

# 四国地方の水道水の水質評価

妹尾 護・小谷 明・賀上 大資

倉敷芸術科学大学生命科学部

(2013年10月1日 受理)

## 1. はじめに

我が国の水道水は、水質基準によって安全性が確保されるとともに、原水の水質に応じた浄水システムを用いて供給されている。水道水の普及率は、2011年度には97.6%に達し<sup>1)</sup>、今や上水道は私たちの生活にとって必要不可欠なインフラ設備の一つとなっている。しかし、水源となる河川水、湖沼水、ダム水の汚濁や富栄養化、地下水の水質汚染等、今なお、水道水への様々なリスクが存在しており、取水・給水の制限や水質汚染事故、また異臭味被害の発生も報告されている<sup>1)</sup>。したがって、今後の水資源の保全やその利用についての政策を進めて行く上では、水質面から見た水道水の現状把握が必要であり、そのためには、地域的な水質調査と水質解析評価が重要となる<sup>2)</sup>。

一般的に、水道水は原水として河川水、湖沼水、ダム水、地下水等を用いて浄水処理を行っているが、原水の水質悪化が進行すると、水道水の含有成分にもその影響が現れてくるものと考えられる。さらに、水源や河川流域の地質環境の違いにより、地域的に水質組成が大きく異なることもあり得る。私たちは、水道水の水質特徴を明らかにすることを目的として、各地域の水質調査を進めており、中国地方については既に水質調査を実施した<sup>3,4)</sup>。この度、四国地方を調査対象地域として取り上げ、四国4県の水道水を採取し、残留塩素、pH、電気伝導度、陽イオン、陰イオン濃度を測定した。四国地方の水道水の水質組成については、谷川ら<sup>2)</sup>による研究があり、化学的酸素消費量(COD)等に基づく水質汚染度の評価、各県の水道水の水質タイプの特徴等が報告されている。本研究では、水質基準値との関係、地域的な水質の特徴、おいしい水の指標等に関する水質評価を行った。

## 2. 分析試料の採取場所

2010年10月に香川県、徳島県、高知県および愛媛県の四国4県の水道水を高速道(高松、徳島、高知、松山)のSA・PAと一般道の道の駅で32試料採取した。図1には、各採取地点を示した。以下、サンプル番号、採取場所および県名を記す。

1. 府中湖(香川)
2. 津田の松原(香川)
3. 鳴門西(徳島)
4. 公方の郷なかがわ(徳島)
5. 日和佐(徳島)
6. 宍喰温泉(徳島)
7. キラメッセ室戸(高知)
8. 大山(高知)
9. やす(高知)
10. 馬立(愛媛)
11. 高瀬(香川)
12. 立川(高知)
13. 南国(高知)
14. 土佐(高知)

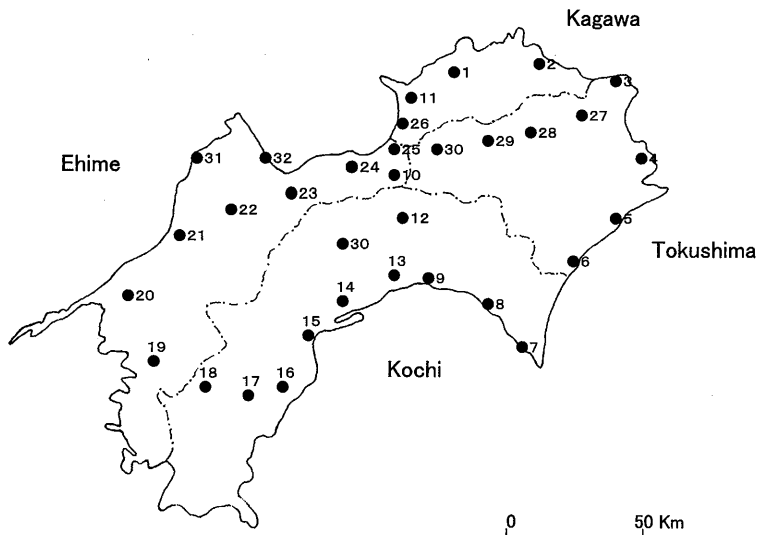


図1 分析試料の採取地点  
 図中の数字は試料番号をさす

15. かわうその里すさき (高知)    16. あぐり窪川 (高知)    17. 四万十大正 (高知)  
 18. 四万十とおわ (高知)    19. 広見森の三角ぼうし (愛媛)    20. 内子 (愛媛)  
 21. 伊予 (愛媛)    22. 桜三里 (愛媛)    23. 石鎚山 (愛媛)    24. 入野 (愛媛)  
 25. 上分 (愛媛)    26. 豊浜 (香川)    27. 上坂 (徳島)    28. 阿波 (徳島)  
 29. 吉野川 (徳島)    30. 池田 (徳島)    31. 風早の郷和里 (愛媛)  
 32. 今治湯ノ浦温泉 (愛媛)

