

厚生労働科学研究費補助金

健康科学総合研究事業

家屋内での水有効利用と環境負荷低減に資する
給水システム構築に関する研究

平成14年度 総括・分担研究報告書

平成15年3月

財団法人 給水工事技術振興財団 中村 文雄
財団法人 水道技術研究センター 藤原 正弘

目次

I. 総括研究報告書

家屋内での水有効利用と環境負荷低減に資する 給水システム構築に関する研究……………	1
中村 文雄	

II. 分担研究報告書

II-1.水有効利用のための給水システム構築に関する研究……………	7
中村 文雄	
II-1-1 大都市における給水システム関連事故・工事に対する検討……………	8
II-1-2 水撃作用(水圧[音・振動]変動異常)の検出方法に関する研究……………	35
II-1-3 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……………	45
II-1-4 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等)異常の検出……………	51
II-1-5 水質変換装置などの給水システムへの導入方法……………	64
II-2.家屋内での水有効利用と環境負荷低減に関する研究……………	71
藤原 正弘	

I. 総括研究報告書

厚生労働科学研究費補助金(健康科学総合研究事業)
総括研究報告書

家屋内での水有効利用と環境負荷低減に資する給水システム構築に関する研究
主任研究者 中村 文雄 財団法人給水工事技術振興財団技術アドバイザー

研究要旨

本研究は、「水有効利用のための給水システム構築に関する研究」「家屋内での水有効利用と環境負荷低減に関する研究」のサブテーマに分けて行なわれたが、その概要は下記の通りである。

(1)水有効利用のための給水システム構築に関する研究

健全な水循環を形成するためには、水道水利用の原点である各家庭等での水利用の合理化・節水・有効利用を促進する必要があるが、ここでは、水量への対応に加えて、衛生的な問題発生を回避するために水質の安全性確保が担保されなければならない。このような視点に立って、本研究では、給水システムの維持管理方法およびリスク管理方法の確立を目的として、①給水管・給水装置に由来する漏水および水質汚染等の事故例の解析や、②異常水流・異常水質等の早期検出方法の開発、③水質変換装置の給水システムへの影響などに関する研究を計画・実施しているが、これらの研究・開発により、水利用の合理化・節水・有効利用の目的に合致した望ましい給水システムが構築されるものと期待される。本年度は、アンケート調査の実施(一部解析)と大都市の事故事例解析を行なうと共に、水圧・水量・水質の異常現象検出および水質変換装置影響解明のための装置作成とその検出感度の検討を行った。

(2)家屋内での水有効利用と環境負荷低減に関する研究

水道水としての利用は、下水道への負荷や消費エネルギー等の環境負荷が大きく、極力低減することが重要な課題となっている。これらの課題に対応するためには、水道水利用の原点である各家庭等で、生活用水の利用を量、質の両面から合理化し、節水を促進することで、健全な水循環を確保することが必要である。本研究は、水の有効利用を通じて河川や下水道への負荷のみならずエネルギー消費を軽減した健全な水循環を構築することを目的とし、居住環境に応じた水の有効利用手法についての研究開発を行っている。これらの開発により、家屋スケールにおいて、水使用の合理化が図られ、水道原水の取水量抑制による河川環境への影響低減や水道が持つ未利用エネルギーの活用により電気エネルギー等の環境負荷低減効果が期待される。今年度は、全体計画の立案を行い、家屋内における水使用の実態把握と水有効利用の手法として、特に水道水圧による未利用エネルギー活用に着目し要素技術について検討を行った。

分担研究者 藤原 正弘
財団法人水道技術研究センター 理事長

A. 研究目的

水道として生活に関わる「水」は、流域圏の大きな水循環系を構成する重要な要素となっており、個別の水利用形態から地域循環まで、健全な水循環を形成するうえで、欠くことのできないものである。また、水道水としての利用は、下水道への負荷や消費エネルギー等の環境負荷が大きく、極力低減することが重要な課題となっている。

これらの課題に対応するため、水道水利用の原点である各家屋等で、生活用水の利用を量、質の両面から合理化し、節水を促進することで、健全な水循環を確保することが必要である。本研究では、水の有効利用(節水とエネルギー活用)を通じて河川や下水道への負荷のみならずエネルギー消費を軽減した健全な水循環を構築することを目的とし、居住環境に応じた水の有効利用手法(家屋スケール)についての研究開発を行う。また、家屋内での水の循環使用に伴って生ずる衛生的問題を回避するため、給水管・給水装置に由来する漏水および水質汚染等

の事故事例の解析や、異常水流・異常水質等の早期検出に基づく維持・リスク管理方法の検討等により、望ましい給水システムの構築方法を研究する。

B. 研究方法

本研究は、2つのサブテーマに分けて実施しているが、これを実行するための研究体制として、別表1に示すように、合同研究委員会の下に2つの研究委員会を設置し、両研究委員会で各サブテーマの実質的な研究計画、研究方法その他を審議・検討してきた。

2つのサブテーマでの研究方法は下記の通りである。

(1)水有効利用のための給水システム構築に関する研究

学識者、水道事業体および民間企業からなる「水有効利用のための給水システム構築に関する研究委員会」を設置し、3カ年の研究計画(案)に関して審議・検討を重ねた上で研究を実施している。初年度にあたる本年度は、給水管・装置に由来する漏水等の事故事例の解析やアンケート調査の実施方法(一部解析)や、水圧・水流・水質の異常現象検出および水質変換装置影響解明のための実験装置作成とその検出感度等に関する検討が行なわれた。

(2)家屋内での水有効利用と環境負荷低減に関する研究

学識者、水道事業体及び民間企業からなる「家屋内での水有効利用と環境負荷低減に関する研究委員会」を設置し、種々の問題に対する審議・検討を重ね、研究開発を推進している。3カ年計画の初年度にあたる本年度は、文献調査、各委員へのヒアリング調査等により、家屋スケールでの水循環による水利用の合理化を達成するための方策を見出すとともに、次年度より行う技術的な検討課題について整理し、研究の方向性を明確に示した。

(倫理面への配慮)

家屋スケールでの水循環の研究では、細かい需要水量、水質の把握が必要となり、一般家庭での水使用量等を入手する際には、住人に対して事前に研究内容等を説明し、調査員には守秘義務を課すなどデータに関する取り扱い等の細部に亘って配慮していく。その他、動物実験等は実施しないので問題は発生しないと考えている。

C. 研究結果

2つのサブテーマの研究結果の概要は下記の通りである。

(1)水有効利用のための給水システム構築に関する研究

1. 給水システムにおける漏水等の事故事例解析結果と、アンケート調査

都市Aのデータを用いて検討し、調査地域全体の事故数は季節的変動傾向を持つこと、「漏水事故」「管路閉塞事故」の占める割合が高いこと、事故数は、各地区の世帯数その他を説明変数とする重回帰式により推定できることなどが明らかとなった。また、給水システムの事故と給水量、気温、配水圧力との関係について検討を行ない、各因子は事故数と相関性を持つことを明らかにした。なお、事故事例等に関するアンケート調査表を水道事業体と管工事業組合(471団体)に発送・回収(65%,50%)し、現在、解析中である。

