

「定期的検査」の内容をまとめたものを表-8に示す。

表-8に見るように、調査対象とした18事業体のうち測定機器の定期的検査を、①「事業体の職員」が実施すると明記してある事業体は4事業体、②このうち一部機器の検査と精密検査を「業者・メーカー」に委託しているのは3事業体、③「業者・メーカー」よるものが11事業体（うち、残留塩素計のみの委託は3事業体）、④不明なものは6事業体である。このように、その実態が不明な事業体を除いて、一部の事業体では職員が一部の定期検査を実施しているが、大部分は、その定期検査を業者やメーカーに委託していると考えられる。

一方、定期検査頻度は4～12回/年(1事業体のみ1回/年)であるが、残留塩素計に対しては12回/年としている事業体が多く、他の測定器に対しては4回/年としている事業体が多い。

ただ、付表-2のNo.6およびNo.11の都市からの回答によれば、定期的検査以外に約6回/台・年の計器調整等の対応や、198件/年(H15)の通信トラブルの発生が報告されていることから、他の都市においても、計測機器の維持管理にはかなりの労力を注いでいるものと考えられる。

表-8 測定装置・器具の定期的検査状況

都市、企業団 No.	残留塩素計		他の測定器		補充・交換・他		備 考
	職員	業者	職員	業者	職員	業者	
1		12		12			
2		12		12		1	
3	定期巡視		定期巡視				
4			6				故障時は業者が直ちに対応
5		12		12			
6		4		4			濁度計光源ランプは規定値超過時に交換
7		12		4			残留塩、濁度、色度、pHの精密点検:1～6年
8		4		4			個々の機器点検につき記載あり。都市7も同様
9		1		1			定期点検時に消耗品も同時交換
10	12			4	1～2		交換は必要に応じて実施
11	12			4	1		交換は必要に応じて実施
12		12		4	2		
13		12		1(精密点検)			
14	4		4	1(定期・精密)		1	
15		12		12	12		ゼロ点・スパン補正、電極掃除、シムカゲル・ピース交換
16							
17		メーカー委託		メーカー委託			
18		4		4			

注 1)残留塩素計と他の機器と区別して記載したが、機器の記載の無い時には、両方に、回答の回数を記載
 2)回答から、実施主体が明らかに「職員」「メーカー・業者」と記載されている時は所定欄に記載
 実施主体が記載されていないときは、欄を跨いで記載
 3)機器および実施主体が不明の時は、4欄を跨いで記載

2)小括

設定された閾値は都市により大きく差がある。濁度や色度に関しては、水質基準値を上限として設定している都市が多いが、より厳密な設定をしている都市もある。

一方、アラーム発生時の対応の基本的な対応の流れは、①異常値の確認→②原因追求→③修理修繕→④報告 の経路をとっていると理解されるが、各事業体で実施している対応あり方は多様である。

測定装置の定期点検は、一部の事業体では職員が一部の定期検査を実施しているが、大部分は、その定期検査を「業者やメーカー」に委託していると考えられる。また、定期検査頻度は4～12回/年である。

4、総括

本年度は、給水システムにおける水質異常の代替指標としての濁度・色度変動と原水水質変動との関連性および飲料水水質基準超過確率の検討と、併せて、事業体における水質管理の状況を調査した。

その結果の概要は以下の通りである。

- 1) 都市 S, T, U の水道水の濁度は、総じて、0.1 度以下である。給水栓により多少のばらつきはあるが、総じて、夏季に高くなる周期的変動を示している。また、主として夏季に発生している最大濁度は 1.8 度に達することがある。一方、色度の変動は、巨視的に見れば濁度と同様であり、総じて、夏季に高くなる周期的変動を示している。最大色度は 3.3 度に達することがある。
- 2) 総じて、水道水の濁度は原水濁度の変動と関連性を持っているように思われる。ただ、色度の場合は、濁度ほど原水水質変動との関連性を持たないようである。
此处で、上記の現象と本研究との関連性を考える時、給水末端の水質異常の監視に際して原水の高濁度時には、とりわけ留意するべきであることを示唆していると考えられる。
- 3) 調査対象とした都市の水道における濁度及び色度の出現率について検討した。
特定濁度の出現率は、都市により大きな差があるが、濁度に反比例して出現率が著しく低下することは各都市で共通である。濁度 1.0 での発生確率は 0.0005～0.03% であって極めて小さいが、調査期間中において 6 都市で出現した濁度の最大値は 0.44～2.2 度であった。
一方、色度の場合は、濁度の場合と同様に、都市により各色度での出現率 (%) には差があり、色度に反比例して出現率が著しく低下する。しかし、濃度(度)単位で比較する時、色度における出現率は、濁度よりも圧倒的に高い傾向を持つ。調査期間中に 5 都市の水道で発生した色度の最大値は 1.3～4.3 度であった。
- 4) 水質監視の状況について 18 都市から回答を得たが、以下の点が明らかとなった。
① 設定された閾値は都市により大きく差があるが、濁度や色度に関しては、水質基準値を上限として設定している都市が多いこと、② アラーム発生時の対応の基本的な対応の流れは、a) 異常値の確認→b) 原因追求→c) 修理修繕→d) 報告 の経路をとっていると理解されるが、各事業体で実施している対応あり方は多様であること、③ 調査都市の大部分は、測定装置の定期点検を「業者やメーカー」に委託していると考えられる。また、④ 定期検査頻度は 4～12 回/年である。
- 5) 上記の 1)、2)、3)、4) の結果を考慮すると、給水末端に設置する水質監視装置の異常判定の閾値は、飲料水質基準値近傍に設定するのが望ましいと考えられる。

