

## 香川県の飲用井戸水における色度・濁度と鉄、マンガン等重金属濃度との相関性

## The Relationship between the Color or Turbidity and the Heavy Metals

such as Iron and Manganese Compounds on Drinking Well Water in Kagawa

小島俊男

Toshio KOJIMA

## 要 旨

香川県における井戸水中の鉄、マンガン、アルミニウム、亜鉛及び銅の性状に影響を及ぼす重金属濃度は、鉄濃度を指標として測定することにより、他の重金属項目の検査を省略していることになる。そこで性状に影響を及ぼすマンガン、アルミニウム、亜鉛及び銅の重金属濃度の水道法水質基準値適合・不適合を、検査12項目の内での色度、濁度及び鉄濃度で判断できないかを調査解析した。この結果、色度、濁度及び鉄濃度の測定により、マンガン、アルミニウム、亜鉛及び銅の重金属濃度の基準値適合・不適合についてもほぼ推定できることが分かった。ただし、今回調査した89例中2例は、色度、濁度及び鉄濃度が基準値適合であっても、マンガン濃度が基準値不適合となった。

キーワード：色度 濁度 鉄 マンガン アルミニウム 相関性

## I はじめに

香川県において飲料水の一般化学・細菌試験は、色度、濁度、臭気、味、pH値、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素、塩化物イオン、全有機炭素(TOC)、硬度、鉄及びその化合物、一般細菌数、大腸菌の12項目を実施している。

このうち色度、濁度、臭気、味、pH値、塩化物イオン、全有機炭素(TOC)、一般細菌数、大腸菌は水道法の毎月検査に根拠を置き、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素はし尿、汚水、施肥等による地下水汚染の観点から、硬度は性状及び利用上の観点から、鉄及びその化合物は性状の観点及び香川県の地質的な特性(花崗岩層が基盤になっている)から<sup>1) 2)</sup>実施している。

本来的には飲用井戸水についても水道法水質基準50項目全部の実施をするのが望ましいが、経費的負担を考えると人為的汚染項目を除いた最少項目でその井戸水についての全容を把握することができればよい。

このため色度、濁度、臭気、味等の外観は人間の五感でその井戸水の概略を把握できるので重要である。

このうち色度、濁度は経験的に井戸水中の鉄、マンガン、アルミニウム、亜鉛、銅及びそれらの化合物の重金属濃度並びに腐植質(フミン質)に関係した有機物を反映していると考えられる。

今回、色度・濁度と飲用井戸水の水質の性状に影響を及ぼす鉄、マンガン、アルミニウム、亜鉛、銅及びそれらの化合物の重金属濃度並びにTOC濃度を測定し<sup>3) 4)</sup>、

それらの相関性を解析し、若干の知見を得たので、その結果を報告する。

## II 方法

## 1 調査期間

平成20年4月1日～平成21年3月31日

## 2 試料

県内3保健福祉事務所(東讃・中讃・西讃)及び小豆総合事務所で飲料水検査として受付した井戸水のうち、色度、濁度、全有機炭素(TOC)、鉄及びその化合物の濃度が基準値以上の比較的高濃度ないしは高濃度の試料89検体を解析した。

## 3 測定項目及び試験方法

水質基準に関する省令の規定に基づき厚生労働大臣が定める方法によった。

全有機炭素(TOC)：TOC計測定法

鉄及びその化合物、マンガン及びその化合物、アルミニウム及びその化合物、亜鉛及びその化合物、銅及びその化合物(以下、各々鉄(Fe)、マンガン(Mn)、アルミニウム(Al)、亜鉛(Zn)、銅(Cu)と省略)：ICP発光分光分析装置による一斉分析法

(色度、濁度は、各保健所での測定結果)

