

タの変動係数を指標とし、それぞれの基準を0.06Vと12%を超えるケースを水質異常と判断する。結果、変動幅に関しては2箇所が水質異常に該当し、変動幅の最大は0.115Vであり、変動係数に関しては、47箇所（1359データ）が該当し、変動係数の最大は23.9%であった。

これらの変動幅の基準は濁度および色度換算で1度レベルに該当することから原因は特定できないが管内生成した錆等の影響により何らかの水質異常があったものと考えられる。また、変動係数に関しても連続的に値が変動していることからそれほど高いレベルではないが実験施設の近辺の水利用状況の変化等により、定常的に微量の錆が混入するなどの水質の変化があったものと推察される。

6. まとめ

紫色LEDに対する透過光電圧と赤色LEDに対する散乱光電圧を利用した検出部を直列に接続し、連続的に給水末端の水質を監視することで、濁度および色度換算で1度レベルの水質異常を検出することが可能となった。その判断基準は、濁りに関しては電圧の変動幅（0.06V）と過去1時間のデータの変動係数（12%）を、着色に関しては電圧の変動幅（0.06V）とすることで、清澄な水道水に発生した異常を検知できることが示された。

7. 今後の課題

今回の検討では、実際の給水末端において水質異常を生じさせた物質の同定や他の装置との相関性について十分な検討が行えていない。今後、実用化に向けて6か月～1年と程度の連続運転と同様の機能を有す他のモニタリング装置との相関性を見ることで性能をより詳細に検討することが実用化に求められる。また、今回の検討に用いた装置の製作コストは約10万円程度であるが、実用化に向けては装置の更なるコストダウンも必要と考える。

