性が高いものであり、また表面強度も強いので配管内面への挿入時の対摩耗性も大幅に改良されました。この線電極が挿入された配管は電気防食の原理で全く錆びることはありません。

電気防食の原理



今回の方式の概念



8) 地下式消火栓位置T字管内部「サビコブ除去」実施報告

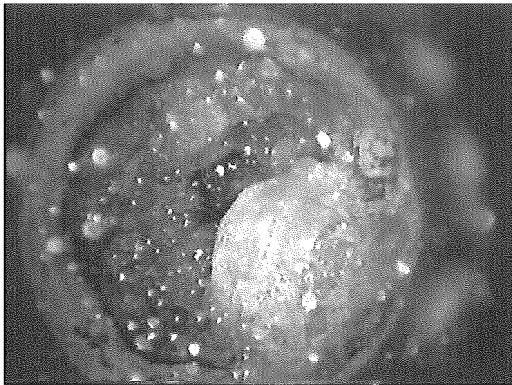


写真 7.2.46 サビコブ除去前の管内状況

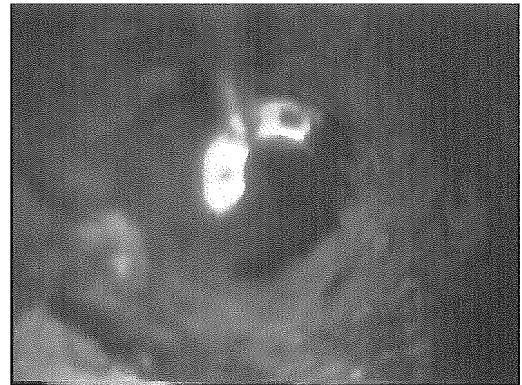


写真 7.2.47 サビコブ除去作業時の管内状況

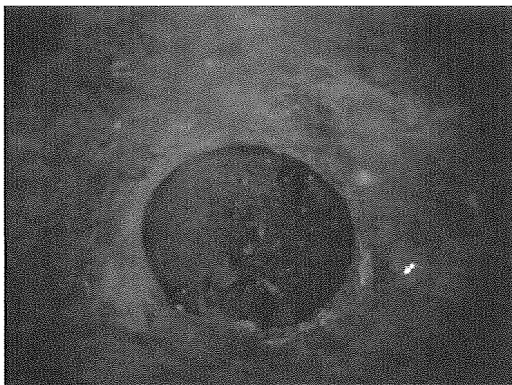


写真 7.2.48 サビコブ除去後の管内状況

9) 防錆装置設置状況

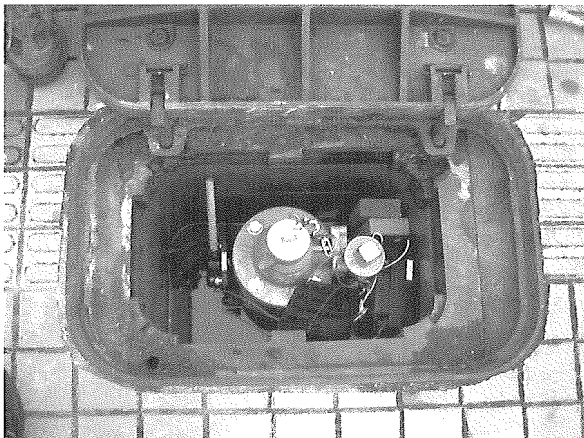


写真 7.2.49 防錆装置設置状況 (外観)



線状電極 ϕ 4mm

写真 7.2.50 防錆装置設置状況 (管内)

10) 防錆装置設置 2 ヶ月後の管内状況検証

線状電極 ϕ 4mm

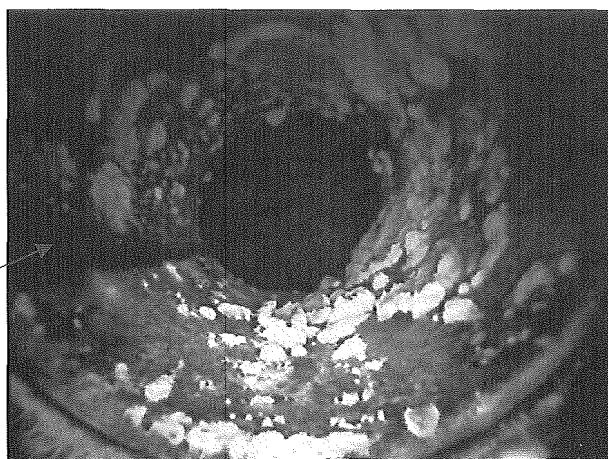


写真 7.2.51 防錆装置設置状況 (管内) 2 ヶ月後

上記写真のとおり、管壁部に錆が存在している状態が確認された。

11) 考察

(1) 不断水縦管サビコブ除去方式について

今回の実施管路では、ほぼ 100%サビコブを除去することができたが除去に要した時間が約 2 時間かかり、排出に要した水量が多くなってしまった。今後除去時間の短縮がさらなる課題となる。また、縦管部が ϕ 75mm に限らず ϕ 100mm の場合の実施も必要となり次回への課題となった。また、サビコブ除去時の排出水量とドレン弁開度 (水圧による) の計算表 (早見表) の作成が今回の実施で課題となった。