## III 結果及び考察

## 1 調査試料の測定結果

調査した試料 89 検体の各測定項目の濃度を表 1 に示す。

表 1 飲用井戸水中の鉄、マンガン等の濃度

測定項目	濃度範囲	平均値	水道法基準値
色度	0.1 ～104.3 度	12.1 度	5 度以下
濁度	0.1 未満 ～58.0 度	4.0 度	2 度以下
TOC	0.3 ～6.9 mg/L	2.2 mg/L	5 mg/L 以下 <sup>注)</sup>
鉄	0.004 ～49.6 mg/L	2.17 mg/L	0.3 mg/L 以下
マンガン	0.001 ～8.07 mg/L	0.433 mg/L	0.05 mg/L 以下
アルミニウム	0.001 未満 ～1.26 mg/L	0.136 mg/L	0.2 mg/L 以下
亜鉛	0.001 未満 ～15.6 mg/L	0.439 mg/L	1.0 mg/L 以下
銅	0.001 未満 ～0.599 mg/L	0.017 mg/L	1.0 mg/L 以下

注)平成 21 年 4 月 1 日から 3 mg/L 以下に改正。

試料 89 検体において、測定 8 項目のうちいずれか 1 項目が基準値を超えているものは 85 検体、色度が超えているものは 59 検体、濁度が 42 検体、TOC が 3 mg/L を超えているものが 21 検体、鉄が 64 検体、マンガンが 53 検体、アルミニウムが 18 検体、亜鉛が 6 検体、銅は 0 であった。

亜鉛については 89 検体中 67 件が基準値の 1/10 以下であった。また銅については 89 検体中 87 件が基準値の 1/10 以下であった。

## 2 測定項目間の相関性

測定した 8 項目間の相関係数を表 2 示す。

これらのうち有意水準 1% で有意であったものは、色度と濁度、色度と鉄濃度、濁度と鉄濃度及び色度とアルミニウム濃度の間であった。これらの相関係数は各々 0.777, 0.533, 0.593, 0.360 であった。これらの散布図を図 1, 図 2, 図 3 及び図 4 に示す。

## 3 重金属及び TOC 項目の組み合わせ(濃度)による相関性

色度、濁度に影響を及ぼす重金属及び TOC の濃度は、これら単独の項目で決まるとは限らないので、測定項目を組み合わせると色度、濁度との相関性を調べてみた。これらの相関係数の一部を表 3 に示す。

これらの組み合わせのうち、色度と鉄濃度の相関係数 0.533 又は濁度と鉄濃度の相関係数 0.593 よりも大きくなった組み合わせは、色度と鉄+アルミニウム合計濃度の相関係数 0.547, 色度と鉄+マンガン+アルミニウム合計濃度 0.538, 濁度と鉄+マンガン合計濃度 0.596, 濁度と鉄+アルミニウム合計濃度 0.597 及び濁度と鉄+マンガン+アルミニウム合計濃度 0.599 の 5 つの組み合わせであった。

5 つの組み合わせのうち、鉄単独との相関係数よりもやや改善されたのは色度と鉄+アルミニウム合計濃度の相関係数 0.547 のみで他の 4 つの組み合わせはほとんど変化がなかった。

鉄、マンガン、アルミニウムに亜鉛、銅、TOC を組み合わせた相関係数は、いずれも鉄単独との相関係数よりも大きくならなかった。

## 4 重金属項目の組み合わせ(倍率)による相関性

表 1 に示す重金属の水道法水質基準値は、水質に与える色度の要件から定められている<sup>3) 4)</sup>。水質基準値が相対的に高い重金属と低い重金属では、色度及び濁度に与える影響は異なってくる。そこで各重金属濃度に替わって、水質基準値の何倍になるかの倍率の合計で、表 3 の組み合わせ項目について色度、濁度との相関性を調べてみた。その結果を表 4 に示す。

この結果、濃度による金属項目の組み合わせよりも倍率による組み合わせによる相関係数がやや改善されたのは、色度と鉄/0.3+アルミニウム/0.2 の合計倍率の相関係数 0.553 だけであった。

