

Bangladeshの地下水ヒ素汚染地域に住む住民のヒ素暴露について

徳永裕司

Risk Assessment for Arsenic to People Who Live in the Area of Arsenic-contaminated Undergroundwater in Bangladesh

Hiroshi Tokunaga

Arsenic is a very harmful environmental pollutant and arsenic contamination of groundwater has been reported in Bangladesh, West Bengal, India and Nepal. In order to examine the risk assessment of arsenic, we made the plan to deliver the safe water for purpose of drinking and cooking for one year to 16 arsenic-affected families in Chunakali village, Chapai Nawabganj district, Bangladesh. We supplied the safe water after treatment of Gravel Sand Filter facility. The arsenic in drinking water didn't exceed almost 50 ppb for one year. Before delivering the safe water both on June 2005 and on February 2006, we visited Chunakali village with Professor Rahman, Associated Professor Belgium and Zaman and diagnosed the arsenic symptom of the arsenic-affected families and collected their urines and hairs. Also we visited that village on August 2006 of a half year after delivering the safe water and on March 2008 of one year after delivering the safe water. Due to the supply of safe water for one year for purpose of drinking and cooking, the arsenic symptoms were recovering and the amounts of arsenic in hairs were decreasing. If Bangladesh government has the good water management in rural areas of arsenic-polluted underground and adopted the appropriate water supply system, the arsenic symptom caused by arsenic should be recovered.

Key Words: arsenic, water supply, arsenic-affected families, Bangladesh

1. 緒言

近年、地下水のヒ素汚染による大規模な健康障害がインド、バングラデシュ、ネパールで報告され、現在の推計では、高濃度ヒ素暴露者が、インド・バングラデシュ・ネパールで約3500万人と言われている。慢性ヒ素中毒で最も重大な問題は発癌であり、暴露歴は20数年を経過中であり、本格的な発癌の頭在化までに、ヒ素による発癌の発生機序、リスク評価、予防対策などの活動が特に重要である。バングラデシュにおけるヒ素汚染は非常に深刻で、2003年3月に開催された世界水フォーラム（京都）においても、早急に解決すべき問題の一つとして取り上げられた。この国のヒ素汚染に対して、数多くの国際機関が調査し、安全な水供給の施策を行ってきた。しかし、ヒ素汚染問題に対する根本的な解決の糸口はみられていない。この原因として、ヒ素処理の水を供給する前と後でのヒ素暴露量の推定がなされていない、ヒ素処理水の確保が十分でない、ヒ素処理装置の維持管理の問題及び

ヒ素処理後のヒ素含有汚泥による2次的な環境汚染の問題が指摘できる。平成16年度~平成18年度の3カ年にかけて、バングラデシュ人民共和国ラシャヒ管区チャパイナワブガンジ地区チュナカリ村の地下水のヒ素汚染地域において、地域を限定した住民を対象に安全な飲料水の給水システムを確立し、安全な水を供給する前後での尿・毛髪中のヒ素代謝物の動態変化の検討と安全な水を供給することによる各種のバイオパラメーターの変化を検討した。

平成16年度は、バングラデシュにおける地下水のヒ素汚染地域でヒ素被害住民が存在し、かつ安全な水を供給することが可能な地域の選定並びに現地の協力者の調査を中心に行った。その結果、ラシャヒ管区チャパイナワブガンジ地区チュナカリ村を候補地に選び、現地の協力者としてラシャヒ大学地質・鉱山学部のMd. Hamidur Rahman教授、同大学芸術学部のBilkis Bergum準教授を選定した。

平成17年度は、チュナカリ村をRahman教授、Bergum準教授及びラシャヒ医科大学皮膚科のA. K. B. Zaman準教授と一緒に訪れ、ヒ素被害家族の特定とヒ素被害家族から尿及び毛髪を採取し、種々の測定を実施した。また、この地域で安全な地下水を供給するための施設として深

To whom correspondence should be addressed: Kamiyoga 1-18-1, Setagaya, Tokyo, 158-8501, Japan: Tel:03-3700-1141 ext.253; Fax: 03-3707-6950; E-mail: tokunaga@nihs.go.jp

層地下水の利用を計画し、深層管井戸の試掘を行った。深層管井戸の試掘を760フィートまで行ったが、砂利混じりの岩石層に阻まれ、十分な深層帯水層まで到達させることができなかった。地下水の確保に地下250フィートにある砂層と粘土層の境界域の第一帯水層まで管井戸を掘削し、手押しポンプで得られたヒ素に汚染された地下水を簡便なヒ素除去装置であるGravel Sand Filter (GSF) 施設で処理する計画に変更した。平成17年11月、Rahman教授の指導のもとダッカ市の業者が掘削し、管井戸と手押しポンプの設置を行った。平成17年12月、日本のNGO法人のアジア砒素ネットワーク (AAN) バングラデシュの手により、GSF施設の建設が始まり、約1ヶ月の建設期間を経て平成18年1月末、管井戸と手押しポンプ並びにGSF施設が連結したヒ素除去処理水の供給体制を確立することができた。平成18年2月、チュナカリ村をRahman教授、Bergum準教授及びZaman準教授及び厚労科研費の研究班員の国立保健医療科学院の国包水道工学部長と一緒に訪れ、管井戸及びGSF施設の村民への贈与を行った。管井戸とGSF施設を連結したヒ素除去後の飲料水の供給を開始すると同時に16のヒ素被害家族から尿及び毛髪の採取とヒ素被害住民の診察を行った。

平成18年度は、安全な水の供給をヒ素被害家族16家族に配水を始めて6ヶ月後の平成18年8月、Rahman教授、Bergum教授、Zaman準教授及び厚労科研費の研究班員である北海道大学大学院工学研究科の大野助手と学生と一緒にチュナカリ村を訪れ、ヒ素被害家族から毛髪及び尿の採取とヒ素被害住民の診察を行った。更に安全な水をヒ素被害家族に供給し始めて1年が経過した平成19年1月末、チュナカリ村の訪問を計画した。航空機の手配、海外出張の手続きを全て終了し、現地への出発を待ったが、平成19年1月12日、外務省から「バングラデシュに対する渡航情報(危険情報)の発出」が行われ、「渡航の延期」の要請が外務省の海外安全ホームページでなされた。その概要は、次のようであった。「バングラデシュでは、2007年1月22日に実施が予定されている総選挙に関連して、2006年10月27日の国会解散から、前連立政権与党の中心であったバングラデシュ民族主義党が率いる4政党連合と前野党連合の中心であったアワミ連盟が率いる14政党連合との間で対立が続いている。特に1月3日以降、アワミ連盟等14政党連合は選挙への不参加を宣言し、全土で大規模なゼネスト、主要道路封鎖等の抗議行動を展開したことから、1月11日、大統領は非常事態宣言を発出し、午後11時から早朝5時までの外出禁止令を発動した。(なお、夜間外出禁止令は、緊急車両、重病人、航空便で到着した旅行者等の移動を対象から除外しているが、航空便で到着した旅行者は、航空券と身分

