

表5-1 ファジィ判定システムチェック用データ1

弁からの距離 (cm)	水撃作用				ハンマー			
	継続時間 (sec)	評価	位相差割合	評価	継続時間 (sec)	評価	位相差割合	評価
60	0.96	②	0.9352	④	0.74	②	0.3699	①
	0.902	②	0.9482	⑤	1.48	④	0.3778	①
	1.226	③	0.9682	⑤	0.64	②	0.7255	②
75	1.046	③	0.9638	⑤	/			
	1.744	⑤	0.9562	⑤				
	1.348	②	0.916	④				
85	0.888	②	0.9321	④	/			
	0.95	②	0.9626	⑤				
	1.238	③	0.9729	⑤				
180	1.47	④	0.9479	⑤	0.46	①	0.5897	①
	1.797	⑤	0.9455	⑤	1.46	④	0.3499	①
	1.713	⑤	0.926	④	0.52	①	0.4882	①
250	1.623	⑤	0.8891	④	0.46	①	0.4535	①
	1.509	④	0.8777	④	0.68	②	0.6727	①
	1.932	⑤	0.8962	④	0.64	②	0.7081	②

表5-2 ファジィ判定システムチェック用データ2

弁からの距離 (cm)	水撃作用				ハンマー			
	継続時間 (sec)	評価	位相差割合	評価	継続時間 (sec)	評価	位相差割合	評価
320	2.371	⑤	0.9067	④	0.7	②	0.3477	①
	2.248	⑤	0.8979	④	0.4	①	0.5047	①
	2.292	⑤	0.8962	④	0.28	①	0.5975	①
785	2.397	⑤	0.8537	④	0.41	①	0.1917	①
	2.084	⑤	0.9047	④	0.12	①	0.222	①
	1.933	⑤	0.9101	④	0.5	①	0.2122	①
815	1.699	⑤	0.8823	④	10	⑤	0.1768	①
	1.323	③	0.9082	④	0.4	①	0.2041	①
	1.71	⑤	0.9016	④	0.12	①	0.2164	①
885	1.669	④	0.9343	④	10	⑤	0.1702	①
	1.716	⑤	0.894	④	10	⑤	0.1915	①
	1.803	⑤	0.8662	④	0.36	①	0.1927	①

5. 2 判定結果

有効性チェック用の48のデータで「水撃作用が発生しているか否か」のファジィ判定を行った結果を表5-3に示す。表5-3より、実際に水撃作用が発生しているデータに対しては、27データ中27データで「水撃が発生している」と判定できている。また、ハンマーで与えた衝撃によるデータに対しては、21データ中21データで「水撃は発生していない」と判定できている。従って、有効性チェック用のデータに関しては100%の精度で「水撃作用が発生しているか否か」の判定ができたことになる。このことは、本研究で構築した「水撃作用が発生しているか否か」のファジィ判定システムが有効であることを示している。

表5-3 チェック用データ判定結果

水撃作用				ハンマー衝撃			
位相差の割合	継続時間	データ数	判定	位相差の割合	継続時間	データ数	判定
⑤	⑤	2	◎	②	②	2	×
⑤	④	1	◎	①	⑤	3	×
⑤	③	3	◎	①	④	2	×
⑤	②	2	◎	①	②	3	×
④	⑤	13	◎	①	①	11	×
④	④	2	◎				
④	③	1	◎				
④	②	3	◎				
データ合計		27		データ合計		21	

6. 結論と今後の課題

本研究により得られた結論をまとめると以下ようになる。

- 1) 水撃作用発生時の給水管の振動波形の位相差分スペクトルを調べ位相差の割合を求めたところ、測定位置によらずほぼ一定の範囲にあり、ハンマーで与えた衝撃によるものとは異なった範囲にある。
- 2) 評価項目を「継続時間」と「位相差の割合」の2つにしぼり、「位相差の割合」の判定への影響度を大きくしてファジィ演算に組み込むことで、「水撃作用が発生しているか否か」の判定システムを構築することができた。
- 3) チェック用に新たに収録した水撃作用とハンマーで与えた衝撃の速度波形データに、

本研究で構築した水撃作用発生の有無の判定システムを適用したところ、100%の精度で判定することができた。

また、今後の課題としては、①スチール製以外の給水管の水撃作用発生時の振動特性の把握とそれに伴う判定システムの改良、②本研究で取り扱わなかった水撃作用発生時の音についての特性の把握などが挙げられる。①については、現在、一般家屋の給水管として多く用いられているポリエチレン管についても、鉄製給水管と同様の振動特性が得られるか否かの検討が必要と考えている。また、②については、給水管の振動のみでなく音の情報も付加することにより、水撃作用発生の検知精度がより一層向上するものと考えられる。これらの①、②の検討事項をシステムの中に組み込むことで、最終的には、水撃作用発生の有無のみでなく、発生している水撃作用の危険度までも判定できるようなシステムとする予定である。

参考文献

- 1) (財) 給水工事技術振興財団 (2001年) : 給水装置工事技術指針
- 2) 水本 雅晴 (1988年) : ファジィ理論とその応用、サイエンス社

既研究発表

- 1) 杉山俊幸、中村文雄、松本正文 : 給水管の止水時の振動特性の把握、土木学会第 59 回 年次学術講演会講演概要集 VII -004, CD-ROM proceedings, 2004.9.

研究発表予定

- 1) 杉山俊幸、林栄次、中村文雄、松本正文 : ファジィ理論を用いた水撃作用検出システムの構築、土木学会第 60 回年次学術講演会 ,2005.9.

H14～H16年度研究の総とりまとめ

(1) 目的、センサーの構造、実験方法の概要

本研究では、一般家屋内での水撃作用の発生を比較的簡単に検知できる方法（システム）を開発・確立することを目的とする。具体的には、給水管の振動・波動の継続時間や減衰性状、および、スペクトル解析の実施により振動・音の卓越周波数やスペクトルのピーク値、位相差分スペクトル等を算出する。そして、平常時（水撃作用が生じていない時）と比較して、これらの値があらかじめ設定した閾値を越えた場合に、「水撃作用の発生」という警告を発するような装置とする。

具体的なセンサーの試作までには至らなかったが、給水管管軸方向水平振動の速度成分を計測するセンサー、このセンサーにより収録される速度波形の継続時間と位相差の割合を算出できるプログラム、および、これらのデータをファジィ演算に基づいて水撃作用発生の有無を判定し、発生している場合には警告を発するプログラムを内蔵した装置で構成されることになる。

この3年間の研究では、まず、給水管のどの部分で、どのような振動記録（変位or速度or加速度orこれらの組み合わせ）を収録すればよいのかを検討した後、スチール製給水管を一般家屋を想定しながら設置し、電磁弁で給水を急閉止することにより発生する水撃作用に伴って生じる給水管の振動データを収録し解析を試みた。また、ハンマーで与えた衝撃による給水管の振動の収録・解析も行い、水撃作用発生時とハンマーで与えた衝撃との管の振動特性の違いから、水撃作用が発生しているか否かを、ファジィ演算を用いて判定するシステムの構築を試みた。

(2) センサーからの情報に基づく異常現象の検出・解析方法

本研究で実施したスチール製給水管を用いた実験の範囲内では、給水管管軸方向の水平振動の速度波形記録より継続時間（速度波形の最大振幅の1/55になるまでの時間）、および、位相差の割合（15°毎に分けた位相差分スペクトルのうち卓越した2つの位相差が全体に占める割合）を算出し、この値をファジィ演算プログラムにインプットすることにより水撃作用が発生しているか否かを判定するようになっている。

(3) 異常現象検知の実現度と精度

総計124のデータを用いてファジィ演算プログラムを構築した後、この「水撃作用が発生しているか否かの判定システム」の有効性のチェックを行うため、新たに48のデータを収録して判定を試みた。その結果、実際に水撃作用が発生している27データに対しては、27データ全てについて「水撃が発生している」と判定できた。また、ハンマーで与えた衝撃に関するデータに対しては、21データの内21データ全てに関して「水撃は発生していな

い」と判定できた。すなわち、有効性チェック用のデータに関しては 100 %の精度で「水撃作用が発生しているか否か」の判定ができたことになる。このことは、本研究で構築した「水撃作用が発生しているか否か」のファジィ判定システムが有効であることを示している。

