

# 香川の水 (第17報)

## 水道水中の溶性ケイ酸濃度とおいしい水の評価

小島 俊男・砂原千寿子・黒田 弘之

### I 緒 言

ケイ酸は、花崗岩などのケイ酸塩を含有する岩石が風化する過程で水に溶けこんでくると考えられ、火山岩地帯の河川水の溶解性ケイ酸含有量は多くなるといわれている。<sup>1)2)</sup>

香川県の水道水源は河川表流水、ダム、貯水池などの地表水から、河川伏流水、浅井戸、深井戸などの地下水まで水源の種類が多く、また採取地点も多い。しかし、これまで県内の地表水と地下水、特に地下水のケイ酸濃度は明らかにされていない。そこで水道水源の溶解性ケイ酸濃度の分布について調査を行った結果、若干の知見が得られたので報告する。

一方、飲料水中の溶性ケイ酸濃度と健康との関連については明らかでないが、おいしい水との関係については、おいしい水の指標 (O Index) が提案<sup>3)</sup>されており、その中で水の味を良くする成分として示されている。

おいしい水については、厚生省の「おいしい水研究会」によってまとめられた水道水に関するおいしい水の水質要件<sup>4)</sup>があり共通項目の数値が示されているが、個々のイオンの濃度範囲やそれらの相互関係については触られていない。

ところで、水道水中の溶性ケイ酸濃度分布を調査する中で、特定水源の水道水の濃度が高いことがわかったので、きき水試験を行い、おいしい水との関係を調べてみたので、その結果もあわせて報告する。

### II 方 法

#### 1. 試 料

溶性ケイ酸濃度の調査については、香川県下5市38町の水道原水および浄水を対象とし、昭和62年度から63年度の2年間に、主として水道法に定められた全項目検査を行うために当所に依頼された水道原水135か所、水道浄水47か所について測定した。水源の内訳は、地表水である河川表流水が24か所、ダム水15か所、貯水池水11か所、また地下水である河川伏流水12か所、浅井戸水59か所、深井戸水13か所、湧水1か所である。

一方、きき水試験に用いた水道水は、平成2年度に当所に全項目検査の依頼があったもののうち10試料について試験した。

#### 2. 試験方法

溶性ケイ酸 ( $\text{SiO}_2$ ) については上水試験方法 (1985年版) に掲げるモリブデン黄法による比色定量を、また  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  については上水試験方法 (1985年版) に掲げる原子吸光光度法によって定量した。また  $\text{SO}_4^{2-}$  についてはイオンクロマトグラフ法により定量した。その他の項目については、水道法に基づく水質基準に関する省令によった。

きき水試験は、夏季と冬季の2回行い、夏季は水道水4試料を5名のパネリストに、冬季は水道水6試料を7名のパネリストに、室温水 (夏季は約29℃、冬季は約15℃) について飲み比べてもらい、そのおいしさの程度について「おいしい」「普通」「まずい」の3段階で評価してもらった。評価の基準ないし目安は設定せず、判定は各パネリストの主観にまかせた。また、試料の残留塩素は0.1～0.2 ppmになる様に調整し、臭味に影響を及ぼさない濃度にした。

### III 結果および考察

#### 1. 水道水源の溶性ケイ酸濃度

香川県内の水道原水135か所の溶性ケイ酸濃度の平均値等を水源別に求めた結果を表1に示す。

河川表流水、ダム水および貯水池水の地表水、また地下水のうち伏流水、浅井戸水の平均値が12.7～21.8 mg/ℓであるのに対し、深井戸水の平均値は56.8 mg/ℓと高濃度であった。また湧水は1か所ではあるが、63.1 mg/ℓと高濃度であった。貯水池水の平均値が12.7 mg/ℓと最も低く、河川表流水、ダム水、伏流水および浅井戸水の平均値は約20 mg/ℓではほぼ同じ濃度を示した。濃度範囲は地表水および伏流水において最大38.7 mg/ℓであったが、浅井戸水は最大50.1 mg/ℓを示すところがあった。深井戸水は37.5～67.7 mg/ℓと他の水源にくらべて高濃度のものばかりであった。変動係数は深井戸水が13

