

## 膜ろ過及び XRF と FT-IR 分析を用いた送水-給水管内の水質挙動に関する調査

東京都市大学 学生員 ○池田 愛  
東京都市大学 正会員 長岡 裕

## 1.はじめに

今日、高度成長時に布設された水道管は老朽化を迎えている。しかし、地中に埋設されている管路の劣化状況を把握することは困難であり、容易に更新工事を行うことはできない。そのため効率よく多くの水道管を診断する手法が必要であると考えられる。

小佐野らの研究<sup>1)</sup>では老朽管流入前後の水質挙動に着目し、配水管内で起こる水質変化を探る研究を完成させたが、水道管の劣化要因の特定までには至っていない。そこで本研究では広域的な水道管の劣化状態を把握することを目的とし、浄水場、消火栓及び給水栓の水質変化を比較することにより、水道施設全体から水道管内の状況を検討する。

## 2.調査場所

表1に採水概要を示す。消火栓及び公園の給水栓から採水をし、浄水場から流れる水道水がどのように変化するか調査を行った。K 浄水場における調査区間の水道管総延長距離は約 13km であり、2013 年 7 月～9 月においては D 川系統の水源から、10 月以降は S 湖系統の水源から取水している。

採水には事前にペットボトルを用意し、1000 分の 1 に希釈した食器用洗剤で洗浄後、12%の低食塩次亜塩素酸ナトリウム溶液を水道水で 0.1%に希釈した水溶液中に浸漬し、塩素消毒を行った。

表1 採水概要

採水地点	採水日	時間	管路長(km)
K浄水場(原水)	2013.6.18	15:30	0
	2013.11.27	10:55	
K浄水場(浄水)	2013.6.18	15:40	8
	2013.11.27	10:55	
O消火栓	2013.6.18	16:30	8
	2013.11.27	13:50	
J消火栓	2013.6.18	17:00	12.1
	2013.11.27	14:05	
G公園	2013.10.15	10:50	2.5
T公園	2013.11.8	11:50	6.4
F公園	2013.11.1	13:10	7.1
D公園	2013.10.5	9:20	8.1

## 3.分析方法

吸引ろ過装置を用いて膜ろ過を行った。ろ過膜には、公称孔径 0.5 $\mu\text{m}$  で平膜の PTFE 膜を使用した。また、PTFE 膜は疎水性のため、ろ過前にエタノールに 1 分間浸漬させ親水化を行った。通水面積を狭め、濁質濃度を増加させるために直径 5mm の穴を 2 つ空けたシリコン板を中間材として使用し、濁質の捕集をしやすくした。

ろ過の際、試料を通す前後において純水を通水させた。この純水の水温、膜間差圧、ろ過時間を用いて以下の式(1)、(2)、(3)より、ろ過抵抗値を求めた。

$$N = \frac{Q}{A} \quad (1)$$

$$R = \frac{\Delta P}{(\mu \cdot N)} \quad (2)$$

$$R_c = R_t - R_m \quad (3)$$

$N$ :膜透過流速[m/s]  $Q$ :膜透過流量[m<sup>3</sup>/s]  $A$ :ろ過面積[m<sup>2</sup>]  $\Delta P$ :膜間差圧[Pa]  $\mu$ :粘性係数[m<sup>2</sup>/s]  $R_c$ :ケーキ層のろ過抵抗値[m<sup>-1</sup>]  $R_t$ :膜とケーキ層のろ過抵抗値[m<sup>-1</sup>]  $R_m$ :膜のみのろ過抵抗値[m<sup>-1</sup>]

XRF 分析は X 線を照射することによって元素の含有率 wt%を知ることができる。水道水ろ過後の膜における F の含有率wt%を基準にした以下の式(4)を用いて各元素の濃度を求めた。

$$C = \frac{Y_{wt\%}}{F_{wt\%}} \cdot \frac{F_m \cdot A}{V} \quad (4)$$

$C$ :各元素の濃度[mg/L]  $Y_{wt\%}$ :サンプル水ろ過後の膜における求めたい元素の含有率[wt%]  $F_{wt\%}$ :水道水ろ過後の膜における F の含有率[wt%]  $F_m$ :単位面積当たりの F 重量[mg/mm<sup>2</sup>]  $A$ :分析面積[mm<sup>2</sup>]  $V$ :サンプル通水量[L]

FT-IR 分析は background と濁質のスペクトルを差し引くことで濁質のみのスペクトルを求めることができ、以下の式(5)より算出できる。

$$\frac{\text{sample 強度}}{\text{background 強度}} \times 100 = \text{透過率} \quad (6)$$

4.分析結果

図 3 に通水距離あたりのろ過抵抗値の関係を示す。水道水にライニングや老朽化部分の剥片が流れ込むため管路長に比例してろ過抵抗値が増加すると推察したが、関係性は得られなかった。

図 4, 5 に懸濁態 Fe, Si 濃度と管路長の関係を示す。水道管であるダクタイル鋳鉄管は Fe, Si からなる鉄合金製の管であることから、水道管の材質による影響を受けて濃度が増加するのではないかと考えた。懸濁態 Fe, Si 濃度は共に管路長に比例する関係が得られたが、給水栓におけるデータがばらついた。給水栓の口径は配水管の口径と比べて小さい<sup>2)</sup>ことから管の内部と水道水の接触面積が大きいことデータがばらついたのだと考える。

