

した。(表 - 16)

表 - 16 給水装置に関する主な問合せ項目

分類	項目・内容	件数	%
水質関係	赤水・異物・塩素臭等の水質異常	73	13.7
	一般水質相談	18	
	小計	91	
音の発生	漏水音	6	1.4
	振動	3	
	小計	9	
出水不良	漏水・凍結・その他	33	6.6
	水圧が低い	11	
	小計	44	
水圧関係	水圧が低い・高い、調査依頼	19	2.9
	小計	19	
工事関係	漏水調査・修繕依頼、問合せ	79	24.3
	新設・改造・検査等の工事費用の問合せ	33	
	新設・修繕業者の紹介・問合せ	17	
	工事の手続き	14	
	使用材料の問合せ	8	
	その他(凍結対策・給水管の洗浄等)	10	
	小計	161	
配管の確認	引込み管口径・宅地内配管・材質等の問合せ	61	20.1
	配水管位置・口径・取出し管位置	26	
	鉛管使用の問合せ	24	
	メータ口径・位置・分岐	22	
	小計	133	
器具の故障	止水栓の故障・破損	13	5.6
	給水栓不良・パッキン交換	11	
	メータ・メータ箱の破損	6	
	給湯器具の故障	7	
	小計	37	
給水器具	浄水器の取扱い、性能等に関する問合せ	4	2.3
	水抜き栓の位置・操作方法	3	
	節水こまの取付け、入手方法	2	
	その他(器具の操作・設置方法等)	6	
	小計	15	
給水システム	3階直結給水への切替えに関する問合せ	21	5.1
	貯水槽水道の管理等に関する問合せ	13	
	小計	34	
水道料金	加入金制度・金額に関する問合せ	34	6.6
	水道料金との問合せ	4	
	使用量が多い(メータ指針への不信)	4	
	料金体系等に関する問合せ	2	
	小計	44	
権利関係	引込み管のトラブル(庭に隣家の管が埋設)	11	3.9
	給水管の所有者確認、変更等の手続き	10	
	管理・責任区分の問合せ	5	
	小計	26	
給水一般相談	制度・工事等指針の内容の問合せ	9	4.2
	開発行為の事前相談	5	
	配水管の布設要望	5	
	自家用水道から市水道への切替えの相談	2	
	市での修繕要望	2	
	その他	5	
	小計	28	
業者対応等	業者の対応が悪い・工事費が高い等の苦情	6	0.9
	小計	6	
その他	浄水器等の悪質な訪問販売	10	2.4
	開栓・閉栓	3	
	局員・業者を装う不審者の横行	2	
	工事の入札・契約制度について	1	
	小計	16	
計		663	100

この表から、工事に関するものが、161件で全体の約4分の1を占めていることがわかる。内容は、漏水の調査・修繕の依頼に関するものが特に多い。次が、工事費用や施工業者の紹介・問い合わせが多い。工事の手続きや使用材料に関するものは、需要者というより、工事事業者からの問合せが多いと考えられる。

配管の確認関係は、133件20.1%となっている。これは、配水管の口径、埋設位置、宅地内への引込み管の口径、宅地内の配管状態等の問い合わせであるが、これらのほとんどは、工事事業者からの問い合わせと思われる。また、最近の水道水質の関心の高まりから、鉛管に対する需要者からの問い合わせが比較的多い。

水質関係は、91件13.7%となっている。やはり、赤水、異物等が多い。漏水、凍結、水圧不足等が原因の出水不良は、44件6.6%である。水圧関係では、水圧不足や逆に高すぎることによる苦情、水圧調査の依頼等19件2.9%となっている。給水器具の故障は37件5.6%であるが、この中では、止水栓の故障、破損が13件で意外に多い。これらの水質関係、出水不良、器具の故障等の項目は、水道を快適に使用する上で直接的に関係する項目であるが、全体では約3分の1(200件)を占めている。

水道料金に関する問合せ・苦情は、44件6.6%であるが、水道利用加入金制度やその金額に対する問い合わせがほとんどである。

権利関係26件3.9%では、隣家の給水管が自己の土地に入っているといった苦情や引込み管等の所有権者の確認が多い。

やや注目されるものとして、最近各地でトラブルが発生している浄水器等の悪質な訪問販売、水道局職員や水道業者を装って水質検査を行うなどの不審者の横行などに対する問い合わせを挙げる事業体もあった。

⑤ 適切な維持管理のために必要な要件・留意点等

給水装置を適切に維持管理していくために必要な要件・留意点等について、71の事業体から98項目の回答を得て、関連する内容についていくつかに分類・整理した。(表-17)

この中では、需要者に対する管理・責任区分が徹底されていないため、特に、漏水事故時の対応等(主に費用負担)でトラブルになり易いこと、工事を指定事業者でない業者に依頼するケースがあり、後に紛争の原因になるなどのため、需要者に対して、広報紙・新聞・メータ検針時などを利用して給水装置は需要者に管理責任があり、適切に維持管理する義務があることなどを積極的にPRすべきであるとの意見が38件で40%近く挙げられている。

次が、使用する配管材料や施工法の適正化、工事の規格化、メータ下流側であっても使用材料を指定できる制度を設けることなどを挙げた事業体は20%近くある。

また、工事事業者の指定制度の変更により、工事事業者と事業体との関係が希薄になり、指導が徹底しなくなることへの危惧等から、指定事業者に対する指導の強化が必要としたものや完了図面の整備、情報システムの構築をすべきとした事業体がそれぞれ10%、今後、人口の高齢化に伴い高齢者世帯が増加するため、給水サービスの一環として指定給水装置事業者が定期的に巡回点検またはアドバイスする制度を設けるべきとしたもの、日頃さまざまな需要者からの情報を整理・管理して給水サービスに利用する等を挙げた事業体が8%となっている。

そのほかでは、事業体と工事事業者との役割分担、技術者の確保、事業体とメーカーとの情報交換の

必要性、その他の項目で道路漏水や鉛管対策で費用負担が大きいため、法改正を含めた何らかの改善を求めた事業者もあった。

表 - 17 適切な維持管理のために必要な要件・留意点等

項目	主な内容	件数	%
維持管理等、需要者へのPRが必要	<ul style="list-style-type: none"> ・需要者に対して、管理・責任区分を明確にし維持管理や費用負担、工事は指定給水装置工事事業者によることなどについて広報紙・新聞・テレビまたはメータ検針時等で積極的にPRすることが必要 ・工事事業者から需要者への完了図面の提供を徹底させる。 	38	38.8
使用材料や施工法等の開発や規格の統一	<ul style="list-style-type: none"> ・料金滞納者に対して遠隔操作できる止水栓の開発 ・配管位置・止水栓等を簡単に探知できること。 ・メータ下流側でも事業者が使用材料を指定できる制度 ・給水工事の規格を統一する ・給水管の選定は、施工性、耐久性、耐食性、衛生的なものでその地域の土壌・給水水质を考慮する。 ・適正な分岐口径と逆流防止機構が重要 ・給水工事申込書提出時に使用材料・工法等入念にチェック 	19	19.4
指定給水装置工事事業者への指導強化	<ul style="list-style-type: none"> ・指定工事事業者による無断改造工事が横行、制度の変更により水道事業者の指導も行き渡らなくなっている。 ・市外の指定事業者による工事の場合、十分なメンテナンスができない恐れがある。 ・需要者への説明責任の徹底 ・不良材料使用の排除、工事事業者への技術研修 	10	10.2
完了図面の整備・情報システムの構築	<ul style="list-style-type: none"> ・給水管の情報をファイリング等で一元管理し、システム化により迅速な情報で適切な維持管理に役立てる。 ・断水時にその範囲が瞬時に分かる情報システムの開発 ・図面の適正な管理 ・図面整備は、費用対効果の検討が必要 	10	10.2
装置の定期点検や情報の一括管理	<ul style="list-style-type: none"> ・高齢者世帯が増加することなどから、指定給水装置工事事業者が定期的に需要者の装置を点検・アドバイスする制度を設ける。 ・日常的な需要者等からの情報を一括管理し、給水サービスに役立てる。 ・メータの確認により漏水を早期に発見し対応する。 	8	8.2
水道事業者と工事事業者との役割分担	<ul style="list-style-type: none"> ・漏水・破裂等緊急時に迅速な対応ができるよう水道事業者と工事事業者と役割を明確にする。 ・水資源の有効利用の観点からメータまでは事業者が管理する。 	3	3.1
官から民への技術の継承と技術者の確保	<ul style="list-style-type: none"> ・事業者から工事事業者への業務の委託化が進行していく。事業者の技術を継承していくことが不可欠 ・工事事業者の従業員に経験者が少ない。 	2	2
各事業者間、各メーカー間との情報交換の必要性	<ul style="list-style-type: none"> ・鉛管対策、貯水槽式水道への対応等について事業者間の情報交換が必要 ・給水装置に関し、事業者、メーカー間で最新材料、水质、苦情対応等の情報交換が必要 	2	2
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・住宅工事等における設備工事を分離発注することにより、工事事業者と需要者の関係を密にする。 ・公道部の給水装置は、水道事業者の財産とし適切に管理すべき。 ・給水装置工事で配管技能者による施工を義務付ける。 ・道路部での給水管の漏水修理や鉛管対策で費用負担が大きい。法改正を含めた解決策を。 	6	6.1
合計		98	100

