



Title	札幌水道における配水量予測
Author(s)	平櫛, 光則; 櫻庭, 大久
Description	第2回衛生工学シンポジウム (平成6年11月10日 (木) -11日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 6 計画、展望 . 6-6
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 2, 249-252
Issue Date	1994-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7622
Type	departmental bulletin paper
File Information	2-6-6_p249-252.pdf



6 - 6

札幌水道における配水量予測

平籾 光則（札幌市水道局） 櫻庭 大久（札幌市水道局）

1. はじめに

札幌市水道は、戦後、都市の成長とともに急速な拡張を遂げてきた。近年は景気の低迷や冷夏の影響で配水量の伸びにかけりが見えてきていたが、今夏（平成6年度）は猛暑によって配水量が増え、日最大配水量の記録も大きく更新されている。

現在本市は、水源を全て市域内に持ち、5カ所の浄水場から、3つの基幹配水池を経て自然流下配水で75%を行い、残り25%を高区系としてポンプ場・配水池から配水を行っている。

「配水情報管理システム」は、この内の配水情報の集積と管理、基幹配水池および高区施設の運営に効果をあげてきた。水道システムの効率的運用のためには、的確な短期予測が必要であり、本市においては、「配水情報管理システム」の中核を担う配水センターが、毎日の全市日配水量、年末年始配水量、夏期日最大配水量等の予測を行っている。

ここでは、本市配水センターにおける日配水量予測手法の変遷を振り返り、現状について紹介し、今後の短期予測のあり方について展望する。

2. 配水運営における日配水量予測手法の変遷

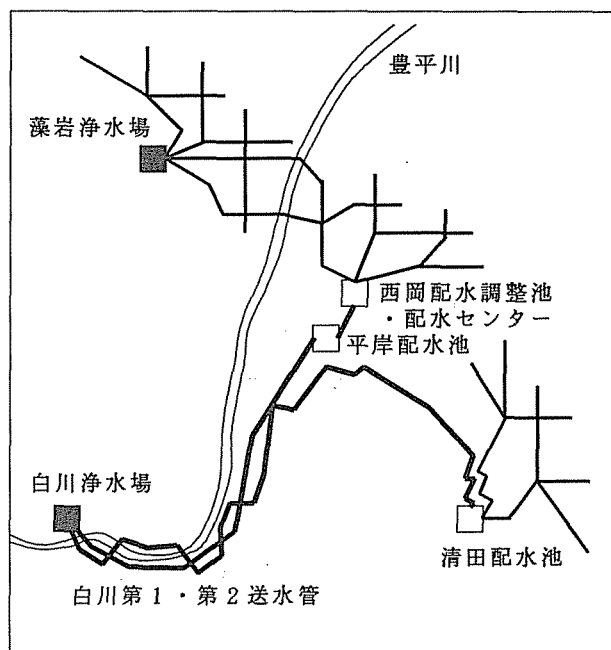
2-1. 配水センター開設以前 [昭和12年～昭和45年]

昭和12年の創設以来、本市水道の配水方式は藻岩浄水場1カ所からの自然流下方式が長く続いていた。この時代は施設能力に余裕があり、日配水量も比較的変動が少なかったため、正確な予測量を出さなくても、施設運営上、特に支障がなかった。したがって日配水量予測は、実績値や天候等を判断材料にして、担当者の経験に基づいて行われていた。

2-2. 配水センター開設と施設拡張時代 [昭和46年～昭和55年]

昭和46年の白川浄水場通水により、札幌水道は藻岩、白川両浄水場からの「二大配水系」時代を迎えた。白川浄水場は郊外に位置するため、12km下流まで第1送水管により送水し、市街地に近接した場所に平岸配水池（1池、30,000m³）を設置した。白川系の配水方式は基本的には藻岩系既存配水区域に対し、白川系統から注入し配水する方式としたことから、両系統の水圧を合わせるため藻岩配水池と同一標高の西岡地区に配水調整池を設置した。また、配水調整池および平岸配水池の流量コントロール業務を担当するため、配水調整池敷地内に配水管理棟を建設し、後にこれを配水センターとした。

昭和47年には、高台地区での給水要望に 대응するため、高区配水計画を立案し、以降毎年2～5カ所の無人ポンプ場、配水池等を建設して、計装、テレメータ設



藻岩・白川浄水場系概略図

備による自動運転および遠方監視システムを整備していった。配水センターは、これら高区配水施設の運転管理および保守管理業務も担うことになった。

昭和51年、電子計算機の採用により、西岡配水調整池流入量コントロールが完全自動化となり、運営の安定化、省力化が図られた。平岸配水池も60,000 m^3 、120,000 m^3 と容量が上がり、昭和55年には流入量コントロールをバタフライ弁からスリーブ弁に、さらに管理室からのテレコントロールとしたため、作業性、安全性、精度の面で著しい向上が図られた。

