

図 7 紫色 LED おける光路長と透過光電圧の関係

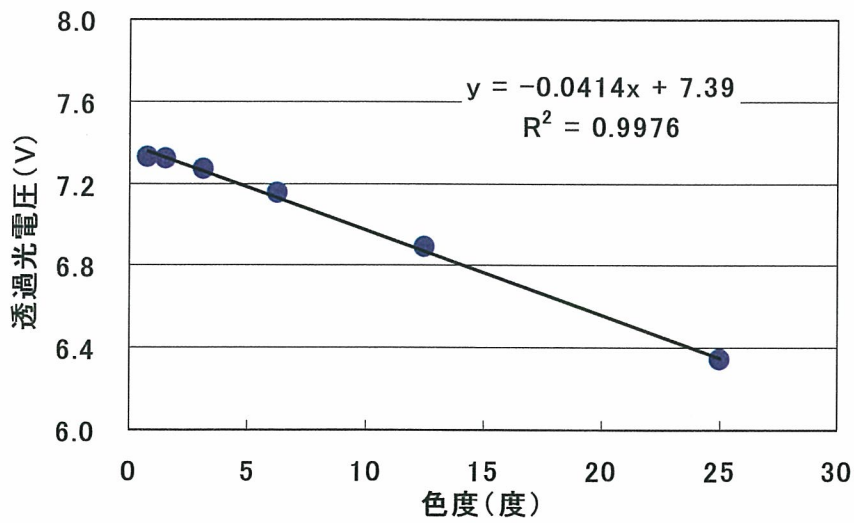


図 8 Case1 における色度と透過光電圧の関係

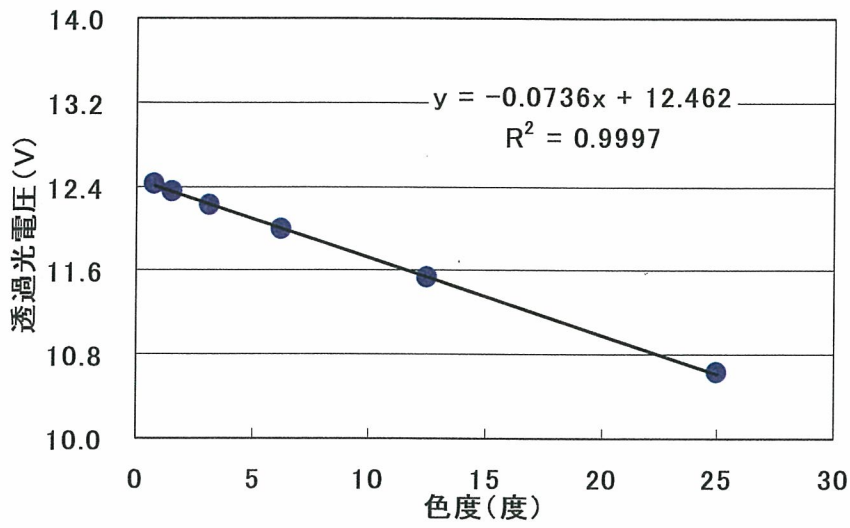


図 9 Case2 における色度と透過光電圧の関係

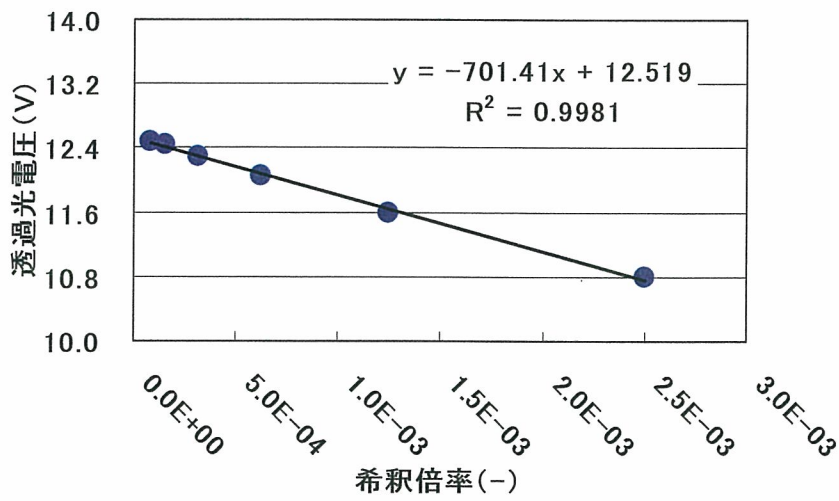


図 10 フミン酸の希釈倍率と透過光電圧の関係

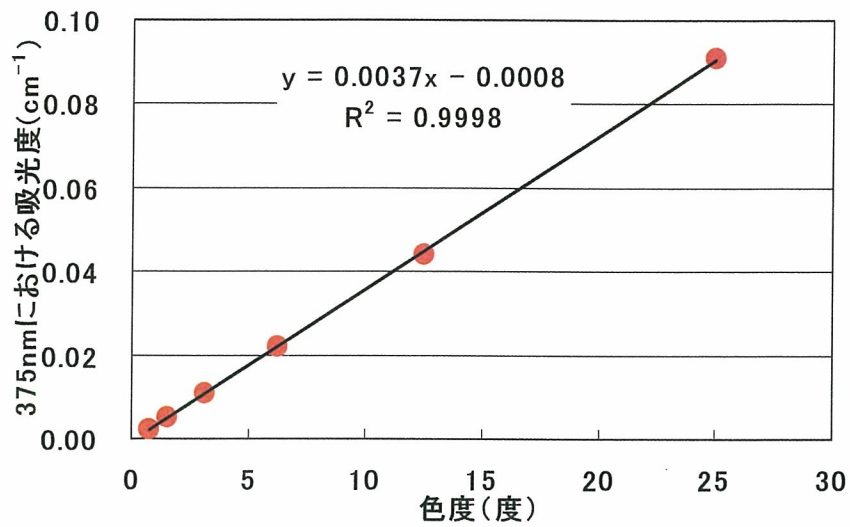


図 11 色度標準液における色度と 375nm における吸光度の関係

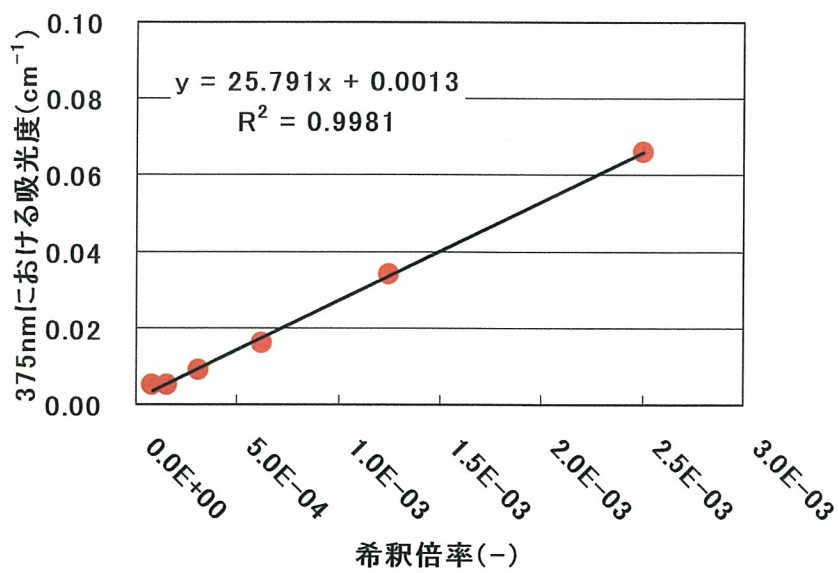


図 12 フミン酸における希釈倍率と 375nm における吸光度の関係

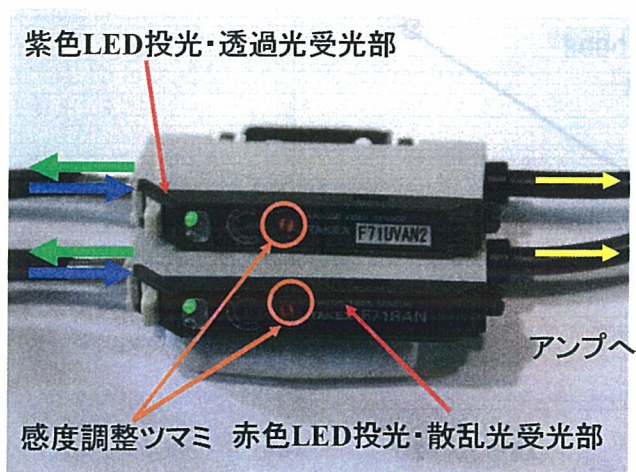


図 13 投光，受光ユニットの構成（改良型）

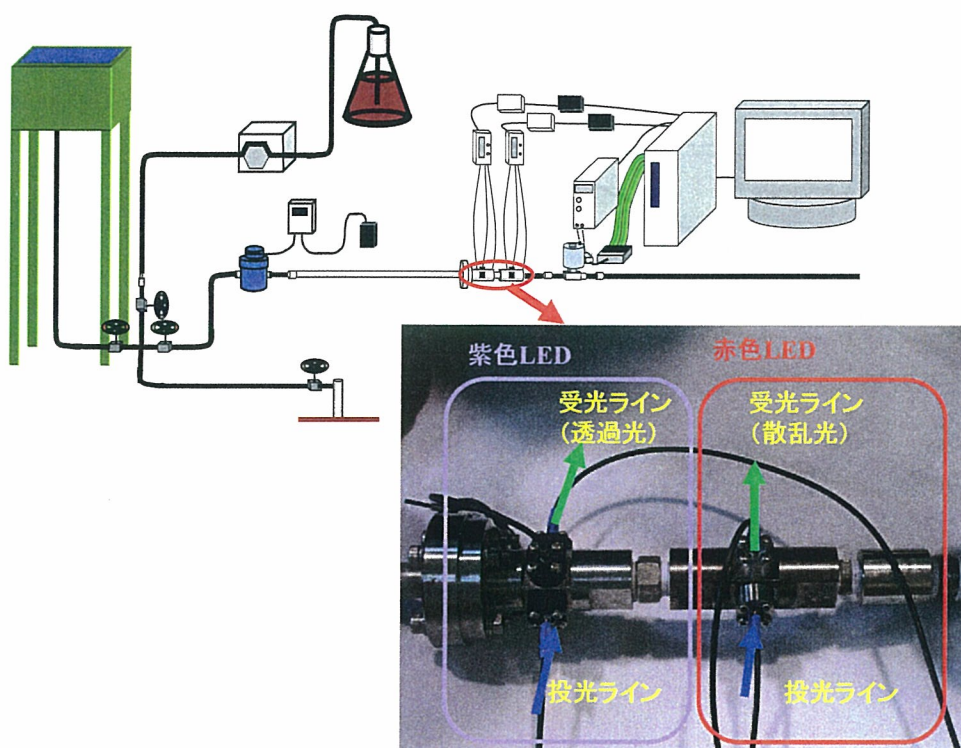


図 14 改良後の装置の概要