### 3. 分析方法

水道水は、現地でpH (携帯用pHメーター、HANNA)、電気伝導度 (携帯用ECメーター、HORIBA) および遊離残留塩素濃度 (残留塩素測定器、SIBATA) を測定した後、ポリ瓶に分析用試料を入れて実験室に持ち帰った。そして、主要溶存成分である陽イオン ( $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ ) と陰イオン ( $\text{F}^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ ) の濃度をイオンクロマトグラフ (DIONEX 社製、DX-120) を用いて測定した。また、 $\text{HCO}_3^-$  は硫酸溶液を用いたpH4.8アルカリ度滴定法により定量した。一方、溶存ケイ酸は、モリデブン黄法を用いた吸光度分析によった。なお、溶存ケイ酸は $\text{SiO}_2$ として求めた。

### 4. 分析結果

四国地方の水道水の水質分析結果を表1に示す。以下、各分析項目について、水質上の特徴を述べる。

表 1 四国地方の水道水の水質分析結果

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Temp(°C)	25	24	25	23	21	23	25	26	25	21	24	22	23	26	26	24
pH	7.4	7.4	7.4	7	6.8	6.7	6.7	7	6.8	7.1	7.5	7.7	6.7	7.2	7.4	6.1
EC(μS/cm)	87	99	152	186	72	82	126	115	210	89	165	270	136	131	155	114
残留塩素	0.2	0.2	0.4	0.2	0.3	0.2	0.15	0.1	<0.05	<0.05	0.1	0.05	0.1	0.1	0.2	0.05
Na(mg/L)	3.86	5.18	8.57	8.09	7.32	7.64	11.17	7.52	14.27	4.19	16.33	11.79	8.64	6.47	7.59	7.02
K	0.47	0.59	1.51	0.77	0.57	0.84	0.92	0.72	1.53	0.70	0.72	2.04	1.01	0.83	0.87	2.07
Mg	0.44	0.52	1.28	3.31	0.12	0.41	1.57	0.78	3.68	0.41	1.15	4.64	1.64	1.08	1.28	1.05
Ca	3.24	4.29	7.44	12.16	0.37	1.26	3.21	5.59	11.24	3.27	8.52	30.75	9.08	9.71	12.66	4.36
F	0.03	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.08	0.07	0.09	0.03	0.32	0.05	0.04	0.03	0.05	0.02
Cl	3.32	4.53	7.54	4.98	4.54	3.45	8.93	3.32	18.35	2.25	10.61	2.08	3.92	2.17	2.56	4.90
NO <sub>3</sub>	0.72	1.01	3.44	3.93	0.74	0.99	1.42	2.30	4.52	4.74	0.76	1.14	3.48	1.25	1.47	3.72
SO <sub>4</sub>	4.95	6.43	12.83	9.65	4.09	6.44	12.54	10.06	15.46	5.28	7.43	21.36	7.00	4.76	4.92	7.42
HCO <sub>3</sub>	34.8	36.4	45	79.3	21	29.1	41.8	45.3	65.8	31	54.5	115.2	49.6	57.4	70.6	36.7
SiO <sub>2</sub>	9.8	10.5	15.2	33.2	24.5	28.5	29.2	25.5	33.2	15.5	19.5	29.2	25.5	20.8	21.8	28.5
硬度(mg/L)	9.9	10.7	18.6	30.4	1.4	4.8	14.5	17.2	43.2	9.9	26	95.9	29.4	28.7	36.9	15.2
O-index	2.51	2.21	1.71	3.56	6.04	4.47	2.36	2.93	2.40	3.42	3.35	2.38	4.12	5.37	5.70	4.12

No.	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
Temp(°C)	24	23	25	24	24	24	24	23	24	24	24	23	24	21	25	25	
pH	7.2	7.6	7.3	6.9	7.1	7.5	6.4	7.4	7.1	7.3	7	6.7	7.1	7.4	7	7	
EC(μS/cm)	100	250	167	210	270	310	184	187	100	100	230	230	110	52	230	192	
残留塩素	<0.05	0.25	0.35	0.05	0.1	<0.05	<0.05	0.1	0.1	0.1	0.3	0.15	0.1	0.05	0.05	0.2	0.35
Na(mg/L)	5.96	10.28	7.52	8.69	17.17	10.52	8.81	4.07	5.41	4.09	7.91	7.70	4.37	9.10	10.87	8.51	
K	0.80	0.92	0.78	1.53	3.21	2.35	2.25	1.58	0.41	0.68	1.86	2.03	0.97	1.65	1.65	1.96	
Mg	0.90	1.56	1.47	4.35	4.64	4.88	2.49	5.55	0.82	0.83	5.32	5.08	1.05	2.03	3.66	1.50	
Ca	4.26	25.27	6.61	16.31	17.83	32.34	16.85	11.76	2.97	4.58	14.82	16.04	5.68	11.88	16.87	11.28	
F	0.04	0.08	0.07	0.07	0.11	0.09	0.05	0.06	0.06	0.05	0.12	0.04	0.06	0.07	0.24	0.28	
Cl	2.36	7.02	7.54	7.25	17.34	3.96	8.30	4.24	5.33	5.24	7.50	7.20	4.40	5.28	9.37	6.94	
NO <sub>3</sub>	1.17	0.21	1.44	2.67	7.12	2.48	11.75	9.79	0.97	1.17	12.02	12.41	1.34	3.66	9.59	5.26	
SO <sub>4</sub>	8.11	37.01	11.22	12.81	26.95	57.93	20.53	16.03	7.45	6.08	19.80	17.15	7.22	18.17	20.25	15.35	
HCO <sub>3</sub>	35.1	82.5	50.7	78.7	81.2	99.2	35.7	64.2	30.2	34.5	74.4	70.6	34	58.2	77.1	63.9	
SiO <sub>2</sub>	31.2	39.5	22.5	33.5	38.5	40.8	34.5	23.2	9.2	14.2	42.5	29.2	12.8	30.8	42.2	42.2	
硬度(mg/L)	14.3	69.6	22.6	58.6	63.6	100.9	52.3	52.2	10.8	14.9	58.9	60.9	18.5	38	57.2	34.4	
O-index	4.02	1.70	2.35	2.99	1.88	1.20	2.33	1.69	1.52	2.81	2.36	2.12	2.36	2.20	2.54	3.29	

