

### 3.3.3 各地区の給水系事故総数、排水系事故総数の推定

同様な手法で、各地区の給水系事故数および排水系事故総数を目的変数として重回帰分析を行なった。求められた重回帰式を下記に示す。

$$\text{給水系工事総数} = 16.694X_1 - 4.267X_2 - 5.245X_3 + 6.171X_4 + 3.738X_5 + 191.18 \quad \dots\dots(2)$$

$$\text{排水系工事総数} = 4.944X_1 - 1.444X_2 - 1.454X_3 + 0.8211X_4 + 3.281X_5 + 29.702 \quad \dots\dots(3)$$

#### 1) 各地区の給水系事故総数の実数と計算値との関係

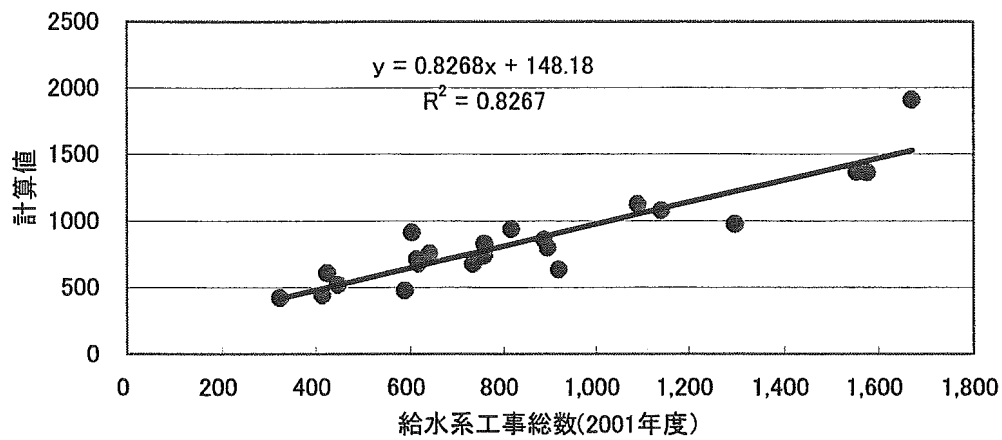


図-13 各地区の給水系事故総数（2001年度）とその計算値との関係

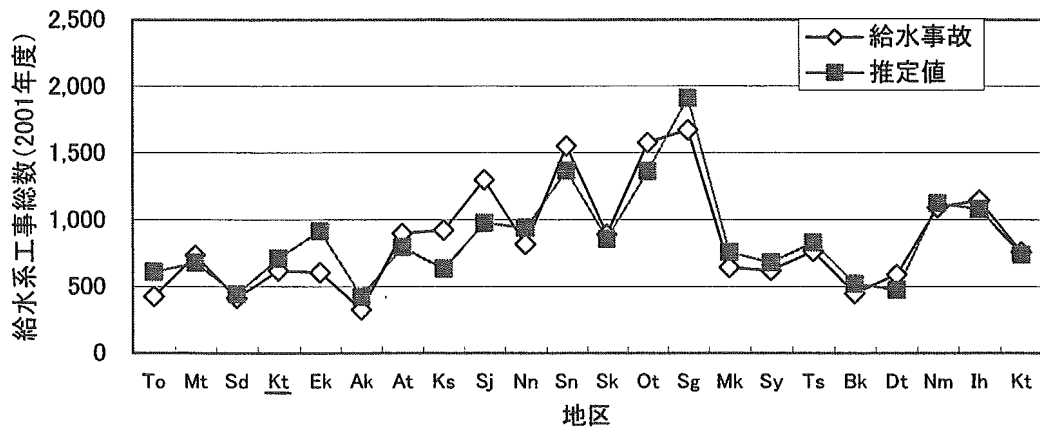


図-14 各地区の給水系事故総数（2001年度）とその計算値との関係

図-13 は、各地区の給水系事故総数（2001年度）と式(2)に基づく計算値との回帰直線

を示している。決定係数=0.8267、重相関係数=0.9092 であり、給水系事故総数と計算値との相関性は99%有意レベルにある。各地域の総事故数の実数と計算値との対応関係を図-14 に示すが、計算値は各地区の実数をほぼ反映している。

2)各地区の排水系事故総数の実数と計算値との関係

図-15 は、各地区の排水系事故総数（2001 年度）と式(3)に基づく計算値との回帰直線を示している。決定係数=0.8436、重相関係数=0.9185 であり、排水系事故総数と計算値との相関性は99%有意レベルにある。各地域の総事故の実数と計算値との対応関係は図-16 に示す通りである。

このように、各地域の世帯数、人口、水道メーター数、給水量、面積を説明変数とする重回帰式により、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が推定できるものと考えられた。

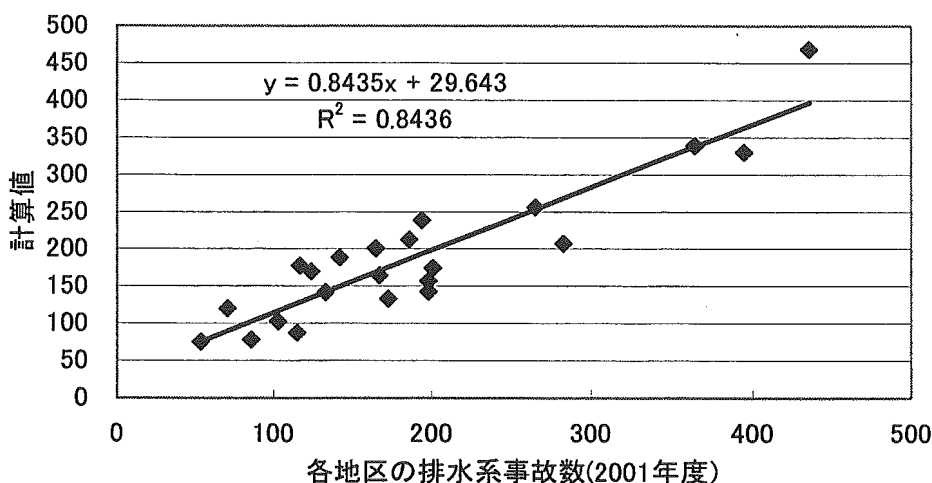


図-15 各地区の排水系事故総数（2001 年度）とその計算値との関係

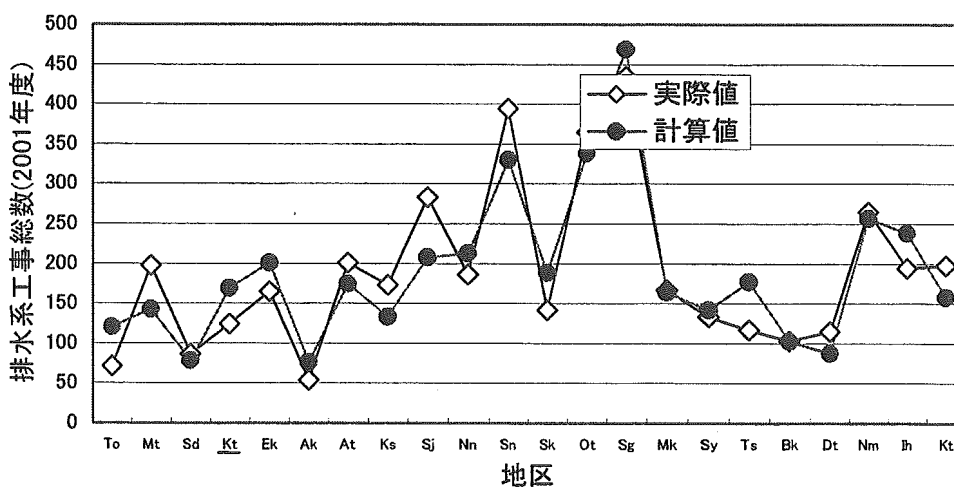


図-16 各地区の排水系事故総数（2001 年度）とその計算値との関係

#### 4、給水システム関連事故への影響因子に対する予備的検討

前記3で述べたように、各地区の世帯数、人口、水道メーター数、給水量、面積は給水系・排水系事故総数との相関性が高く、これら指標を用いた重回帰式により地区の事故総数を推定できる。しかし、2節で述べたように、給・排水系事故数には季節的変動が存在しており、ここには上記以外の影響因子が関与しているものと考えられる。