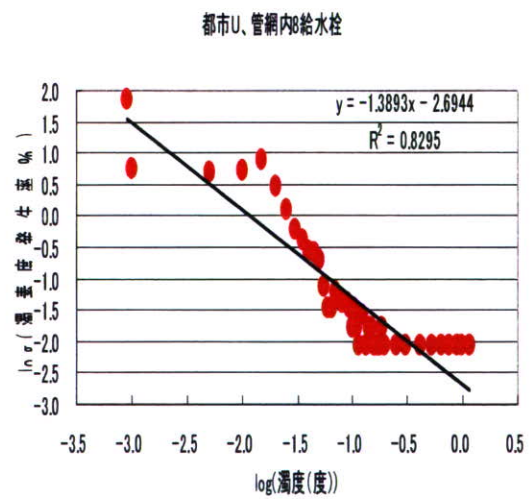
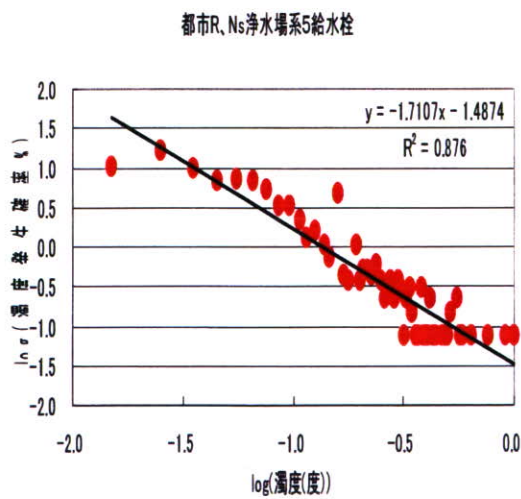
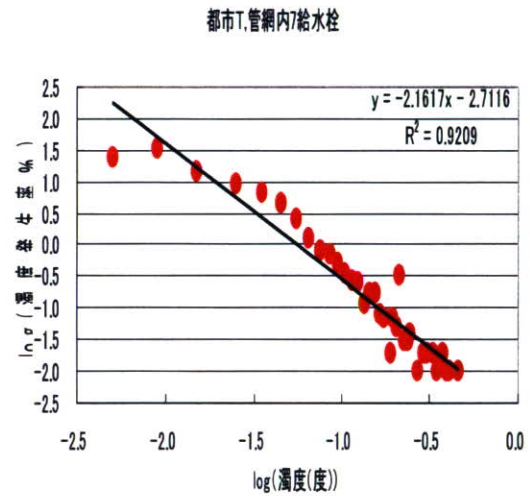
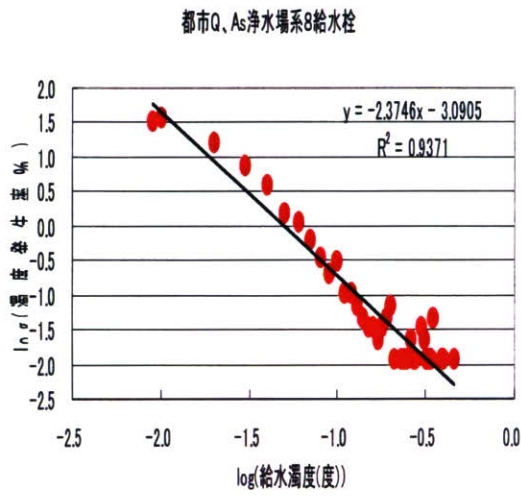
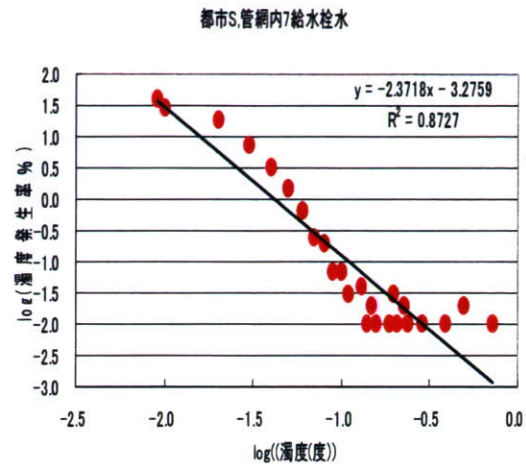
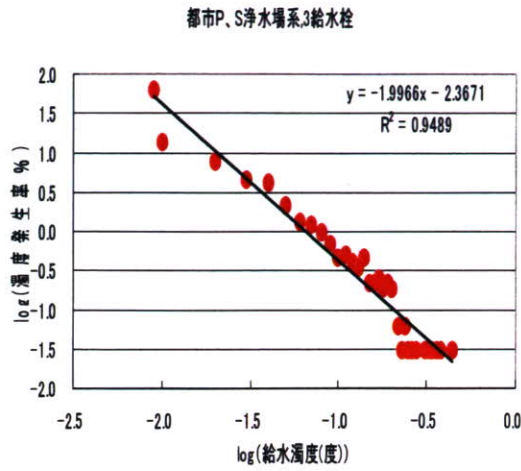
謝辞

本研究には、調査対象とさせていただいた 6 都市の水道事業体の関係者各位にご協力い

ただいた。また、水質監視状況の調査に対しては 18 水道事業体の関係者各位にご協力をいた
ただいた。此処に記して謝意を表す。

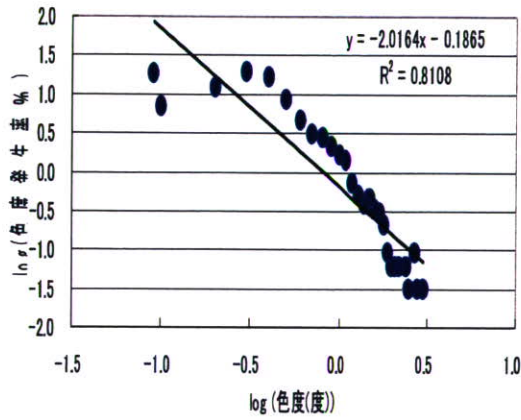
参考文献

- 1) 中村文雄、水道水質の変動と水質監視・管理への補完的活用に関する検討「Ⅰ」、給水末
端における水質および給水装置・機能の異常監視と管理に関する研究、平成 17 年度総括・
分担研究報告書、pp25-49 (2006, 3)
- 2) 中村文雄、水道水質の変動と水質監視・管理への補完的活用に関する検討「Ⅱ」、給水末
端における水質および給水装置・機能の異常監視と管理に関する研究、平成 18 年度総括・
分担研究報告書、pp29-55 (2007, 3)
- 3) 中村文雄、林武治、服部伍朗; 6 都市における給水系事故発生の周期変動性・気温依存性、
第 57 回全国水道研究発表会講演集、6-14、pp488~489 (2006, 5)
- 4) 中村文雄、若松享二、給水末端システムの維持管理に関する一考察、第 58 回全国水道研
究発表会講演集、6-1、pp442-443 (2007, 5)

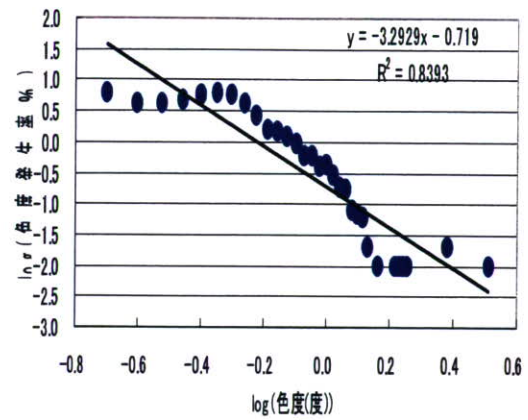


付図-1 6都市の log(濁度(度))と log(濁度発生率(%))

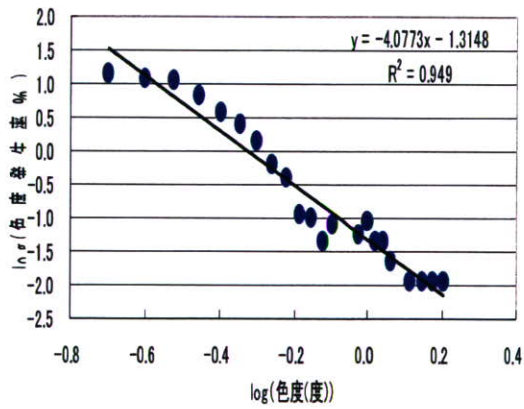
都市P、S浄水場系3給水栓



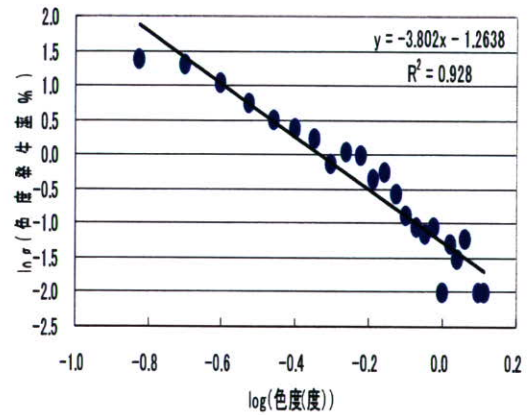
都市S、管網内7給水栓



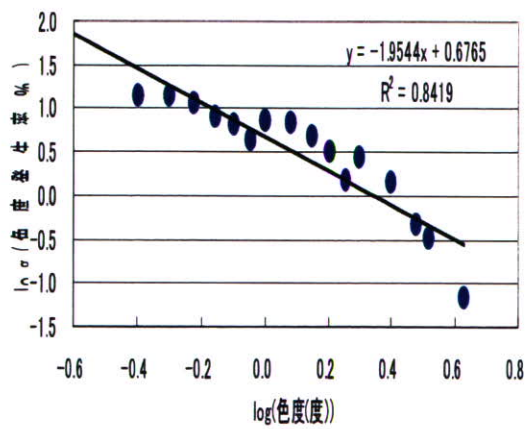
都市Q、As浄水場系8給水栓



都市T、管網内7給水栓



都市R、Ns浄水場系5給水栓



付図-2 5都市の log(色度(度))と log(色度発生率(%))