(4) 開発したセンサーの問題点および改良点

開発したセンサーの問題点および改良点としては、①スチール製以外の給水管の水撃作用発生時の振動特性の把握とそれに伴う判定システムの改良、②本研究で取り扱わなかった水撃作用発生時の音についての特性の把握などが挙げられる。①については、現在、一般家屋の給水管として多く用いられているポリエチレン製給水管についても、スチール製給水管と同様の振動特性が得られるか否かの検討が必要と考えている。また、②については、給水管の振動のみでなく音の情報も付加することにより、水撃作用発生を検知精度がより一層向上するものと考えられる。これら①、②の検討事項をシステムの中に組み込むことで、最終的には、水撃作用発生の有無のみでなく、発生している水撃作用の危険度までも判定できるようなシステムとする予定である。

(5) 考えられる運転・運用方法

本センサーの運転・運用方法としては、家屋内の給水管露出部分（例えば、全自動洗濯機や食器洗い乾燥機といった「電磁弁内臓で給水の急閉止を伴う家電製品」との接続部）にセンサーを設置し、水撃作用が発生した場合には、警告音を発するか、例えば「危険度がかなり高い水撃作用が発生しています」というような警告音声を流すようなことを想定している。

II-1-5 給水システムのリスク管理に関する研究 (2) ;

濁度・懸濁粒子数・吸光度等を指標とした給水システム内における

水質異常の検出：トレンド出力型濁りモニタの試作と評価

分担研究者 松井佳彦 岐阜大学 工学部 社会基盤工学科

1. 背景と目的

給水栓水質を簡易な装置により常時監視し、水質に対する異常な変動を検出することにより、事故等による水質異常の検出する技術の可能性を検討するために、濁度(吸光度)を管内にインラインで設置したセンサーで計測する装置の試作し、実試験を行った。昨年度までの成果として、長期間連続使用による光学系の汚れと光電変換系の安定性のため、濁度の絶対値自体の計測は難しかったが、濁度の相対変化率を指標とすることの可能性が示されている。さらに、長期間連続使用による光学系の汚れと光電変換系の安定性の改善を目的として、試作2号機では光電変換系の装置部品を変えるとともに、散乱光のみならず透過光も同時計測可能とした(図1)。1号機では濁度の大きな変化が見られたが、この2号機ではより安定した出力が得られた。しかし、通水停止状態に比べて、給水栓を開けて通水し圧力が上がった状態では、濁りモニタの出力値(みかけの濁度)が上昇した。この時、透過光強度はほとんど変化しなかったことから、光学系が原因ではないことがわかった。昨年までの検討では、濁りモニタ1号機の出力値が示す濁度変化率の最大値は3.2度であったが、2号機では10分間の濁度変化の最大値は1.51度、5分間の濁度変化の最大値は2.78度が得られた。このことから、濁りモニタ2号機の安定性が示され、さらに5分間の濁度が3度以上上昇するケースは異常状態として検出することが可能なことがわかった。また、濁度に対する透過光の変化は小さいため、透過光強度自体を濁りの指標として使用することは難しいことがわかった。

今年度は①光学セルの改良、②改良型光学セルによる長時間通水実験と被圧下耐久実験、③模擬濁質を用いた濁度検出実験について検討を行った。

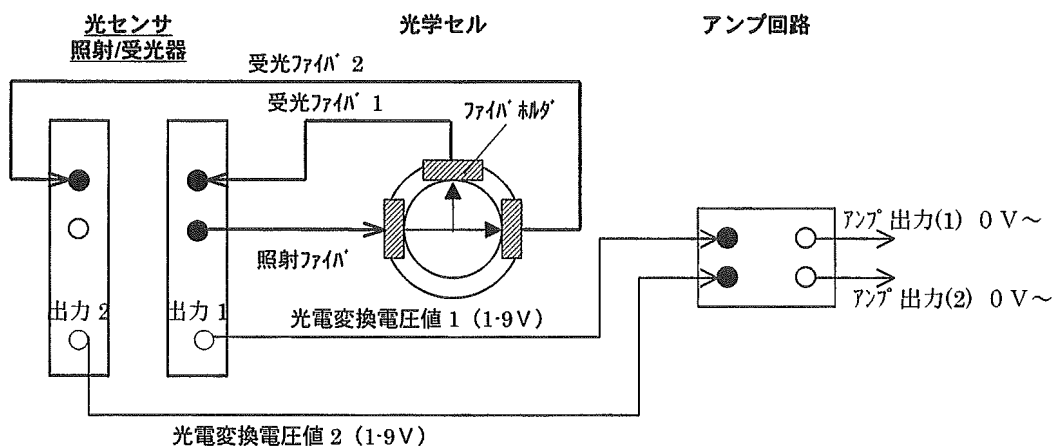


図1 装置構成の模式図

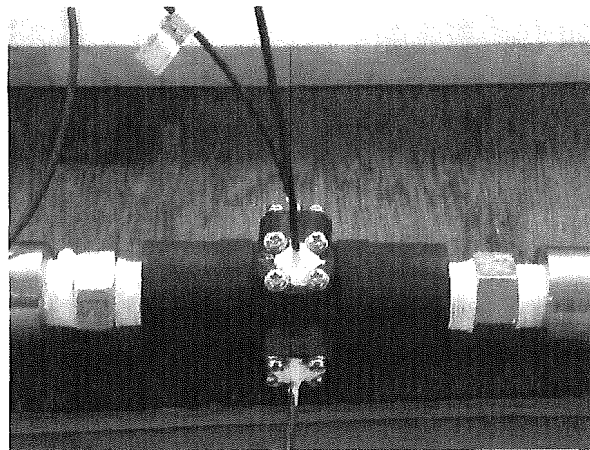


写真1 濁りモニター2号試作器の光学セル部

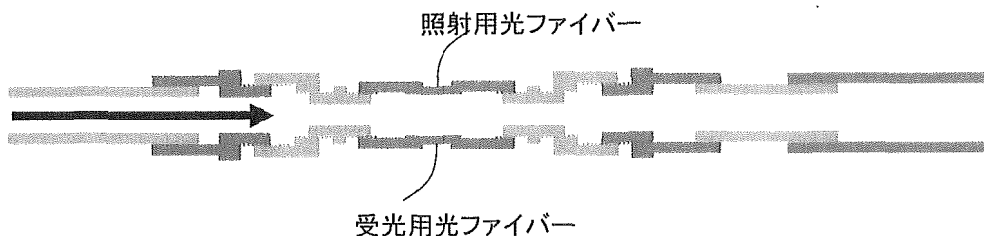


図2 2号試作器測光セル縦断面図

2. 光学セルの改良

試作2号による濁度計測実験において、静水時と通水時において見かけ上の散乱光濁度が変化することが観察された。特に通水開始時や停止時に一時的に見かけの散乱光濁度が上昇することもまま観察された。散乱光強度に見かけの変化が生じる流量変化時には、透過光強度はほとんど変化しなかったことから、散乱光の流量変化時のみかけの変化は光学系が原因ではない。また、通水した水は清澄な水道水であり、さらに通水・静止を間欠的に繰り返した場合においても見かけの散乱光濁度の変化が見られたことから、原因として静水時に管路に沈積した微粒子の巻き上がりは考えにくい。

そこで、原因として、通水時の水流の乱れが見かけの散乱光濁度を高めているとの仮説を立て、測光部を改良することとした。従来の測光セルは図1、写真1に示すように光学セル両端部のテーパネジ接続段差での水の乱れが生じているものと思われる。測光部の前に直管をおくことによってこの乱れの問題は解決されると思われるが、測光部位の作成のための工作のために測光部セルの管自体は長くはできない。そこで図3、写真2のように測光部と直管をフランジで接合する構造を採用することによって、測光部作成の作業性を確保しかつ測光前の直管で流れの乱れを低減化することとした。

