

Biochemistry Lab)と国際厚生事業団が寄贈した2台のAAS装置(Clinical Biochemistry Lab)が稼働していた。ICDDR, Bが伝染病及びヒ素被害の調査地点として選定している Matlab 地区は22万人の住民が生活している。Matlab 地区は6分割され、ICDDR, Bは3区画11万人の住民を Matlab 地域センターで管理していた。Matlab 地域センターは下痢性疾患の入院病棟を管理すると同時に住民基本台帳の管理も行っている。2002年より、AsMat(Arsenic Matlab)計画を開始し、Matlab の3区画のヒ素患者、井戸水中のヒ素量(フィールドテストキットとAAS)、各井戸を使用する住民の履歴などのデータを約80名の調査員が毎月調査に当たり、必要なファイルの更新を行っていた。この地区のヒ素患者数は506名との報告であった。また、代替水源として、pond-sand filter、深層井戸、アルカンフィルター等を用い、NGOのBRACがICDDR, Bの施策をサポートしていた。新たに、BRACは、2006年2月を目途に、対象住民5000人の1006家族に対し、深層井戸の掘削とpipe給水を行う計画を持っているとの説明があった。AsMat計画で採取された水などの試料は Nutritional Biochemistry Labのヒ素の還元気化-AAS装置で測定を行っていた。

Dr. Mahfuzar RahmanからICDDR, Bは、既に、井戸水、尿のサンプルを集め、Swedenを含めて数カ国と共同研究を行っている。AsMat計画でICDDR, Bが厚労科研の研究グループと一緒に計画を進めることは困難である回答が寄せられた。

(2) ICDDR, Bをパートナーとする件について

平成16年12月21日、国際厚生事業団の会議室で研究会議を開催した。出席者は、国包(国立保健医療科学院)、山内(聖マリアンナ医科大学)、大野(北海道大学工学部)、徳永(国立医薬品食品衛生研究所)、吉川(厚生労働省国際課)及び菅原(国際厚生事業団)の班員4名と厚生労働省国際課及び国際厚生事業団の各1名であった。ICDDR, Bの訪問の報告を基に下記の論点に従い検討を行った。1. 共同研究のカウンターパートはICDDR, Bで良いのか、2. ICDDR, Bと共同研究した場合、今後の交渉はどうするのか、3. ICDDR, B

のClinical Biochemistry LabのChowdhury氏の要望はどうするのか、4. Arsenic safe waterの供給はどうするのかの4点であった。

「1. 共同研究のカウンターパートはICDDR, Bで良いのか」の点に関して、Matlab地区はICDDR, BがBRACの協力のもと、各国に研究者と共同研究を行っており、新たに新規で参入するのは無理ではないかとの結論に達した。深層井戸あるいはpond-sand filterの設置あるいは設置後の必要な装置の維持を含めて、ジョソール県で実績のある日本NGOのアジアヒ素ネットワーク(AAN)と話を進めればどうかとの方向が示された。

(3) AANをパートナーとする件について

AANの事務局長の川原氏と交渉を行った。しかし、下記の理由で断念せざるを得なかった。

- 1) バングラデシュでNGOとして活動するためには、「NGOビューロー」に活動内容を届けてNGO活動の認可をとることが必要で、現在のAANバングラデシュはその登録の際に研究活動を申請していない。
- 2) AANバングラデシュはこれまでJICAの活動を中心にしてきたが、JICAプロジェクトが2005年12月で終了する。これを機会にAANバングラデシュは現地の若者を主体としたNGOに変わろうとしている。現在、現地でバングラデシュの若者が議論中であり、その議論にはおそらく研究活動は入ってこないのではないかと、との判断である。新AANバングラデシュが動き出すのは2006年4月以降であるが、現在のところそのNGO活動内容は確定していないので、当貴研究班の申し出に対応しにくい。

以上の結果より、AANをバングラデシュ側のパートナーとして要望することを断念した。

(4) Hamidur Rahman教授をパートナーとする件について

平成17年2月28日～3月3日、ラシャヒ市チャパイナワブガンジ地区をラシャヒ大学のRahman教授とBergum準教授と一緒に訪れ、地下水のヒ素汚染地域でヒ素患者が発生し、かつ、DPHE等により近い将来、安全な水の供給が計画されて

いる地域の調査を行った。DPHA の紹介により、Rahman 教授及び Bergum 準教授と一緒にチュナカリ村、バハラム村及びラザランプール村を訪れ、ヒ素患者と話をすると同時に深層井戸の建設が可能かどうかの調査を行った。調査地点は3つの村の境界であり、モスクと広場があった。共同体の取り纏め役及び土地の提供などの話し合いが Rahman 教授を介して行われ、この地域を深層井戸の試掘の地域として選定することが可能であることが分かった。

B-2. 安全な水の供給

(1) 深層管井戸の試掘

平成17年7月～9月、チュナカリ村において Rahman 教授の指導の下、深層管井戸の試掘調査が実施された。第1の候補地はモスクの前の広場の一角であった。その写真を Photo 1 として示した。第1の候補地の深度400フィートまで掘り進んだ。250フィートの部分で地下水を採取した。採水した地下水中のヒ素濃度の測定結果を待つため、管井戸の試掘を一時中断した。その一時中断の段階で掘削地の管の部分の閉塞が発生し、それ以上掘り進むことが出来なくなった。そこで、2回目の試掘が開始された。760フィートまで掘り進んだが深層地下に存在する砂利や岩石が邪魔をし、それ以上掘り進むことが不可能になった。表層から10フィート毎に土壌を採取し、土壌中のヒ素、鉄及びマンガン量の検査が行われた。表層～250フィートまでは砂層、250フィート～420フィートまで粘土層、420～480フィートまで砂層となり、480～670フィートまで粘土層に代わり、670～710フィートまで砂層となった。それ以降760フィートまでは粘土層であった。420～480フィートまで砂層あるいは670～710フィート採水のための帯水帯として不適切な砂層であった。場所を第1の候補地から150m離れた地点に変更し、第3の候補地での掘削を開始した。この地点で地下水を採水するために90フィートの管井戸を試掘し、水の試料を採取した。更に、その近くで深層管井戸を試掘し、760フィートまで掘り進んだが、前回の深層管井戸で発生したのと同様な地層、砂利とに岩石混じりの層に阻まれ、それ以上掘り進

むことが不可能になった。また、この地点でも、表層から250フィートまでは砂層であり、250フィート～760フィートまで粘土層であった。十分な量の地下水を得るための帯水帯を試掘することが出来ず、深層管井戸の試掘は断念した。

(2) 管井戸とGSF施設との組み合わせ

第一帯水帯の砂層と粘土層の部分(深度約250フィートの部分)に管井戸を設置し、手押しポンプでくみ上げた地下水をGSF施設でヒ素を除去した後、その水を供給することを計画した。この方式は日本のNGOのAANバングラデシュが地下水のヒ素汚染地域で安全な水を住民に供給する活動の一つの選択肢として利用している方法である。平成17年11月、管井戸(深度約250フィート)をRahman教授の指導のもとに掘削し、手押しポンプを設置した。次ぎに平成17年12月、AANバングラデシュがGSF施設の建設に取りかかり、平成18年1月末にGSF施設が完成した。供給水中のヒ素濃度が測定され、バングラデシュの飲料水のヒ素基準の50ppb以下の処理水が得られたため、平成18年2月初旬からヒ素被害家族18家族への安全な水の給水が開始された。

(3) 管井戸とGSF施設との組み合わせによる処理水(供給水)中のヒ素濃度の管理

GSF施設を建設したAANバングラデシュにGSF施設の維持管理を依頼した。AANバングラデシュは毎月1回、チュナカリ村のGSF施設を訪れ、GSF施設の清掃並びに供給原水及び供給水中のヒ素濃度の分析を実施した。同時に供給原水と供給水を国立医薬品食品衛生研究所研究所に送付し、水質のダブルチェックを実施した。なお、当研究所に送付される供給原水及び処理水は100mLのポリ瓶に空気を入れないようにし、この中に濃硝酸0.1mL(硝酸量として約0.3v/v%)を加え、EMS便にて送付した。なお、AANバングラデシュの担当者が来るまでの間、現地の配水を担当する住民が10日に1回ずつGSF施設の清掃を担当した。

(4) 水の中の鉄、マンガン及びヒ素の測定

AANバングラデシュから送られてきた供給原水及び処理水100 μ Lをreodyne製loop-injector

に注入し、島津製 LC-10AT 型液体クロマトポンプで 1.0 mL/min の流量で HP4500 型 ICP/MS (HPLC-ICP/MS) 装置に送液し、試料溶液中のヒ素、鉄及びマンガン量を測定した ICP-MS 装置の各パラメータは下記のものであった。