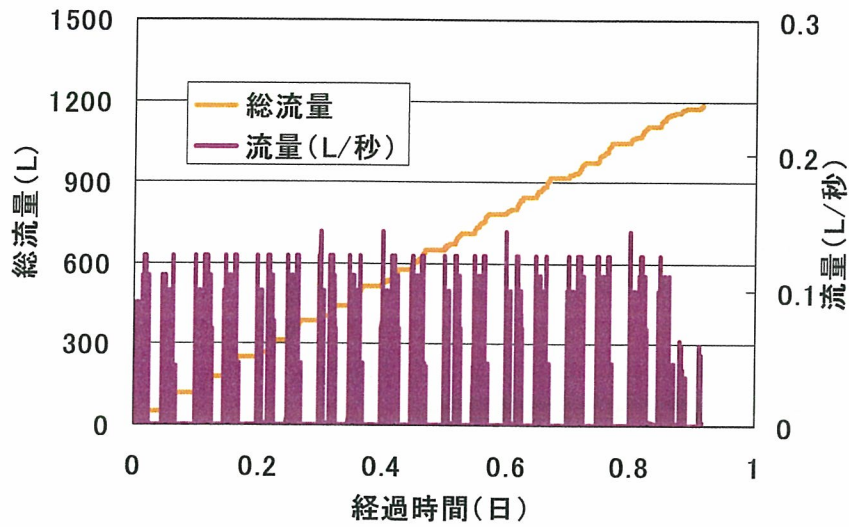


図 15 連続実験における経過時間と流量および総流量の関係

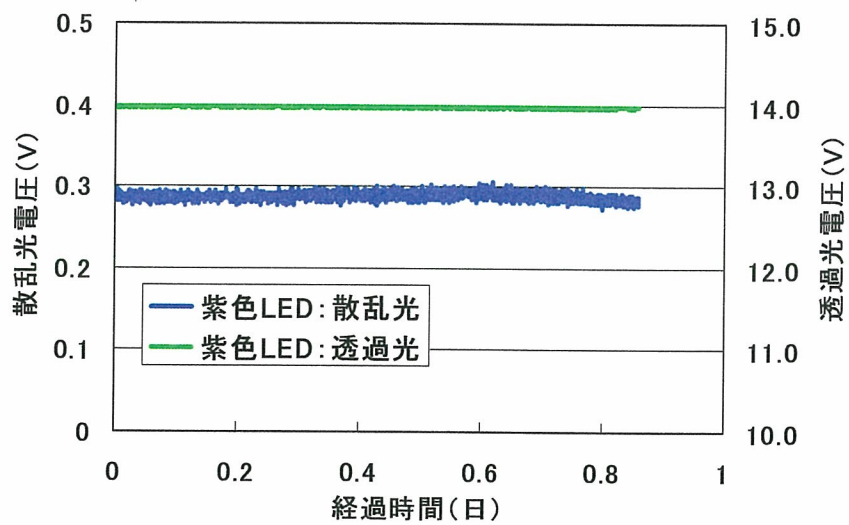


図 16 連続実験における紫色 LED の散乱光電圧と透過光電圧の変化

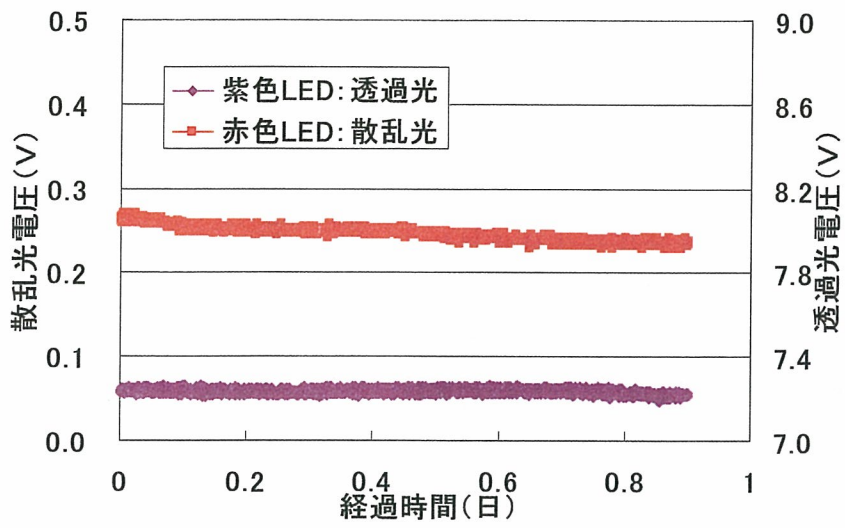


図 17 連続実験における紫色 LED 透過光電圧と赤色 LED 散乱光の変化

## 2. 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「Ⅱ」

・・・配水管網内の給水水質分布と異系統浄水の混合に伴う給水水質・・・

主任・分担研究者 中村 文雄 (財)給水工事技術振興財団

### 1、はじめに

水道水は、給水末端において水道水質基準を満足しなければならないものであることは論をまたない。しかしながら、水道水は浄水工程→送水→配水→給水の過程を経て給水されるので、浄水処理が為された水道水の水質は、送水・配水・給水の過程において配水管や給水管の材質その他の影響を受けて、不可避免的に、質的な変化が起る事になる。