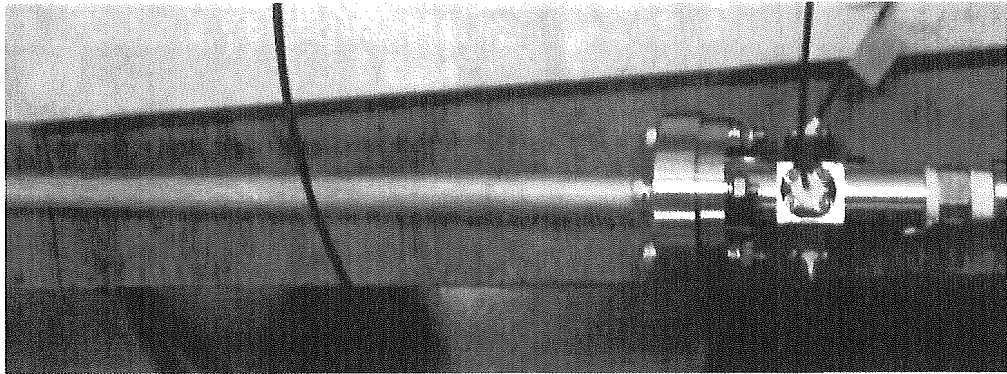


写真2 濁りモニター2号試作器の改良型光学セル部

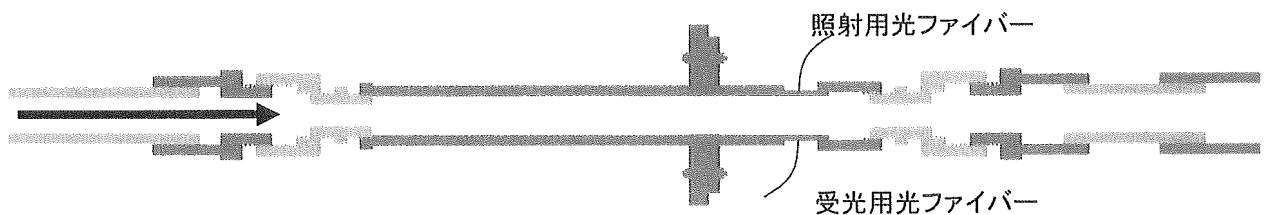


図3 2号試作器改良型測光セル縦断面図

通水流量 $Q = 0.000167 \text{ m}^3/\text{sec}$ ，管路内径 $d = 0.013 \text{ m}$ ，管路断面積 $A = 0.000133 \text{ m}^2$ ，管内平均流速 $u = 1.26 \text{ m/s}$ ，水の動粘性係数 $\mu = 0.00000131 \text{ m}^2/\text{sec}$ at 10°C ， $Re = 12461$ で流れは乱流である．乱流において、ニクラゼルの実験式を用いると $L = (25 \sim 40) \times d$ が必要．したがって、現在の実験装置の水供給側（ $\phi 13$ 側、現在テーパネジ接続）に、助走区間の機能を期待する直管 L （同内径かつフランジ接続）を設ける事にする．直管 L （助走距離 L ）= 520 mm となる．

3. 改良型2号試作器による長時間実験1

昨年度同様に電動モーターバルブを設置し（写真1），水道水のバルブ開閉をコンピュータ制御することによって，1週間にわたってバルブ開閉を無人で操作し長期間の水道水の通水実験を行った．バルブ開閉は家庭の1日の水の使用パターンが繰り返されると仮定し，予め作成した開閉パターンを1日毎に繰り返すことにした．データは1日ごとにロガーからPCに転送した．実験装置の概観を写真1に示す．実験では圧力がかからないように，水量コントロールは元締めで行った．結果の一部を次ページの図に示す．昨年同様，通水停止状態に比べて，給水栓を開けてか圧力が上がった状態では，濁りモニターの出力値（みかけの濁度）が上昇した．この見かけの濁度変動と真の濁り変動を区別する必要がある．図4-7のように通水時に上昇する見かけの濁度と流量に弱いながら相関が見られることから，計測された濁度を流量補正することによってより正確な濁度計測が可能と思われる．

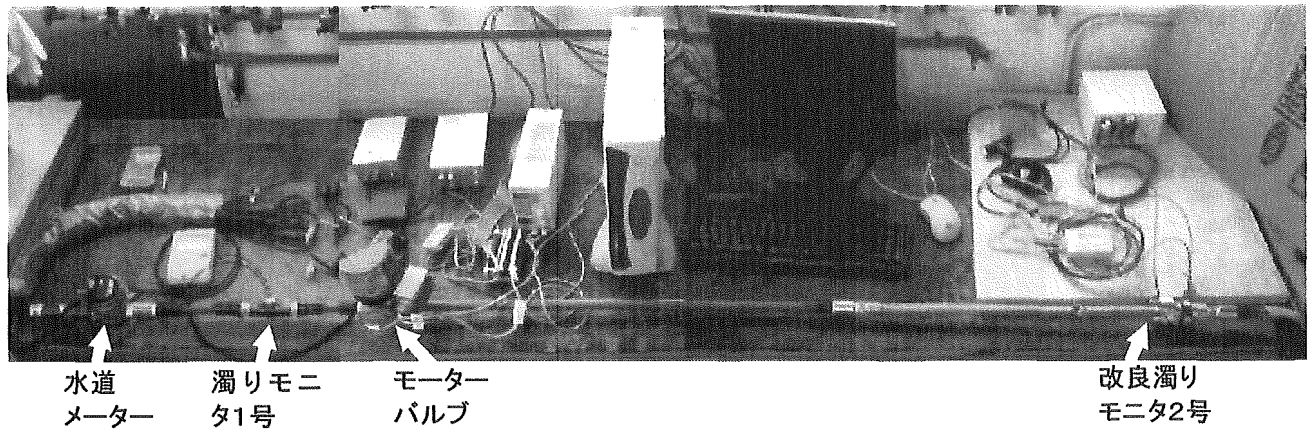


写真4 改良濁りモニタ2号による長時間実験1

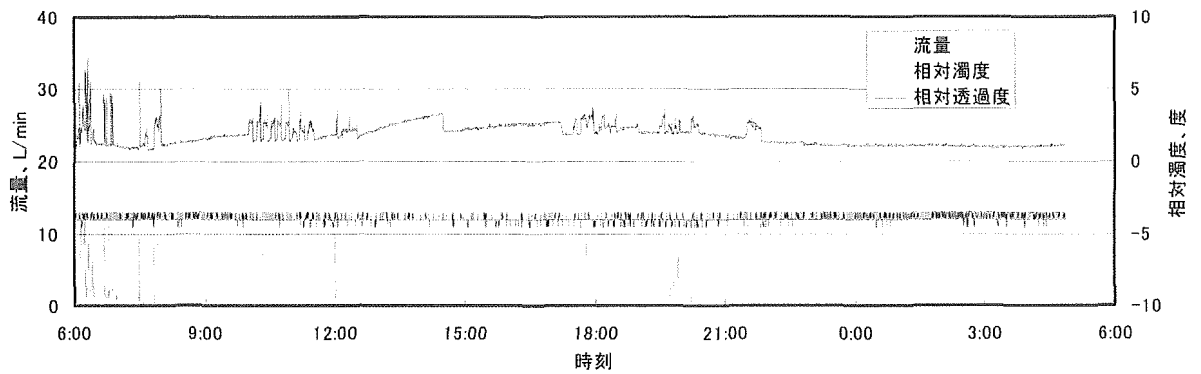


図4 水道水通水長時間実験(装置構成:バルブ→濁りモニタ)

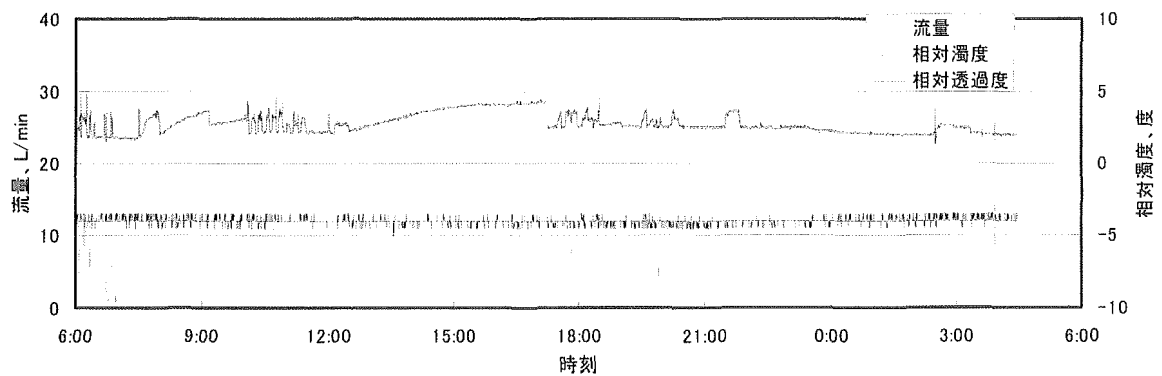


図5 水道水通水長時間実験(装置構成:バルブ→濁りモニタ)