付表-1 ; 閾値

都市 No.	自動計測 設置柱数	管理閾値					最大(最小)閾値					備考	
		濁度 度	色度 度	残留塩素 mg/L	EC μS/cm	pH	水温 °C	濁度 度	色度 度	残留塩素 mg/L	EC μS/m		pH
1	19	DWS(2)	DWS(5)	DWS(0.4)	-	-	-	-	-	-	-	-	●水質基準値に順ずる。短時間に極端に変化したとき、基準値内 外を問わず原因追及 ●テレメーター-遠方監視、伝送路=NTT専用回線 ●給配水質予測システムを有し、水量にあわせ市内各点の残塩 シミュレート可 ●テレメーター-遠方監視、伝送路=NTT専用回線 ●上下限値設定による異常情報発信
2	20	0.2	0.5	0.35~0.80	-	7.0~8.2	2	5	0.1	-	8.6	-	●テレメーター-装置にて中央監視 ●警報設定およびトレンドグラフ(1分間隔)によるチェック、現場確 認
3	6	0.0	1.0	0.5	x	x	2.0	2.0	0.4	x	x	x	●人が常駐している9機については担当者が監視 ●その他4機は監視モニターにて監視
4	13	1	2	0.4>、1.5<	-	7>、8<	通常 の閾値 0~3	通常 の閾値 0~10	通常 の閾値 0~3	-	通常 の閾値 4~10	-	●携帯パケット方式通信により送受信→職員はリアルタイムで水 質状況把握 ●異常発生時に専用端末での警報発生→早急に対応 ●警報は、計器異常または設定した水質の上下限値を超えた時発 報
5	123	上限=2	上限=5	上限=1.3	上限=500	上限=8.6	下限=-2.0	下限=0.0	下限=0.3	下限=50	下限=5.6	下限=0.0	●上下限値を設定、範囲逸脱時に警報を出力 ●計測器からのデータはNTT回線経由し、テレメーターにより計算 機に収集 ●閾値にかえて、計測範囲、許容誤差の回答あり
6	34	上限=1	x	上限=1.2	x	x	下限=0	x	下限=0.2	x	x	x	●上限設定範囲:濁度=0~5、色度=0~20、残塩=0~2、EC=0~500、 pH=2~12、温度=2~50 ●下限設定範囲:濁度=-5~5、色度=-5~20、残塩=0~2、EC=0~ 500、pH=2~12、温度=-5~50
7	34(残塩 =24)	計測範囲= 0~2	計測範囲= 0~10	計測範囲= 0~2	計測範囲= 0~500	計測範囲= 2~12	-	-	-	-	-	-	●閾値の設定無し;塩素注入の指標としてののみ利用 ●常時監視せず、OAVパソコンで随時閲覧 ●異常発見時には、関係部署で必要な対応
8	16	上限=2	上限=5	上限=1	上限=400	上限=8	下限=-1.5	下限=-1.5	下限=0.1	下限=50	下限=6.0	下限=1.0	●閾値の設定無し;塩素注入の指標としてののみ利用 ●常時監視せず、OAVパソコンで随時閲覧 ●異常発見時には、関係部署で必要な対応
9	4	上限=0.010	上限=0.3	上限=0.45	x	x	下限=0.000	下限=0.0	下限=0.35	x	x	x	●閾値の設定無し;塩素注入の指標としてののみ利用 ●常時監視せず、OAVパソコンで随時閲覧 ●異常発見時には、関係部署で必要な対応
10	15	閾値の設定無し;塩素注入の指標としてののみ利用											

都市 No.	自動計測 設置柱数	管理閾値					最大(最小)閾値					備考		
		濁度	色度	残留塩素 mg/L	EC μS/cm	pH	水温 °C	濁度	色度	残留塩素 mg/L	EC μS/m		pH	水温 °C
11	7	2	5	0.1 > , 1.0 <	—	5.8 > , 8.5 <	—	注意値 = 1	注意値 = 2.5	注意値 = 0.2 > , 0.7 <	—	注意値 = 6.5 > , 8.0 <	—	●原水取水口上限閾値; pH=9.5, EC=200 μS/cm, 濁度=30, シアン=0.1, NH4+=0.1 ●原水取水口下限閾値; pH=6.5, DO=5.0
12	24	0.5	3	0.4	—	—	緊急通報レベル 1 <	緊急通報レベル 4 <	緊急通報レベル 0.3 >	—	緊急通報レベル 6.0 > , 8.3 <	—	●閾値には、水質異常の程度に応じ、左欄の「緊急通報レベル」以外に、「情報提供レベル」; 保持時間=2時間「緊急措置レベル」; 保持時間=15分」などの設定あり	
13	40	通常閾値範囲 = 0~0.4	通常閾値範囲 = 0~2	通常閾値範囲 = 0.2~0.8	通常閾値範囲 = 100~300	通常閾値範囲 = 7.0~8.0	通常閾値範囲 = 12~35	測定範囲 = 0~10	測定範囲 = 0~10	測定範囲 = 0~3	測定範囲 = 0~600	測定範囲 = 0~14	測定範囲 = -10~60	●設定濃度を超過、または、未満でアラームと異常表示
14	19	警報設定値 = 0~2.0	警報設定値 = 0~5	警報設定値 = 0.2~1.0	警報設定値 = 水系により設定	警報設定値 = 5.8~8.6	警報設定値 = 0~35	測定範囲 = 0~10	測定範囲 = 0~10	測定範囲 = 0~3	測定範囲 = 0~600	測定範囲 = 0~14	測定範囲 = -10~60	●異常時には、水質試験所の警報盤に音とランプで表示、同時に、水質モニター室の報機・端末で異常表示(赤色反転表示) ●勤務時間内では即対応、時間外は翌朝出勤後の対応、
15	10	上限 = 1	上限 = 3	上限 = 1	上限 = 150	上限 = 7.5	上限 = 35	下限 = 0.0	下限 = 0.0	下限 = 0.3	下限 = 100	下限 = 6.5	下限 = 5.0	●上限値; 濁度=2, 色度=5, EC=160, pH=8.6, 残塩=1.2, 水温=40, 水圧=8.0kg/cm2 ●下限値; 濁度=0, 色度=0, EC=90, pH=5.8, 残塩=0.2, 水温=0, 水圧=1.0kg/cm2
16	5	H18年度に設置、 計測項目: 濁度、色度、残塩、水温、(EC予定)					H18年度に設置、 計測項目: 濁度、色度、残塩、水温、(EC予定)					H18年度に3箇所に設置、(H19年度に2箇所に設置、H20年度に1箇所に設置予定)		
17	3	H19年度に、3箇所に試験導入につき、未定					H19年度に、3箇所に試験導入につき、未定					H19年度に3箇所に設置		
18	10	上限=0.5	5.0	計測点毎	X	X	上限=45	—	計測点毎	X	X	X	下限=5	●計測データは、NTT専用回線にて1秒単位で送信 ●異常値発生時に警報発生 ●警報は、監視システム上の端末・警報メールにより、担当者に通知