(1) pH

pH 値は 6.1-7.7 の範囲であるが、中性から弱アルカリ性を示す試料が多数を占める。酸性を示す水で最も pH 値が低い試料は No.16 (あぐり窪川、高知) で、pH6.1 であった。一方、最も pH 値が高い試料は No.12 (立川、高知) の pH7.7 であった。地域的な傾向として、徳島県の太平洋側、高知県中央部地域、また愛媛県瀬戸内海側の一部の水道水で酸性を呈する。なお、我が国における水道水の pH に関する水質基準値は 5.8-8.6 である<sup>5)</sup>。

(2) 電気伝導度 (EC)

電気伝導度は水中に含まれる無機イオンの量を反映したものである。測定された水道水の電気伝導度は約 50-300 μS/cm で、その値は地域によって大きく異なる。電気伝導度が最も低い試料は No.30 (池田、徳島) の 52 μS/cm で、一方、最も高い試料は No.22 (桜三里、愛媛) の 310 μS/cm であった。

(3) 陽イオン

Na<sup>+</sup> 濃度は全般的に低く、17.2-3.9mg/L の範囲であった。K<sup>+</sup> 濃度は 3.2-0.4mg/L で、Na<sup>+</sup> と同様に試料 No.22 (桜三里、愛媛) が最高値を示した (Na<sup>+</sup>: 17.2mg/L、K<sup>+</sup>: 3.2mg/L)。Mg<sup>2+</sup> 濃度は 5.6-0.1mg/L で、試料 No.5 (日和佐、徳島) が著しく低い値を示した (0.12mg/L)。Ca<sup>2+</sup> 濃度については、試料 No.22 (桜三里、愛媛) が最も高く (32.3mg/L)、一方、最も低い値は試料 No.5 (日和佐、徳島) の 0.37mg/L であった。なお、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> は検出され

なかった。

#### (4) 陰イオン

Cl<sup>-</sup>濃度は18.4-2.1mg/Lの範囲で、試料No.9（やす、高知）が最も高い値を示した（18.4mg/L）。一方、最も低い値を示した試料はNo.12（立川、高知）であった（2.1mg/L）。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度は、12.0-0.2mg/Lの範囲であり、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N（硝酸態窒素）濃度に換算すれば、2.7-0.05mg/Lとなる。我が国の水道水質基準では、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-NおよびNO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N（亜硝酸態窒素）濃度は10mg/L以下と規定されている<sup>5)</sup>。したがって、本研究で分析された水道水はすべて基準値以下となる。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度の地域的な傾向として、愛媛県北部の瀬戸内側、徳島県北東部で高く、それに対して香川県、徳島県の南東部の太平洋側および高知県の太平洋側で低い。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度については、試料No.22（桜三里、愛媛）が57.9mg/Lと最も高く、次いで試料No.18（四万十とおわ、高知）が37.0mg/Lであった。一方、試料No.5（日和佐、徳島県）が最も低い値を示した（4.1mg/L）。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度の地域的な特徴としては、愛媛県北部、徳島県北東部でその値が高く、香川県、徳島県の南東部および高知県中央部付近では低い値を示す。HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度は試料No.12（立川、高知）が115.2mg/Lで最も高く、試料No.5（日和佐、徳島）が21.0mg/Lの最低値であった。地下水等では、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>とCa<sup>2+</sup>濃度に相関関係がみられることが一般的であるが<sup>6)</sup>、本研究においても同様に相関関係が認められた。

#### (5) 硬度

水質分析結果をもとに、Mg<sup>2+</sup>とCa<sup>2+</sup>濃度から硬度（総硬度）を計算した（表1）。これは、Mg<sup>2+</sup>とCa<sup>2+</sup>濃度をCaCO<sub>3</sub>に換算する次式によった。

$$\text{硬度} = \text{Mg}^{2+} (\text{mg/L}) \times 4.12 + \text{Ca}^{2+} (\text{mg/L}) \times 2.50$$