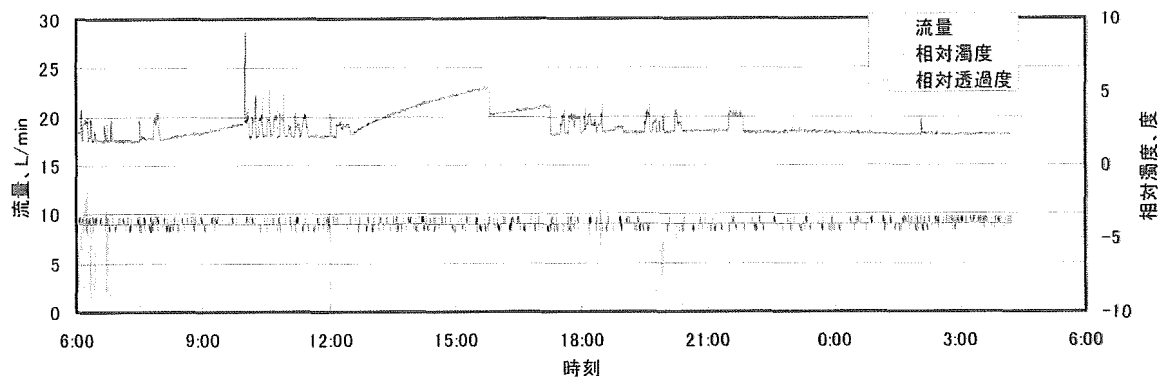


図6 水道水通水長時間実験(装置構成:バルブ→濁りモニタ)

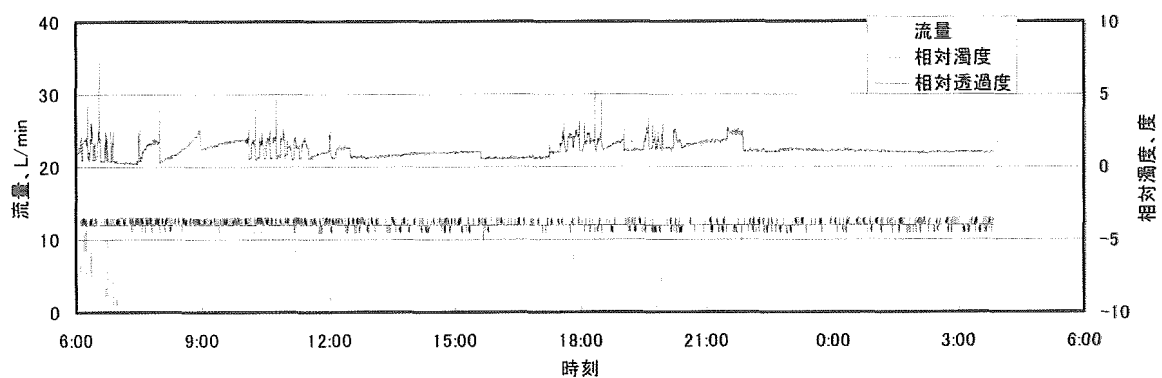


図7 水道水通水長時間実験(装置構成:バルブ→濁りモニタ)

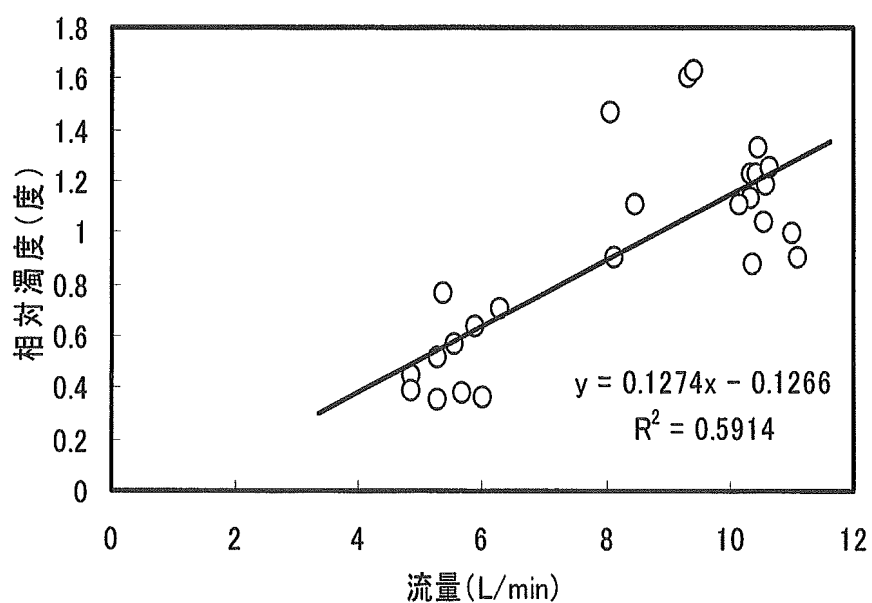


図8 流量-相对濁度相関図

4. 改良型2号試作器による長時間実験2

濁りモニタを実際に設置する場合は、給水栓の元側に設置するため給水栓を閉じた状態では被水圧下で、開栓状態ではやや圧力がかかった状態で計測することになる。ここでは、そのような被圧力下および圧力変動条件下において、装置の水密性およびその間の濁度計測特性を調べた。装置の設置状況は写真4に示す。まず、センサー部自体からの水漏れも無く構造的に給水栓前に設置可能なことを確認した。清澄な水道水を通水した場合の濁度と流量の時間変化を図9-12に示す。結果として非常に安定した出力を得た。①試作2号機では光電変換部を改良され、②光学セル部を改良し、③さらにセルの後にバルブを設置し先締めで被圧力下で試験を行うことにより安定した出力を得ることに成功したことになる。①は前年度の報告書にあるように、光電変換部を機器構成を改良することによって、それまでに見られた見掛けの出力のゆっくりとした変動がなくなったことによるものと思われる。②と③によりバルブ操作時の流れ状態の変化が緩和され、さらに先締めのためバルブ開閉にともなう圧力変動が緩和されたためと思われるが、結果として良好な安定した出力が得られたのみで、その理由は明確ではない。通水/停止に関わらず清澄な水道水を4日間通水した際の濁度出力値の最大最小値は1.2度であり、2度以上の濁度変化の水質異常を検知可能と思われる。また、濁度変化率も0.39度/1分、0.37度/2分、0.23度/5分と極めて小さいことから濁度変化率も有効な指標となりうると考えられる。

