

豊平川扇状地におけるヒ素の分布特性

北海道大学大学院工学研究科 正会員

五十嵐 敏文

北海道大学大学院工学研究科

中山 卓人 朝倉 國臣

1.はじめに 現在、世界的に地下水や土壌のヒ素(As)による汚染が問題となっている。特にアジア各地ではAsを含有する地下水を飲用している地域で問題が深刻である¹⁾。国内でもAsによる地下水や土壌の汚染が問題となっており、札幌市内においては定山溪温泉湧出水を汚染源とする豊平川扇状地のAsによる地下水や土壌の汚染が懸念されている。本研究では、豊平川扇状地を構成する各種地層、とりわけ泥炭層に注目し、地下水中のAs濃度と各地層のAs含有量を調査し、どのような地層中にどのような環境でAsが濃縮されているのかを明らかにする。

2. 試料の採取と試験方法 本研究の調査は、札幌市北区の2地点(A、B)のほか、札幌市内の泥炭地と比較するためのサロベツ湿原の2地点、合計4地点を対象とし地下水と土壌試料を採取・分析した。

(1) 地下水の分析 採取した地下水試料に対して、pH、EC、ORP、SS、濁度を測定した。測定は極力現地で行ったが、一部の試料は実験室に持ち帰った後に行った。その後、0.45 μm メンブレンフィルターでろ過を行い、ろ液に対して硫酸滴定法により HCO_3^- 濃度、イオンクロマトグラフ法により陽イオン成分(Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 、 NH_4^+)、陰イオン成分(Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-})を測定した。さらに、プラズマ発光分析法によりSi、Fe、Mn濃度を測定した。Feの形態を分析する場合には、1,10-フェナントロリン法によりFe()を分析した。As濃度は水素化物発生プラズマ発光分析法により、溶存有機炭素(DOC)は燃烧酸化-赤外吸収法により測定した。Fe、As、DOCの分析試料に対しては、0.22 μm フィルターを用いたろ過も行い、0.22 μm 以下の成分、0.22~0.45 μm の成分を分画して分析した。また、Asに対しては、未ろ過試料の分析も行った。

(2) 土壌の分析 採取した土壌試料を自然乾燥させた後、強熱減量試験、有機炭素含有量試験、XRF分析を行い、強熱減量、有機炭素含有量(TOC)、無機成分組成を測定した。なお、Asについては、Asの土壌から地下水中への溶出挙動を把握するため、脱イオン水および1N塩酸による溶出試験を行った。さらに、土壌中のAsの存在形態を調べるため、分別抽出試験を行った²⁾。泥炭以外の土壌試料に対してはXRD分析を行い、含有鉱物を同定した。

3. 試験結果と考察

(1) 地下水分析結果 札幌市内のAおよびB地点における地下水の全As濃度は、65.7~352 $\mu\text{g/L}$ と非常に高い値を示した。また、A地点の試

料には0.45 μm フィルターでろ過した場合でも20.6~224 $\mu\text{g/L}$ と高い値を示す地点も見られた。したがって、札幌市の地下水にAsが高濃度で存在していることがわかる。一方、サロベツ湿原の地下水中のAs濃度を見ると、定量限界以下の値を示し、Asによる地下水の汚染はないと考えられる。A地点の地下水には高濃度のFeが含ま

れており、Asとの関連性がある可能性がある。図1、2は、A地点とB地点でのそれぞれ地下水のAsとFe、AsとSSの関係を表したものである。ここで、Fe(T)はFe()とFe()の合計量を示す。それぞれ採取場所は

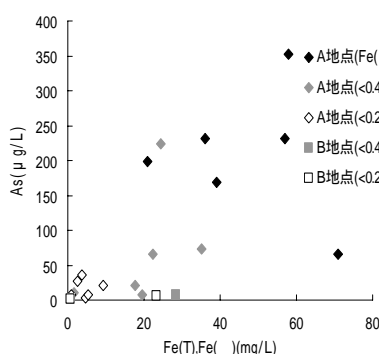


図1 As濃度とFe濃度との関係

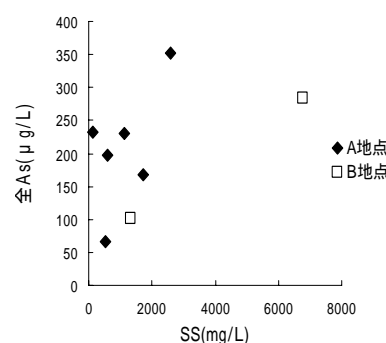


図2 全As濃度とSSとの関係

キーワード：ヒ素、地下水、豊平川扇状地、泥炭、シルト、吸着

連絡先：〒060 8628 札幌市北区北13条西8丁目 TEL:011-706-6308 FAX:011-706-6308

異なるが、Fe、SS はそれぞれ As と正の相関関係があるといえる。図 3 は、地下水中に含まれる懸濁物質を粒径 $0.45 \mu\text{m}$ 以上(C3)、 $0.22 \sim 0.45 \mu\text{m}$ (C2)、 $0.22 \mu\text{m}$ 以下(C1)の 3 つの範囲に分け、それぞれに含まれる As 濃度を示したものである。この図を見てわかるように、ほとんどの地点の地下水中の As 濃度は、粒径 $0.45 \mu\text{m}$ 以上の範囲に集中している。したがって、地下水中では、As はほとんどが懸濁態として存在しているといえる。