註 : 1) DWS:水質基準値、 2) — ; 設定無し、 2) x ; 測定せず

付表-2 アームへの対応と維持管理方法

都市No.	異常値が検出されたときの対応	対応マニュアル (有○、無×)	機器の自動チェック機能	維持管理		データの活用方法	保存期間	測定機器の故障・修繕頻度
				定期的検査	月・業者委託			
1	<ul style="list-style-type: none"> 濁度、色度、pHに関しては直ちに原因追求 残塩は最も末端に近いモニターで常時監視、0.1mg/L以上になるように調節 	x	○	<ul style="list-style-type: none"> 残塩=1回/月、全項目=1回/月・業者委託 	<ul style="list-style-type: none"> 上流プロセスの給水栓への影響追跡 過去のMax,min,aveの引き出しと検証 給水水質予測システムで水量・残塩の予測 	<ul style="list-style-type: none"> 永年 バックアップは随時 H11年度～ 		
2	<ul style="list-style-type: none"> 警報による常時監視・確認→現地機器調査・調整・部品交換 対応不可→メーカー点検・修理 	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 1回/月以上の保守点検と1回/年のメーカー点検 管理目標値と性能劣化管理基準を設定 	<ul style="list-style-type: none"> 供給末端の毎日検査結果 浄水処理工程の薬品注入量(率)の設定 	<ul style="list-style-type: none"> 5年 		
3	<ul style="list-style-type: none"> 測定装置の機能確認→必要に応じて維持管理課に依頼 	x	○	<ul style="list-style-type: none"> 職員による定期巡視 計画的修繕の予算化 	<ul style="list-style-type: none"> 水質保持の為の排水作業への利用 	<ul style="list-style-type: none"> 水質月報として水質検査課保存 残塩のみ時間データとして水質検査課保存 		
4	<ul style="list-style-type: none"> 機器故障と判断された時;水質センター担当者→保守管理業者に連絡→点検・修理 異常値の疑いがある時; a)担当者が現地確認→機器故障→保守管理業者、 b)異常値の時→本局に連絡→危機管理体制へ移行 	x	x	<ul style="list-style-type: none"> 1回/2月 委託契約の中に、機器故障の場合、保守管理業者が直ちに対応することとしている 	<ul style="list-style-type: none"> 水道法に基づき排水システム毎の毎日水質データとして利用 	<ul style="list-style-type: none"> 5年 		
5	<ul style="list-style-type: none"> 機器異常か、水質異常かを判断⇒判断の目安; 同一地点で複数項目同時発生か、付近で断水等作業の有無 機器異常の場合;原因追求と復旧に努力、復旧不可の時、当該項目の水質試験実施、同一配水系統の計測機器データにより水質管理は可 水質異常の場合;原因追求、状況により、関係部署と連絡⇒水質事故対応体制 	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 1回/月;委託業者による定期点検 	<ul style="list-style-type: none"> 配水系統および流速時間の推定 残留塩素の管理 	<ul style="list-style-type: none"> 1分データ=32日間 5分データ=3ヵ月 1時間データ=13ヵ月 1日(24時間)データ=11年 1ヵ月データ=10年 	<ul style="list-style-type: none"> 計器異常の発生頻度を「定期点検以外の対応回数」とした場合、平成18年度に定期点検以外で計器調整等の対応を行った回数は、年間で平均約6回/台であった。 	
6	<ul style="list-style-type: none"> 配水管維持管理職員が現地に行き、原因調査 機器・回線異常の時、計測機器維持管理課に連絡・対応 	○	x	<ul style="list-style-type: none"> 4回/年の業者による定期点検 濁度計光源ランプ電圧が規定値を超えた時交換 	<ul style="list-style-type: none"> 情報端末設備の画面上で常時監視可 必要なデータは計算機管理課(浄水課)より提供(時間・日データ) 	<ul style="list-style-type: none"> 時間・日データは永年保存 		

都市 No.	異常値が検出されたときの対応	対応マニュアル (有○、無×)	機器の自動 チェック・校正 機能 (有○、無×)	維持管理		データの活用方法	保存期間	測定機器の故障・修 繕頻度
				定期的検査	その他			
7	<ul style="list-style-type: none"> ●水運用センターおよび浄水場にて監視 ●異常値発生時には、現地で採水・手析値と比較 ●許容誤差範囲を超える時は校正 ●機器の故障等への対応はマニュアル“故障対策”で対応 	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ●日常点検：残塩=1月、実測・指示値比較 ●定期点検：電極=3ヵ月、残塩、pH、EC、セル=3ヵ月、残塩、濁、色、EC、ゼロ校正=3ヵ月、濁、色、スパン調整、残塩=3ヵ月、濁、色=3~12ヵ月、EC=1年、pH調整=3ヵ月、温度調整=1年 ●精密点検：残塩、濁、色、pH=1~6年 ●測定試験：残塩、ゼロ・スパン調整=1月、絶縁抵抗測定=2年 	<ul style="list-style-type: none"> ●供給地点における水質データの遠隔監視 	<ul style="list-style-type: none"> ●時間値=10年、5分値=1年、1分値=3ヵ月 		
8	<ul style="list-style-type: none"> ●稼動状況画面・定時計測データにて監視 ●異常検出時は、アラーム受信履歴画面および任意データ等で詳細把握（アラーム・履歴の画面） ●一過性のものかor遠隔制御可能かor現場対応必要かorメーカー修理必要かを判断して対応 	×	○	<ul style="list-style-type: none"> ●濁・色度計：3ヵ月=ゼロ校正、シリカゲル点検、6ヵ月=スパン校正、ワイパー、シリカゲル交換、1年=ゼロ水・ワイパー・Oリング交換、適宜=LEDユニット交換 ●残塩計：3ヵ月=pH校正、ゼロ校正、スパン校正、1年=ピエゾ・電極、メッシュの交換 ●EC計：3ヵ月=ゼロ確認、電極洗浄、6ヵ月=スパン校正 ●pH計：スパン校正、6ヵ月~1年=標準液・オリング・電極 	<ul style="list-style-type: none"> ●水質データシステムに格納された計測データ=5年以上 ●定期(毎日)水質検査結果報告書=5年 	<ul style="list-style-type: none"> ●水質データシステムに格納された計測データ=5年以上 ●定期(毎日)水質検査結果報告書=5年 		
9	<ul style="list-style-type: none"> ●テレメータ伝送データの監視 ●異常値検出時：警報発生、過去の履歴確認可能 ●①職員が現地に向、②機器異常でなく水質異常の時 県営水道機器管理マニュアルにより対応 	×	○	<ul style="list-style-type: none"> ●1回/年、業者による定期点検 ●パッキン等消耗品も同時に交換 ●異常発生時(機器故障時)には速やかな修理 	<ul style="list-style-type: none"> ●水質管理および浄水処理、送水の管理 ●異常の把握、残留塩素管理、送水管理 ●給水末端の水質情報管理(月報等作成) 	<ul style="list-style-type: none"> ●5年 		
10	<ul style="list-style-type: none"> ●常時監視せず、OA/パソコンで随時閲覧 ●異常発見時には、関係部署(浄水場、配管維持管理担当部署、機器点検担当部署)に連絡→必要→必要な対応 	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ●残留塩素計：職員による1回/月 ●各計測器：業者による4回/年 ●電極交換・標準液補充：1回/年・6月・毎回点検時など、必要に応じて頻度を変えている 	<ul style="list-style-type: none"> ●毎日検査の代替 ●浄水場での塩素注入指標 ●濁度発生時の対処に際し、計測値を参考とする など 	<ul style="list-style-type: none"> ●現在のところ、平成9年以降のデータを保存 		
11	<ul style="list-style-type: none"> ●異常刑法板・OA/パソコンで随時監視・閲覧 ●パソコンで水質トレンドチェック→現場に急行→原因調査(機器か機械装置か)→原因別に対応→必要に応じてメーカーに連絡・修理 	×	○	<ul style="list-style-type: none"> ●残留塩素計：職員による1回/月 ●各計測器：業者委託による4回/年 ●電極交換・標準液補充：業者委託による1回/年、必要に応じて交換・補充 	<ul style="list-style-type: none"> ●24時間の水質変動把握と異常時の迅速対応 ●残留塩素監視・管理；低残留塩素地点の解消 ●日・月・年報、トレンドグラフ作成など 	<ul style="list-style-type: none"> ●現時点で、保存規定無し ●当面、10年を目安とする ●年報扱いとする場合は永年保存 	<ul style="list-style-type: none"> ●通信トラブル； H15年度1年で198件発生；遠隔地の通信異常が多かった。 	