本研究では、水道水の硬度は、ほとんどすべてが100mg/L以下であったが、試料No.22（桜三里、愛媛）は100.9mg/Lで、最も高い値を示した（図2）。それに対して、著しく低い値を示したのが、試料No.5（日和佐、徳島）の1.4mg/Lであった。四国全体でみると、硬度の値は地域によって大きく異なるが、徳島県から高知県南東部の太平洋側や香川県の瀬戸内側で硬度が低く（20mg/L以下）、それに対して、高知県の中央部や愛媛県の瀬戸内側で硬度が高くなる傾向が認められた。なお、我が国の水道水の水質基準値では300mg/L以下と規制されている<sup>5)</sup>。

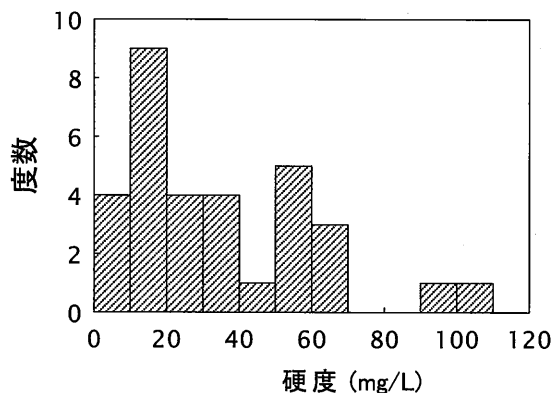


図2 水道水の硬度

(6) 水質組成

本研究では、水質組成図を用いて各試料の水質組成を比較検討した。図3および図4にはスティフダイアグラムとトリリニアダイアグラム<sup>7)</sup>を示した。図3から、各地域の水道水の水質組成は、次のようなタイプにまとめることができる。

- Ca-HCO<sub>3</sub> No.4 (公方の郷なかがわ、徳島) No.12 (立川、高知) No.13 (南国、高知)  
 No.14 (土佐、高知) No.15 (かわうその里すさき、高知)  
 No.18 (四万十とおわ、高知) No.20 (内子、愛媛) No.21 (伊予、愛媛)  
 No.22 (桜三里、愛媛) No.23 (石鎚山、愛媛) No.24 (入野、愛媛)  
 No.26 (豊浜、香川) No.27 (上坂、徳島) No.28 (阿波、徳島)  
 No.29 (吉野川、徳島) No.30 (池田、徳島) No.31 (風早の郷和里、愛媛)  
 No.32 (今治湯ノ浦温泉、愛媛)

- Na-HCO<sub>3</sub> No.5 (日和佐、徳島) No.6 (穴喰温泉、徳島) No.7 (キラメッセ室戸、高知)

