

## 上水給水量に対する都市構造と気象要因の影響に関する研究

鳥取大学工学部 正会員 細井 由彦  
 鳥取大学工学部 正会員 城戸 由能  
 日精コンピュータ株式会社 正会員 ○金本亜希夫

### 1. 本研究の目的

地球温暖化による気象の変化は各方面に種々の影響を与えると考えられ、水資源の分野においても複雑な影響を受ける。都市における上水道の給水量は、気候条件や都市構造によって影響を受ける中長期的な変動や季節変動と、主に気象要因によって起因すると考えられる短期的な変動をもつ。日々の給水量の精度の高い制御を行うためには、両者の変動を考慮した1人1日当りの給水量の予測をすることが重要であると考えられる。そこで、全国20都市について人口・人口密度・商工業出荷額等の都市構造を示す要因と気温・天候・湿度等の気候・気象要因を説明変数とする統計解析をおこない、1人1日給水量の予測モデルを作成した。

### 2. 都市水道の日給水量の算定構造の検討

都市水道の日給水量を予測するための基本的な算定構造の検討を行う。まず日給水量に影響を及ぼすと考えられる要因をとりあげ、その特性の分類と要因に基づいた基本構造式を仮定する。ついで、全国20都市について収集した複数年の日給水量データをもとに、個々の影響要因の定性的な評価を行い、部分モデルとして基本構造の中にとりあげる影響要因を決定する。本網級では水道局が1日に各都市に送る水供給量を給水人口で除した1人1日当たりの給水量について検討をおこなう。

各都市の日給水量およびその日較差は時空間的に異なる。本研究では次のような20都市を調査の対象とした。北海道気候の地区から札幌市、江別市、日本海式気候の地区から秋田市、福井市、鳥取市、北九州市、太平洋岸式気候の地区から盛岡市、岐阜市、徳島市、高知市、宮崎市、内陸性気候の地区から甲府市、奈良市、瀬戸内式気候の地区から吹田市、岡山市、宇部市、防府市、高松市、松山市、そして亜熱帯気候の那覇である。気候は月あるいは季節単位での地域の特徴を表す概念である。本研究では、日単位の気温、湿度、降水量、天候等の事象とその変動を気象要因とし、気候とは区別して扱う。

都市水道の日給水量の総量は、i)人間の生活に最低限必要な基底部分、ii)都市構造により変動する部分、iii)その都市の気候にしたがって変動する部分、iv)気温、天候等の短期的な気象要因により変動する部分などで構成されると考えられ、1人1日当たり給水量  $Q$  (1/日・人)の基本構造は右式のように考える。

$$Q_t^{N_i} = f_i(\bar{x}_t^{N_i}, x_{t-1}^{N_i}, Q_{t-1}^{N_i}) + g(N_i, \xi_i) \quad (1)$$

$Q_t^{N_i}$  : 都市 i における N 年 第 t 日の 1 人 1 日 当たり 給 水 量  
 $x_{t-1}^{N_i}$  : 都市 i における N 年 第 t 日の 属 性  
 $\bar{x}_t^{N_i}$  : 都市 i における N 年 第 t 日の 予 測 値  
 $\xi_i$  : 都市 i の 属 性  
 $g(N_i, \xi_i)$  : 都市 i における N 年の 長 期 変 動 量

### 3. 部分モデルの算定手順と結果

日給水量の年較差は都市の拡大や成長などの構造変化に起因するものであり、経年的に線形のトレンドをもつものと考えられる。

分析の結果、増加傾向の経年変化を持つもの、経年変化の見られないもの、減少傾向のトレンドが見られる3つの傾向に大別される(表1)。これに地域差のようなものは見あたらず、都市特性が大きな影響を持つと考えられる。図1,2に示すように特に小売業年間販売額のような産業構造と明確な正の相関を持つ。日給水量の経年変化が明確に表れない現れない都市については1人1日当たり給水量の年較差は無視する。

表1 都市と経年変化

増加傾向の経年変化がある都市	札幌市、福井市、甲府市、吹田市、奈良市、鳥取市、徳島市、高松市、高知市
経年変化が顕著には見られない都市	江別市、盛岡市、秋田市、岐阜市、岡山市、宇部市、防府市、宮崎市、那覇市
減少傾向の経年変化がある都市	松山市、北九州市

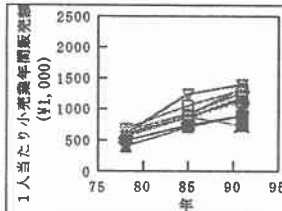


図1 小売業年間販売額の経年変化 (経年変化が顕著には見られない都市)

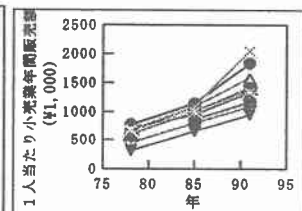


図2 小売業年間販売額の経年変化 (増加傾向の経年変化が見られる都市)

次に、日給水量と日給水量の季節変動との関係について検討する。季節による1人1日給水量平均値の較差を季節較差とする。この要因は、全体的な傾向として、7,8月の夏季に増加し、12,1月の冬季に減少することが分かっているので、その季節にあう変化を給水量に与えればよい。まず、季節を、冬(12~2月)、春(3~5月)、夏(6~8月)、秋(9~11月)とし、これらを説明変数とし

て、隣り合う季節別の日給水量平均値の差異が有意性を持つかを調べる。まず、説明変数の変量として、経年変化を除いた1人1日当たり給水量の各年各月の月平均値を算出し、1人1日給水量の月平均値を季節別別にまとめて要素とする。これらの要素に季節較差を与え、隣り合う季節だけを用い、回帰分析を行い、1人1日給水量と季節較差との相関係数により検討を行った