RF 出力：1249 W、RF 反射：5W 以下、プラズマガス流量：アルゴンガス 15 L/min、キャリアガス流量：アルゴンガス 0.8 L/min、モニタリング質量：m/z 54 (Fe)、55 (Mn)、75 (As)、積分時間：0.1 sec、スキャン回数：1 回

(5) 土壌中のヒ素、鉄及びマンガンの測定

深層管井戸の掘削の際に採取した 10 フィート毎の土壌をシャーレ上に厚さがほぼ均等になるように載せ、オープン中に入れ、50°C で 24 時間乾燥した。その約 0.5 g を精密に量り、テフロン製容器に入れ、硝酸/過酸化水素水/水混液 (3:2:2) 7 mL を正確に加え、密栓して一晩放置した。MARS 5 型 microwave oven (CEM 社) にテフロン製容器で疎解を行った。疎解後、30 分間放冷し、シリカ Q 水を加えて正確に 25 mL とし、ミリポアフィルター (口径 0.45 μ m) を用いてろ過し、そのろ液を試料溶液とした。HPLC-ICP/MS 装置にて、ヒ素、鉄及びマンガン量を測定した。

B-2. ヒ素汚染家族 18 家族のヒ素被害状況

平成 17 年 6 月 13～14 日、チュナカリ村を Rahman 教授、Bergum 準教授及び Zaman 助教授と一緒に訪れた。Rahman 教授、Bergum 準教授の先導のもと、各家庭を訪問し、Zaman 皮膚科医の住民診察により、ヒ素被害者及びヒ素被害の未発症者の診断が実施され、ヒ素被害家族の 18 家族、家族構成員 78 名が特定され、ヒ素被害者は 25 名であり、その年齢は 15 才以上であった。ヒ素被害家族 18 家族の各人の番号、性別、年齢及びヒ素被害の有無を Table 1 に示した。なお、ヒ素被害者は「+」の記号で、非ヒ素被害者は「-」の記号で示した。重篤なヒ素被害者の 017-A の手の平の角化症の様子を Photo 2 に示した。平成 18 年 2 月 4 日～5 日、平成 18 年 8 月 20 日～21 日及び平成 19 年 3 月 2 日にヒ素被害家族に対する診察が実施された。調査項目は性別、年齢、ヒ素患者

の有無、ヒ素症状の発症時期、角化症の発症の部位、ヒ素被害の重傷度 (I～VI) 痛みの程度、黒化症の部位とその強度であり、Zaman 医師の診断によるチェックが行われた。なお、平成 18 年 2 月の調査時点で 2 家族 (013 と 014 の家族) がチュナカリ村から転居しており、平成 18 年 2 月、8 月及び平成 19 年 3 月の調査では外された。また、平成 19 年 3 月の調査では、1 家族 (003 の家族) の全員が他所に出かけており、調査の対象から外された。

B-3. ヒ素被害家族から尿及び毛髪採取

平成 17 年 6 月、平成 18 年 2 月、8 月及び平成 19 年 3 月にチュナカリ村を訪れ、Rahman 教授及び Bergum 教授の先導のもと、ヒ素被害家族から毛髪及び尿を採取した。

採取された尿は 10 mL のポリエチレン製共栓付き容器に入れられた。毛髪は側頭部から約 0.1～0.5 g 採取し、チャック付きのプラスチック製袋に入れられた。現地において、採取後の尿は現地では冷蔵庫に保管され、保冷容器に入れて携行手荷物として日本に輸送された。輸送された尿は、研究室では -80°C の deep freezer の 2 カ所に保管され、測定には -30°C の freezer に保管したものを使用時に解凍して用いた。毛髪は携行手荷物として日本に輸送された。

B-4. 毛髪中のヒ素の分析

毛髪は根元から約 3 cm までの長さものをミリ Q 水で洗浄後、アセトンで脱脂した後、ろ紙上に広げ乾燥した。その約 10～30 mg を精密に量り、テフロン製容器に入れ、硝酸/過酸化水素水混液 (3:1) 5 mL を正確に加え、密栓して一晩放置した。MARS 5 型 microwave oven (CEM 社) にテフロン製容器を装着し、疎解を行った。疎解後、30 分間放冷し、シリカ Q 水を加えて正確に 25 mL とし、試料溶液とした。試料溶液 100 μ L を用い、HPLC-ICP/MS に注入し、試料溶液中のヒ素量を測定した。

B-5. 尿中のヒ素代謝物の測定

尿中のヒ素化合物の分析は、尿検体 200 μ L に

HPLCの移動相200 μ Lを加え、その20 μ LをHPLC-ICP/MS装置に注入し、測定を行った。予め30 ppb及び150 ppbのAs(III), As(V), MMA及びDMAを含むHPLCの移動相溶液20 μ Lを用いて作成した検量線より、尿中のヒ素化合物濃度を求めた。用いたHPLC条件は以下の通りであった。

(HPLC条件)

検出器：Agilent 7500型 ICP/MS装置

カラム：Gelpack GL-IC-A15(4.6mm i. d. \times 150mm,

基材樹脂：ポリメタクリレート、官能基：アル

ルカノールアミン、イオン交換容量：70 μ

eq/col)、カラム温度：35 $^{\circ}$ C、移動相：10mM

リン酸緩衝液(pH6.0)、流量：0.9 mL/min

Agilent 7500型 ICP/MS装置の各パラメータは下記のようにであった。

RF出力：1500 W、RF反射：<5W、プラズマガス

流量：アルゴンガス15 L/min、キャリアガス

流量：アルゴンガス0.90 L/min、モニタリン

グ質量m/z 35(Cl), 75(As)、積分時間：0.3sec、

スキャン回数：1回

B-6. 尿中クレアチニンの測定

尿をミリQ水で10倍希釈し、その液0.5 mLを用いてJaffe反応を応用したクレアチニンテストワコーのキットにて測定を行った。

B-7. 倫理面への配慮

研究の目的はバングラデシュの地下水のヒ素汚染地域において、ヒ素除去された水を供給し、供給前後でのヒ素による健康被害の改善効果を調査するものである。採取する試料は、飲料水、ヒ素被害家族からの尿及び毛髪である。経口的に摂取されるヒ素の排泄を尿、毛髪中のヒ素量あるいはヒ素代謝物を含めた全ヒ素量として測定し、安全な水の供給後、6ヶ月及び1年後でヒ素被害状況の変化とヒ素排泄量の変化を調査するものである。研究によって生ずる倫理的危険性はヒ素被害患者の情報が、本人が意図しなくても流布されることである。

「人体より採取された材料」提供者の人権の擁護ため、提供者の氏名、性別、年齢はバングラデ

シュ側のパートナーのRahman教授が保持した。研究者はそれらの匿名化されたデータを用いて解析を行った。試料・情報は連結可能匿名化されたものであった。申請者は試料採取する際にRahman教授と一緒に試料採取を行うが、採取された試料をRahman教授が、再度、新たな番号付けを実施し、その情報を研究者に提示するため、個人識別情報を知り得ない状況であった。なお、本調査を実施するに当たり、「疫学研究に関する倫理指針」の個人情報の保護の項目に従った。

調査対象者への研究目的の説明と承諾は、調査場所がバングラデシュであることから、国際共同研究者が所属するバングラデシュ・ラシャヒ医科大学皮膚科教室のZaman準教授(医師)の倫理委員会の承諾を得て行う。材料の提供の際は、ヒ素被害家族の診察をZaman準教授が実施しながら、同意を得た。書式は現地語であるが、対象者全員から承諾書を得た。これらの承諾書はRahman教授が保持した。

C. 結果及び考察

C-1. バングラデシュの協力研究者及び候補地について

平成16年度の調査でバングラデシュ側の協力研究者として、ラシャヒ大学地質・鉱山学部のRahman教授を選定し、これまで大野分担研究員が精力的に調査を行ってきた地下水のヒ素汚染地域であるチャパイナワブガンジ地区であった。なお、調査した村は、チュナカリ村、バハラム村及びラザランプール村の村境であった。

C-2. 飲料水中のヒ素を含む6元素の分析

平成17年3月の調査でヒ素症状が手の平、胸あるいは足の裏に出ている住民が用いている井戸水(A~I)あるいは深層井戸の掘削の候補地の広場の周りの家庭で使用している水(No.1~No.18)を採取し、その中に含まれるCu, As, Se, Cd, Sb及びHgの6種類の元素の測定を行い、その結果をTable 2に示した。