⑥ 指定給水装置工事事業者の指定、所属団体

各事業者が指定している指定給水装置工事事業者及び所属団体（管工事業協同組合、日本空調衛生工業会、その他の団体、未加盟に区分）について集計した。（表 - 18）

表 - 18 指定給水装置工事事業者数及び所属団体 () 回答数

指定給水装置工事事業者		事業者数	
		(260)	44,440
指定給水装置工事事業者 の所属団体	管工事業協同組合	(210)	11,341
	日本空調衛生工業会	(12)	239
	その他の団体	(39)	2,064
	未加盟	(88)	9,445

ア. 指定給水装置工事事業者の数

各事業者が指定している指定給水装置工事事業者の数は、事業者の規模によって大きく異なっている。このため、各事業者毎に1事業者当りの給水戸数を算出した。その結果、1事業者当り200戸台が66事業者で一番多く、次が300戸

台で39事業者、400戸台が34事業者、100戸台が32事業者と続いている。給水戸数が多い事業者としては1000戸台が19事業者、2000戸が1事業者となっている。

また、1工事事業者当りの給水戸数と給水戸数との関係では、給水戸数が20万戸以下の事業者で1工事事業者当たり800戸程度以下付近に集中している。これに比べ20万戸以上の事業者ではかなり分散していることがわかる。（図 - 14）

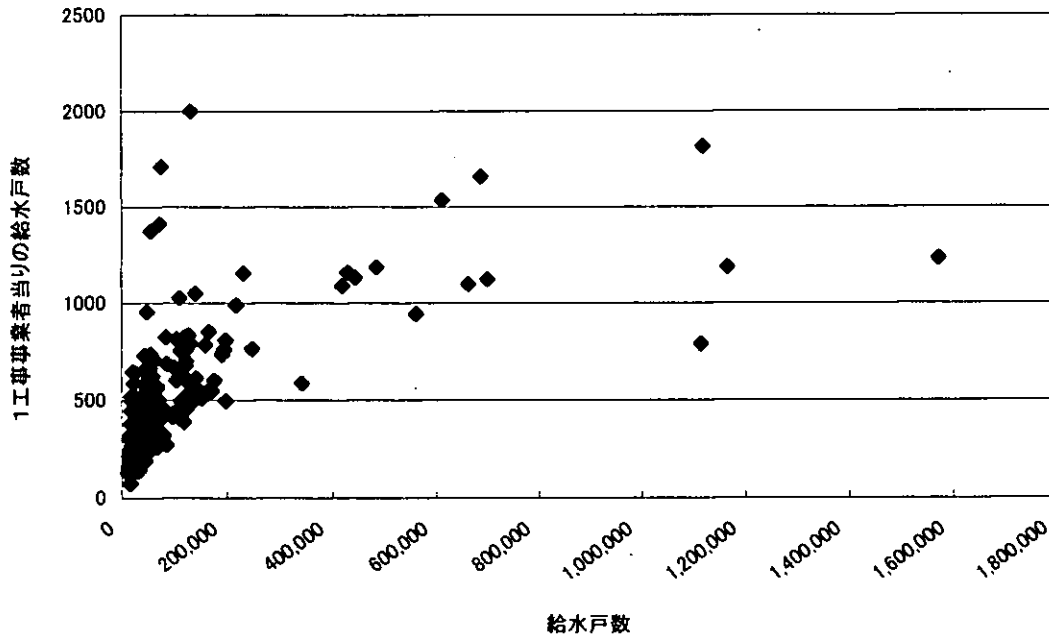


図 - 14 指定給水装置工事事業者数と給水戸数の関係

イ. 指定給水装置工事事業者の所属団体

指定給水装置工事事業者の所属団体として、管工事業協同組合、日本空調衛生工業会、その他の団体、未加盟の4区分で回答を求めたが、管工事協同組合以外は、回答が少なかった。

管工事業協同組合は、ほとんど事業体単位に設立されているが、指定給水装置工事事業者の組合への加入率は回答事業体平均で28.4%（管工事協同組合への加入数記入欄が空白になっているものは除いて算定）となっている。加入率が低い要因としては、

- ・ 指定給水装置工事事業者制度の変更により、当該事業体が指定した工事事業者が必ずしもその事業体に関わる管工事協同組合に加入しているとは限らないこと。
- ・ 組合に加入しようとする工事事業者が減少していること。

などが考えられる。

また、組合加入率と給水戸数との関係は、給水戸数20万戸以下での組合加入率はかなりのばらつきがあるが、30万戸以上では概ね20%から60%の範囲にある。（図-15）

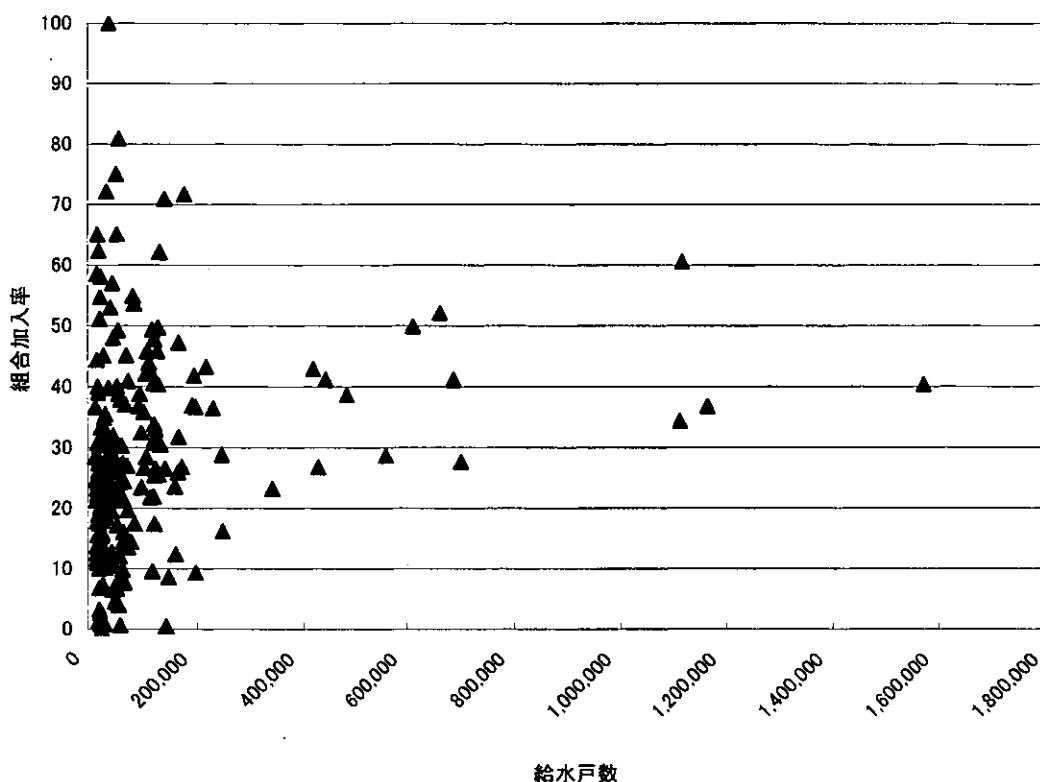


図 - 15 組合加入率と給水戸数との関係

⑦ 給水装置に関する調査・修繕等の対応

需要者から給水装置の調査・修繕等の依頼があった場合の事務処理の流れについては、メータまたは止水栓の上流側・下流側、故障の内容、休日・夜間の時間帯等によって同じ事業体でも数通りの事務処理方式を採用している。