(2) 防錆装置について

事前に行った実験では、線状電極 ϕ 4mm において防錆効果が得られていたが、今回の実施管路では防錆効果がまばらな状態で得られていない箇所が確認された。効果が、得られていない原因の 1 つとして、今回使用した線状電極が ϕ 4mm と細いため、十分な防錆効果が得られない状態にあった可能性が考えられる。次回、発生した錆を除去し、線状電極を太い物に交換し、また電極の設置位置を変更し、再度その効果について検証 (10 ヶ月間) していく方針である。

7.3 非排水循環除去システムの開発

7.3.1 目的

濁質除去装置の開発として、平成 15 年度はストレーナならびに膜ろ過装置それぞれ単体での性能確認実験を各参画企業内で実施し、除去性能や圧力損失などの基本的なデータを収集することが出来た。結果、ストレーナでは砂や塗膜片などの比較的大きな濁質を、膜ろ過装置では錆などの微細な濁質をそれぞれ分担することで、既設管内に存在する濁質全てをカバーできるシステムを構築することが可能と考えられた。そこで平成 16 年度はストレーナならびに膜ろ過装置を複合化した濁質除去システムの濁質除去性能等の評価を行った。

なお、本システムの基本特許については先願特許*があるため事業化等に当たっては協議が必要となる。

7.3.2 実験の概要

川井浄水場の実験管路において、ストレーナならびに膜ろ過装置を複合化した濁質除去システムの実験を行った。また、同システムの運用方法として、従来の多量排水の軽減による水資源の有効利用を考慮し、対象配管区間内の水を循環させる非排水での運用方法を検討した。

7.3.3 実験日時・場所

日時： 平成 16 年 5 月 17 日～5 月 19 日、5 月 25 日～5 月 28 日、7 月 1 日～7 月 2 日

場所： 横浜市水道局 川井浄水場敷地内実験管路

7.3.4 実験設備

実験設備の全景を写真 7.3.1 に、非排水循環除去システムのフローを図 7.3.1 に、また実験設備の配管図を図 7.3.2 にそれぞれ示す。

φ100mm 配管（約 45m）を水道本管と想定し、それに φ75mm のバイパス管を設け、強制循環用ポンプによって、本管及びバイパス管を強制循環させる。そのときバイパス管に取り付けられた一次処理装置としてストレーナ、二次処理装置として膜ろ過装置により本管内の濁質除去を行うものである。