表 1 水源別にみた溶性ケイ酸濃度

単位：mg/ℓ (試料数および変動係数を除く)

	地 表 水			地 下 水			
	河川表流水	ダム水	貯水池水	伏流水	浅井戸水	深井戸水	湧水
試料数	24	15	11	12	59	13	1
平均値	21.4	20.0	12.7	19.0	21.8	56.8	63.1
範囲(最小~最大)	3.1~38.7	14.5~29.5	1.1~20.6	12.2~28.5	11.5~50.1	37.5~67.7	—
標準偏差	8.3	5.3	5.6	4.7	5.9	7.1	—
変動係数 (%)	39	21	44	25	27	13	—

％と他の水源にくらべて小さく、バラツキが少ないことを示している。

次に各水源の溶性ケイ酸濃度の分布を図1に示す。

河川表流水は10mg/ℓ未満から40mg/ℓまで広い濃度範囲に分布していた。香川県の水道水源取水量の約46％を占める吉野川表流水を水源とする香川用水(香川県水道用水)は平均で7.5mg/ℓと低濃度であった。(図1中の・印)。

ダム水と伏流水は、10~30mg/ℓまでの狭い濃度分布を示した。浅井戸水は大部分10~30mg/ℓまでの濃度範囲に分布していたが、30~60mg/ℓまでの高濃度範囲に分布する水源が数か所あった。深井戸水および湧水は、1か所の深井戸水を除き、50~70mg/ℓまでの高濃度でしかも狭い範囲に分布していた。

熊本県<sup>5)</sup>と比較してみると、河川表流水については、

香川県が平均値±標準偏差 21.4±8.3mg/ℓ、濃度範囲 3.1~38.7mg/ℓであるのに対し、熊本県が 12.2±6.7mg/ℓ、1.5~40.4mg/ℓと濃度範囲はほぼ同じであったが、平均値は香川県の方が高かった。浅井戸水については、香川県が 21.8±5.9mg/ℓ、11.5~50.1mg/ℓに対し、熊本県は 31.4±18.0mg/ℓ、4.5~82.2mg/ℓと熊本県の方が平均値が高く濃度範囲も広い。深井戸水については、香川県が 56.8±7.1mg/ℓ、37.5~67.7mg/ℓ、熊本県が 51.7±14.1mg/ℓ、13.2~91.4mg/ℓと平均値はほぼ同じ値を示しているが、濃度範囲は熊本県が低濃度から高濃度まで広範囲に分布していた。湧水については、香川県は1件の試料のみで比較できないが、熊本県 43.1±15.5mg/ℓ、8.8~73.0mg/ℓからみて、香川県の 63.1mg/ℓの湧水は高濃度のものであるこ