Table 2 から分かるようにバングラデシュの飲料水のヒ素基準の50 ppbを超える水を用いている

家族は調査した 27 家族の内の 3 家族であった。A～I の家族には、ヒ素被害の患者がいるが、飲料水中のヒ素量がバングラデシュの飲料水の基準内のものも見受けられる。H 家族は敷地内に 2 個の井戸を持っており、H-1 及び H-2 の記号で示した。また、深層管井戸の掘削の候補地の周りの 18 本の掘り抜き井戸あるいは管井戸の水の中のヒ素濃度も井戸毎にバラバラであった。安全な深層地下水を供給する際には、使用している井戸のヒ素濃度を十分に調査する必要があるが分かった。

C-3. 地下水のヒ素汚染地域の土壌中のヒ素、鉄及びマンガン濃度

平成 17 年 7 月～9 月、チュナカリ村で深層管井戸の試掘調査が実施された。土壌は表面から深度 250 フィートまで目の粗さの違う砂層であった。それより下は粘土層があり、420～480 フィートまで砂層があり、その後粘土層が続いた後、670～710 フィートで薄い砂層が観察された。更に、760 フィートまで粘土層であり、その時点で砂利や岩の地層となった。深層管井戸を 760 フィートまでの各 10 フィート毎の土壌中のヒ素、鉄及びマンガン濃度を測定し、その結果を Table 3 に示した。ヒ素濃度は 0.92～21.8 mg/kg、鉄濃度は 3.74～47.11g/kg、マンガン濃度は 96～871 mg/kg であり、それらの平均値は、それぞれ、4.93 mg/kg、17.72 g/kg 及び 409 mg/kg であった。Fig.1 に採取した土の深度とヒ素あるいは鉄の関係を示した。ヒ素あるいは鉄濃度も表層部分が多く、250 フィートの砂層の部分まで低下し、420 フィートの粘土層で増加し、420～480 フィートの砂層で低下し、670～690 フィートの砂層と粘土層の境界部分で上昇し、一番の高濃度を示した。Fig.2 に土壌中のヒ素濃度と鉄濃度関係を示した。両者は統計的に非常に有意な相関関係を示し、バングラデシュあるいはインド・西ベンガル州のヒ素濃度の高い地域での管井戸を用いた地下水中のヒ素濃度と鉄濃度の間の有意な相関性を裏付けるデータが土壌中の両者の濃度の関係からも明らかになった。Fig.3 に土壌中の鉄濃度とマンガン濃度の関係を示した。この場合も両者の間には統計的に有意な相関関係が

成立し、地下水のヒ素汚染地域での管井戸から得られた水の鉄濃度とマンガン濃度の間には統計的に有意な相関性があるという報告を土壌中の両者の濃度でも相関関係があることが明らかにされた。この結果、この地域での土壌中のヒ素の溶出機構として、ガンジスデルタ地帯の土壌中の黄鉄鉱など沈殿物に取り込まれたヒ素及びマンガンが土壌の還元状態で黄鉄鉱が Fe(II)イオンの状態で地下水に溶解し、それと同時にヒ素とマンガンが溶け出すと考えられた。この仮説は他の報告でも見ることが出来る。

C-4 管井戸と GSF 施設との組み合わせによる処理水中のヒ素濃度の管理

GSF 施設の建設後の平成 18 年 2 月以降、各月ごとに送られてきた供給原水及び処理水中のヒ素、鉄及びマンガン濃度を測定し、その結果を Table 4 に示した。また、GSF 施設を Photo 3 (前面) と 4 (背面) に示した。

供給原水中の鉄濃度は、調査した平成 18 年 2 月～平成 19 年 2 月の間、5370～30950 ppb の範囲であったが、処理水では、10 ppb 以下～3504 ppb の範囲であった。GSF 施設で水中の Fe(II)イオンが空気中の酸素により酸化され、酸化鉄として沈殿して鉄濃度が低下していた。その沈殿物に水中のヒ素イオンが取り込まれ、ヒ素量を低下させるのが GSF 施設のヒ素除去の原理である。マンガン濃度は処理水でも大きく低下しなかったが、ヒ素濃度は明らかに低下し、供給原水中のヒ素の 193 ppb～291 ppb が処理水中では 21 ppb～59 ppb であり、GSF 施設により、ヒ素量が 1/5～1/10 に低下していた。平成 18 年 5 月の処理水でのヒ素量が 59 ppb であったが、この原因として、住民の処理水の使用量が多すぎ、GSF 施設の処理能力を超えた容量の原水が使われたために起こった現象であると考えられた。バングラデシュの飲料水中のヒ素濃度は 50 ppb 以下であり、一時的に 59 ppb の水を供給したこともあったが、今回の実験期間を通じて、ほぼ安全な水をヒ素被害家族に供給することができたと考えた。

C-5. チュナカリ村のヒ素被害患者のヒ素症状

平成17年6月、平成18年2月のGSF施設で処理した安全な水を配給する前の調査及び安全な水の供給後の6ヶ月の平成18年8月、1年後の平成19年3月の調査はZaman医師が実施した。各調査日に在宅あるいは不在であったヒ素被害患者は「present」あるいは「absent」で表示した。また、角化症、痛みあるいは黒皮症が観察されない場合には「-」の記号を用いて示した。なお、調査開始の平成17年6月時点でのヒ素被害家族18家族中のヒ素被害患者の総数は25名であったが、平成18年2月の時点での他地域へ2家族が移動しており、調査対象家族数は16家族となっていた。6ヶ月間の安全な水の供給後の調査である平成18年8月の調査及び平成19年3月の調査では、皮膚科医の診断による結果をTable 5に示した。かなりのヒ素被害患者の重傷度が軽減していることが観察され、その結果をTable 5の表から見る事ができた。特に、017-Aで示された50才の男性の場合、角化症Vの重傷度の患者であったが、1年間の安全な水の供給により、重傷度がIVに下がり、長期に渡る悩みから解放されたと話であった。その症状を平成17年6月の皮膚症状をPhoto 2と平成19年3月の皮膚症状をPhoto 5に示した。また、平成17年6月の調査で皮膚ガン001-Aの婦人の手の平をPhoto 6に示した。この婦人はZaman医師の薦めで手術を行った。平成19年3月の001-Aの婦人の手の平をPhoto 7に示した。医師の診断でも再発は見られず、皮膚の角化症の改善が進んでいることが分かった。

C-6. ヒ素被害家族から得られた毛髪中のヒ素濃度

毛髪は1ヶ月に約1 cm伸びると言われている。平成17年6月、平成18年2月及び平成18年8月ヒ素被害家族から得られた毛髪の根元から3 cmまでのものを用い、その中のヒ素濃度の測定を行なった。平成17年6月の調査では、63名分の毛髪を採取することができた。その結果をTable 6に示した。なお、毛髪中のヒ素量が装置の検出限界の0.01 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 以下の場合には「n.d」の記号で示した。63名の毛髪中のヒ素の平均値は6.23 mg/kg

であり、最小値は、0.1 mg/kgであった。毛髪中のヒ素量が最も高い人は010-Cで示された35才の婦人であったが、皮膚科医の診断により、非ヒ素患者であると診断されたヒトであった。ヒ素被害者22名の毛髪中のヒ素量と非ヒ素被害者40名の毛髪中のヒ素量をTable 7に示した。ヒ素被害者22名の毛髪中のヒ素量の平均値は5.61 mg/kgであり、非ヒ素患者40名の毛髪中のヒ素量の平均値は6.72 mg/kgと比較して、両者の間には統計的に有意な差が認められなかった。

平成18年2月の調査では、16家族の48名から、また平成18年8月の調査では、16家族の62名から毛髪を採取することができた。平成17年6月、平成18年2月及び8月の毛髪中のヒ素濃度の結果と合わせてTable 6に示した。平成17年6月の調査で採取した63名の毛髪中のヒ素の平均値は6.23 mg/kgであり、最小値は、0.1 mg/kgであった。平成18年2月の48名の毛髪中のヒ素濃度の平均値は2.03 mg/kgであり、最小値は0.04 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 以下であり、最大値は25.68 mg/kgであった。GSF施設を設置する前の平成17年6月と平成18年2月の毛髪中のヒ素濃度を比較した時、平成18年2月のデータは平成17年6月のデータの0.32倍であり、バングラデシュの雨期と乾期の違いによる季節要因が考えられた。また、平成18年8月の調査では採取した60名分の毛髪中のヒ素濃度の平均値は、0.43 mg/kgであり、最小値は0.04 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 以下であり、最大値は3.21 mg/kgであった。平成18年2月以降、6ヶ月間、GSF施設で処理した水をヒ素被害家族に供給することにより、毛髪中のヒ素濃度の明白な低下が観察された。