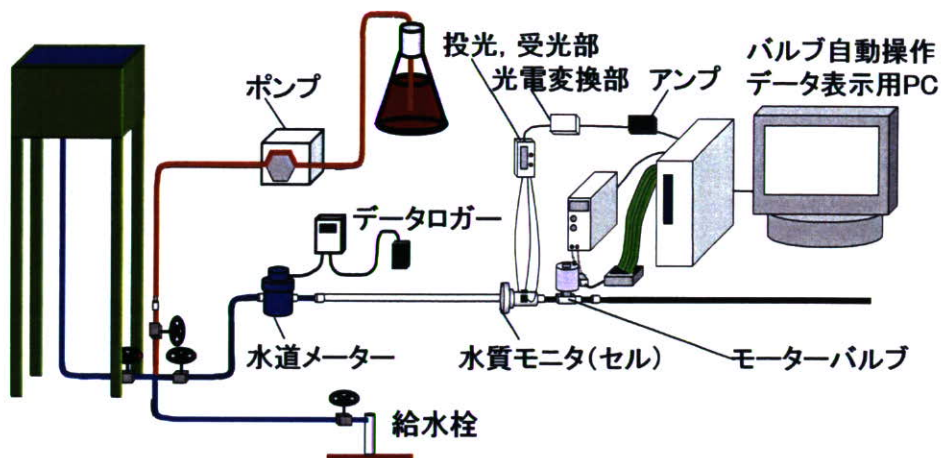


図1 実験開始当初の装置の概要

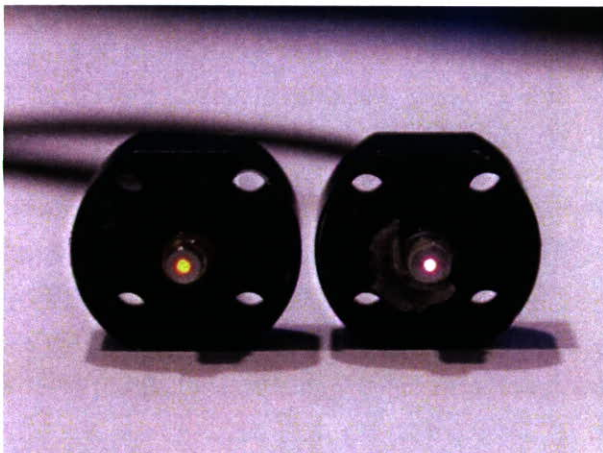


図2 実験に用いた赤色LEDと紫色LED

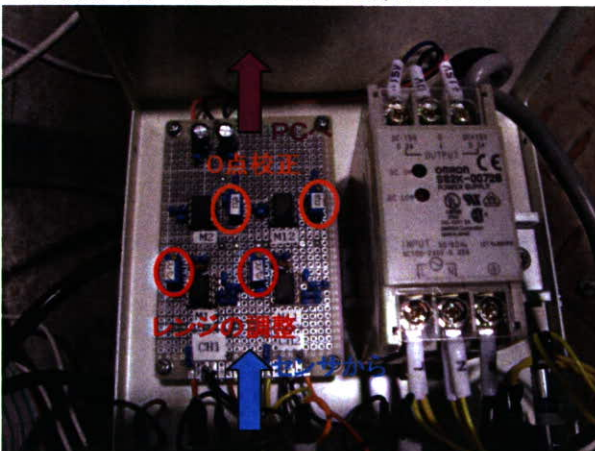


図3 アンプの構成

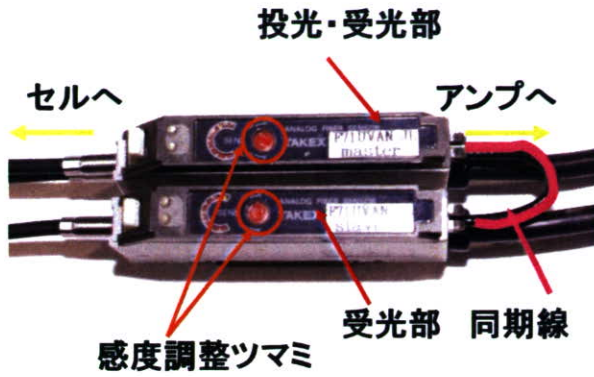


図4 投光, 受光ユニットの構成

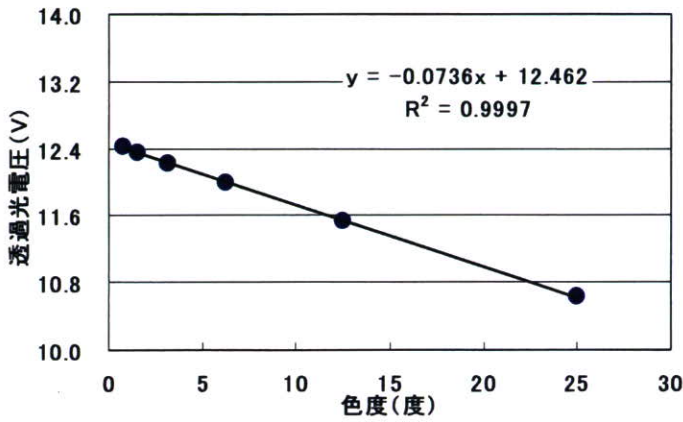


図5 Case2 における色度と透過光電圧の関係

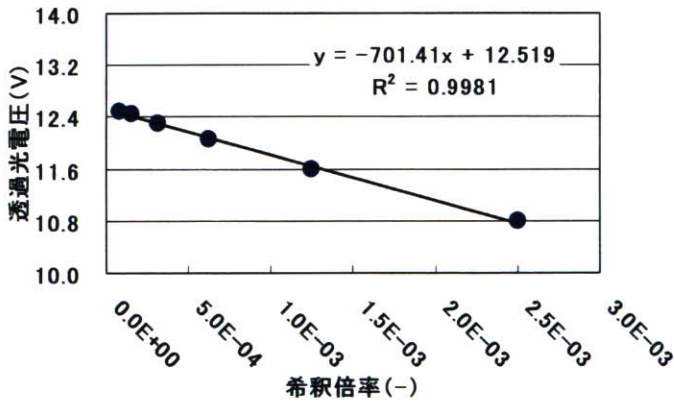


図6 フミン酸の希釈倍率と透過光電圧の関係

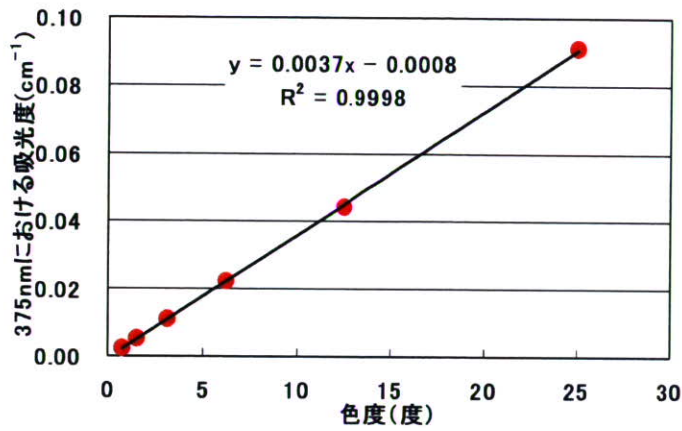


図7 色度標準液における色度と375nmにおける吸光度の関係

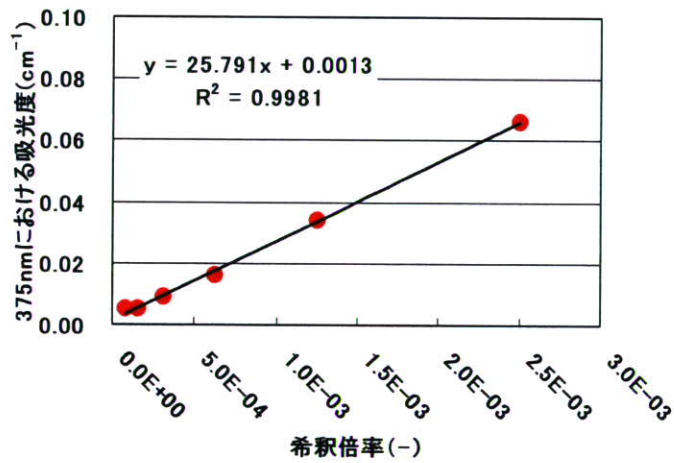


図8 フミン酸における希釈倍率と375nmにおける吸光度の関係

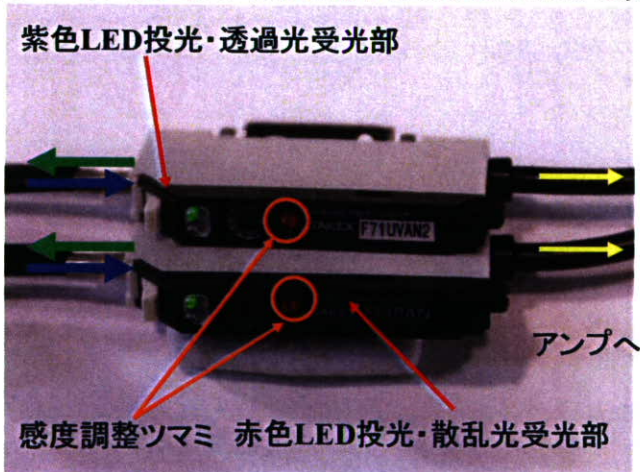


図9 投光, 受光ユニットの構成 (改良型)

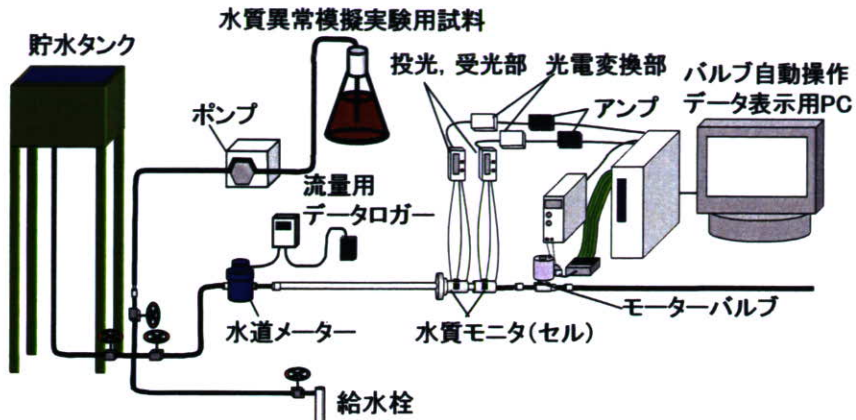


図 10 改良後の装置の概要

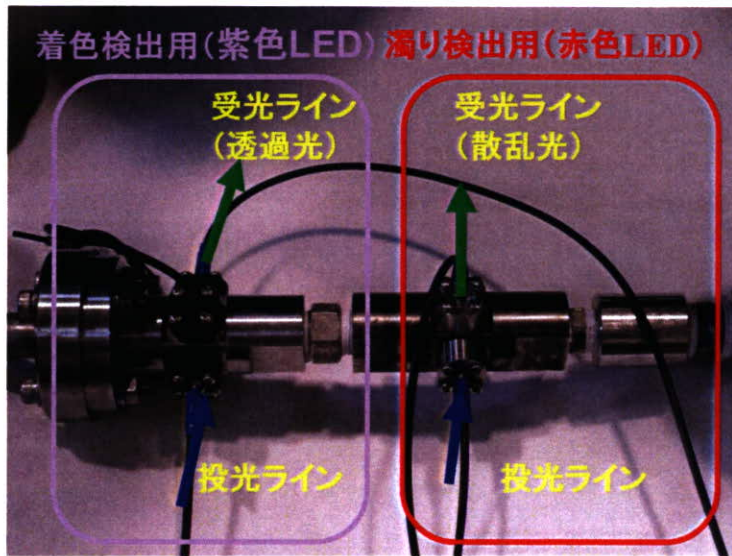


図 11 改良後の検出部の構成

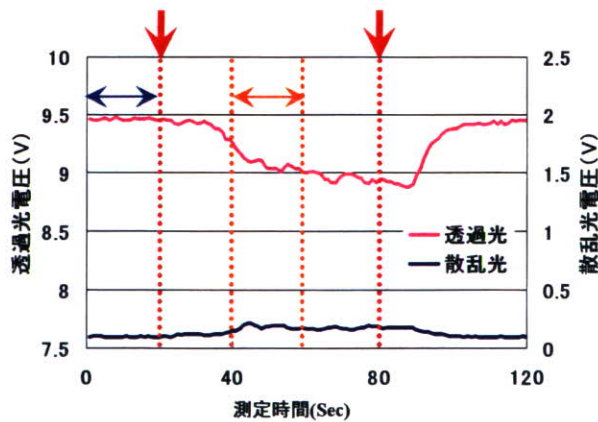


図 12 水質異常模擬実験の結果 (活性炭)

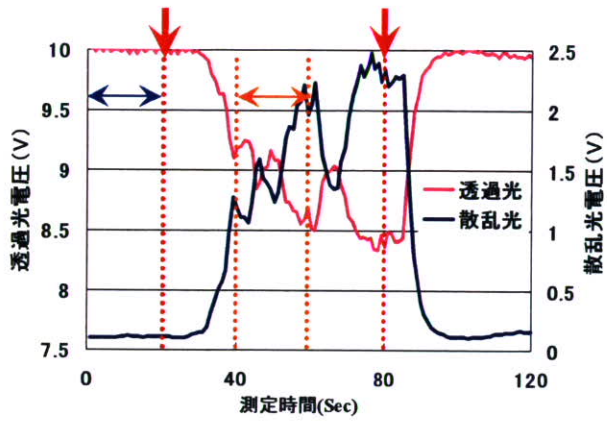


図 13 水質異常模擬実験に結果 (カオリン)

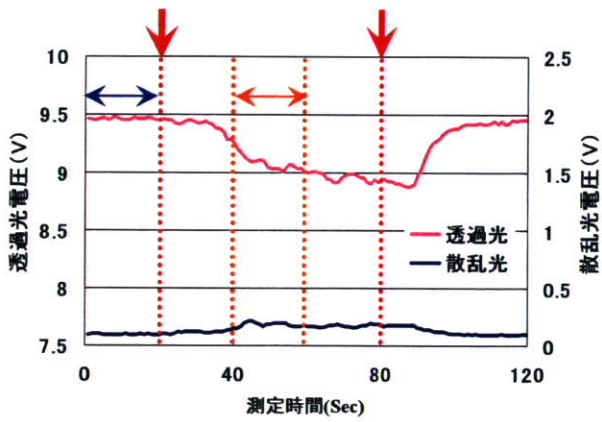


図 14 水質異常模擬実験に結果 (錆小)

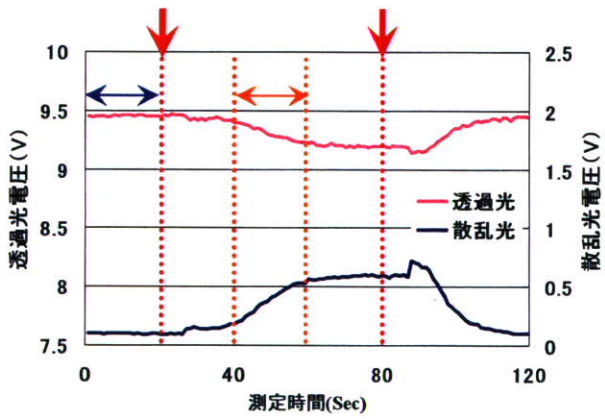


図 15 水質異常模擬実験に結果 (錆大)

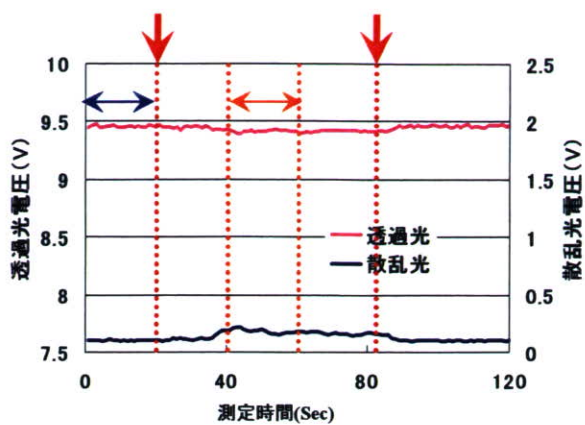


図 16 水質異常模擬実験に結果 (入浴剤)