事務処理方式で多いのが、需要者から給水装置工事事業者（管工事組員）に連絡し、修繕等を行うとしている方式で255事業体中156例、次が事業体で直営修繕を行っているのが137例、事業体を通じて管工事組員での調査・修繕が123例、事業体から管工事組合に連絡しているのが99例などとな

っている。(図 - 16)

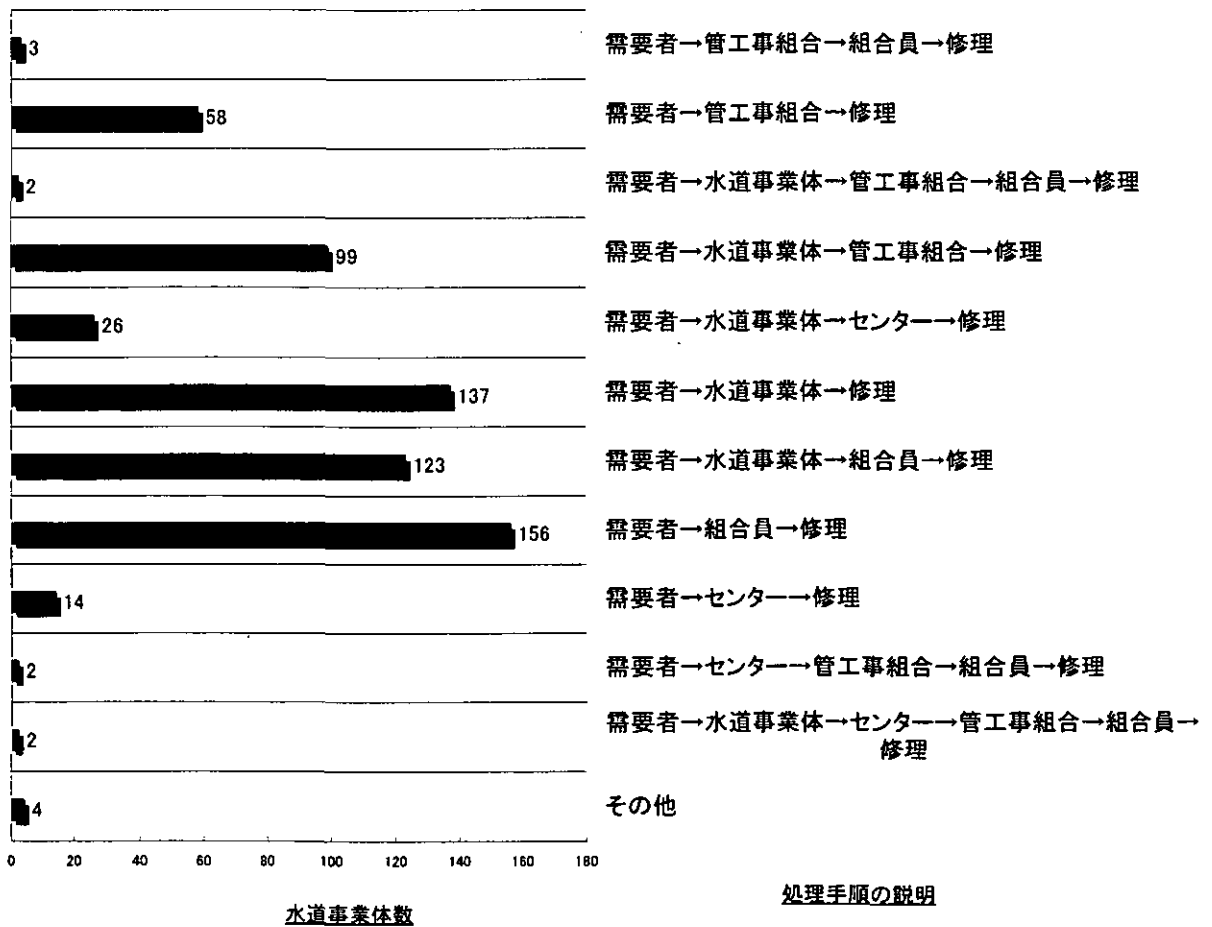


図 - 16 給水装置の修繕等事務処理方式 (回答 : 255 事業体)

調査・修繕に関し、ほとんどの事業体が関与しているが、5 事業体については、関与していないとしている。

事務処理の流れの区分では、給水装置の調査・修繕は、需要者が直接水道工事業業者（管工事組合員）に依頼する方式が多いが、事業体が直接、間接的に関わっている処理方式は、全体で 389 例となり、率にして 62% を占めている。

修繕センターを経由して処理する方式は、合わせて 44 例（7%）である。

6. 水道事業体に対するアンケート調査記入様式等

巻末参考資料参照

II-1-3. 給水システムのリスク管理に関する研究(1)；

水撃作用(水圧〔音・振動〕変動異常)の検出方法に関する研究

分担研究者 杉山 俊幸 山梨大学工学部教授

1. はじめに

レバーを動かすだけで急速に給水・止水したりするシングルレバー方式や、スイッチ操作で電磁弁を開閉する全自動洗濯機の普及に伴い、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による住環境の悪化、さらには、給水管の破裂や疲労破壊等が生じる可能性が高くなってきている。

そこで本研究では、一般家屋内での水撃作用の発生を比較的簡単に検出できる方法(システム)を開発・確立することを目的とする。ここで開発しようとするシステムの概要は以下の通りである。すなわち、加速度センサー、あるいは、小型マイクロホンを用いて、給水管の振動 and/or 音を感知・計測し、計測された波形の特性を把握する。具体的には、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。

平成14年度には、水撃作用に関する文献調査、市販されている水撃作用発生防止装置に関する情報収集を行うと共に、給水栓近傍の振動の計測を実施し、止水時の給水管の振動に関する基礎情報を得た。また、計測した振動波形から水撃作用が発生しているか否かをファジイ理論を適用して自動的に判定するシステムの構築に向けた基礎的な研究を実施した。平成15年度は、3種類の給水栓を用いて止水に関する実験を実施し、振動波形を収録する場合に、どのようなデータをどの位置で収録するのが適切なのか、また、水撃作用が生じたときの振動波形がどのような特性を有しているのかを把握し、前述の装置開発に向けての基礎データを得ることを試みた。また、これと並行して、計測した振動波形から水撃作用が発生しているか否かをファジイ理論を適用して自動的に判定するシステムの構築の改善について検討を加えた。

2. 実験の概要

実験は、国立保健医療科学院に設置されている水撃限界試験装置を用いて実施した。本装置では、給水装置の構造及び材質の基準¹⁾に定められている「給水用具内の流速2[m/sec]または動水圧0.15[MPa]」の状態を保つことが可能なことから、これらの内のどちらかの条件下で実験を行った。給水栓に関しては、写真1に示す3種類を用いて、手動で止水し、その時に生じる給水管の振動と音を収録した。収録する位置については、給水栓から75[cm]、375[cm]、675[cm]の位置を中心にサーボ型振動計を給水管に装着した。また、マイクロホ