## 5 散布図に見られる二つの傾向

表 2 において相関性があった 4 つの関係について、図 1～4 を見ると、図 1 の色度と濁度の相関性については良い相関があるといえる。

図 2, 3 において色度と鉄濃度及び濁度と鉄濃度の散布図において 2 つの傾向がみえる。高濃度の事例が少ないが、一つはゆっくりと右上がりになる傾向 (I 型) と、もう一つは急激に右上がりになる傾向 (II 型) がみられる。I 型にみられる高い鉄濃度の 2 検体と、II 型にみられる

表2 測定項目間の相関係数

	色度	濁度	TOC	Fe	Mn	Al	Zn	Cu
色度		<b>0.777</b>	0.067	<b>0.533</b>	0.099	<b>0.360</b>	0.055	-0.009
濁度	-		0.018	<b>0.593</b>	0.188	0.103	0.031	-0.046
TOC	-	-		0.099	0.253	-0.014	0.029	0.186
Fe	-	-	-		0.212	-0.033	0.011	-0.028
Mn	-	-	-	-		-0.009	0.237	0.045
Al	-	-	-	-	-		-0.045	0.227
Zn	-	-	-	-	-	-		-0.119
Cu	-	-	-	-	-	-	-	

注) **太字** : 有意水準1%で有意。相関係数  $r(87, 0.01) = 0.2715$

注) 有意水準5%で有意 : 相関係数  $r(87, 0.05) = 0.2078$

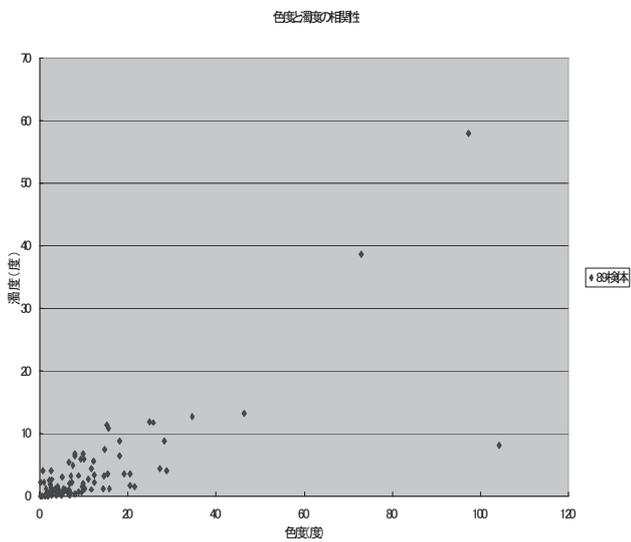


図1 色度と濁度の散布図

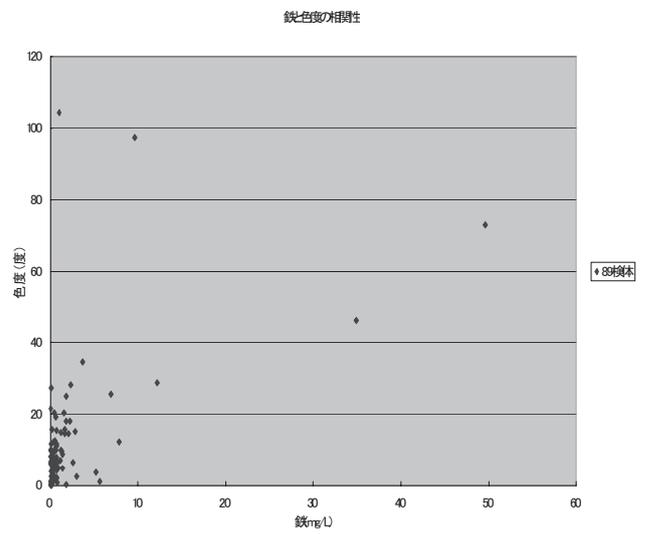


図2 色度と鉄濃度の散布図

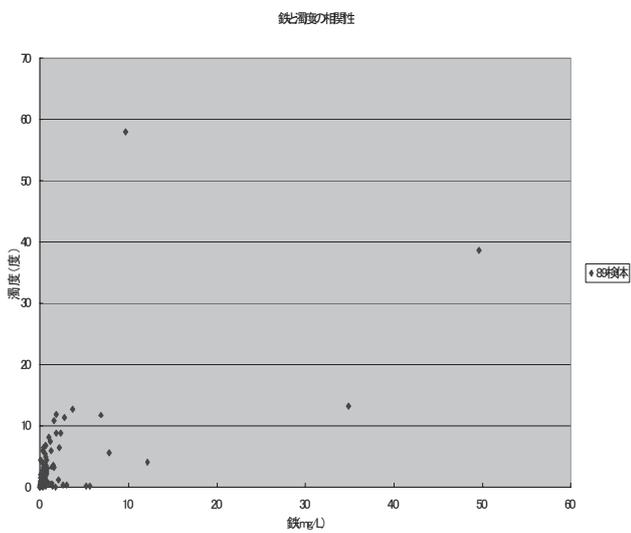


図3 濁度と鉄濃度の散布図

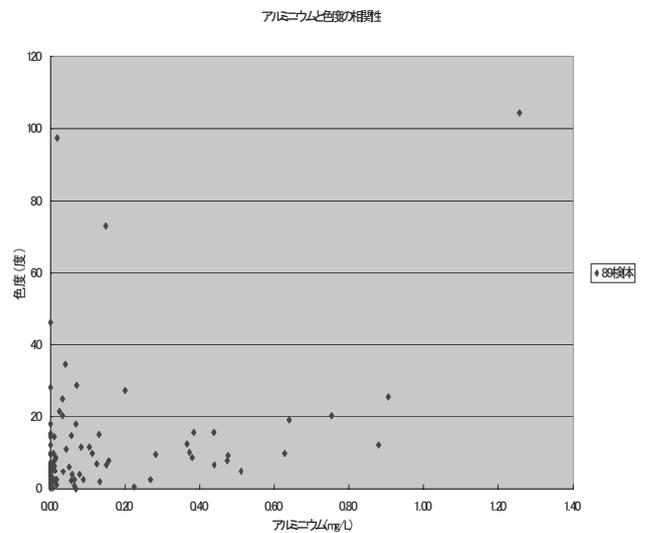


図4 色度とアルミニウム濃度の散布図

表3 測定項目の組み合わせ(濃度)による相関係数