都市No.	異常値が検出されたときの対応	対応マニュアル (有○、無×)	機器の自動チェック機能 (有○、無×)	維持管理		データの活用方法	保存期間	測定機器の故障・修繕頻度
				定期的検査				
12	<ul style="list-style-type: none"> ●「水質異常」が「水質モニター」が「機器異常」かをチェック ●水質異常の時→配備体制→送水制限など必要措置→管路主要地点で水質検査→正常になるまで排水洗管→受水市町村と協議→送水可否判断 ●水質モニター・機器の異常時→上下流の測定値・浄水処理状況のチェック→必要に応じて測定器のチェック 	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ●残留塩素計の校正:1回/月 ●濁色度計、pH、EC:1回/3月 ●消耗品交換:1回/6月 	●送水水質監視	●リアルタイムデータ:3ヶ月 ●一時間値:10年間		
13	<ul style="list-style-type: none"> ●毎日、全局、全項目の確認 ●設定濃度を超過、または、未満でアラームと異常表示→即時、点検委託先に連絡→原因究明と補修 	○	×	<ul style="list-style-type: none"> ●1回/月:委託業者による定期点検 ●1回/年:メーカーによる精密点検 ●緊急周知体制を確保 	<ul style="list-style-type: none"> ●水道法施行規則15条に基づき毎日検査としての位置付け ●浄水場出口の残留塩素濃度制御 ●配水管施設替工事等に伴う濁・色度の監視 	●永久		
14	<ul style="list-style-type: none"> ●機器異常と想定される時:水質試験所・水質モニター室担当者が確認・調整→対応不可の時、業者に修理依頼 ●水質異常で一過性と想定される時:関連するセンタリ・浄水管理事務所に連絡→原因を確認・報告 ●水質異常で、直ちに確認必要と想定される時(残留塩素減少、濁土上昇等):水質試験所職員が現地へ→水質チェック→必要な対応 	×	○	<ul style="list-style-type: none"> ●1回/3か月で浄水管理事務所担当者による定期的点検・校正 ●1回/年で業者による定期点検と部品交換 	●日報、トレンドグラフ、月報、年報の形で活用	日報は原則5年		
15	<ul style="list-style-type: none"> ●中央コンピュータで任意の閾値設定(通常上限値と下限値)→異常時に警報発信 ●対応1:トレンドデータで警報の内容(浄水場データと監視点データとの相互比較、異常値の時間幅等から突発的なものか否かを判断)と、発生時刻の確認 ●対応2:異常原因究明調査のため現地確認 ●対応3:異常原因が配管工事(事故)か、ポンプ設備保守由来か、水質によるものか関係部署へ問い合わせ ●対応4:現地の機器状態、水質、関係部署からの情報等から、異常原因の特 	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ●1回/月:計測値、濁色度測定セル、比較セル、標準液、残留塩素計、必要により計器補正 ●1回/月:7項目のゼロ点、スパン校正、濁色計レンズ・シリカゲル交換、残留計電極の掃除・交換、ビーズ交換、その他 	<ul style="list-style-type: none"> ●配水制御月報・水質管理局データとして関係部署へ ●毎日検査結果書・水質管理局データとして関係部署へ ●後塩素注入率決定への利用 	<ul style="list-style-type: none"> ●1分データ=最長30日間 ●1時間データ=最長5年 		
16	<ul style="list-style-type: none"> ●H18年度に、自動水質測定地点:2箇所を設置 ●警報発報時の事故対応マニュアルの整備を配水課と協議の上作成予定 	—	—	●メーカー等に委託				
17	<ul style="list-style-type: none"> ●現在の「配水管マニュアル」で対応 	×	—		<ul style="list-style-type: none"> ●毎日検査に変わって行く ●おいしい水作り ●浄水過程での塩素管理への活用 	<ul style="list-style-type: none"> ●現在、未定であるが、水質データの保存と同等年数で検討中 		
18	<ul style="list-style-type: none"> ●濁色度計の異常値発生⇒機器由来か、水質由来か⇒異常値が継続する場合は、赤水等の発生の可能性⇒関係各所へ連絡、対応依頼 	×	○	<ul style="list-style-type: none"> ●4回/年:点検業務委託、精度確保のための計測機器内の点検・清掃 	<ul style="list-style-type: none"> ●計測データ⇒本庁⇒本庁のサーバーに保存 ●保存データは、専用端末で常時閲覧可 	<ul style="list-style-type: none"> ●1分データ:20年間保存可能なサーバー用量を確保 		

Ⅱ-2 給水装置・用具の機能不全監視方法に関する研究；

1. 振動・音等異常現象の検出システムの構築とその実用化

分担研究者 杉山 俊幸 山梨大学工学部

1. はじめに

キッチン、浴室、洗面所などで「ドン!」「ガン!」「ゴン!」などと聞こえる原因不明の異音や衝撃音、もしくは、原因不明の漏水やシャワーの温度急変などといった現象はすべて水撃現象により発生する音や現象である。シングルレバー方式の蛇口や浴室のシャワー／カランの切り換え等の混合水栓、および、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」が急速に普及したことが原因として挙げられる。さらに、近年の建築物の高層化や大型化、三階建て住宅の普及で住宅密集度が増加し、各地方自治体は給水圧力や給水量を増やさざるを得なくなりつつある。これらのことから水撃現象が引き起こされるケースが増加し、その結果として、給水管の振動とこれに起因する騒音などによる住環境の悪化、さらには、給水管の破裂や疲労破壊が生じる可能性が高くなってきている。特に騒音が引き起こす問題では、夜間に水撃音が発生し、睡眠の妨げになるなど日常生活にも支障をきたすというものもある。住宅だけに限らず、高い落差の水力発電所などでは水撃作用も巨大なものとなり、弁などの可動部はもとより、上部が地盤やコンクリートで固められた厚い鋼製の配管などの固定部分でも損傷を受けかねない。そのため、何らかの水撃作用対策が必須のものとなっているのが現状である。

平成 16 年度までの研究で、水撃作用発生時のスチール製給水管の振動データとインパルスハンマで給水管に与えた衝撃の振動データの違いから、水撃作用が発生しているか否かを判定するシステムをファジィ理論を用いて構築し、ほぼ 100%の精度で水撃作用の発生を検知できるようになり、システム開発に一步近づいた¹⁾。また、平成 17 年度の研究では、「音」の方が収録が容易であるため、水撃作用によって生じるスチール製給水管の「音」のデータを収録・解析し、これらに基づいてファジィ判定システムを構築した結果、70～90%の精度で水撃作用の発生を判定できることが明らかとなっている²⁾。平成 18 年度は、スチール製給水管と塩化ビニル管の振動および音の特性が大きく異なるため、水撃作用の検出に際しては、給水管の材質を考慮してファジィ演算プログラムを構築する必要があること、また、水撃作用検出用のファジィ演算を構築する場合には、音と振動の両者を対象とするのが望ましいが、一方しか採用しない場合には、特に塩化ビニル製の場合、電磁弁にできる限り近い位置での給水管の振動を対象とするのが適切であること等を明らかにした³⁾。

平成 19 年度は、最近多用され始めている架橋ポリエチレン管を給水管として用いた場合の水撃作用発生時の振動および音の両者を実験室内で収録し、給水管の材質が不明の場合でも水撃作用の発生が検出可能なシステムの構築を目的とした。そして、「小型化」、「低価格化」を意識した検知装置の開発の方向性について検討を行い、実用化に向けた提案をすることを試みた。

2. 実験概要

実験は、給水管として3種類の架橋ポリエチレン管（外径 17.0mm，内径 12.8mm，以下，ポリ管 1，ポリ管 2，ポリ管 3 と表記）を使用し，前年度まで使用していたステチール製給水管（以下，鉄管と表記）と並行して配管されている実験室内（図 2-1～2-2，ポリ管 1～ポリ管 3 を各々 1 本ずつ順に取り替えて実験を実施）で，水撃作用に伴って発生する音と振動を同時に収録した．なお，水撃作用は，給水中に電磁弁を急閉止させることで発生させた．データ収録は，15.0，17.0[L/min]の2通りの流量に対して各 9 回行い，その内 6 回はファジィ判定プログラム構築のために，3 回はファジィ判定の精度の確認のために用いた．収録方法および収録データの内容に関しては，文献 2)，3)と同様である．なお，音のデータは電磁弁の近傍で収録し，振動データの収録は電磁弁より 120[cm]の位置で行った．