平成18年2月の調査で最高濃度の毛髪中のヒ素濃度25.68 mg/kgを示した010-Bの男性(41才)は非ヒ素被害患者であった。同様に、平成18年8月の調査で最高濃度の毛髪中のヒ素濃度3.21 mg/kgを示した005-Bの男性(28才)も非ヒ素被害者であった。

平成17年6月の調査で示したヒ素被害者と非ヒ素被害者の毛髪中のヒ素量をTable 7で示したように平成18年2月の調査及び平成18年8月

の調査でもヒ素被害者と非ヒ素被害者の毛髪中のヒ素量を用いて検討した。平成18年2月の調査でのヒ素被害者(17名)の毛髪中のヒ素量の平均値は1.47 mg/kgであり、ヒ素被害の症状が発症していない人(31名)の毛髪中のヒ素量の平均値は2.33 mg/kgであった。平成17年6月の調査でも分かったようにヒ素被害者及び非ヒ素被害者の毛髪中のヒ素量の間には統計的に有意な差が認められなかった。逆に、平均値で見た場合、非ヒ素被害者の毛髪中のヒ素量がヒ素被害者の毛髪中のヒ素濃度が高い傾向を示した。同様に、安全な水を供給し始めて6ヶ月後の平成18年8月の調査でのヒ素被害患者(19名)の毛髪中のヒ素量の平均値0.44 mg/kg及びヒ素被害の症状が発症していない人(41名)の毛髪中のヒ素量の平均値0.42 mg/kgであり、両者間には統計的に有意な差が認められなかった。

C-7. ヒ素被害家族から得られた尿中のヒ素代謝物

平成17年6月の調査でヒ素被害家族18家族の構成員75名から得られた尿中のヒ素代謝物を測定した。その結果をTable 8に示した。皮膚科医の診察では、78名が対象であったが、尿の採取が困難な人もいたため、尿が提供された人数は75名となった。尿中のヒ素代謝物の濃度は尿中のcreatinine量(mg/creatinine)で補正して示した。

Creatineで補正後の尿中のAs(III)、DMA、MMA及びAs(V)の平均値は、それぞれ、56.2、412.7、73.5及び28.9 ng/mg creatinineであった。尿中の全ヒ素量は54.9~5492.1 ng/mg creatinineであり、その平均値は571.3 ng/mg creatinineであった。

Table 8-1にヒ素被害者の尿中のヒ素代謝物量を示し、Table 8-2に非ヒ素被害者の尿中のヒ素代謝物量を示した。両者間には統計的な違いが観察されず、尿中ヒ素代謝物の平均値を見た場合、非ヒ素被害者の家族構成員の尿中のヒ素代謝物量の平均値がヒ素被害者のそれに比べて高い値を示していた。

平成18年2月の調査で採取した50名のヒ素被害家族から得られた尿中のヒ素代謝物を測定し

た。尿中のcreatinine量(mg/mL)及び尿中のcreatinine量(mg/L)で補正してヒ素代謝物量をTable 9に示した。尿中creatinineの平均値は0.785 mg/mLであり、最大値は2.185 mg/mL、最小値は0.197 mg/mLであった。Creatineで補正後の尿中のAs(III)、DMA、MMA及びAs(V)の平均値は、それぞれ、11.8、123.3、20.1及び5.6 ng/mg creatineであった。尿中の全ヒ素量は17.9~533.0 ng/mg creatineであり、その平均値は160.7 ng/mg creatineであった。平成17年6月の調査での尿中ヒ素代謝物の測定データであるAs(III)、DMA、MMA及びAs(V)の平均値の56.2、412.7、73.5及び28.9 ng/mg creatineと比較して平成18年2月のデータは0.21倍、0.30倍、0.27倍及び0.19倍と明らかに低い値を示した。

Table 10-1に非ヒ素被害者の尿中のヒ素代謝物量を示し、Table 10-2にヒ素被害者の尿中のヒ素代謝物量を分類して示した。両者間には統計的な違いが観察されず、尿中ヒ素代謝物の平均値を見た場合、ヒ素症状が見られない家族の尿中のヒ素代謝物量の平均値が高い値を示していた。

同様に、平成18年8月に調査で採取した66名のヒ素被害家族から得られた尿中のヒ素代謝物を測定した。尿中のcreatinine量(mg/mL)及び尿中のcreatinine量(mg/l)で補正してヒ素代謝物量をTable 11に示した。

尿中creatinineの平均値は0.696 mg/mLであり、最大値は2.747 mg/mL、最小値は0.005 mg/mLであった。Creatineで補正後の尿中のAs(III)、DMA、MMA及びAs(V)の平均値は、それぞれ、80.2、1112.4、120.0及び72.5 ng/mg creatineであった。尿中の全ヒ素量は25.5~11620.4 ng/mg creatineであり、その平均値は1385.1 ng/mg creatineであった。平成18年2月の調査での尿中ヒ素代謝物の測定データであるAs(III)、DMA、MMA及びAs(V)の平均値の56.2、412.7、73.5及び28.9 ng/mg creatineと比較して平成18年2月のデータの6.7倍、9.2倍、6.0倍及び12.7倍と明らかに高い値を示した。しかし、平成17年6月の尿中のAs(III)、DMA、MMA及びAs(V)の平均値と比較して平成18年8月のデータはデータの1.4倍、2.7倍、1.6倍及

び 2.5 倍であった。この時期は雨期の高温多湿な季節であり、飲料水量の多さが尿中のヒ素代謝物の量に影響していることが示唆された。

C-6. ヒ素代謝物から見たヒ素被害家族のヒ素メチル化能

体内に摂取された無機ヒ素は肝臓にて As(III) に還元され、更に、メチル化酵素により代謝されて MMA あるいは DMA の形態となり、尿中に排泄される。正常人での尿中での (DMA+MMA) / Total As の比率は 70~90% と報告されている。また、正常人での尿中の比率は 5~30% とされている。そこで、平成 17 年 6 月、平成 18 年 2 月及び 8 月の調査で得られた尿中のヒ素代謝物の測定データを用いて (DMA+MMA) / Total As あるいは MMA/DMA の比率を求め、その結果を Table 12 に示した。また、両者の比が正常範囲を超えるヒトの結果を Table 13 に示した。5 名ともヒ素症状を発症していなかった。平成 17 年 6 月の調査で異常を示していた 018-C のヒトは MMA/DMA 比が 1195.1 % と非常に多くのヒ素代謝物を MMA の形で尿中に放出しており、尿中の全ヒ素量は 161.7 ng/mg creatinine であった。平成 18 年 2 月の調査では、MMA/DMA 比が 17.5 % と正常値 (全ヒ素量は 100.3 ng/mg creatinine) であった。しかし、平成 18 年 8 月の調査では、その比が 75.1 % (全ヒ素量は 775.3 ng/mg creatinine) と異常な範囲に戻っていた。平成 17 年 6 月の調査で異常を示していた 011-B のヒトは (DMA+MMA) / Total As 比が 14.1 % と非常に低く、大部分を無機ヒ素の形 (全ヒ素量は 205.8 ng/mg creatinine) で放出していた。このヒトの平成 18 年 2 月及び 8 月の調査は、その比が 96.2 % と 90.4 % となっており、正常な範囲に戻っていた。平成 18 年 8 月の調査で 003-D と 010-C のヒトから得られた尿中の MMA/DMA 比が 125.7 % と 488.3 % を示し、異常値であった。また、004-D のヒトは無機ヒ素の As(V) (全ヒ素量は 3755.8 ng/mg creatinine) しか検出されていなかった。