そこで、ここでは、給水システムの事故数への影響因子として給水量、気温、配水圧力を取り上げて、その影響程度を検討した。

##### 4.1 給水水量と工事数との関連性

都市Aでの2001年度の給水量の変動は、図-17に示すように夏季に多く冬季に少ない。

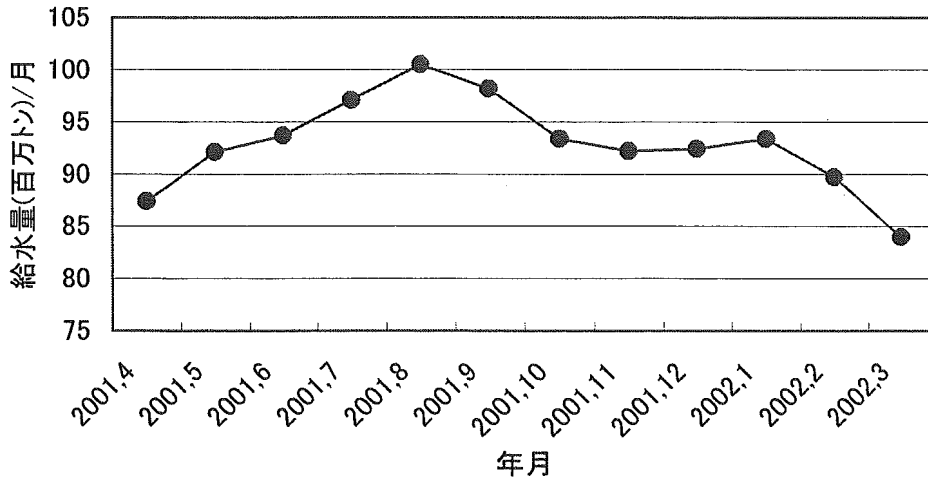


図-17 都市A 調査対象地域での2001年度の給水量の変動

そこで、月毎の給水・排水系事故数と給水量との関係を検討した。結果を図-18～19に

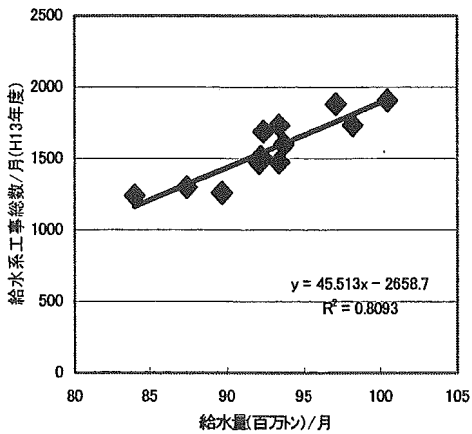


図-18 給水量と給水系工事数

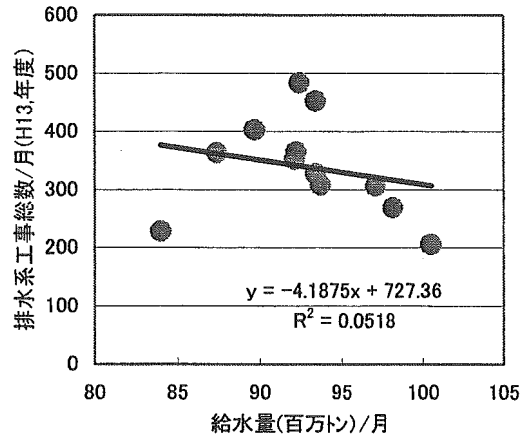


図-19 給水量と配水系工事数

示す。これらの図から、給水系事故数は給水量と有意の相関性を持ち、給水量に正比例して事故数が増大するが、排水系事故数は給水量との相関性を持たないと言える。

一方、給水量と給水系・排水系事故の個別事故数と給水量に関して相関分析を行ない、その結果に対して t 検定を行なった結果を表-3 と表-4 に示す。

表-3 給水系の個別事故と給水量との相関分析結果への t 検定

|         | 給水量  | メータ上流地中 | メータ下流地中 | 屋外配管漏水 | 屋内配管漏水 | 器具漏水 | 器具交換 | トイレ漏水 | ポンプ関係 | 調査   | その他 |
|---------|------|---------|---------|--------|--------|------|------|-------|-------|------|-----|
| 給水量     | -    | [*]     | [**]    | [**]   | [**]   | [**] | [ ]  | [**]  | [*]   | [ ]  | [ ] |
| メータ上流地中 | [*]  | -       | [ ]     | [*]    | [*]    | [ ]  | [ ]  | [**]  | [ ]   | [ ]  | [ ] |
| メータ下流地中 | [**] | [ ]     | -       | [**]   | [**]   | [**] | [ ]  | [**]  | [**]  | [ ]  | [*] |
| 屋外配管漏水  | [**] | [*]     | [**]    | -      | [**]   | [*]  | [ ]  | [**]  | [ ]   | [**] | [ ] |
| 屋内配管漏水  | [**] | [*]     | [**]    | [**]   | -      | [**] | [ ]  | [**]  | [*]   | [*]  | [ ] |
| 器具漏水    | [**] | [ ]     | [**]    | [*]    | [**]   | -    | [*]  | [**]  | [**]  | [ ]  | [ ] |
| 器具交換    | [ ]  | [ ]     | [ ]     | [ ]    | [ ]    | [*]  | -    | [ ]   | [ ]   | [ ]  | [ ] |
| トイレ漏水   | [**] | [**]    | [**]    | [**]   | [**]   | [**] | [ ]  | -     | [ ]   | [ ]  | [ ] |
| ポンプ関係   | [*]  | [ ]     | [**]    | [ ]    | [*]    | [**] | [ ]  | [ ]   | -     | [ ]  | [ ] |
| 調査      | [ ]  | [ ]     | [ ]     | [**]   | [*]    | [ ]  | [ ]  | [ ]   | [ ]   | -    | [ ] |
| その他     | [ ]  | [ ]     | [*]     | [ ]    | [ ]    | [ ]  | [ ]  | [ ]   | [ ]   | [ ]  | -   |

表-4 排水系の個別事故と給水量との相関分析結果への t 検定

|         | 給水量(E6) | トイレ詰 | 台所詰り | 屋内排水詰 | 桧詰まり | 私道詰り | 排水管漏水 | 排水管取替 | その他 |
|---------|---------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-----|
| 給水量(E6) | -       | [ ]  | [ ]  | [ ]   | [ ]  | [**] | [ ]   | [ ]   | [ ] |
| トイレ詰    | [ ]     | -    | [ ]  | [ ]   | [*]  | [ ]  | [ ]   | [ ]   | [ ] |
| 台所詰り    | [ ]     | [ ]  | -    | [ ]   | [ ]  | [ ]  | [ ]   | [ ]   | [ ] |
| 屋内排水詰   | [ ]     | [ ]  | [ ]  | -     | [ ]  | [ ]  | [ ]   | [ ]   | [ ] |
| 桧詰まり    | [ ]     | [*]  | [ ]  | [ ]   | -    | [ ]  | [*]   | [ ]   | [ ] |
| 私道詰り    | [**]    | [ ]  | [ ]  | [ ]   | [ ]  | -    | [ ]   | [ ]   | [*] |
| 排水管漏水   | [ ]     | [ ]  | [ ]  | [ ]   | [*]  | [ ]  | -     | [ ]   | [ ] |
| 排水管取替   | [ ]     | [ ]  | [ ]  | [ ]   | [ ]  | [ ]  | [ ]   | -     | [ ] |
| その他     | [ ]     | [ ]  | [ ]  | [ ]   | [ ]  | [*]  | [ ]   | [ ]   | -   |

[\*\*] ;1%危険率で有意、[\*] ;5%危険率で有意、[ ];相関性無し

表-3 から、給水系の個別事故数と給水量との関係は、「メーター上流地中」「メーター下流地中」「屋外配管漏水」「屋内配管漏水」「器具漏水」「トイレ漏水」「ポンプ関係」などと相関性を持ち、「器具交換」「調査」「その他」とは相関性を持たないと判断される。

一方、表-4 に示す排水系の個別事故と給水量との相関性は、「私道詰り」との相関性が認められるのみで、他の個別工事との相関性は認められない。

このように、給水量の増大は給水系個別事故数の増大との正の相関を示しているが、図-1 と図-17 を併せ考える時、この事は夏季における給水系事故数の増大の一因となっていることを示唆していると考えられる。

#### 4.2 気温と工事数との関連性

図-1 において、給水系事故数は 2001 年 1 月～3 月の低温期と、6 月～9 月の高温期に増加する傾向が認められた。また、図-3 では、排水系事故数の月変動が給水系事故の月変動とは逆の傾向を持ち、高温期に低く、低温期に高い傾向を示す事を認めた。

そこで、気温と事故数との関連性を検討した。

##### 1) 給水系・排水系事故総数と気温（平均、最高、最低）との関連性

ここでは、2001 年 1 月から 2002 年 3 月までのデータを用いているが、この期間の気温の変動を図-20 に示す。また、2001 年 1 月および 2002 年の 1 月における最低気温変化を図-21 に示す。図-20 に示される気温〔平均、最高、最低〕の月変化は、一見、ほぼ例年並に推移しているもののようである。しかし、兩年 1 月の最低気温の変化を示している図-21 に見るように、2001 年 1 月の最低気温は 13 日～18 日にかけて-3.5～-5.4℃で推移しており、例年のない低温期間があった。

