

## 水質管理指標推定機能を有する配水水質管理システムの構築

秦野 薫, 花輪 剛, 四元 浩, 津倉 洋, 藤生昌男

(株)明電舎 製品開発研究所  
東京都品川区大崎 2-1-17

### 概要

最近、水道事業体における水質モニタの導入および水質モニタの多様化が進み、一段と水質データ管理の自動化、簡略化が求められている。そこで筆者らは、水質モニタと水質監視装置を組合せた配水水質管理システムを構築し、水質モニタの水質（水温、pHおよび導電率）計測データから水道水の腐食性（ランゲリア指数：以下L Iと略記）および侵食性指数（以下A Iと略記）を推定する方法を考案した。

実配水場でのフィールド実験によるデータを用いて本推定法によって求めたL Iと、上水試験方法の簡便法によって求めたL Iとの相関、および本推定法によって求めたA Iと上水試験方法解説偏に示された式より求めたA Iを検証した結果、若干の知見が得られたので報告する。

### キーワード

水質モニタ, 水質監視装置, ランゲリア指数, 腐食性指数, 水質管理システム

### 1. はじめに

水道水の新しい水質基準の施行による水質検査頻度の増加、水質監視点の増加や交通渋滞の激化等により、毎日検査業務の効率化が大きな課題となってきた。水質新時代に対応した水質管理体制を確立するためには、給水栓での24時間連続の水質監視と、そのデータ処理の自動化が必要である。

そこで、配水管路に設置された、24時間連続で水質計測を行う水質モニタと、その計測データを中央にて一括管理する水質監視装置を組み合わせた配水水質管理システムを構築し、水質モニタの水質（水温、pHおよび導電率）計測データから水道水のL IおよびA Iを推定する方法を考案した。L Iは、水道法において、水質基準を補完する項目のうち「快適項目」の一つとしてあげられており、配水の水道施設（配水管等）に対する腐食性を示す指標である。また、A Iは、配水管路延長の12.5%を占める石綿セメント管（平成5年度現在、日本水道協会調べ<sup>(1)</sup>）の侵食性を示す有効な指標（A I  $\geq$  12に管理することで、アスベストの溶出を防止<sup>(3)</sup>）である。したがって、これらの指標を用いて水を評価することは、水質及び設備の維持管理上重要である。

これらの指標の推定方法について検討し、その精度を検証するフィールド実験を実施して若干の知見が得られたので、報告する。

### 2. 実験方法

#### 2.1 機器構成

実配水場に設置した本実験に用いたシステムの機器構成を図1に示す。本図において、主要な機器の機能は次の通りである。

水質モニタ：管網上に点在し、水質を24時間連続計測する。計測したデータは、シーケンサに送る（計測項目：残塩、水圧、pH、導電率、濁度、色度および水温の7項目）

シーケンサ：水質モニタとLANおよび水質監視装置を結ぶ中継器

水質監視装置：パソコンにてシーケンサからのデータを収集・表示し、プリンタに帳票等を出力する

配水管網上（現場）に設置された水質モニタ（本実験では5局）にて計測したデータをシーケンサにて受取る。受け取ったデータは、LANによって中央監視設備へ送られると同時に、シーケンサのRS-232Cポートに接続された水質監視装置（パソコン）へも伝送される。水質監視装置は、受取ったデータを定期的にデータベースへ登録し、任意に帳票等を作成できるようになっている。また、水質監視装置のパソコンには、24時間連続で長期間運転可能な工業用PC/AT互換(DOS/V)機を使用した。