ンを、給水管の中心から5[cm]水平方向に離れた位置にセットした。

収録する振動記録については、給水管管軸方向水平振動、給水管管軸直交方向水平振動、及び、給水管管軸直交方向鉛直振動の3振動を対象とし、各位置において、変位・速度・加速度を3回ずつ収録した。今回の実験においては、水撃作用検出装置をどの位置に装着すればよいか、検出に用いるデータとして、どのような振動を収録するのが適切かを把握することを目的とした。

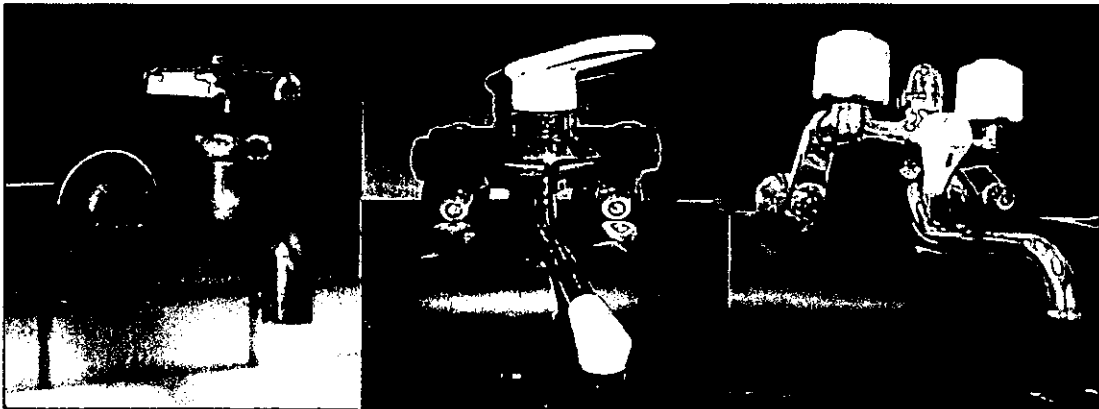


写真1(a)

通常の給水栓

写真1(b)

シングルレバー湯水混合
給水栓

写真1(c)

浴室用シャワー・通常給水
切替え給水栓

3. 実験結果

3. 1 収録する振動成分

写真1(a)に示した通常の給水栓を通常の速さで手動により止水した時の波形記録の一例を示したのが図1である。同図(a)は振動変位を、(b)は振動速度を、(c)は振動加速度を収録したものである。計測位置は、給水栓から375[cm]の位置である。また、CH1は給水管管軸方向水平振動、CH2は給水管管軸直交方向水平振動、CH3は給水管管軸直交方向鉛直振動、CH4は音圧の波形を示している。図1より、振動波形の減衰状況の読み取りが最も容易で、かつ、波形が正弦波に近いのが速度記録であることがわかる。また、どの振動成分を収録するのが適切かに関しては、CH1の給水管管軸方向水平振動、または、CH2の給水管管軸直交方向水平振動の波形が正弦波に近く、後々のデータ処理に適していると判断できる。図には示さないが、他の計測位置や給水栓に関しても、ほぼ同様の結果が得られている。従って、これからは、速度波形の給水管管軸方向水平振動、または、給水管管軸直交方向水平振動に着目して検討を行っていくことにする。

なお、止水時あるいは給水レバー切り替え時に発生すると予想していた音については、今回の実験では全く感知できなかった。これは、給水栓から排出される水が水槽に落ちる際に生じる音、および、水撃限界試験装置のタンクから給水管への送水時に生じるポンプ

音が大きかったためである。従って、ここでは音については考察の対象外とした。水撃作用発生時に生じる音に関しては、次年度に、実験方法を工夫した上で収録を試みる予定である。

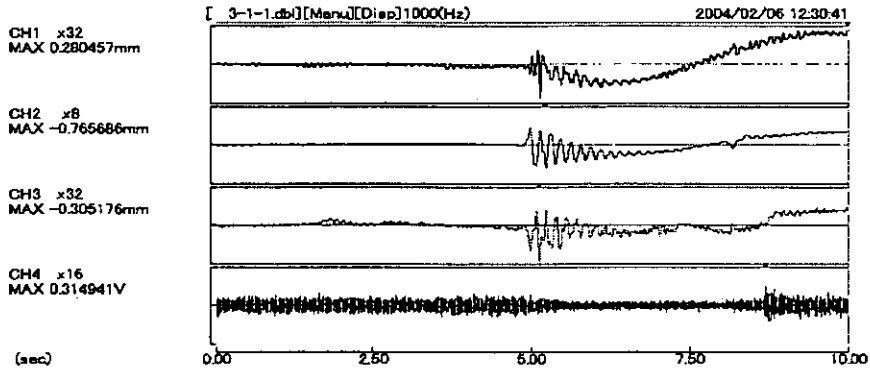


図 1 (a) 振動変位の波形

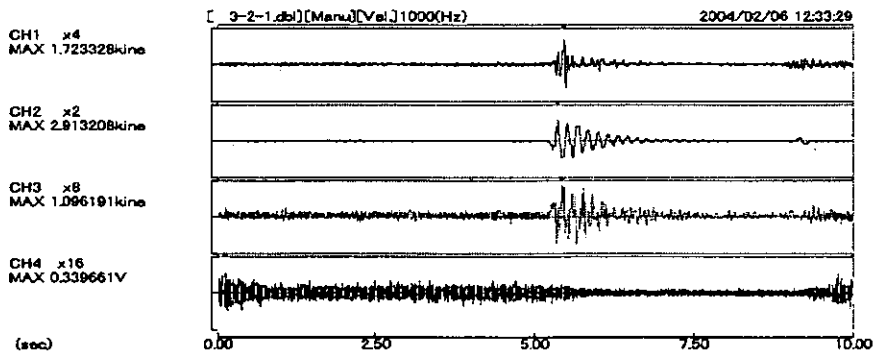


図 1 (b) 振動速度の波形

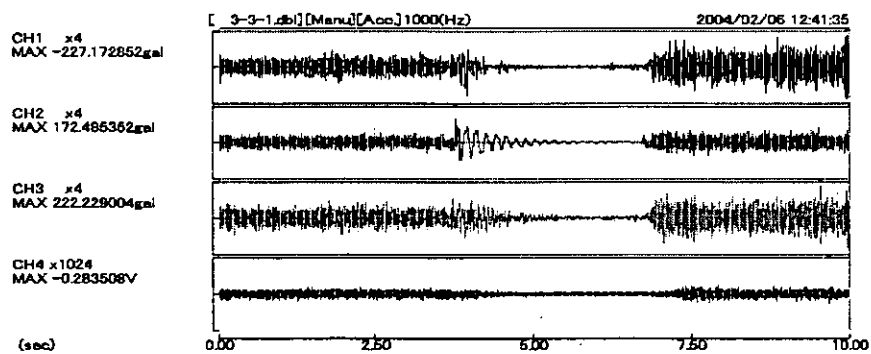


図 1 (c) 振動加速度の波形

3. 2 振動波形の収録位置

図2は、写真1(a)に示した通常の給水栓を通常の速さで手動により止水した時の速度波形記録で、同図(a)は給水栓から75[cm]、(b)は375[cm]、(c)は675[cm]の位置で計測したものである。これより、給水栓から75[cm]、375[cm]の位置での波形はほぼ同じであること、これに対して、給水栓から675[cm]の位置になると、波形が多少異なっていることが読み取れる。

図3は、図2で得られた波形記録をスペクトル解析することにより求められたパワースペクトル図である。図3(a)は、図2(a)に関するスペクトル図を、図3(b)は、図2(b)に関するスペクトル図を、図3(c)は、図2(c)に関するスペクトル図を示している。これより、図2では(c)の波形が(a)、(b)とやや異なるものの、スペクトル解析により得られる振動の卓越周波数は同じであることがわかる。従って、開発を試みる装置の設置位置を、特に指定する必要はないといえる。ただし、今回の実験に用いた水撃限界試験装置は、給水栓から貯水タンクまで直線状に給水管が配置されているため前述のような結果が得られたが、実際の家屋では、給水管が壁等の状況に応じて曲げられていることから、この曲げられていることの影響については、次年度、検討を試みる予定である。また、スペクトル図がピーク値をとる卓越周波数は同じであるが、スペクトル図の形状が異なるケースも見られることに関しても今後考察する必要がある。