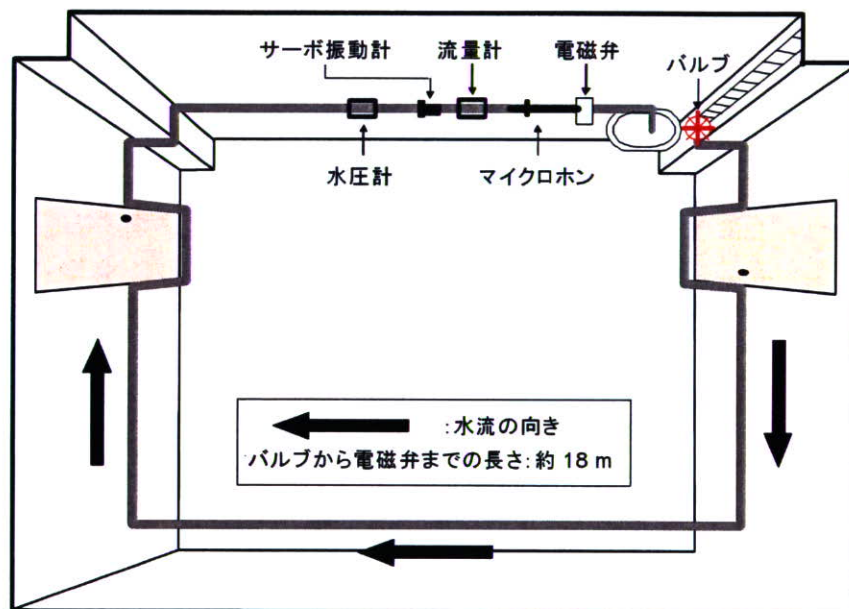


図 2-1 実験室内管路図

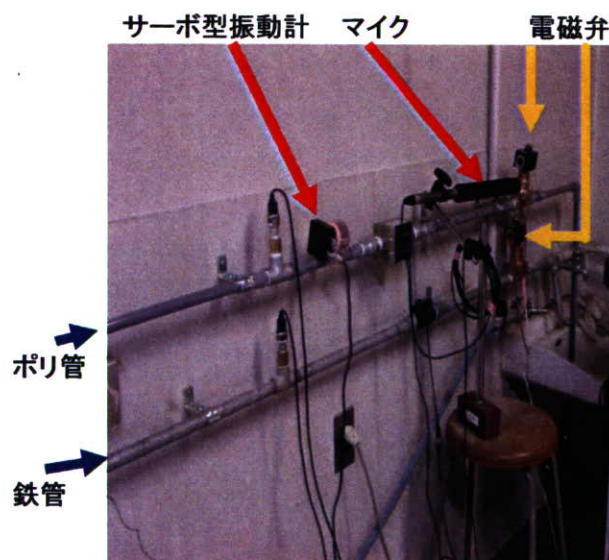


図 2-2 実験室内の配管等の状況

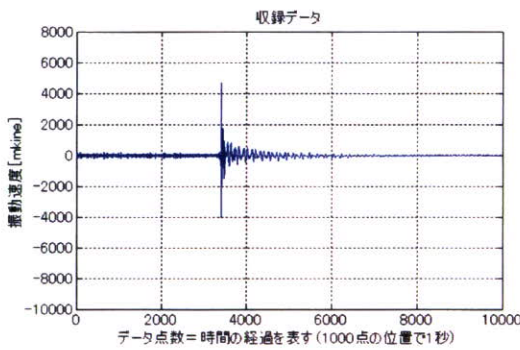
3. 実験結果およびファジイ判定項目の決定

3.1 実験結果

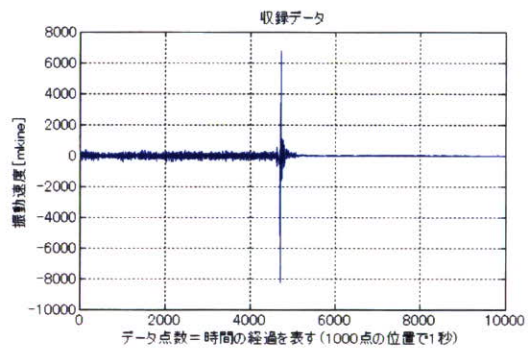
収録した鉄管、ポリ管の水撃作用発生時の振動の波形データおよびそのスペクトル解析結果の一例を示したのが図 3-1 である。これより、鉄管とポリ管では、振動性状に有意な差が生じていることがわかる。すなわち、ポリ管も含めて、給水管の材質を考慮した解析が必要であることを示している。なお、図 3-1 より、ポリ管の振動減衰は鉄管と比較して大きいことが読み取れるが、実験室内で電磁弁急閉止時にポリ管から発生する音を聴いている限り、ほとんど聞こえず、水撃作用が発生しているとの認識はほとんどできないのが実情であった。

ファジイ演算を構築するために必要な抽出項目としては、前年度までの研究成果 1)~3) を踏まえ、「音」に関しては、① 卓越振動数、② 減衰定数、③ 継続時間、④ 位相差の割合の 4 項目を、「振動」に関しては、① 卓越振動数、② 減衰定数、③ 継続時間、④ 位相差の割合、⑤ 最大振幅の 5 項目としている。各項目の詳細を以下に示す。

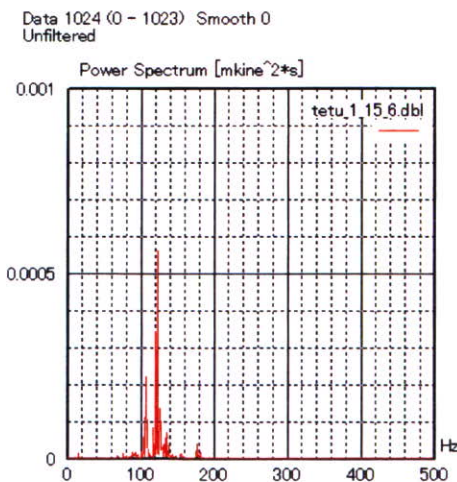
- ① 卓越振動数：パワースペクトルがピーク値を取るときの振動数（単位：Hz）
- ② 減衰定数：収録波形データの振幅が最大となったときから、カウントして、5 波目までの減衰を対象として算出（振動は、3 波目までを対象）



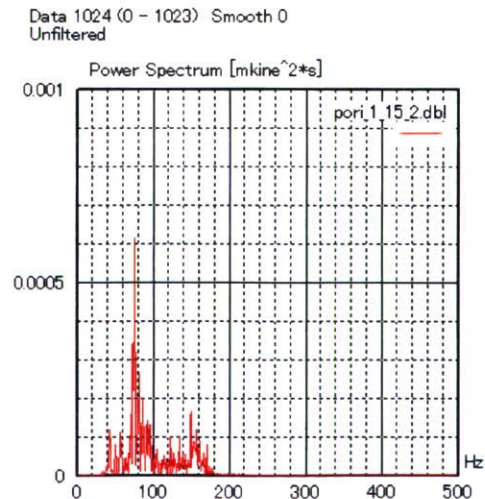
(a) 鉄管の振動波形



(b) ポリ管の振動波形



(c) 上図 (a) のスペクトル解析結果



(d) 上図 (b) のスペクトル解析結果

図 3-1 鉄管およびポリ管の振動波形およびそのスペクトル解析結果の一例

- ③ 継続時間 : 収録波形データの最大振幅の 1/55 になる振幅があらわれるまでの時間 (単位: 秒) (振動は, 1/10 になる振幅を対象)
- ④ 位相差の割合 : 15° 間隔で分けた位相差分スペクトルのうち卓越した二つの位相差が全体に占める割合
- ⑤ 最大振幅 : 速度振動波形の絶対最大値