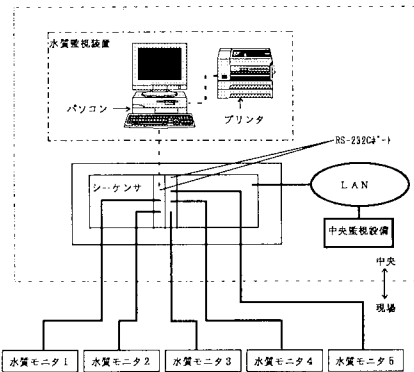


図 1 本実験における機器構成図

## 2. 1 データ収集

LI 推定の基本となる水質データは、pH、水温、溶解性物質、カルシウム硬度およびアルカリ度である。また、AI 推定の基本となるデータは、pH、カルシウム硬度およびアルカリ度である。しかしながら、溶解性物質、カルシウム硬度およびアルカリ度については、水質モニタにて直接自動計測することができないため、水質モニタ計測項目である導電率より、相関式を用いて求めるものとする。そのためのデータは、次のようにして求めた。

①試料水の採水は、管網上に点在する水質モニタの校正用ポート（試料水取出口）より、試料水を採水する。②水質モニタ計測値記録は、試料水採水時における、水質モニタの水質計測値を記録した。なお、導電率、pH、水温および残塩については、ポータブル計測器を用いて水質モニタの精度検証を実施した。③試料水分析は、次の項目について、試料水の水質分析を行い、その分析値を求めた。

溶解性物質、カルシウム硬度およびアルカリ度

なお、アルカリ度はM-アルカリ度で、カルシウム硬度については、カルシウムイオン濃度から算出したものを各々使用した。

## 2. 2 ランゲリア指数およびAI の計算方法

### (1)ランゲリア指数

上水試験方法のランゲリア指数簡便計算法<sup>(2)</sup>より、次の計算によって水質モニタ設置場所付近のLI を求める。

$$\text{ランゲリア指数 (LI)} = \text{pH} - \text{pH}_s \quad \dots \dots (1)$$

$$\text{pH}_s = (9.3 + \text{A値} + \text{B値}) - (\text{C値} + \text{D値}) \quad \dots \dots (2)$$

なお、A値、B値、C値およびD値については、次のようにして求める。

A値：配水中の溶解性物質質量より、上水試験方法のランゲリア指数A値算定表を用いて算定する。

B値：配水水温より、上水試験方法のランゲリア指数B値算定表を用いて算定する。

C値：配水中のカルシウム硬度より、上水試験方法のランゲリア指数C値算定表を用いて算定する。

D値：配水中のアルカリ度より、上水試験方法のランゲリア指数D値算定表を用いて算定する。

ここで、pHおよびB値については、水質モニタのpHおよび水温計測値から求める。A値、C値およびD値については、次のようにして算定する。

#### ①分析値

水質モニタ設置点にて採水した試料水を水質分析して求めた溶解性物質、カルシウム硬度およびアルカリ度より算定した分析値と各々の算定表より算定する。

#### ②計算値

①にて使用した水質分析値と、その試料水採水時の水質モニタ導電率から各々の相関式を求め、それらの相関式とおよび導電率計測値から計算した溶解性物質、カルシウム硬度およびアルカリ度と、各々の算定表を用いて算定する。

LI の推定は、次のようにして行う。計算によるA値、C値およびD値を使用して求めたLI 計算値と、

水質分析によるA値、C値およびD値を使用したL I 手分析値から求められる相関式に、24時間連続計測のpH、水温および導電率を使用して求めたL I 計算値を代入して推定値を求める。

(2) 侵食性指数 (A I)

次に、A I を求める式<sup>(2)</sup>を示す。

$$A I = pH + \log_{10} (\text{カルシウム硬度} \times \text{アルカリ度}) \dots \dots \dots (3)$$

ここで、pHは水質モニタのpH計測値、カルシウム硬度およびアルカリ度については、L Iと同様にして手分析値および推定値を求める。それらの値からA I 計算値-手分析値相関式を求め、L Iと同様にA I 推定値を算出する。

2. 3 L I および A I 推定の運用手順

相関式については、同一地点、同一時刻における導電率、pH、水温、カルシウム硬度分析値およびアルカリ度分析値を1まとめとしたデータを、基礎データとして5個以上(最大20個)入力し、演算を実行することにより、導電率-溶解性物質相関式、導電率-カルシウム硬度相関式、導電率-アルカリ度相関式、L I 計算値-分析値相関式およびA I 計算値-分析値相関式を求める。