証明者(パスポートなど)を提示する必要がある。)というものであった。1月中旬まで待ってもこの外務省の勧告は解除にならなかった。そのため、1月末のバングラデシュへの出張の計画を取り消した。1月24日、外務省のバングラデシュへの渡航情報が「渡航の是非を検討して下さい」に引き下げられた。その概要は、次のようであった。「バングラデシュでは、2007年1月22日に実施が予定されていた総選挙に関連して、2006年10月の国会解散から、前連立政権与党の中心であったバングラデシュ民族主義党が率いる4政党連合と、アワミ連盟が率いる14政党連合との間で対立が続いた。2007年1月3日以降、14政党連合等は選挙への不参加を宣言し、全土で大規模なゼネスト、主要道路封鎖等の抗議行動を展開したことから、1月11日、アーメド大統領は非常事態宣言とともに、午後11時から早朝5時までの外出禁止令を発出した。翌12日には、夜間外出禁止令は解除され、また、同時に出されていた民放テレビ局のニュース速報に課されていた報道管制も解除された。1月22日に予定されていた総選挙は延期され(新しい日程は未定)、現在総選挙実施に向けた環境作りが行われている。上記のとおり非常事態宣言及び非常事態権限令が発出されているため、基本的な権利が制限される可能性があるが、選挙管理内閣による事態改善に向けた動きがあること、非常事態宣言下で軍・警察等の治安部隊が展開することにより、治安は一応安定しており、暴動が起こる可能性はあまり高くないと言える」というものであった。この外務省の危険情報の「引き下げ」を待って、再度バングラデシュの調査の計画を立て、実施に移した。なお、平成19年5月10日現在でも外務省のバングラデシュの危険情報は、1月24日に発出された「渡航の是非を検討してください。」(引き下げ)のままであった。

Photo 1に平成19年3月1日にバングラデシュのZia International 空港に到着したときの写真を示した。



Photo 1

空港の正面に止まっているトラックは軍用トラックで、非常事態宣言下で国際空港を警備している軍人を運搬するために使われているものである。軍人が空港の警備に当たっていることから、空港は治安面から言えば、安全な状況であった。平成19年3月2日、Rahman教授、Bergum教授及びZaman準教授と一緒にチュナカリ村を訪れ、ヒ素被害患者のヒ素症状の調査とヒ素被害家族から毛髪及び尿の採取を行った。

平成16年度~平成18年度の3カ年に渡りバングラデシュ人民共和国ラジャヒ管区チャパイナワブガンジ地区チュナカリ村のヒ素被害家族を対象に実施された安全な水を供給し始めることによるヒ素症状の外見的な変化と毛髪中のヒ素濃度及び尿中のヒ素代謝物濃度の変化を検討し、ヒ素による暴露評価と健康影響に関する考察を行ったので紹介する。

2. 地下水のヒ素汚染地域の探索

2-1 バングラデシュ国際下痢性疾患研究センター (ICCDR,B) をパートナーとする調査

平成16年12月4日~9日にかけてICCDR,BではDr. Mahfuzar Rahman (Arsenic and Environmental Epidemiologist, Public Health Sciences Division) がパートナーとして対応した。ICCDR,Bには、ヒ素の測定に還元気化法を用いたAASの装置 (Nutritional Biochemistry Lab) と我が国の国際厚生事業団が寄贈したAAS装置 (Clinical Biochemistry Lab) の2台が設置されていた。ICCDR,Bの調査対象地であるMatlab地区は22万人の住民が生活している。その地区を6分割し、ICCDR,BのMatlab地域センターは3区画、11万人の住民を管理していた。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った。2002年より、AsMat (Arsenic Matlab) 計画をICCDR,Bは始め、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測定)、各井戸を使用する住民の履歴などのデータを約80名の調査員が毎月行い、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, deep-tubewell,アルカンフィルター等を用い、NGOのBRACがICCDR,Bの施策をサポートしていた。新たに、BRACは、平成17年2月を目途に、対象住民5000人で1006家族に対し、深層井戸の掘削とパイプ給水を行う計画を持っていた。AsMat計画で採取された水などの試料は、ICCDR,BのNutritional Biochemistry Labにてヒ素の還元気化-AAS装置を用いてヒ素の測定が行われていた。

Dr.Mahfuzar RahmanからICCDR,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。ICCDR,Bのメリットは何なのか、深

層井戸の掘削とパイプ配管の費用の負担などの要請があった。

平成16年12月21日、国際厚生事業団の会議室で研究班会議を開催した。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。ICCDR,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ICCDR,Bで良いのか、2.ICCDR,Bと共同研究した場合、今後の交渉はどうするのか、3.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ICCDR,Bで良いのか」の点に関して、Matlab地区はICCDR,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。深層井戸あるいはポンドサンドフィルターの設置あるいは設置後の必要な装置のmaintenance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) バングラデシュと話を進めればどうかとの方向が示された。

2-2 AANをパートナーとする調査

AAN事務局長の川原氏に当研究班の要望を説明した。それに関して、次のような断りの連絡があった。

- 1) バングラデシュでNGOとして活動するためには、「バングラデシュのNGO事務所」に活動内容を届けてNGO活動の認可をとることが必要である。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の活動を中心に行って来たが、JICAプロジェクトが平成16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。新AANバングラデシュが動き出すのは平成17年4月以降で、NGO活動内容は確定していないので、提案に対応しにくい。

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

2-3 Rahman教授をパートナーとする調査

平成17年2月28日~3月3日までバングラデシュ人民共和国ラジャヒ市チャパイナワブガンジ地区をラジャヒ大学のRahman教授及びBelgum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、政府のDepartment of Public Health Engineering (DPHE) 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。3月1日、Rahman教授及びBegum準教授の案

