

バングラデシュにおける地下水砒素汚染調査

宮崎大学 大学院工学研究科 博士前期課程 学生会員 森川弘樹
 宮崎大学 工学部 土木環境工学科 正会員 横田 漢
 宮崎大学 機器分析センター 非会員 田辺公子
 宮崎大学 大学院 博士後期課程 非会員 濱部和宏

1.はじめに

バングラデシュでは飲用水の 95%を地下水に依存している。しかし、その地下水が砒素に汚染され、多くの健康被害が報告されている。そこで宮崎大学地下水ヒ素汚染研究グループは、1997年3月からバングラデシュ南西部ジョソール県シャムタ村、2002年1月から同県のマルア村をモデル村としてアジア砒素ネットワーク(AAN)および応用地質研究会ヒ素汚染研究グループ(RGAG)と共同して、地下水砒素汚染調査を行っている。本研究では全飲料用井戸のヒ素濃度測定調査およびボーリング調査の結果を用いて地下水砒素汚染の実態、またそれに地層中の砒素含有量がどう影響しているかについての一考察を試みたものである。

2.シャムタ村砒素汚染の実態

宮崎大学地下水ヒ素汚染研究グループは、バングラデシュ南西部シャムタ村で1997年3月に全飲料用井戸の砒素濃度測定(Fig. 1)、それ以降の調査では、村内17箇所の井戸を定点として2001年12月まで8回、家庭用管井戸の地下水ヒ素濃度を測定している。

測定方法は、グトツァイト法を福岡市保険環境研究所の廣中博見氏が簡便に測定できるように改良したグトツァイト廣中変法(廣中式またはフィールドキットと呼ばれる、以下FK)で行った。その結果、日本の環境基準でありWHOの推奨基準の0.01mg/l以下であるものは村全体で3.9%しかなく、その井戸は村の北東部にのみ存在する。バングラデシュの環境基準の0.05mg/l以下であるものも村全体で11.4%しか存在しない。ガンジスデルタ地域全体の中でも極めて深刻なヒ素汚染地であることが明確となった。シャムタ村の地下水ヒ素濃度平面分布は、村の北東から南西にかけてヒ素濃度が徐々に高くなっており、居住区南部で東西方向帯状に高濃度(0.05mg/l以上)のヒ素汚染地帯があることが分かる。この平面的分布傾向は、過去5年間の調査でも同様の傾向を示している。

現地でのボーリング試験や既存資料から、村の地層は泥質層と砂質層の互層であることが確認され、それらの地層は上位よりおおまかに、最上部砂質層、上部泥質層、上部砂質層、下部泥質層、下部砂質層と分類される。帯水層は上部砂質層、下部砂質層の2層からなり、飲料用井戸の深度の多くは地表より30m(100ft)前後であり、第一帯水層である上部砂質層の地下水を使用している。現地ボーリング調査の結果、シャムタ村の

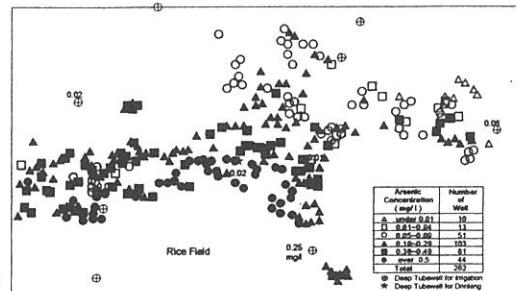


Fig. 1 シャムタ村の地下水砒素濃度分布

Table. 1 砒素含有量の最高値と上部泥質層の関係

位置	ボーリング地点	含有量の最高値(mg/kg)	最高値の深度(m)	soil type	上部泥質層の層厚(m)
north	B-27	3.4	3.0	v.f.sand-silt	0.0
north west	B-23	9.2	12.0	silt	8.0
north west	B-21	4.9	12.0	silt-clay	8.0
north west	B-22	8.3	11.0	silt	8.0
center	B-9	1.9	15.0	v.f.sand	9.4
south	B-20	22.7	6.0	clay	5.6
south west	B-7	24.8	7.0	clay	6.0
south	B-1	3.4	9.0	clay	4.8

北部から中央部にかけて徐々に上部泥質層が厚くなって行き、中央部から南部にかけて少し薄くなる傾向にあることが分かった。またボーリング調査で得られたサンプルを用いて砒素含有量試験を行った。測定方法は、環境庁水質保全局「底質調査法」に準拠して行った。その結果より、ポイントごとに含有量の最高値、その深度と soil type, 上部泥質層の層厚をまとめたも