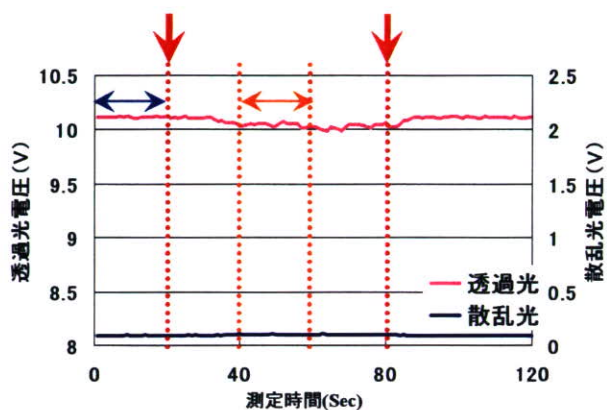


図 17 水質異常模擬実験に結果 (フミン)

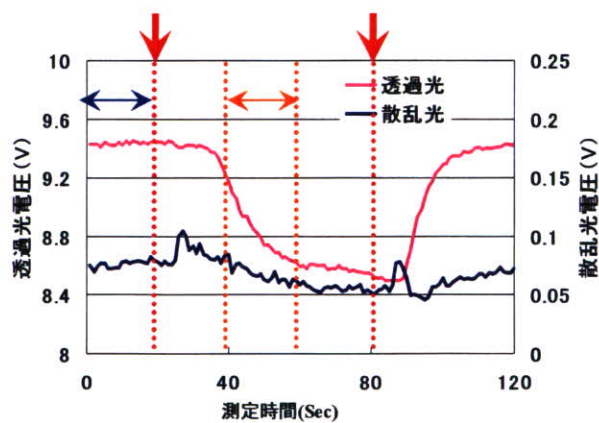


図 18 水質異常模擬実験に結果 (インク)

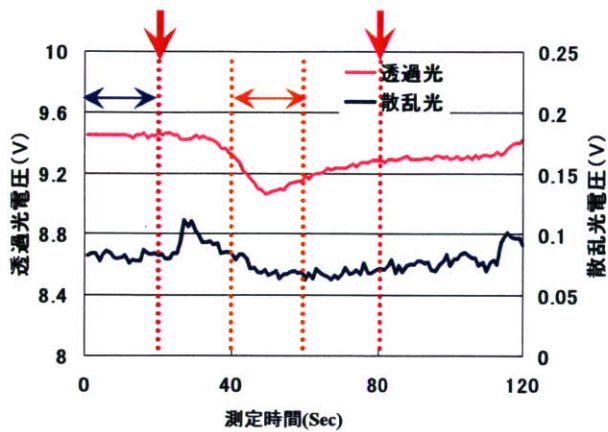


図 19 水質異常模擬実験に結果 (醤油)

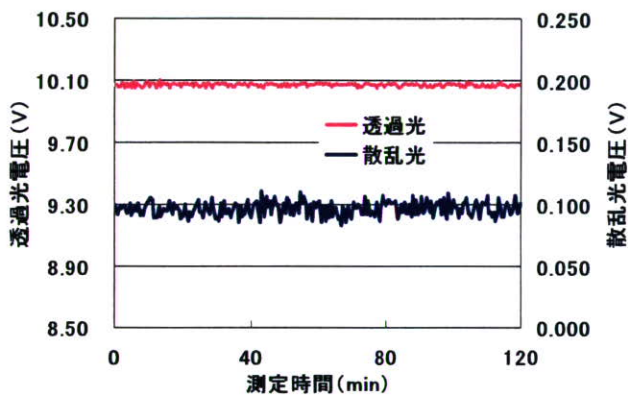


図 20 水道水を対象とした短期実験

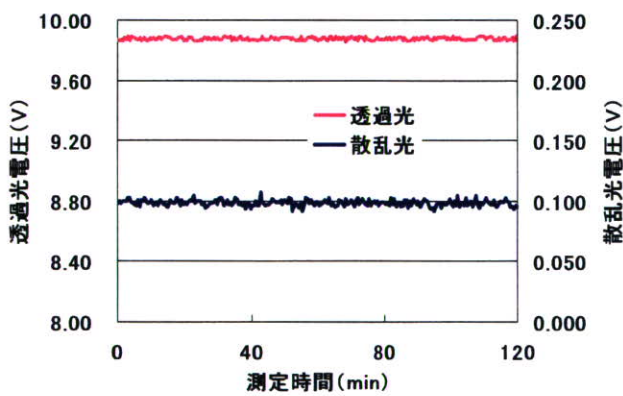


図 21 浄水器通過水を対象とした短期実験

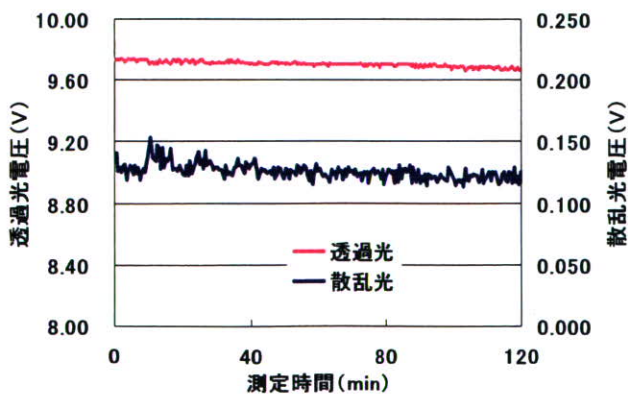


図 22 貯留タンク水を対象とした短期実験

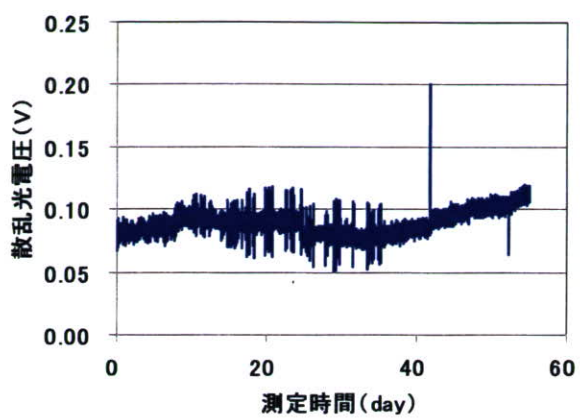


図 23 連続通水実験における散乱光電圧の挙動

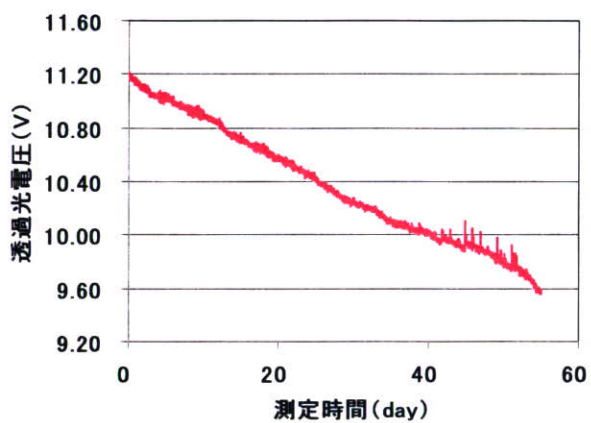


図 24 連続通水実験における透過光電圧の挙動

資料 - 3 水道水質の変動と水質監視・管理への補完的活用に関する検討

主任・分担研究者 中村 文雄 給水工事技術振興財団

研究要旨

給水末端の水質監視装置から発信される水質異常信号への判断と対応の確実性と安全性を確保する為に、水道メータ上流の水質のバックグラウンド変動態様などを考慮した水質異常判断の補完方法に関する検討を行い、以下のことが明らかとなった。

水質異常信号発信時にメータ上流の水質との対比を行う場合、比較対照とすべき平常時の管網内水質変動幅や閾値の設定は幾つかの方法で可能であるが、極く稀に、水道水質が基準値近傍に達する可能性があることを考慮してその上限値を設定するべきである。また、事前に、水質異常を発信した給水栓（給水区域）と比較対照とすべき給水栓（給水区域）を設定しておくことが必要である。また、給水末端での水質監視に際して、原水の高濁度時の水道水質変動には留意する必要があると考えられた。

A. 研究目的

給水末端で給水水質の連続測定・監視を行って水質異常を逐次検出する場合、水質の異常判断の確実性と安全性を確保する為には、その判断を補完し得るシステムを確立しておくことが望ましい。

そこで、本研究では、水道水質のバックグラウンド変動の態様などを考慮した水質異常判断の補完方法に関する検討を主たる目的として、平成 17 年度には、水道水質変動の態様、原水水質等による水道水質変動の推定の可能性および給水水質変動に関して検討し、平成 18 年度には、平水質異常が検出された特定の給水栓と比較対照とすべき給水栓の選定方法に関する検討を意図して、① 3 都市の配水管網内での水質分布と、② 異系統浄水の混合に伴う給水水質変動に関して下記の検討を行った。また、平成 19 年度には、給水システムにおける水質異常の代替指標としての濁度・色度変動と原水水質変動との関連性および飲料水水質基準超過確率の検討と、併せて、事業体における水質管理の状況を調査した。

B. 研究方法

自動水質測定器によって連続的計測を行っている水道事業者のうち、高緯度～低緯度に位置する 6 都市 (P,Q,R,S,T,U) を調査対象都市として選択し、各水道事業者において原水、配水池、給水栓で連続的に計測されている水質項目の日単位 (日平均値) の連続データを用いて解析を行った。