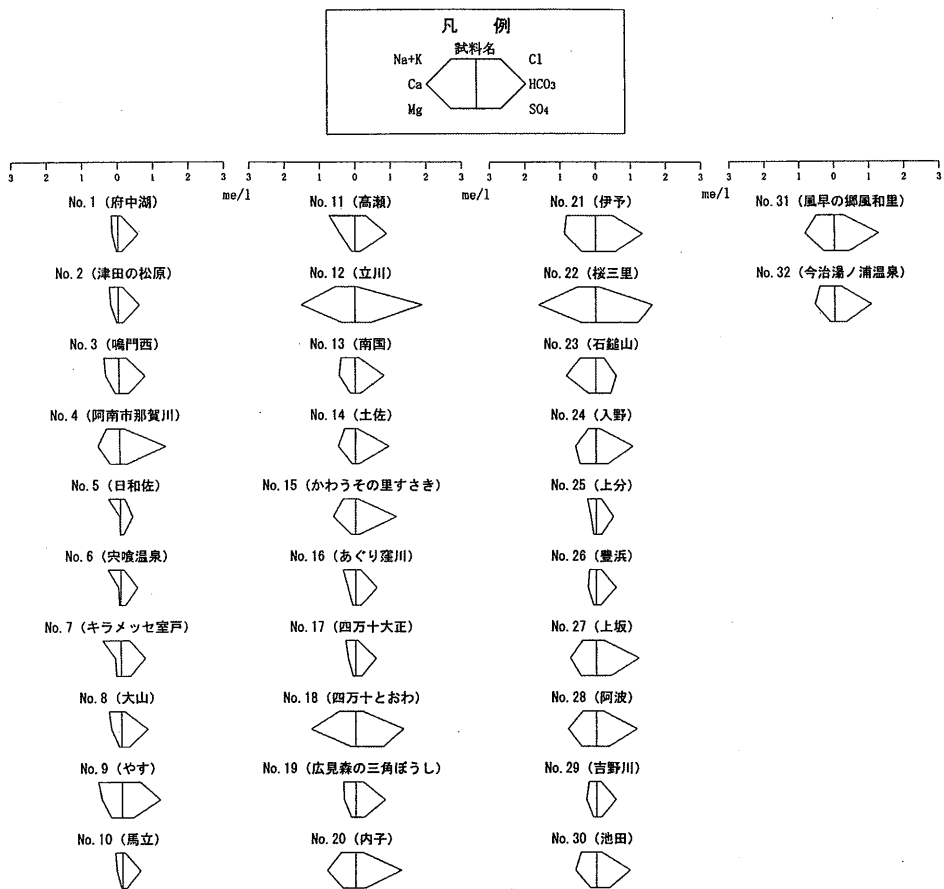


図3 スティフダイアグラムによる水質組成の比較  
 図中の数字は試料番号をさす

No.11 (高瀬、香川) No.16 (あぐり窪川、高知) No.25 (上分、愛媛)  
 Ca-HCO<sub>3</sub>/Na-HCO<sub>3</sub> No.1 (府中湖、香川) No.2 (津田の松原、香川)  
 No.3 (鳴門西、徳島) No.8 (大山、高知) No.9 (やす、高知)  
 No.10 (馬立、愛媛) No.17 (四万十大正、高知)  
 No.19 (広見森の三角ぼうし、愛媛)

以上のように、四国地方の水道水の特徴として、Ca-HCO<sub>3</sub>タイプの水質が多いことがわかる。ただし、Ca-HCO<sub>3</sub>タイプの水質組成には、Ca-SO<sub>4</sub>、Mg-HCO<sub>3</sub>およびNa-HCO<sub>3</sub>成分を比較的多く含む試料も存在する。その他のタイプでは、Na-HCO<sub>3</sub>およびCa-HCO<sub>3</sub>/Na-HCO<sub>3</sub>中間型が認められた。なお、海岸に近い試料採取地点も存在するが、本研究では、Na-Clタイプの水質組成を示す試料は認められなかった。

図4のトリリニアダイアグラムを用いた水質区分では、II型(アルカリ土類炭酸塩：浅層地下水関連)に属する水道水が多いことがみてとれる。次に多いのがIII型(アルカリ炭酸塩：深層停滞地下水関連)で、試料No.5(日和佐、徳島)、試料No.6(宍喰温泉、徳島)、試料No.7(キラメッセ室戸、高知)、試料No.11(高瀬、香川)、試料No.16(あぐり窪川、高知)およびNo.25(上分、愛媛)の各水道水がそれに属する。そして、I型(アルカリ土

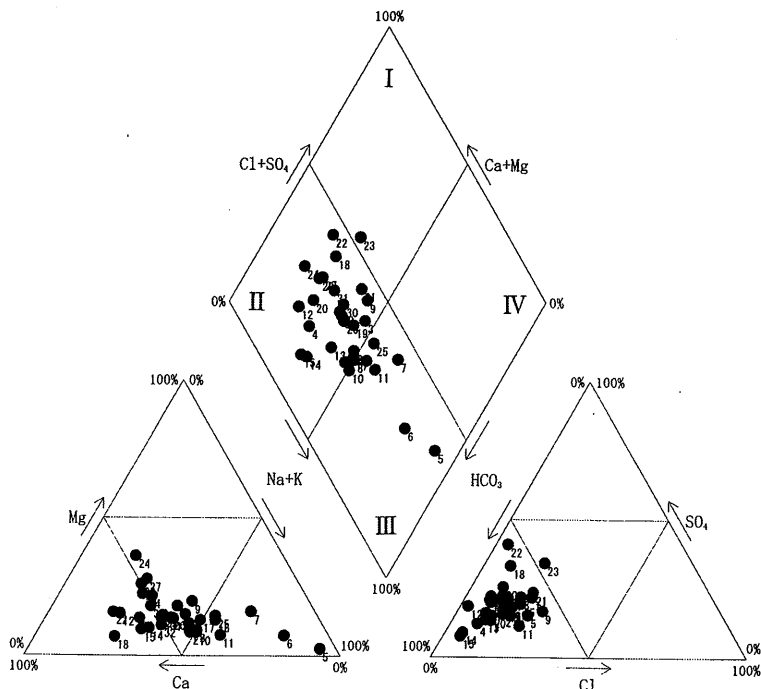


図4 トリリニアダイアグラムによる水質組成の比較

図中の数字は試料番号をさす

I～IVは水質タイプを示す(本文参照)