内でチャパイナワブガンジ地区のUPO RAJARAMPUR村を訪れ、ヒ素患者の調査を行った。このUPO RAJARAMPUR村は安全な水の確保のため、DPHEにより何らかの手当がされている地域であった。DPHEのチャパイナワブガンジ地区の事務所長Shahab Uddin氏からチャパイナワブガンジ地区の深層井戸の建設計画などの情報を収集した。チャパイナワブガンジ地区では、100人規模のヒ素患者が出ており、まだ、何ら手当のされない地域をDPHE職員のRafiqi氏の案内で訪れた。3月2日、Rahman教授及びBelgum準教授と一緒にチュナカリ村、バハラム村及びラザランブール村を訪れ、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。その広場の周りの井戸18本から水の採取と住民との話をを行った。ヒ素患者の一人が深層管井戸の管理を行った経験があること並びに広場の土地の所有者がこの村落共同体の世話役であり、ヒ素被害を十分に理解し、是非、安全な水の供給システム（深層管井戸の使用）の設置を願っていること、また動力源とする電気代についてもモスクで行われる金曜礼拝の際の住民の寄付金の一部が使用できるのではないかなどの提案を受けた。また、Rahman教授との話合いで深層井戸、動力源のモータ、モーター小屋、数本の給水タンク及び簡単な蛇口が施設として必要ではないかとの提案を受けた。建設等に関しては、Rahman教授が責任を持って引き受けてくれることになった。

これらの結果を勘案し、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Rahman教授を選定し、調査地点として、チャパイナワブガンジ地区のチュナカリ村、バハラム村及びラザランブール村の村境を選定した。Photo 2にヒ素患者の手の平に生じたhyperkeratosisの症状を示した。



Photo 2

このヒ素患者は皮膚科医の判定で重篤度がI~V段階の最高のV段階に位置する人であった。

3. 深層管井戸の試掘調査

3-1 安全な水供給のための深層管井戸の試掘

平成17年7月~9月にかけてチャパイナワブガンジ地区チュナカリ村において深層管井戸の試掘調査がRahman教授の指導の下、ダッカ市の業者を使って実施された。第1の候補地はモスクの前の村落共同体の議長が所有する広場の一角であった。その写真をPhoto 3として示した。



Photo 3

平成17年3月、前回訪問の際に村落共同体の議長から深層管井戸の試掘の了解を得ていた場所であった。第1の候補地の深度400フィートまで掘り進んだ。表層から250フィートの部分までは砂層、250~400フィートまでは粘土層であった。また、250フィートの部分（上部の砂層と粘土層の境界部分で地下水の第一帯水帯の部分）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ったため、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、その近くに第2の候補地を選択し、2回目の試掘が開始された。その地点で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。400フィートまでは第1の候補地のものと同じ地層であったが、400~420フィートまで粘土層、420~480フィートまで砂層、480~670フィートまで粘土層、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それ以降は掘削を中断した。420~480フィートの砂層あるいは670~710フィートの砂層は採水のための帯水帯として不適切な層であった。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、水の資料を採取した。更に、試掘地から150m離れた場所で深層管井戸を試掘した。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。その結果、この地域は深層の地下水（第二帯水層）を採水するのに不適切な地域であることが分かった。

3-2 チュナカリ村の土壌中のヒ素、鉄及びマンガン濃度

Bangladesh 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には有意な相関性があることが報告されている。そこで、表層から760フィートまでの深度を10フィート毎に区切り、土壌を採取した。採取した土壌をテフロン容器に入れ、硝酸・過酸化水素水混液を加え、電子オーブンで加熱する方法で土壌中の成分を抽出した後、ICP/MSで測定する方法を用いてヒ素、鉄濃度に加えてマンガン濃度の測定を行った。ヒ素濃度は0.92~21.8 mg/kg、鉄濃度は3.74~47.14g/kg、マンガン濃度は96~871mg/kgであり、それらの平均値は、それぞれ、4.93mg/kg、17.72g/kg及び409mg/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濃度の関係を示した。

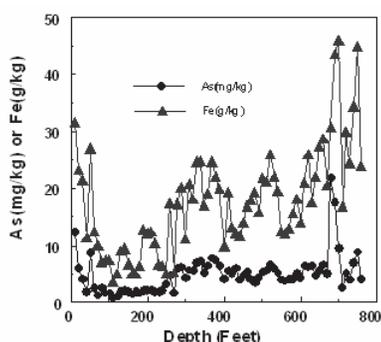


Fig.1 Relationship between depth of underground and arsenic or iron in sediment

ヒ素あるいは鉄濃度とも表層部分が多く、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、一番高濃度を示した。Fig.2に土壌中のヒ素濃度と鉄濃度の関係を示した。

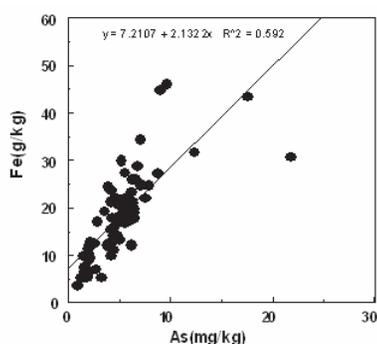


Fig.2 Relationship between iron and arsenic in each sediment

両者は統計的に非常に有意な相関関係 ($P < 0.05$) を示した。同様に土壌中の鉄濃度とマンガン濃度あるいはマンガン濃度とヒ素濃度の関係を検討したが両方の場合とも統計的に有意な相関関係を示した。インド・西ベンガル州及び Bangladesh の地下水のヒ素汚染地域は地質学的にはガンジス川の沖積土壌で形成されたデルタ地帯で

ある。デルタの形成時に沈殿したヒ素及びマンガンを含む黄鉄鉱が土壌の還元状態で地下水に溶出し、それがこの地帯の地下水のヒ素濃度を上げているとの説がある。今回のデータはその説を裏付けるものであった。

4. 安全な水供給の施策

4-1 安全な水を供給するための管井戸と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施設で処理した後に供給することを計画した。

Bangladesh の地下水には鉄 (II) イオンが多く含まれており、地上に汲み上げられた地下水中の鉄 (II) イオンは空気中の酸素によって、容易にかつ迅速に酸化され、酸化鉄の沈殿を形成する。この沈殿の形成段階で水中のヒ素を取り込み一緒に沈殿する。 Bangladesh の地下水のこの性質を利用しながら水中のヒ素を除く方法としてGSF施設を考案し、実践に移しているのは分担研究者の宮崎大学工学部の横田教授のグループである。そこで、この方法を用いて安全な水を供給することを考えた。実際には、横田教授の指導の下、日本のNGOであるAAN Bangladesh 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、この方法を利用している。AAN Bangladesh は、①表層水（湖沼水）を砂濾過のPond Sand Filterの施設で濾過した後、殺菌して住民に供給する方法と②地下水をGSF施設で処理した後に供給する方法を地域特性に応じて併用しながら、地下水のヒ素汚染地域の Bangladesh ・ジョソール県サムタ村・マルア村などで活動が続けている。GSF施設の建設をAAN Bangladesh に依頼することにした。