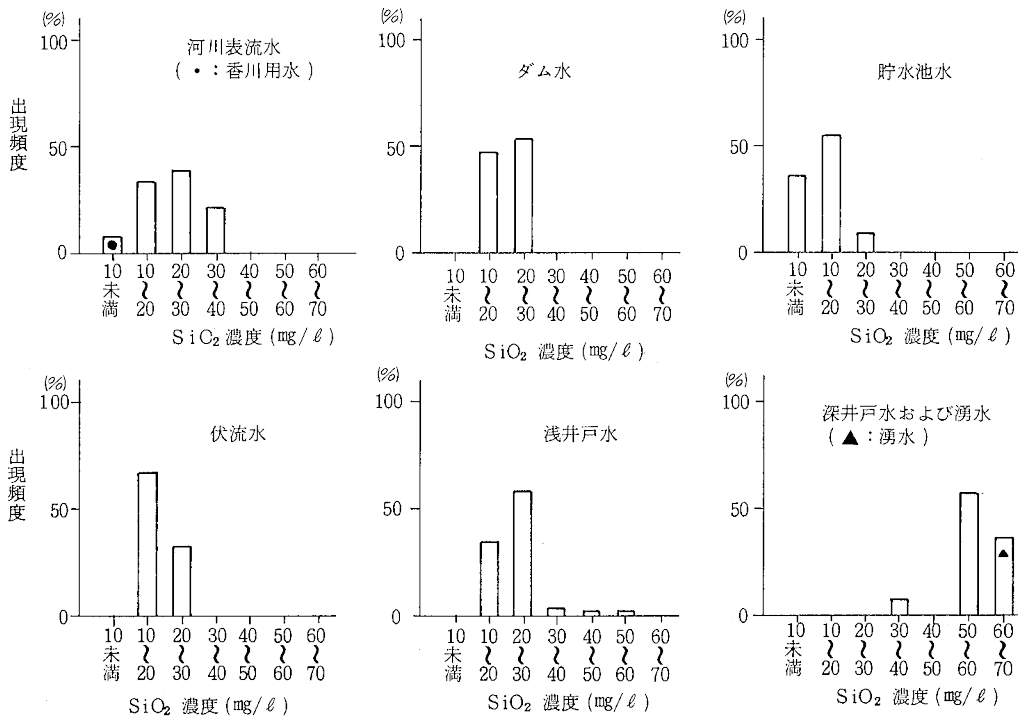


図 1 水源別溶性ケイ酸濃度の分布

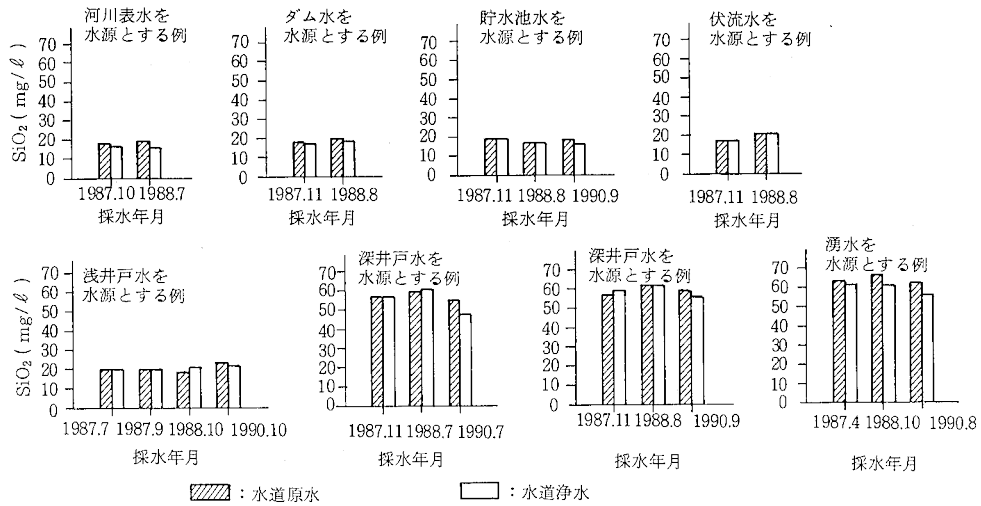


図2 水道原水および浄水中の溶性ケイ酸濃度と経年変化

とがわかった。

ところで、温泉法でメタケイ酸 ( $H_2SiO_3$ ) として 50 mg/kg 以上の場合、鉱泉の定義に該当する。これから計算すると、深井戸の12か所、浅井戸の2か所、湧水の1か所の水道水源がこの鉱泉の定義に該当する溶性ケイ酸濃度であった。

## 2. 水道原浄水中の溶性ケイ酸濃度と経年変化

昭和62年度～63年度および平成2年度に水道原水およびその浄水が同時に得られた試料について測定した溶性ケイ酸濃度の経年変化を調べた。これらのうちの一例を、水源別に図2に示す。

図2からわかる様に、いずれの水源においても水道原

水とその浄水の濃度はあまり変化がなく、浄水処理によってほとんど増減しないことがわかった。また、いずれの水源においても経年変化はあまりみられず安定した濃度であることがわかった。

## 3. おいしい水との関係についての一考察

橋本ら<sup>3)</sup>が提案したおいしい水の指標 O Index において溶性ケイ酸は水の味を良くする成分としており、県内で他の水源にくらべて溶性ケイ酸濃度が高い深井戸水を原水とする水道水がおいしく感じられるか調べてみた。水温の高い夏季と水温の低い冬季の2回実施した。きき水試験に用いた水道水の試料は、夏季が深井戸を原水とする水道水1件、浅井戸水について1件、河川表流水に