開設当時、配水センターにおける日配水量予測も、従来と同じく、実績値を基にした担当者の経験に委ねられたものであった。この理由としては、①施設の拡張と統廃合を急速に推進する時代にあっても、安全率を優先した設計思想であったため、施設に余裕があり、配水運営上の効率や精度が必要とされていなかったことと、②配水区域が短期間で変更されるため、統計分析を行うにはデータ不足であったことが挙げられる。

2-3. 予測計算の導入と新計算機の採用 [昭和56年～]

昭和56年、白川浄水場系配水量の増加により、平岸配水池の効率的運用が必要となってきたため、日配水量予測をそれまでの担当者の経験に基づく方法から、重回帰式を用いた手法に切り換えた。この手法は、2大要因として当日の最高気温 (X_1) と 0～9時までの積算配水量 (X_2) を説明変数とし、予測配水量 (Y) を目的変数として求めるものであった。式は以下に示す。

$$Y = A_0 + A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot X_2$$

Y : 当日予測配水量 ($\text{m}^3/\text{日}$) A_0, A_1, A_2 : 回帰係数

X_1 : 当日予測最高気温 ($^{\circ}\text{C}$) X_2 : 午前9時までの積算配水量 (m^3)

昭和57年以降、日配水量予測手法は数回の改良が行なわれた。

(1) 第1回改良

昭和56年採用の重回帰予測式では、①平日の火、金にプラス、水、木にマイナスの誤差が多い、②急激な温度変化日に誤差が多い、③9時までの積算配水量を使用するため、早い時点で予測が出来ない、等の課題があった。そこで、①データ分析は曜日変動と季節変動を吸収するため、曜日別、2カ月単位別に行う、②説明変数を前日と当日の最高気温差とする、③目的変数を配水量そのものでなく、当日と前日の配水量比とした。式は以下に示す。

$$Q = Y \cdot Q'$$

$$Y = A_0 + A_1 \cdot X_1$$

Q : 当日予測配水量 ($\text{m}^3/\text{日}$) Q' : 前日実績配水量 ($\text{m}^3/\text{日}$)

Y : 当日/前日配水量比 A_0, A_1 : 回帰係数

X_1 : 最高気温差 [当日予測 - 前日実績] ($^{\circ}\text{C}$)

(2) 第2回改良

第1回改良式では、気温は上昇したが天候は悪化した、またはこの逆の場合に誤差が大きくなるため、それを計数化し、天候変数とした。その方法は、まず、天候を晴、曇、雨、雪に4区分し、天候毎に最高気温差により単回帰分析してYの推計値を求める。次に、実績値を前日の天候も加えた16区分してY'の平均値を求め、それぞれのY'とYの推計値との差を天候変

数と定義した。式は以下に示す。

$$Q = Y \cdot Q'$$

$$Y = A_0 + A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot X_2$$

Q : 当日予測配水量 (m³/日)

Q' : 前日実績配水量 (m³/日)

Y : 当日/前日配水量比

A₀, A₁, A₂ : 回帰係数

X₁ : 最高気温差 (°C)

X₂ : 天候変数

(3)第3回改良

表-1. 天候変数 (7~12月)

第2回改良式では、雨の場合の誤差が大きいため、天候変数を見直した。また、特殊日(お盆、年末年始、連休)も誤差が大きいため、特殊日補正係数を定義した。まず、天候変数は7区分に変更し、季節による分類も行った。参考に7~12月の天候変数を表-1に示す。次に、特殊日補正係数は、実績値と改良式による推計値との差の平均値を用いた。ただし、年末年始期間は重回帰計算でなく、当日/前日配水量比を過去の平均値から求めた。式は以下に示す。

当日 前日	快晴	晴	薄曇	曇	曇雨	雨	雪
快晴	-0.5	-1.5	-2.0	-3.0	-4.5	-5.0	-5.0
晴	1.0	1.0	-1.0	-2.0	-3.0	-3.0	-3.0
薄曇	2.5	0	0	0	-1.0	-3.0	-3.0
曇	2.5	2.5	0	0	-0.5	-3.0	-3.0
曇雨	6.0	4.0	3.0	2.0	1.0	4.0	4.0
雨	6.0	6.0	5.0	2.0	4.0	6.0	6.0
雪	6.0	6.0	5.0	2.0	4.0	6.0	6.0

$$Q = Y' \cdot Q' \dots\dots\dots\text{年末年始期間のみ}$$

$$Q = (Y + \alpha) \cdot Q' \dots\dots\dots\text{年末年始期間以外}$$

$$Y = A_0 + A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot X_2$$

Q : 当日予測配水量 (m³/日)

