

給水システムにおける異常現象の検出に関する基礎的研究

武蔵工業大学 学生会員 ○蘇武 政文
武蔵工業大学 正会員 長岡 裕

1. はじめに

近年、集合住宅等の水道管の経年劣化等による水道水の水質及び水量の異常が報告されている。これらの異常は健康的リスク、経済的リスクに大きく影響する。本研究では各戸の水道メーター付近に設置した流量計、圧力計、電気伝導度センサーによって、これらの異常を速やかに検出し、ユーザーに警報を発するシステムの構築を目指している。そして、そのシステム構築のために流量、圧力、電気伝導度の測定を行い、基礎的知見の集積を図るものである。

2. 実験装置と実験方法

蛇口付近において、蛇口の利用に伴う流量、圧力及び電気伝導度の変動を同時に測定するシステムの検討を行い、装置の試作を行った。流量計は 10Hz の応答性のある電磁流量計を、圧力計は応答速度 2ms 以下のデジタル圧力計を使用した。電気伝導度センサーは交流発振器を用いた自作のものであり、水質の変動に十分応答する感度を備えたものとした。

データは 10Hz 程度で A/D 変換した後にパソコンに取り入れるものとする。データは長時間連続的に取得するものとする。図 1 は受水槽水道における検出器設置の模式図である。この検出器からのデータにより、配管における水理学的な異常の検出が可能となる。また、電気伝導度のデータより、水質異常の検出が可能となる。

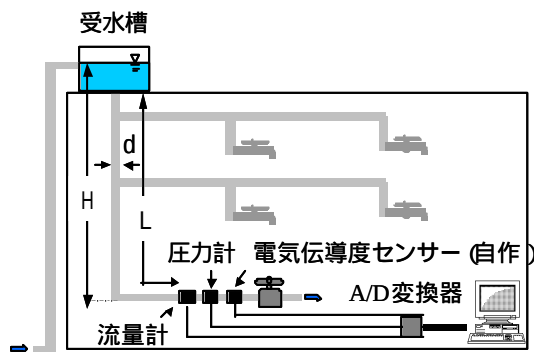


図 1 受水槽水道における検出器の設置

3. 実験結果

3.1 損失水頭係数 λ の算出

管内の水の流れは式 1 に示すベルヌーイの定理によって示される。式 1 に示す全損失水頭は、摩擦損失水頭と形状損失水頭の合計である。この関係を式 2 のように式で表すと、摩擦損失係数 f 、形状損失係数 k 、管長 l 、管径 d といった管固有の値を括ることができ、式 4 に示すように全損失水頭と流量の関係ができる。摩擦損失係数 f などの管固有の合計値を損失水頭係数 λ とし、その損失水頭係数 λ を算出する。流量と圧力を測定し、全水頭から速度水頭と圧力水頭を除くことによって求められる全損失水頭を求め、式 4 によって損失水頭係数 λ を算出する。

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} + z + h_f = E (= \text{const}) \quad (1)$$

$$h_f = f \frac{l}{d} \frac{v_1^2}{2g} + k_e \frac{v_2^2}{2g} + k_o \frac{v_3^2}{2g} \quad (2)$$

$$= \left(f \frac{l}{d} \frac{1}{2gA_1^2} + k_e \frac{1}{2gA_2^2} + k_o \frac{1}{2gA_3^2} \right) Q^2 \quad (3)$$

$$h_f = \lambda Q^2 \quad (4)$$

蛇口の開け具合により流量を変化させ、損失水頭係数 λ を求めた結果、流量と損失水頭係数 λ の関係は図 2 のように、レイノルズ数と損失水頭係数の関係は図 3 のようになった。水道の通常使用の範囲であれば、損失水頭係数 λ が概ね一定値を示すことが分かった。よって、管内に異常が無い状態で損失水頭係数 λ を前もって求めておき、生活などの一般的な水道の利用状態での損失水頭係数 λ をそれと比較することで、管内の異常を検出することが可能と示された。

キーワード 流量、圧力、電気伝導度

連絡先 〒158-8577 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学 Tel.03-3703-3111 E-mail: g0017061@sc.musashi-tech.ac.jp