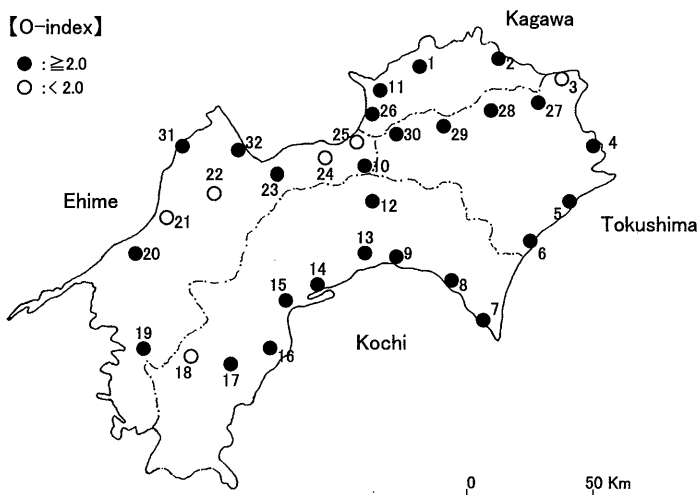


図5 四国地方の水道水の O-index 値

類非炭酸塩：熱水、化石水関連）には、Ⅱ型との境界付近にプロットされているが、試料 No.23（石鎚山、愛媛）の水道水が該当する。

(7) O-index（おいしい水の指標）

飲料水、鉱泉水等の官能試験より、Ca、K、SiO<sub>2</sub>が味を良くし、一方、Mg、SO<sub>4</sub>は味を悪くすることが指摘されている<sup>8,9)</sup>。これらの結果に基づき、橋本ら<sup>8,9)</sup>は、おいしい水の指標として O-index を提案し、おいしい水の要件として次式を採用した。

$$O\text{-index} = (Ca+K+SiO_2) / (Mg+SO_4) \geq 2.0$$

本研究で水道水試料を採取した 32 地点について O-index を求めると（図 5）、No.3（1.71；鳴門西、徳島）、No.18（1.70；四万十とおわ、高知）、No.21（1.88；伊予、愛媛）、No.22（1.20；桜三里、愛媛）、No.24（1.69；入野、愛媛）および No.25（1.52；上分、愛媛）の 6 地点が、O-index 2.0 未満であった。他の 26 地点の O-index は 2.0 以上で、その中でも、試料 No.5（日和佐、徳島）が最高値を示した（O-index：6.04）。

なお、おいしい水の要件を満たさない試料は、水の味を良くする成分と言われる Ca および SiO<sub>2</sub> の濃度は高いが、逆に味を悪くする成分の一つである SO<sub>4</sub> が特に多く含まれている点で O-index が低くなっている。

5. 考察

(1) 水質の特徴

スティフダイアグラム（図 3）による検討から、四国地方の水道水は Ca-HCO<sub>3</sub> タイプの水質組成を示すものが多いことが明らかになった。これら水道水は石灰岩起源の水質特徴を有しており、特に、試料 No.12（立川、高知）では Ca<sup>2+</sup> および HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> が多く（Ca<sup>2+</sup>：

30.8mg/L、 $\text{HCO}_3^-$  : 115.2mg/L)、さらに、アルカリ性を呈する (pH : 7.7) 等、典型的な石灰岩質の水質組成を示す。Ca- $\text{HCO}_3$  タイプの水質では、 $\text{NO}_3^-$  や  $\text{SO}_4^{2-}$  濃度の高い試料が徳島県の吉野川下流部や愛媛県北部の瀬戸内側に認められるが、その中には水質汚染の指標となっている  $\text{NO}_3^-$  濃度の高い水道水が存在する (試料 No.23、No.24、No.27、No.28、No.31)。これら水道水の水質組成は、原水としての石灰岩質の水に、程度の差はあるものの、水質汚染の影響が現れた結果であると考えられる。一方、Na- $\text{HCO}_3$  タイプの水道水は、全体的に溶存成分量が少なく (硬度 : 1.4-26.0mg/L)、また  $\text{NO}_3^-$  濃度も低いことから ( $\text{NO}_3^-$  : 0.7-3.7mg/L)、水質汚染を受けていないか、あるいは汚染を受けていたとしても、その程度は極めて低いと考えられる。本研究では、その他、Ca- $\text{HCO}_3$  /Na- $\text{HCO}_3$  中間型タイプの水質も認められたが、このタイプの試料も、溶存成分量が比較的少なく (硬度 : 9.9-43.2mg/L)、また  $\text{NO}_3^-$  濃度も低いため ( $\text{NO}_3^-$  : 0.7-4.5mg/L)、Na- $\text{HCO}_3$  タイプの水質と同様に、ほとんど水質汚染を受けていない水であろう。

