

膜ろ過及びXRFとFT-IR分析を用いた配水管内の水質挙動に関する調査

東京都市大学 学生会員 ○篠原 雄斗

東京都市大学 学生会員 工藤 大地

東京都市大学 正会員 長岡 裕

1. はじめに

水道施設の老朽化に伴い、配水管更新の必要性が全国の水道事業体で高まっている。大規模な更新が必要となる中で安全・快適な水の供給や、災害時にも安定的な給水を行うための施設水準の向上等に向けた取組が求められる¹⁾。しかし、地中に埋設された配水管に対して、その老朽度を非開削で効率良く適確に診断する手法は未だ確立されていない。今後、老朽管路の増加が見込まれるわが国では、管路の状態を、できる限り定量的に非開削・非破壊で評価できる方法の開発が急務となっている。

本研究は、既往の研究²⁾に引き続き、配水管路網内の水道水中に含まれる濁質に着目した。家庭の蛇口等の給水栓から採水した少量の水道水を3種類の孔径の異なる膜を用いて加圧ろ過及び吸引ろ過を行い、堆積物の分析を蛍光X線分析(X-ray fluorescence:XRF)、フーリエ変換赤外分光光度計(FT-IR)を用いることで、簡易にかつ多くの濁質に関する量と質のデータを取得し、管路の老朽化診断の方法を確立することを目的とした。

2. 研究概要

2.1 調査場所

調査地域はA市の4地区で、老朽化した配水管における上流側と下流側の公園や住宅等の給水栓より採水を行った。調査地点はA-1, A-2, A-3, A-4とする。採水日は2009年11月2日(月), 11月16日(月), 12月1日(火), 12月14日(月)の計4回行った。各採水地点の対象老朽管の概要を表1及び図1に示す。また、蛇口付近の付着物を取り除くために、採水前に水を1分間出してサンプリングを行った。採水した水はペットボトル(500ml)にに入れて研究室に持ち帰り、冷蔵庫に入れて保管した。

表1: 老朽管概要

場所	管種	敷設年度(年)	口径(mm)	管路長(m)
A-1	CIP	不明	150	27
A-2	CIP	不明	100	66
A-3	CIP	不明	100	80
A-4	CIP	S41	200	45

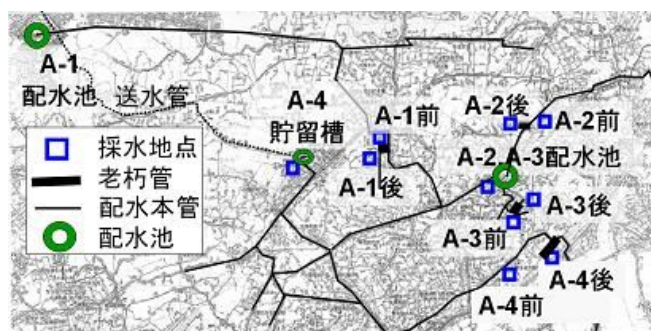


図1: A市配水管路網 (1:10000)

2.2 分析方法

ろ紙はセルロース膜(孔径 0.45 μ m), CPE膜(塩素化ポリエチレン:孔径 0.4 μ m)とPTFE膜(ポリテトラフルオロエチレン:孔径 0.5 μ m)を使用した。ろ過装置については、セルロース膜とCPE膜を使用する際に吸引ろ過装置を使用し、PTFE膜使用の際は加圧ろ過装置を用いた。通水量はセルロース膜では500ml, CPE膜では100ml, PTFE膜では200mlとし、ろ過面積を調整するために直径5mmの穴を開けたシリコンゴム板を中間材として使用した。堆積物をXRFで定性分析を行い、FT-IRで有機物の存在を推定した。ろ過後に精製水をろ過して、膜と堆積物合計のろ過抵抗を測定し、膜のみのろ過抵抗を減ずることにより、堆積物のろ過抵抗を求めた。

2.3 濁質濃度計算

セルロース膜及びCPE膜, PTFE膜の固有成分含有率, ろ過後の含有率, 通水量と膜の質量から濁質濃度を算出した。セルロース膜の固有成分としてC, Oを使用し, CPE膜の固有成分としてC, Cl, Bを使用し, PTFE膜の固有成分としてC, Fを使用した。

$$a = \left\{ \frac{Y_{bl}}{Y_r} a_r - a_{bl} \right\} \frac{M \times A}{Q}$$

a:各成分濃度(mg/L), Y_{bl} :ブランク膜固有成分の含有率合計, Y_r :水道水ろ過後の膜固有成分の含有率合計, a_r :水道水ろ過後の各成分含有率, a_{bl} :ブランク膜における各成分の含有率, M:膜面積あたりの質量(mg), A:通水面積(mm^2), Q:通水量(L)

キーワード 配水管, 老朽化, 膜ろ過, 蛍光X線分析(XRF), フーリエ変換赤外分光光度計(FT-IR)

連絡先 158・8557 東京都世田谷区 1-28-1 東京都市大学 水圏環境工学研究室 yu_chan0701a_chan@yahoo.co.jp

3. 分析結果

3.1 老朽管前後におけるセルロース膜の組成結果

セルロース膜を用いて捕集した各成分の濁質濃度を図2, CPE 膜を用いて捕集した各成分の濁質濃度を図3, PTFE 膜を用いて捕集した各成分の濁質濃度を図4に示す。

Fe に着目すると、セルロース膜及び CPE 膜では A-1 以外の地点で増加、PTFE 膜においては全地点で増加傾向を示した。Al に着目すると、セルロース膜では A-4 以外の地点で増加、CPE 膜では A-1 以外では増加、PTFE 膜では全地点で増加傾向を示した。Si に着目すると、セルロース膜では A-2, A-3 地点で増加し、CPE 膜及び PTFE 膜においては全地点で増加傾向を示した。O に着目すると、CPE 膜及び PTFE 膜ともに、全地点で増加傾向を示した。