以後、これらの相関式および配水資質モニタ計測値データのうち、導電率からカルシウム硬度およびアルカリ度を推定し、そこから算定したC値およびD値と、水温から算定したB値およびpHを用いてL I およびA I を推定する。

また、定期的に試料水を採水・分析し、その結果とその時の推定値とを比較し、適切な精度が得られなくなった場合は、改めて相関式を求めることにより、推定値の精度を一定基準に保つようにする。

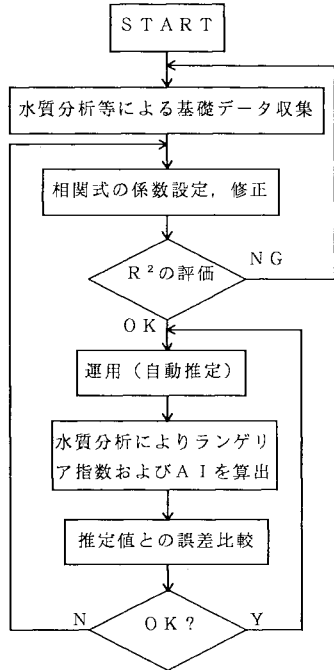


図2 推定の運用手順フロー

3. 実験結果および考察

水質モニタ計測データと水質分析データを用いて導電率-カルシウム硬度の相関関係を図3に示す。

この相関式および水質モニタの導電率計測値よりカルシウム硬度を推定し、その推定値および上水試験方法のランゲリア指数C値算定表よりC値を求める。図4は、上水試験方法のランゲリア指数C値算定表に基づいて作成した算定図である。実線は同算定表に示されたデータを、黒丸は図4の相関式で推定したカルシウム硬度を各々表す。

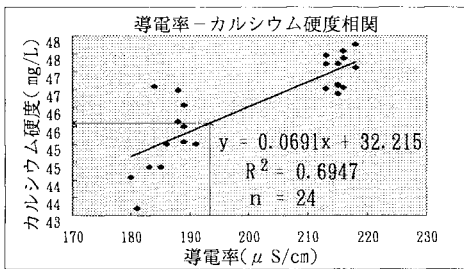


図3 導電率-カルシウム硬度の相関関係

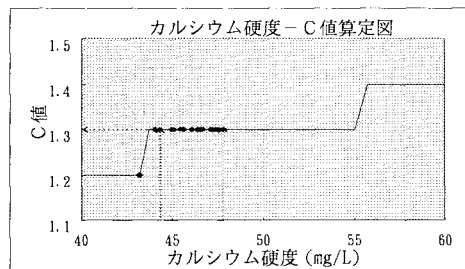


図4 カルシウム硬度-C値算定図

図5に導電率-アルカリ度の相関関係、および図6に上水試験方法L I D値算定表より作成したアルカリ度-D値算定図をそれぞれ示す。

C値と同様にして、水質モニタ導電率計測値、導電率-アルカリ度相関式およびアルカリ度-D値算定図よりD値を算定した。C値およびD値と同様にしてA値を、水質モニタ水温計測値からB値を求め、それらを