2. 給水システムのリスク管理方法に関する研究結果

2.1 水撃作用「水圧(音・振動)変動異常」の検出方法; 一般家屋内での水撃作用の発生検知方法の開発を目的として、まず、水撃現象発生時の動水圧の変動特性について検討を行ない、次に、水撃作用発生時の振動・騒音特性の把握を目的として平常時の給水管の振動を計測し、出水量と管軸および管軸直交方向の振動加速度特性との関連性について考察を加えた。今後は、水撃作用発生時の配管での振動特性、騒音特性について実験・検討を行なう。

2.2 水量、水質(EC、ORP等)異常の検出方法; 各戸の水道メーター付近に設置した流量および水質センサーにより速やかに異常を検出し、ユーザーに警報を発するシステム開発を目的とする。本年度は、蛇口近傍での流量・圧力・電気伝導度の同時測定システムの検討を行ない、実装置の試作を行った。データは長時間連続的に取得するものとし、通常の使用に伴う各パラメータの出力パターンを検討する予定である。

2.3 濁度・懸濁粒子数・吸光度等を指標とした水質異常の検出方法; 給水栓水質異常検出の可能性を検討することを目的として、濁度・吸光度・懸濁粒子数を管内にインラインで設置したセンサーで計測する技術開発を行う。今年度は、原理試作器として、680nmの光を管内に照射し、90度散乱光を計測す

るフローセル型濁りモニタを試作した。現時点では20分の間で濁度が4度以上上昇する場合の水質異常検出の可能性が示された。今後は、長時間にわたる耐久耐圧実験、光学系電気系の安定性の改善などの検討を行なう。

2.4 水質変換装置の給水システムへの影響；不適切な施工、管理等が行なわれた場合、建築物内の給水システムのみならず、直結する水道配管システムへの影響が懸念される。本年度は、浄水機において負圧による逆流が発生した場合に着目し、給水システムに与える影響に関する基礎的研究を実施した。実験結果から、適切な逆流防止措置が施されなかった場合、浄水機からの逆流水中のFe、Mn、Alは水道水質基準(指針)値を上回ることが確認された。

(2)家屋内での水有効利用と環境負荷低減に関する研究

1. 各委員に対するヒアリング調査の結果

家屋内での水の有効利用に関して、各委員に対するヒアリングを行った結果、各委員が共通して重視している項目は、「循環」と「水の有効利用」であった。特に、水道水圧のように、従来から水道が持っていたにもかかわらず、これまでにあまり使われなかった未利用エネルギーの活用方法に注目が集まっていた。

2. 研究の方向性と研究課題

2-1. 研究の方向性

後述する3.家屋内での水使用の実態に関する文献調査、および各委員に対するヒアリング調査の結果を精査し、研究の方向性を明確にした。その結果、以下の3つの課題、①水の有効利用、②水質目標値の設定、③多段階利用の達成、を目指して研究を行うこととした。

2-2. 研究課題

本研究では、水有効利用システムに必要な要素技術、特に水道水圧の有効利用手法について、次年度以降、実験装置による技術的な検討を行い、その実現可能性を検証する。実施する予定の具体的な実験項目については以下に記す。

1)家屋内における水道水圧駆動機器の検討

水道水圧(0.2MPa程度)により駆動できると考えられる機器、例えば、ドア、カーテン、便座等の駆動源として利用することを想定し、水道水圧で滑らかに駆動するシリンダの開発を中心に実験を行う。既存機器との代替を考慮し、構造的な検討も併せて実施す

る。

2)水車利用発電の検討

発電用水車を組み込んだ自動水栓などの実用化例にあるように、通水時に水圧が開放されることによって生じた運動エネルギーを電気エネルギーに変換することで、未利用エネルギーの有効活用を図る。上記1)との連携化(システム化)についても検討を行う。

3)その他

北九州市水道局が所有する配水管理システムで収集した流量-圧力(水頭)の関係のデータについて、その一部を解析した結果、流量と水頭の明瞭な関係の把握、配水管内のエネルギー量算出などが行えることを確認した。また、次年度以降、LCA的な手法により、本プロジェクトで考案、確立した装置、機器による環境負荷低減効果を試算するとともに、これら情報を水道事業体と住民の双方で公開、あるいは交換できる計装機器についても検討を行う。さらに、各利用段階における水質目標値を設定するとともに、必要水質を確保するための水質変換装置についても検討を行う予定である。

3. ライフスタイルの変化等を含めた家屋内における水使用の実態把握

生活用水使用の現況を用途別、地域別に社会的背景も含めて精査し、家屋内における水使用の実態を把握することで、本研究における検討課題を明らかにした。その結果、家屋内における水の有効利用では、現在までに行われてきた水そのものの循環・再利用という観点からだけでなく、水道水が有する水圧、水温といったエネルギーの活用などを視野に入れた検討を行うことにより、新たな水の利用手法を見出すことが重要であることがわかった。

D. 考察

サブテーマ(1)からは、①給水システム内における事故・工事の実態や需要者・水道事業体・管工事業者間の相互関係の実態の明確化と、望ましい給水システムの維持管理法確立の可能性、②不適切な装置工事や、給水システム内における管・装置類の異常発生とこれらに由来する水質異常の早期検出と迅速対応の可能性、③水質異常による衛生的問題発生未然防止の可能性、④水質変換装置の給水システムへの組み込み法の確立可能性、などが示唆された。

一方、サブテーマ(2)の本研究により、①水道原水の取水量抑制による河川環境への影響低減と、需要水量の日変動抑制による浄水場の安定運転、②家庭排水の低減による下水道への負荷低減や、水道水圧などの未利用エネルギー活用による電力エネルギー等の環境負荷低減、③家屋内における再利用水の安全性の向上、および衛生面の確保、④住民側と水道事業者側の双方向情報公開による社会的合意形成の促進効果が期待される。このように、水道の有する未利用エネルギーを活用し、水の多段階利用を達成すること、そして、それぞれの使用段階における水質目標値を設定することにより、安全で衛生的、且つ快適な家屋内水循環を形成することができると考えられた。

E. 結論

2つのサブテーマの研究から、以下の結論が導かれた。

(1)水有効利用のための給水システム構築に関する研究

本研究では、①給水管・装置に由来する漏水等の事故事例の解析や、②異常水流・異常水質等の早期検出方法の開発、③水質変換装置の給水システムへの影響 などに関する研究を実施した。その結果、給水システム内における事故・工事の実態の明確化と望ましい給水システムの維持管理法確立の可能性、不適切な装置工事や給水システム内における管・装置類の異常発生とこれらに由来する水質異常の早期検出と迅速対応の可能性、水質異常による衛生的問題発生の未然防止の可能性 などが示唆された。したがって、これらの研究をより発展させることにより、水利用の合理化・有効利用の目的に合致した安全性の高い給水システムの構築と維持・リスク管理が可能となるとも期待された。