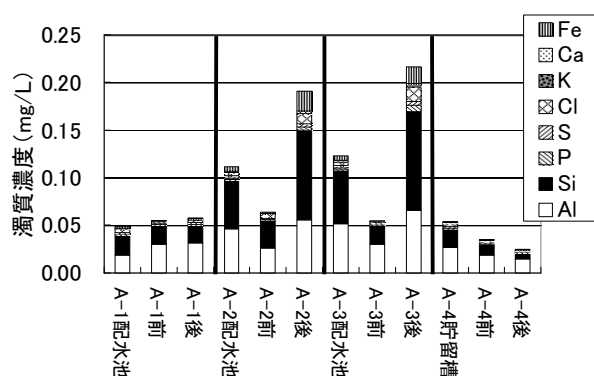


図2：老朽管前後の濁質濃度(セルロース膜)

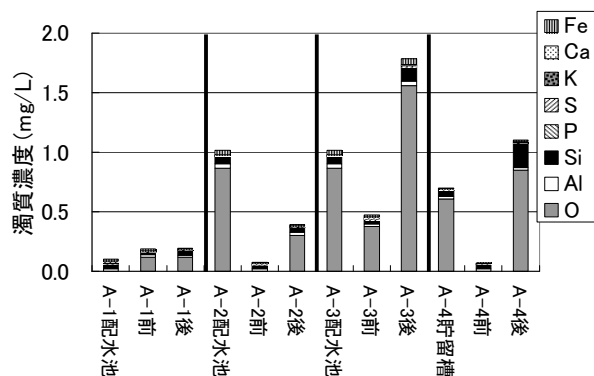


図3：老朽管前後の濁質濃度(CPE 膜)

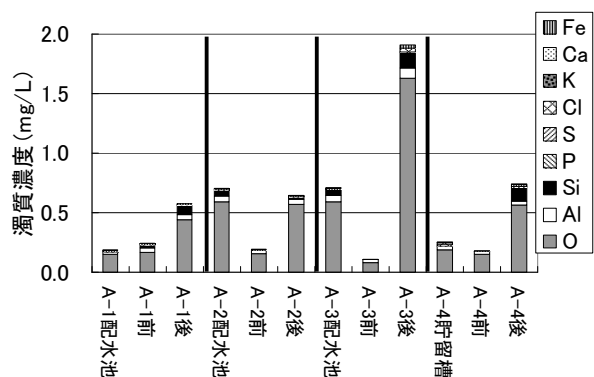


図4：老朽管前後の濁質濃度(PTFE 膜)

3.2 FT-IR による有機物の推定(PTFE 膜)

図5に A-3 での 2009 年 12 月 14 日における PTFE 膜を用いた FT-IR スペクトル結果を示す。波数 1715cm^{-1} に見られるピークは、官能基 $\text{C}=\text{O}$ 由来である。波数 $2900\text{cm}^{-1} \sim 3000\text{cm}^{-1}$ に見られる 2 つのピークは、 $\text{CH}_3-(\text{C}=\text{O})-\text{R}$, $\text{R}-\text{CH}_2-(\text{C}=\text{O})-\text{R}'$ 特有のピークであり、また、 $650\text{cm}^{-1} \sim 800\text{cm}^{-1}$ に見られる 2~3 つのピークは、芳香族で主に見られる。よって、これらの有機物が骨格として存在することが示唆された。また、波数 3300cm^{-1} 前後及び 1650cm^{-1} 前後、 1540cm^{-1} 前後にピークが見られ、このピークは濁質由来の有機物であるタンパク質だと考えられる。

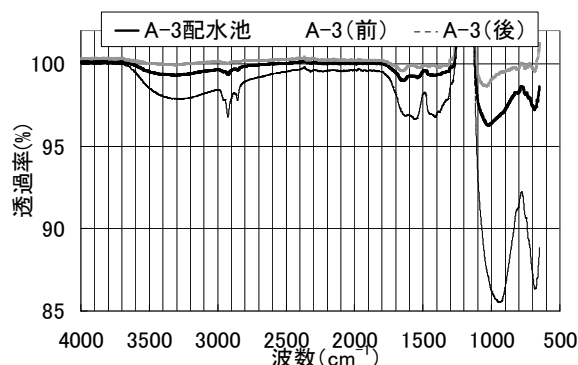


図5：FT-IR によるスペクトル結果 (A-3)

4. 結論

給水栓からの採水による調査は、採水地点における事前の使用状況、採水日時を考慮して行う必要性が挙げられる。本調査より、濁質成分の主成分として Al, Si, O が挙げられ、濁質濃度が高い地点においては Fe が検出されたが、老朽管流入前後で見ると濁質濃度と成分にばらつきが生じており、計算精度の向上が求められる結果となった。改善策としては、膜面積あたりの通水量増加が挙げられる。

また、PTFE 膜において FT-IR により濁質中の有機物の組成を推定することが可能であることを示し、分析結果から $\text{CH}_3-(\text{C}=\text{O})-\text{R}$, $\text{R}-\text{CH}_2-(\text{C}=\text{O})-\text{R}'$, 芳香族の存在を示唆した。

参考文献

- 1) 厚生労働省:地域水道ビジョンについて
<<http://www.mhlw.go.jp/>> アクセス日時 2009 年 1 月 20 日
- 2) 工藤大地ら:フィルターろ過と XRF 定性分析による配水管老朽度診断手法の開発, 全国水道研究発表会講演集, PP218-219, 2009