ここで、本研究との関連において留意すべき事は、給水装置の機能不全等によって惹起される給水末端での水道水質異常である。したがって、水道水による衛生的問題発生や健康被害防止のためには、給水末端における水道水質を常時監視する事が望まれる。この観点から、本研究委員会を設定した1サブテーマにおいて、給水水質の連続測定・監視を行って水質異常を逐次検出し得る簡単・安価な水質異常検出器を開発しようとしている。この場合、水質異常判断の確実性と安全性を確保する為には、検出器から発信される異常情報当否を判断し得る補完的システムを確立しておく必要があると考えられる。

そこで、本研究は、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上での異常情報の判断補完システムのあり方に関する検討を主たる目的とした。昨年度は、P水道事業体のデータを用いて、原水水質等による水道水質変動の推定の可能性、および、検出器から発信される異常情報の当否判断のための閾値設定方法に関して検討したが、本年度の研究では、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、3都市の配水管網内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うこととした。

### 2、調査方法

#### 2-1、調査対象都市

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体を調査対象とし、本年度は、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よりデータの提供戴いて、上記の調査・解析を行った。なお、都市Pにおいては、昨年度<sup>1)</sup>の調査時に提供戴いたデータを用いて同様な解析を行った。

#### 2-2、調査個所および調査項目

各調査対象都市(調査対象区域)での原水・給水栓水の調査水質項目と給水栓数、および、調査期間は表-1に示すとおりである。なお、各水質項目データは、自動計測値の日単位(日平均値)の連続データである。

調査期間は、原則として平成14～16年度としたが、都市Rに関しては、同一調査期間とすると解析可能な給水栓数が少なくなるので、近年設置の自動計測給水栓を含めた全給水栓(12栓)のデータ取得が可能なH17, 7, 1-18, 4, 30の10ヶ月間とした。

各都市での自動水質計測は、原水、配水、給水栓において為されている。すなわち、「給

水栓水」の自動計測水質項目は、都市 P では、水温、濁度、電気伝導率、残留塩素、色度の 5 項目であるが、都市 Q, および R においては、これに pH を加えた 6 項目の自動測定を実施している。一方、「原水と配水」の自動計測水質項目には都市・浄水場・配水池により大きな差が存在する。また、浄水プロセスは水道水質基準を満足するべく強制的に原水水質を変換させるプロセスであるので、給水水質は原水水質を反映しないことになるが、“電気伝導率（以下において EC と略記）”は、若干の変化はあるにしても原水 EC を維持する特性がある。そこで、本研究では、原水水質の特性把握を目的として、各都市の各浄水場において比較的共通に計測されている EC のみを用いることとした。しかし、自動計測データがない場合には、実験室計測データ・直近の給水所水質データ・給水栓データ（代替）などを解析に用いた（表-1 の脚注参照）。一方、配水池での水質計測の実施状況は各都市・各浄水場において不揃いであり、共通のデータ処理が不可能なため、配水池の水質解析を行わないこととした。

表-1 各都市の原水・給水栓水の調査水質項目と調査期間

都市 略号	調査対象期間	原水	給水栓水	
		水質項目 <sup>1)</sup>	水質項目 <sup>1)</sup>	対象給水栓数
P	H14, 4, 1-17, 3, 31	電 <sup>2)</sup>	温、濁、電、色、塩	7
Q	H14, 4, 1-17, 3, 31	電 <sup>3)</sup>	温、濁、電、色、P、塩	45
R	H17, 7, 1-18, 4, 30	電 <sup>4)</sup>	温、濁、電、色、P、塩	12

1) 水質項目の略号：温=水温、濁=濁度、電=電気伝導率、色=色度、P=pH、塩=残留塩素

2) 原水の EC の計測がなされていないので、給水栓の EC データを代用。

3) As, Ms 浄水場では、給水所 (Nm, Ki) の EC を用いた。

4) Ng, It 浄水場では、実験室計測データ (H15/4~H18/7, N=63, N=83) を用いた。

### 2-3、解析方法

先述のように、本研究では、異常検出器から発信される異常情報の当否判断のための補完システムのあり方を検討しようとしているが、ここでは、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、①3 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。

#### 1) 配水管網内での水質分布

(1) 各水道事業体の原水 EC の変動態様

(2) 各水道事業体の給水栓水質の変動態様 (EC、濁度、色度、pH、色度)

(3) 各水道事業体の給水栓水質に基づくクラスター分析、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クラスター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



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。

以下において、これらの解析結果を、各都市の水道事業体ごとに記述する。

### 3、各都市の水道事業体の給水栓水質変動

#### 3-1、都市 P

##### 3-1-1、水道水源

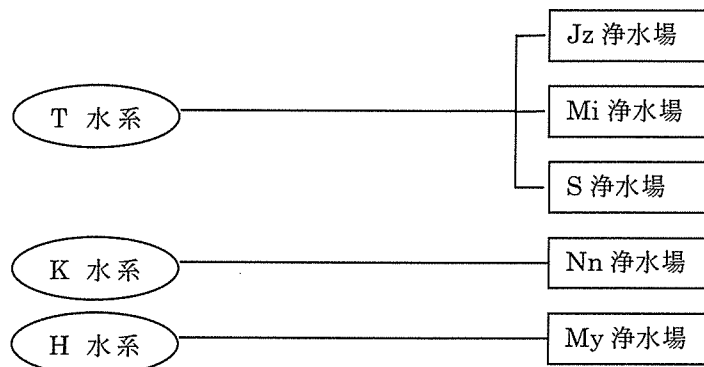


図-1 都市 P における水道水源と浄水場との関係

都市 P における水道水源と浄水場との関係を図-1 に示す。都市 P には、3 水系（河川 T、K、H）を水源とする 5 浄水場（Jz、S、Mi、Nn、My）がある。各浄水場ともに、PAC を凝集剤とする急速砂濾過法（マンガン砂）を採用している。

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 13ヶ所で実施している。また、各浄水場ともに、原水および浄水プロセス後段での自動水質監視を行っている。

##### 3-1-2、水道原水 EC の変動

都市 P における EC の自動測定は、原水に対しては為されておらず、配水池に対しては一部浄水場で実施されていない。そこで、給水栓水の EC を用いて原水特性の推定を行うこととした。

図-2 は、平成 14 年度～16 年度の 3 年間（約 1095 日間の日単位データ）における 5 浄水場給水（S 浄水場は Sb 配水池系給水）の EC 分布を示している。また、表-2 は、原水、配水池、給水栓水の EC 平均値の信頼区間(95%確率)を示している。なお、平均値の信頼区間は、t 分布式を変形した下式(1)に基づいて算出した。

$$x - t(\Phi, \alpha) \times s / \sqrt{n} < \mu < x + t(\Phi, \alpha) \times s / \sqrt{n} \dots\dots\dots(1)$$