平成 17 年度には、都市 P のデータを用いて、1)水道水質の変動態様、2)水道水質変動推定の可能性と方法の検討、3)水道水質変動と変動幅の検討を行った。

なお、使用した水質データは 10 分間隔のデータ 3 年分であるので、データ数が大きくて取り扱いが不便であるので、まず、毎日の 0 時 00 分のみデータ (1 データ/24 時間) にデータ規模を縮小した上で、上記 1)～3)の解析・検討を行った。また、縮小したデータ (1 個/24 時間の時系列データ) から求められた推定式の 1 時間間隔および 10 分間隔時系列データへの適用性に関する検討を行った。

平成 18 年度には、水質異常が検出された特定の給水栓と比較対照とすべき給水栓の選定方法に関する検討を意図して、① 3 都市の配水管網内での水質分布と、② 異系統浄水の混合に伴う給水水質変動に関して下記の検討を行った。ここでは、3 都市 (P、Q、R) を調査対象都市とした。すなわち、中緯度地域に位置する都市 Q および都市 R より提供戴いたデータ、および、17 年度の調査時に収集してある都市 P のデータを用いて下記の解析を行った。

1) 配水管網内での水質分布

①各水道事業者の原水 EC の変動態様、②各水道事業者の給水栓水質の変動態様 (EC、濁度、色度、pH、色度)、③各水道事業者の給水栓水質に基づくクラス分析、ブロック図による特異給水栓抽出

2) 都市 R における異系統浄水の混合と給水水質変動

すなわち、水道原水に対しては、①EC を用いて各都市の原水水質変動を検討し、給水栓水に対

しては5~6種の水質項目を用いて、②給水水質変動状況の把握、③クラス分析による配水管網内の給水水質の分布解析を行い、それらの結果を踏まえて、④都市Rにおける異系統浄水の混合と給水水質変動状況に関する検討を行った。

平成19年度には、給水システムにおける水質異常の代替指標としての濁度・色度の変動態様や飲料水水質基準超過確率の解析・検討を行った。ここでは、平成17~18年度の調査時に収集させていただいた3都市(P,Q,R)のデータと、新たに、より低緯度地域に位置する3都市(S,T,U)より提供戴いたデータとを用いて行った。

また、事業体における水質監視方法に関する調査は、自動水質測定器によって連続的計測を行っている18事業体にアンケート調査用紙を送付して実施した。

C. 研究結果

1、平成17年度の調査・研究結果の概要

都市Pのデータを用いて検討を行った。都市Pには3水系(河川T,K,H)を水源とする5浄水場(J,S,M,N,My)がある。一方、水質自動測定器による水道水質測定・監視は、給水栓に対して市内11ヶ所、配水池に対しては13ヶ所で実施している。

1-1、水道水質の変動態様

都市Pにおいて水質自動測定機により計測された水道水質データの内、平成14年度~16年度の3年間のデータを用いて水道水質変動の態様に関して検討したが、各給水栓の3年間の平均水質は、濁度=0.02度、電気伝導率=132.3 μ S/cm、色度=0.363度、残留塩素=0.471mg/Lであった。なお、若干の例外はあるが、図-1に例示するように、濁度には年単位の周期的変動の傾向が認められた。同様な傾向は電気伝導率・残留塩素にも認められたが、色度には明確な傾向的変動を認めることは出来なかった。

1-2、水道水質変動推定の可能性と方法の検討

給水末端において水質監視機器が“水質異常”の警報を発生した時、その警報の妥当性を判断するためには、まず、メーター上流側(配水管網内)の水質が正常であるか否かをチェックすることになると考えられる。この場合、送・配水される前の原水水質から給水水質が推定されているとすれば、

警報の妥当性は、直ちに、その推

定値から判断でき、迅速な対応が取れることになる。そこでこの観点から、原水水質変動に基づいて給水水質が推定できるか否かを検討した。

<日単位データによる給水水質の推定とその精度>

水道水質は、原水水質との相関性を持つものと持たないものが存在する。しかしながら、ここでは前述の理由から、全原水水質(3項目)と流量のデータを用いて、各水質項目を目的変数とする重回帰分析を行うと共に、分散分析による5%危険率での有意性の判定を行った。

$$\text{濁度} = -0.00148X_1 - 0.00192X_2 - 0.00038X_3 + 0.03436$$

$$\text{重相関係数} = 0.3112 \quad \text{◎}$$

$$\text{EC} = -2.17481X_1 + 60.0903 X_2 + 0.74635 X_3 - 27.8008X_4 + 736.764$$

$$\text{重相関係数} = 0.79609 \quad \text{◎}$$

$$\text{色度} = 0.003385 X_1 + 0.35144 X_2 - 0.00354 X_3 + 0.21682 X_4 - 10.3905$$

$$\text{重相関係数} = 0.21239 \quad \text{◎}$$

$$\text{残塩} = 0.007353 X_1 - 0.00248 X_3 + 0.44786$$

$$\text{重相関係数} = 0.59501 \quad \text{◎}$$

ここで、 X_1 ; 原水水温、 X_2 ; 原水pH、 X_3 ; 原水濁度、 X_4 ; 流量

EC ; 電気伝導率、残塩 ; 残留塩素

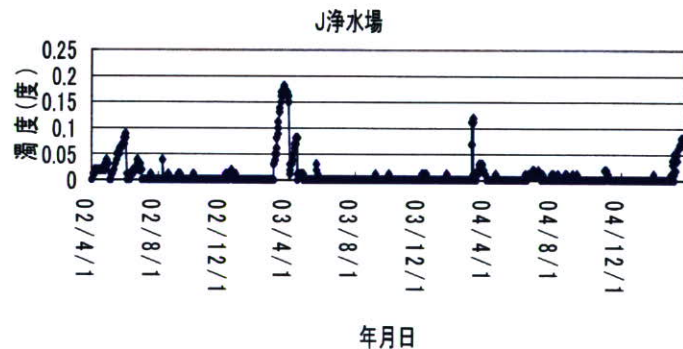


図-1 都市PのJ浄水場系給水栓の水道水濁度の経日変動

上式は、その一例として、J浄水場の給水水質毎に求められた重回帰式と有意性の判定結果(◎; 5%危険率で有意)を示したものである。

一方、図-2は、これらの重回帰式をJ浄水場水道水質に適用した時の実際値と計算値との関係を示す。

1) 濁度

図-2(1段目)における濁度の実際値と計算値との関係は、その周期的変動をほぼ反映しているにしても、ピーク値を良好には反映出来ていない。各浄水場での計算値との関係もほぼ同様であり、給水濁度の計算値は、総じて、実際値のピーク値を良好には反映できていない。

2) 電気伝導率 (EC)

図-2の2段目に示すように、J浄水場給水の電気伝導率(以下 EC と略記)の計算値は、実際値をほぼ良好に反映していると考えられる。また、各浄水場(給水栓)の両者の関係は、程度の差こそあれ、J浄水場と同様に、ほぼ一致している。このことから、給水のECは、原水の水温・pH、濁度・流量(水位)からほぼ推定できると考えられる。

3) 色度

図-2の3段目に示すように、J浄水場給水の色度の計算値は、実際値を殆ど反映していない。一部の浄水場では、わずかに実際値を反映していることが認められたが、給水色度の計算値は、総じて、実際値の変動を良好には反映しておらず、給水の色度変動は、原水の水温・pH、濁度・流量(水位)からは充分には推定できていない。

4) 残留塩素

図-2の最下段に示すように、J浄水場の給水の残留塩素の計算値は、実際値の周期的変動をほぼ良好に反映していると考えられる。しかし、実際値との一致の程度はEC(2段目)より劣り、各時点における両者の値には振れ幅が存在する。各浄水場(給水栓)での両者の関係は、程度の差こそあれ、J浄水場と同様の傾向を示している。このように、給水の残留塩素変動は、原水の水温・pH・濁度・流量(水位)からほぼ推定できると考えられるが、これは、次亜塩素酸ソーダの注入量が気温変動と連動させて設定されている事を示唆しているとも考えられる。

以上を総じて、ECと残留塩素は比較的良く推定できているが、濁度や色度の推定精度が悪い。この事は、原水水質等のみによる推定の限界を示しているものであり、推定精度を高める為には、浄水工程を考慮した説明変数を加える事の必要性を示唆しているものと考えられる。

1-3、水道水質変動と変動幅

給水システムに給水される直前(配水管網内)における水質変動は、浄水システムから配水系までの変動要因に起因する水質変動を反映したものであり、給水システム内での要因に起因した変動を反映してはいない。この観点から、給水システム内で発生した水質異常は、現在開発中の給水末端における水質センサー自体の持つ閾値により検出・判定しなければならない。