図4のトリリニアダイアグラムでは、多くの試料がⅡ型 (アルカリ土類炭酸塩 : 浅層地下水関連) にプロットされる。これらの水道水は、溶存成分量は異なるが、水質組成上 Ca- $\text{HCO}_3$  タイプで、石灰岩に起源を有する浅層の地下水と考えられる。次に多い水質タイプとして、Ⅲ型 (アルカリ炭酸塩 : 深層停滞地下水関連) が挙げられる。試料では、Na- $\text{HCO}_3$  タイプの組成を有する No.5 (日和佐、徳島) No.6 (宍喰温泉、徳島) No.7 (キラメッセ室戸、高知) No.11 (高瀬、香川) No.16 (あぐり窪川、高知) No.25 (上分、愛媛) が該当する。このⅢ型に属する水道水は、水質形成の点からみて、滞留時間の長い深層地下水に由来したものであると推定される。一般に、深層地下水では、滞留中に地下水と土壌中の粘土鉱物との間でイオン交換反応が起こりやすく<sup>10, 11, 12)</sup>、粘土鉱物中の  $\text{Na}^+$  と地下水中の  $\text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  等のイオンが交換されて、結果的に溶存成分量の少ない水質組成に変化することが指摘されている<sup>10, 11, 12)</sup>。本研究においても、Na- $\text{HCO}_3$  タイプの水道水は、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  等の濃度が低い等、深層地下水と同様な水質特徴を有している。そして、Ⅰ型 (アルカリ土類非炭酸塩 : 熱水、化石水関連) に属する水道水として、試料 No.23 (石鎚山、愛媛) が該当する。この試料は、水質としては Ca- $\text{HCO}_3$  タイプといえるが、Ca- $\text{SO}_4$  成分の割合が高いのが特徴で、 $\text{SO}_4^{2-}$  や  $\text{SiO}_2$  濃度が高いことから判断して、石灰岩質の水に火山活動に関係する熱水起源の水 (温泉水、鉱泉水等) が混合したものと推定される。その他、Ⅱ型およびⅢ型の境界付近の試料は、水質組成でみると Ca- $\text{HCO}_3$  /Na- $\text{HCO}_3$  中間型タイプで、これらは両者の中間の性質を持つ水であろう。なお、谷川ら<sup>2)</sup> による四国地方の水道水の水質解析評価によれば、四国4県ともにⅡ型が多く、次にⅠ型、そして高知県でⅣ型 (アルカリ非炭酸塩 : 海水関連) が一例報告されている。従って、本研究においては、Ⅲ型に属する試料も認められることから、四国4県では、Ⅰ型からⅣ型のすべての水質組成の水道水が存在することになる。



## (2) おいしい水について

O-index (おいしい水の指標) による検討から、試料 No.1 (府中湖、香川)、No.2 (津田の松原、香川)、No.4 (公方の郷なかがわ、徳島)、No.5 (日和佐、徳島)、No.6 (宍喰温泉、徳島)、No.7 (キラメツセ室戸、高知)、No.8 (大山、高知)、No.9 (やす、高知)、No.10 (馬立、愛媛)、No.11 (高瀬、香川)、No.12 (立川、高知)、No.13 (南国、高知)、No.14 (土佐、高知)、No.15 (かわうその里すさき、高知)、No.16 (あぐり窪川、高知)、No.17 (四万十大正、高知)、No.19 (広見森の三角ぼうし、愛媛)、No.20 (内子、愛媛)、No.23 (石龜山、愛媛)、No.26 (豊浜、香川)、No.27 (上坂、徳島)、No.28 (阿波、徳島)、No.29 (吉野川、徳島)、No.30 (池田、徳島)、No.31 (風早の郷和里、愛媛) および No.32 (今治湯ノ浦温泉、愛媛) の各地点の水道水はおいしい水の要件を満たしていることは既に述べた (図 5)。しかし、これら試料はおいしい水の要件を満たしているものの、O-index は 2.1 ~ 6.0 で、その値は地域によって大きく異なっている。そこで、各水道水の O-index についてより細かくみると、愛媛県北部~香川県北部の瀬戸内側では O-index が約 3 以下とやや低く、一方、徳島県南東部と高知県南部の太平洋側では O-index が 4 以上の高い値を示す。したがって、徳島県南東部と高知県南部の太平洋側の試料では、よりおいしい水の要件を有していることになる。小島<sup>13)</sup> は、全国の代表的な都市の水道水を調査し、蒸発残留物、硬度、遊離炭酸、過マンガン酸消費量、残留塩素濃度等から、四国地方では、おいしい水の要件に適合する地域が徳島県と高知県に多く、それに対して香川県と愛媛県には要件に適合しない地域が多く認められることを明らかにした。また、谷川ら<sup>2)</sup> も、四国地方の水道水の水質解析評価をもとに、徳島県や高知県には良質の水道水が多いことを指摘している。徳島県や高知県では、山間部の占める割合が多く、水道水源が水量豊富な河川の伏流水や地下水、あるいは源流部近くから取水された河川水に依存していることが多いため<sup>14, 15)</sup>、良質な水道水が得られるものと考えられる。一方、香川県や愛媛県ではダム湖や河川の表流水を利用している場合が多く<sup>16, 17)</sup>、そのために比較的水質が悪くなったものと推定される。

## 6. おわりに

四国 4 県の水道水の水質分析結果をもとに、溶存成分についての水質評価を行った。その結果、徳島県や高知県には  $\text{NO}_3^-$  や  $\text{SO}_4^{2-}$  濃度の低い良質な水道水が多く、また、おいしい水の要件を満たす水道水が多数認められた。それらの水質組成は水源の環境によって影響を受けているものと推定され、香川県や愛媛県のようにダム水や河川の表流水等を利用する場合は比較的水質が悪く、一方、徳島県や高知県のように水量豊富な河川の状流水や地下水等を使用する場合には良質な水道水が得られるものと思われる。しかし、水源の環境と水道水の水質組成に関する詳細な比較検討を行うためには、分析試料数を更に増やす必要があり、今後は四国地方の水道水をより広範囲な地域から採取する予定である。