(2) 土壌分析結果 溶出試験では、脱イオン水による As の溶出濃度は、全体で約 $2 \sim 22 \mu\text{g/L}$ と低い、塩

酸溶出の場合は、 $0.3 \sim 1.8 \text{mg/L}$ と高い値を示した。脱イオン水および塩酸による溶出では、おおむね Fe 濃度と正の相関関係が見られ、とくに、図 4 に示すように塩酸による溶出では明瞭に認められる。土壌中の As 含有量を見ると、サロベツでは $0.6 \sim 8.1 \text{mg/kg}$ であるが、市内 A、B 地点ではそれぞれ $6.1 \sim 78.8 \text{mg/kg}$ 、 $14.0 \sim 24.0 \text{mg/kg}$ とより高い値を示した。とくに、A 地点では高い値を示し、とりわけ泥炭層、シルト層で高い値を示すことから As が泥炭層、シルト層に濃縮していると考えられる。形態別の As の割合を見てみると、図 5 に示すように、A 地点では主にイオン交換態として存在している割合が多く、他の地点では主に難溶性鉱物態として存在する。また、泥炭層では有機物態の割合が多い。このことから、As の存在形態は地質条件により異なることがわかる。

(3) As 濃縮メカニズム 豊平川およびその扇状地を流下した As は、下流の旧琴似川や伏竜川に達し、市内へ広範囲に広がっていく。河川水や地下水に含まれる As は、主に泥炭層、シルト層に吸着し、濃縮される。その形態は主にイオン交換態として存在する。土壌中に含まれる鉄・マンガン酸化物態では、地下水が還元状態となると、 Fe(III) は Fe(II) へと還元され地下水中へ溶出するため、Fe とともに吸着していた As が地下水中へ再溶出する。また、Fe は酸化状態になると再沈殿するため、As を再吸着する。以上のメカニズムが考えられる。

4. まとめ 本研究では、札幌市内 A、B 地点およびサロベツ湿原を対象として、地下水と土壌の As 分析を行い、以下のことを明らかにした。(1) A 地点の泥炭地には高濃度の As が主に泥炭層、シルト層に濃縮され、その形態は主にイオン交換態として存在する。(2) As は還元状態になると、鉄・マンガン酸化物態などからの再溶出が起こり、条件によって懸濁物質への再吸着も考えられる。

今後は、As の泥炭土への吸着、脱着特性を明らかにすることにより、さらに詳細な泥炭地への As の濃縮メカニズムを明らかにし、泥炭地での As 汚染の対策につなげたい。

<参考文献> 1) 「地学教育と科学運動」特別号編集委員会：アジア地下水ヒ素汚染問題を考える、地学団体研究会、1997。
2) 丸茂克美、江橋俊臣、氏家亨(2003) 日本各地の土壌中の重金属含有量と鉛同位体組成、資源地質、Vol.52、pp.125-146。

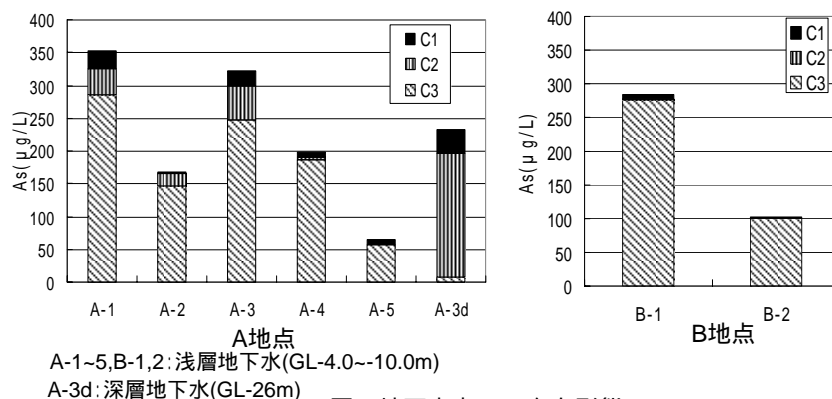


図3 地下水中のAs存在形態

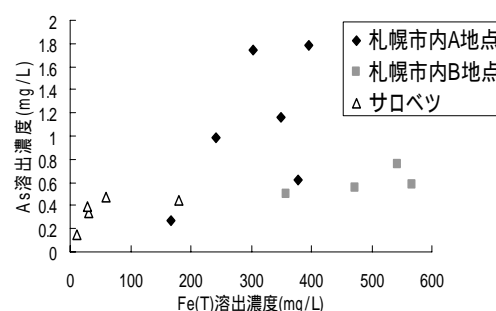


図4 1N塩酸による溶出水中のAs,Fe濃度

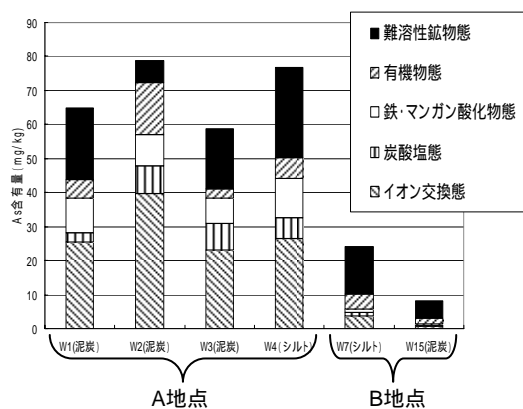


図5 土壌中の形態別Asの割合