図 6 に波数 1400cm<sup>-1</sup>におけるピーク高さと管路長の関係を示す。ここでのピーク高さは波数 1800 cm<sup>-1</sup>を基準とした。また、波数 1400cm<sup>-1</sup>は O-H 結合を示す波数である。

消火栓の値は浄水場より低くなり、給水栓の値は浄水場の値より高い結果となったが、この結果からでは管路長に比例する水質変化は得られなかった。

5.まとめ

水道管流入前後の水道水に着目し、ろ過抵抗値の測定, XRF, FT-IR 分析を行った結果、以下の水質挙動が明らかとなった。

- 1) 水道水質中の懸濁態 Fe, Si 濃度は配水管, 給水管の材質による影響を受け、管路長に比例して増加する。
- 2) 水道水質中に含まれる O-H 結合は給水栓においては浄水場より高い値となり、消火栓は浄水場より低い値となるが、管路長との比例関係はない。

参考文献

- 1) 小佐野洋樹, 長岡裕, 浅野光: フィルターろ過による濁質濃縮法 XRF 及び FT-IR 分析を用いた配水管老朽度診断手法の検討, 第 62 回全国水道研究会発表会講演集, vol62, p380-p381, 2011
- 2) 横浜市 給水装置の基本計画(閲覧日 2014.1.10)  
<http://www.city.yokohama.lg.jp>

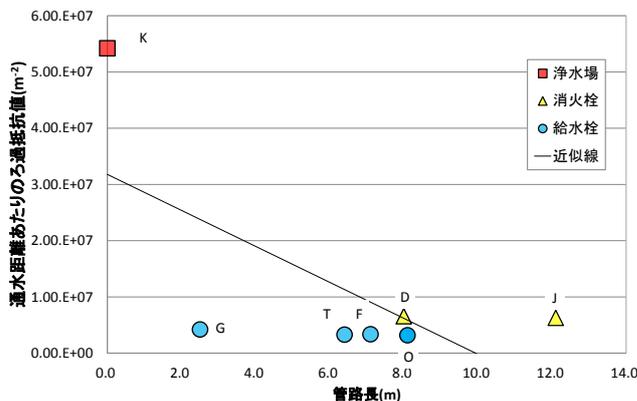


図 3 通水距離あたりのろ過抵抗値と管路長の関係

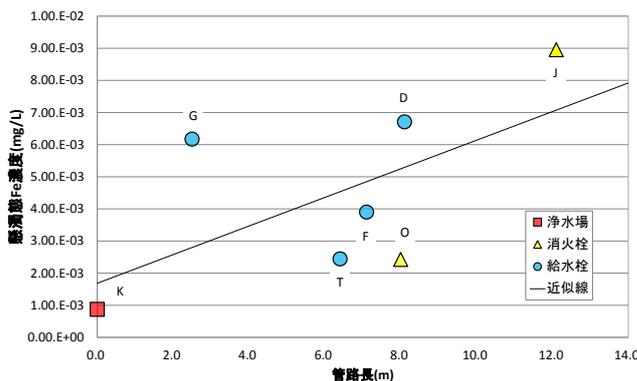


図 4 懸濁態 Fe 濃度と管路長の関係

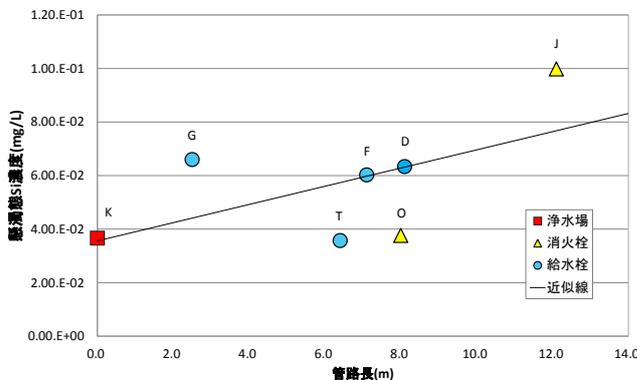


図 5 懸濁態 Si 濃度と管路長の関係

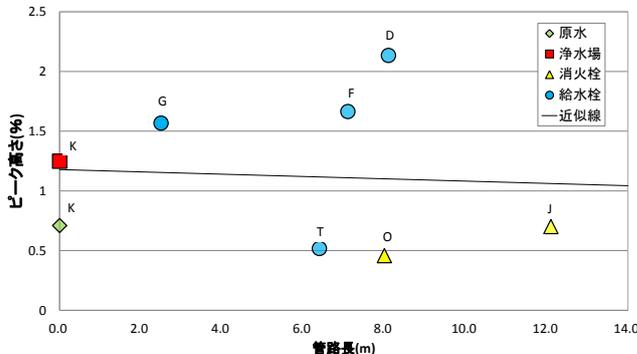


図 6 波数 1400cm<sup>-1</sup>におけるピーク高さと管路長の関係