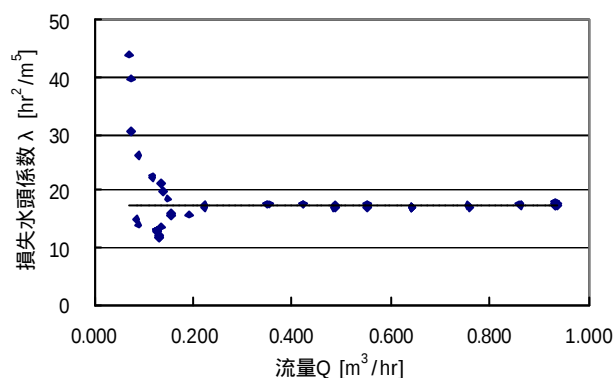


図2 流量Qと損失水頭係数λの関係

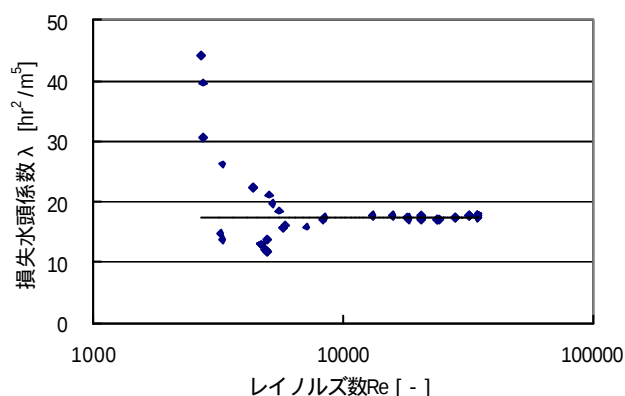


図3 レイノルズ数と損失水頭係数λの関係

3.2 圧力水頭・速度水頭・電気伝導度の変化

平成15年11月14日(金)から17日(月)にかけて測定した結果を図4～図7にそれぞれ示す。

圧力水頭が徐々に低下していきその直後に急激に上昇する現象が平日に断続的に生じている。休日の場合、この現象が平日に比べ少ないこともわかる。受水槽から蛇口までの過程には、複数階での水の供給があり、それによる圧力損失がこの現象を引き起こしたのではないかと考えられた。休日と平日を比較した際に、この現象が水使用の増加する平日に多く生じていることから圧力損失が原因であると言える。そして、電気伝導度の変化が蛇口の開閉によって生じていることも分かった。

4. おわりに

今までの研究結果からは、損失水頭係数λを用いた異常の検出が可能と示された。また、圧力水頭の変動が休日、平日の違いによって大きく変化し、蛇口の開閉によって電気伝導度も変化することが分かった。損失水頭係数λを使った異常検出では、流量の小さい範囲において異常を検出することが出来ず、実際の水道利用ではλが一定値を示さないため、今後も異常を検出するシステムの構築を目指したい。

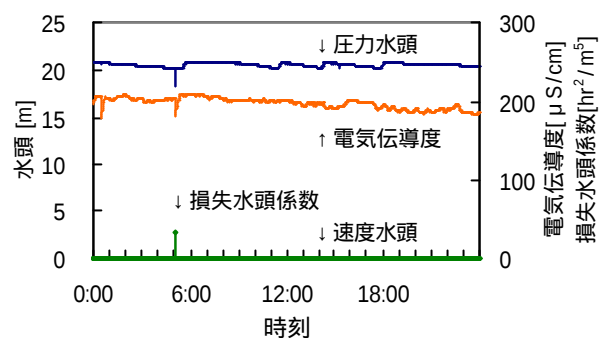


図4 各水頭・電気伝導度の1日の変動 03.11.14(金)

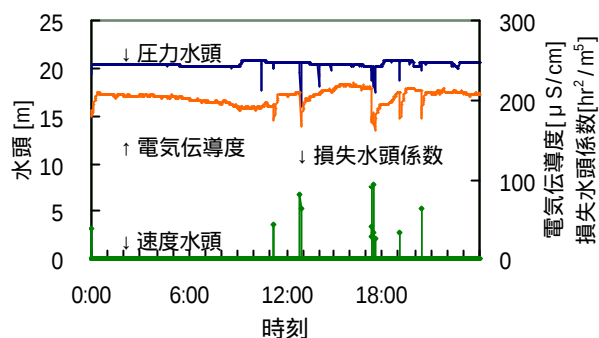


図5 各水頭・電気伝導度の1日の変動 03.11.15(土)

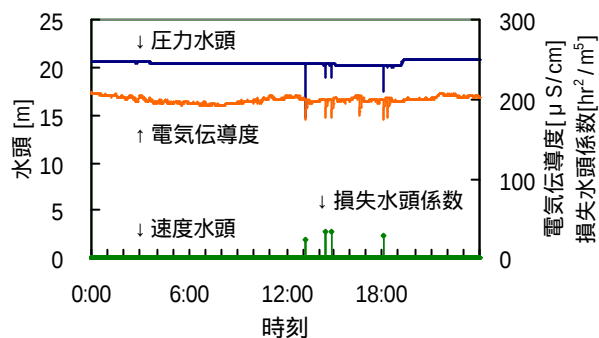


図6 各水頭・電気伝導度の1日の変動 03.11.16(日)

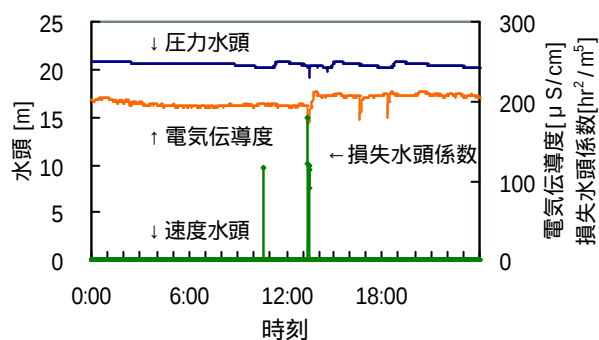


図7 各水頭・電気伝導度の1日の変動 03.11.17(月)

5. 謝辞

研究の遂行にあたっては、平成14年及び平成15年度の厚生労働科学研究費の助成を受けた。

参考文献

- 1) 藤嶋 昭：電気化学測定法(上), 技報堂出版, pp37-42, 1985.8.15