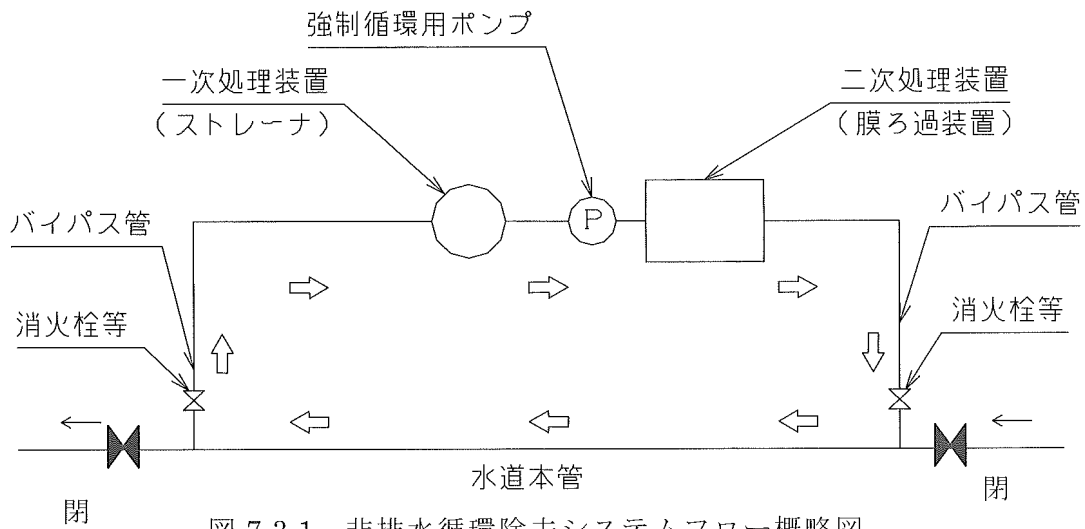
各機器については次項の通りである。

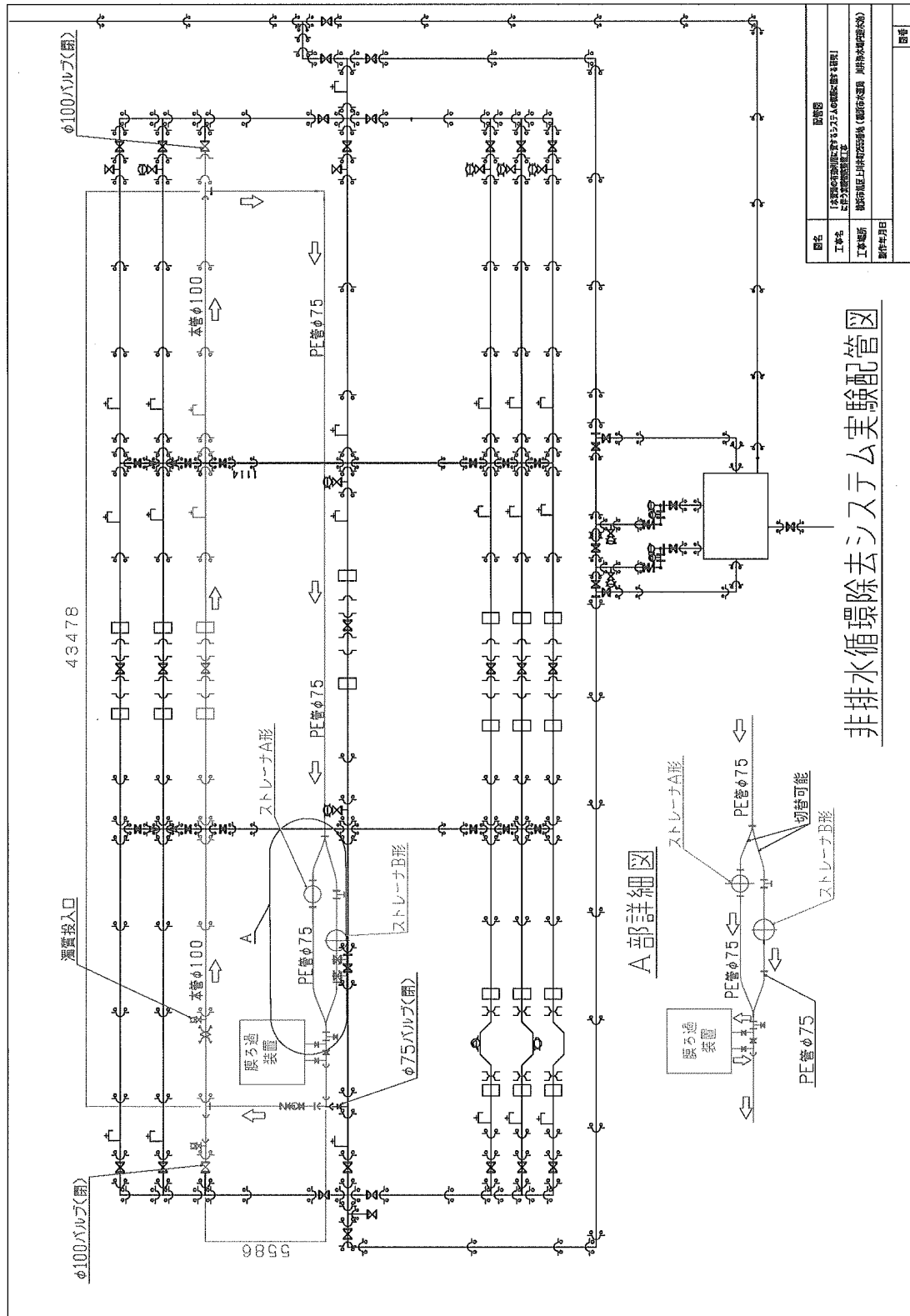
*発明名称「管路内異物の回収装置」、特許番号「特許第 2113489 号」、登録日「平成 8 年 3 月 6 日（1996.3.6）」、特許権者「(社)日本水道協会・㈱クボタ」

発明名称「管路内異物の回収装置」、特許番号「特許第 3090843 号（P3090843）」、登録日「平成 12 年 7 月 21 日（2000.7.21）」、特許権者「(社)日本水道協会・㈱クボタ・東京都」



写真 7.3.1 実験配管全景





非排水循環除去システム実験配管図

図 7.3.2 非排水循環除去システム実験配管図

1) 一次処理装置 (ストレーナ)

非排水除去システムの一次処理装置として使用するストレーナは目幅が異なる 2 種類を使用した。

(1) ストレーナ A 形

ストレーナ A 形の仕様を表 7.3.1 に示す。

表 7.3.1 ストレーナ A 形の仕様について

呼び径	φ 150mm
重量	約 200kg
フィルタ目幅	75 μ m (1次フィルタ付)
仕様	複式ストレーナ形 (除去濁質手動式洗浄管付)
主要材質	SUS304
メーカー	(株) 石垣