のを table. 1 に示す。シャムタ村には砒素を含む上部泥質層の存在が確認され、その分布は高濃度砒素汚染地帯とおおよそ一致している。

3. マルア村砒素汚染の実態

2002年1月から第2のモデル村としてRGAGと共同でマルア村の調査を開始した。ここでもシャムタ村と同様に地下水ヒ素汚染状況把握のために村内の全飲料用井戸277本の地下水ヒ素濃度測定を行った。その結果、日本の環境基準およびWHOの推奨基準である0.01mg/l以下のものは村全体で23%、バングラデシュの環境基準である0.05mg/l以下のものは36%存在した。また西地区においてヒ素濃度が高い井戸が多いことも明らかとなった。特に西地区の中でも中央部から南部

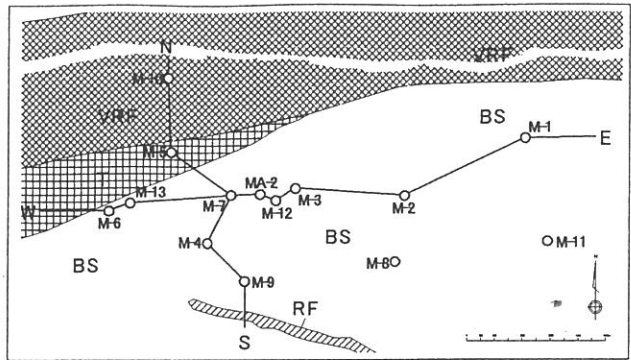


Fig. 2 マルア村ボーリングポイント (RGAG 2002)

にかけての汚染が最も深刻(最大0.95mg/l)であった。また、聞き取り調査によって明らかになった井戸深度を見ると、東地区は深度約15mの浅い井戸が多く、西地区は深度約40mの深い井戸が多くみられた。これらのことより、深度約40m付近の深いところの地下水がヒ素に汚染されているのではないかと考えられる。

2002年1月および同年5月(RGAG)の調査においてマルア村中央部を中心としたボーリング調査を行った。その際のボーリングサンプルを用いて土壌中のヒ素含有量試験を行った。この測定は前述の含有量試験と同様の方法で、ボーリングNo.M1~M7, MA2を宮崎大学が行い、M8~M13についてはRGAGが行った。砂質層のヒ素含有量は平均で4.8mg/kg。M9-40.5(40.5m)から52.1mg/kgと砂質試料としてはかなり高濃度の含有量が確認された。ところが泥質層のヒ素含有量は平均で9.7mg/kgで、最高値もM6-1(2m)の18.5mg/kgと特別高い値は確認されなかった。またヒ素含有量の全体的な傾向を見ると東西・南北断面ともに泥質層でやや高くなるという傾向が見られた。普通の堆積物のヒ素含有量は2~10mg/kg程度であり、ベンガル盆地では最高でも20mg/kg程度であるので、マルア村の地層中のヒ素含有量はバングラデシュの地層としては一般的なものであると考えられる。

4. まとめ

シャムタ村では上部泥質層で砒素含有量が高い傾向にあるが、これは上部泥質層中のピート(泥炭)層からの溶出が考えられる。島根大学総合理工学部地球資源環境学科の石賀裕明教授によると泥炭は例外なく50~260ppmの砒素含有量を持つと言われ、実際に石賀教授の蛍光X線分析ではシャムタ村の隣村であるデウリ村のピートから262mg/kgの砒素含有量が確認されている。

マルア村ではシャムタ村とは正反対に砂層で52.1mg/kgの高濃度砒素含有量が見られたが、この原因はサンプル中に材片や炭化物が多量に入っていたからであると考えられ、砂層であろうとも有機物を多量に含む層は高いヒ素含有量を示すことがあり、地下水ヒ素汚染の汚染源になりうるということになる。ここでもシャムタのピートと同様に砒素含有量における有機物の存在は無視できないものであることが分かる。この有機物は微生物に分解されるため地下が還元状態になり、鉄などからの砒素溶出も引き起こしていると考えられる。

参考文献

- 1) 応用地質研究会ヒ素汚染研究グループ・宮崎大学地下水ヒ素汚染研究グループ(2000), バングラデシュ西部シャムタ村における地下水ヒ素汚染と水文地質的背景, 地球科学, 54, 105-106
- 2) 石賀裕明(2002), 地下水ヒ素汚染のメカニズムと微生物のはたらき, 第7回アジア地下水ヒ素フォーラム
- 3) 吉村尚久・赤井純治(2002), 土壌および堆積物中のヒ素の挙動と地下水汚染—総説—, 三島ヒ素会宿資料