ここで、Φ=自由度、α=生起確率、s=標準偏差、n=サンプル数、μ=母平均

図-2 より明らかなように、EC の変動幅は 61.1～234.5 μS/cm の範囲内にあるが、その平均値には水系による若干の差が存在する。一般に、取水口が下流部になるにつれ EC が増大するので、T 水系に対しては Jz 浄水場の EC を用いると (Jz<Mi=S-Sb)、微弱ながら、3 水系の EC には Jz<My<Nn の傾向を持つことが認められるが、表-2 に示す各

水系の EC 平均値の信頼区間(95%確率)には重複は認められず、この傾向が確認される。

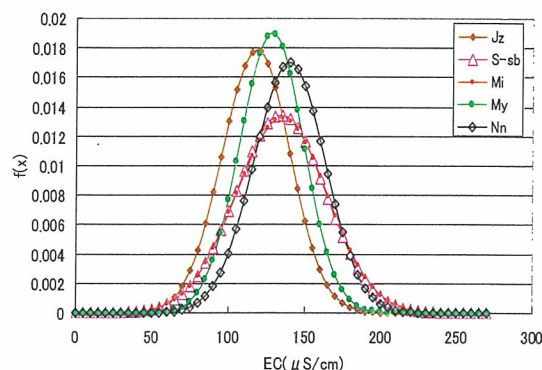


図-2 5浄水場の給水 EC の分布

表-2 EC 平均値の信頼区間

水系	浄水場	信頼区間 (5%危険率)
T	Jz	116.4 ~ 119.1
	Mi	132.8 ~ 136.4
	S-Sb	132.3 ~ 135.8
H	My	127.0 ~ 129.5
K	Nn	138.3 ~ 141.1

EC の単位 ;  $\mu\text{S}/\text{cm}$

なお、図-3 には、Mi 浄水場での原水、配水池、給水栓水の EC 分布( $n=1095$ )を示す。また、表-3 は原水、配水池、給水栓水の EC 平均値の信頼区間(95%確率)を示している。

一般に、浄水・滅菌工程において添加される電解質により、EC は不可避免的に増大することになるが、図-3 および表-3 から、原水 EC と給水 EC の各平均値との差は  $12\sim 14\mu\text{S}/\text{cm}$  である。また、添加される電解質の質・量は浄水場によって異なるものと想定される。したがって、各水系の原水 EC の平均値は、表-3 に示す数値から約  $15\mu\text{S}/\text{cm}$  を減じた値をとり、その分布は、図-2 のモードを約  $15\mu\text{S}/\text{cm}$  程度左側に平行移動した分布に近い形をとるものと推定される。

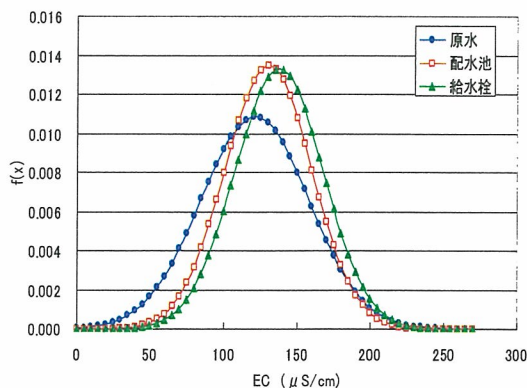


図-3 Mi 浄水場の原水、配水池、給水栓水の EC 分布

表-3 Mi 浄水場の原水・配水池・給水の EC 平均値の信頼区間

試料	信頼区間 (5%危険率)
原水	118.8 ~ 123.8
配水池	128.3 ~ 132.3
給水栓	132.8 ~ 136.4

EC の単位 ;  $\mu\text{S}/\text{cm}$

### 3-1-3 給水水質の経日変動

付図-1 には、調査対象とした 7 給水栓における水質 (5 水質項目) の平成 14~16 年度にかけての 3 年間の経日変動を示すが、表-4 には、各給水栓で計測されている水質 5 項目の 3 年間ににおける平均値、 $\sigma$ 、最大値、最小値を示す。

付図-1 に基づいて、この給水 EC 変動および他の水質項目との関連性について概観すると以下の通りとなる。

表-4 各水質項目の3年間の平均値、 $\sigma$ 、最大値、最小値

	Av	$\sigma$	Max	Min
EC	132.30	26.85	234.79	61.08
濁度	0.02	0.04	0.44	0.00
色度	0.37	0.27	3.00	0.00
残塩	0.47	0.05	0.76	0.28
水温	11.08	5.32	23.40	1.30

1)給水の EC ; 図-4 には、7 給水栓水の EC の経日変動を再掲する。前報<sup>1)</sup>でも述べたように、給水 EC は、各水系の流量変動とは逆呼応してほぼ 12ヶ月単位の周期的変動を示している。前述のように、水源としている 3 水系での EC 分布に大きな差が存在しないと想定されるために、結果として、7 給水栓の EC 変動幅には大きな差は認められず、巨視的に見れば、個々の給水 EC は、その周期的変動に対応して比較的小さい変動幅を持つ変動をとっていることが認められる。

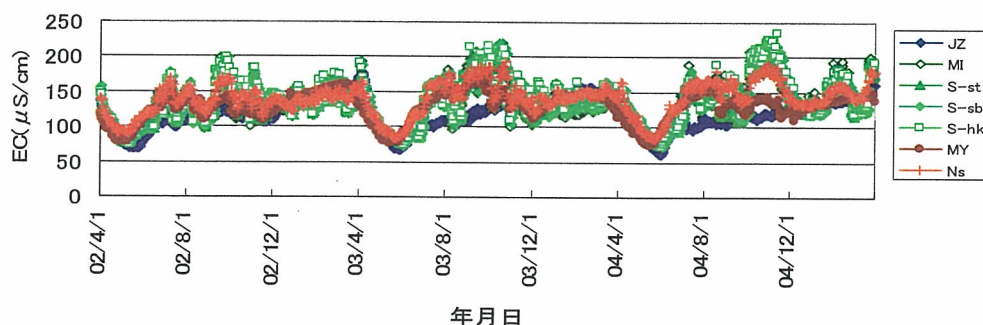


図-4 各給水栓水 EC の経日変動

2)給水の濁度・色度 ; 付図-1 を巨視的に見るとき、濁度・色度はほぼ類似の変動を示している。また、図-4 に示す給水 EC 変動とは連動していない。浄水処理においては、河川流量や原水水質に応じた浄水操作を行っているので、給水の濁度や色度の変動は、本来、それらの変動と無縁である可能性が高く、かつ、浄水操作特性も発現すると考えられるので、上記の現象は当然の帰着ともいえる。ただ、前報<sup>1)</sup>でも述べたように、不可避免的に、原水水質の影響が給水濁度・色度に発現する場合がある。

3)給水の残留塩素濃度 ; 給水栓によって異なるが、その変動は水温の変動とほぼ連動して変動していることが認められる。

なお、前報<sup>1)</sup>において、Jz 浄水場系給水栓の残留塩素は、原水水質を説明変数とする下式により推定(5%危険率で有意)できることを明らかにしている。

$$\text{残塩} = 0.007353 X_1 - 0.00248 X_2 + 0.44786 \quad \text{重相関係数} = 0.59501 \quad \dots (2)$$

ここで、残塩 ; 残留塩素、 $X_1$  ; 原水水温、 $X_2$  ; 原水濁度、

### 3-1-4 配水管網内の給水水質

浄水場で浄化された浄水は配水池・配水管網等を経て給水されることになるが、都市規模が大きくなるにつれ、水源・浄水場・配水池等の数が不可避免的に増大し、配水管網も複雑な形態をとることになり、その結果、配水管網内の給水栓水の水質の平面分布が不規則な形となることが想定される。