## 参考文献

- 1) 厚生労働省：<http://www.mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/kenkou-iryuu/kennkou/suidou/index.html>
- 2) 谷川 浩司, 吉田 知司, 池田 早苗：四国地方水道水の水質解析評価. BUNSEKI KAGAKU, 56, 799-803 (2007)
- 3) 勝浦 身和・鈴木 藍：中国地方の水道水の水質調査. 倉敷芸術科学大学国際教養学部卒業論文. 23p (2005)
- 4) 奥野 訓史・木村 哲也・田中 大輝・為貞 晃・登喜 渉：中国地方の水道水の水質評価. 倉敷芸術科学大学生命科学部卒業論文. 25p (2011)
- 5) 日本環境管理学会編：水道水質基準ガイドブック (改訂4版), 丸善, 209p (2009)
- 6) 北野 康：「新版 水の科学」NHK ブックス, 日本放送協会出版, 254p (2008)
- 7) 日本地下水学会編：「新・名水を科学する－水質データからみた環境－」. 技報堂出版, p 293 (2009)
- 8) 橋本 奨, 藤田 正憲, 古川 憲治, 南 純一：ミネラルバランスからみた飲料水の水質評価に関する研究. 水処理技術, 29 巻, 13-32 (1988)
- 9) 橋本 奨：健康な飲料水とおいしい飲料水の水質評価とその応用に関する研究. 空気調和・衛生工学, 63 巻, 463-468 (1989)
- 10) Tamari, Y., Inoue, Y., Tsuji, H. and Kusaka, Y.: An analysis of chemical compositions of ground waters utilizing a leaching technique: An application to the Rokko mountains and their surroundings. Bull. Chem. Soc. Japan, 55, 3760-3765 (1982)
- 11) 日下 譲, 福井 要, 辻 治雄, 玉利 祐三, 藤原 儀直：第三紀神戸層群の地下水の水質. 陸水学雑誌, 43, 254-262 (1985)
- 12) 後藤 達夫：地下水中のフッ素の化学的挙動について (1). 水, 37, 22-32 (1995)
- 13) 小島 貞男：「水道水をおいしく飲む－身体にやさしい水を求めて－」, 講談社, 222p (1994)
- 14) 徳島市水道ビジョン：平成 21 年 3 月策定, 計画期間, 平成 21 年度～平成 30 年度, <http://www.suido.tokushima.tokushima.jp/jigyo/suidovijon.html>.
- 15) 高知市水道事業基本計画 2007：平成 19 年 9 月策定, 計画期間, 平成 19 年度～平成 28 年度, <http://www.city.kochi.kochi.jp/deeps/24/2407/kihonnkeikaku.html>.
- 16) 高松市水道事業基本計画 (高松水道ビジョン)：平成 21 年 3 月策定, 計画期間, 平成 21 年度～平成 30 年度, <http://www.city.takamatsu.kagawa.jp/9433.html>.
- 17) 水道ビジョンまつやま 2009：平成 21 年 3 月策定, 計画期間, 平成 21 年度～平成 30 年度, [http://www.city.matsuyama.ehime.jp/kg\\_soumu/1191140\\_1076.html](http://www.city.matsuyama.ehime.jp/kg_soumu/1191140_1076.html).

## Evaluation of the quality of tap water in Shikoku district, southwest Japan

Mamoru SENO, Akira KOTANI & Daisuke KAGAMI

*College of life Science,*

*Kurashiki University of Science and the Arts,*

*2640 Nishinoura, Tsurajima-cho, Kurashiki-shi, Okayama 712-8505, Japan*

(Received October 1, 2013)

Tap water samples were collected in Shikoku district for evaluating the quality of tap water. The evaluation showed that the pH values ranged from 6.1 to 7.7, although many of them indicate neutral to alkaline water. Water hardness had a wide range of 1.4 to 100.9 mg/L. With regard to the concentration of  $\text{NO}_3^-$ , none of samples exceeds the water-quality criteria in Japan.

Diagrams of the water quality of each samples showed that  $\text{Ca-HCO}_3$  type water was predominant, with subordinate type waters of  $\text{Na-HCO}_3$  and  $\text{Ca-HCO}_3/\text{Na-HCO}_3$ . The  $\text{Ca-HCO}_3$  type water is thought to have originated in limestone. Judging from  $\text{NO}_3^-$  concentration, water of this type has been polluted in varying degrees. The source of  $\text{Na-HCO}_3$  type water seems to be deep ground water. The water is characterized by the low concentrations of  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{SO}_4^{2-}$ . It follows that  $\text{Na-HCO}_3$  type water is less-polluted water.  $\text{Ca-HCO}_3/\text{Na-HCO}_3$  type water is considered to have intermediate character between  $\text{Ca-HCO}_3$  and  $\text{Na-HCO}_3$  type waters in origin. This type water also shows a low concentration of  $\text{NO}_3^-$ . Therefore, it is probable that  $\text{Ca-HCO}_3/\text{Na-HCO}_3$  type water is hardly affected by water pollution.

The water quality of tap water in Shikoku district was analyzed based on the taste index (O-index). As a result, many samples of good-tasting water were identified in the tap waters from Tokushima and Kochi Prefectures. This seems to be responsible for use of good quality water such as water near source of river, underflow water and/or ground water, as the source of tap water in Tokushima and Kochi Prefectures.