D. 結論

1. バングラデシュ側のパートナーとしては、ラシャヒ大学地質・鉱山学部の Md. Hamidur Rahman 教授を選定した。
2. 調査の候補地として、バングラデシュ人民共和国のチャパイナワブガンジ地区チュナカリ村を選定した。
3. 試掘井戸の 760 フィートまでの掘削時に得られた 10 フィート毎の土壌を用い、それら土壌中のヒ素、鉄及びマンガンの濃度を求めた。土壌中のヒ素濃度と鉄濃度の間には、統計的に非常に有意な相関関係を示し、更に、鉄濃度とマンガン濃度の間にも統計的に有意な相関関係が成立した。ヒ素汚染地域での地下水中のヒ素濃度と鉄濃度及び鉄濃度とマンガン濃度の間には統計的に有意な相関性があるという報告と土壌中の濃度でも相関関係があることが明らかになった。
4. 28 家族が利用する tubewell から採取した水の中のヒ素濃度は 4 家族がバングラデシュの飲料水のヒ素基準を超えていた。
5. 供給原水中のヒ素濃度は 193 ppb~291 ppb であったが、GSF 装置で処理することにより、処理水中のヒ素濃度を 21 ppb~59 ppb とすることができ、この水をヒ素被害家族 16 家族に平成 18 年 2 月~11 月まで供給した。
6. 安全な水の供給後の 6 ヶ月間の調査 (平成 18 年 8 月) 及び 1 年後 (平成 19 年 3 月) では、皮膚科医の診断により、かなりのヒ素被害患者の重傷度が軽減していることが観察された。バングラデシュの飲料水のヒ素基準に合致する水をヒ素被害者の飲用水及び料理用水として供給することにより、ヒ素被害者の症状が緩和することが明らかになった。
7. 平成 17 年 6 月の調査で採取した 63 名の毛髪中のヒ素の平均値は 6.23 mg/kg、平成 18 年 2 月の 48 名の毛髪中のヒ素濃度の平均値は 2.03 mg/kg と比較して、安全な水供給 6 ヶ月後の平成 18 年 8 月の調査での 62 名分の毛髪中のヒ素濃度の平均値は 0.43 mg/kg であり、明らかに毛髪中のヒ素量の低下が観察された。

8. 平成18年2月に採取した尿中のヒ素代謝物量、As(III)、DMA、MMA及びAs(V)の平均値は、それぞれ、11.8, 123.3, 20.1及び5.6 ng/mg creatineであった。尿中の全ヒ素量は17.9～533.0 ng/mg creatineであり、その平均値は160.7 ng/mg creatineであった。平成17年6月の調査での尿中ヒ素代謝物の測定データであるAs(III)、DMA、MMA及びAs(V)の平均値の56.2, 412.7, 73.5及び28.9 ng/mg creatineと比較して平成18年2月のデータは0.2, 0.21倍、0.30倍、0.27倍及び0.19倍と明らかに低い値を示した。平成18年8月に採取した尿中のヒ素代謝物、As(III)、DMA、MMA及びAs(V)の平均値は、それぞれ、80.2, 1112.4, 120.0及び72.5 ng/mg creatineであった。平成18年2月の調査での尿中ヒ素代謝物の測定データであるAs(III)、DMA、MMA及びAs(V)の平均値の56.2, 412.7, 73.5及び28.9 ng/mg creatineと比較して平成18年2月のデータの6.7倍、9.2倍、6.0倍及び12.7倍と明らかに高い値を示した。しかし、平成17年6月のデータの1.4倍、2.7倍、1.6倍及び2.5倍であった。尿中のヒ素代謝物に関しては、バングラデシュでの季節要因（乾期と雨期及び気温）の違いによる飲水量の影響が考えられた。
9. 平成17年6月、平成18年2月及び8月の調査で得られた尿中のヒ素代謝物の測定データを用いて (DMA+MMA) /Total AsあるいはMMA/DMAの比率を求めた。その結果を5名が正常なヒトとの違いを示したが、その5名ともヒ素症状を発症していなかった。
- 1 1. 平成17年6月の調査で異常を示していた011-Bのヒトは(DMA+MMA)/Total As比が14.1%と非常に低く、大部分を無機ヒ素の形（全ヒ素量は205.8 ng/mg creatinine）で放出していた。このヒトの平成18年2月及び8月の調査は、その比が96.2%と90.4%となっており、正常な範囲に戻っていた。
- 1 2. 平成18年8月の調査で003-Dと010-Cのヒトから得られた尿中のMMA/DMA比が125.7%と488.3%を示し、異常値であった。

また、004-Dのヒトは無機ヒ素のAs(V)（全ヒ素量は3755.8 ng/mg creatinine）しか検出されていなかった。

E. 研究発表

1. 論文発表

1. Hiroshi Tokunaga, Tarit Roychowdhury, Tadashi Uchino, Masanori Ando, "Urinary arsenic species in an arsenic-affected area of West Bengal, India(part III)", Appl. Organometal. Chem., 2005, 19, 246-253.
2. Tarit Roychowdhury, Hiroshi Tokunaga, Tadashi Uchino, Masanori Ando, "Effect of arsenic-contaminated irrigation water on agricultural land soil and plants in West Bengal, India", Chemosphere, 2005, 58, 799-810.
3. Toshiyuki Tsuchiya, Toshiko Tanaka-Kagawa, Hideo Jinno, Hiroshi Tokunaga, Kazunori Sakimoto, Masanori Ando, Makoto Umeda : Inorganic arsenic compounds and methylated metabolites induce morphological transformation in two-stage BALB/c 3T3 cell assay and inhibit metabolic cooperation in V79 cell assay, Toxicol. Sci., 84, 344-351 (2005).
4. Richard Marcos, Valeria Martinez, Alba Hernandez, Amadeu Creus, Hiroshi Tokunaga, Domingo Quinteros: Metabolic Profile in Workers Occupationally Exposed to Arsenic: Role of GST Polymorphisms, JOEM, 48, 334-341(2006).
5. T. Uchino, T. Roychowdhury, M. Ando, H. Tokunaga: Intake of arsenic from water, food composites and excretion through urine, hair from a studied population in West Bengal, India, Food Chem. Toxicol., 44, 455-461(2006).

2. 学会発表

1. 徳永裕司, Tarit Roychowdhury, 内野 正, 安藤正典: 「インド西ベンガル州の地下水ヒ素汚

染地域でのヒト尿中ヒ素化合物に関する研究」、フォーラム2004:衛生薬学・環境トキシコロジー、平成16年10月。

2. 内野 正、Tarit Roychowdhury、徳永裕司:「バングラデシュにおけるヒ素汚染に関する研究:稲中へのヒ素蓄積について」、フォーラム2004:衛生薬学・環境トキシコロジー、平成16年10月。

3. 徳永裕司、Tarit Roy Chowdhury、内野 正、Natai Das, Dilip Kumar Das:「インド西ベンガル州の地下水ヒ素汚染地域で生活する住民から採取された尿及び毛髪中のヒ素化合物について」、第12回ヒ素シンポジウム、2005年11月。

4. 内野 正、Tarit Roy Chowdhury, Natai Das, Dilip Kumar Das, 徳永裕司:「インド西ベンガル州の地下水のヒ素汚染地域で採取された土壌及び稲中のヒ素濃度について」、第12回ヒ素シンポジウム、2005年11月。

5. H. Tokunaga: Evaluation of urinary arsenic metabolites, urinary 8-OHdG and arsenic in hairs in arsenic-affected families in Bangladesh, Recent Trends in Health Science Research (Vellore Institute of Technology, India), August 2006

6. 徳永裕司、内野 正、五十嵐良明:「バングラデシュの地下水ヒ素汚染地域で地下水を飲料水とする住民から得られた尿中ヒ素代謝物及び8-OHdGについて」、第43回全国衛生化学技術協議会年会、平成18年11月。

7. 内野 正、五十嵐良明、徳永裕司:「バングラデシュの地下水ヒ素汚染地域で地下水を飲料水とする住民から得られた毛髪中ヒ素濃度及び土壌中ヒ素、鉄、マンガン濃度について」、第43回全国衛生化学技術協議会年会、平成18年11月。

8. H. Tokunaga, T. Uchino, A. K. B. Zaman, M. Rahman: Evaluation of Urinary Arsenic Metabolites, Urinary 8-OHdG and Arsenic in Hairs Obtained from Arsenic-affected Families in Bangladesh, Arsenic-sympo in MIYAZAKI 2006, November 2006.

9. Md. H. Rahman, H. Tokunaga, K. Ohno: Human Health Hazard and Arsenic Pollution in the

Groundwater of Bangladesh, Arsenic-sympo in MIYAZAKI 2006, November 2006.

F. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

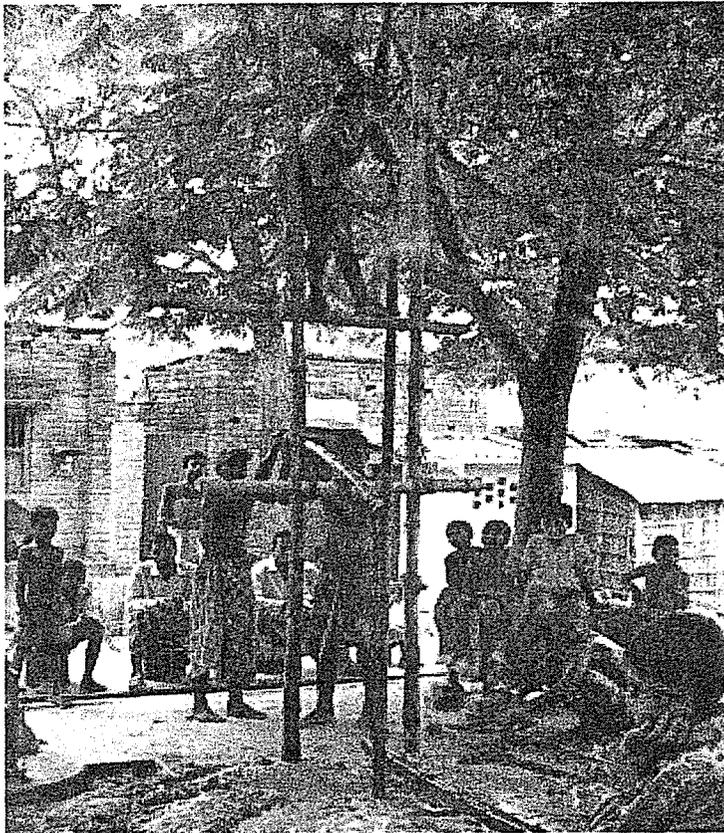


Photo 1. 深層管井戸の試掘の第1候補地での試掘風景



Photo 2. ヒ素被害者(017-A)の手の平の Hyperkeratosis

Table 1 Sex, Age and arsenicosis of 18 arsenic-affected families' members on June, 2006

	Sample	Sex	Age	arsenicosis		Sample	Sex	Age	arsenicosis
1	001-A	F	40	+	40	009-E	M	45	+
2	001-B	M	42	+	41	009-F	F	28	-
3	001-C	M	16	-	42	010-A	M	15	+
4	001-D	F	13	-	43	010-B	M	41	-
5	001-E	F	7	-	44	010-C	F	35	-
6	001-F	F	9	-	45	011-A	M	70	+
7	002-A	F	55	+	46	011-B	M	26	-
8	002-B	M	65	-	47	011-C	F	60	-
9	002-C	M	28	-	48	012-A	M	80	+
10	002-D	F	24	-	49	012-B	M	36	+
11	002-E	M	19	-	50	012-C	M	50	-
12	002-F	F	20	-	51	012-D	F	35	-
13	003-A	F	60	+	52	013-A	F	30	+
14	003-B	M	55	-	53	013-B	F	4	-
15	003-C	M	25	-	54	013-C	M	8	-
16	003-D	F	15	-	55	013-D	M	40	-
17	003-E			-	56	014-A	F	30	+
18	003-F	F	20	-	57	014-B	F	15	-
19	004-A	F	60	+	58	014-C	F	10	-
20	004-B	M	30	+	59	015-A	F	32	+
21	004-C	F	20	-	60	015-B	M	40	-
22	004-D	M	3	-	61	015-C	F	10	-
23	005-A	F	55	+	62	015-D	F	8	-
24	005-B	M	28	-	63	015-E	F	5	-
25	006-A	F	35	+	64	016-A	F	30	+
26	006-B	F	11	-	65	016-B	M	70	-
27	007-A	F	60	+	66	016-C	F	60	-
28	007-B	F	8	-	67	016-D	M	40	-
29	007-C	M	4	-	68	017-A	M	50	+
30	008-A	F	50	+	69	017-B	F	35	-
31	008-B	M	60	-	70	017-C	M	20	-
32	008-C	M	18	-	71	017-D	M	13	-
33	008-D	F	11	-	72	017-E	M	18	-
34	008-E	M	9	-	73	018-A	M	51	+
35	008-F	F	2	-	74	018-B	F	40	-
36	009-A	M	77	+	75	018-C	M	25	-
37	009-B	M	32	+	76	018-D	M	16	-
38	009-C	M	35	+	77	018-E	M	6	-
39	009-D	M	30	+	78	018-F	F	3	-

+: arsenic patient, -: non-arsenic patient

Table 2 Amounts of 6 elements in drinking waters obtained from Chunakali village in ChapaiNawabganj District

(unit: ppb)

	Cu	As	Se	Cd	Sb	Hg
A	0.7	2.0	4.0	1.1	1.8	2.1
B	0.0	0.0	1.9	0.0	1.6	0.0
C	0.0	11.1	1.8	0.0	1.5	0.0
D	0.0	50.1	1.6	0.0	1.5	0.0
E	0.0	56.9	1.7	0.0	1.5	0.0
F	0.0	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0
G	0.0	11.9	1.6	0.8	1.5	0.4
H-1	0.0	6.3	1.6	0.0	0.0	0.0
H-2	0.3	5.5	1.7	0.0	0.0	0.0
I	0.0	7.9	1.7	0.0	0.0	0.0
No.1	0.0	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0
No.2	0.0	27.9	1.6	0.0	0.0	0.0
No.3	0.7	3.9	1.6	0.0	1.5	0.0
No.4	0.0	25.5	1.6	0.0	0.0	0.0
No.5	0.0	7.5	1.6	0.0	0.0	0.0
No.6	0.0	1.5	2.1	0.0	0.0	0.0
No.7	0.0	65.2	1.6	0.8	1.4	0.4
No.8	0.1	13.5	1.7	0.0	0.0	0.0
No.9	0.0	2.7	1.5	0.8	1.4	0.4
No.10	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
No.11	0.0	1.3	1.7	0.8	0.0	0.0
No.12	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0
No.13	0.0	4.5	1.6	0.0	0.0	0.0
No.14	0.0	6.7	0.0	0.0	0.0	0.3
No.15	0.0	46.7	0.0	0.0	0.0	0.0
No.16	0.0	7.3	1.6	0.8	0.0	0.0
No.17	0.0	1.7	2.0	0.0	0.0	0.0
No.18	0.0	1.4	1.8	0.0	0.0	0.0

A-I: Drinking water from arsenic-affected families

No.1-No.18:Drinking water from arsenic-affected families

Table 3 As, Fe and Mn concentrations in sediments on digging the trial deep-tubewell

	depth (feet)	sediment type	As (mg/kg)	Fe (g/kg)	Mn (mg/kg)
1	0~10	sand	12.3	31.631	619
2	10~20	sand	6.09	23.275	443
3	20~30	sand	4.06	21.405	420
4	30~40	sand	1.85	11.287	359
5	40~50	sand	8.77	27.163	491
6	50~60	sand	2.52	12.645	266
7	60~70	sand	1.32	10.021	486
8	70~80	sand	2.65	7.212	226
9	80~90	sand	1.55	7.470	171
10	90~100	sand	1.62	7.364	226
11	100~110	sand	0.924	3.743	95.5
12	110~120	sand	1.09	5.157	219
13	120~130	sand	1.92	9.185	322
14	130~140	sand	2.07	9.402	201
15	140~150	sand	1.83	6.829	184
16	150~160	sand	1.51	5.085	145
17	160~170	sand	1.76	5.215	245
18	170~180	sand	1.55	6.394	306
19	180~190	sand	2.13	12.890	659
20	190~200	sand	1.99	12.102	516
21	200~210	sand	2.08	12.578	709
22	210~220	sand	1.95	10.486	627
23	220~230	sand	1.79	6.664	312
24	230~240	sand	1.97	6.484	263
25	240~250	sand	3.21	5.125	192
26	250~260	sand	4.79	17.605	352
27	260~270	cray	1.75	5.299	193
28	270~280	cray	6.01	17.262	431
29	280~290	cray	6.27	20.245	464
30	290~300	cray	4.36	11.054	305
31	300~310	cray	5.74	20.885	483
32	310~320	cray	5.62	18.107	427
33	320~330	cray	6.93	24.748	539
34	330~340	cray	7.14	25.041	524
35	340~350	cray	5.13	17.052	374
36	350~360	cray	6.42	19.144	422
37	360~370	cray	7.85	24.802	535
38	370~380	cray	7.45	22.135	503
39	380~390	cray	6.47	19.946	467
40	390~400	cray	4.17	9.980	268
41	400~410	cray	5.52	19.409	434
42	410~420	cray	4.98	13.283	333
43	420~430	sand	6.05	12.116	266
44	430~440	sand	3.98	11.868	287
45	440~450	sand	4.73	14.069	308
46	450~460	sand	5.45	16.873	338
47	460~470	sand	4.2	17.937	452
48	470~480	sand	3.44	19.355	507
49	480~490	cray	4.4	15.834	305
50	490~500	cray	5.47	21.995	431
51	500~510	cray	5.52	21.262	431
52	510~520	cray	6.65	26.007	538
53	520~530	cray	5.91	22.117	493
54	530~540	cray	5.21	19.728	428
55	540~550	cray	3.97	12.604	270
56	550~560	cray	3.75	12.177	249
57	560~570	cray	4.18	13.014	285
58	570~580	cray	4.13	15.616	325
59	580~590	cray	4.88	18.213	375
60	590~600	cray	4.34	14.093	313
61	600~610	cray	6.36	20.990	398
62	610~620	cray	6.26	26.042	462
63	620~630	cray	6.47	17.849	354
64	630~640	cray	4.66	22.094	457
65	640~650	cray	5.48	27.553	538
66	650~660	cray	6.67	28.668	594
67	660~670	cray	4.86	20.671	600
68	670~680	sand	21.8	30.770	484
69	680~690	cray	17.5	43.503	710
70	690~700	sand	9.55	46.140	871
71	700~710	sand	2.7	16.992	359
72	710~720	cray	5.14	30.015	578
73	720~730	cray	3.9	24.508	489
74	730~740	cray	6.97	34.585	615
75	740~750	cray	8.92	44.952	718
76	750~760	cray	4.09	23.900	484
average			4.93	17.723	409
MAX			21.80	46.140	871
MIN			0.92	3.743	96