(2)家屋内での水有効利用と環境負荷低減に関する研究

本研究では、水使用の最小単位である家屋内での水利用に着目し、そこにおける水使用状況の実態、ならびに現在行われている水の有効利用手法等について精査した。その結果、水道水圧等、水道が有する未利用エネルギーを有効に活用し、家屋内での多段階利用を達成すること、および、それぞれの段階における水質目標値を設定することにより、安全で衛生的、且つ快適な家屋内水循環が形成で

きる可能性が示唆された。家屋内での水循環を健全に保つことは、流域圏での大きな水循環の一端を担う、河川や下水道への負荷、エネルギー消費量を軽減した健全な水循環を形成するために不可欠である。次年度以降、家屋内での水の有効利用システムの構築に向け、水道水圧の有効利用手法等について実験装置による技術的な検討を行う。

F. 健康危険情報

特に記載する事項なし。

G. 研究発表

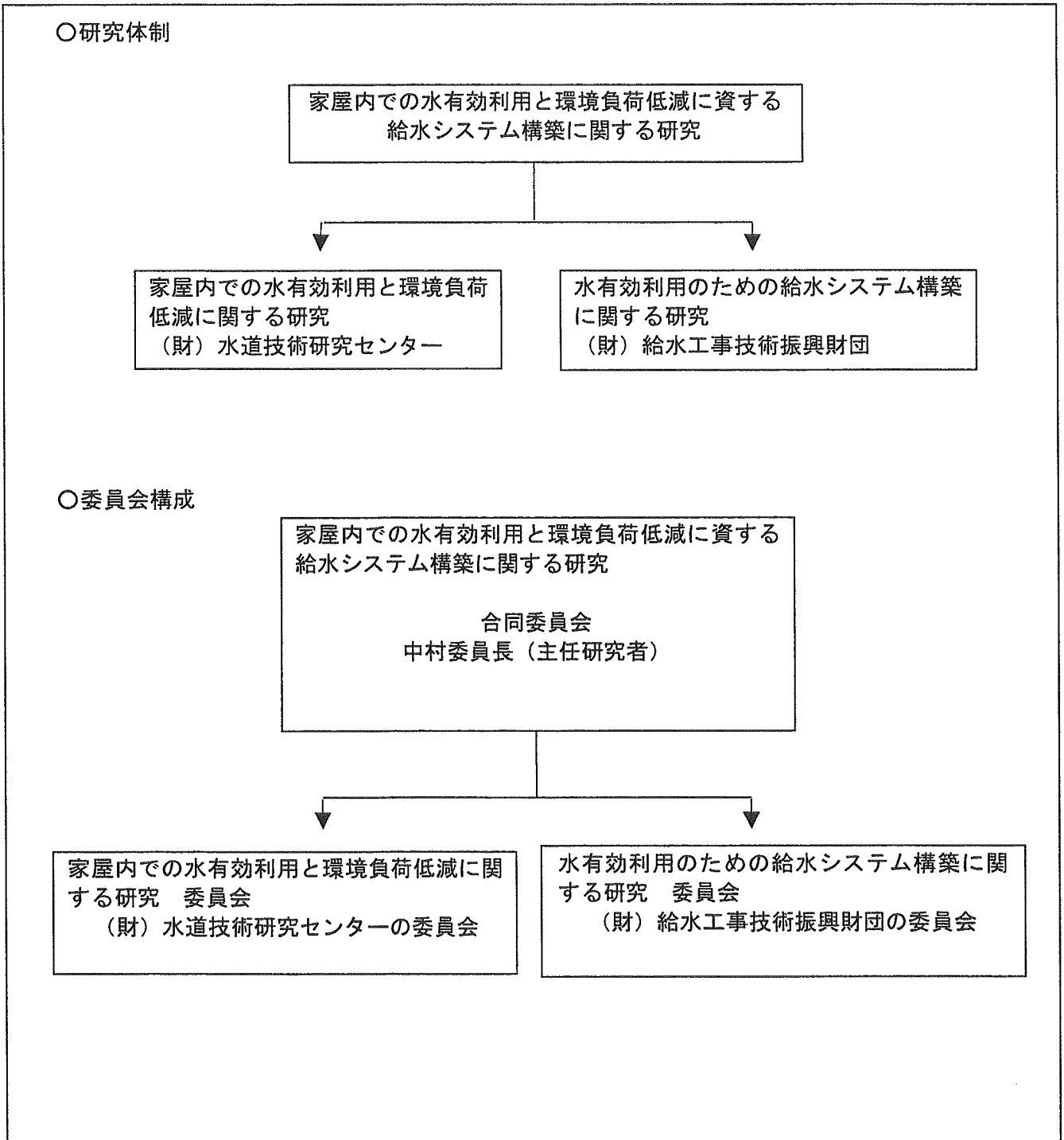
本年度は研究の初年度にあたっており、研究がスタートした段階にあるため、研究発表の実績はない。

H. 知的財産権の出願・登録情報

分担研究報告書に記載

(別表1)

研究体制



Ⅱ. 分担研究報告書

Ⅱ-1 水有効利用のための給水システム構築に関する研究

主任・分担研究者	中村文雄
研究協力者	杉山俊幸
	松井佳彦
	長岡 裕
	森 一晃

厚生労働科学研究費補助金(健康科学総合研究事業)
分担研究報告書

水有効利用のための給水システム構築に関する研究

主任・分担研究者 中村文雄 財団法人給水工事技術振興財団技術アドバイザー

研究要旨

本研究では、①給水管・装置に由来する漏水等の事故事例の解析や、②異常水流・異常水質等の早期検出方法の開発、③水質変換装置の給水システムへの影響 などに関する研究を実施した。その結果、給水システム内における事故・工事の実態の明確化と望ましい給水システムの維持管理法確立の可能性、不適切な装置工事や給水システム内における管・装置類の異常発生とこれらに由来する水質異常の早期検出と迅速対応の可能性、水質異常による衛生的問題発生未然防止の可能性などが示唆された。したがって、次年度以降においてこれらの研究をより発展させることにより、水利用の合理化・有効利用の目的に合致した安全性の高い給水システムの構築と維持・リスク管理が可能となるとの期待された。

A. 研究目的

家屋内での水の循環使用に伴って生ずる衛生的問題を回避するため、給水管・給水装置に由来する漏水および水質汚染等の事故事例の解析や、異常水流・異常水質等の早期検出に基づく維持・リスク管理方法の検討等により、望ましい給水システムの構築方法を研究する。

B. 研究方法

学識者、水道事業者および民間企業からなる「水有効利用のための給水システム構築に関する研究委員会」を設置し、ここで3カ年の研究計画(案)に関して審議・検討を重ねた上で研究を実施している。初年度にあたる本年度は、給水管・装置に由来する漏水等の事故事例の解析やアンケート調査の実施方法、水圧・水量・水質の異常現象検出方法および水質変換装置影響解明のための実験装置作成とその検出感度等に関する審議・検討が行なわれた。