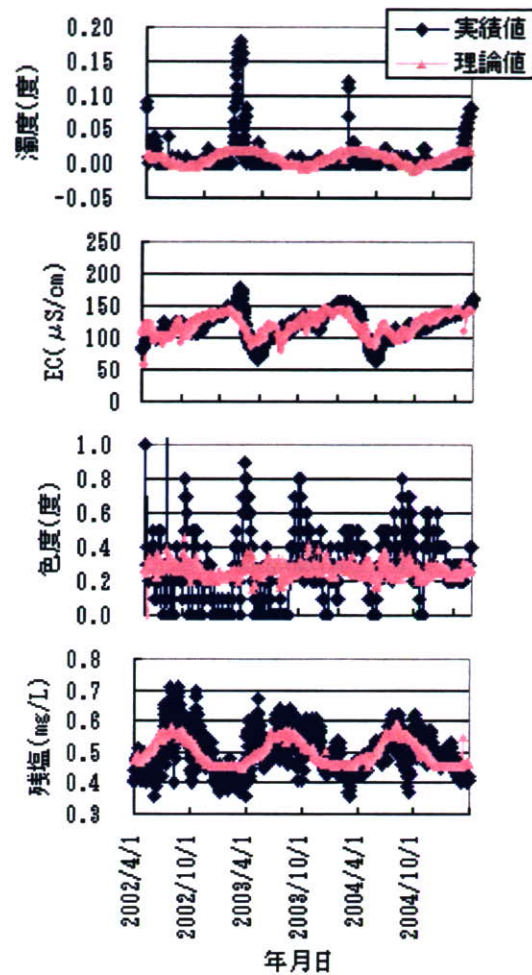


図-2 J浄水場水道水質の実際値と計算値

ただし、水道システムにおいては当該水道特有の水質変動を持っている。また、水道水の配・給水前に、原水水質や浄水プロセスにおける不測事態発生により給水末端の水質悪化を予測し得る場合がある。また、配水管網内に設置された自動水質計測器により、特定地域の水質悪化を検知・予測し得る場合もある。したがって、これらの異常水質情報と給水末端における水質異常判定とを連動させる必要がある。

本研究では、給水末端における水質異常判定の確度を高める為に、浄水工程後段や配水管網内に設置された自動水質計測器により計測された水質情報を補完的に活用する方法を検討しようとしているが、この場合、水質異常判断の根拠となる閾値の設定を行う必要がある。

<配水管網内水質の実際値および推定値の平均値に基づく変動幅>

上記の観点から、ここでは、都市Pにおける給水水質の変動幅について、配水管網内水質の実際値の平均値に基づく変動幅と、前述の重回帰式による推定値に基づく変動幅について検討した。

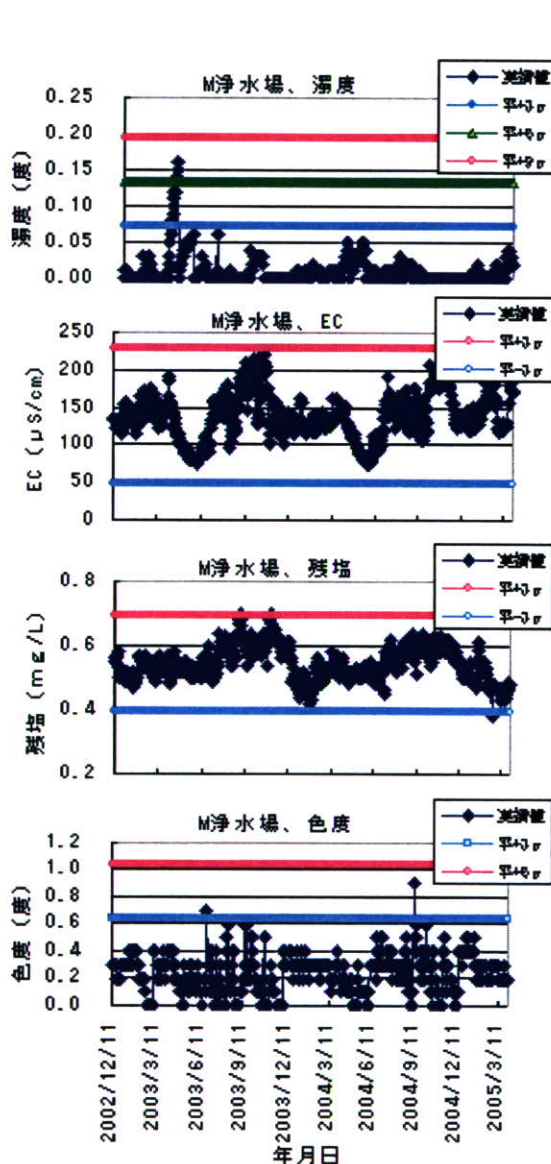


図-3 配水管網内水質の実際値の平均値に基づく変動幅

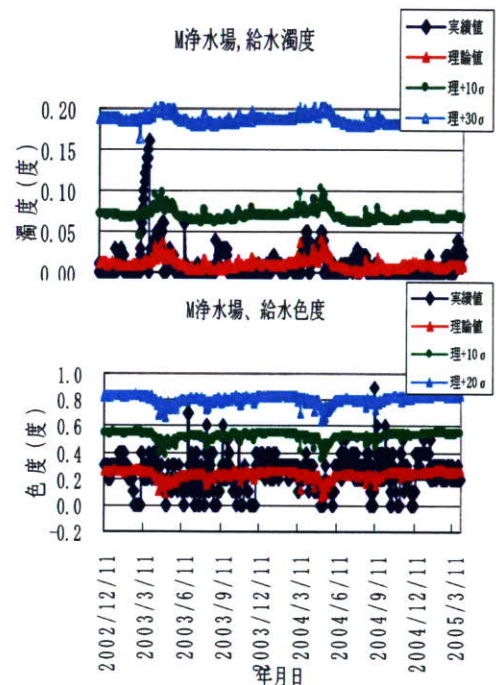


図-4 重回帰式に基づく変動幅(1)

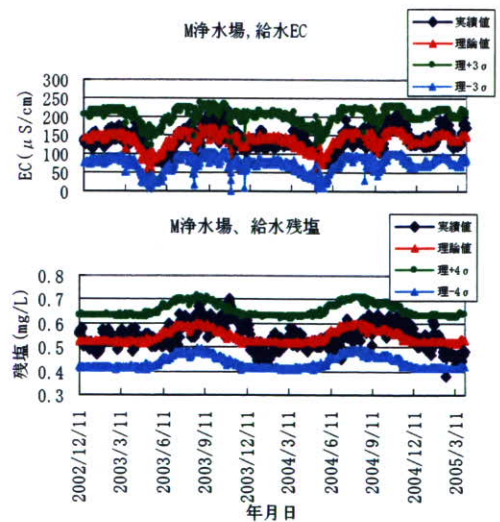


図-5 重回帰式に基づく変動幅(2)

図-3は、配水管網内水質の実際値の平均値と標準偏差に基づく変動幅を示している。この図に見るように、電気伝導率(EC)と残留塩素(残塩)の変動幅は、平均値 $\pm 3\sigma$ の範囲内にある。また、給水濁度および色度は、それぞれ、平均値 $+9\sigma$ 、平均値 $+6\sigma$ の範囲内にある。他の浄水場における変動幅に関する表示は割愛するが、M浄水場とほぼ同様な変動幅を持っている。

一方、図-4および図-5は、重回帰式によるM浄水場の水道水質推定値に基づく変動幅を示している。これらの図から、原水水質等に基づく給水水質変動の推定精度の低い「濁度」や「色度」においては、「理論値 $+30\sigma$ 」の変動幅の範囲内にあり、推定精度の高い「EC」や「残留塩素」においては、ほぼ、「理論値 $\pm 3\sigma$ 」の範囲内に収まっている事が認められる。

なお、この解析は日単位のデータに基づく回帰式で行ったが、この回帰式により10分単位および時間単位の水質変動を推定できることが明らかとなった。

2、平成18年度の調査・研究結果の概要

18年度の研究では、①水質異常が検出された特定の給水栓と比較対照とするべき自動水質計測給水栓(以下、給水栓と略記)の選定方法に関する検討を意図して、まず、各都市の配水管網内での水質分布の検討を行うことにした。また、関連して、②原水・給水栓の水道水(以下給水栓水と略記)の水質の変動態様、③ブロック図による特異給水栓抽出、④異系統浄水の混合と給水水質変動の検討を行った。

平成18年度は、3都市(P、Q、R)を調査対象都市とした。中緯度地域に位置する都市Qおよび都市Rでは、それぞれ、45箇所、12箇所の給水栓において水温、濁度、EC、残留塩素、色度、pHの6項目の自動測定を実施しており、そのデータを解析に用いた。また、都市Pのデータ(pHを除く5項目)は、昨年度の調査時に提供戴いたものを用いた。

2-1、配水管網内での水質分布

解析は、①各都市のECを用いて各都市の原水水質変動を検討し、また、各都市の給水栓水に対しては5~6種の水質項目を用いて、②給水水質変動状況の把握、③クラスター分析による配水管網内の給水水質の分布解析を行なった。

ここでは、都市Rのデータ解析結果を中心に例示しながら、解析結果の概要をのべる。

2-1-1 各水道事業者の原水ECの変動態様

都市Rは地下水・Sg水系・Sw水系とを水源とする3浄水場(It,Ns,Sm)がある。また、Nn浄水場(企業団)からも給水を受けているが、その水源はSm浄水場と同一である。

図-6は、3浄水場原水のEC分布を示している。

データ数・期間に差があるので直接的な比較は出来ないが、図-6より明らかなように、3浄水場のEC分布には明らかな差が存在し、3浄水場の原水ECには $Ns < Sm(=Nn) < It$ の傾向を持つことが認められる。