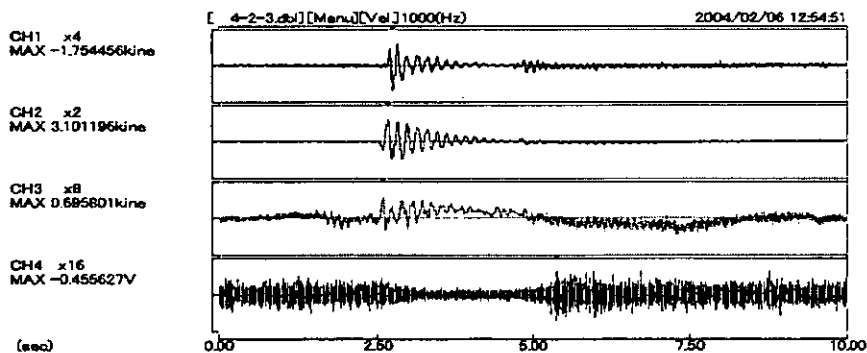


図2(a) 給水栓から75cmの位置での振動速度の波形

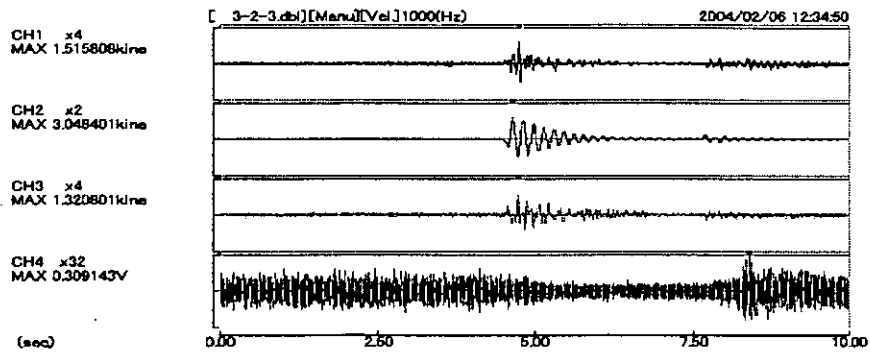


図 2 (b) 給水栓から375cmの位置での振動速度の波形

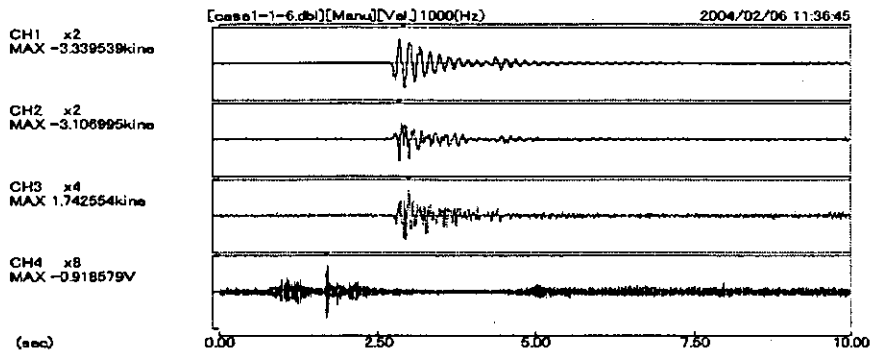


図 2 (c) 給水栓から675cmの位置での振動速度の波形

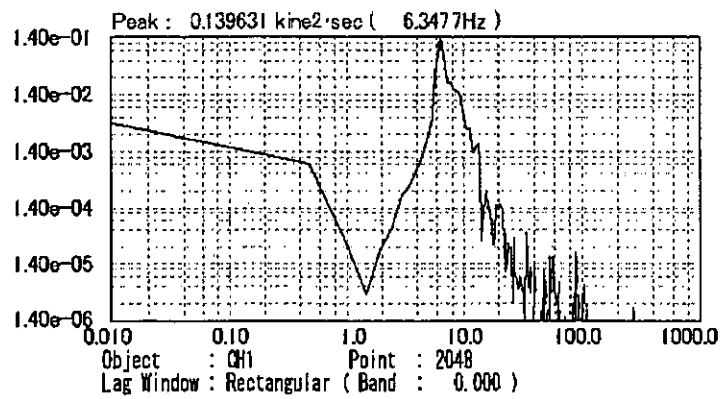


図 3 (a) - 1 給水栓から75cmの位置での振動速度の波形(CH1)のパワースペクトル

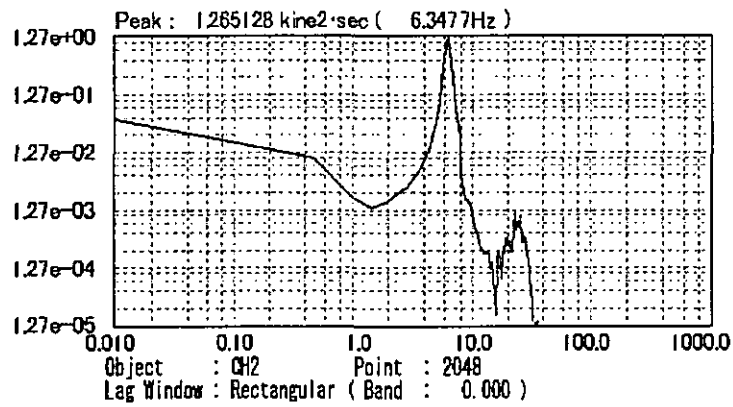


図 3 (a) - 2 給水栓から75cmの位置での振動速度の波形(CH 2)のパワースペクトル

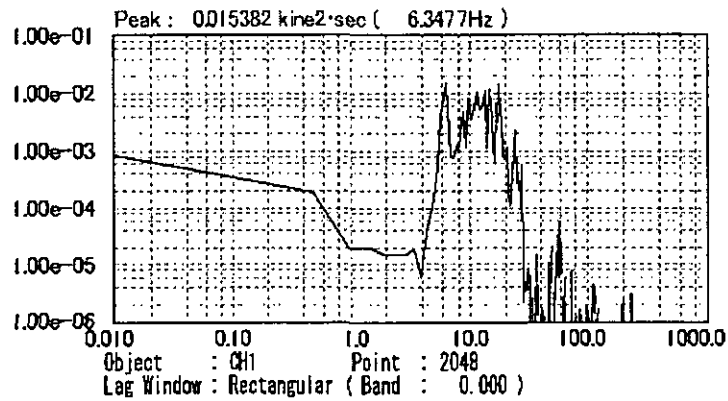


図 3 (b) - 1 給水栓から375cmの位置での振動速度の波形(CH 1)のパワースペクトル

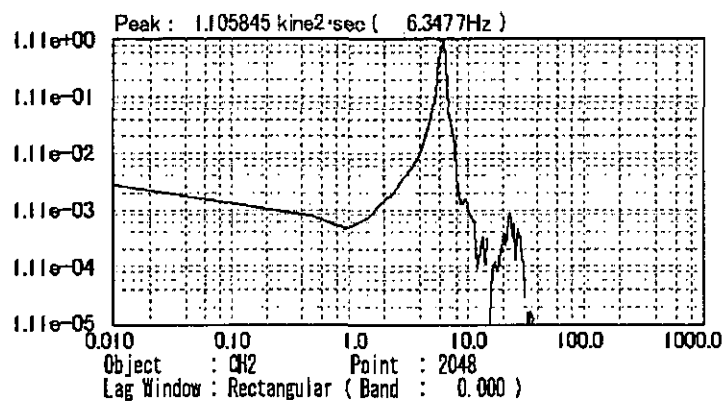


図 3 (b) - 2 給水栓から375cmの位置での振動速度の波形(CH 2)のパワースペクトル

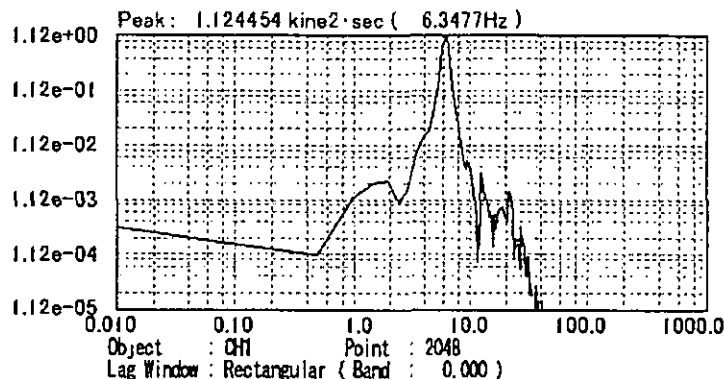


図3(c)-1 給水栓から675cmの位置での振動速度の波形(CH1)のパワースペクトル

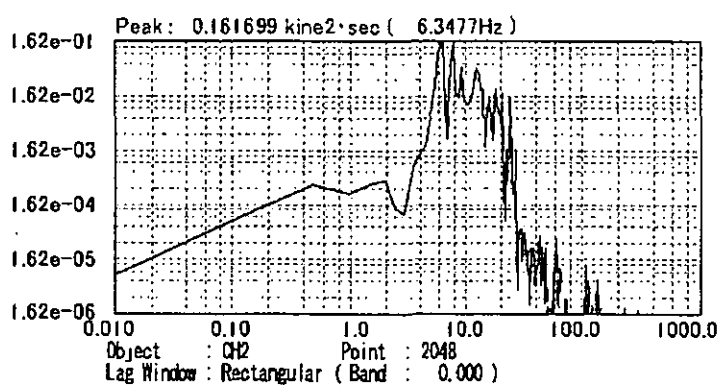


図3(c)-2 給水栓から675cmの位置での振動速度の波形(CH2)のパワースペクトル

3. 3 給水栓の種類の違い

写真1(a)は通常用いられている給水栓、写真1(b)はシングルレバー湯水混合給水栓、写真(c)は浴室用シャワー・通常給水切替え給水栓である。これら3種類の給水栓の各々を用いて止水、あるいは、通常給水からシャワーまたはシャワーから通常給水に切り替えた場合の給水管の振動速度(計測位置は給水栓から75cm)波形とそのパワースペクトル図(CH1とCH2)を示したのが図4である。なお、図4(a)は、図2(a)および図3(a)と同じ図である。

