

「化学」

上水道と土壤

～水源(原水)と土壤の働き の考察～

長野県立上田高等学校 化学班  
3年 柳澤裕斗 他 11名

1. 動機及び目的

洗面所やお風呂の鏡などにウロコと俗に呼ばれる厄介な汚れが付く(図1)。私たちは、一体これは何なのか?と素朴な疑問を持ち各自自治体の飲



図1 風呂蛇口のウロコ

み水の分析表やウロコを落とす商品も市販されていることからその成分にも着目して疑問解明に取り組むことにし、原水と土壤の関係解明を目指した。

2. 方法

<1> 上田高校周辺地域の上水道中の蒸発残留物の含有量と溶解性の検討

東信地区青木村、上田市、東御市、小諸市、御代田町、佐久市の水道水 1.0L を蒸発乾固させ質量を計測した。また、本校と小諸市の水道水蒸発残留物の粉末約 10 mgについて、ポリエチレン製チューブを用い、クエン酸、リン酸、塩酸、フッ化水素酸アンモニウム、水酸化ナトリウムの各 0.10 mol/L 溶液、及び市販洗浄液(テラクリーナーヤマト EX)原液、3mol/L フッ化水素酸各 1.0mL による溶解性を検討した。

<2> 腐葉土と浅間山噴出物火山灰土の塩化カルシウム溶液に対する振舞の検討

上田市民の森産腐葉土と小諸市和田表土(浅間山火山灰土壌・露頭内)を採取し、35mmφ×50cm カラムに乾燥重量で各 135g、440g を充填し流水洗浄後、塩化カルシウム 2 水和物を 6.5g 少量の水に溶解させカラムを通しその流出液を 20mL ずつ分取し、それぞれ 50Fr(フラクシオン)と 15Fr の流出液を得た(図2)。各 Fr について、pH(万能試験紙)、Ca<sup>2+</sup>(CaCO<sub>3</sub> 形

成)、Cl<sup>-</sup>(AgCl 形成)の状況を相対評価した。

<3> 腐葉土と浅間山噴出物火山灰土のイオン交換・有機色素吸着能力の検討

腐葉土(上田市市民の森産)と火山灰土(小諸市和田)の Ca<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>のイオン交換能と pH 変化、また色素吸着能力(MB メチレンブルー)について検討した。

PET サンプル容器 50mL に 0.10mol/L CaCl<sub>2</sub> 水溶液 0.50mL(5.0×10<sup>-5</sup> mol)と 10mL(1.0×10<sup>-3</sup> mol)に対し腐葉土あるいは火山灰土を 1.0~30g 添加し、総液量を 50mL とした。なお、両者の密度が約3倍異なるため、火山灰土の質量を腐葉土の3倍に設定した。両者共、各容器を何度か十分に振とう後、一昼夜静置して、Ca<sup>2+</sup>については各 1.0 mL に 1.0 mol/L Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液 200 μL、Cl<sup>-</sup>については各 1.0 mL に 0.10 mol/L AgNO<sub>3</sub> 溶液 200 μL を加えて反応の状況を、変化なし(-)白色沈殿(+~++)境界(±)3段階で相対評価し、pH も FiveGo™pH メータで測定した。

色素吸着については、PET サンプル容器 50mL を反応容器に用い 3×10<sup>-4</sup> mol/L MB 水溶液 20mL(6×10<sup>-6</sup> mol)に対し腐葉土あるいは火山灰土壌を 1.0~30g 添加し、総液量を 50mL として振とう攪拌し、一昼夜静置後上清を分光光度計島津 UV 1280 を用いて MB の最大光吸収波長 663nm の吸光度を測定した。

3. 結果

<1> 上田高校周辺地域の上水道中の蒸発残留物の質量測定

各地域の水道水を濃縮すると白色の不溶性の物質が生じた(図3)。地域によってその様子は大きく異なり特に青木村の水には不溶性のものは極めて少なかった。各自自治体の HP より水道原水を調べてみると、青木・上田地区は表流水が多く、小諸佐久地域は深井戸・湧水と地下水が原水になっている。小諸・佐久(浅間系統受水)方面の傾向として、浅間火山群の軽石流や岩屑流をはじめとする土壤に雨水がしみこみ地下水となって火山由来のケイ酸塩様物質を含んで硬度が高い水質となる。<sup>1)</sup> 一方、青木上田丸子地区は、第三紀の泥岩砂岩を主とする別所・青木層等の