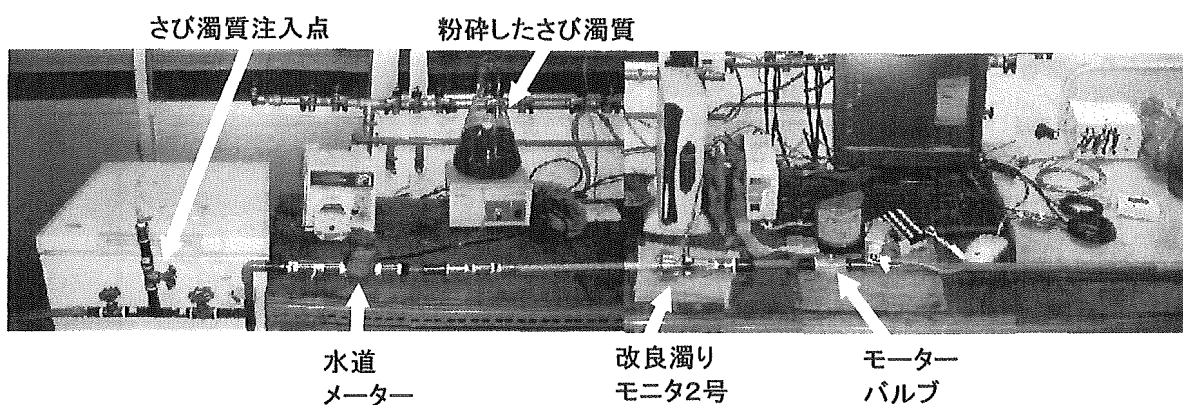


写真4 改良濁りモニタ2号による長時間実験1

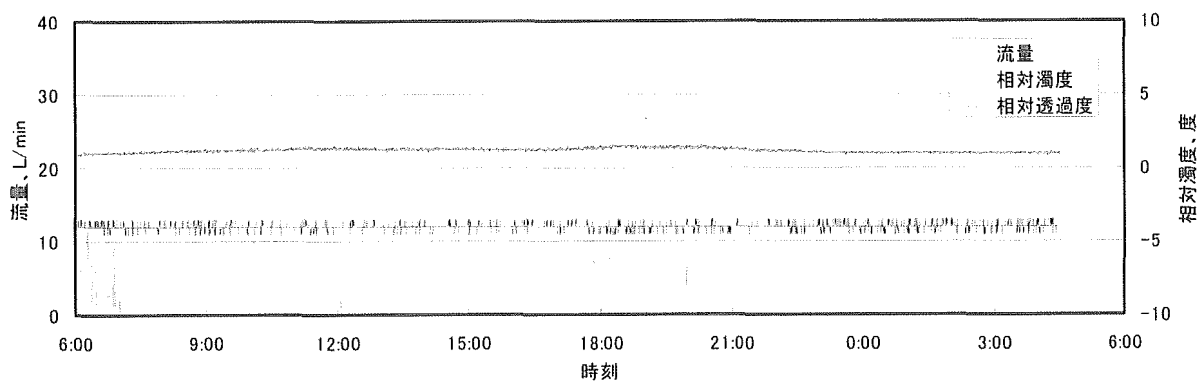


図9 水道水通水長時間実験(装置構成:濁りモニターバルブ)

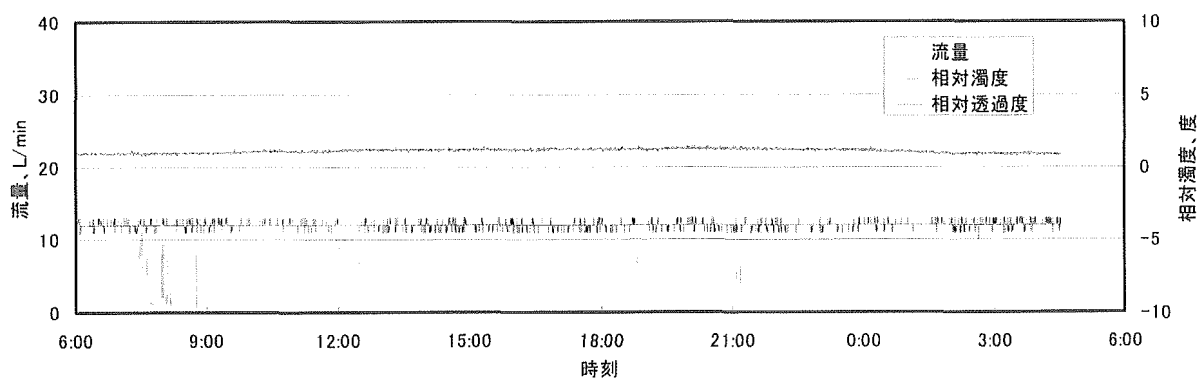


図10 水道水通水長時間実験(装置構成:濁りモニターバルブ)

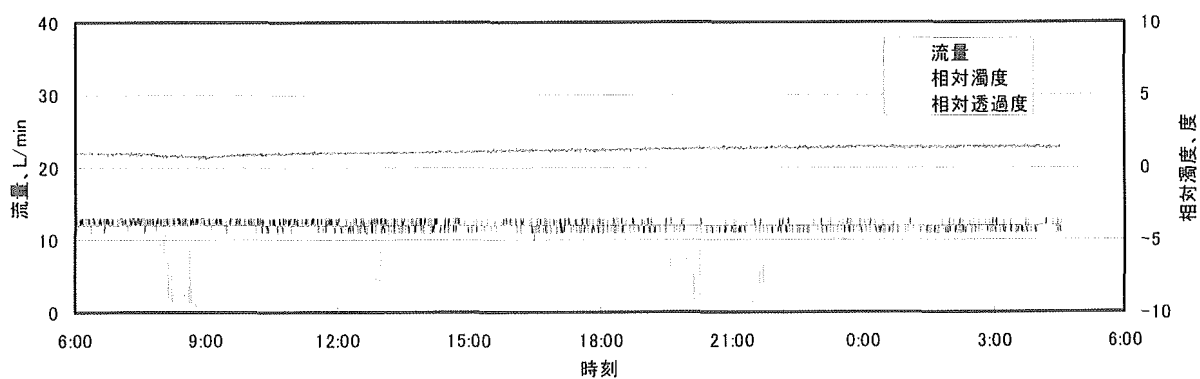


図11 水道水通水長時間実験(装置構成:濁りモニターバルブ)

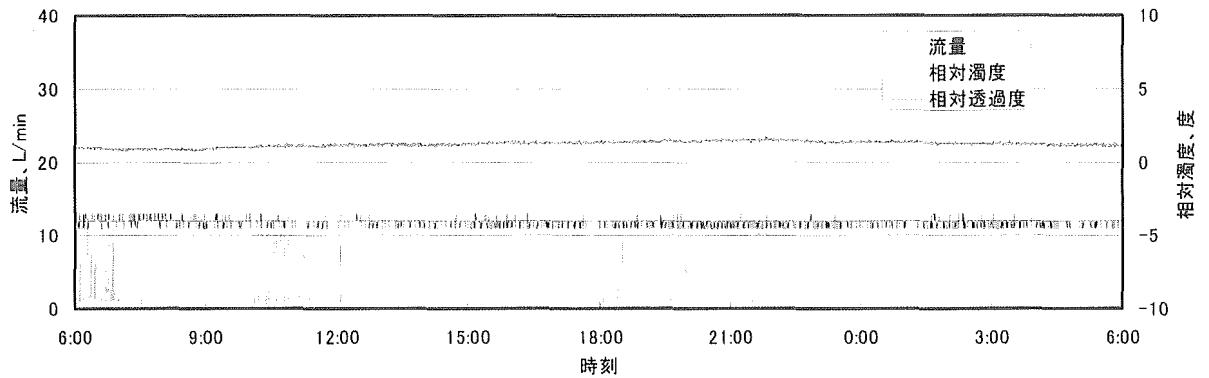


図12 水道水通水長時間実験(装置構成:濁りモニター→バルブ)

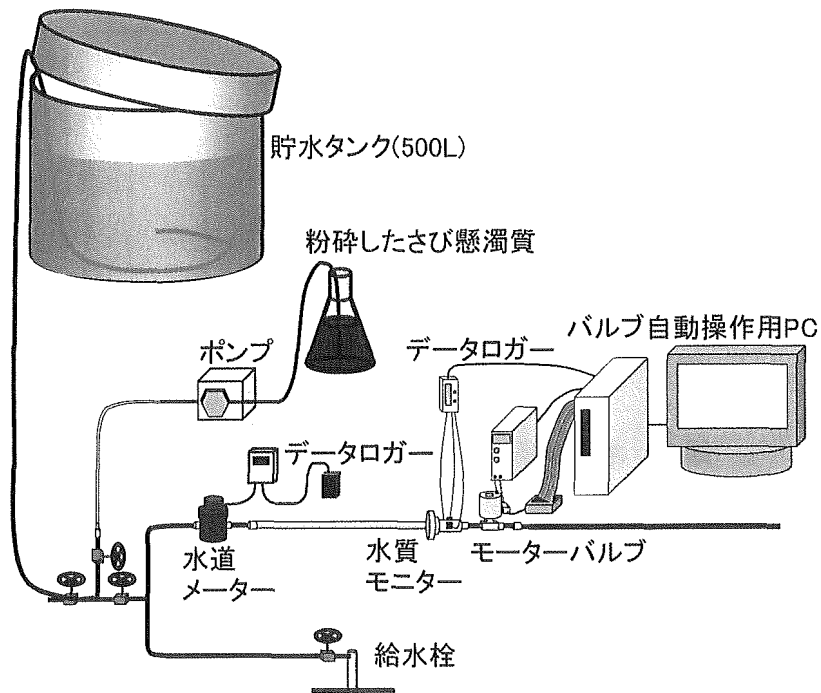


図13 錆粉末添加による水質異常の模擬検出実験

5. 錆粉末添加による水質異常の模擬検出実験

ついで、改良型2号試作器による被圧条件下における耐久実験、さび・腐食管・クロスコネクションなどの異常水質の検出模擬実験を、実際の配水管内に生成したさびこぶ（横浜市水道局より提供）を粉砕した懸濁質を用いてを行った。装置構成は図13、写真4のようである。タンク内に一旦水道水を貯水し、水位差によって通水した。通水中でさび懸濁質を給水管途中よりポンプを用いた微量流量50 mL/min、20分間の添加を2回行い、水質