(委員会構成)

別表2

(倫理面への配慮)

本研究のうち、給水システムにおける事故事例等の調査においては個々の需要者宅における事故事例を調査する場合が想定される。このような場合には、需要者に対して事前に研究目的や研究内容等を説明し、調査員には守秘義務を課すなどデータの取り扱いに等の細部に亘って配慮していく。なお、給水システムのリスク管理に関する実験的研究では生物等を使用しない。

C. 研究結果

本研究では、給水システムの維持管理面の研究として「大都市における給水システム関連事故・工事に対する検討」、リスク管理面の研究として「水撃作用(水圧・音・振動異常)の検出方法」「水量、水質(EC、ORP等)異常の検出方法」「濁度・懸濁粒子数・吸光度等を指標とした水質異常の検出方法」「水質変換装置の給水システムへの影響」の4テーマの研究を行った。

以下に、それらの研究成果をまとめて示す。

Ⅱ－１－１ 大都市における給水システム関連事故・工事に対する検討〔１〕

給水工事技術振興財団 中村文雄

１、はじめに

配水管から分岐した以降における給水システムの維持管理は所有者個人の責任に帰属するものではあるが、水道水の安全性確保や水道システムの安定性・健全性を確保するためには、地域全体の問題としてもその維持管理に取り組む必要がある。ここで、この維持管理方法の検討にあたっては、システム内の事故の発生状況を知る必要があるし、事故発生機構を明らかにして行く必要がある。ただ、後者に関しては、システム内の各種装置・器具類、管種等およびそれらの使用期間、工法、気温などを含めた外囲環境その他が複雑に関与していると想定されるので、給水システム内の事故の発生機構を明らかにして行く事は容易な事ではないと想像される。とは言え上述の観点からは、可能な所から、事故の発生メカニズムを検討して行くことが大切であろう。

このような視点に立って、本研究では、水道メータ下流側の給水システム内の事故事例の検討を行なうことにした。

調査対象とした都市として、事故・工事事例の集計・記録がなされている関東地方の大都市 A を選択した。

都市 A の水道事業体では、水道メーター下流側の維持管理に直接的には関与していない。しかし、給水システム内の事故・要望等に関して市民から通報があった場合には、その管内に存在する管工事工業協同組合のメンテナンスセンターにその件を連絡し、その対応を委任するという形で、個々の給水システムの維持管理に対して間接的な関与をしている。一方、連絡を受けたメンテナンスセンターでは、それを組合員に連絡して修繕・工事などの対応をとると共に、その事故・工事内容を給水系；10項目、排水系；8項目に分類して記録し、月毎に集計している。

ここで、この都市 A の工事指定店数は約 4,800 店であるが、この内、管工事工業協同組合に所属する組合員数は約 1,600 店であるとされており、組合員以外の工事店も市民からの通報を直接受けて個々の修繕等工事に当たっている。したがって、市民 ⇒ 当該水道事業体 ⇒ メンテナンスセンターの経路を経て記録された事故・修繕工事等のデータは、調査対象地域内の事故・修繕等の全てを示しているものではないが、総件数の約 50% はカバーしているものと推定されている。

なお、当該水道事業体への市民からの通報量は月平均約 5,000 件で、この内、修繕等工事を伴うものは月当たり 1,500～2,000 件であるが、個人の給水システムの維持管理・修理工事等に当たっているのは、組合員数 1,600 店の内の約 200 店であると言われている。

本報告では、都市A内の一定地域を調査対象として、上記のような背景を持つメンテナンスセンターの記録データのうち2001年1月～2002年3月までのデータを用いて、(1)調査対象地域全体の事故・修繕等の状況、(2)当該地域内の各地区での状況とその解析、(3)事故・工事等に関連すると考えられる因子と事故数に関する検討を行なった。

2、調査対象地域全体における給水システム関連事故の状況

都市Aの管工事工業組合の統計は、給水システムにおける台所や風呂等への給水用の管・装置等に対する工事と、水道水使用後の排水用管・装置等に対する工事とに分類して整理されている。そこで、ここでは、前者を「給水系工事」、後者を「排水系工事」として区分けし、解析を行なうことにした。なお、本報告では、事故・工事・修繕等を「事故」と略記している。

2.1 給水系事故の状況

図-1は、2001年1月～2002年3月の間における給水系事故の総数と各個別事故毎の月変動を示している。給水系総事故数は月平均1632件であるが、月を追っての総事故数は傾向的な変動を示す。すなわち、6月～9月の高温期に増加する傾向が認められる。

なお、2001年1月～3月かけて異常に高い事故数を示すが、後述のように、この現象はこの時期の例年にない異常低温と関連性を持っていると考えられる。

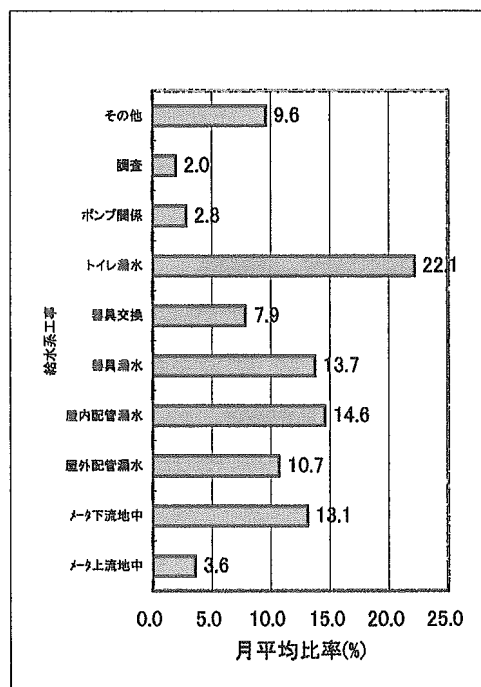
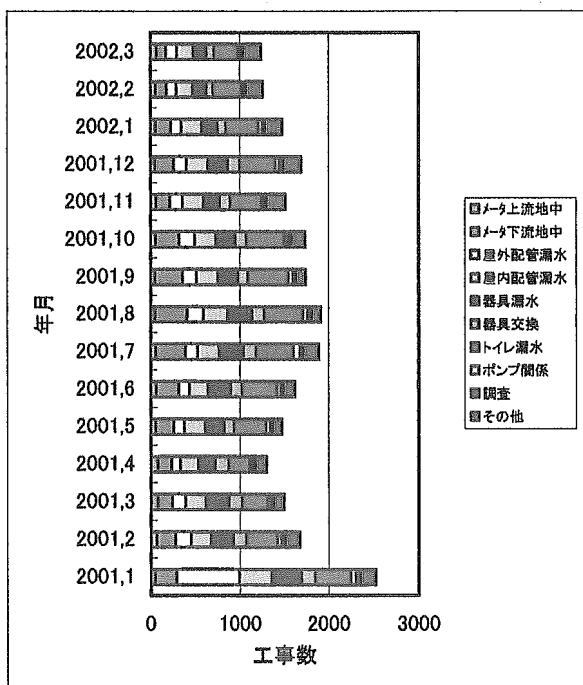