Q' : 前日実績配水量 (m³/日)

Y : 当日/前日配水量比

Y' : 年末年始配水量比

α : 特殊日補正係数

A₀, A₁, A₂ : 回帰係数

X₁ : 最高気温差 (°C)

X₂ : 天候変数

昭和59年、第2送水管と清田配水池が通水し、同時に新計算機(YBWCOM-8000)が導入され、旧計算機(HITAC-10II)をバックアップとする「配水情報管理システム」が構築された。前述の重回帰計算は新計算機のプログラムに組み込まれた。

昭和61年、新計算機を二重化し、周辺装置の充実等も図って、「配水情報管理システム」が完成した。以降、オンライン面での集中監視や、需要予測の充実はもとより、オフライン面での管網解析や各種機能の充実を図り、現在に至っている。

3. 日配水量予測手法の評価

3-1. 基本重回帰式の適合性

最近3カ年の特殊日を除いた日配水量の月別平均誤差率を表-2に示す。

本市の配水量の日変動が少ないこともあって、夏期にやや誤差率が上昇するものの全体とし

ては良い対応を見せており、配水池の流入制御に効果をあげている。最も高い平均誤差率（平成4年7月）2.85%は水量にして約16,000m³、平岸・清田両基幹配水池の有効容量の9%弱であるが、通常の運営で対処できる量であり、全市単位の日配水量予測基本式はおおむね良好と言える。

3-2. 特殊日配水量

(1) 特殊日予測

現在、特殊日とされているのは、ゴールデン・ウィーク、お盆および連休である。年によってゴールデン・ウィークは長さが異なり、基礎データの数不足、最近の3年間でも最大誤差率が8%を超えるなど誤差が大きく、ある程度担当者が経験に基づきさらに補正を加えている状況にある。

(2) 年末年始予測（12月29日～1月4日）

この期間は1年の内で日変動量が最も大きく、施設の運営に及ぼす影響が大きい。したがって、予測は施設運営の事前計画のため、1か月以上前に行われる。その際には、初日について量としての予測を行い、他の日は対前日比を乗じて水量を算出して、事前計画に役立ており適合も良い。

以上のように特殊日の一部を除いて、平岸・清田両基幹配水池の効率的運用と、それによる白川浄水場の処理の安定という目的をもって改良を加えられてきた短日予測手法は、現在の配水運営のレベルから見れば、概ね満足できる状況にあると考えている。

4. 今後の展望

本市は、昭和30年代に原水中のマンガンイオンを原因とする「黒い水」問題を経験し、以来、「濁らない水道」を技術的目標の一つに掲げてきている。このため、水源対策、浄水処理の改善を行い、配水運営においても計画洗管を導入しているが、特に配水幹線の洗管については、夏期の配水ピークを重回帰式の応用により予測し、管網計算によるシミュレーションを利用して濁水発生のおそれのある幹線の特定を行っている。このように、短日予測に始まった本市の配水量予測は、形を変えて配水管網の維持管理などに応用されてきている。今後は、さらに平常時のみならず、配水システムの事故時に対しても、安定した水供給を継続し、市民の信頼に応える必要性が増してくる。このため、影響範囲の特定、事故の早期復旧などを実現するために、より精度が高く、きめ細かな水量予測が必要となる。特に、送水管では浄水場の運用上安定した流量が望まれ、本市のように複数の高区施設への流入が送水管から直接分岐している場合それらの施設の流入量コントロールもすべきである。このような観点から、配水量の時間変動、配水ブロック単位毎の水量予測等の手法を開発するとともに、流量・水圧計等の各種情報収集拠点の広範な構築を進め、配水システム全体の再構築に向けた検討を進めていきたい。

表-2 月別平均予測誤差率 (%)

月	平成3	平成4	平成5	平均
1	0.96	1.31	0.91	1.06
2	0.82	0.94	0.93	0.90
3	0.99	1.03	0.95	0.99
4	1.37	1.39	1.26	1.34
5	1.28	1.96	1.66	1.63
6	2.16	2.03	1.70	1.96
7	2.19	2.85	2.08	2.38
8	2.18	1.96	2.29	2.14
9	2.00	1.25	2.08	1.78
10	1.59	1.15	1.66	1.47
11	1.64	1.22	1.57	1.30
12	1.11	1.48	1.26	1.29
平均	1.50	1.55	1.54	1.53

$$\text{誤差率} = \frac{|\text{予測値} - \text{実績値}|}{\text{実績値}}$$