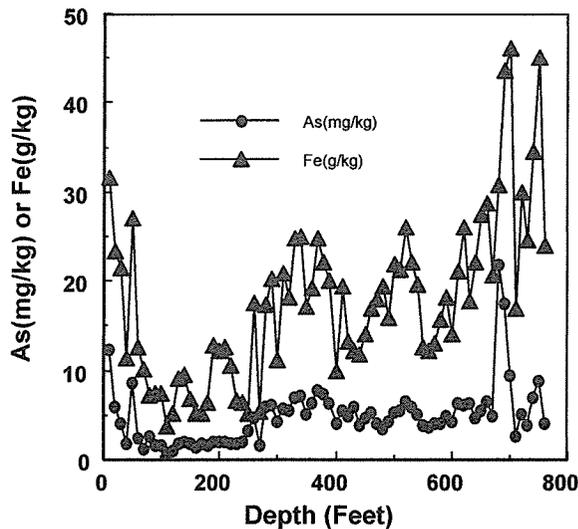


Fig. 1 As or Fe in sediments obtained from each depth of tubewell

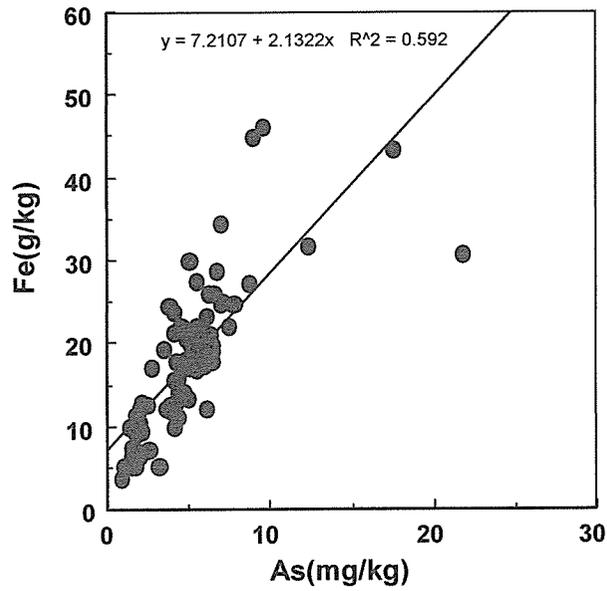


Fig.2 Relationship between As and Fe in each sediment at the 10-foot depth of tubewell

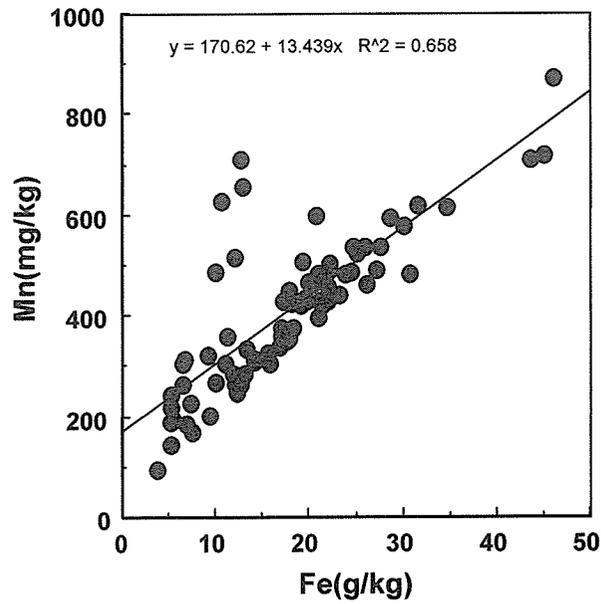


Fig.3 Relationship between Fe and Mn in each sediment at the 10-foot depth of tubewell

Table 4 Fe, Mn and As in raw water and treated water

Collected date	kind of water	Fe	Mn	As
February, 2006	raw water	5370	441	291
	treated water	216	264	21
March, 2006	raw water	6261	238	189
	treated water	1508	171	50
April, 2006	raw water	11040	470	229
	treated water	698	152	33
May, 2006	raw water	9170	223	210
	treated water	2595	119	59
June, 2006	raw water	12020	372	194
	treated water	<10	23	39
July, 2006	raw water	7038	333	227
	treated water	<10	650	46
August, 2006	raw water	11000	339	193
	treated water	2163	155	34
September, 2006	raw water	4496	132	127
	treated water	557	167	38
October, 2006	raw water	8003	310	219
	treated water	<10	171	46
November, 2006	raw water	30950	10370	289
	treated water	3504	44	31
December, 2006	raw water	3962	292	148
	treated water	331	115	28
January, 2007	raw water	19975	445	220
	treated water	5474	210	34
February, 2007*	raw water	7760	-	260
	treated water	<10	-	37