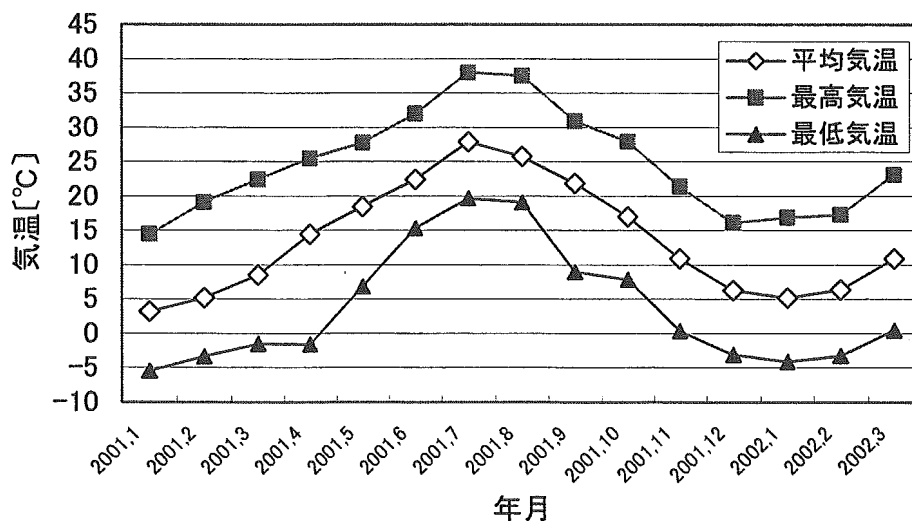


図-20 2001 年 1 月～2002 年 3 月の気温の変動

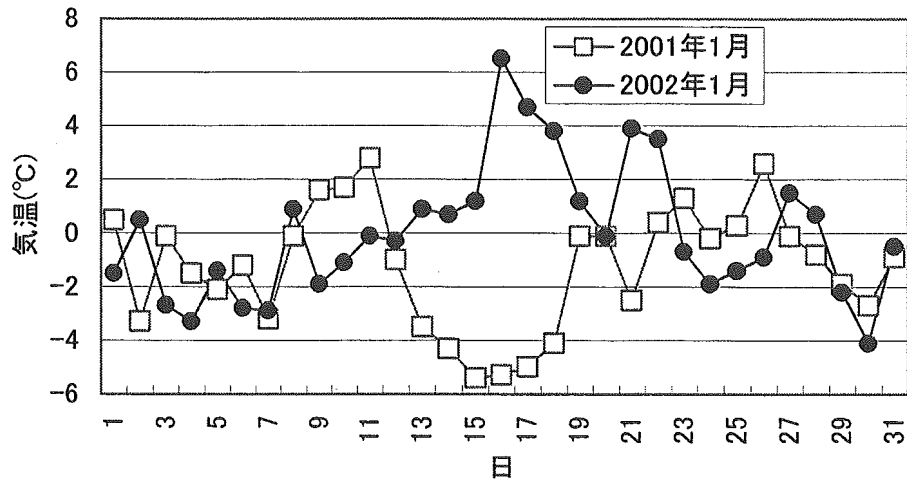


図-21 2001年1月と2002年1月の最低気温の変動

図-21の現象は、図-1に示される給水系事故が異常に多い現象に対して、“この年は例年になく寒くて事故数が多かった”という工事業者の言葉と符合する。

そこで、この期間の気温と月単位の事故総数との関連性を検討した。

図-22と図-23は、その月の最低気温が0°C近傍以下となった2001年1~4月、2001年12月~2002年3月の8ヶ月間の給水系および排水系事故数/月と気温との関係をプロットしたものである。これらの図から明らかなように、気温が低くなるほど給水・排水系事故数が高くなるが、-6~0°Cの範囲内では給水系事故は2次曲線的变化を示し[1次回帰直線より相関係数が高い]、しかも、最低気温が-4.0°C以下になると事故数が急増することが認められ、一方、排水系事故数は1次直線的变化を示す。

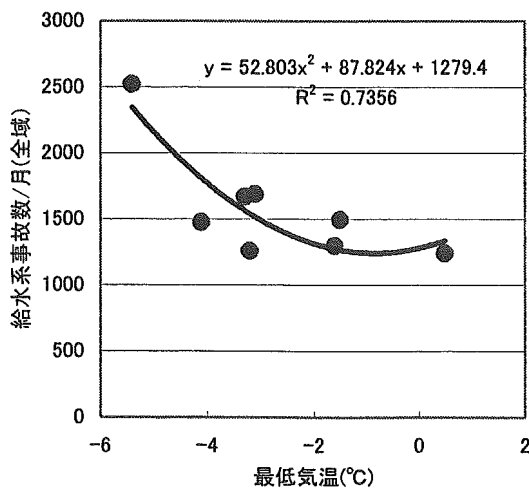


図-22 最低気温と給水系事故総数

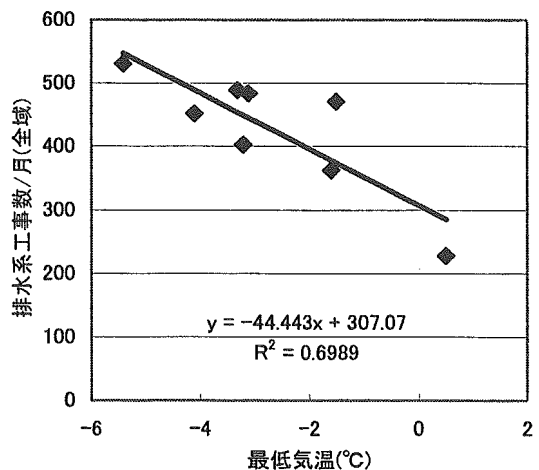


図-23 最低気温と排水系事故総数

前述のように、2001年1月の事故数が2001年1月のそれに比べて著しく高かった理由は、上記の理由によるものと理解される。

一方、図-24 と図-25 は、2001年、5～11月の高温期7ヶ月間における給水系および排水系事故と、その月の最高気温との関係をプロットしたものである。これらの図から明らかのように、給水系事故は気温が高くなるほど事故数が高くなるが、排水系事故数は逆に低下しており、両者における増減は1次回帰直線で有意に近似できる変化を示している。

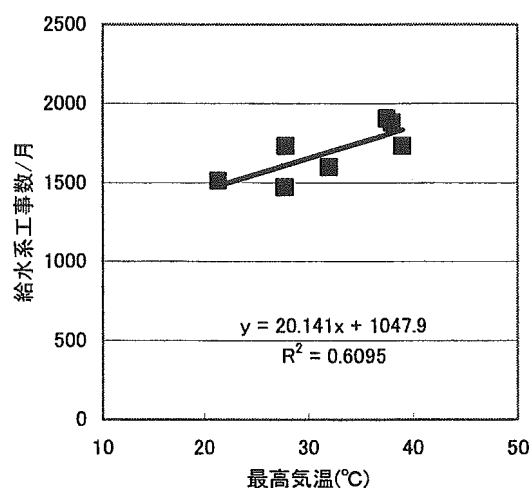


図-24 最高気温と給水系事故総数

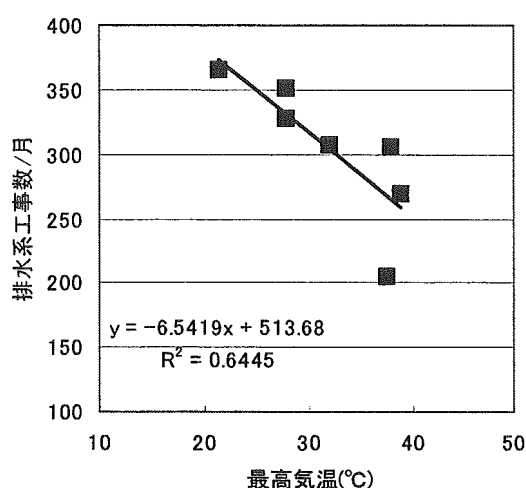


図-25 最高気温と排水系事故総数

したがって、2001年1月～2002年3月における月単位の給・排水系事故数と気温の関係をプロットすると、給水系事故数の変化は2次曲線的な変化をすることになり、排水系事故数は負の勾配を持つ直線的な変化をすると予想される。また、給水・排水系における各個別事故数と気温との関係も同様な変化をするものと予想される。

そこで、給水・排水系における各個別事故数と気温との関係を検討した。

図-26には給水系における代表的な個別事故と平均気温との関係を、図-27には排水系における代表的な個別事故と平均気温との関係を示す。給水系の事故である「メーカ下流地中」「器具漏水」「トイレ漏水」では、それぞれ決定係数；0.7388、0.4075、0.3864をもつ有意な2次曲線的な変化を示している。一方、排水系の事故である「私道詰り」「配水管漏水」「その他」にあつては、それぞれ決定係数；0.3282、0.2362、0.2609をもつ有意な1次直線的な変化を示している。