3.2 ファジィ判定評価項目の決定

実験の詳細な結果を図表に示すことは省略するが, 本実験結果より, 「卓越振動数」は, 水撃作用発生時に限らず別の衝撃に対しても同じ数値をとってしまうことより, ファジィ判定評価項目としては考慮せず, 「最大振幅」については, 流量に依存してしまいファジィ判定がうまくいかないことが予想されるため, ファジィ判定評価項目から除外した。

「音」については, 「減衰定数」より少ないばらつきを示している「継続時間」と「位相差の割合」をファジィ判定評価項目として採用することとした。

「振動」については, 「継続時間」よりもばらつきの少ない「減衰定数」と「位相差の割合」をファジィ判定評価項目として選定した。

3.3 給水管の識別

ここでは, 一般家庭で主に使用されている「鉄管」, 「塩化ビニル管」, さらに, 最近多く用いられてきている「ポリエチレン管」の 3 種類の給水管の材質の違いを, 本研究での分析結果に基づいて識別することを検討する。ただし, 「塩化ビニル管」のデータについては, 文献 3) のデータを引用している。

3.4.1 識別方法

給水管の材質を識別する手段として, 音については「卓越振動数」, 「継続時間」, 「減衰定数」, 「位相差の割合」, 振動については「卓越振動数」, 「継続時間」, 「減衰定数」, 「位相差の割合」, 「最大振幅」の数値を比較し, どの材質であるかを識別するという方法を採用することとした。詳細については省略するが, 最終的に, 実験により得られている各材質の給水管の振動および音の特性を考慮して, 図 3-2 に示す識別フローチャートに従って給水管の材質を識別することを考案した。

次に, この識別フローチャートにより, どの程度正確に給水管の材質を識別できるかを, 実験で得られているデータに適用してチェックしてみた結果を示したのが図 3-3 である。図中に示した分数は, (正確に識別できた実験ケースの数) / (チェックに用いた実験ケースの数) を示している。これより, ポリ管 3 の識別精度 89% を除いてほぼ正確に識別できていることが読み取れる。なお, ここでは, ポリエチレン管については流量を限定しての識別方法となっているが, 実際に一般家屋で用いる検出装置では, 流量の計測を実施しない予定であることより, 今後, 流量をベースとしない識別方法を考案する必要がある。

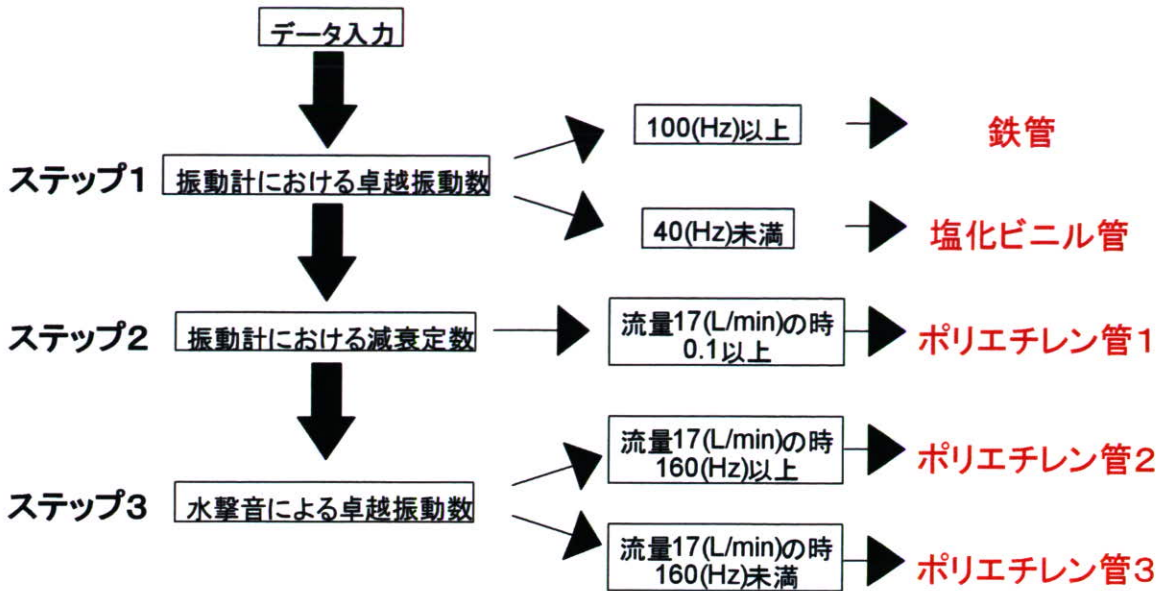


図 3-2 給水管の材質の識別フローチャート

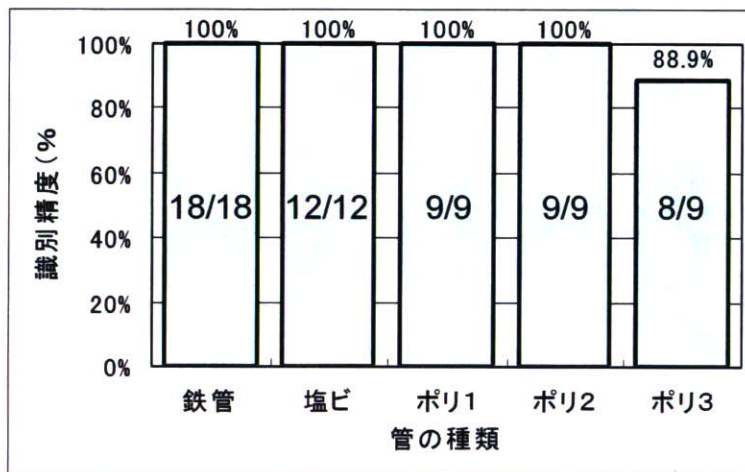


図 3-3 給水管の材質の識別結果

4. ファジィ演算モデルの構築と評価基準の設定

ファジィ演算モデルの構築方法に関しては、メンバーシップ関数の作成、ファジィ判定図の判定基準等も含め、平成 18 年度までの研究^{1)~3)}で用いた方法と全く同様であるため、ここでは新たに追加した評価基準についてのみ記述する。

4.1 評価基準

水撃作用発生時の音については、「卓越振動数」、「継続時間」、「減衰定数」、「位相差の割合」の 4 つの項目に、振動については、「卓越振動数」、「継続時間」、「減衰定数」、「位相差の割合」、「最大振幅」の 5 つの項目に、その善し悪し (パラメータ G)、水撃が発生しているか否かの判断に与える影響度の大きさ (パラメータ E)、水撃作用発生具合の総合評価 (パラメータ N) の 3 つのパラメータに関してメンバーシップ関数を決定した。最初に、各評価項目の善し悪しを「良い」「まあまあ良い」「どちらとも (良いとも悪いとも) 言えない」「まあまあ悪い」「悪い」の 5 つの基準に分ける。決定された評価基準を表 4-1~表 4-4 に

示す。この評価基準は、演算の実行にあたり微調整を繰り返し、最適と思われるものを決定した。また、音については、「卓越振動数」、「減衰定数」の2つの項目、振動については、「卓越振動数」、「継続時間」、「最大振幅」の3つの項目に対して、水撃が発生しているか否かの判断への影響度をゼロとしたため、表 4-1～表 4-4 の音は、「継続時間」と「位相差の割合」、振動は、「減衰定数」と「位相差の割合」の2つの評価基準だけを示してある。