異常を模擬的に作り，水質モニターによる計測を行った．添加濃度は濁度として，1,2,10度の3段階に設定した．

図14-16に濁度10度の濁質が流入した場合のセンサーの出力変化を示す．錆粉末は時刻0:30~0:50と1:10~1:30の2回，何れも20分間添加されたが，その間の濁度上昇は濁りモニタ（改良型2号試作器）の散乱光出力によって明確に検出された．1回目と2回目の添加における散乱光出力値が異なっているのは，添加濃度が正確に10度になっていなかったためと思われる．また，図14の実験では濁度添加終了後，濁りモニタの出力が添加前の値に復帰しなかったがこの原因は不明である．なお，透過光は錆粉末添加時においても変化が見られなかった．次に，添加濃度を2度と1度に下げた実験を行った．図17に示すように2度の濁度変化は明確に現れたが，図18に示すように1度の濁度変化による散乱光出力の変化はあまり大きくは現れなかった．

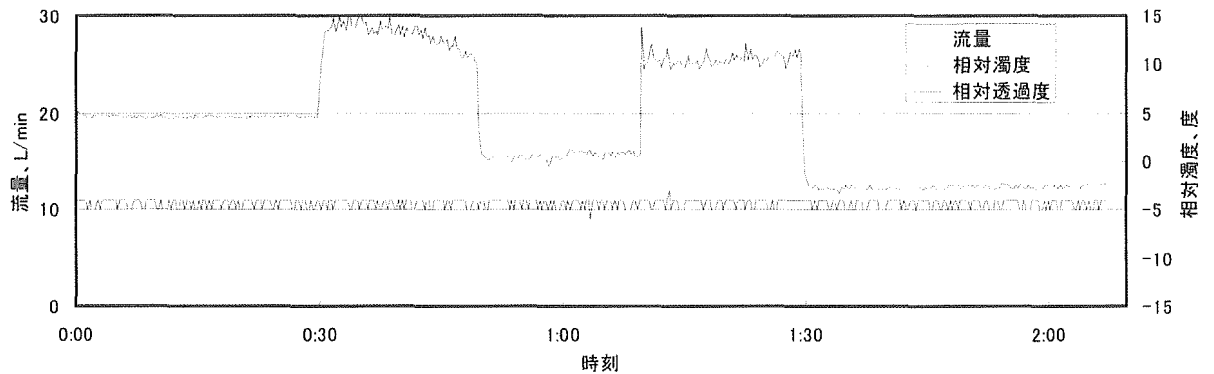


図14 錆粉末添加実験（添加濁度10度，装置構成：濁りモニターバルブ）

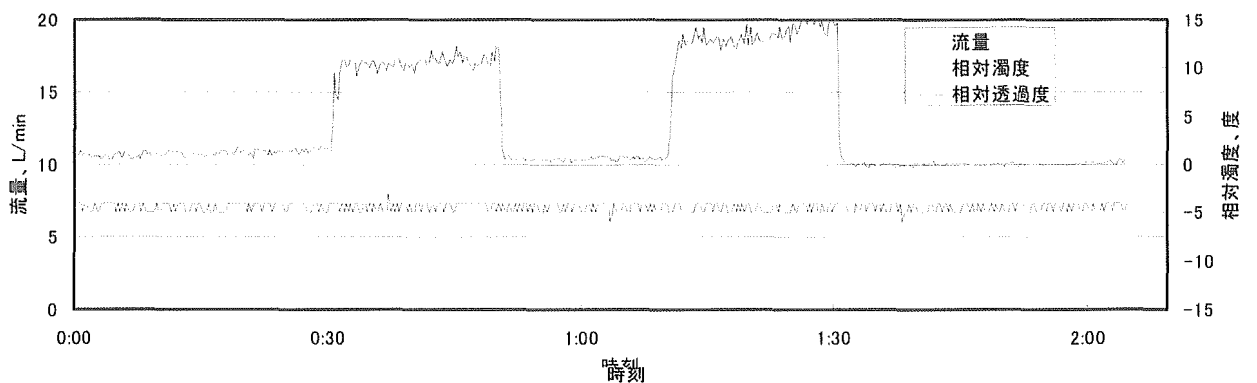


図15 錆粉末添加実験（添加濁度10度，装置構成：濁りモニターバルブ）

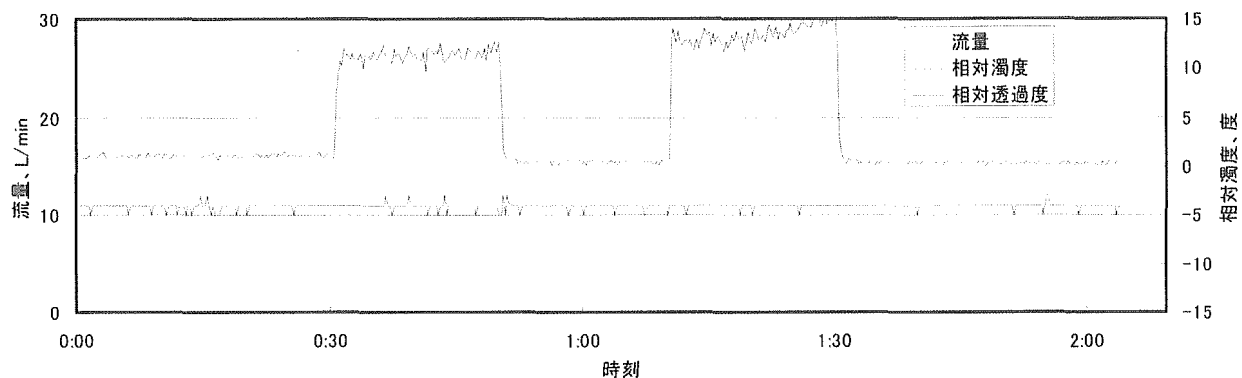


図16 錆粉末添加実験(添加濁度10度, 装置構成:濁りモニター→バルブ)

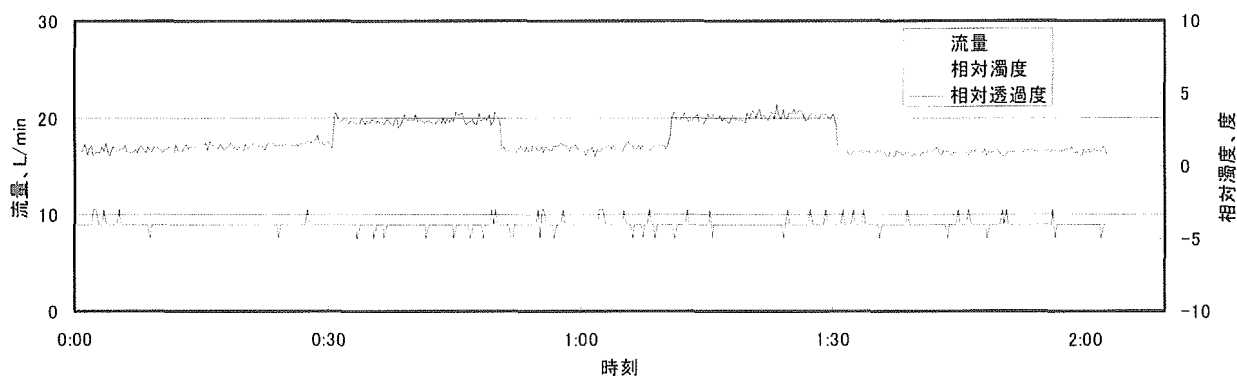


図17 錆粉末添加実験(添加濁度2度, 装置構成:濁りモニター→バルブ)