使用して pHs を求める。その結果および水質モニタ pH 計測値より、LI を演算推定した。

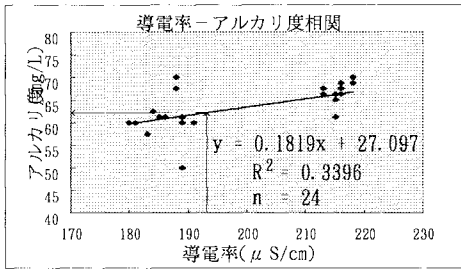


図 5 導電率-アルカリ度の相関関係

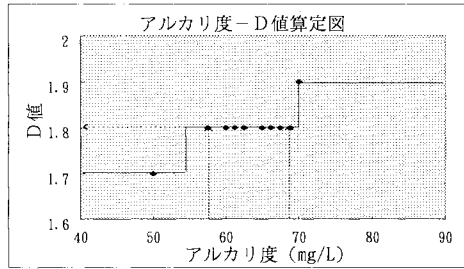


図 6 アルカリ度-D値算定図

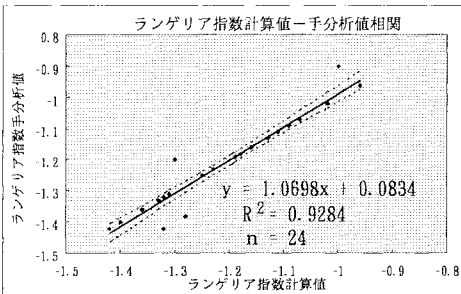


図 7 ランゲリア指数計算値-手分析値相関

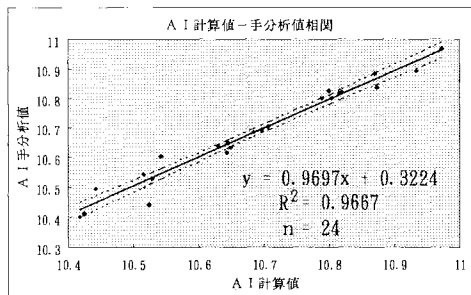


図 8 AI 計算値-手分析値相関グラフ

水質管理システムを図9に示す。LI, AI 推定機能を有する本システムを用いて、水源別毎、配水区域毎等の LI, AI 分布管理が期待できる。

4. まとめ

本報では、水質モニタ計測データを用いて LI と AI の各指数を 24 時間連続推定する方法を検討し、本方法による両指標の推定が実用的に可能であることが確認できた。

最後に、本フィールド実験に多大なご協力を賜った浄水場関係各位に深謝いたします。

(参考文献) (1)厚生省水道環境部水道整備課, 日本水道協会水道統計編纂委員会; 水道統計の経年分析, 水道協会雑誌, 第 64 巻, 第 8 号, 1995

(2)日本水道協会; 上水試験方法「解説編」, p180-183, 1993

(3)日本水道協会; 上水試験方法, p104-105, 1993

(4)花輪 剛ら; 配水水質モニタの性能試験, 第 5 回環境システム自動計測制御御国内ワークショップ論文集, p100~103, 1994

このようにして算出した LI 計算値と、水質分析から求めたカルシウム硬度およびアルカリ度を用いて求めた LI 手分析値との相関関係を図7に示す。本図より、水質モニタ計測値より計算から求めたカルシウム硬度およびアルカリ度を使用して算出した LI 計算値と、水質分析から求めたカルシウム硬度およびアルカリ度を使用して求めた LI 手分析値との間には良好な相関関係が認められた。これらの相関式および算定図を用いて、連続的かつ自動的に LI を推定することが可能であることがわかった。

次に、導電率より求めたカルシウム硬度およびアルカリ度を用いた AI 計算値と、分析により求めたカルシウム硬度およびアルカリ度を用いた AI 分析値との相関を図8に示す。本図より LI と同様に AI についても、水質モニタ計測値 (水温, pH, および導電率) より、連続的かつ自動的に実用的精度で推定できることがわかった。

水質モニタと中央の水質監視装置で構成される配水

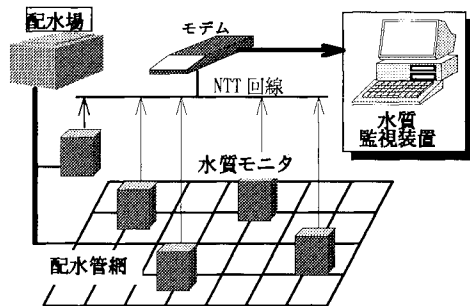


図 9 配水水質管理システム構成図