	色度	濁度	Fe	Fe+Mn	Fe+Al	Fe+Mn+Al
色度		0.777	0.533	0.525	0.547	0.538
濁度	-		0.593	0.596	0.597	0.599

注) 有意水準1%で有意：相関係数  $r(87, 0.01)=0.2715$

表4 測定項目の組み合わせ(倍率)による相関係数

	色度	濁度	Fe/0.3	Fe/0.3+Mn/0.05	Fe/0.3+Al/0.2	Fe/0.3+Mn/0.05+Al/0.2
色度		0.777	0.533	0.408	0.553	0.421
濁度	-		0.593	0.503	0.599	0.507

注) 有意水準1%で有意：相関係数  $r(87, 0.01)=0.2715$

表5 高濃度色度又は濁度である4試料の分析結果

検体名	傾向	色度 (度)	濁度 (度)	TOC (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Al (mg/L)	Zn (mg/L)	Cu (mg/L)
試料1	I型	46.3	13.2	4.2	34.9	0.646	0.001 未満	0.209	0.005
試料2	I型	72.9	38.7	2.3	49.6	2.75	0.149	0.029	0.001 未満
試料3	II型	97.3	58.0	1.3	9.66	0.029	0.018	0.038	0.001
試料4	II型	104.3	8.2	1.4	1.01	0.029	1.26	0.202	0.005

表6 マンガン濃度が基準値を超えたが、色度、濁度又は鉄濃度が不適合とならなかった2試料の分析結果

検体名	色度 (度)	濁度 (度)	TOC (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Al (mg/L)	Zn (mg/L)	Cu (mg/L)
試料5	4.1	1.6	0.8	0.271	0.392	0.059	0.007	0.007
試料6	2.7	0.21	2.6	0.279	0.247	0.001 未満	0.460	0.001 未満