なお、図示しないが、都市Qにおいては、地下水・伏流水を含む7水源、11浄水場で浄水処理しており、ECの分布に大きな差が存在することは、都市Rと同様である。しかし、都市Pにおいては、3水源、5浄水場で浄水処理・送・配水しているが、ECの平均値 $=238.3\mu S/cm$ 、標準偏差(以下 σ と略記) $=38.4$ であり、その分布に大きな差は認められなかった。

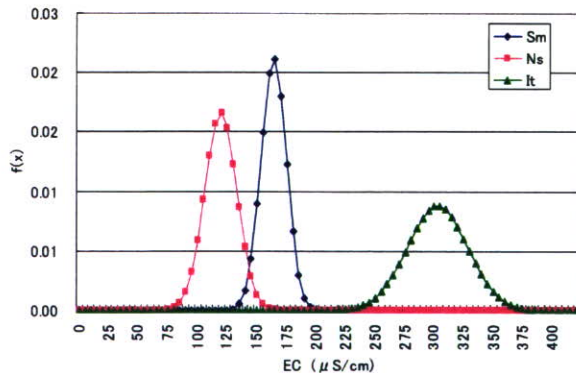


図-6 都市Rの3浄水場の給水ECの分布

2-1-2 各水道事業者の給水栓水質(EC、濁度、色度、pH、色度)の変動態様

表-1には、都市Rで自動計測されている各給水栓水の6水質項目の平均値、 σ 、最大値、最小値を

示すが、以下において、給水水質の概要を略記する。

表-1 都市Rの水道水質の概要

水質項目	単位	Av	σ	Max	Min
EC	mS/m	18.23	1.50	35.14	11.56
濁度	度	0.07	0.08	1.00	0.00
色度	度	0.75	0.35	4.25	0.00
残塩	Mg/L	0.41	0.09	0.88	0.04
pH	—	7.24	0.12	7.75	5.18
水温	℃	17.16	7.10	32.11	4.46

(1)給水EC ; 12給水栓水のECは35.1~11.6 mS/m の範囲内で変動していて、平均値は18.2 mS/m である。しかし、図-6に示されるように、3(4)浄水場の原水のEC分布にはかなり明確な差が存在する。そこで、後述のクラスター分析結果に基づいて、It 浄水場系と目される給水栓水 EC を緑系、Ns 浄水場系と目される給水栓水 EC を青系、Sm(Nn)浄水場系と目される給水栓水 EC を赤系に配色した各給水栓水 EC の経日変動(平成17/7/1~18/4/30)を図-7に示す。

図-7に見るように、給水ECの経日変動には各浄水場の原水EC分布傾向(図-6)が反映されており、Ns ≤ Sm(=Nn) < It の傾向が認められる。また、表流水を水源とするNs・Sm 浄水場系給水はほとんど同一の変動挙動を示すのに反し、地下水を水源としてい

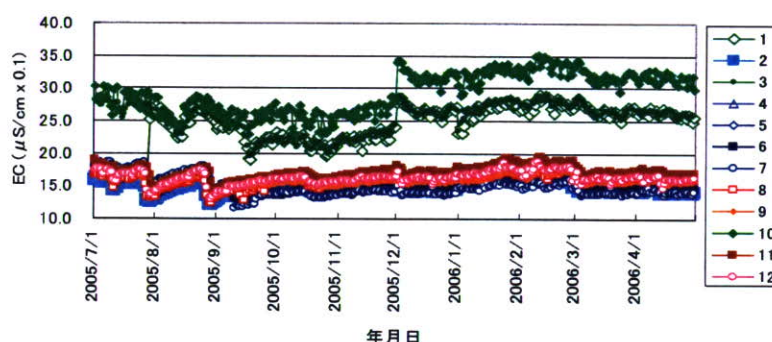


図-7 都市Rの給水栓水ECの経日変動

るIt 浄水場系給水は異なった変動を示す。さらに、同一の浄水場系と目される各系の給水栓EC(緑系、青系、赤系)には変動幅が存在しており、浄水工程以降に於ける水道水質の変化を示唆していると考えられる。このような傾向は、都市PおよびQにおいても認められた。

(2)給水濁度 ; 全体の平均濁度=0.07度であり、0.0~1.0度の範囲内で変動しているが、各浄水場系給水ともに、0.4度を越える時期は7~12月であり、それ以降は0.3度以下の変動を示していた。一方、都市Pおよび都市Qの平均濁度はそれぞれ、0.02、0.01度であって、都市Rよりも平均値が若干低い、ほぼ類似した変動を示していた。また、その季節変動を巨視的に見れば、都市Rの傾向は都市P、Qでもほぼ同様に認められた。

(3)給水色度 ; 全体の平均色度=0.75度であり、0.0~4.25度の範囲内で変動している。しかし、経日変動には、各浄水場系給水により差がある。すなわち、It・Ns系給水の色度の変動幅が大きい、Sm系給水は小さく、ほぼ、1.0度以下の安定した変動を示す。

一方、都市Pおよび都市Qの平均色度は、0.37、0.17度であって、都市Rと同様に、経日変動には各浄水場系給水により差が認められた。

(4)残留塩素 ; 全体の平均残留塩素=0.41 mg/L であり、0.04~0.88 mg/L の範囲の大きな変動幅を示している。各浄水場系給水には特段の傾向変動は認められない。一方、都市Pおよび都市Qの平均残留塩素は、0.47、0.63 mg/L であって、都市Rと同様に、経日変動には各浄水場系給水により差が認められた。

2-1-3 配水管網内の給水水質

水質自動測定器により連続的に計測されている各給水栓のデータ(日単位データ)を用いて、クラスター分析を行い、その結果を行政区域のブロック図に落として、配水区域内における水質分布

の不規則性の有無を検討した。

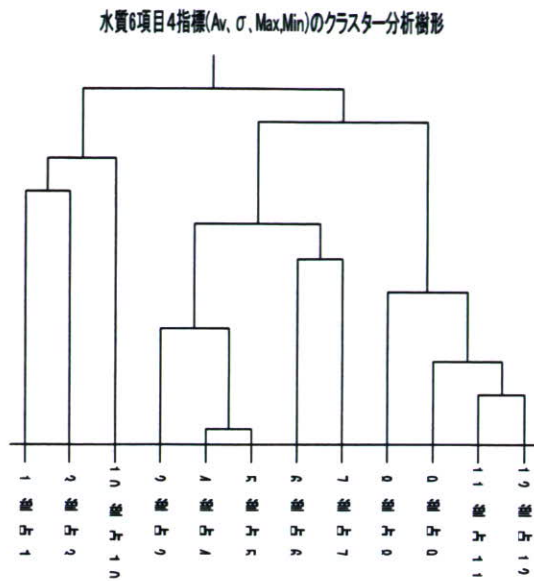


図-8 都市Rの6水質項目によるクラスター分析結果

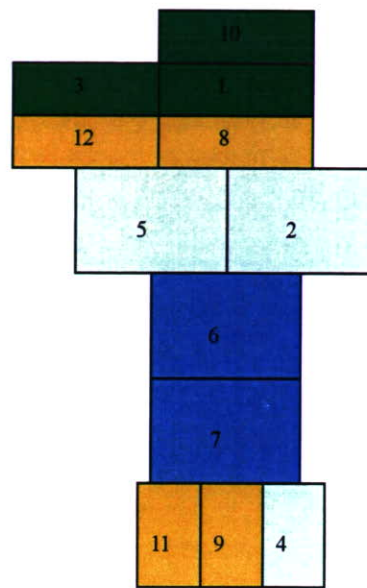


図-9 配水区域内の給水水質分布

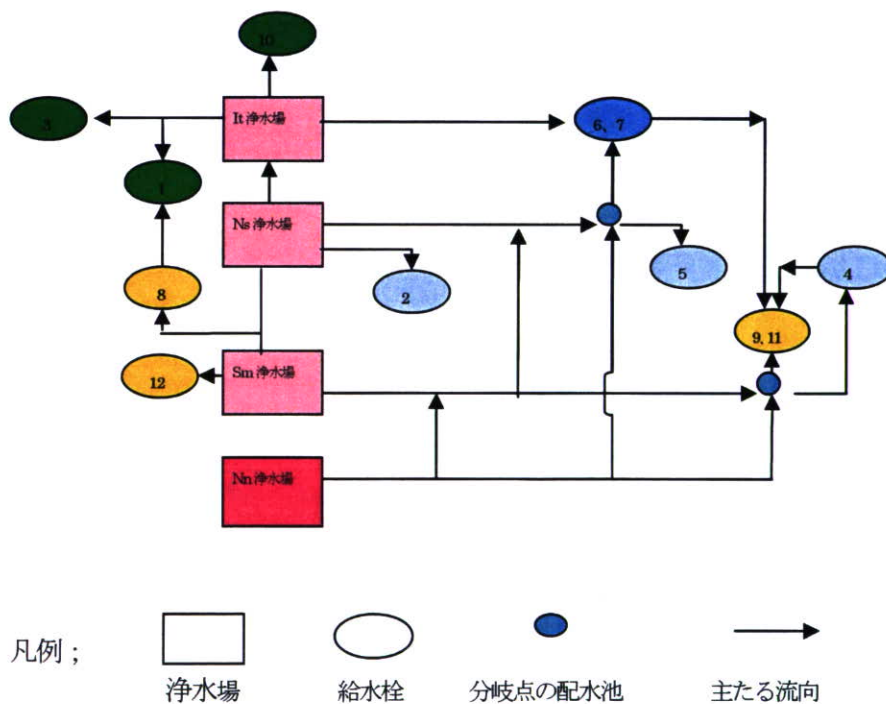


図-10 都市Rの送・配水系統と自動水質測定給水栓の位置

都市Rの6水質項目（各4指標）によるクラスター分析結果のデンドログラムを図-8に示す。図-8に見るように、12給水栓は大きく2群に分別されているが、一方の1群は2群に分別されており、さらに、一方の1群は2群に分別されている。