このような検討を給水・排水系における全ての個別事故に対して行なった結果を、表-5にまとめて示す（詳細は付表-1）。

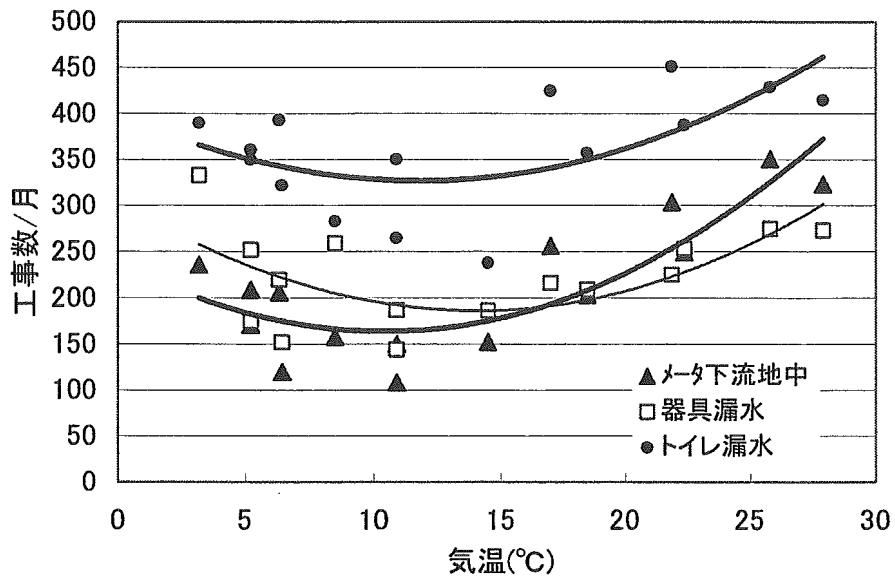


図-26 平均気温と給水系事故数/月

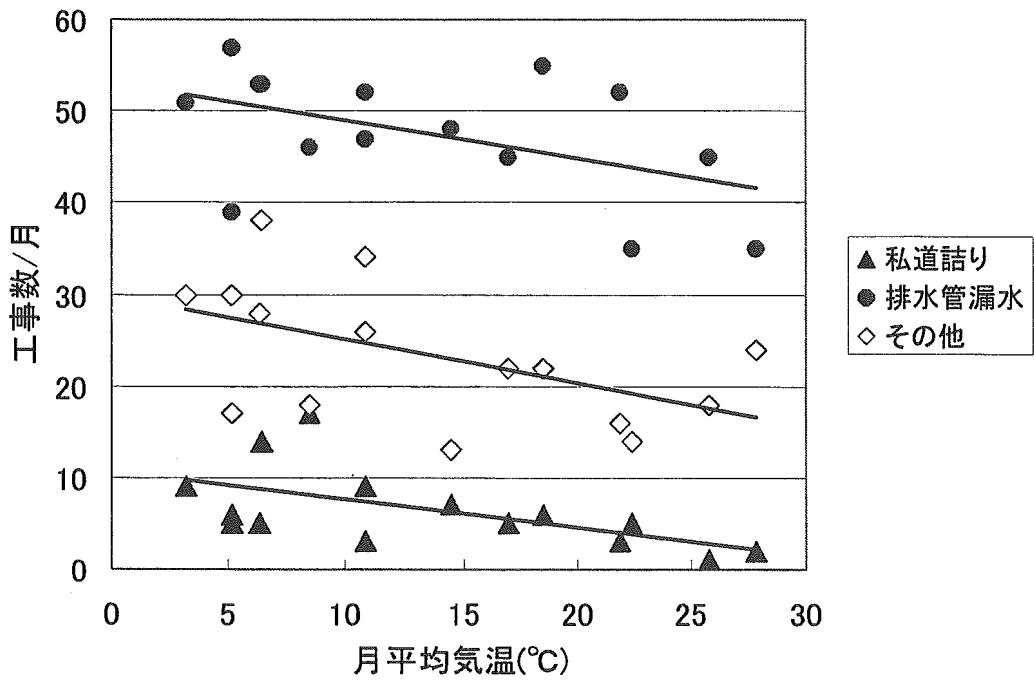


図-27 平均気温と排水系事故数/月



表-5 給水系および排水系の個別事故数/月の線形近似

y ; 事項数/月、 x ; 温度(°C)

| 系      | 事故                                 | 近似線                                | 有意性 |
|--------|------------------------------------|------------------------------------|-----|
| 給水系の事故 | 給水系事 低温                            | $y = 52.803X^2 + 87.824X + 127.9$  | ○   |
|        | 故総数 高温                             | $y = 22.588X + 1225.3$             | ○   |
|        | メーター上流地中                           | $y = -0.082X^2 + 2.249X + 49.197$  | X   |
|        | メーター下流地中                           | $y = 0.6869X^2 - 14.355X + 238.65$ | ○   |
|        | 屋外配管漏水                             | $y = 1.345X^2 - 46.422X + 473.86$  | ○   |
|        | 屋内配管漏水                             | $y = 0.4461X^2 - 13.692X + 314.67$ | ○   |
|        | 器具漏水                               | $y = 0.6064X^2 - 17.096X + 306.66$ | ○   |
|        | 器具交換                               | $y = 0.1165X^2 - 3.2686X + 144.53$ | X   |
|        | トイレ漏水                              | $y = 0.5238X^2 - 12.426X + 400.66$ | ○   |
|        | ポンプ関係                              | $y = 0.1705X^2 - 4.3604X + 63.508$ | ○   |
|        | 調査                                 | $y = 0.0714X^2 - 2.3418X + 46.285$ | X   |
| その他    | $y = 0.1427X^2 - 6.9824X + 216.37$ | ○                                  |     |
| 排水系の事故 | 排水系事 低温                            | $y = -44.443X + 307.07$            | ○   |
|        | 故総数 高温                             | $y = -6.5419X + 513.68$            | ○   |
|        | トイレ詰り                              | $y = -4.8216X + 218.9$             | ○   |
|        | 台所詰り                               | $y = -0.3725X + 59.881$            | X   |
|        | 屋内排水詰り                             | $y = -0.5062X + 59.371$            | X   |
|        | 枡詰り                                | $y = -1.7223X + 65.492$            | ○   |
|        | 私道詰り                               | $y = -0.3049X + 10.626$            | ○   |
|        | 排水管漏水                              | $y = -0.4091X + 53.114$            | X   |
|        | 排水管取替え                             | $y = -0.0746X + 7.2843$            | X   |
| その他    | $y = -0.4721X + 29.772$            | ○                                  |     |

この表における各近似曲線の有意性 (○ ; 有意性あり、x ; 有意性なし) は、個別事故 (2001年1月~2002年3月のデータ) に対しては95%確率の相関係数0.497で、低温時および高温時の事故に対しては0.707に準拠して判定している。

この表から明らかなように、給水系事故においては「メーター上流地中」「器具交換」「調査」以外の個別事故数には気温と有意の相関性が認められる。しかし、「メーター上流地中」「調査」の相関係数は判定レベル近傍にあり、有意ではないが微弱な関連性を持つものと考えられる。なお、相関性が低いのは、これら事故の発生頻度が総じて小さい (それぞれ3.60%、7.9%、2.0% ; 図-2 参照) ことと無縁でないとも考えられる。一方、排水系事故におい

ては、全ての個別事故の近似直線が負の勾配を持って気温との関連性を示唆しているとは言いながら、それらの温度依存性は給水系個別事故よりも総じて低い。なお、排水系事故総数/月は気温と高い相関性を示すが、これは相関性が高く、発生頻度の高い「トイレ詰り；39.7%」の影響を受けているものと考えられる。

#### 4.3 配水圧力と給水・排水系事故との関連性

この都市の配水圧力は各地区により差がある。すなわち、2002年度の統計表によると、水圧0.167MPa未満、0.167～0.196MPa、0.196～0.294MPa、0.294MPa以上の4分類がなされ、それぞれの配水圧力下での給水人口、給水件数、面積が記載されているが、地区により数値やその全体に対する比率に差がある。そこで、2002年度の各地区における配水圧力別給水人口、給水件数、面積と、各地区の給水系および排水系事故総数との相関性について検討した。

表-6は、全データを込みにして相関分析したデータを用いてt検定をした結果を示している。なお、ここでは、0.167MPa以下の事例は極めて少ないので対象に加えなかった。

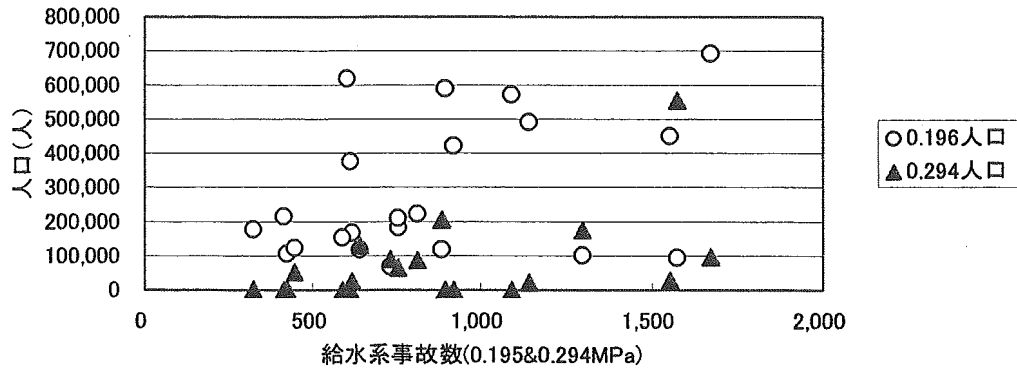
表-6から、各地区の給水系事故数/月は0.294MPa以上の配水圧力で給水されている地域の「人口・件数・面積」、および、0.196～0.294MPaで配水されている地域の「件数」との相関性を持つが、0.167～0.196MPaに地域での相関性を持たない事が示されている。