本研究では、特定給水栓の水道水質監視における水質異常の有無の判断に際して、水道水質の変動を補完的に活用することの可能性を検討しようとしているが、ここでは、特定の配水区域内における水質分布の不規則性の有無を、まず、検討する必要がある。

そこで、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（ここでは日単位データに変換）を用いて、クラスター分析を行い、その結果を、給水区域ブロック図に落として、都市内における水質分布の不規則性の有無を検討することとした。

クラスター分析では、7給水栓、5水質項目（水温、濁度、EC、残留塩素、色度）の3年間の平均値、 $\sigma$ 、最大値、最小値を用いた。また、計算では、①変数クラスター、②距離計算は原データのユークリッド距離、③合併後の距離計算はワード法を用いた。

クラスター分析結果のデンドログラムを図-5に示す。

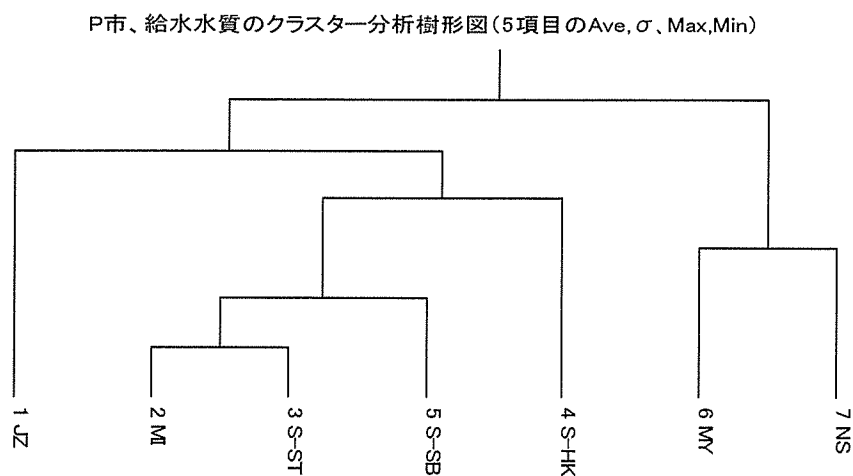


図-5 都市Pの給水水質(5項目)に基づくデンドログラム

図-5に示すデンドログラムは、大別して、「T水系の5給水栓水」と「KおよびH水系の2給水栓水」の2群に大別され、T水系の給水栓水は上流部のJz浄水場系と下流部のMi・S浄水場系の2群に分類されることを示している。したがって、この結果は、一般的な常識と矛盾していない。なお、この分析は、各水質項目毎の4指標に基づいて行われていたので、それぞれの作用の程度は明確ではないが、総じて、デンドログラムの左側の方向が低濁度、低EC、低色度、高残塩の傾向を持つ様に見える。中でも、色度と残留塩素がこの傾向に効いているように思われる。

一方、この結果を都市Pの配水区域をイメージしたブロック図に落とした結果を図-6に示す。ここでは、「T水系の5給水栓水」を青色系に、「KおよびH水系の2給水栓水」を茶色系の2群に色別し、T水系の青色はデンドログラムの配列に従って濃淡の色別し、

最左翼に位置する Jz 浄水場系給水栓水を濃紺とした。

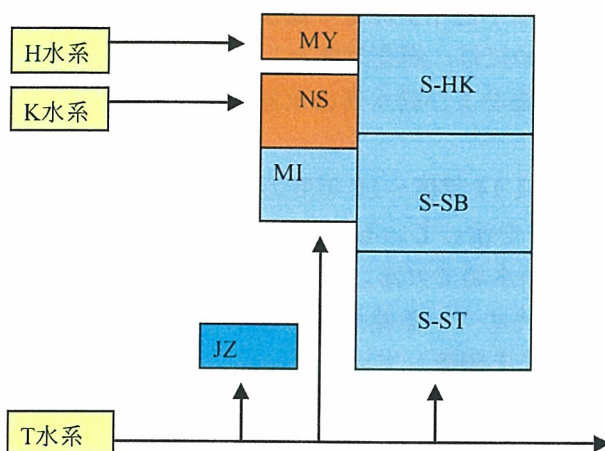


図-6 都市 P の配水区域内における水質の分布

都市 P は水源数も浄水場も多いが、その水源の利用方法や配水系統は、後述の都市 Q・R のように複雑でないので、図-6 に示されるように、配水管網中に給水水質分布には異常な不連続性は認められない。

### 3-2、都市 Q

#### 3-2-1、水道水源

都市 Q の浄水場と水道水源との関係を図-7 に示すが、都市 Q には、5 水系（河川 T、E、Ar、Tm、Sg）と地下水を水源とする 11 浄水場（Kn 浄水場には上下の 2 浄水場）がある。な

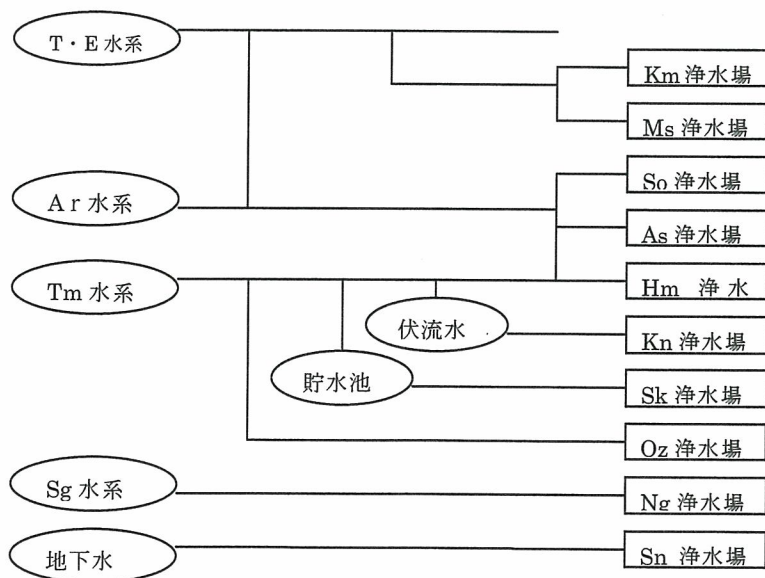


図-7 都市 Q の水道水源と浄水場との関係

都市 Q の浄水場と水道水源との関係を図-7 に示すが、都市 Q には、5 水系（河川 T、E、Ar、Tm、Sg）と地下水を水源とする 11 浄水場（Kn 浄水場には上下の 2 浄水場）がある。な

お、Kn・Sk 浄水場は緩速ろ過方式、Sn 浄水場は塩素消毒のみであるが、他の浄水場は急速ろ過方式を採用しており、Km、Ms、As 浄水場では、一部、高度処理を採用している。

また、調査対象とした 23 地区内には、Oz 浄水場からの浄水は配水されていない。

図-7 に見るとおり、河川 T、E、Ar、Tm 水系原水の利用形態はかなり複雑であり、この 4

複雑で、1つの給水所に複数の各浄水場からの浄水が送水されている事例も多い。

一方、水質自動測定器による水道水質測定・監視は、原水、配水池、給水栓に対して実施しているが、この研究のためには、調査対象とした23地区内の45給水栓水質、一部浄水場の原水水質、一部浄水場および給水所の水質データの提供をいただいている。

### 3-2-2、水道原水 EC の変動

図-8は、都市Qにおける平成14年度～16年度の3年間(約1095日間の日単位データ)における8浄水場のEC分布を示している。なお、前述のように、都市Qにおける原水ECの自動測定データは一部浄水場で欠落している。そこで、ここでは、As・So浄水場から送水される浄水が大部分を占めている給水所の浄水ECを代替データとして用い、また、データの無いSn浄水場の図示を割愛している。