表2 きき水試験(夏季)に用いた水道水の化学成分濃度とO Index

単位: mg/l (pHおよびO Indexを除く)

試料 <sup>a)</sup>	A		B		C		D		備考
	深井戸水	浅井戸水	深井戸水	浅井戸水	河川表流水	河川伏流水	河川表流水	河川伏流水	
水源の種類	深井戸水	浅井戸水	深井戸水	浅井戸水	河川表流水	河川伏流水	河川表流水	河川伏流水	おいしい水研究会による おいしい水の水质要件  30～200 10～100 3以下          橋本らによるおい しい水の要件 2.0以上
蒸発残留物	144	238	144	238	180	68	180	68	
硬度	38.5	119	38.5	119	118	25.0	118	25.0	
過マンガン酸カリウム消費量	0.5	2.2	0.5	2.2	4.4	1.0	4.4	1.0	
pH	6.8	6.9	6.8	6.9	7.0	7.1	7.0	7.1	
Na <sup>+</sup>	24.2	34.8	24.2	34.8	36.7	3.8	36.7	3.8	
K <sup>+</sup>	2.0	5.7	2.0	5.7	4.3	0.4	4.3	0.4	
Ca <sup>2+</sup>	9.1	33.2	9.1	33.2	30.5	7.8	30.5	7.8	
Mg <sup>2+</sup>	7.0	10.4	7.0	10.4	18.4	2.0	18.4	2.0	
Cl <sup>-</sup>	14.8	23.4	14.8	23.4	34.4	7.4	34.4	7.4	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3.9	42.1	3.9	42.1	38.4	8.6	38.4	8.6	
溶性ケイ酸 (SiO <sub>2</sub> )	47.1	24.0	47.1	24.0	14.3	5.5	14.3	5.5	
O Index <sup>b)</sup>	5.3	1.2	5.3	1.2	0.9	1.3	0.9	1.3	

a) : 水温約29°C, 残留塩素 0.1～0.2 ppm.

b) : O Index = (Ca + K + SiO<sub>2</sub>) / (Mg + SO<sub>4</sub>).

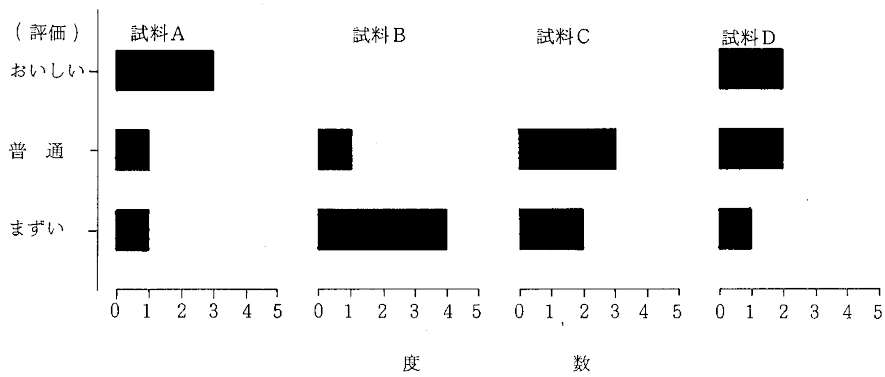


図3 きき水試験（夏季）の成績

表3 きき水試験（冬季）に用いた水道水の化学成分濃度と O Index

試料 <sup>a)</sup>	E	F	G	H	I	J	備考
水源の種類	深井戸水	深井戸水	深井戸水	貯水池水	河川表流水	—	おいしい水研究会による おいしい水の水質要件
蒸発残留物	110	112	136	40	44	242	30 ~ 200
硬度	20.6	20.2	26.8	11.3	24.5	31.6	10 ~ 100
KMnO <sub>4</sub> 消費量	0.6	0.6	1.1	2.4	1.0	1.0	3以下
pH	6.8	6.6	6.5	6.5	7.1	9.2	
Na <sup>+</sup>	11.0	11.2	11.0	5.4	4.1	70.5	
K <sup>+</sup>	1.4	1.7	1.8	1.7	0.8	3.0	
Ca <sup>2+</sup>	2.6	4.4	2.6	3.3	5.1	4.5	
Mg <sup>2+</sup>	1.5	1.5	2.2	0.4	1.0	3.3	
Cl <sup>-</sup>	8.8	9.8	8.9	6.7	5.8	93.2	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.9	1.4	0.9	8.4	11.1	7.8	
溶性ケイ酸 (SiO <sub>2</sub> )	59.0	55.3	56.1	16.0	8.4	2.1	橋本らによるお いしい水の要件
O Index <sup>b)</sup>	26.3	21.2	19.5	2.3	1.2	0.9	2.0以上

