

水道水中硬度濃度の地域差

小林 浩, 小田切 幸次, 松本 愛美¹, 葉袋 ゆい²

Regional Differences of Hardness in Tap Water in Yamanashi

Hiroshi KOBAYASHI, Kouji OTAGIRI, Aimi MATSUMOTO¹ and Yui MINAI²

キーワード：硬度，水道水，地域性

水試料に含まれる Ca や Mg などの元素は、水試料が涵養される岩石や地質の影響を受ける。山梨県は 80% 近くを森林に囲まれ、降雨や降雪は山間部を経て地下に浸透し、しばらく滞留し、地下水や湧水、表流水になり水道水源に利用される。

本県の甲府盆地や富士北麓地域は透水性の高い地質に覆われている。甲府盆地には扇状地が発達し、この地域の水道水源は地下水を多く利用している。一方、富士北麓地域は富士火山の透水性の高い地質に富み、水道水源の多くを甲府盆地と同様に地下水に依存している。この二つの地域は地下水を涵養する岩石・地質条件が異なり、地下水中に含まれる元素の特徴が報告されている。一方、峡南地域は甲府盆地南端部にて笛吹川、釜無川が合流した富士川が流下している。この地域は富士川に沿って急峻な地形を有している。この地域は甲府盆地東部や富士北麓地域とは異なる地質を有している。甲府盆地東部、富士北麓、峡南地域はそれぞれ異なり特徴のある岩石・地質状況と考えることができる。

本県の水道水源の水質的な特徴は、陽イオンでは Ca や Mg の含有割合の高いことを報告した¹⁾。水道水源は、人為汚染の少ない山間地域の表流水や湧水、深井戸を用いている。特に表流水や湧水は上流域に大きな汚染源のない場所を水源とするため、水試料の涵養条件、特に岩石・地質的条件を反映した水質を有していると考えることができる。一方、地下水は降雨や降雪が浸透し、涵養される過程で様々な影響を受けていると考えることができる。たとえば、甲府盆地東部の地下水は表層で行われる農業の影響を含み、この地域では施肥による硝酸態窒素濃度の高いことが知られている^{2, 3)}。

地下水は周辺地域の施肥などの人為的影響を含んでいることから、水試料中に含まれる元素は人為的影響と自然的影響を含んだ水質として考える必要がある。地下水の水質形成要因の大きな役割を果たす地質的影響（自然的影響）を基に元素や濃度特徴を把握し、元素の起源を人為的、自然的要因を基に考えることが重要である。本報告では、水試料が胎児するそれぞれの地域の岩石・地質的要因を考察し、地下水に含まれる Ca、Mg 硬度