図-1 給水系事故の月変動

図-2 給水系個別事故の比率(%)

一方、図-2は、この期間における個別事故(10項目)の月平均の事故比率(%)を示してい

る。この図から明らかなように、「トイレ漏水」が最大の 22%を占めるが、「器具漏水」や「屋内・外配管の漏水」を含めると、漏水事故が全体の 61%を占めている。

2.2 排水系事故の状況

図-3 は、2001 年 1 月～2002 年 3 月の間における排水系事故の総数と各個別事故毎の月変動を示しているが、排水系総事故数は月平均；370 件である。

排水系事故数の月変動は、高温期に低く、低温期に高い傾向を示すが、この傾向は給水系事故の月変動とは逆の傾向を示している。また、排水系事故数の月変動には、「トイレ詰り」事故数が大きな影響を与えている事が示唆されている。

一方、図-4 は、この期間における排水系個別事故の月平均比率(%)を示しているが、排水系工事の約 40%は「トイレ詰り」への対応であり、「台所詰り」、「屋内排水詰り」、「枡詰り」、「私道詰り」と言った管路閉塞事故への対応を含めると、全体の 80%が管路閉塞に

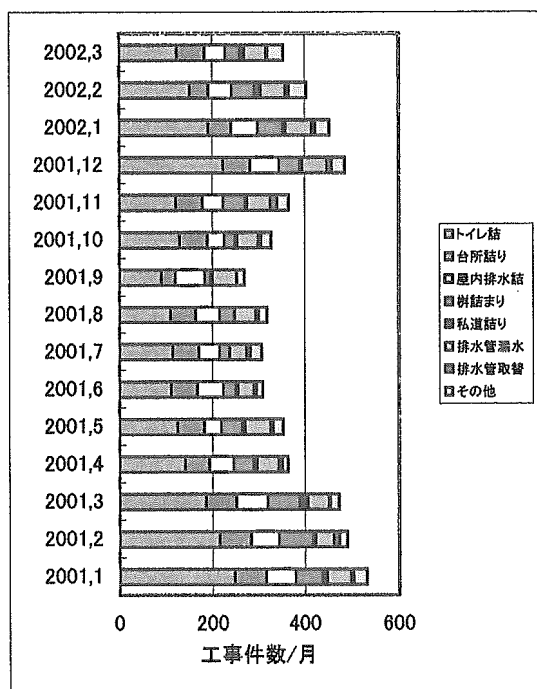


図-3 排水系事故の月変動

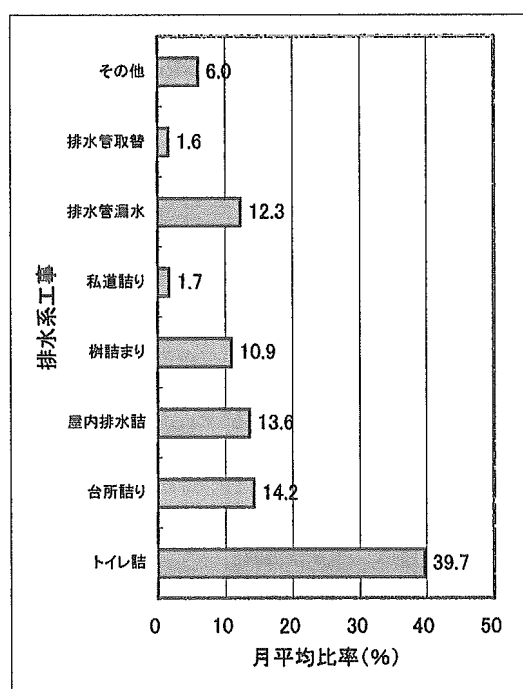


図-4 排水系個別事故の比率(%)

由るものである。

上記のように、給水系および排水系事故数の月変動は季節的変動の傾向を示しており、前者には漏水事故、後者には管路閉塞事故が主要因子として作用している事が示唆されている。

3、地区別給水システム関連工事の状況と、単体量との関連性

都市Aの管工事に関する統計は地区毎に集計されている。そこで、各地区毎の工事の状況と、各地区の世帯数、人口、水道メーター、給水量、面積、事業所数、従業員数などと給水・排水系事故工事数との関連性、および、これらの単体量と工事数との関連性の検討を行なった。

3.1 各地区における給水系・排水系事故の状況

図-5は、2001年1月～2002年3月の期間における各地区（イニシャルで表記）での給水系事故総数と、その中の各個別事故数を示している。また、図-6は、各地区における各給水系個別事故の比率を示している。