a) : 水温約15℃, 残留塩素 0.1 ~ 0.2 ppm.

b) :  $O\ Index = (Ca + K + SiO_2) / (Mg + SO_4)$ .

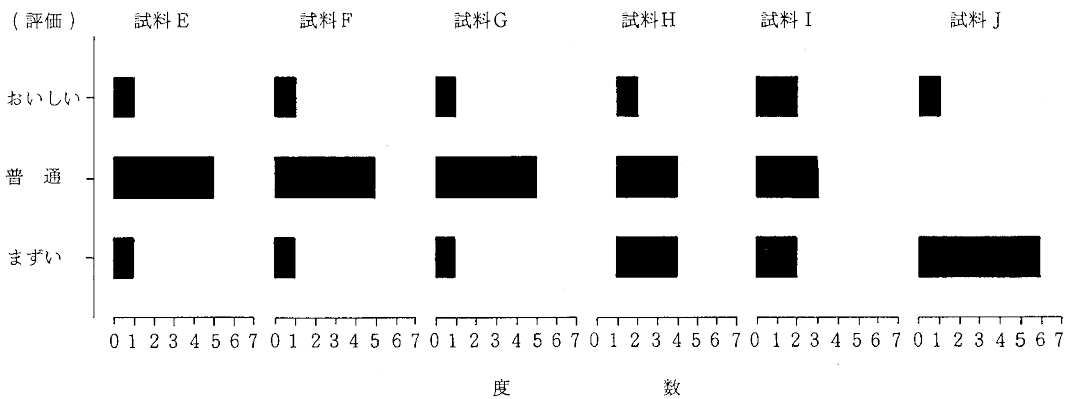


図4 きき水試験（冬季）の成績

ついて2件で、冬季が深井戸水について3件、河川表流水について1件、貯水池水について1件、その他について1件である。

夏季に実施したきき水試験に用いた水道水の化学成分濃度とO Indexの値を表2に示し、きき水試験の成績を図3に示す。また冬季に実施したきき水試験に用いた水道水の化学成分濃度とO Indexの値を表3に示し、このきき水試験の成績を図4に示す。

表2および図3より、深井戸を原水とする水道水Aは「おいしい」と評価する割合が高かった。溶性ケイ酸濃度47.1 mg/ℓ、O Index値5.3と橋本らによるおいしい水の要件O Index値2.0以上<sup>3)</sup>の条件を満たしている。浅井戸を原水とする水道水Bは「まずい」と評価する人が多く、「おいしい」と感じた人はいなかった。溶性ケイ酸濃度は24.0 mg/ℓ、O Index値は1.2で2.0以上の要件を満たしていなかった。また蒸発残留物が238 mg/ℓ、硬度が119 mg/ℓと、おいしい水研究会によるおいしい水の水質要件である蒸発残留物30~200 mg/ℓ、硬度10~100 mg/ℓ<sup>4)</sup>の条件も満たしていなかった。河川表流水を原水とする水道水Cは、「普通」または「まずい」と評価され、「おいしい」と感じた人はいなかった。溶性ケイ酸濃度は14.3 mg/ℓで、O Index値が0.9と2.0未満であった。また、硬度118 mg/ℓ、KMnO<sub>4</sub>消費量4.4 mg/ℓとおいしい水研究会によるおいしい水の水質要件硬度10~100 mg/ℓ、KMnO<sub>4</sub>消費量3 mg/ℓ以下の条件も満たしていなかった。もう一つの河川表流水を原水とする水道水Dは、「普通」または「おいしい」と感じる人が多かった。溶性ケイ酸濃度は5.5 mg/ℓと低く、O Index値は1.3と2.0未満であった。しかし、おいしい水研究会によるおいしい水の水質要件は満足していた。