管井戸（深度約250フィート）は平成17年11月、Rahman教授の指導もとダッカ市の業者が掘削し、手押しポンプの設置を実施した。平成17年12月、AAN Bangladesh がGSF施設の建設に取りかかり、約1ヶ月の建設期間を経て平成18年1月末にGSF施設が完成した。ヒ素被害家族への安全な水の供給が平成18年2月初旬から開始された。Fig.3にGSF施設の略図を示した。

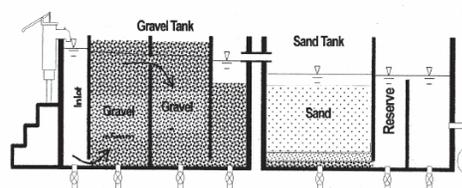


Fig.3 The rough sketch of Gravel Sand Filter Facility

4-2 水の中のヒ素、鉄及びマンガンの測定

本研究の目的は、平成18年2月~平成19年2月にかけて、ヒ素被害家族16家族に安全な水を供給し、ヒ素患者のヒ素症状の変化とヒ素被害家族の毛髪あるいは尿中のヒ素代謝物の変化を検討することであった。月1回のGSF装置の洗浄をAANバングラデシュの技術者にお願いし、その際に地下水とGSF処理後の水を日本に送ってもらった。その水の中のヒ素、鉄及びマンガンの濃度の測定を行った。水の輸送に際しては、水に溶解している物質の沈殿の防止と防腐のため、採水直後に水100mL当たり濃硝酸1mLを加えた。送付されてきた試料水中のヒ素、鉄及びマンガンをICP/MSで測定した。地下水及び飲料水

中のヒ素、鉄及びマンガン量の各月ごとの変化をTable 1に示した。

地下水中のヒ素、鉄及びマンガン量の変化は、127~291ppb、3962~30950ppb及び132~10370ppbであった。GSF処理でヒ素量は21~59ppbに下げることができた。バングラデシュでの飲料水中のヒ素基準は50ppb未満であり、2006年5月の値が若干基準を上回っていたが、調査の1年をかけて、バングラデシュの飲料水のヒ素基準に合致する水を供給することができた。また、飲料水中の鉄イオンの濃度も低下しておりGSF装置でのFe(II)イオンが空気中の酸素で酸化され、酸化鉄として沈殿することにより、原水中のヒ素イオンの濃度が低下することが示された。

Table 1 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

5. チュナカリ村のヒ素患者の症状

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供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. 平成17年1月, 平成18年2月, 平成18年8月及び平成19年3月の調査での, 皮膚科医の診断による結果を合わせてTable 2に示した.

Table 2-1 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
June 2005	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
	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	palm,sole	sole		palm,sole	palm,sole	palm,sole	palm,sole	palm,sole	palm,sole	palm,sole	palm,sole	palm,sole	palm	palm,sole
	severity	V	IV		V	III	II	IV	IV	V	V	V	II	III	III
	pain	slight	strong		weak	strong	slight	strong	slight	slight	slight	slight	slight	slight	strong
Feb. 2006	present or absent	present	present	absent	present	present	present	present	present	present	present	present	present	absent	absent
	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		
	hyperkeratosis	palm,sole	sole		palm,sole	palm,sole	palm,sole	palm,sole	palm,sole	palm,sole	palm,sole	palm,sole	palm,sole		
	severity	V	IV		V	III	II	IV	IV	V	V	I	II		
	pain	strong	-		weak	strong	slight	strong	strong	strong	strong	slight	strong	strong	strong
	melanosis	chest,back	chest,back		chest,back	-	-	chest,back	chest	chest,back	chest,back	chest,back	chest,back	chest	chest,back
	severity	strong	strong		strong	-	-	strong	strong	strong	strong	strong	strong	strong	strong
Aug. 2006	present or absent	present	present	present	present	present	absent	absent	present	present	present	present	present	present	present
	duration of symptom	>3 yeras			>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras				
	hyperkeratosis	palm,sole	sole	palm,sole	palm,sole	palm,sole			palm,sole	palm,sole	palm,sole	palm,sole	palm,sole	palm,	palm,sole
	severity	V	IV	IV	V	II			II	I	II	I	I	I	III
	pain	-	strong	strong	-	weak			slight	slight	slight	slight	slight	-	strong
	melanosis	chest,back	chest,back	chest,back	chest,back	chest,back			-	chest,back	chest,back	chest,back	chest,back	chest,back	chest,back
	severity	strong	strong	strong	strong	slight			-	slight	slight	slight	slight	slight	strong
March 2007	present or absent	present	present	absent	present	absent	present	absent	present	present	present	present	present	present	present
	duration of symptom	>3 yeras	>3 yeras		>3 yeras		>3 yeras		>3 yeras	-	>3 yeras				
	hyperkeratosis	palm,sole	sole		palm,sole		palm,sole		palm,sole	-	palm,sole	palm,sole	palm,sole	palm,	palm,sole
	severity	III	II		IV		I		I	-	I	I	I	I	IV
	pain	-	slight		weak		slight		-	-	slight	slight	slight	slight	strong
	melanosis	chest,back	chest,back		chest,back		-		-	-	chest,back	chest,back	chest,back	chest,back	chest,back
	severity	strong	slight		weak		-		-	-	slight	slight	slight	slight	strong

Table 2-2 Arsenic symptoms of arsenic-affected villagers

Check date	Sample No.	009-D	009-E	010-A	011-A	012-A	012-B	013-A	014-A	015-A	016-A	017-A	018-A	018-C
June 2005	Sex	M	M	M	M	M	M	F	F	F	F	M	M	M
	Age	30	45	15	70	80	36	30	30	32	30	50	51	25
	present or absent	present	present	present	present	present	present	present	present	present	present	present	present	absent
	duration of symptom	2 yeras	>3 yeras	2 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras	
	hyperkeratosis	sole	palm,sole	palm,sole	sole	palm,sole	palm,sole	sole	-	palm,sole	-	palm,sole	palm,sole	palm,sole
	severity	II	IV	I	IV	V	IV	IV	-	III	-	V	I	I
	pain	-	-	slight	-	slight	weak	slight	slight	strong	-	strong	slight	-
Feb. 2006	present or absent	present	absent	present	absent	present	absent	absent	absent	present	present	present	present	absent
	duration of symptom	2 yeras		>3 yeras		>3 yeras				>3 yeras	2 yeras	>3 yeras	>3 yeras	
	hyperkeratosis	sole		palm,sole		palm,sole				palm,sole	-	palm,sole	palm,sole	
	severity	II		I		V				IV	-	V	I	
	pain	-		slight		strong				strong	-	strong	slight	
	melanosis	chest,back		chest		chest,back				chest,back	chest,back	chest,back	chest,back	chest,back
	severity	slight		slight		strong				strong	weak (rain drop)	strong	weak	
Aug. 2006	present or absent	absent	absent	present	present	present	absent	absent	absent	present	present	absent	present	present
	duration of symptom			>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras				>3 yeras	>3 yeras		>3 yeras	>3 yeras
	hyperkeratosis			palm,sole	sole	palm,sole				palm,sole	-		palm,sole	palm,sole
	severity			I	I	II				I	-		I	II
	pain			slight	-	slight				slight	slight		slight	slight
	melanosis			chest,back	chest,back	chest,back				chest,back	chest,back		-	chest,back
	severity			slight	slight	slight				slight	slight		-	slight
March 2007	present or absent	absent	absent	present	present	present	absent	absent	absent	present	absent	present	present	present
	duration of symptom			>3 yeras	>3 yeras	>3 yeras				>3 yeras		>3 yeras	>3 yeras	-
	hyperkeratosis			palm,sole	sole	palm,sole				palm,sole		palm,sole	palm,sole	-
	severity			I	I	II				I		IV	I	-
	pain			slight	slight	slight				slight		strong	slight	-
	melanosis			chest,back	chest,back	chest,back				chest,back	chest,back	chest,back	chest,back	-
	severity			slight	slight	slight				slight	slight	strong	-	slight