そこで、ここでは、12給水栓を4群に分別し、これら4群を左から右に、緑→淡青→青→茶に色分けして、各給水栓が属する群(色)を都市Rの7行政地区のブロック図に落とした結果が図-9であ

る。図-9から明らかなように、都市Rの配水管網内の平面的給水水質分布にはかなりの不規則性が認められる。すなわち、緑色の給水栓群「1, 3, 10」と青色の給水栓群「6, 7」互いに隣り合っているが、「2, 4, 5」群と「8, 9, 11, 12」群は互いに離れて位置しており、不自然な平面分布を示している。

ここで、都市Rには複雑な配水系統を持つ16の配水区と12の水質自動測定給水栓が設定されているが（H18年8月時点）、配水系統と水質自動測定給水栓の位置との関係を見やすくするために、元図の意味するところには変更を加えないように留意しながら必要部分のみを残して配水系統を書き直した結果が図-10である。

図-10から明らかなように、浄水は各浄水場・配水池・配水区間の送水管を通じて互いに連絡している。したがって、図-9の配水区域内の給水水質分布において「8,9,11,12」群が「8,12」、「9,11」の2群に分かれて位置していると言う前述の不自然さの理由は理解できることになる。なお、給水栓No.4栓の水質がNo.2、No.5の水質と類似性を持つと言うクラスター分析結果の理由は図-10からは明らかでないが、各水質項目の平均、σ、最大値、最小値を用いて相関分析を行った結果からは、クラスター分析結果の妥当性が類推でき、さらに、16配水区への日単位送水量の計算結果表（17年度）を用いた検討結果から、No.4栓にはNo.2・5の浄水を含む4浄水が配水されていることが明らかとなり、No.4栓とNo.2、No.5との水質が類似することの蓋然性が明らかとなった。

2-2、都市Rにおける異系統浄水の混合と給水水質の変化

上記のように、一部の給水栓（配水区）を除く他の給水栓（配水区）には複数の浄水場由来の浄水が送・配水されており、その送・配水比率は経日的に変動している。したがって、結果として、各配水区（給水栓）の水道水質は経日的変動をすることになる。そこで、浄水の混合に伴う水質の変動について検討した。

$$D_{m,j} = (Q_j - \sum_{i=1}^n (D_{ij} \times R_i)) / R_n \quad \dots \dots (1)$$

$$Q_j = \sum_{i=1}^n (D_{ij} \times R_i) \quad \dots \dots (2)$$

ここで、D=配水水質、Q=給水水質、R=配水率(%)、
i=配水、j=水質項目

ここでは、単純に、配水比率に応じた各配水の混合により給水水質が形成されるものと仮定することにした。この場合、配水の水質が必要となるので、未知の配水水質は、既知の配水水質を用いて(1)式により算出した。その後、給水栓水質は(2)式により算出した。また、pHは、一旦、濃度換算して後に式(1)および式(2)により計算し、その結果をpH値に再変換した。また、一般に、ECは電解質濃度と比例する性質があるので、EC値をそのまま式に適用した。

計算結果の一例として、管網内の水質分布において特異な位置にある給水栓No.9・11での水質実測値と計算値との関係を図-11に示す。

なお、図-10に見るように、給水栓No.9・11には4配水が混合している。

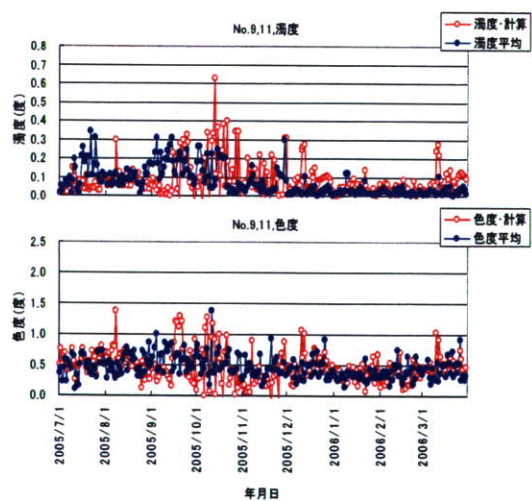


図-11 給水栓 No.9・11 での実測値と計算値(1)

図-11(1)、(2)から明らかなように、各水質項目の計算値は実測値を確実に反映してはいないが、巨視的に見れば、大凡の変動を反映しているとも考えられる。

また、両者の単相関分析をした結果、給水栓 No.9・11 では、pH 以外の水質項目で有意の相関性が認められた。ただし、pH の計算値の変動幅はほぼ実測値の変動範囲内にある(図-11)。

このような傾向は、給水栓(配水区)の No. 1, 3, 4, 8 でも、同様に認められた。

以上のように、複数の浄水場由来の浄水の混合に伴う水質の変動は、配水比率に応じた各配水の混合により給水水質が形成されるものと仮定した式(1)および式(2)に基づいて計算し、計算値と実測値との変動比較を行ったその結果、各水質項目の計算値は実測値を確実に反映してはいないが、巨視的に見れば、大凡の変動を反映しているとも考えられた。

3、平成 19 年度の調査・研究結果の概要

平成 19 年度には、給水システムにおける水質異常の代替指標としての濁度・色度変動と原水水質変動との関連性および飲料水水質基準超過確率の検討と、併せて、事業体における水質管理の状況を調査した。

ここでは、平成 17~18 年度¹⁾²⁾の調査時に収集させていただいた 3 都市 (P,Q,R) のデータと、新たに、より低緯度地域に位置する 3 都市 (S,T,U) より提供戴いたデータとを用いて行った。また、事業体における水質監視方法に関する調査は、各事業体の平成 19 年度水質検査計画を参考に、自動水質測定器によって連続的計測を行っている 18 事業体にアンケート調査用紙を送付・回収して実施した。

3-1 3 都市 (S,T,U) における濁度・色度の経日変動

図-12 に都市 U の水道水 (8 給水栓) における 6 年間の濁度の経日変動を示すが、大部分は 0.1 度以下ではあるにしても、夏季高く冬季に低いという周期的な変動を示している。

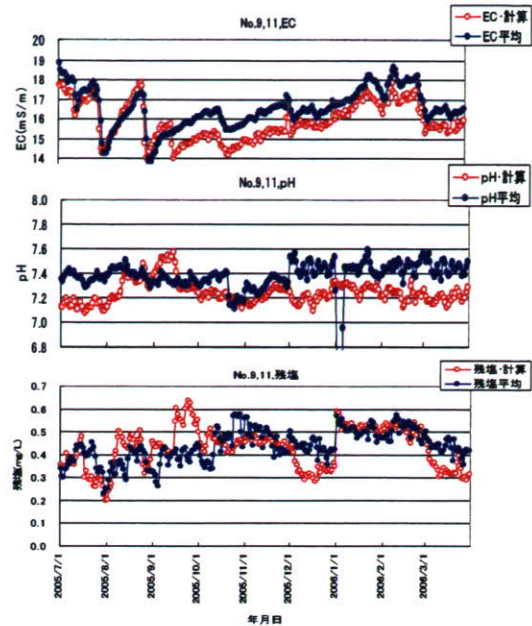


図-11 給水栓 No.9・11 での実測値と計算値(2)

U市、8給水栓水質 ; 濁度

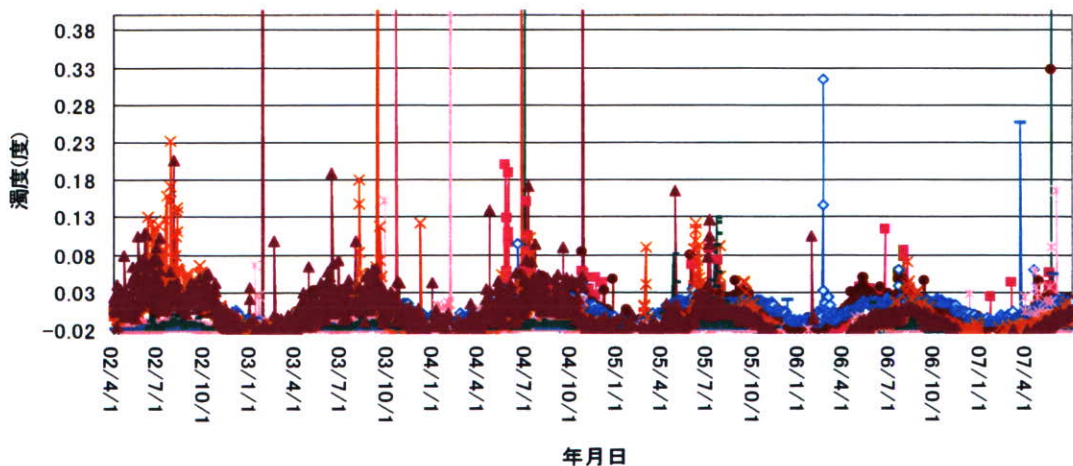


図-12 都市 U の水道水 (8 給水栓) の濁度の経日変動 (0.38 度以上をカット)