図4より、給水栓の種類の違いにより止水時、あるいは、切り替え時に給水管に生じる振動の特性がかなり異なることがわかる。写真1(b)のシングルレバー湯水混合給水栓では、1度振動が減衰した後、わずかではあるが振動速度が大きくなる挙動を示しており、これが何に起因するのか検討する必要がある。浴室用シャワー・通常給水切替え給水栓では、どちらに切り替えるかによって、給水管管軸方向水平振動の卓越周波数が異なっているのが読み取れるが、この原因についても解明していく予定である。

なお、今年度は時間の制約もあって、通常用いられている給水栓と浴室用シャワー・通常給水切替え給水栓に関しては、流速が約2[m/sec]の条件下で、シングルレバー湯水

混合給水栓については、水圧が約0.15[MPa]の条件下でのみの実験しか行えなかったが、
 今後は、同一の給水栓に関してこれらの条件を変更した場合の振動特性の違いについて
 の把握も試みる予定である。

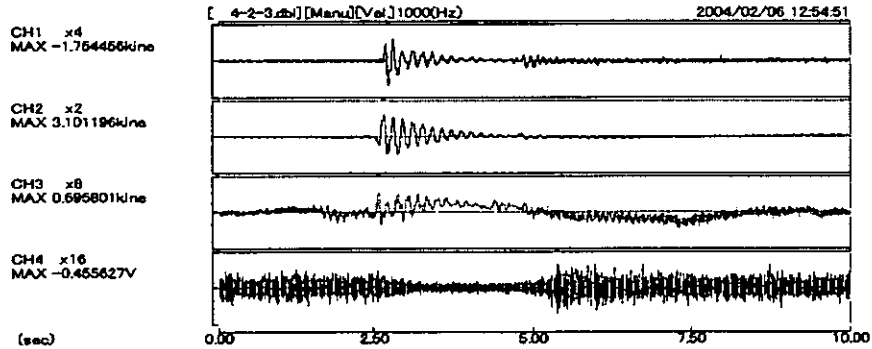


図 4 (a) - 1 給水栓から75cmの位置での振動速度の波形 (写真 1 (a)の給水栓)

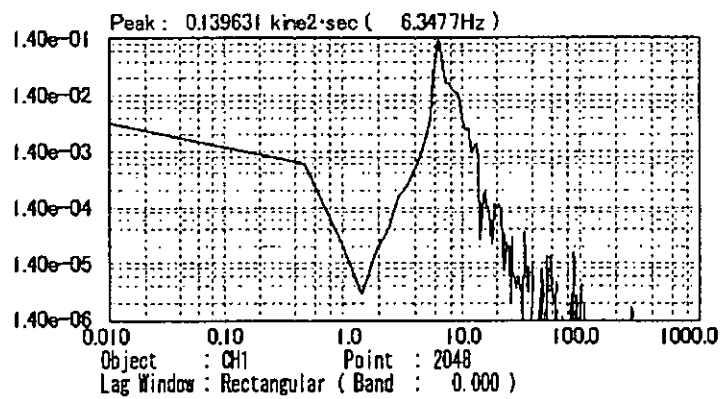


図 4 (a) - 2 給水栓から75cmの位置での振動速度の波形(CH1)のパワースペクトル
 (写真 1 (a)の給水栓)

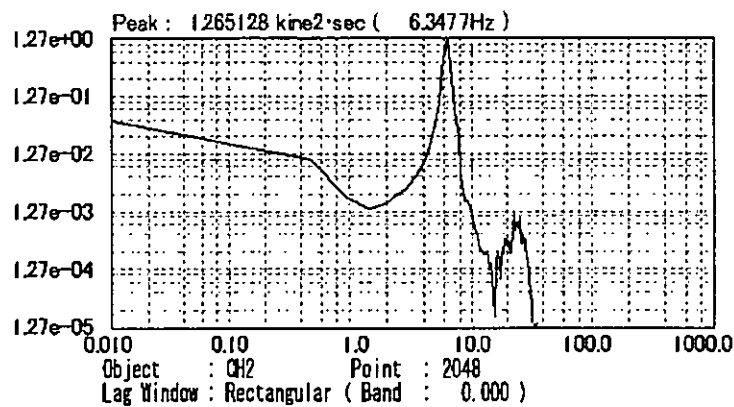


図 4 (a) - 3 給水栓から75cmの位置での振動速度の波形(CH2)のパワースペクトル
 (写真 1 (a)の給水栓)

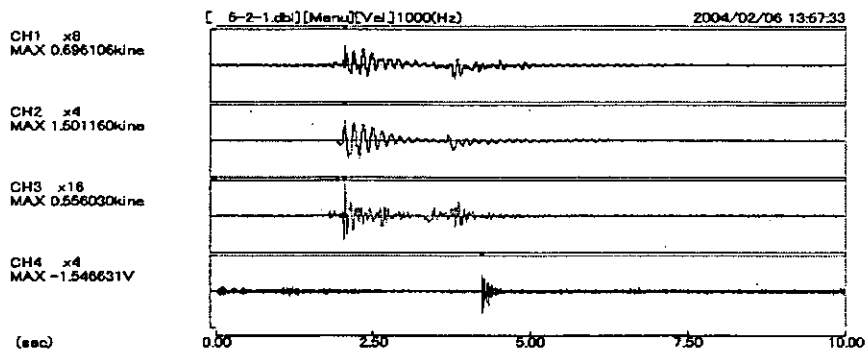


図 4 (b) - 1 給水栓から75cmの位置での振動速度の波形 (写真 1 (b) の給水栓)