次に表3および図4より、深井戸を原水とする水道水E、F、およびGは3試料とも「普通」と評価する人が多く、「おいしい」と感じる人は少なかった。溶性ケイ酸濃度は3試料とも50~60 mg/ℓと高く、O Indexも19.5~26.3と高い値であった。貯水池水を原水とする水道水Hは「普通」または「まずい」と評価する人が多かった。溶性ケイ酸濃度は16.0 mg/ℓ、O Index値が2.3と2.0以上の条件は満たしていた。おいしい水研究会によるおいしい水の水質要件は満足していたが、蒸発残留物、硬度およびKMnO<sub>4</sub>消費量とも水質要件の下限あるいは上限に近い値であった。河川表流水を原水とする水道水Iは「普通」「おいしい」「まずい」と評価はまったく分かれた。この水質は表2の試料Dとよく似ており、溶性ケイ酸濃度が8.4 mg/ℓ、O Index値は1.2であった。水道水Jはほぼ全員が「まずい」と評価した。溶性ケイ酸濃

度は2.1 mg/ℓと低く、O Index値は0.9であった。また蒸発残留物が242 mg/ℓとおいしい水の水質条件を満たしておらず、他の試料にくらべてpH値が高く、Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>濃度も高いものであった。

これらのきき水試験の結果から、夏季の水温が高いときは、水道水中の溶性ケイ酸濃度が高い試料は水道水をおいしく感じさせる傾向が強かった。しかし冬季の水温が低いときは、深井戸水を原水とする水道水の溶性ケイ酸濃度が高いにもかかわらず、「おいしい」と評価する人は少なくなり「普通」と評価する人が大半を占めた。また、おいしい水研究会によるおいしい水の水質要件を満たしていない水道水は、「まずい」と評価する割合が高かった。

## IV 結 論

香川県内の水道水源の溶性ケイ酸濃度の分布を明らかにするために調査を行い、さらにこの結果を基にして溶性ケイ酸濃度とおいしい水との関係についてきき水試験を実施した。その結果、以下のことが明らかになった。

1. 香川県の水道水源の溶性ケイ酸濃度は、深井戸水が他の水源よりも高く、平均値が56.8 mg/ℓと高濃度であった。地表水および地下水のうち伏流水、浅井戸水の平均値は12.7~21.8 mg/ℓであった。
2. 水道水源の溶性ケイ酸濃度の分布は、深井戸水および湧水が50~70 mg/ℓの高濃度で狭い範囲に分布していたのに対し、地表水および地下水のうち伏流水、浅井戸水は大部分が40 mg/ℓ未満の低濃度で分布していた。
3. 深井戸水源のうち12か所、湧水源1か所、浅井戸水源2か所が、温泉法の鉱泉の定義に該当する溶性ケイ酸濃度を示した。
4. 水道水源およびその浄水において溶性ケイ酸濃度はあまり変化せず、浄水処理によってほとんど増減しない。また溶性ケイ酸濃度の経年変化はあまりなく、安定した濃度であった。
5. 溶性ケイ酸濃度とおいしい水の関係は、夏季の水温が高い場合、溶性ケイ酸濃度が高い深井戸水を原水とする水道水を「おいしい」と感じさせる傾向が強かった。しかし、水温が低い冬季は溶性ケイ酸濃度が高い水道水を「普通」と評価する傾向が強くなり、「おいしい」と評価する割合は少なかった。

## 文 献

- 1) 北野康：水の科学，75～83，日本放送出版協会，(1969)。
- 2) 小林純：水の健康診断，31～43，岩波書店，(1971)。
- 3) 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(1)，13～28，(1988)。
- 4) おいしい水研究会：おいしい水について，水道協会雑誌，54(5)，76～81，(1985)。
- 5) 植木肇：熊本県内水道水中の比色けい酸濃度の分布と特徴，第22回全国衛生化学技術協議会年会講演集，148～149，(1985)。