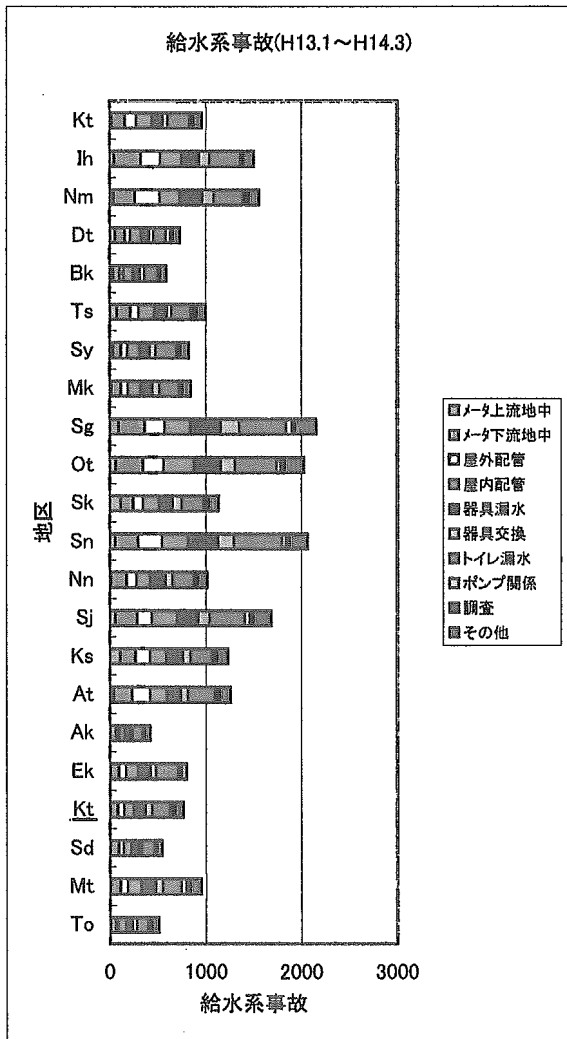


図-5 各地区の給水系事故総数と個別事故数

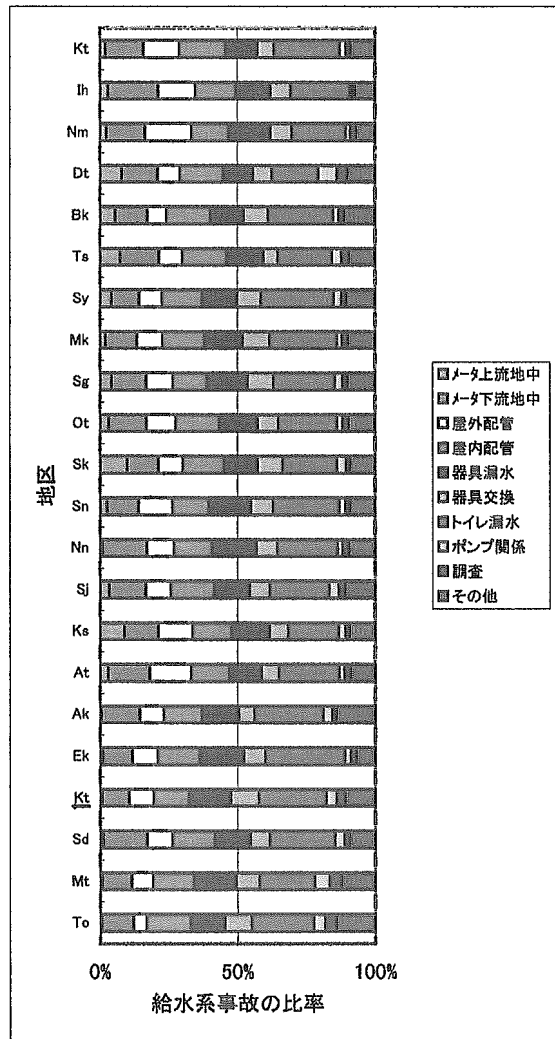


図-6 各地区における個別事故の比率(%)

図-5 から、2001年1月からの15ヶ月間の総事故数には地区間に大きな差があり、その最少は415件、最大は2152件、平均で1113件/15ヶ月であることが示されている。しかし、このような差の存在に拘らず、各個別事故の占める比率の変動幅は大きくなく、その平均は、メーター上流；4%、メーター下流；13%、屋外配管；11%、屋内配管；15%、器具漏水；14%、器具交換；8%、トイレ漏水；22%、ポンプ関係；3%、調査；2%、その他；10%であることが図-6に示されている(図-2参照)。

一方、図-7は、2001年1月～2002年3月の期間における各地区での排水系工事総数と、その中の各個別事故数を示している。また、図-8は、各地区における各個別事故の占める比率(%)を示している。

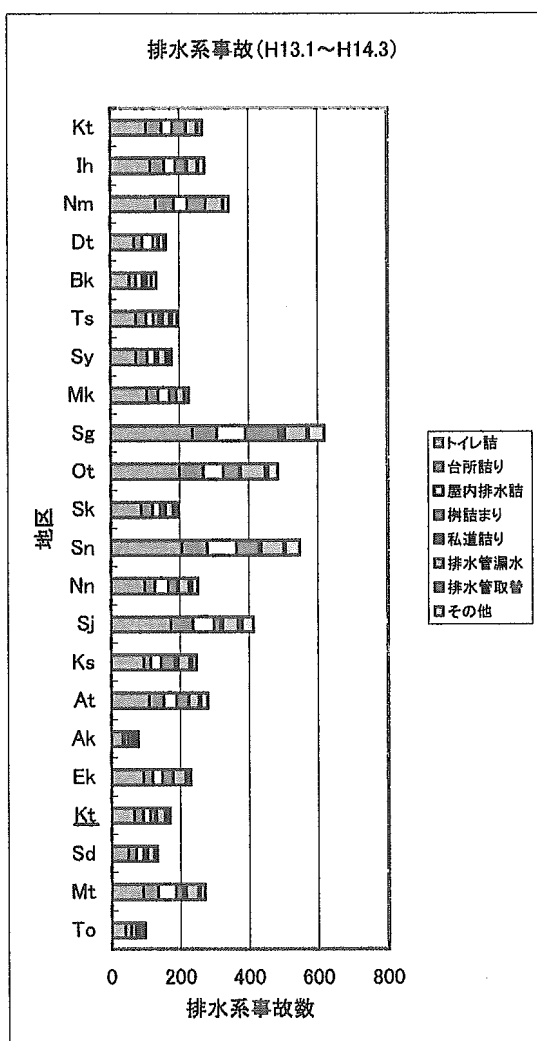


図-7 各地区の排水系事故総数と個別事故数

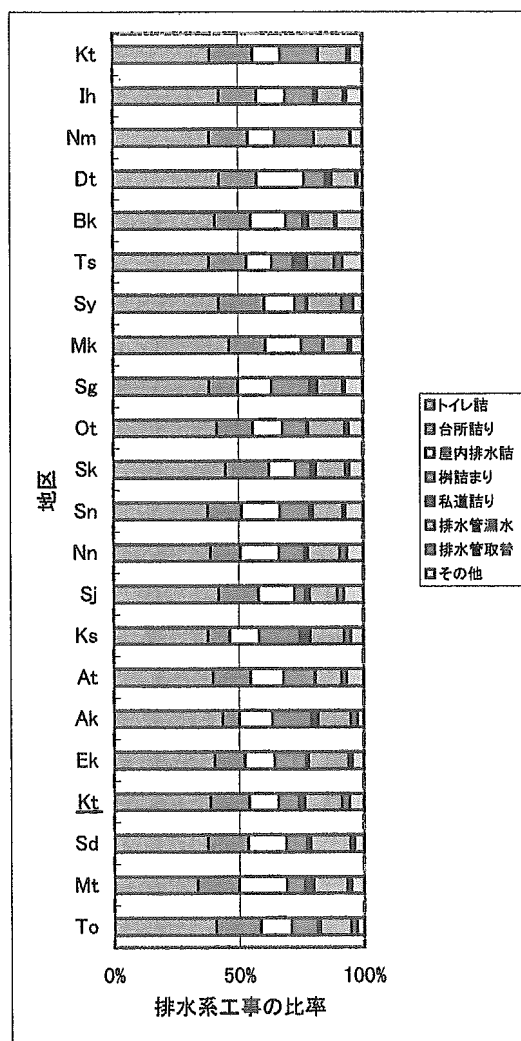


図-8 各地区における個別事故の比率(%)

図-7 から、2001年1月からの15ヶ月間の各地区の総事故数には大きな差があり、その最少は76件、最大は619件、平均で263件/15ヶ月であることが示されている。しか

し、このような差の存在に拘らず、各個別事故の占める比率(%)の変動幅は大きくないことが図-8 に示されている。各個別事故の占める比率(%)の平均値は、図-4 に示す数値に対応するものとなる。