このような傾向は他の都市においても認められた。すなわち、水道水の濁度は、総じて、0.1 度

以下である。給水栓により多少のばらつきはあるが、一般に、夏季に高くなる周期的変動を示している。また、主として夏季に発生している最大濁度は1.8度に達することがある。一方、巨視的に見れば、色度の変動も濁度と同様であり、総じて、夏季に高くなる周期的変動を示している。最大色度は3.3度に達することがある。

3-2 原水濁度変動と給水濁度・色度の変動との関連性

前述のように、給水濁度や色度は、総じて、夏季に高く冬季に低い年単位の周期的変動を示す傾向を持つ。この現象を生起させる要因には幾つかあるものと想定されるが、原水水質変動もその一因になっている可能性がある。そこで、ここでは調査対象とした6都市の原水濁度変動と給水濁度・色度の変動との関連性を検討することとした。

此处では、各都市・各給水栓の日単位の時系列データの各々に月日の数値化を行った後に、各給水栓のデータについて濃度を基準にしてソートし、さらに、濃度階級別に月日毎のソートを行って、濁度階級別・半月別の出現回数をカウントした。

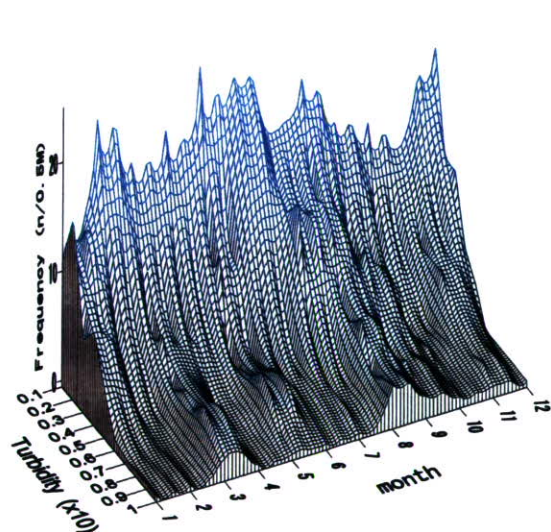


図-13 都市Pの水道水濁度の出現回数
(注意；濁度の単位は10倍、0.01度以下は削除)

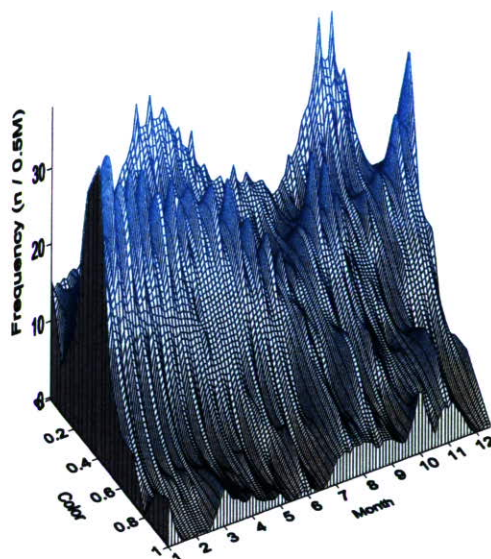
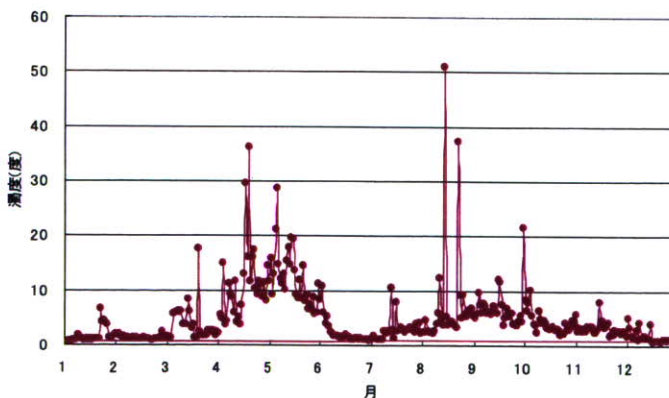


図-14 都市Pの水道水色度の出現回数

図-13は、都市PのS浄水場系水道水での濁度階級別・半月別濁度の出現回数を3次元グラフに示したものである。この図に見るように、水道水の濁度は0.02度以下が大半で(全体の約67%)であり、それ以上の濁度の出現回数は急減するが、0.1度以上の濁度が発生しているのは「2月中旬～6月初旬」および「7月中旬～11月下旬」である。なお、図示はしないが、0.25度以上の出現回数は全体の



0.11%にすぎなどは言え、出現する月は「2月」と「10～12月」であった。

図-15 S浄水場の原水濁度変動 (3年間平均)

一方、図-14は、水道水の色度に関する濁度階級別・半月別濁度の出現回数の3次元

グラフである。この図に見るように、色度は0.3度以下が大半で（全体の約56.6%）であり、それ以上の色度の出現回数は急減するが、1.0度以上の色度が発生しているのは「1月初旬」「2月中旬～5月初旬」および「6月下旬～11月下旬」であって、濁度の階級別・半月別濁度の出現回数とほぼ一致している。

一方、図-15は都市PのS浄水場の原水濁度の3年間平均経日変動を示すが、「2月下旬～6月中旬」と「7月中旬～11月下旬」にかけて濁度の高い時期が存在するが、この時期は、図-13、14に示す水道水濁度が0.1度以上、色度が1.0度以上となる時期とほぼ一致している。換言すれば、水道水の濁度や色度がやや高めに変動する時期は、この都市域における融雪時期や大雨時期とほぼ対応している事を示唆しているようにも考えられる。

このような検討を他の5都市に対しても行い、その結果を表-2にまとめて示した。

表-2 原水濁度変動と給水濁度・色度の変動との関連性

都市の略号	P	Q	R	S	T	U
原水濁度 vs 給水濁度	◎	○	◎	◎	X	◎
原水色度 vs 給水色度	○	○	◎	X	○	—

註 ; ◎=関連性あり、○=やや関連性あり、X=関連性なし、—=計測なし

表-2に見るように、都市Tの例外はあるが、総じて、水道水の濁度は原水濁度の変動と関連性を持っているように思われる。微量の濁質の水道水への残存量はその負荷量に比例することを示唆しているとも言える。ただ、色度の場合は、濁度と原水水質変動との関連性よりも低い傾向を持つように考えられる。此处で、上記の現象と本研究との関連性を考える時、給水末端の水質異常の監視に際して原水の高濁度時には、とりわけ留意するべきであることを示唆していると考えられる。

3-3 水道水の濁度・色度の出現頻度

此处では、各事業体における各給水栓の日単位の時系列データの各々に月日の数値化を行った後に濃度(度)を基準にしてソートし、さらに、濃度(度)別出現回数をカウントした。その後、給水栓全体の濃度(度)別出現回数表に基づいて濃度(度)毎の出現率(%)を求め、両者の回帰式を求めた。

都市Pにおける両者の関係を図-16に示す、また、各都市における両者の回帰式を表-3に示すが、各回帰式は統計的には危険率1%で有意である。

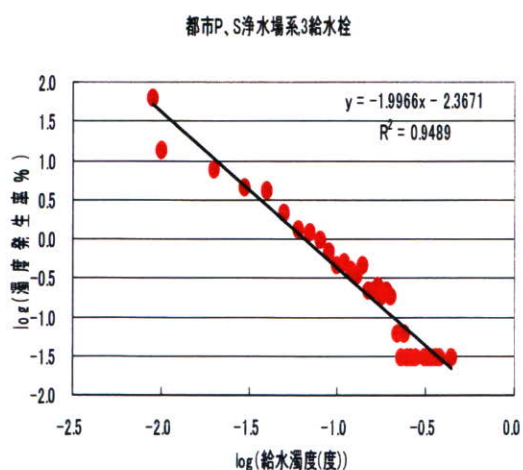


表-3 濁度出現率(%)の回帰式

都市	回帰式	R ²
P	$Y = -1.9966X - 2.3671$	0.9489
Q	$Y = -2.3746X - 3.0905$	0.9371
R	$Y = -1.7107X - 1.4874$	0.8760
S	$Y = -2.3718X - 3.2759$	0.8727
T	$Y = -2.1617X - 2.7116$	0.9209
U	$Y = -1.3893X - 2.6944$	0.8295

註 ; Y=log(濁度発生率(%))
X=log(濁度(度))

図-16 都市Pの濁度とその発生率(%)

一方、表-4には、各都市において使用したデータ数、各都市での調査期間中に出現した濁度の最大・最小値、および、表-2の回帰式から求めた各濁度(0.1、0.5、1.0、2.0度)での出現率(%)を示す。