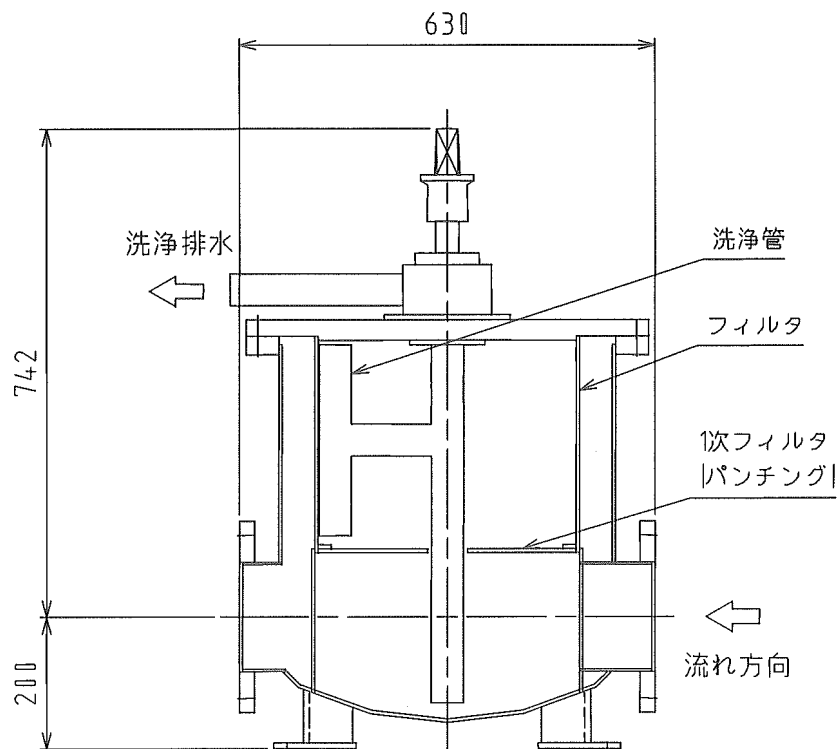


図 7.3.3 ストレーナ A 形構造図

(2) ストレーナ B 形

ストレーナ B 形の仕様を表 7.3.2 に示す。

表 7.3.2 ストレーナ B 形の仕様について

呼び径	φ 150mm
重量	約 230kg
フィルタ目幅	150 μ m
主要部材質	FCD450-10 (本体、流入管、流出管)
	SUS304 (エレメント、吸込管)
洗浄方式	手動洗浄式
メーカー	コスモ工機 (株)

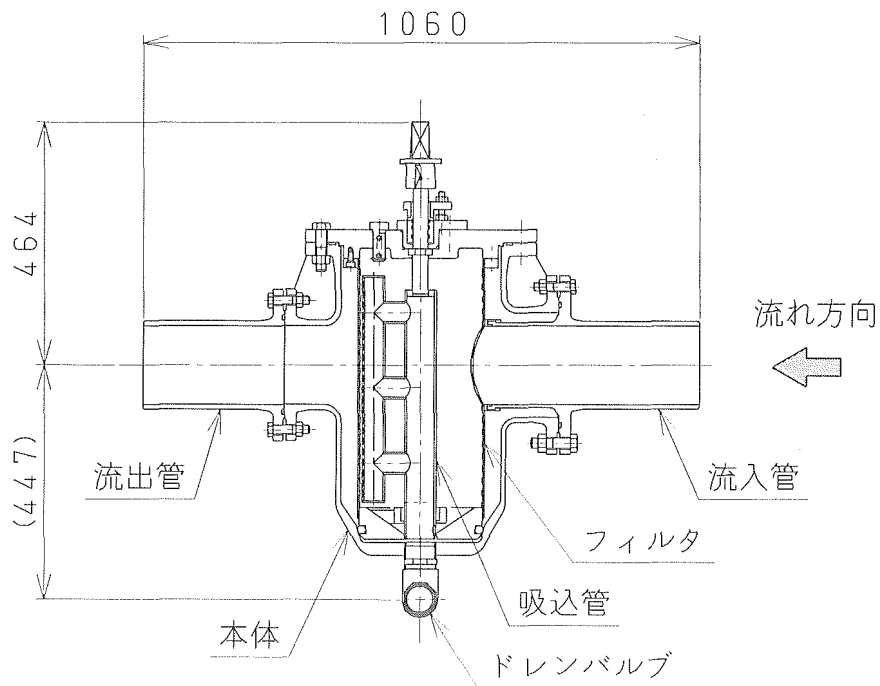


図 7.3.4 ストレーナ B 形構造図