図2腐葉土(左) 火山灰土カラ



図3 班員宅からの上水中の蒸発残留物質量(上)と蒸発途中(約 10 倍濃縮時)の様子(右下)  
※ 浅間山南斜面一体小諸御代田地籍には多くの火山性堆積物火山灰土軽い石流が堆積する<sup>2,3)</sup>

採水地域	原水	蒸発残留物質量(g/L)
上田1	表流水	0.09
上田2	表流水	0.11
上田3	表流水	0.09
丸子	表流水	0.06
青木	湧水・表流水	0.03
東御滋野	深井戸	0.13
小諸1	深井戸・湧水	0.18
小諸2	深井戸・湧水	0.31
岩村田	深井戸・湧水	0.07
御代田1	深井戸・伏流水	0.15
御代田2	深井戸・伏流水	0.07



堆積岩層地区<sup>2)</sup>となり表流水を中心に原水としている。水質検査には、ケイ酸分析は求められず記載はない。だが、東御一小諸一御代田地域に居住する我々の生活感から、洗面所や風呂場の上水由来の石(ウロコ)は共通して認められておりケイ酸が絡んでいるものと考えられる。一方、青木村上水は蒸発残留物の質量は極めて小さい。表流水が中心であり雨水が沢に流れ込んでの受水となる。雨水の多くは山林の表土腐葉土層を通り抜け浄化された軟水が中心となっていると考えられる。

### <2>水道水の蒸発残留物の溶解性の検討

本校・小諸上水道蒸発残留物は各種水溶液酸処理で微小気泡を生じ不溶物が残り、フッ化水素酸不溶のケイ酸塩物質かもしれない。アルカリ溶液には溶解しない(図4)。

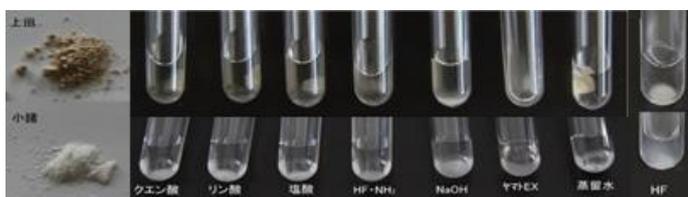
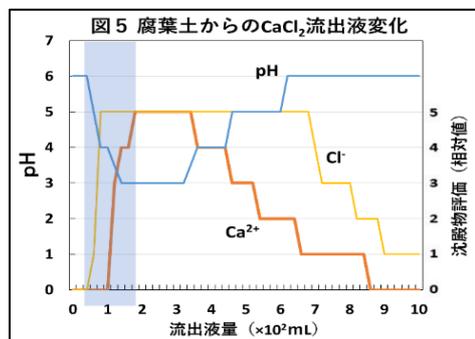


図4 上水道蒸発残留物 上田(上)小諸(下)の溶解性  
左からクエン酸、リン酸、塩酸、フッ化水素アンモニウム、水酸化ナトリウム、ヤマト EX、水、フッ化水素酸※ ※3mol/L HF 処理後 2.0mol/L HCl 処