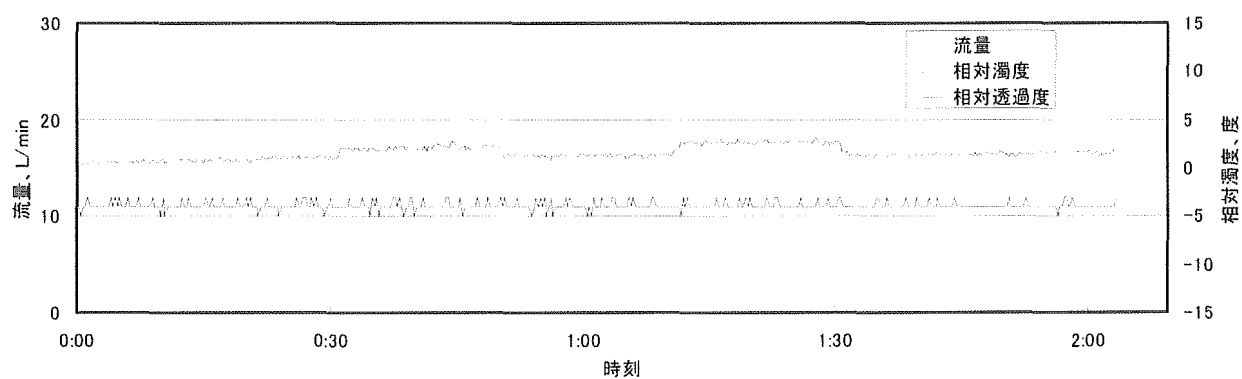


図18 錆粉末添加実験(添加濁度1度, 装置構成:濁りモニター→バルブ)

そこで、長時間連続実験の図9-12と錆粉末添加実験の図14-18における濁度変化率を算出し、時間当たりの濁度変化率が水質異常の検出指標となりうるかを検討した。結果を表1-3に示す。長時間実験における水道水通水時は、1分当たりの濁度変化率は全て ± 0.4 度/分以下であった(Case 1)。また、錆粉末添加実験においても、錆粉末が未添加

の際の濁度変化率は全て±0.9度/分以下であった（Case 2）。これに対し、濁度1度の錆粉末添加時は最小0.98度/分以上、添加終了時は-1.31度/分以下を記録した（Case 3）。水道水通水時のCase 1と比較すると、錆粉末添加時のCase 3は、濁度変化率が3倍以上と大きい。錆粉末を添加する前のCase 2と比べると大差はない。錆粉末の添加実験ではタンクに水道水を一度保存してから通水をおこなったため、タンク貯水時になんらかの微粒子が混入し、そのため水道水通水時のCase 1に比べ、錆粉末を添加する前のCase 2の濁度変化率が大きくなったと思われる。

しかし、2分当たりの濁度変化率を見ると、Case 2では最大0.9度/2分、Case 3では最小1.37度/2分であった。このことから、2分当たりの濁度変化率を指標とすることによって、濁度が突発的に上昇するケースを検知することの可能性が示された。清澄な水道水の示すベースの指標値に比べて、濁度が1度以上突発的に上昇するケースでは指標値は1.5倍以上の値を、濁度が2度以上突発的に上昇するケースでは3倍以上の値を示す。

表1 1分当たりの濁度変化率

		濁度変化率(度/1min)						
		通常時		錆混入1回目		錆混入2回目		
		最大値	最小値	錆混入時	錆停止時	錆混入時	錆停止時	
長時間実験2	Run 4	0.34	-0.30	-	-	-	-	
	Run 5	0.30	-0.24	-	-	-	-	
	Run 6	0.39	-0.32	-	-	-	-	
	Run 7	0.30	-0.28	-	-	-	-	
錆粉末添加実験	濁度10	Run 8	0.90	-0.82	9.84	-11.63	12.41	-16.04
		Run 9	0.82	-0.73	7.63	-13.51	10.82	-16.61
		Run 10	0.65	-0.57	11.10	-12.90	15.71	-16.57
	濁度2	Run 11	0.78	-0.61	2.37	-2.81	2.78	-2.73
	濁度1	Run 12	0.41	-0.57	1.27	-1.31	0.98	-1.51

表2 2分当たりの濁度変化率

		濁度変化率(度/2min)						
		通常時		錆混入1回目		錆混入2回目		
		最大値	最小値	錆混入時	錆停止時	錆混入時	錆停止時	
長時間実験2	Run 4	0.26	-0.24	-	-	-	-	
	Run 5	0.24	-0.23	-	-	-	-	
	Run 6	0.27	-0.37	-	-	-	-	
	Run 7	0.00	0.00	-	-	-	-	
錆粉末添加実験	濁度10	Run 8	0.94	-0.75	11.56	-13.92	12.95	-18.29
		Run 9	0.71	-0.97	10.34	-14.22	14.71	-19.59
		Run 10	0.94	-0.61	12.93	-15.16	17.02	-18.82
	濁度2	Run 11	0.54	-0.56	2.31	-3.01	2.60	-3.07
	濁度1	Run 12	0.39	-0.38	1.37	-1.40	1.46	-1.65

表3 5分当たりの濁度変化率

		濁度変化率(度/5min)						
		通常時		錆混入1回目		錆混入2回目		
		最大値	最小値	錆混入時	錆停止時	錆混入時	錆停止時	
長時間実験2	Run 4	0.20	-0.19	-	-	-	-	
	Run 5	0.19	-0.23	-	-	-	-	
	Run 6	0.14	-0.19	-	-	-	-	
	Run 7	0.02	-0.02	-	-	-	-	
錆粉末添加実験	濁度10	Run 8	1.12	-0.49	13.32	-15.40	13.99	-19.17
		Run 9	0.55	-0.38	12.30	-14.68	17.02	-20.57
		Run 10	0.71	-0.22	14.13	-15.82	17.02	-20.57
	濁度2	Run 11	0.52	-0.49	2.02	-3.14	2.94	-3.56
	濁度1	Run 12	0.42	-0.27	1.24	-1.33	1.87	-1.82

6. まとめと今後の課題

給水管と同一径の管型セルにより流水状態で水道水の透過光と散乱光濁度を測定する原理試作器（トレンド出力濁りモニター）を製作した。光源は赤色LED680nmで、内径13φフローセルにおいて光ファイバーより光を管内に照射し、90度散乱光を光ファイバーより入射しSi-フォトダイオードモジュールでアナログ電気信号に光電変換する。透過光濁度は感度が低かったが、散乱光濁度は濁度1度を十分に検知する感度を有した。しかし、長時間の通水を行う場合は、光学セルの汚れなどで濁度の全体値の測定は達成されなかった。濁度が上昇した場合の水質異常を、時間当たりの濁度の変化率で表すと、清澄な水道水を通水した場合は±1度/2分以内であり、濁度1度以上の突発的な上昇があるような水質異常が検出可能と思われる。模擬実験として濁度1度の錆粉末を添加した際の濁度変化率は±1.37度/2分以上であった。

今後は以下のような検討が必要と思われる。①濁度水質異常がを評価する指標：濁度変化率は長期間のセルの汚れに影響を受けずに、突発的な濁度異常を検出可能である。しかし、濁度がゆっくり上昇するような場合は、この指標では水質異常が検出できない。②光源、電気回路、セルなどを含めた装置全体の実環境下でのテスト：今回の実験は長くても1週間であり、1日ごとのあるサイクルでバルブを開閉をおこない試験を行った。実環境ではさらに1年以上の長期間実験を行い、その間に発現する諸所の問題点を解決する必要があると思われる。

Ⅱ－１－６ 給水システムのリスク管理に関する研究 (3)；

リスク管理目的に合致した異常現象の検出方法に関する基礎的研究

「水量、水質 (EC, ORP) 異常等の検出」

分担研究者 長岡 裕 武蔵工業大学

1. はじめに

近年、給水栓からの逆流、貯水槽における水質悪化、経年劣化などに起因する水道水質の異常などの事故が報告されているが、これらを検知するシステムの開発は未だ十分であるとはいえない。