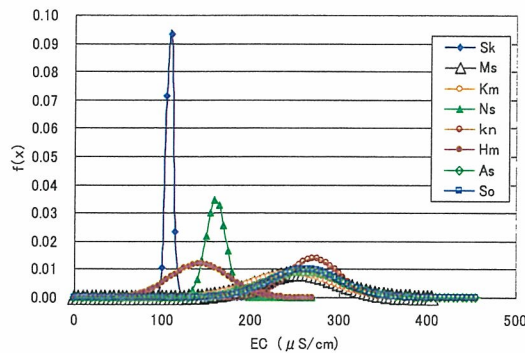


図-8 8浄水場の原水(給水所)のEC分布

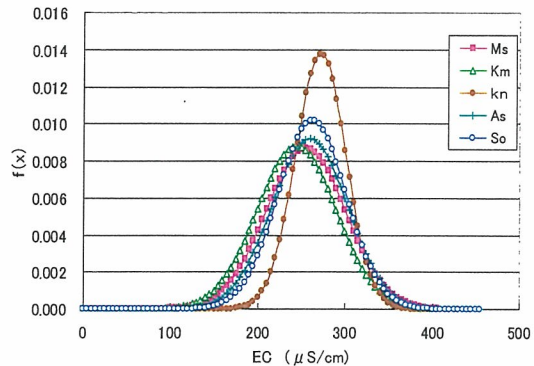


図-9 5浄水場の原水(給水所)のEC分布

図-8から、Sk,Ns,Hm浄水場の原水ECは他の5浄水場のEC分布とは明らかに独立した分布を示している。一方、図-9は、このSk,Ns,Hm浄水場を除く5浄水場の分布を示すが、その分布はほぼ類似した分布をとっていることが示されている。

表-5 原水EC平均値の信頼区間

浄水場	平均値の信頼区間 (5%危険率)
Sk	107.9 ~ 108.7
Hm	139.4 ~ 146.3
Ns	159.9 ~ 162.3
Km	240.0 ~ 249.3
Ms	250.2 ~ 259.6
As	255.3 ~ 264.2
So	258.4 ~ 266.5
Kn	268.8 ~ 274.7

なお、表-5は、都市Pと同様な手法で計算した各浄水場の原水EC平均値(As, So浄水場は給水所のEC)の信頼区間(95%確率)の下限値に基づいてソートした結果を示しているが、平均値の信頼区間の観点から見れば、Ms,As,Soの信頼区間は互いに重複している(水質の類似性が高い)にしても、Km,Knの浄水場の信頼区間は、他の3浄水場の信頼区間とは重複していない。

しかし、前述のように、As,So浄水場は給水所ECを用いているので、都市Pの結果を適用して、約15μS/cmを減算して考えれば(図-3、表-2参照)、Km,Ms,As,Soの各浄水場の信頼区間が重複することとなり、互いに、水質の類似性を示唆することになる。

いずれにしても、一見、類似した分布を示す5浄水場の原水EC分布(図-9)にも若干の差があると考えられる。また、結果として、EC以外の原水水質にも若干の差が存在す

ると想定される。

### 3-2-3 給水水質の経日変動

付図-2 には、都市 Q において調査対象とした 45 給水栓における水質（5 水質項目、水温は不表示）の平成 14～16 年度にかけての 3 年間の経日変動を示す。また、表-6 には各給水栓で計測されている水質 5 項目の 3 年間に於ける平均値、 $\sigma$ 、最大値、最小値を示す。付図-2 および表-6 に基づいて給水水質を概観すると以下のとおりとなる。

1)給水の EC； 図-10 には、45 給水栓水の EC の経日変動を再掲する。

表-6 各水質項目の 3 年間の平均値、 $\sigma$ 、最大値、最小値

	Av	$\sigma$	Max	Min
EC	238.3	38.4	385.8	103.9
濁度	0.010	0.014	0.490	0.000
色度	0.17	0.12	3.00	0.00
残塩	0.63	0.11	1.15	0.17
pH	7.4	0.1	7.9	6.6
水温	17.0	6.4	33.8	3.7

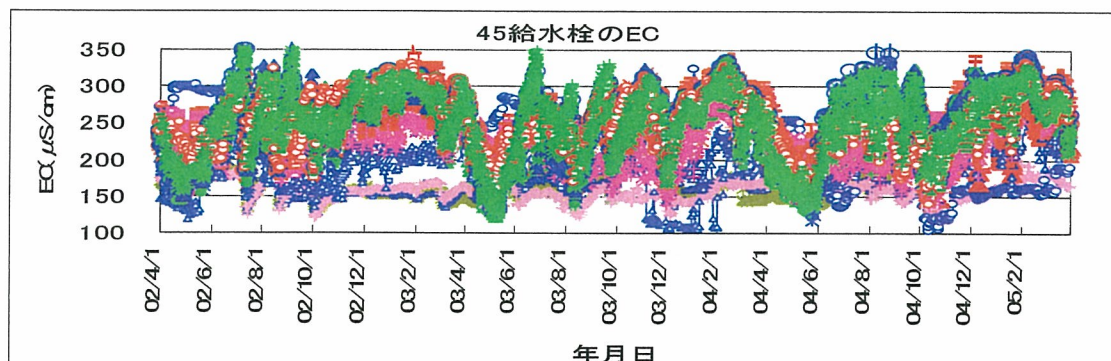


図-10 都市 Q、45 給水栓水の EC の経日変動

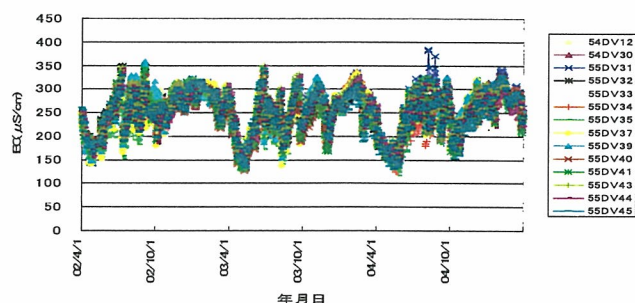


図-11 Km 浄水場系 14 給水栓 EC の経日変動

図-10 に認められるように、都市 Q の 45 の給水栓水 EC 変動の様相は、一見、不規則で、その変動幅はきわめて大きい。しかしながら、後述のクラスター分析結果や都市 Q の調査結果に基づいて、Km 浄水場系給水栓と目される 14 の給水栓 EC の経日変動を図-11 に示すが、この図に見るように、14 の給水栓 EC はほぼ同一の経日変動をとっており、図-10 に認められる不規則性はない。同様な傾向は、若干の乱れは存在するにしても、As 浄水場系と目される 16 給水栓、Ms 浄水場系と目され

る 9 給水栓の EC 変動にも認められた。換言すれば、個々の浄水場から送・配水される給水栓水質はほぼ同一の経日変動性を持っているに拘らず、45 給水栓のすべてを 1 図面に表示した結果、図-10 に認められるような変動態様をとったものと理解される。EC は、浄水工程、送・配水過程において著しい変化をしないため、上記のように、給水 EC は、各浄水場の原水水質の変動に応じた挙動を示すと言える。

2)給水濁度； 45 給水栓の濁度の 3 年間の変動には、最大 0.49 度に達する不連続的なスパイク様変動があるが、平均値は 0.010 度である(表-5 参照)。ここには図示しないが、この変動を各浄水系給水栓毎に図示してみると、EC (図- 11) に見るような系毎の同一の変動性は認められなかった。すなわち、同一浄水場系と目される給水栓群でも、濁度変動は一様ではなかった。なお、伏流水を給水している Kn 系給水栓水にはスパイク様変動は発生しておらず、0.05 度以下の変動を 3 年間継続していた。