安全な水の供給により、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、その結果をTable 2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の話であった。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 4に示した。



Photo 4

また、平成17年6月の調査で皮膚ガンを示した001-Aの婦人の手の平をPhoto 5に示した。



Photo 5

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 6に示した。



Photo 6

医師の診断でも皮膚ガンの再発は見られず、ヒ素による皮膚の角化症の改善が進んでいることが分かった。

6. ヒ素被害家族からの尿及び毛髪採取

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Belgum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0.1~0.5g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。輸送された尿を研究室では-80℃のdeep freezerに保管した。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。

7. ヒ素被害家族の毛髪中のヒ素

7-1 毛髪中のヒ素の分析法

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、ミリ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 μLを用い、HPLC-ICP/MSに注入し、試料溶液中のヒ素量を測定した。

7-2 ヒ素汚染家族から毛髪中のヒ素量

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、8月及び平成19年3月に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 3に示した。なお、毛髪中のヒ素量が装置の検出限界の0.01 μg/kg以下の場合は「n.d」の記号で示した。

Table 3 As concentrations in hairs obtained from family members

Sample No.	Sex	Age	arsenicosis	As (mg/kg) in hair	
1	001-A	F	40	+	1.30
2	001-B	M	42	+	8.20
3	001-C	M	16	-	8.10
4	001-D	F	13	-	0.10
5	001-E	F	7	-	1.80
6	002-A	F	55	+	3.20
7	002-C	M	28	-	13.30
8	002-D	F	24	-	1.90
9	002-E	M	19	-	7.30
10	002-F	F	20	-	14.20
11	003-A	F	60	+	3.30
12	003-B	M	55	-	8.90
13	003-D	F	15	-	5.10
14	003-E	-	-	-	8.60
15	003-F	F	20	-	3.30
16	004-A	F	60	+	3.30
17	004-B	M	30	+	7.80
18	004-C	F	20	-	1.70
19	005-A	F	55	+	6.20
20	005-B	M	28	-	12.10
21	006-A	F	35	+	4.90
22	007-A	F	60	+	3.30
23	007-B	F	8	-	4.20
24	008-A	F	50	+	12.60
25	008-B	M	60	-	3.70
26	008-C	M	18	-	5.00
27	008-D	F	11	-	13.40
28	008-E	M	9	-	16.20
29	009-A	M	77	+	8.20
30	009-B	M	32	+	2.30
31	009-D	M	30	+	4.70
32	010-A	M	15	+	10.30
33	010-B	M	41	-	16.10
34	010-C	F	35	-	20.70
35	011-A	M	70	+	1.20
36	011-B	M	26	-	3.40
37	011-C	F	60	-	2.40
38	012-A	M	80	+	3.40
39	012-B	M	36	+	4.80
40	012-C	M	50	-	1.40
41	012-D	F	35	-	2.30
42	013-A	F	30	+	0.70
43	013-C	M	8	-	3.00
44	013-D	M	40	-	2.00
45	014-A	F	30	+	8.50
46	014-B	F	15	-	9.50
47	014-C	F	10	-	2.40
48	015-A	F	32	+	11.70
49	015-B	M	40	-	7.10
50	015-C	F	10	-	11.00
51	015-D	F	8	-	11.90
52	015-E	F	5	-	11.90
53	016-A	F	30	+	7.00
54	016-B	M	70	-	5.90
55	016-C	F	60	-	3.00
56	017-A	M	50	+	3.90
57	017-B	F	35	-	3.00
58	017-C	M	20	-	2.50
59	017-D	M	13	-	2.80
60	018-A	M	51	+	3.60
61	018-B	F	40	-	6.70
62	018-C	M	25	-	2.60
63	018-E	M	6	-	7.30
				average	6.23
				MAX	20.70
				MIN	0.10

M: male, F: female, +: arsenic patient, -: non patient

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検討した。

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。

Table 4-1 Arsenic in hairs on June 2005, February 2006, August 2006 and March 2008