(表 2)。季節変動のパターンとして5つに分けられ、地域差も多少見受けられた。また、これは図3,4にも示すように気象要因と深い関係を持っている。

1人1日給水量の前日較差を目的変数とし、説明変数として、前日の1人1日当たり給水量と平均気温、最高気温、最低気温、湿度、降水量、天候といった気象要因、ならびにこれらの気象要因の前日較差の計13個を用い前日の1人1日当たり給水量が経年変化と季節変動を除いたものとして前日較差の予測モデルを得た。これらの偏回帰係数が各説明変数の係数となる。これにより、日給水量の前日較差は、気象要因

(主として気象要因の前日較差)にかなり大きな影響を受けていることがわかった。

最後に、部分モデルを用いて式(1)に従って1人1日給水量そのものの予測を行った。説明変数として給水量前日較差予測で用いた説明変数に天候の好転/無変化/悪転を示す3値地変数を加え、

前日の1人1日給水量として経年変化や季節変動を除かない値を用い回帰分析を行った。結果として、予測に採用された説明変数の数が減ったが、重相関係数で0.5から0.7前後の値が得られ、説明力の高いモデルとなった。

4. 気象要因に着目した構造モデルの検証および結論

1人1日当たりの給水量を予測する式(1)の構造モデルの全体的な評価を行う。まず、年変動成分については、経年的変動から3タイプに分類できたが、その変動を説明しうる変数の特定には当たっておらず、給水量実績からの補正にとどまる。つ

いで、季節変動については、季節平均値の予測値は相対誤差率10%以下であり十分な精度で予測可能であった。この成分については明確に気候区分ごとに特徴が現れ、気候区分と関係のある平均気温や降水量により季節変動制分は説明可能である。また、経年変化の大きな都市においては季節変動が相対的に小さくなることが予測されたが、今回の分析結果からは検証できなかった。さらに、日本海側に位置する都市については、降雪を含む降水量では十分季節変動を説明し難く、データの加工が必要であった。さらに、1人1日給水量の前日較差は、当日の気温や天気といった気象要因よりも、それらの前日較差による影響が強いことがわ

とにより式(1)の構造モデルで表される1人1日給水量予測の精度が高まった。今後の課題は、経年変動や季節変動の部分モデルにおいて都市の諸特性や気象要因との関係性を明確に定義し、給水量予測に反映させることが上げられる。

なお、本研究は平成6年度文部省科学研究費補助金 一般(c)課題番号 06650608 (代表細井)の補助を得て実施された物である。

<参考文献>

- 1) 細井 由彦・城戸 由能・金本 亜希夫・江間 史明：気象要因に着目した都市水道の日給水量変動予測に関する研究，土木学会第49回年次学術講演会，pp.146~147，1994
- 2) 細井 由彦・村上 仁士・金本 亜希夫：気温の日変化と水使用量の関係，第45回土木学会中国四国支部研究発表会，pp.122~123，1993
- 3) 河村 明・神野 健二：福岡市における運配水量の統計的特性と予測について，土木学会第48回年次学術講演会，pp.326~327，1993

表2 日給水量の季節変動

	経年変化を持つ都市	経年変化を持たない都市
夏・秋・冬・春	吹田市、奈良市、松山市、北九州市	江別市、宮崎市
夏・秋冬・春	札幌市	
夏・秋・冬春	福井市、甲府市、鳥取市、徳島市、高松市、高知市	岡山市、宇部市、防府市
夏・秋冬春		盛岡市、秋田市、岐阜市
夏秋・冬春		那覇市

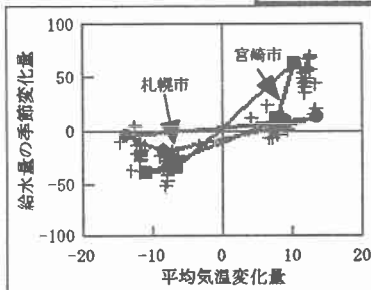


図3 日給水量の変化と平均気温の変化

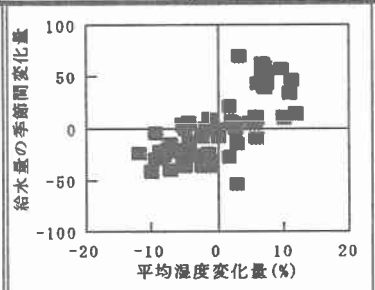


図4 日給水量の変化と湿度の変化

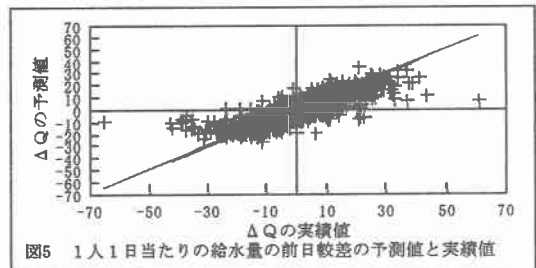


図5 1人1日当たりの給水量の前日較差の予測値と実績値

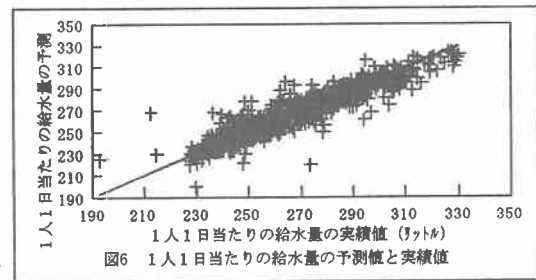


図6 1人1日当たりの給水量の予測値と実績値