このように、各地区における給水系および排水系の事故数には大きな差があるが、地区間における各個別事故の占める比率の変動幅は大きいものではないと言える。

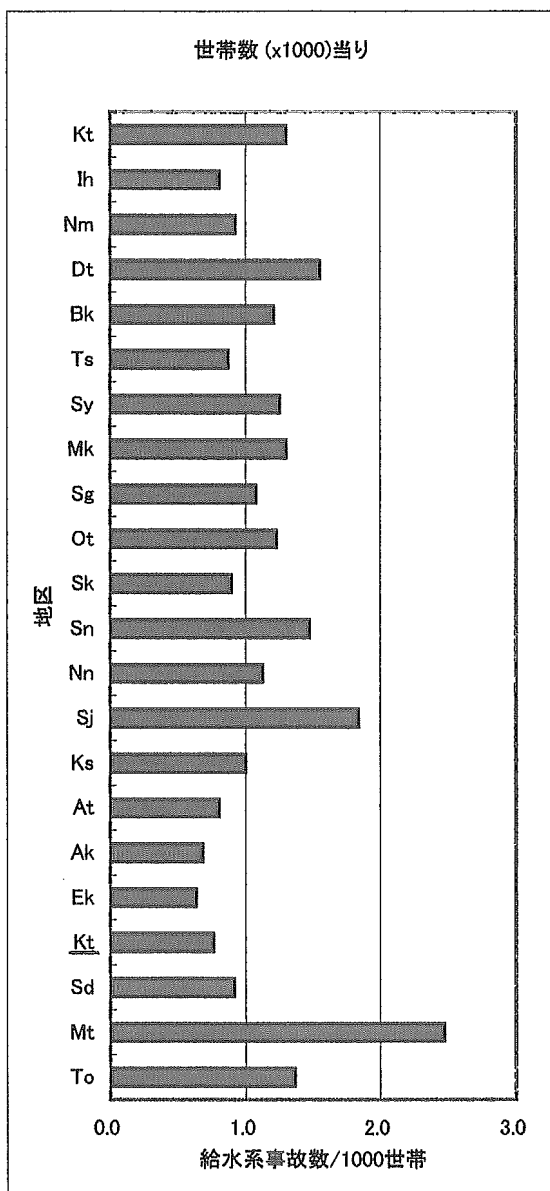


図-9 1000 世帯当りの給水系工事数

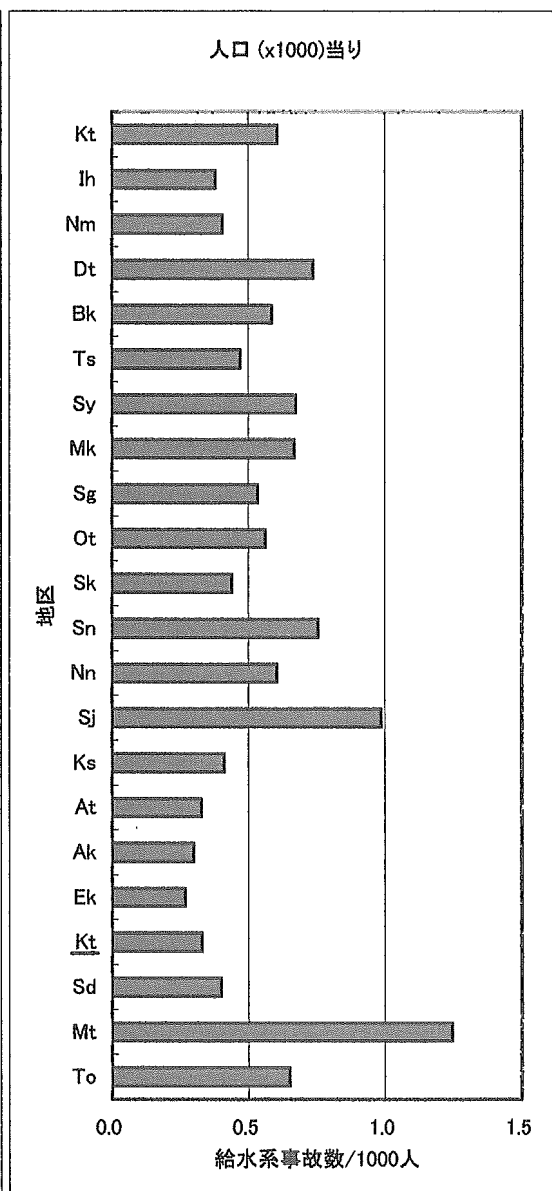


図-10 人口 1000 人当りの給水系工事数

3.2 単位量当りの給水系事故数

前項(3.1)において、2001 年 1 月から 15 ヶ月間の事故数には地区により大きな差があることが認められた。そこで、ここでは、比較的入手が容易な統計量のうち水道水使用量と

関連性が高いと考えられる世帯数、人口、水道メータ数、給水量、面積、事業所数、従業員数などを選択し、給水系事故数のデータのみを用いて、これら指標と各地区の給水系事故数との関連性を検討した。

図-9 には、2001 年度（2001.4～2002.3）における各地区 1000 世帯当りの給水系事故数を、また、図-10 には、同年度における各地区人口 1000 人当りの給水系事故数を示す。

図-9 から、各地区 1000 世帯当りの給水系工事数には、依然として地区間の差が存在するが、その変動幅は図-5 に示す変動幅がかなり平滑化されている傾向が認められる。また、図-10 に示される傾向は、図-9 の傾向とほぼ一致するものである。したがって、各地区内の世帯数や人口のみでは各地区間の工事数の変動を説明できないにしても、当該地区の給水系事故数を決定する因子として作用しており、両者はほぼ類似の作用効果を持っていることを示唆していると言えよう。

なお、各地区の水道メータ数、給水量、面積、事業所数、従業員数当りの給水系工事数を付図-1～5 に示すが、水道メータ数 1000 当り、給水量 10^6m^3 当り、および、面積 1km^2 当りの各地区の給水系工事数の変動傾向は、図-9～10 の示す傾向とほぼ類似していることが認められ、世帯数や人口と類似の作用効果を持っているものと考えられた。

しかしながら、各地区の事業所数 1000 当り、および従業員数 1000 人当りの給水系事故数の変動傾向は互いに類似しているが、前記の世帯数や人口のもつ傾向とは若干異なる傾向を示していることが認められた。

なお、表-1 は、ここで用いた各指標の単位量当りの平均給水系事故数を示している。

表-1 選択した各指標の単位量当りの平均給水系工事数（2001 年度）

項目	世帯数 (1000当り)	人口 (1000当り)	水道メータ数 (1000当り)	給水量 (10^6m^3 当)	面積 (km^2 当り)	事業所数 (1000当り)	従業員数 (1000当り)
平均事故数	1.2	0.6	1.0	3.8	7.7	7.3	0.8

3.3 各単位量と給水・排水系事故数との相関性、及び、給水システム関連事故数の推定

3.3.1 各単位量と給水・排水系事故数との相関性

前項(3.2)で述べたように、用いた指標のみでは各地区の給水系事故数の変動を説明する事は出来ないが、当該地区の給水系事故数を決定する因子として作用しているものと考えられた。