Sample No.	Sex	Age	arsenicosis	As (mg/kg) in hair				
				June 2005	Feb. 2006	Aug. 2006	Mar. 2008	
1	001-A	F	40	+	1.30	n.d	n.d	n.d
2	001-B	M	42	+	8.20	n.d	n.d	0.15
3	001-C	M	16	-	8.10	-	n.d	0.11
4	001-D	F	13	-	0.10	4.71	n.d	0.05
5	001-E	F	7	-	1.80	n.d	n.d	1.22
6	001-F	F	10	-	-	0.51	n.d	1.40
7	001-G	M	20	-	-	-	1.86	-
8	002-A	F	55	+	3.20	n.d	n.d	0.16
9	002-C	M	28	-	13.30	1.62	n.d	-
10	002-D	F	24	-	1.90	9.18	n.d	0.16
11	002-E	M	19	-	7.30	1.76	0.13	0.07
12	002-F	F	20	-	14.20	4.91	0.16	0.06
13	003-A	F	60	+	3.30	12.04	0.58	-
14	003-B	M	55	-	8.90	-	-	-
15	003-C	-	-	-	-	-	0.29	-
16	003-D	F	15	-	5.10	1.02	2.13	-
17	003-E	-	-	-	8.60	-	-	-
18	003-F	F	20	-	3.30	2.21	1.86	-
19	004-A	F	60	+	3.30	0.28	n.d	n.d
20	004-B	M	30	+	7.80	0.93	-	-
21	004-C	F	20	-	1.70	0.44	0.90	-
22	004-D	M	3	-	-	-	0.43	-
23	004-E	F	30	-	-	n.d	-	-
24	005-A	F	55	+	6.20	1.43	1.72	n.d
25	005-B	M	28	-	12.10	3.07	3.21	-
26	006-A	F	35	+	4.90	n.d	0.05	n.d
27	006-B	F	4	-	-	-	-	-
28	007-A	F	60	+	3.30	0.10	n.d	0.97
29	007-B	F	8	-	4.20	n.d	0.921	0.74
30	007-C	M	4	-	-	n.d	1.28	-
31	008-A	F	50	+	12.60	2.23	2.27	0.50
32	008-B	M	60	-	3.70	-	0.86	-
33	008-C	M	18	-	5.00	-	0.53	-
34	008-D	F	11	-	13.40	3.15	0.65	0.22
35	008-E	M	9	-	16.20	n.d	0.51	0.95
36	008-F	F	2	-	-	-	n.d	-
37	009-A	M	77	+	8.20	-	2.86	1.17
38	009-B	M	32	+	2.30	n.d	0.07	0.58
39	009-C	M	35	-	-	-	0.47	1.54
40	009-D	M	30	+	4.70	-	-	-
41	009-E	M	45	-	-	-	n.d	-
42	009-F	F	28	-	-	-	0.15	0.93
43	010-A	M	15	+	10.30	6.45	0.56	3.84
44	010-B	M	41	-	16.10	25.68	0.17	-
45	010-C	F	35	-	20.70	8.55	0.81	4.91
46	010-D	F	16	-	-	-	-	-
47	011-A	M	70	+	1.20	n.d	n.d	0.51
48	011-B	M	26	-	3.40	-	n.d	13.76
49	011-C	F	60	-	2.40	n.d	n.d	0.37
50	012-A	M	80	+	3.40	-	n.d	0.38
51	012-B	M	36	+	4.80	-	n.d	0.39
52	012-C	M	50	-	1.40	-	-	-
53	012-D	F	35	-	2.30	-	n.d	-
54	013-A	F	30	+	0.70	-	-	-
55	013-B	F	4	-	-	-	-	-
56	013-C	M	8	-	3.00	-	-	-
57	013-D	M	40	-	2.00	-	-	-
58	014-A	F	30	+	8.50	-	-	-
59	014-B	F	15	-	9.50	-	-	-
60	014-C	F	10	-	2.40	3.00	-	-
61	015-A	F	32	+	11.70	-	n.d	30.58
62	015-B	M	40	-	7.10	n.d	n.d	-
63	015-C	F	10	-	11.00	n.d	n.d	1.37
64	015-D	F	8	-	11.90	n.d	n.d	2.26
65	015-E	F	5	-	11.90	n.d	n.d	1.34
66	016-A	F	30	+	7.00	n.d	n.d	-

Table 4-2 Arsenic in hairs on June 2005, February 2006, August 2006 and March 2008

Sample No.	Sex	Age	arsenicosis	As (mg/kg) in hair				
				June 2005	Feb. 2006	Aug. 2006	Mar. 2008	
67	016-B	M	70	-	5.90	n.d	n.d	1.23
68	016-C	F	60	-	-	-	-	1.53
69	017-A	M	50	+	-	-	-	1.33
70	017-B	F	35	-	3.90	-	n.d	1.52
71	017-C	M	20	-	2.50	-	0.06	-
72	017-D	M	13	-	2.80	n.d	-	-
73	017-E	M	51	+	3.60	n.d	0.05	1.34
74	018-A	M	51	+	3.60	n.d	0.26	2.46
75	018-B	F	40	-	6.70	n.d	n.d	1.65
76	018-C	M	25	-	2.60	n.d	n.d	1.07
77	018-D	M	26	-	-	n.d	n.d	0.87
78	018-E	M	6	-	7.30	-	n.d	1.13
79	018-F	F	15	-	-	n.d	-	0.87

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、平成19年3月の調査では、15家族の44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、8月及び平成19年3月の毛髪中のヒ素濃度の結果を合わせてTable 4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であった。最小値は0.04 μg/kg以下、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月の値は平成17年6月の値の0.32倍であり、バングラデシュの高温多湿の雨期(6月~10月)と乾期(11月~5月)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であった。最小値は0.04 mg/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19年3月の調査では採取した44名分の毛髪中のヒ素濃度の平均値は、1.95 mg/kgであった。最小値は0.02 mg/kg以下であり、最大値は30.58 mg/kgであった。011-Bの13.76mg/kg及び015-Aの30.58mg/kgを異常値として除いた場合、42名分の毛髪中のヒ素濃度の平均値は0.99mg/kg、最大値は4.91mg/kgとなった。ヒ素被害家族に安全な水を6ヶ月及び1カ年に渡り供給することにより、明らかに毛髪中のヒ素量は減少することができた。

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)も非ヒ素被害患者であった。

平成17年6月、平成18年2月、平成18年8月及び平成19年3月の調査で得られた毛髪中のヒ素量をヒ素被害者と非ヒ素被害者に分けて検討し、その結果をTable 5に示し

た. なお, 平成19年3月の011-B及び015-Aのデータは異常値としてTableには示していない.

Table 5 Arsenic in hairs obtained from non arsenic patients and arsenic patients

		Non arsenic patients			
Sample	June 2005	Feb. 2006	Aug. 2006	Aug. 2006	
1	001-C	8.10	-	n.d	0.11
2	001-D	0.10	4.71	n.d	0.05
3	001-E	1.80	n.d	n.d	1.22
4	001-F	-	0.51	n.d	1.40
5	001-G	-	-	1.86	-
6	002-C	13.30	1.62	n.d	-
7	002-D	1.90	9.18	n.d	0.16
8	002-E	7.30	1.76	0.13	0.07
9	002-F	14.20	4.91	0.16	0.06
10	003-B	8.90	-	-	-
11	003-C	-	-	0.29	-
12	003-D	5.10	1.02	2.13	-
13	003-E	8.60	-	-	-
14	003-F	3.30	2.21	1.86	-
15	004-C	1.70	0.44	0.90	-
16	004-D	-	-	0.43	-
17	004-E	-	n.d	-	-
18	005-B	12.10	3.07	3.21	-
19	006-B	-	-	-	-
20	007-B	4.20	n.d	0.921	0.74
21	007-C	-	n.d	1.28	-
22	008-B	3.70	-	0.86	-
23	008-C	5.00	-	0.53	-
24	008-D	13.40	3.15	0.65	0.22
25	008-E	16.20	n.d	0.51	0.95
26	008-F	-	-	n.d	-
27	009-C	-	-	0.47	1.54
28	009-E	-	-	n.d	-
29	009-F	-	-	0.15	0.93
30	010-B	16.10	25.68	0.17	-
31	010-C	20.70	8.55	0.81	4.91
32	010-D	-	-	-	-
33	011-B	3.40	-	n.d	-
34	011-C	2.40	n.d	n.d	0.37
35	012-C	1.40	-	-	-
36	012-D	2.30	-	n.d	-
37	013-B	-	-	-	-
38	013-C	3.00	-	-	-
39	013-D	2.00	-	-	-
40	014-B	9.50	-	-	-
41	014-C	2.40	3.00	-	-
42	015-B	7.10	n.d	n.d	-
43	015-C	11.00	n.d	n.d	1.37
44	015-D	11.90	n.d	n.d	2.26
45	015-E	11.90	n.d	n.d	1.34
46	016-B	5.90	n.d	n.d	1.23
47	016-C	-	-	-	1.53
48	017-B	3.90	-	n.d	1.52
49	017-C	2.50	-	0.06	-
50	017-D	2.80	n.d	-	-
51	018-B	6.70	n.d	n.d	1.65
52	018-C	2.60	n.d	n.d	1.07
53	018-D	-	n.d	n.d	0.87
54	018-E	7.30	-	n.d	1.13
55	018-F	-	n.d	-	0.87
	average	6.81	4.99	0.87	1.10
	MAX	20.70	25.68	3.21	4.91
	MIN	0.10	n.d	n.d	0.05