表-6 t検定結果

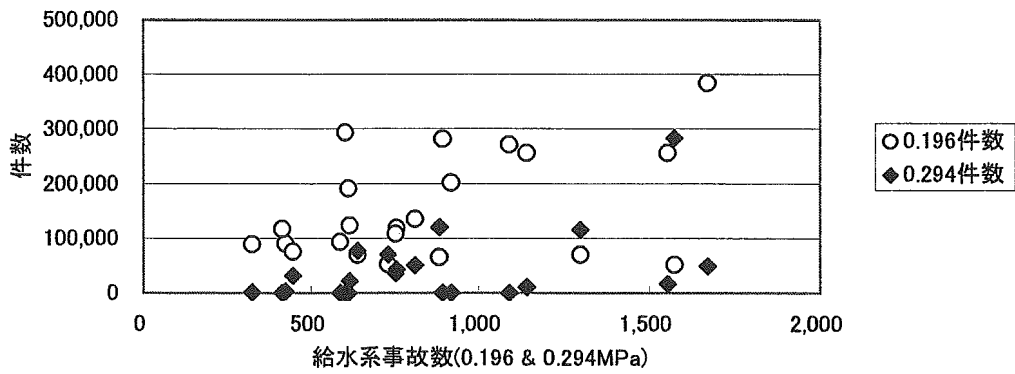
|                |      | 給水系事故 | 排水系事故 |
|----------------|------|-------|-------|
| 給水系事故          |      | -     | [**]  |
| 配水系事故          |      | [**]  | -     |
| 0.167～0.196MPa | 給水人口 | [ ]   | [ ]   |
|                | 給水件数 | [ ]   | [ ]   |
|                | 給水面積 | [ ]   | [ ]   |
| 0.196～0.294MPa | 給水人口 | [ ]   | [*]   |
|                | 給水件数 | [*]   | [*]   |
|                | 給水面積 | [ ]   | [ ]   |
| 0.294以上        | 給水人口 | [*]   | [*]   |
|                | 給水件数 | [*]   | [*]   |
|                | 給水面積 | [*]   | [*]   |
| 合計人口           |      | [**]  | [**]  |
| 合計件数           |      | [**]  | [**]  |
| 合計面積           |      | [**]  | [**]  |

註) [\*\*];危険率1%で有意、[\*]危険率5%で有意

a) 配水圧力毎の人口と事故数



b) 配水圧力毎の給水件数と事故数



c) 配水圧力面積と事故数

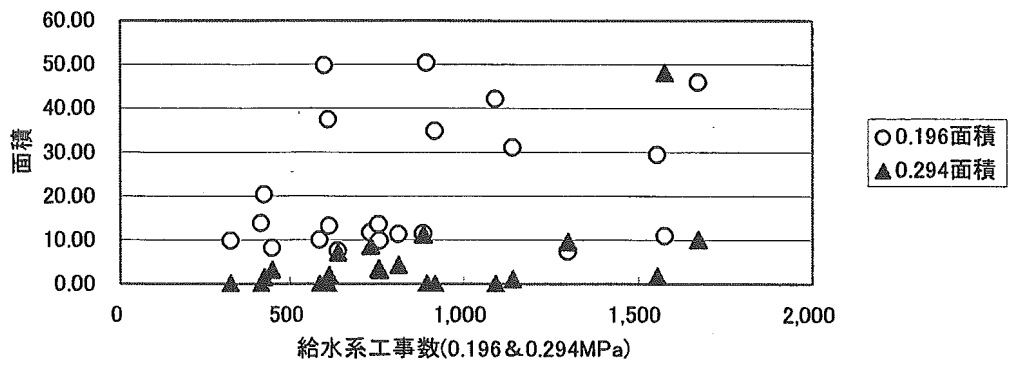
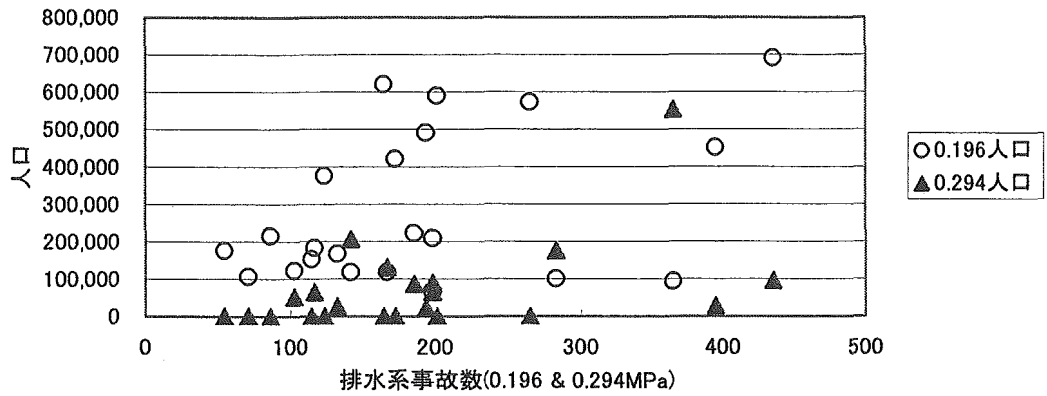
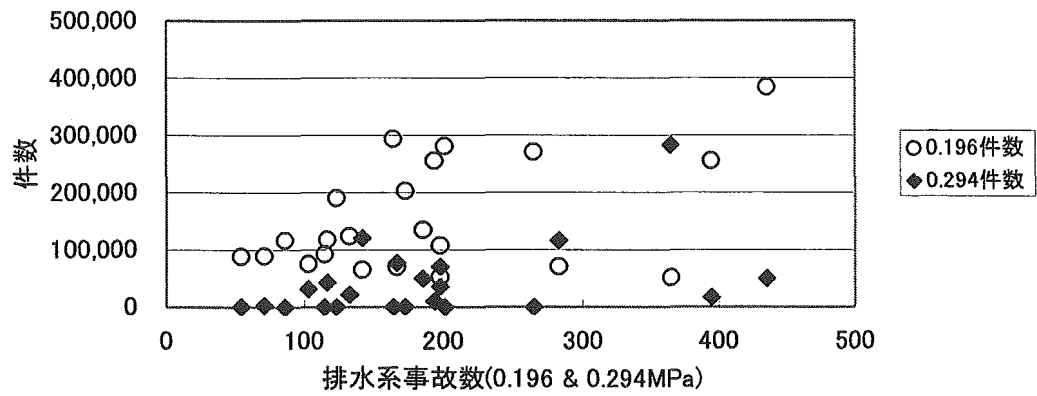


図-28 配水圧力毎の人口・件数・面積と給水系事故数/月との関係

a) 配水圧力毎の給水人口と事故数



b) 配水圧力毎の給水件数と事故数



c) 配水圧力毎の面積と事故数

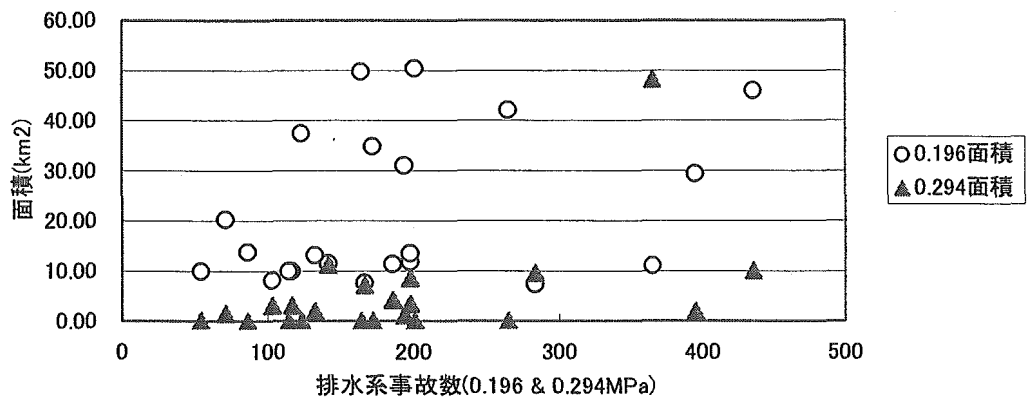


図-29 配水圧力毎の人口・件数・面積と給水系事故数/月との関係

このように、各地区の給水系事故数/月は、総じて、比較的高い配水圧力で給水されている地域の「人口・件数・面積」と相関性を持つ傾向が認められる。また、この傾向は、排水系事故数/月の場合にもほぼ同様に認められる。