高い色度、濁度の2検体の各項目の濃度を表5に示す。

表5から、試料1, 2にみられるⅠ型は鉄、マンガン濃度が共に高濃度である傾向が見られた。一方、Ⅱ型における試料3は色度、濁度共に高濃度でかつ鉄濃度が高いが、試料4は色度が高濃度で濁度が低く、鉄濃度が比較的低かった。試料3, 4は共にマンガン濃度が低く、試料4は試料3に比較してアルミニウム濃度が高かった。Ⅱ型はマンガン濃度が低く、鉄又はアルミニウム濃度が比較的高い傾向が見られた。試料4においてはアルミニウムの凝集効果が、濁度の低下及び鉄濃度の低下をもたらしていることも考えられる。

#### 6 マンガン濃度が基準値を超えても色度、濁度又は鉄濃度が不適合にならなかった事例

2, 3及び4の結果及び考察から、香川県内の飲用井戸水においては、色度又は濁度に対して鉄、マンガン、アルミニウム等重金属濃度が及ぼす影響は、鉄濃度を指標として測定することで判断できると考えられる。

表2において鉄とマンガンの間に有意水準5%で有意性(相関係数0.212)が見られた様に、香川県においては地質の特性(花崗岩層が基盤になっている)から、通常、飲用井戸水中の鉄濃度に伴ってマンガンも溶解している。今回調査した89例中マンガン濃度が基準値を超えた53検体中46例については、マンガン濃度が基準値を超えていれば、鉄濃度が基準値不適合となった。53検体中5例については、マンガン濃度が基準値を超えていたにもかかわらず、鉄濃度が基準値適合となったが、色度又は濁度で不適合になった。

しかし、今回の調査において、89例中2例においてマンガン濃度が不適合にもかかわらず、色度、濁度又は鉄濃度が基準値に適合している事例が見られた。この分析結果を表6に示す。ただし、表6に示したように、2例とも鉄濃度は基準値をやや下回る濃度であった。

一方、調査した89例中24例についてはアルミニウム濃度又は亜鉛濃度が基準値を超えていたが、色度、濁度又は鉄濃度の1項目以上が基準値不適合となった。銅濃度については基準値を超えていた検体は無かった。

これらのことから、香川県においてはほとんどの飲用井戸水において色度、濁度及び鉄濃度の基準値適合・不適合によりマンガン、アルミニウム、亜鉛又は銅の重金属濃度の基準値適合・不適合についてもほぼ推定できる

が、まれに色度、濁度及び鉄濃度が基準値適合であっても、マンガン濃度が基準値不適合となる検体があることがわかった。

#### IV まとめ

平成20年度に香川県内で飲料水検査として受付した飲用井戸水のうち、色度、濁度、全有機炭素(TOC)、鉄及びその化合物の濃度が基準値付近以上の比較的高濃度ないしは高濃度の試料89検体を解析した。その結果、

- 1 色度と濁度、色度と鉄濃度、濁度と鉄濃度及び色度とアルミニウム濃度の間に有意水準1%で有意性があった。
- 2 香川県における飲用井戸水においては、色度、濁度及び鉄濃度の検査結果によりマンガン、アルミニウム、亜鉛、銅の重金属濃度の基準値適合・不適合についてもほぼ推定できるが、まれに色度、濁度及び鉄濃度が基準値適合であっても、マンガン濃度が基準値不適合となる検体があった。

#### 文献

- 1) 山根登, 水野直治: フィールドの化学, 44-47, 産業図書(東京), (1980)
- 2) 高桑紘: 香川の自然と災害, 41-125, 瀬戸内出版(香川), (1976)
- 3) 真柄泰基, 赤澤寛, 橋本徳蔵, 森田亮吉, 大澤英治: 水道水質ハンドブック, 日本水道新聞社(東京), (1994)
- 4) 日本環境管理学会編: 水道水質基準ガイドブック(改訂3版), 丸善(東京), (2004)