		arsenic patients			
Sample	June 2005	Feb. 2006	Aug. 2006	Mar. 2007	
1	001-A	1.30	n.d	n.d	n.d
2	001-B	8.20	n.d	n.d	0.15
3	002-A	3.20	n.d	n.d	0.16
4	003-A	3.30	12.04	0.58	-
5	004-A	3.30	0.28	n.d	n.d
6	004-B	7.80	0.93	-	-
7	005-A	6.20	1.43	1.72	n.d
8	006-A	4.90	n.d	0.05	n.d
9	007-A	3.30	0.10	n.d	0.97
10	008-A	12.60	2.23	2.27	0.50
11	009-A	8.20	-	2.86	1.17
12	009-B	2.30	n.d	0.07	0.58
13	009-D	4.70	-	-	-
14	010-A	10.30	6.45	0.56	3.84
15	011-A	1.20	n.d	n.d	0.51
16	012-A	3.40	-	n.d	0.38
17	012-B	4.80	-	n.d	0.39
18	013-A	0.70	-	-	-
19	014-A	8.50	-	-	-
20	015-A	11.70	-	n.d	-
21	016-A	7.00	n.d	n.d	1.33
22	017-E	3.60	n.d	0.05	1.34
23	018-A	3.60	n.d	0.26	2.46
	average	5.40	3.35	0.94	1.06
	MAX	12.60	12.04	2.86	3.84
	MIN	0.70	n.d	n.d	0.15

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は0.42 mg/kgであり, 両者の間には統計的に有意な差が認められなかった.

バングラデシュの女性は長く髪を伸ばし, 頭の上で結い上げている. そこで, 平成17年6月に採取された女性の髪を用い, 根元から3cm, 17~20cm及び37~40cmの部分を用い, その部位での毛髪中のヒ素濃度を測定した. その結果をTable 6に示した.

Table 6 As concentrations (mg/kg) in different parts of female hairs

Sample No.	age	arsenicosis	length from bottom of hair			
			0-3 cm	17-20 cm	37-40 cm	
1	001-A	40	+	1.3	13	14.9
2	001-D	13	-	0.1	0.3	0.1
3	002-A	55	+	3.2	1.2	5.1
4	002-D	24	-	1.9	6	5.3
5	002-F	20	-	14.2	17.8	13.1
6	003-A	60	+	3.3	3.1	3.5
7	003-D	15	-	5.1	6.5	3.9
8	003-F	20	-	3.3	6.8	5.3
9	004-A	60	+	3.3	3.4	5.8
10	004-C	20	-	1.7	0.2	5.5
11	005-A	55	+	6.2	7.2	11.5
12	006-A	35	+	4.9	1.8	1.2
13	008-A	50	+	12.6	5.5	4.6
14	008-D	11	-	13.4	7.3	10.6
15	009-F	28	-	8.4	4.8	11.7
16	010-C	35	-	20.7	32	22
17	011-C	60	-	2.4	5.2	-
18	012-D	35	-	2.3	2.3	4.8
19	013-A	30	+	0.7	4.7	-
20	014-A	30	+	8.5	6.2	7.8
21	014-B	15	-	9.5	6.9	6.8
22	015-A	32	+	11.7	15.5	23.7
23	016-A	30	+	7.0	4.4	-
24	017-B	35	-	3.9	4.5	23.7
25	018-B	40	-	6.7	8.1	3.8
	average			6.3	7.0	8.9
	MAX			20.7	32.0	23.7
	MIN			0.1	0.2	0.1

M: male, F: female, +: arsenic patient, -: non patient

それぞれの部位での平均値は, それぞれ, 6.3, 7.0, 8.9 mg/kgであり, 毛髪の試験した部位が根元から遠くなる程ヒ素量が高くなる傾向にあるが, 統計的に有意な差は認められなかった. しかし, 010-Cで示された35才の女性では, 0-3cm, 17-20cm及び37-40cmでは, それぞれ, 20.7, 32及び22 mg/kgの値であり, ほとんど同じようにヒ素汚染された井戸水あるいは食品からヒ素を取り入れていることが分かった. 015-Aで示された32才の女性は, それぞれ, 11.7, 15.5及び23.7 mg/kgと毛髪の根元に行くに従い, ヒ素量が減少していた. この女性の場合, 経口的に摂取するヒ素量が減少していることが分かった. また, 017-Bで示された35才の女性は, それぞれ, 3.9, 4.5及び23.7 mg/kgのヒ素量であり, 毛髪の17-20cm

と37-40cmの間、即ち、2年前と3年前の間に経口的に摂取するヒ素量が大きく減少していることが観察された。このように急激に毛髪中のヒ素量が減少した場合、この女性の家族は使用する井戸の変更が考えられた。

8. ヒ素被害家族の尿中のヒ素代謝物

8-1 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 μLにHPLCの移動相200 μLを加え、その20 μLをHPCL-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 μL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.×150mm,基材樹脂:ポリメタクリレート、官能基:アルカノールアミン、イオン交換容量:70 μeq/col)、カラム温度:35℃、移動相:10 mM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

8-2 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 7に示した。

Table 7-1 Urinary creatinine and arsenic species obtained from arsenic-affected families on June, 2005 (unit: ng/mg creatinine)