一方、表-6 で相関性が認められる事例の多い配水圧力 0.196～0.294Mpa および 0.294Mpa 以上の地域に関して、配水圧力をパラメーターにして、「人口・件数・面積」と給水・排水系事故件数との関係の散布図を図-28 および図-29 に示す。なお、これらの図の凡例において、例えば、○0.169 人口 は 0.196～0.294Mpa の地域における給水人口と事故件数との関係を、▲0.294 人口 は 0.294Mpa 以上の地域の人口と事故件数との関係を示している。

これらの図に見るように、各プロットの分散度合いはかなり大きい。すなわち、表-6 に見るように、給水・排水系事故件数と「調査対象地域全体合計の人口・件数・面積」とは高い相関性（危険率 1%で有意）を示すために全ての図における回帰直線は正の勾配を持っているが、配水圧力をパラメーターとする散布図の分散度が高いためにこれらの決定係数は総じて低く 0.0902～0.2693 の範囲内にある。したがって、統計的には有意の相関性が認められるにしても、配水圧力と給水・排水系事故件数との関係を明らかにするためには、より多くの事例の検討を行なう必要があると思考される。

## 5、まとめ

関東地区の大都市 A における 2001 年 1 月～2002 年 3 月にかけての給水系および排水系事故件数について検討した。その結果を要約すると下記ようになる。

### 1) 調査対象地域全体の事故

ア)給水系事故総数は高温期に増大する傾向がある。ただし、冬季の気温が-4℃以下に低下する日数が多いと事故総数は急増する。給水系事故のうち、「トイレ漏水」事例が全体の 22%を占めるが、「器具漏水」「屋外・内漏水」を含めると「漏水事故」は全体の 61%を占めている。

イ)月当りの排水系事故件数は高温期に低下する傾向が認められた。排水系事故の約 40%は「トイレ詰り」に因るものであり、「台所詰り」「屋内排水詰り」「枡詰り」「私道詰り」と言った事故を含めると、全体の 80%は管路閉塞事故である。

### 2) 調査対象地域内の各地区における事故状況

ア)2001 年 1 月から 15 ヶ月間の給水系総事故件数には、地区間の大きな差があり、その最少は 415 件、最大は 2152 件、平均で 1113 件/15 ヶ月であった。しかし、各地区の総件数に対する個別事故の比率には大きな差が無く、調査対象地域全体の平均値に近いものであった。

イ)排水系事故総数も、同様に、地区間に大きな差が認められ、その最少は 76 件、最大は 619 件、平均で 263 件/15 ヶ月であった。また、各地区の総件数に対する個別事故の比率は、給水系事故と同様に、各地区間に大きな差は認められなかった。

### 3) 2001 年度における単位当りの給水系事故数

水使用量と関連性の高い指標単位当りの月平均給水系事故数は、下表の通りとなった。

| 項目    | 世帯数<br>(1000当り) | 人口<br>(1000当り) | 水道メーター数<br>(1000当り) | 給水量<br>(百万ト当り) | 面積<br>(km2当り) | 事業所数<br>(1000当り) | 従業員数<br>(1000当り) |
|-------|-----------------|----------------|---------------------|----------------|---------------|------------------|------------------|
| 平均事故数 | 1.2             | 0.6            | 1.0                 | 3.8            | 7.7           | 7.3              | 0.8              |

なお、給水系工事数および排水系工事数は、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が認められた。

そこで、相関性があると考えられた各地区の世帯数、人口、水道メーター数、給水量、面積を説明変数とし、各地区の工事数（総事故数、給水系事故数、排水系事故数）を目的変数として重回帰分析を行ない、下式を得た。

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

$$\text{給水系事故総数} = 16.694X_1 - 4.267X_2 - 5.245X_3 + 6.171X_4 + 3.738X_5 + 191.18 \quad \dots(2)$$

$$\text{排水系事故総数} = 4.944X_1 - 1.444X_2 - 1.454X_3 + 0.8211X_4 + 3.281X_5 + 29.702 \quad \dots(3)$$

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( $10^6\text{m}^3$ )、 $X_5$ =面積( $\text{km}^2$ )

これらの重回帰式により、各地区の事故数（総事故数、給水系事故数、排水系事故数）は、それぞれ、重相関係数 0.9178、0.9092、0.9185 の有意なレベルで推定できることが明らかとなった。

### 4) 給水量と事故数との関連性 (2001 年 4 月～2002 年 3 月)

給水量は、給水系事故数と正の相関性を示すが、排水系事故数との相関性は認められなかった。

また、給水系の個別事故と給水量とは、「メーター上流地中」「メーター下流地中」「屋外配管漏水」「屋内配管漏水」「器具漏水」「トイレ漏水」「ポンプ関係」で高い相関性を持ち、「器具交換」「調査」「その他」とは相関性を持たないと判断された。

一方、排水系の個別事故と給水量との相関性は、「私道詰り」との相関性が認められるのみで、他の個別事故との相関性は認められなかった。

### 5) 気温と事故数との関連性 (2001 年 1 月～2002 年 3 月)

月単位の給水・排水系事故の総数と気温の関係をプロットするとき、給水系事故数は凹形の 2 次曲線的な変化をし、排水系事故数は負の勾配を持つ直線的な変化をする。

各個別事故数と気温との関係は、給水系事故の「メーター下流地中」「器具漏水」「トイレ漏水」では、それぞれ決定係数；0.7388、0.4075、0.3864 をもつ有意な 2 次曲線的な変化を示し、排水系の事故である「私道詰り」「配水管漏水」「その他」にあつては、それぞ

れ決定係数；0.3282、0.2362、0.2609をもつ有意な1次直線的な変化を示した。

#### 6)配水圧力と給水・排水系事故との関連性

各地区の給水系事故数および排水系事故数は、総じて、比較的高い配水圧力で給水されている地域の「人口・件数・面積」と相関性を持つ傾向が認められた。しかし、配水圧力をパラメーターとする散布図の分散度は高いので、統計的には有意の相関性が認められるにしても、配水圧力と給水系・排水系事故件数との関係を明らかにするためには、より多くの事例の検討を行なう必要があると思考された。

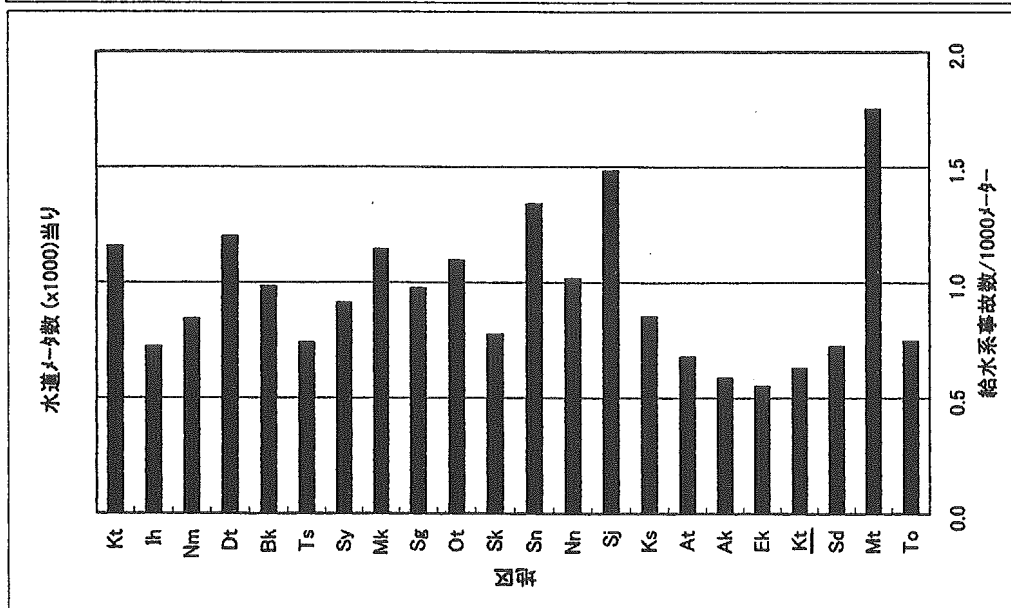
7)なお、上記の結果は、事故実数の約50%をカバーしていると推定されているメンテナンスセンターのデータに基づくものであるので、調査地域全体（および各地区）の事故数はこれら数値の約2倍近傍になるものと予想される。