本研究は、各戸の水道メーター付近に設置した流量計、圧力計、電気伝導度センサーによって、水質の異常や水量の異常を速やかに検出し、ユーザーに警報を発するシステムの構築を目指している。想定しているシステムとしては、各戸に各種センサーを併設した水道メーターと集合住宅への引き込み管に1個のメーターを設置し、各種センサーから得られる流量データ及び水質データの時系列データを逐次、1箇所の監視システムに送ることによって、異常が発生した場合に各戸に警報を発するというものである (Fig.1 参照)。警報が発せられることで、当該需要者はもちろん、他の需要者に健康的リスクの低減や、経済的損失の低減を達成することが可能となる。本システムでは、漏水などの流量異常、水道水中の水質異常に起因する電気伝導度の上昇、管内閉塞による圧力の異常などを検出することが可能である。本年度は、実験室において異常システムを試作し、実際に運転することによって、本システムの適用可能性について検討したので、報告する。

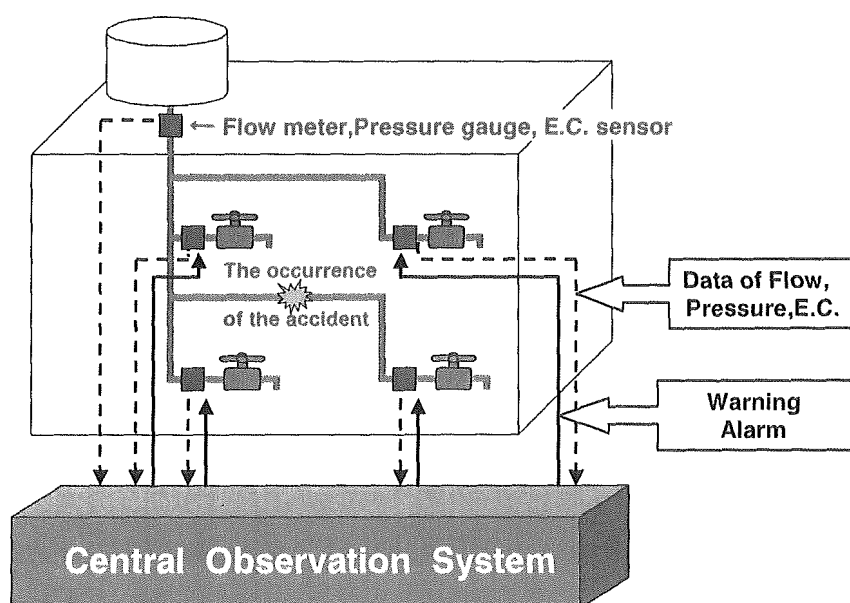


Fig.1 Image of accidents detection system in an apartment

2 異常検出システムの概要と構成

2.1 想定する異常検出システムの概要

各種センサーを併設した水道メータは集合住宅の1個/1戸に設置されており，集合住宅への引き込み管にさらに1個のメータが設置されている．流量データ及び水質データの時系列データを逐次，1箇所の監視システムに送られる．監視システムにおいて異常を検出した場合には各戸に警報を発することができるというものである．(Fig.1 参照)

2.2 異常検出システムの構成

異常検出システムは，配管内に流量計，圧力計，電気伝導度センサーを組み込んだものとする．Fig.2に高置水層方式における検出器の設置の模式図を示す．このシステムでは，蛇口を開くと流量 Q が上昇し，圧力 P は減少することを利用して，これらの検出器からのデータにより，配管における水理学的な異常の検出を可能にするものである．また，電気伝導度およびORPのデータより，水質異常の検出を可能とするものである．

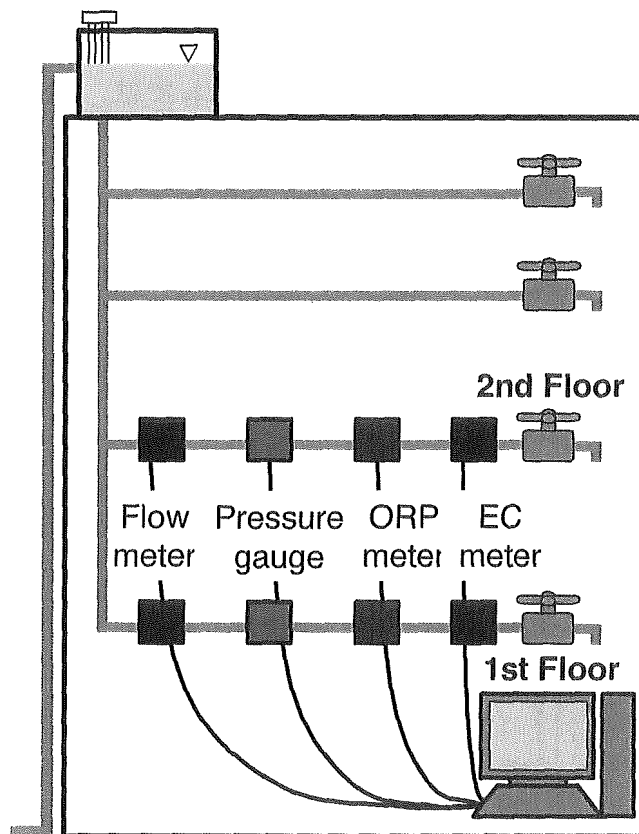


Fig. 2 Schematic diagram of experimental setup

2.3 異常検出システムにより検出が可能な異常現象

2.3.1 流量異常の検出

式 (2.1) に示すように集合住宅入口における流量 Q_{in} と各戸の流量 Q_{out} の和に差が生じれば、配管内からの異常漏水があることになる。

$$Q_{in} \neq \sum Q_{out} \quad (2.1)$$

2.3.2 電気伝導度の異常の検出

電気伝導度の上昇は、イオン濃度の上昇（金属の溶出など）による異常が生じたことになる。特に水の使われていないときにおいて高い電気伝導度が見られれば、管内滞留水に金属の溶出が見られたことになる。（Fig. 2 参照）

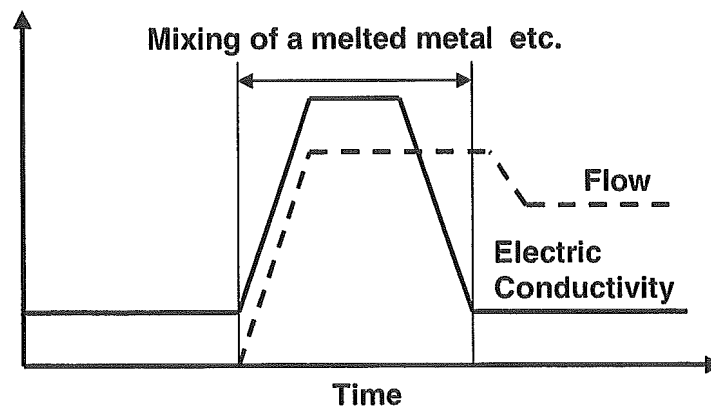


Fig. 2.2 Detection of accidents of electric conductivity

2.3.3 管内における負圧と逆流の検出

何らかの理由により負圧と逆流が発生した場合、流量および圧力の検出データから確認することが可能となる。（Fig. 3 参照）

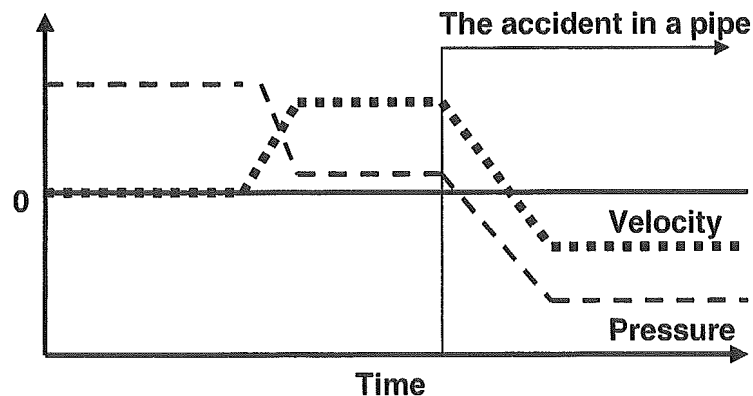


Fig. 3 Detection of negative pressure and an adverse current