3) 給水色度； 色度の変動は、濁度と同様に不規則な変動を示し、最大値=3.0 度、平均値=0.17 度である(表-5 参照)。また、同一浄水場系給水栓群と目される給水栓の色度変動様相も、基本的には、濁度変動とほぼ同様であるが、若干の類似性を持つと考えられる変動や周期的変動も認められた。

4)残留塩素； 45 給水栓の残留塩素濃度の変動幅は大きいですが、全体として、冬季に低く夏季に高い周期的変動性を示しており、水温の変動とほぼ連動して変動していることを示唆している。残留塩素の最大値=1.15mg/L、平均値=0.63mg/L である(表-5 参照)。また、同一浄水場系と目される給水栓群別にその変動態様を見ると、上記の変動性がより鮮明になり、かつ、その変動幅の縮小が認められた。

5) 給水 pH； 給水の平均 pH =7.4 であり、pH 変動は 6.6~7.9 の範囲内にあるが、その変動には残留塩素のような規則性は認められない。しかし、同一浄水場系と目される給水栓群別の変動態様には類似性の増大傾向が認められた。また、年単位の周期的変動性は認められなかった。

### 3-2-4 配水管網内の給水水質

都市 P と同様に (3-1-4)、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、都市内における水質分布の不規則性の有無を検討した。

クラスター分析では、45 給水栓、2 水質項目 (EC、色度) の 3 年間の平均値、 $\sigma$ 、最大値、最小値を用いた。なお、都市 Q では、6 水質項目 (水温、濁度、EC、残留塩素、色度、pH) を自動計測しているが、6 水質項目を用いると計算可能容量を超えてしまうので、ここでは、2 水質項目 (EC、色度) のみとした。都市 P のデータによるクラスター分析過程では、水質項目数を多く用いる方が分析精度が高まると考えられたので、2 項目を用いたこの分析結果は、6 項目を用いた場合に比し分析精度において若干劣ると推定される。なお、都市 P と同様に、計算では、①変数クラスター、②距離計算は原データのユークリッド距離、③合併後の距離計算はウード法を用いた。

都市 Q の EC (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-12 に示す。なお、EC と色度 (各 4 指標) によるクラスター分析結果は、EC のみによる分析結果とほぼ同一であることと、都市 Q の“給水の到達時間推定”などでは EC を用いているので、EC のみの分析結果を図示することとした。



デンドログラムの下部の記号は、各給水栓の番号と、その給水栓が存在する行政区域の略号を示しており、当該区域に複数の給水栓が存在する場合には区域略号に番号を付した。

図-12に見るように、45給水栓は大きく2群に分別されているが、巨視的に見れば、各群は、それぞれ2群に分別されている。

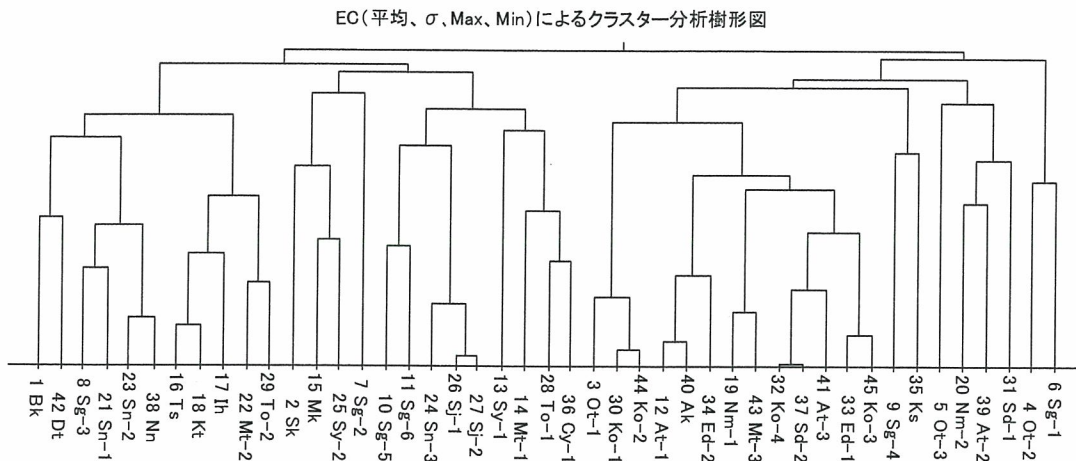


図-12 都市 Q の EC (4 指標) によるクラスター分析結果

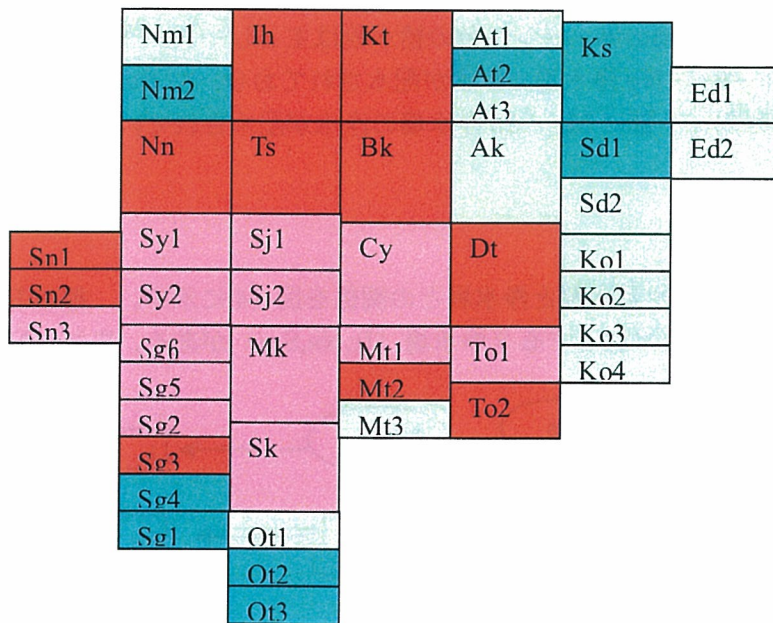


図-13 都市 Q の調査対象行政区域内における給水水質の分布

そこで、デンドログラムの給水栓番号の左から「1,42,8,21,23,38,16,18,17,22,29」、「2,15,25,7,10,11,24,26,27,13,14,28,36」、「3,30,44,12,40,34,19,43,32,37,41,33,45.」、「9,35,5,20,39,31,4,6」の4群に分けることとした。

これら4群を左から右に赤→ピンク→淡青→青に色分けして、各給水栓が属する群(色)

を都市 Q の調査対象とした 23 地区のブロック図に落とした結果が図-13 である。ここで、同一地区に複数の自動計測給水栓が存在する場合には、地区の略号に給水栓数に対応する番号を付け、その番号(給水栓)の配列は、やや恣意的ではあるが、周辺の配色との関連で位置付けた。図-13 から、調査対象地区の配水管網内の給水水質分布にはかなりの不連続性が認められる。すなわち、「赤」「ピンク」の配色をした給水栓群は互いに隣接した分布を示すのに反し、「淡青」「青」に配色をした給水栓群は配水区域の周辺部に不規則に分布している。

平成 18 年 4 月に、都市 Q が「各給水栓での浄水場比率と流達時間」を推定しているが、“その結果を上記のブロックに落とした図”と図-13 とを比較してみると、大綱においてほとんど同じ結果となっているが、「Nm1、Nm2」の配色に差が生じていることと、複数の給水栓が存在する地区の給水栓の配列順(配色)に若干の差がある。このような差は、①分析対象期間の差(クラスター分析は 3 年間、都市 Q は平成 18 年 4 月近傍の時点)、②クラスター分析が EC のみに依っていることなどに起因しているとも考えられる。なお、都市 Q のホームページにおける「水質検査地点図」によると、Nm 地区の一部には Hm 浄水場の送・配水を受けていることが示唆されているので、この地区での配色(図-13)は、その影響を受けているとも考えられる。