#### 謝辞

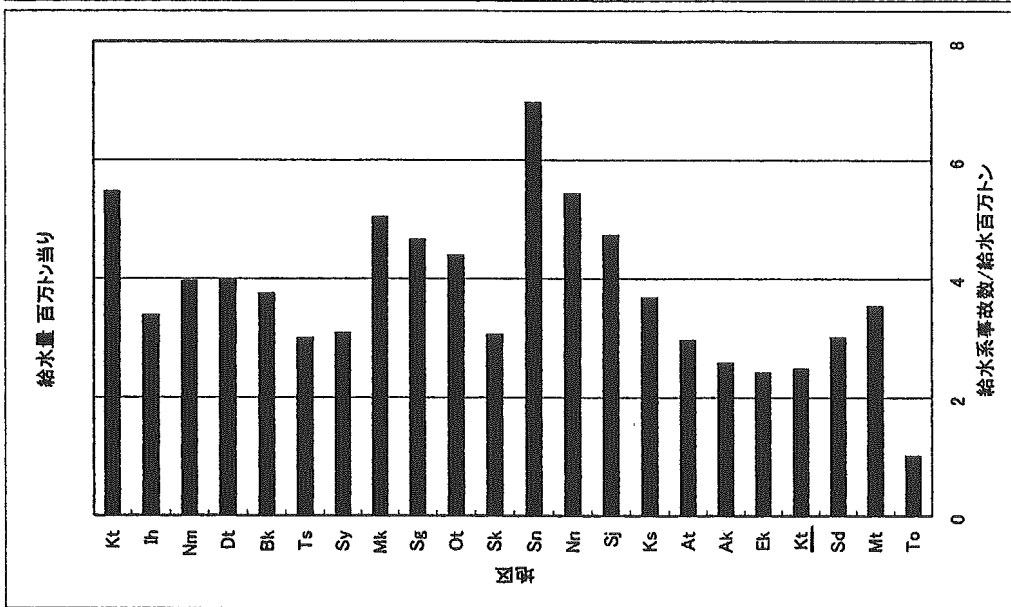
本研究を行なうにあたり、都市Aの水道局および管工事工業協同組合のメンテナンスセンターから各種の資料提供を戴くと共に、多くの便宜を図って戴いた。ここに記して謝意を表する。

#### 参考文献

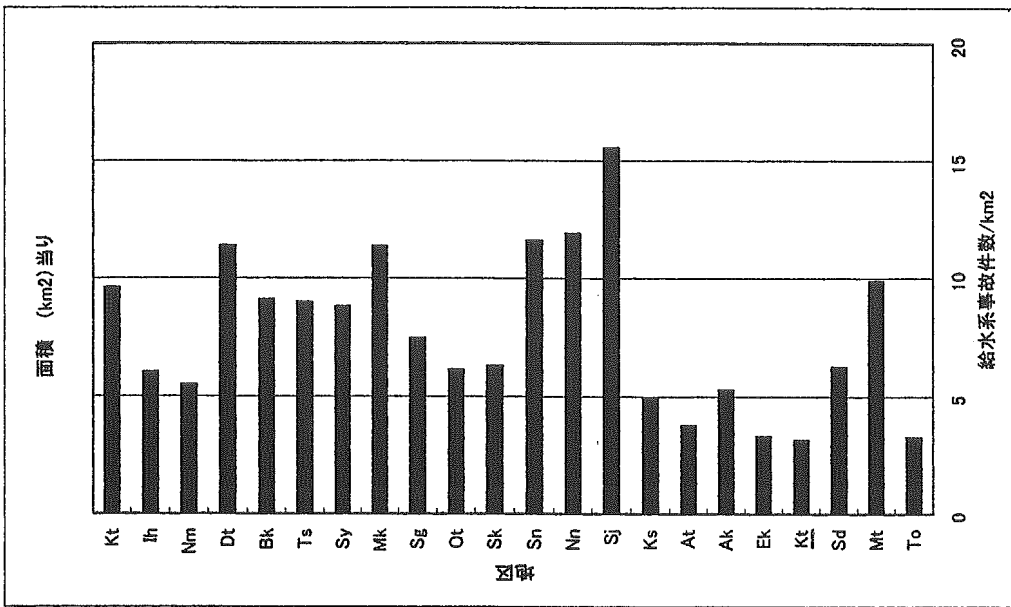
- 1) 事故事例データ；都市Aの管工事工業協同組合、資料
- 2) 配水量、給水量；都市Aの水道局統計資料
- 3) マーター数等のデータ；都市Aの水道局統計資料
- 4) 地区の配水圧力別人口、件数、面積；都市Aの水道局統計資料
- 5) 人口、世帯数、事業所数、従業員数等；都市Aのホームページ
- 6) 気象情報；気象庁ホームページ