（以下合算値を「硬度」として記す）について地域ごとの特徴を検討した。

方法

1 解析対象地域

解析対象とした地域は、甲府盆地東部地域（以下「峡東地域」）、富士北麓地域（以下「富士・東部地域」）、峡南地域である。これらの地域概要を図 1 に示した。

2 解析対象データ

解析対象としたデータは、平成 17 年度から 25 年度

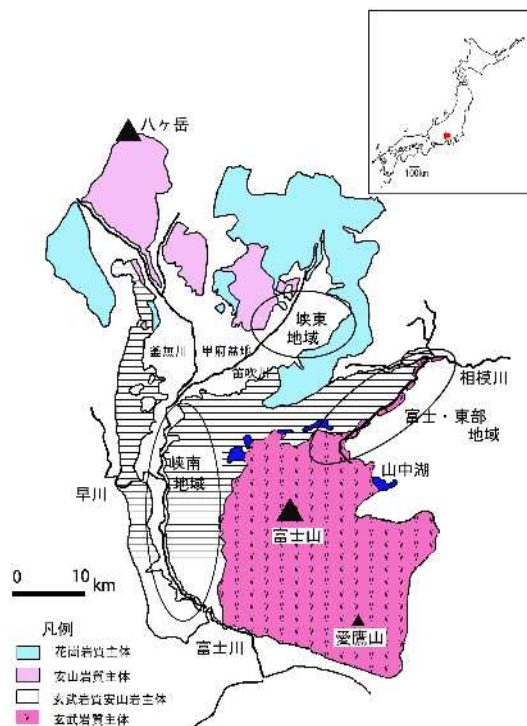


図 1 調査対象地域と地質図

に本県が実施した水道水質検査結果の「硬度」を用いた。水道水源の種類ごとに深井戸、浅井戸を「地下水」、「湧水」、ダム水、表流水を「表流水」の3つに分類した。水源種類の分類は「山梨県の水道」⁴⁾を用いた。水源の種類が定かではないものについては解析対象から除いた。調査対象地域の内訳は、峡東地域では、地下水延べ 105 地点、湧水延べ 76 地点、表流水延べ 42 地点、富士・東部地域では、地下水延べ 115 地点、湧水延べ 34 地点、表流水延べ 47 地点、峡南地域では、地下水延べ 108 地点、湧水延べ 39 地点、表流水延べ 41 地点の、計延べ 607 地点である。それぞれの平均値についてエクセルのデータ解析ツールを用い、t 検定「分散が等しくないと仮定した 2 標本による検定」を実施し、有意差の有無を検証した。

3 解析対象地域の地質状況

地質図⁵⁾を参照すると、甲府盆地東側の峡東地域は扇状地が発達し、この周辺地域には花崗岩が分布している。花崗岩の特徴としては、Ca や Mg は含有量に乏しく、これら岩石を反映した水試料中濃度は低いと推定される。一方、富士・東部地域は玄武岩が卓越し、花崗岩とは相反する Ca、Mg 含有量を有する⁶⁾。そのため、この地域に胚胎する地下水は、花崗岩地域に胚胎される水試料より Ca、Mg 濃度は高くなると考えられる。峡南地域は、峡東地域や富士・東部地域とは異なる地質的性質をもち、南部フォッサマグナを構成する第三系が広く分布し^{7、8)}、峡東地域や富士・東部地域とは異なる特徴的な水質を示すと考えられる。

結果

1 水源種類別濃度の特徴

地域別の水源種類ごとの濃度平均値を図 2 に示した。地域ごとの水源種類別平均値を比較し、平均値の有意差の有無を求めた。峡東地域と富士・東部地域、峡東地域と峡南地域、富士・東部地域と峡南地域の各々について有意差の有無を求めた。その結果、いずれの水試料においても、 $p < 0.05$ において有意差が認められ、それぞれの水試料中濃度は種類ごとに特徴的な濃度を有していることが確認できた。

2 地域ごと種類別濃度の特徴

種類ごとの平均値を図 3 に示した。地域ごとに地下水、湧水、表流水中濃度について有意差の有無を検証した。峡東地域では地下水に対して湧水及び表流水において有意差が認められ、湧水と表流水においても有意差があった。一方、富士・東部地域の水試料についてはいずれの水試料種類間においても有意差は認められなかった。峡南地域では地下水と湧水では有意差が認められなかつ

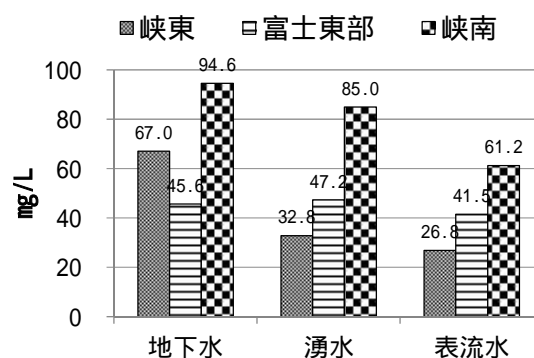


図 2 水源種類別濃度

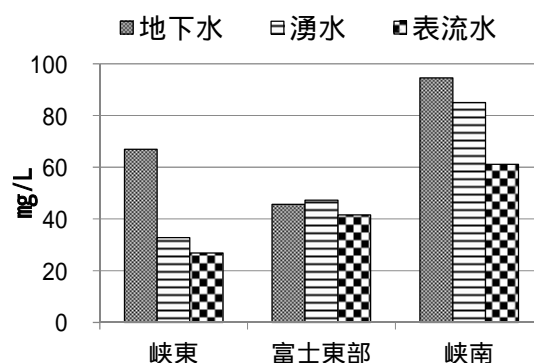


図 3 地域ごと種類別濃度

- ：地下水・湧水または地下水・表流水に有意差 ($p < 0.05$) あり
- ：湧水・表流水に有意差 ($p < 0.05$) あり

たが、湧水と表流水間には有意差が認められた。

濃度を比較すると、地下水では峡南地域 > 峡東地域 > 富士・東部地域であり、湧水及び表流水では峡南地域 > 富士・東部地域 > 峡東地域であった。峡南地域の硬度はいずれの種類別試料でも高かった。