そこで、各地区の給水・排水系事故数と、用いた指標（各地区の世帯数、人口、水道メータ数、給水量、面積、事業所数、従業員数）との間の相関性を検討した。

表-2 には各地区の給水・排水系事故数と、用いた 7 指標との単相関行列を示す。自由度 = 21、5% 有意水準 = 0.413 を考慮する時、給水系事故数および排水系事故数は、共に、各

地区の世帯数、人口、水道メーター数、給水量、面積と高い相関性を持ち、地区内の事業所数や其処で働く従業員数とは殆ど相関性を持たないことを、この表から読み取ることが出来る。

表-2 各地区の給水系・排水系事故数と用いた7指標との相関行列

	給水事故	排水事故	世帯数 (x1000)	人口 (x1000)	水道メーター数 (x1000)	給水量 (10 ⁶ m ³)	面積 (km ²)	事業所数 (x1000)	従業員数 (x1000)
給水系事故	1	0.9540	0.8185	0.7382	0.8158	0.6954	0.6331	0.0414	-0.1435
排水系事故	0.9540	1	0.8289	0.7501	0.8260	0.7003	0.6552	0.0098	-0.1543
世帯数	0.8185	0.8289	1	0.9830	0.9959	0.7528	0.8786	-0.1248	-0.3427
人口	0.7382	0.7501	0.9830	1	0.9827	0.7488	0.9292	-0.1177	-0.3522
水道メーター数	0.8158	0.8260	0.9959	0.9827	1	0.7995	0.9024	-0.0557	-0.2806
給水量	0.6954	0.7003	0.7528	0.7488	0.7995	1	0.8529	0.5232	0.3281
面積	0.6331	0.6552	0.8786	0.9292	0.9024	0.8529	1	0.1315	-0.1028
事業所数	0.0414	0.0098	-0.1248	-0.1177	-0.0557	0.5232	0.1315	1	0.9444
従業員数	-0.1435	-0.1543	-0.3427	-0.3522	-0.2806	0.3281	-0.1028	0.9444	1

そこで、2001年度のデータを用いて、各地区の事故総数、給水系事故総数および排水系事故総数を目的変数とし、各地域の世帯数、人口、水道メーター数、給水量、面積を説明変数として重回帰分析を行なった。なお、ここでは、表-2に示す相関分析結果から、地区内の事業所数や其処で働く従業員数を説明変数としては用いなかった。

3.3.2 2001年度の各地区の給水系事故総数の推定

各地区の事故総数（給水系事故+排水系事故）を目的変数として重回帰分析した結果を下式に示す。

$$\text{事故総数} = 21.797X_1 - 5.693X_2 - 6.905X_3 + 7.019X_4 + 7.033X_5 + 227.508 \dots\dots(1)$$

ここで、

X_1 =世帯数(x1000)

X_2 =人口(x1000)

X_3 =水道メーター数(x1000)

X_4 =給水量(10⁶m³)

X_5 =面積(km²)

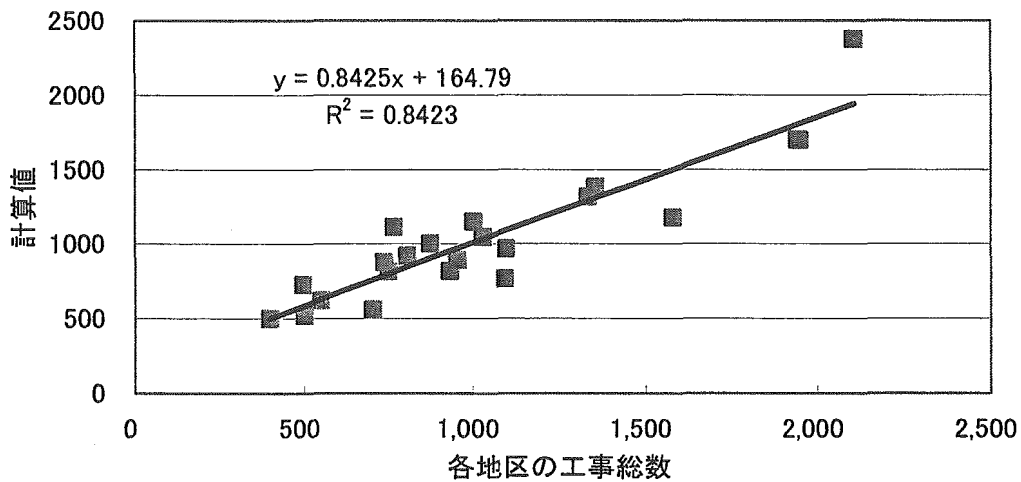


図-11 各地区の事故総数（2001年度）とその計算値との関係

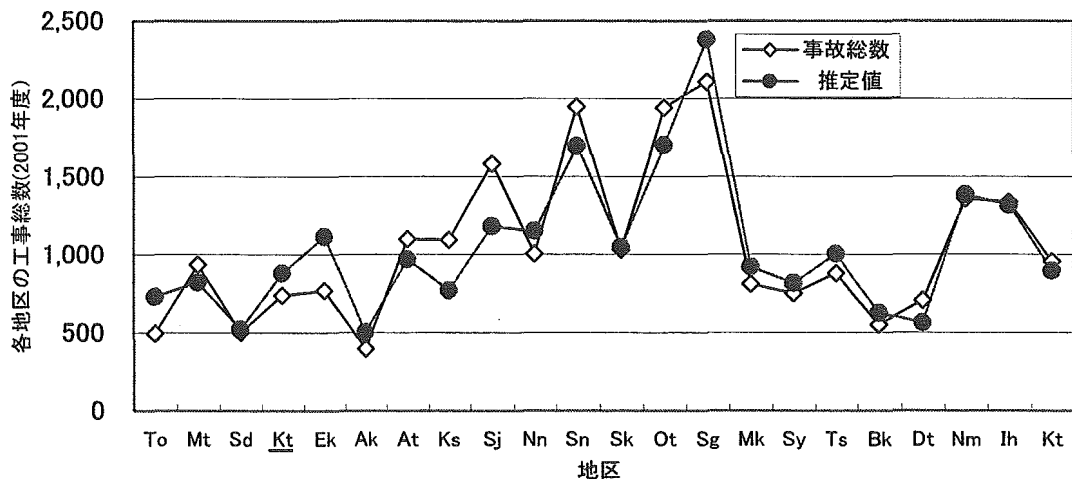


図-12 各地区の事故総数（2001年度）とその推定値との関係

図-11 は、各地区の事故総数（2001年度）と式(1)に基づく計算値との関係を示している。決定係数=0.8423、重相関係数=0.9178 で、総事故の実数と計算値との関係は充分な有意レベルにある。また、図-12 は各地域の総事故の実数と計算値との関係を示している(実数と計算値との対応関係を明確にするため、地区間の数値を実線で結んでいる)。これらの図から、重回帰式(1)により各地区の2001年度の給水系事故総数がほぼ推定されていると言える。