付図一1 水道メーター数1000当りの各地区の給水系事故数

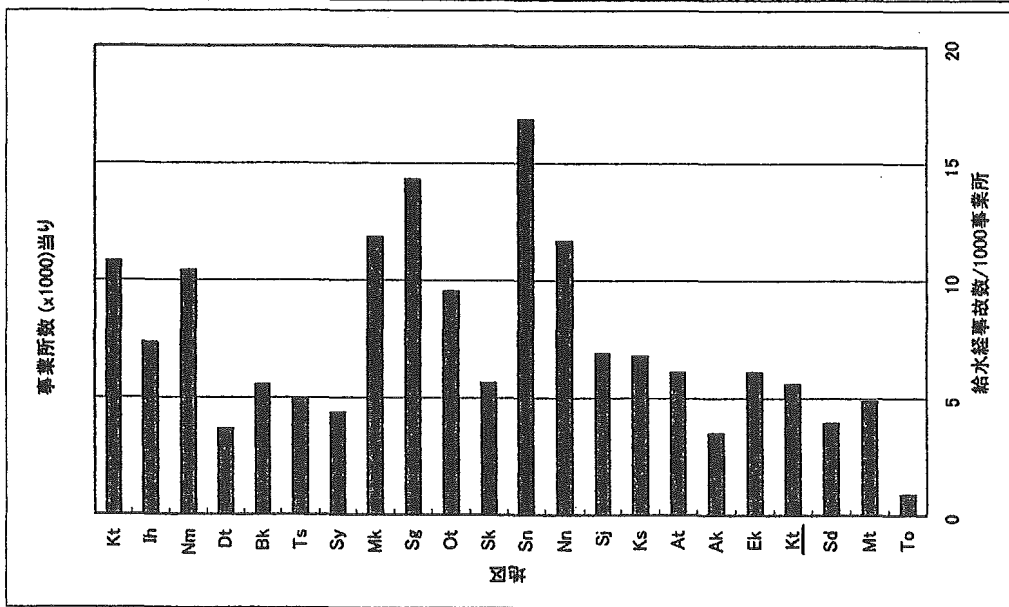


付図一2 給水量 $10^6 m^3$ 当りの各地区の給水系事故数

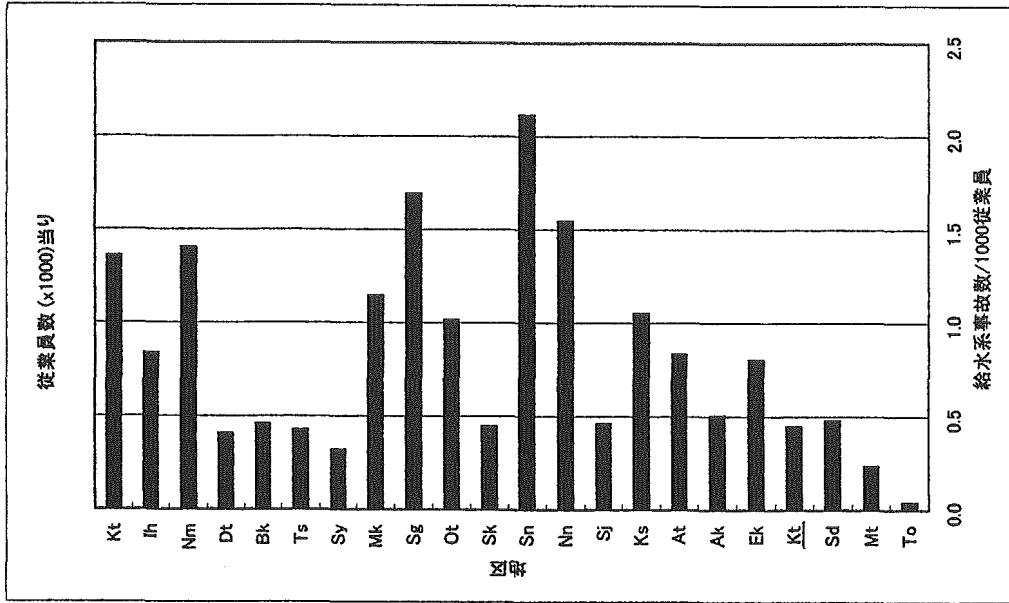


付図一3 面積 $1000 km^2$ 当りの各地区の給水系事故数





付図—4 事業所数1000当りの各地区の給水系事故数



付図—5 従業員1000人当りの各地区の給水系事故数

付表一1 事故数と気温との関係

| 系      | 事故       | 期間           | 近似線                                | 相関係数                    | 有意     | 備考    |       |
|--------|----------|--------------|------------------------------------|-------------------------|--------|-------|-------|
| 給水系の事故 | 給水系事故総数  | 低温時          | $y = 52.803X^2 + 87.824X + 127.9$  | 0.8577                  | ○      | 月最低気温 |       |
|        |          | H13年5-11月    | $y = 22.588X + 1225.3$             | 0.7586                  | ○      | 月最高気温 |       |
|        | メーター上流地中 | H13年1-H14年3月 | $y = -0.082X^2 + 2.249X + 49.197$  | 0.4768                  | X      | 月平均気温 |       |
|        | メーター下流地中 | H13年1-H14年3月 | $y = 0.6869X^2 - 14.355X + 238.65$ | 0.8595                  | ○      | 同上    |       |
|        | 屋外配管漏水   | H13年1-H14年3月 | $y = 1.345X^2 - 46.422X + 473.86$  | 0.5576                  | ○      | 同上    |       |
|        | 屋内配管漏水   | H13年1-H14年3月 | $y = 0.4461X^2 - 13.692X + 314.67$ | 0.5199                  | ○      | 同上    |       |
|        | 器具漏水     | H13年1-H14年3月 | $y = 0.6064X^2 - 17.096X + 306.66$ | 0.6384                  | ○      | 同上    |       |
|        | 器具交換     | H13年1-H14年3月 | $y = 0.1165X^2 - 3.2686X + 144.53$ | 0.2683                  | X      | 同上    |       |
|        | トイレ漏水    | H13年1-H14年3月 | $y = 0.5238X^2 - 12.426X + 400.66$ | 0.6216                  | ○      | 同上    |       |
|        | ポンプ関係    | H13年1-H14年3月 | $y = 0.1705X^2 - 4.3604X + 63.508$ | 0.7899                  | ○      | 同上    |       |
|        | 調査       | H13年1-H14年3月 | $y = 0.0714X^2 - 2.3418X + 46.285$ | 0.4761                  | X      | 同上    |       |
|        | その他      | H13年1-H14年3月 | $y = 0.1427X^2 - 6.9824X + 216.37$ | 0.5834                  | ○      | 同上    |       |
|        | 排水系事故    | 排水系事故総数      | 低温時                                | $y = -44.443X + 307.07$ | 0.8361 | ○     | 月最低気温 |
|        |          |              | H13年5-11月                          | $y = -6.5419X + 513.68$ | 0.8028 | ○     | 月最高気温 |
| トイレ詰り  |          | H13年1-H14年3月 | $y = -4.8216X + 218.9$             | 0.8227                  | ○      | 月平均気温 |       |
| 台所詰り   |          | H13年1-H14年3月 | $y = -0.3725X + 59.881$            | 0.3043                  | X      | 同上    |       |
| 屋内排水詰り |          | H13年1-H14年3月 | $y = -0.5062X + 59.371$            | 0.4156                  | X      | 同上    |       |
| 枡詰り    |          | H13年1-H14年3月 | $y = -1.7223X + 65.492$            | 0.7904                  | ○      | 同上    |       |
| 私道詰り   |          | H13年1-H14年3月 | $y = -0.3049X + 10.626$            | 0.5729                  | ○      | 同上    |       |
| 配水管漏水  |          | H13年1-H14年3月 | $y = -0.4091X + 53.114$            | 0.4861                  | X      | 同上    |       |
| 配水管取替え |          | H13年1-H14年3月 | $y = -0.0746X + 7.2843$            | 0.1841                  | X      | 同上    |       |
| その他    |          | H13年1-H14年3月 | $y = -0.4721X + 29.772$            | 0.5108                  | ○      | 同上    |       |

自由度=14 95% 0.497 平均気温  
 自由度=6 95% 0.707 低温時、高温時

## 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

山梨大学工学部 杉山俊幸

### 1. 研究の目的

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。

これまでになされている給水管の音・振動に関する研究としては、震災時の給水管の被害を、音響法や音圧法を用いて探査しようとする技術開発の試みがなされているが<sup>1), 2)</sup>、これらの研究では、地中に埋設されている送水管を対象としており、一般家屋内、あるいは、建築物内での水撃作用の検知に用いることができるかどうかに関しては必ずしも十分な検討がなされていない。

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。

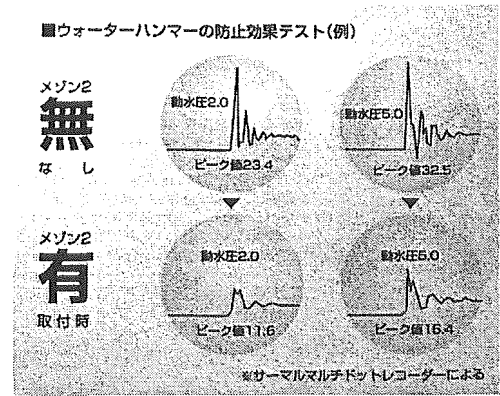
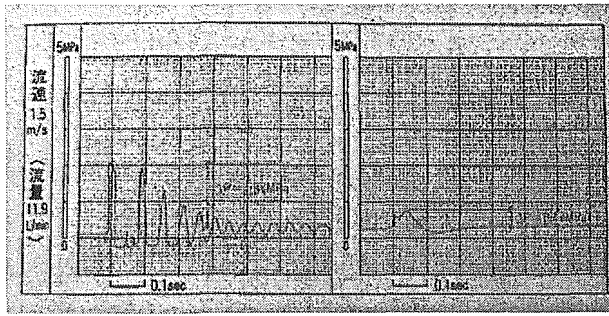
### 2. 開発しようとする方法（システム）の概要

ここで開発しようとするシステムの概要を記すと以下のようになる。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。閾値の設定のしかた等に関しては、5. で構想を記す。なお、装置として使用する部品や取り付け位置等については、現時点では未検討であり、今後多面的に検討を加えていく予定である。

### 3. 水撃現象に起因する配管振動および騒音の特性

水撃現象が発生しているか否かを判定できる装置を開発していくためには、まず、水撃現象発生時にどのような現象が生じているのかを十分に把握しておく必要がある。図1は、水撃防止器を設置しない状態で水撃作用が生じている場合の動水圧と、水撃装置設置時の動水圧の一例を示したものである<sup>3)</sup>。この図より、水撃作用により発生する動水圧の変動特性として、①水撃現象の発生時には波形のピーク値が高いこと、②初期の波形の減衰が大きいこと、③卓越周波数が高いことが読み取れる。従って、水撃作用の発生に伴って生じる配管の振動や騒音も、このような動水圧と同様の特性を有すると考えるのが妥当である。

本研究では、実際に水撃作用を発生させて、配管にどのような特性を有する振動が生じるのか（具体的には、①給水管軸(長手方向)方向の振動波形に顕著に現れるのか、②給水管軸直交方向(管径方向)の振動波形に顕著に現れるのか)、また、この振動に伴って発生する騒音の特性はどうかについて、平成15年度以降実験を行って検討していく予定である。



水撃現象発生時      水撃防止器設置時

図1 水撃作用発生時の動水圧の特性<sup>3)</sup>

#### 4. 平常時の給水配管振動の計測

平成14年度は、3. で述べたような実験に先立ち、水道水が蛇口から出ていない時、及び、水道水が出ている時に、給水管が管軸方向および管軸直交方向にどのように振動しているかを計測し、前述の目的を達成するための基礎データを得ることとした。

計測の対象としたのは、山梨大学工学部内にある外径28mmの給水管である。測定した位置は、管軸方向の加速度に関しては蛇口より35cmの距離にある水平となっている位置、管軸直交方向については、蛇口より10cmの距離にあり給水管が90度に方向変化している位置（管軸は水平）である。計測にはサーボ型振動計を用い、給水管の外側に粘着テープで固定して加速度を収録した。計測条件としては、水を蛇口から出していない状態、蛇口からの出水量が 0.015, 0.020, 0.060, 0.080, 0.250 [ℓ/sec] の6通りを対象とした。

計測結果を示したのが図2～図7である。各図の(a)には給水管の振動加速度波形を、(b)には管軸方向振動加速度のフーリエスペクトル図を、(c)には管軸直交方向振動加速度のフーリエスペクトル図を示してある。これらの図より、以下のことがわかる。

- 1) 出水がない時の振動の卓越周波数は、管軸方向、管軸直交方向共に108[Hz]付近にある。
- 2) 管軸方向の振動は、水流が生じると卓越周波数が108[Hz]、165[Hz]、250[Hz]付近に現れるようになり、振動数が高い場合の方がスペクトルのピーク値が大きくなる傾向にある。
- 3) 管軸直交方向の振動に関しては、出水量が0.060 [ℓ/sec] までは卓越周波数が108[Hz]のままであり、0.080 [ℓ/sec] 以上になると108[Hz]付近だけでなく165[Hz]付近にもピークが現れるようになってくる。

今回の計測では、サーボ型振動計を設置できる位置が限定されてしまい、必ずしも十分な計測ができていない。また、サーボ型振動計によるサンプリング間隔が大きすぎて、250[Hz]以上の振動に関しては計測できなかった。今後、管径の異なる給水管や壁への固定のしかたが異なる給水管を対象とし、どの程度の高周波まで採取すればよいのか（サンプリング間隔をどのように設定するか）を模索しながら、計測を実施していく必要がある。なお、今後は振動と同時に音についても計測を実施する予定である。