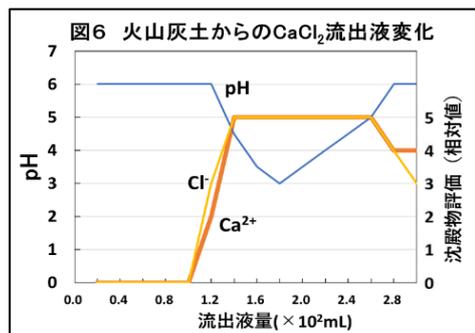
### <3>腐葉土・火山灰土カラムからの塩化カルシウム溶液流出

流出液の pH 及び  $\text{Ca}^{2+}$   $\text{Cl}^-$  変化を図56に記した。



両者共 pH 低下が認められ陽イオン  $\text{Ca}^{2+}$  が  $\text{H}^+$  にイオン交換されたことが判明した。

た。pH と液量より、 $\text{Cl}^-$  のイオン交換を無視した場合、概略で腐葉土では  $\text{H}^+ 2 \times 10^{-4} \text{ mol}/135\text{g}$  ( $1.5 \times 10^{-6} \text{ mol}/\text{g}$ )、火山灰土では  $4 \times 10^{-5} \text{ mol}/440\text{g}$  ( $9.1 \times 10^{-8} \text{ mol}/\text{g}$ ) が放出された計算となる。



腐葉土の流出パターンから  $\text{Cl}^-$  の流出は  $\text{Ca}^{2+}$  に先行し(図5)陽イオン交換能に富んでいたが、火山灰土では  $\text{Ca}^{2+}$  と  $\text{Cl}^-$  の流出は同時であった。イオン交換容量はさておき本実

験での傾向は文献値と一致した。

### <4>両土壌のイオン交換・色素吸着

腐葉土と火山灰土の土壌量変化に伴う陽イオン交換能を比較したが(図7略)、有意差を認めることが困難であり、腐葉土・火山灰土各 2.0g への  $\text{Ca}^{2+}$  の吸着は腐葉土が火山灰土より大きく、 $\text{CaCl}_2$  濃度増加に伴い両者共 pH 低下し、可逆的に交換量が増加した(図8)。pH 変化より陽イオン交換量が陰イオンの 10 倍以上勝っていると推定される。

色素 MB は、腐葉土・火山灰土ともに吸着能力が高く(図9略)時間をかけ振とうすれば更に多量の吸

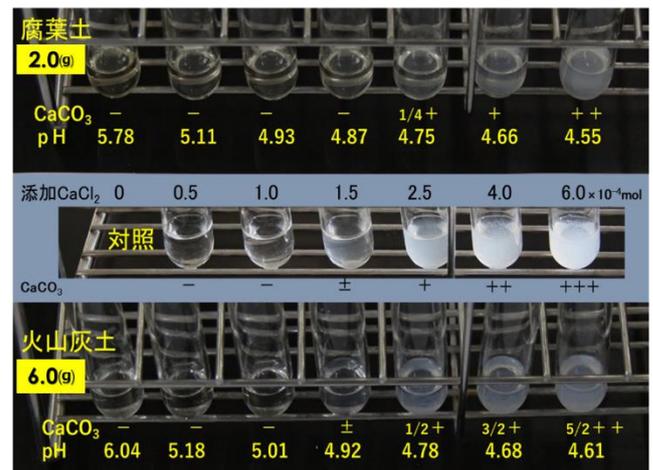


図8 腐葉土・火山灰土への $\text{Ca}^{2+}$  吸着

着がなされる。火山灰土壌の場合は腐葉土に比べて高密度粒子が沢山存在するため、沈殿が早く、MBはその表面に濃く沈着する。対して腐葉土は全体に吸着がなされて表面が均一に着色した。

### 4. 考察

東御市や小諸・御代田方面の原水は浅間山麓系地下水であり火山岩由来のケイ酸系物質等蒸発残留物が多い。一方、泥岩砂岩を主とする青木層等の堆積岩地区の青木村上水は表流水中心で蒸発残留物の質量も極めて小さい。山林の腐葉土を通しそのイオン交換力や有機物吸着力の大きさは火山灰層に比して水の浄化にも大きく貢献していると考えられた。いずれにしる私たちが飲用する水は、極めてきれいな原水と分かった。ウロコは、火山岩由来のケイ酸系物質等と推定する。テラクリーナーヤマト EX は、リン酸、クエン酸、フッ化水素アンモニウム、界面活性剤も配合された絶妙な混合品として販売されているものと考えられた。

### 5. 参考文献

- 1) 佐久水道企業団 水道事業ビジョン
- 2) 上田小県誌第4巻自然編上田小県地方地質図
- 3) 産総研地質図 navi
- 4) 石黒宗秀 土の中の物質移動 農土誌第 56 巻 p.1017-1024