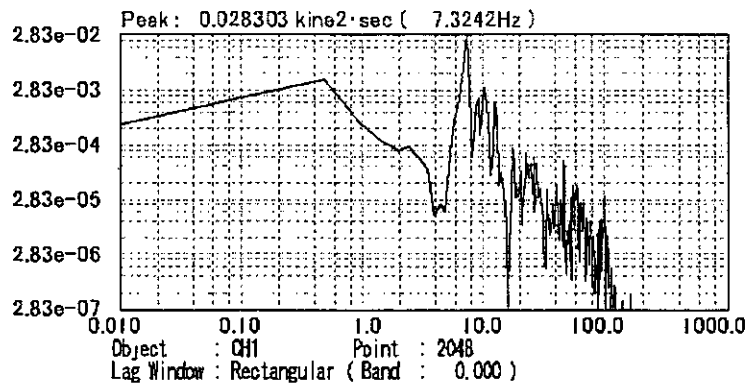


図 4 (b) - 2 給水栓から75cmの位置での振動速度の波形 (CH 1) のパワースペクトル
(写真 1 (b) の給水栓)

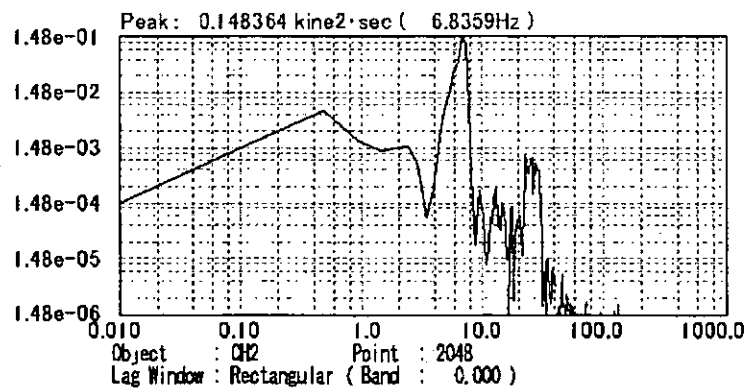


図 4 (b) - 3 給水栓から75cmの位置での振動速度の波形 (CH 2) のパワースペクトル
(写真 1 (b) の給水栓)

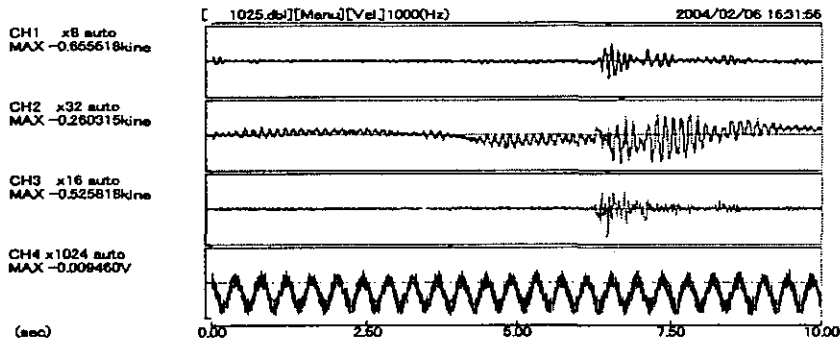


図 4 (c) - 1 給水栓から75cmの位置での振動速度の波形
(写真 1 (c)の給水栓、通常給水からシャワーへ切り替え)

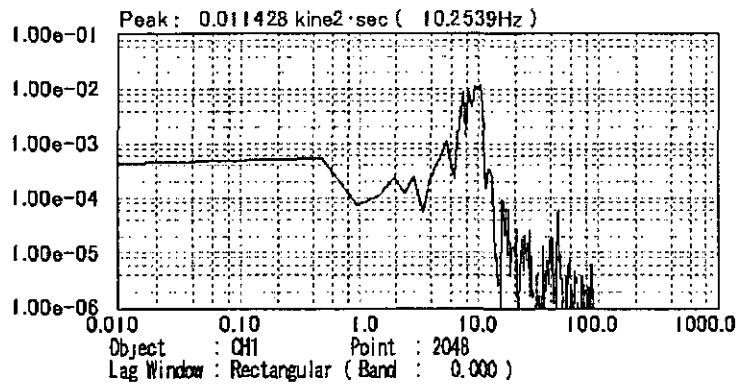


図 4 (c) - 2 給水栓から75cmの位置での振動速度の波形(CH1)のパワースペクトル
(写真 1 (c)の給水栓、通常給水からシャワーへ切り替え)

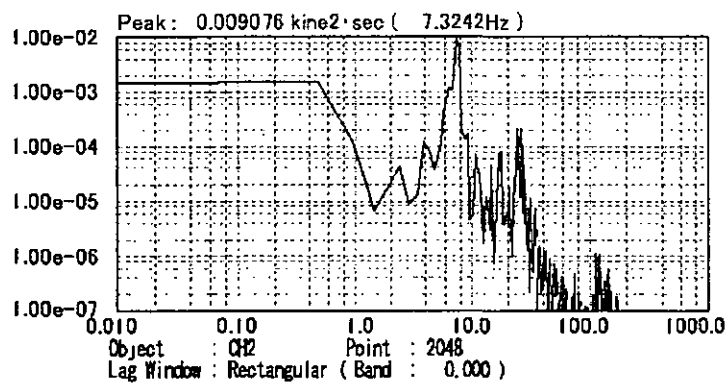


図 4 (c) - 3 給水栓から75cmの位置での振動速度の波形(CH2)のパワースペクトル
(写真 1 (c)の給水栓、通常給水からシャワーへ切り替え)

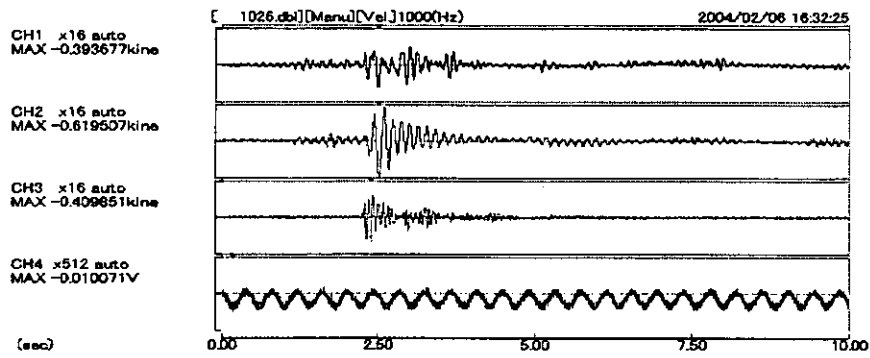


図4(d)-1 給水栓から75cmの位置での振動速度の波形
(写真1(c)の給水栓、シャワーから通常給水へ切り替え)

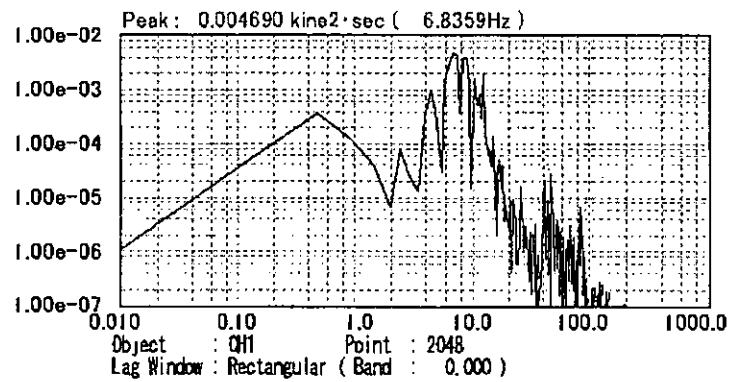


図4(d)-2 給水栓から75cmの位置での振動速度の波形(CH1)のパワースペクトル
(写真1(c)の給水栓、シャワーから通常給水へ切り替え)