表 4-1 鉄管の評価基準

(a) 水撃音

継続時間 [秒]		評価	位相差の割合		評価
0.0075以上	0.0175未満		評価5	0.35以上	
0.0175以上	0.02未満	評価4	0.45以上	0.525未満	評価4
0.005以上	0.0075未満		0.325以上	0.35未満	
0.02以上	0.03未満	評価3	0.525以上	0.6未満	評価3
0.0025以上	0.005未満				
0.03以上	0.0325未満	評価2	0.3以上	0.325未満	評価2
0.0325以上	0.0025未満	評価1	0.6以上	0.3未満	評価1

(b) 振動

減衰定数		評価	位相差の割合		評価
0.045以上	0.05未満		評価5	0.4以上	
0.05以上	0.055未満	評価4	0.5以上	0.55未満	評価4
0.0425以上	0.045未満		0.375以上	0.4未満	
0.055以上	0.0575未満	評価3	0.55以上	0.575未満	評価3
0.04以上	0.0425未満		0.325以上	0.375未満	
0.0575以上	0.06未満	評価2	0.575以上	0.6未満	評価2
			0.275以上	0.325未満	
0.06以上	0.04未満	評価1	0.6以上	0.275未満	評価1

表 4-2 ポリエチレン管 1 の評価基準

(a) 水撃音

継続時間 [秒]		評価	位相差の割合		評価
0.005以上	0.015未満		評価5	0.5以上	
0.015以上	0.025未満	評価4	0.6以上	0.7未満	評価4
			0.4以上	0.5未満	
0.025以上	0.04未満	評価3	0.7以上	0.8未満	評価3
0.0025以上	0.005未満		0.35以上	0.4未満	
0.04以上	0.045未満	評価2	0.3以上	0.35未満	評価2
0.045以上	0.0025未満	評価1	0.8以上	0.3未満	評価1

(b) 振動

減衰定数		位相差の割合	
0.09以上 0.11未満	評価5	0.3以上 0.4未満	評価5
0.11以上 0.12未満 0.085以上 0.09未満	評価4	0.4以上 0.45未満 0.25以上 0.3未満	評価4
0.12以上 0.145未満	評価3	0.45以上 0.475未満 0.2以上 0.25未満	評価3
0.145以上 0.15未満	評価2	0.475以上 0.5未満	評価2
0.15以上 0.085未満	評価1	0.5以上 0.2未満	評価1

表 4-3 ポリエチレン管 2 の評価基準

(a) 水撃音

継続時間 [秒]		位相差の割合	
0.005以上 0.02未満	評価5	0.475以上 0.625未満	評価5
0.02以上 0.03未満 0.0025以上 0.005未満	評価4	0.625以上 0.675未満 0.4以上 0.475未満	評価4
0.03以上 0.06未満	評価3	0.675以上 0.725未満 0.35以上 0.4未満	評価3
0.06以上 0.065未満	評価2	0.725以上 0.75未満	評価2
0.065以上 0.0025未満	評価1	0.75以上 0.35未満	評価1

(b) 振動

減衰定数		位相差の割合	
0.08以上 0.09未満	評価5	0.3以上 0.45未満	評価5
0.09以上 0.095未満 0.075以上 0.08未満	評価4	0.45以上 0.5未満 0.275以上 0.3未満	評価4
0.095以上 0.1未満 0.0725以上 0.075未満	評価3	0.5以上 0.6未満 0.225以上 0.275未満	評価3
0.07以上 0.0725未満	評価2	0.2以上 0.225未満	評価2
0.1以上 0.07未満	評価1	0.6以上 0.2未満	評価1

表 4-4 ポリエチレン管 3 の評価基準

(a) 水撃音

継続時間 [秒]		評価	位相差の割合		評価
0.005以上	0.025未満		評価5	0.4以上	
0.025以上	0.04未満	評価4	0.7以上 0.35以上	0.8未満 0.4未満	評価4
0.04以上 0.0025以上	0.08未満 0.005未満	評価3	0.5以上	0.7未満	評価3
0.08以上	0.1未満	評価2	0.3以上	0.35未満	評価2
0.1以上 0.0025未満		評価1	0.8以上 0.3未満		評価1

(b) 振動

減衰定数		評価	位相差の割合		評価
0.075以上	0.085未満		評価5	0.5以上	
0.085以上 0.07以上	0.09未満 0.075未満	評価4	0.6以上 0.45以上	0.65未満 0.5未満	評価4
0.09以上 0.065以上	0.095未満 0.07未満	評価3	0.65以上 0.35以上	0.675未満 0.45未満	評価3
0.095以上 0.06以上	0.0975未満 0.065未満	評価2	0.675以上 0.325以上	0.7未満 0.35未満	評価2
0.0975以上 0.06未満		評価1	0.7以上 0.325未満		評価1

4.2 判定結果

前節で述べた評価基準に基づいて構築したファジィ演算プログラムを用いて、実験により収録した鉄管、ポリエチレン管それぞれ 18 の計 72 のデータを判定すると、以下の表 4-5～表 4-8 のようになる。同表では、「水撃作用が発生している」を◎、「水撃作用発生の可能性はある」を△、「水撃作用は発生していない」を×として表している。表 4-5～表 4-8 に示すように、鉄管においては、18 のデータの内 18 のデータが「水撃作用が発生している」と判定でき、ポリエチレン管 1 においては、18 のデータの内 17 のデータが「水撃作用が発生している」と判定できた。さらに、ポリエチレン管 2, 3 においては、18 のデータの内 18 のデータが「水撃作用が発生している」と判定できた。

表 4-5 鉄管の判定基準によるデータ分類

水撃音		振動計		データ数	判定
継続時間	位相差の割合	減衰定数	位相差の割合		
5	5	5	5	1	◎
5	5	5	4	2	◎
5	5	5	3	1	◎
5	5	4	5	4	◎
5	5	3	5	1	◎
5	3	5	5	1	◎
5	3	4	5	1	◎
4	5	5	5	2	◎
4	4	5	4	1	◎
3	5	5	3	1	◎
3	5	4	5	2	◎
3	5	4	4	1	◎
計				18	18/18

表 4-6 ポリエチレン管 1 の判定基準によるデータ分類

水撃音		振動計		データ数	判定
継続時間	位相差の割合	減衰定数	位相差の割合		
5	5	5	5	3	◎
5	5	4	5	2	◎
5	5	4	4	2	◎
5	3	4	5	1	◎
4	5	5	4	1	◎
4	4	5	4	1	◎
4	4	5	3	1	◎
4	4	4	5	1	◎
3	5	5	5	2	◎
3	4	5	3	1	◎
3	4	4	3	1	△
3	4	3	4	1	◎
3	3	5	4	1	◎
計				18	17/18

表 4-7 ポリエチレン管 2 の判定基準によるデータ分類

水撃音		振動計		データ数	判定
継続時間	位相差の割合	減衰定数	位相差の割合		
5	5	5	5	2	◎
5	5	5	4	1	◎
5	5	4	5	2	◎
5	5	3	5	1	◎
5	4	5	5	1	◎
5	4	4	5	1	◎
5	4	4	3	1	◎
5	3	5	5	1	◎
5	3	4	3	1	◎
4	5	4	4	1	◎
4	4	5	5	1	◎
4	4	5	4	1	◎
4	4	5	3	1	◎
3	5	5	5	1	◎
3	5	3	5	2	◎
計				18	18/18

表 4-8 ポリエチレン管 3 の判定基準によるデータ分類

水撃音		振動計		データ数	判定
継続時間	位相差の割合	減衰定数	位相差の割合		
5	5	5	5	2	◎
5	5	5	4	1	◎
5	5	5	3	1	◎
5	5	4	4	1	◎
5	5	3	4	1	◎
5	4	5	4	1	◎
5	4	5	3	1	◎
5	4	4	5	2	◎
5	4	3	3	1	◎
5	3	5	5	1	◎
5	3	3	4	1	◎
4	5	5	4	1	◎
3	5	4	4	1	◎
3	4	5	4	1	◎
3	4	3	5	1	◎
2	4	5	5	1	◎
計				18	18/18