February, 2007*: The analytical data were obtained from AAN Bangladesh

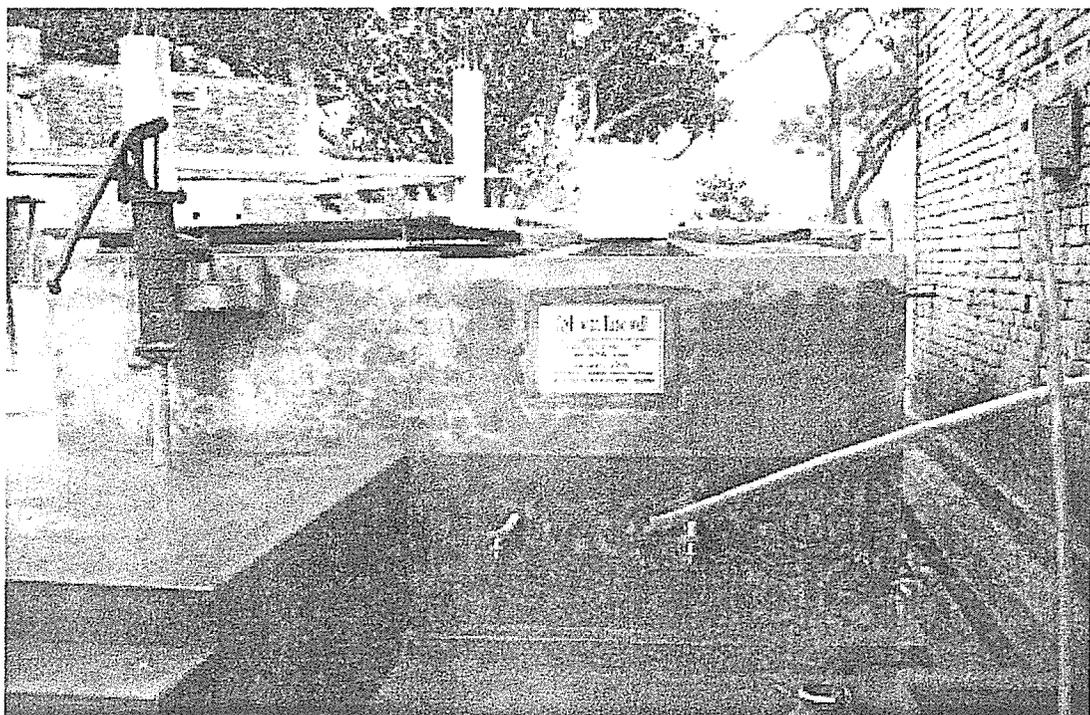


Photo 3 手押しポンプとGSF施設（前面）

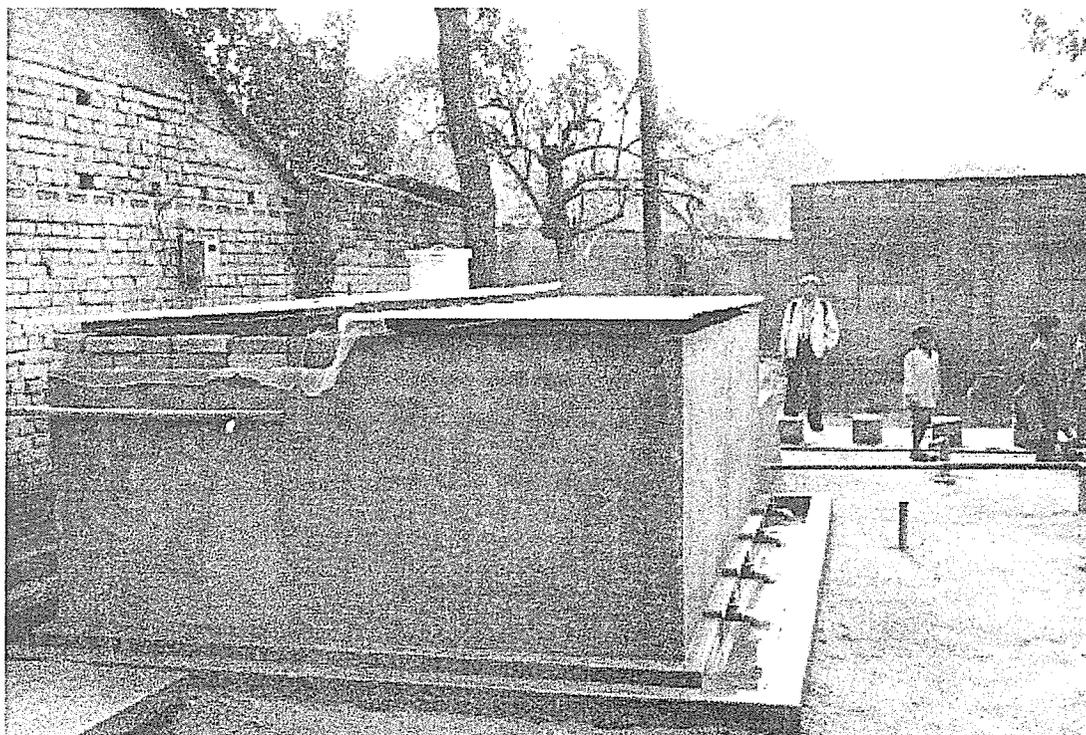


Photo 4 手押しポンプとGSF施設（背面）

Table 5-1 Arsenic symptoms of arsenic-affected villagers

Check date	Sample No.	001-A	001-B	001-G	002-A	003-A	004-A	004-B	005-A	006-A	007-A	008-A	009-A	009-B	009-C
	Sex	F	M	M	F	F	F	M	F	F	F	F	M	M	M
	Age	40	42	20	55	60	60	30	55	35	60	50	77	32	35
	present or absent	present	present	absent	present	present	present	present	present	present	present	present	present	present	present
June 2005	duration of symptom	>3 yeras	>3 yeras		>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras
	hyperkeratosis severity	palm,sole V	sole IV		palm,sole V	palm,sole III	palm,sole II	palm,sole IV	palm,sole IV	palm,sole V	palm,sole V	palm,sole V	palm,sole II	palm,sole III	palm,sole III
	pain	slight	strong		weak	strong	slight	strong	slight	slight	slight	slight	slight	slight	strong
	melanosis severity	chest,back strong	chest,back strong		chest,back strong	-	-	chest,back strong	-	chest,back strong	chest,back weak	chest,back strong	chest,back strong	chest,back slight	chest,back slight
	present or absent	present	present	absent	present	present	present	present	present	present	present	present	present	absent	absent
Feb. 2006	duration of symptom	>3 yeras	>3 yeras		>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	
	hyperkeratosis severity	palm,sole V	sole IV		palm,sole V	palm,sole III	palm,sole II	palm,sole IV	palm,sole IV	palm,sole V	palm,sole V	palm,sole I	palm,sole II	palm,sole I	palm,sole II
	pain	strong	-		weak	strong	slight	strong	strong	strong	strong	slight	strong	strong	strong
	melanosis severity	chest,back strong	chest,back strong		chest,back strong	-	-	chest,back strong	chest,back strong	chest,back strong	back strong	chest,back slight	chest,back slight	chest,back strong	chest,back strong
	present or absent	present	present	present	present	present	absent	absent	present						
Aug. 2006	duration of symptom	>3 yeras			>3 yeras										
	hyperkeratosis severity	palm,sole V	sole IV	palm,sole IV	palm,sole V	palm,sole II			palm,sole II	palm,sole I	palm,sole II	palm,sole I	palm,sole I	palm,sole I	palm,sole III
	pain	-	-	strong	-	weak			slight	slight	slight	slight	-	-	strong
	melanosis severity	chest,back strong	chest,back slight	chest,back strong	chest,back strong	chest,back slight			-	chest,back slight	chest,back strong				
	present or absent	present	present	absent	present	absent	present	absent	present						
March. 2007	duration of symptom	>3 yeras	>3 yeras		>3 yeras		>3 yeras		>3 yeras		>3 yeras				
	hyperkeratosis severity	palm,sole III	sole II		palm,sole IV		palm,sole I		palm,sole I		palm,sole I	palm,sole I	palm,sole I	palm,sole I	palm,sole IV
	pain	-	slight		weak		slight		-		slight	slight	slight	-	strong
	melanosis severity	chest,back strong	chest,back slight		chest,back weak		slight		-		chest,back slight				



Photo 5. ヒ素被害者(017-A)の角化症(平成19年3月)

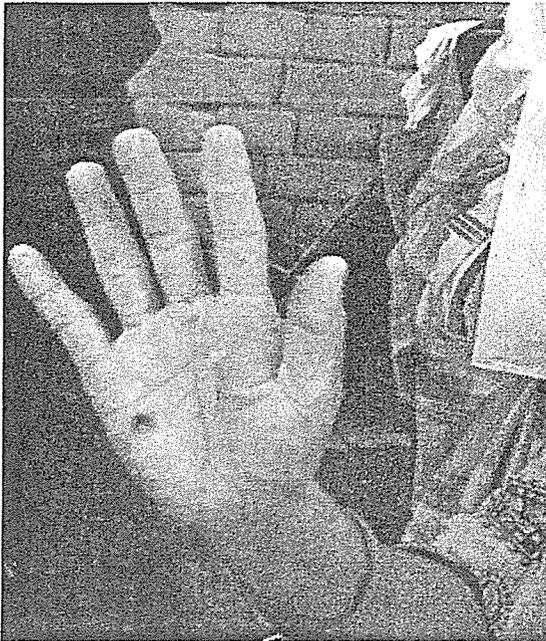


Photo 6 001-Aの婦人の手の平(肉腫の形成)(平成17年6月)

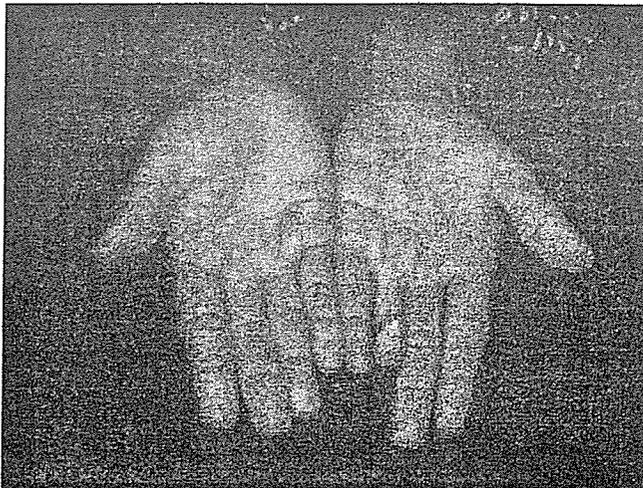


Photo 7 001-Aの婦人の手の平(手術後の状態)(平成19年3月)