また、平成 18 年 4 月時点における都市 Q の上記の推定結果に基づくと、図-13 における右側の淡青・青色の給水栓 (At,Ak,Ks,Sd,Ed,Ko 地区) と Mt3 は Km 浄水場の浄水が配水されており、中央部の赤・ピンク色の給水栓は主として As・Ms・So 浄水場と小さい比率で Hm・Sk・Kn・Ng 浄水場の浄水が配水されており、左下の淡青・青色の給水栓は主として Ns 浄水場、一部に Ms・As 浄水場の浄水が配水されていると推定される。

### 3-3、都市 R

#### 3-3-1、水道水源

都市 R における水道水源と浄水場との関係を図-14 に示す。都市 R には、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)

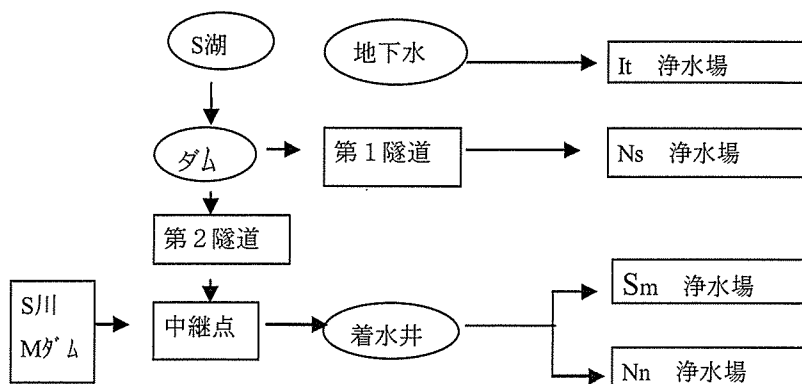


図-14 都市 R における水道水源と浄水場との関係

からも給水を受けている。各浄水場ともに、PAC 等を用いた急速砂濾過方式を採用している。なお、Sm 浄水場と Nn 浄水場(企業団)は、Sg・Sw の両水系の混合水を導いた同

一の着水井から取水しているのので、原水水質は同一である。

一方、水質自動測定器による水質測定・監視は、給水栓に対して市内 12ヶ所で実施している。また、浄水場によって実施項目に差があるが、原水および配水池の自動水質監視を行っている。

### 3-3-2、水道原水 EC の変動

図-15 は、3 浄水場原水の EC 分布を示している (Sm・Nn 浄水場は同一原水なので Sm 浄水場のみを表示)。ただし、自動計測実施有無により用いたデータ数・期間に差がある「Sm;平成 17 年 7 月 1 日～18 年 4 月 30 日の 10ヶ月間の日単位連続データ、It・Ns;平成 15 年 1 月～18 年 7 月 (It=63 日、Ns=83) の日単位不連続データ」。また、表-7 は、3 浄水場の原水 EC 平均値の信頼区間(95%確率)を示している。

上記のように、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-15 および表-7 より明らかなように、3(4)浄水場の EC 分布には明らかな差が存在し、3(4)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。

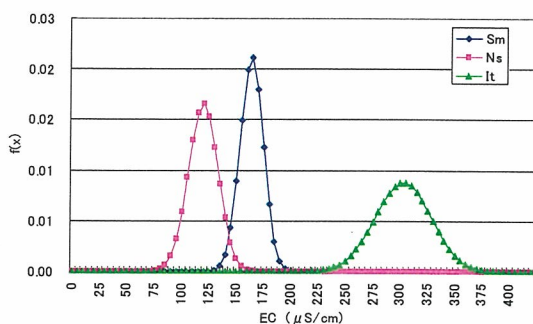


表-7 EC 平均値の信頼区間

水系	浄水場	信頼区間 (5%危険率)
Sg	Ns	116.1 ~ 123.0
Sw, Sg	Sm	162.7 ~ 166.1
地下水	It	297.1 ~ 308.4

EC の単位 ;  $\mu S/cm$

図-15 3 浄水場の給水 EC の分布

### 3-3-3 給水水質の経日変動

付図-3 には、調査対象とした 12 給水栓における水質 (5 水質項目、水温は不表示) の平成 17/7/1～18/4/30 にかけての 9ヶ月間の経日変動を示し、表-8 には、各給水栓で計測さ

表-8 各水質項目の平均値、 $\sigma$ 、最大値、最小値

	Av	$\sigma$	Max	Min
EC	18.23	1.50	35.14	11.56
濁度	0.07	0.08	1.00	0.00
色度	0.75	0.35	4.25	0.00
残塩	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

註 ; EC の単位 ; mS/m

れている水質 5 項目の 10ヶ月間における平均値、 $\sigma$ 、最大値、最小値を示す。付図-3 およ

び表-7に基づいて、給水水質について概観すると以下の通りとなる。

### 1)給水 EC

表-8に見るように、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-15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ECを緑系、Ns浄水場系と目される給水栓ECを青系、Sm(Nn)浄水場系と目される給水栓ECを赤系に配色した各給水栓ECの経日変動(平成17/7/1~18/4/30)を図-16に再掲する(付図-3参照)。

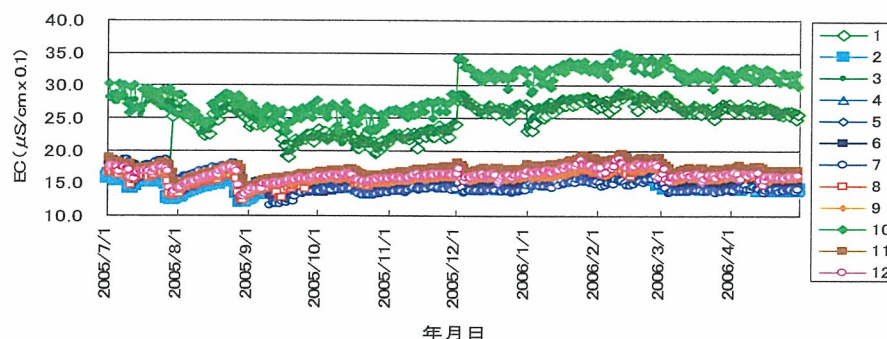


図-16 各給水栓水 EC の経日変動

図-16に示されるように、給水ECの経日変動には各浄水場の原水EC分布傾向(図-15)が反映されており、 $Ns \leq Sm (=Nn) < It$  の傾向が認められる。また、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、都市Qと同様に、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。

なお、各浄水場の給水ECは渇水期に増大する傾向を示唆しているが、調査期間が短期であるためか、前述の都市Pや都市Qで認められた周期的変動は明確には認められない。

一方、図-17には、Sm浄水場の原水ECにおける平成15~16年度の経日変動を示すが、ここでも明確な周期的変動性は認められない。

これらの現象は、都市Rにおける水道水源(図-14)との関連性を示唆しているとも考えられる。

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(付図-3、表-8)、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る。

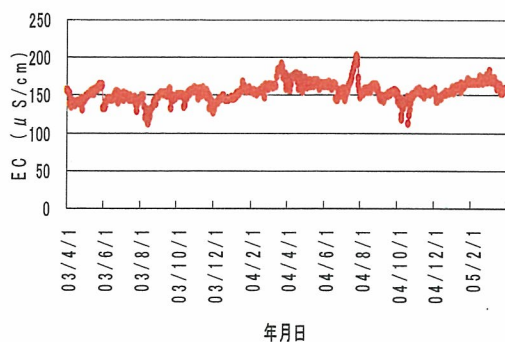


図-17 Sm浄水場原水ECの経日変動