考察

1 各地域の地質要因と岩石中濃度との関連

水試料中濃度を比較すると、いずれの種類の水試料において、峡南地域の濃度が高かった。峡南地域は他の地域と異なる地質であるため、硬度として示される Ca や Mg 濃度は地質状況と大きく関連すると考えられる。我々が行ったこの地域の水道試料における硝酸態窒素濃度は 1 mg/L 程度と低く、施肥等の影響のきわめて低いことが確認できた。一方、峡東地域の地下水中濃度では、この地域の周辺地域の地質的な性質とは大きく異なる結果となった。すなわち、富士・東部地域の地下水より濃度の高い要因を地質的な背景に求めることができず、濃度の高い要因は人為的な要因に関連すると考えられた。

峡東地域は扇状地を利用し果樹や畑地など農業生産が盛んな地域であり、地下水中の硝酸態窒素濃度について施肥影響により高いことが報告されている^{2, 3)}。農地には pH 調整や土壌肥料として Ca や Mg が施され、植物等に利用されないこれら元素は降雨や降雪により地下に浸透すると考えられる。山梨県⁹⁾の資料によれば、果樹栽培では660kg/ha(窒素肥料の5倍量)普通畑では1,380kg/ha(窒素肥料の6.6倍量)苦土石灰が施され、地下水中に含まれる Ca、Mg は人為的影響により濃度が高くなっている可能性が高い。

2 施肥影響の割合の推定

地域ごとの水試料を比較すると、富士・東部地域の水試料では有意な濃度差が認められず、峡南地域の水試料においても、地下水と湧水では有意な濃度差は認められなかった。解析対象とした水試料は水道水源として用いられていることから地下水を除き水源付近に人家や工場の乏しい山林間湧水や表流水が水源として利用されている。特に湧水は雨水や森林間の水が岩石や土壌と接触し、その後表層に出現し利用されていると考えられる。そのため、岩石との接触による水質形成要因を反映していると考えられる。そこで、湧水と地下水中濃度の比較を試みた。峡東地域の濃度差は約 2.1 倍であり、富士・東部地域では 0.97 倍、峡南地域では 1.1 倍となった。峡東地域の地下水中濃度は地質由来とほぼ等量の人為的影響を含んでいると推定される。峡東地域の果樹面積と施肥量を基にこの推定値について計算を試みた。しかし、水源付近の耕作地面積の相違や地下水量の把握が不十分であり、この数値を裏付ける有効な解析結果を得ることはできなかった。今後はより正確な人為的影響や水質変化状況など注意深く観察する必要があると考えられた。

まとめ

- 1) 湧水や表流水に含まれる硬度 (Ca、Mg) は、地域ごとの自然由来と考えられた。
- 2) 峡東地域の地下水における Ca 及び Mg は、施肥による負荷 (人為汚染) があると推定される。
- 3) 峡南地域の地下水 (湧水、表流水も) における Ca 及び Mg は自然要因によると考えられる。
- 4) 峡東地域の地下水には自然由来とほぼ等しい量の人為負荷があると推定されるが、施肥量や耕地面積などから計算される負荷量をさらに検証する必要がある。

参考文献

- 1) 小林浩 堀内雅人：山梨県内飲用地下水の水質性状，山梨衛公研年報，52，29～32，(2008)
- 2) 中村高志 長田淑美 風間ふたば：水素・酸素および窒素安定同位体組成からみた甲府盆地東部地下水の涵養源と硝酸イオン濃度分布特性，水環境学会誌，31，87～92，(2008)
- 3) 小林 浩 輿水達司 尾形正岐：甲府盆地飲用地下水中の硝酸性窒素濃度推移，全国環境研会誌，35，59～66，(2010)
- 4) 山梨県の水道：山梨県福祉保健部衛生薬務課，(2012)
- 5) 20 万分の一シームレス地質図：産業技術総合研究所地質調査総合センター
(<https://gbank.gsj.jp/seamless/>)
- 6) Noboru IMAI, et al. : 1994 compilation value for GSJ reference samples, Igneous rock series, Geochemical Journal, 29, 91～95, (1995)
- 7) 狩野謙一 鈴木勇也 北里洋：富士川上流中富地域の静川層群の古地理，静岡大学地球科学研究報告，11，135～153，(1985)
- 8) 松田時彦：富士川谷新第三系の地質，地質学雑誌，67，79～96，(1961)
- 9) 農作物施肥指導基準：山梨県農政部農業技術課，(2005)

1 (独法) 山梨県立中央病院

2 現 富士・東部林務環境事務所