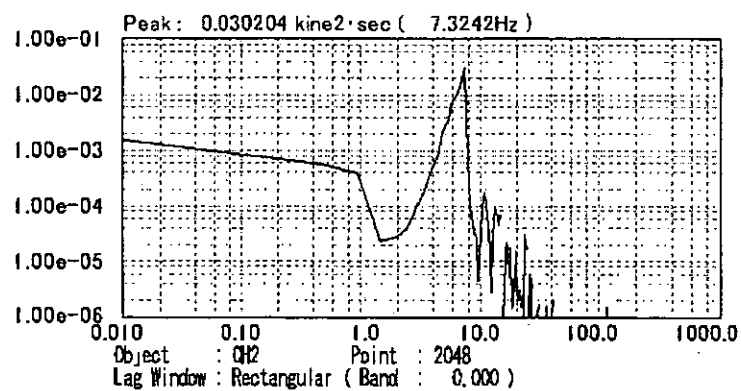


図4(d)-3 給水栓から75cmの位置での振動速度の波形(CH2)のパワースペクトル
(写真1(c)の給水栓、シャワーから通常給水へ切り替え)

3. 4 振動速度波形の減衰および減衰波形の継続時間

実験により得られた振動速度波形の減衰定数を示したのが表1である。減衰定数は、振動速度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している。これより、通常の給水栓とシングルレバー湯水混合給水栓では、減衰定数として4～5%の値が得られていること、これに対し浴室用シャワー・通常給水切替え給水栓では、振動速度波形の減衰が小さく2～3%程度の値となっていることがわかる。

表1 振動速度波形の減衰定数 (×10⁻²)

給水栓の種類	計測位置 (給水栓からの距離)						備考	
	75cm		375cm		675cm			
	CH1	CH2	CH1	CH2	CH1	CH2		
通常	4.11	2.32	4.48	4.16	5.11	6.26		
	5.95	3.06		3.66		4.40		6.40
	6.18	2.75		4.02		4.82		5.46
シングルレバー 湯水混合給水栓	4.03	4.41		4.81		4.54		
	3.68	4.78		4.47		3.91		
		4.85		5.17		4.19		
浴室用シャワー・ 通常給水切替え 給水栓	2.50	4.74		2.76		3.77	通常給水 →シャワー	
	5.42	1.94		4.99		3.62		
				4.51				
	3.08	5.12		3.22		1.33	シャワー →通常給水	
	2.39			4.84		2.42		
	2.67	5.22		4.81		5.78		

表2は、給水栓を手動により止水、または、切り替えた時に生じる振動が減衰するまでの時間を記したものである。振動速度波形の継続時間と前述の減衰定数とは相関があり、減衰定数が大きいと振動継続時間が短くなるのが一般的であるが、表2はこのことを示唆している。振動継続時間は、通常の給水栓とシングルレバー湯水混合給水栓では1.5～2.5秒程度、浴室用シャワー・通常給水切替え給水栓では、かなりばらつきが大きく、また、通常給水からシャワーへの切り替え時とシャワーから通常給水への切り替え時とで特性が異なるが、2.0～3.5秒程度となっている。

表2 振動速度波形の継続時間 (単位 秒)

給水栓の種類	計測位置 (給水栓からの距離)						備考
	75cm		375cm		675cm		
	CH1	CH2	CH1	CH2	CH1	CH2	
通常	2.20	2.29	1.70	2.38	1.49	1.43	
	2.00	2.07	2.38	2.68	2.43	2.11	
	2.17	2.28	1.87	2.04	1.54	1.21	
シングルレバー 湯水混合給水栓	1.77	1.76	1.94	2.27	2.15	2.15	
	1.51	1.62	1.93	2.26	1.90	2.15	
	1.68	1.86	1.85	2.03	2.16	2.16	
浴室用シャワー・ 通常給水切替え 給水栓	0.99	1.12	2.18	2.13	3.14	3.32	通常給水 →シャワー
	2.38	1.67	1.40	1.50	4.07	2.25	
	1.57	1.97	2.32	4.73	3.48	2.64	シャワー →通常給水
	1.87	4.10	2.21	2.27	2.38	2.35	
	1.68	1.95	5.82	1.57	3.92	2.37	
	2.22	2.28	3.19	1.08	2.85	2.81	

3. 5 通水時の給水管の振動速度の卓越周波数

表3は、通水時の給水管の振動速度の卓越周波数を示したものである。これより、通水時の給水管の振動速度の卓越周波数は、その時々により異なるものの、おおよそ6～10Hz程度であることがわかる。ただし、どのような理由で卓越周波数が異なるのかについては、管内流速等のデータとの関連も含めて、次年度に検討する予定である。

表3 通水時の給水管の振動速度の卓越周波数 (単位 Hz)

給水栓の種類	計測位置 (給水栓からの距離)						備考
	75cm		375cm		675cm		
	CH1	CH2	CH1	CH2	CH1	CH2	
通常	9.77	0.49		6.83	7.81	9.28	
シングルレバー 湯水混合給水栓	7.32	7.32	22.5	7.32	7.81	7.81	
浴室用シャワー・ 通常給水切替え 給水栓	9.27	8.79	9.28	7.32	7.81	7.81	通常給水 →シャワー シャワー →通常給水
	8.30	7.32			9.27	7.32	

4. 水撃現象発生判断に用いるシステムの開発

振動波形記録や音圧波形記録から、「水撃現象が発生しているか否か」、あるいは、「水撃に関連した現象に起因して通常ではない状態が発生しているか否か」を、検知システムの中で自動的に判定できるようなものとするためのツール（ファジィ演算を用いた意思決定プログラム）の開発を試みている。具体的には、収録された波形の ①卓越周波数 ②継続時間 ③波形の減衰特性 ④位相差スペクトルの4つの要因を考慮しながら、水撃現象の発生、あるいは、異常状態の発生を判定できるファジィ演算プログラムの構築を行っている。本年度も、平成14年度と同様、まずは、別途実施している高力ボルトの緩みチェックシステムの開発で用いているファジィ演算を用いた意思決定プログラムの完成に努め、その後に水撃作用発生検知システムへの応用について検討を加える予定であったが、時間の制約上、水撃作用発生検知システムへの応用までには至らなかった。以下に、今年度行ったファジィ演算を用いた意思決定プログラムについての概要を紹介する。

図5(a)、図6(a)、図7(a)は、橋梁に使用されているボルトが緩んでいない場合(図5(a))、当初設定した値から20%の力が抜けてしまいボルトが緩んでいる場合(図6(a))、当初設定した値から50%の力が抜けてしまいボルトが緩んでいる場合(図7(a))に、ボルトをたたいた時に発生する音の波形である。これらの図を比較すると、明らかに音(音圧)の特性が異なることが読み取れる。そこで、ここでは

- ① 図5(a)のようなオリジナルの音圧波形から、波形の継続時間と減衰比を読み取る。
- ② オリジナル波形をスペクトル解析し、卓越周波数と位相差に関する情報を抽出する
- ③ 上記①、②で得られた情報を、ファジィ演算プログラムにインプットし、最終的に、
図5(b)、図6(b)、図7(b)のようなファジィ判定結果図を得る
- ④ ファジィ判定結果図から、ボルトが緩んでいるか否かを定量的に判定するという流れでファジィ演算プログラムを構築した。

図8は、前年度までに開発した波形の継続時間と減衰比および卓越周波数の3要素を考慮したプログラムに対し、今年度新たに位相差スペクトルという要素を追加して構築したプログラムを用いて高力ボルトの緩みを判定した結果を示したものである。同図では、昨年までの3要素を考慮したプログラムによる判定結果を赤線で、4要素を考慮した場合の判定結果を青線で示してある。これより、ファジィ理論を用いた判定プログラムの精度が向上していることがわかる。

上記①～④の説明で、「ボルトが緩んでいるか否か」という表現を「水撃作用が発生しているか否か(給水管の振動、あるいは、給水管から発生している音が常時の波形と異なるか否か)」との表現に置き換えることにより、本研究で開発を試みるシステムへの適用が可能となる。ただし、ファジィ演算に用いるメンバーシップ関数の形状に関しては、水撃検知システム用に変更する必要がある。これに関しては、実験により得られる振動波形を用いながら次年度に検討する予定である。