Sample No.	arsenicosis	1) As (III)	2) DMA	3) MMA	4) As (V)	Total As	
1	001-A	+	19.0	135.9	8.8	0.0	163.6
2	001-B	+	33.0	301.8	81.6	15.4	431.9
3	001-C	-	65.0	639.0	103.7	18.0	825.7
4	001-D	-	9.2	73.0	4.3	0.0	86.6
5	001-E	-	62.6	496.3	69.2	100.4	728.5
6	001-F	-	60.7	783.1	99.4	410.7	1353.9
7	002-A	+	31.3	319.6	36.4	25.2	412.4
8	002-C	-	68.0	505.4	87.1	8.0	668.4
9	002-D	-	72.7	968.3	71.4	0.0	1112.3
10	002-E	-	67.7	760.8	101.5	0.0	930.0
11	002-F	-	969.2	3466.8	967.3	88.9	5492.1
12	003-A	+	58.6	390.5	89.4	33.9	572.4
13	003-B	-	24.5	377.6	47.1	8.8	458.0
14	003-C	-	42.9	240.4	51.2	12.6	347.1
15	003-D	-	78.3	212.4	54.0	23.9	368.6
16	003-E	-	145.1	1121.6	210.1	69.3	1546.1
17	003-F	-	51.6	452.8	55.3	21.0	580.7
18	004-A	+	48.4	279.0	49.9	11.1	388.5
19	004-B	+	0.0	115.0	35.2	6.7	156.9
20	004-C	-	9.5	166.8	8.9	4.7	189.9
21	004-D	-	2.9	122.7	11.3	23.6	160.6
22	005-A	+	15.7	336.1	42.9	2.1	396.8
23	005-B	-	40.4	351.6	69.1	7.6	468.6
24	006-A	+	19.1	245.5	17.4	1.9	283.9
25	006-B	-	15.9	329.6	60.8	489.3	895.5
26	007-A	+	25.6	377.1	47.7	3.8	454.2
27	007-B	-	49.9	538.3	83.3	11.7	683.2
28	007-C	-	36.7	583.0	46.7	9.6	676.0
29	008-A	+	58.0	421.9	77.2	29.0	586.0
30	008-B	-	76.4	507.3	116.5	22.6	722.9
31	008-C	-	157.9	661.5	176.3	41.3	1037.0
32	008-D	-	171.7	1147.6	292.0	40.2	1651.4
33	008-E	-	112.7	883.9	183.9	20.7	1201.2
34	008-F	-	95.8	1274.1	228.1	21.1	1619.0
35	009-A	+	11.8	182.8	24.9	6.0	225.5
36	009-B	+	11.7	146.9	24.5	17.5	200.6
37	009-C	+	12.3	202.4	23.3	2.9	241.0
38	009-D	+	45.7	249.4	54.9	10.0	360.0
39	010-A	+	76.6	337.0	74.9	10.3	498.9
40	010-B	-	179.7	1017.4	260.1	40.0	1497.2
41	010-C	-	41.6	539.2	73.6	12.0	666.5
42	011-A	+	1.0	58.9	3.5	2.3	65.8
43	011-B	-	45.8	29.5	1.1	129.3	205.8
44	011-C	-	1.7	95.4	7.1	2.4	106.6
45	012-A	+	0.0	47.6	5.6	2.6	55.8
46	012-B	+	2.6	94.6	21.4	15.2	133.8
47	012-C	-	3.0	69.7	10.3	5.2	88.2
48	012-D	-	0.6	38.7	1.5	14.2	54.9
49	013-A	+	5.6	57.3	7.0	0.0	69.8

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。

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。

Table 8-1 Arsenic species obtained from arsenic-affected villagers

Sample No.	(unit: ng/mg creatinine)				Total As
	1) As (III)	2) DMA	3) MMA	4) As (V)	
1 001-A	19.0	135.9	8.8	0.0	163.6
2 001-B	33.0	301.8	81.6	15.4	431.9
3 002-A	31.3	319.6	36.4	25.2	412.4
4 003-A	58.6	390.5	89.4	33.9	572.4
5 004-A	48.4	279.0	49.9	11.1	388.5
6 004-B	0.0	115.0	35.2	6.7	156.9
7 005-A	15.7	336.1	42.9	2.1	396.8
8 006-A	19.1	245.5	17.4	1.9	283.9
9 007-A	25.6	377.1	47.7	3.8	454.2
10 008-A	58.0	421.9	77.2	29.0	586.0
11 009-A	11.8	182.8	24.9	6.0	225.5
12 009-B	11.7	146.9	24.5	17.5	200.6
13 009-C	12.3	202.4	23.3	2.9	241.0
14 009-D	45.7	249.4	54.9	10.0	360.0
15 010-A	76.6	337.0	74.9	10.3	498.9
16 011-A	1.0	58.9	3.5	2.3	65.8
17 012-A	0.0	47.6	5.6	2.6	55.8
18 012-B	2.6	94.6	21.4	15.2	133.8
19 013-A	5.6	57.3	7.0	0.0	69.8
20 014-A	10.8	142.5	6.7	4.7	164.6
21 015-A	188.1	1103.5	197.8	14.1	1503.5
22 015-A	188.1	1103.5	197.8	14.1	1503.5
23 016-A	14.2	32.8	10.0	4.7	61.6
24 017-A	15.7	88.4	25.9	13.0	143.1
25 018-A	8.0	97.5	9.4	2.4	117.2
average	36.0	274.7	47.0	10.0	367.7
MAX	188.1	1103.5	197.8	33.9	1503.5
MIN	0.0	32.8	3.5	0.0	55.8

Table 8-2 Arsenic species obtained from non-arsenic-affected villagers

Sample No.	(unit: ng/mg creatinine)				Total As
	1) As (III)	2) DMA	3) MMA	4) As (V)	
5 001-C	65.0	639.0	103.7	18.0	825.7
6 001-D	9.2	73.0	4.3	0.0	86.6
7 001-E	62.6	496.3	69.2	100.4	728.5
8 001-F	60.7	783.1	99.4	410.7	1353.9
9 002-C	68.0	505.4	87.1	8.0	668.4
10 002-D	72.7	968.3	71.4	0.0	1112.3
11 002-E	67.7	760.8	101.5	0.0	930.0
12 002-F	969.2	3466.8	967.3	88.9	5492.1
13 003-B	24.5	377.6	47.1	8.8	458.0
14 003-C	42.9	240.4	51.2	12.6	347.1
15 003-D	78.3	212.4	54.0	23.9	368.6
16 003-E	145.1	1121.6	210.1	69.3	1546.1
17 003-F	51.6	452.8	55.3	21.0	580.7
18 004-C	9.5	166.8	8.9	4.7	189.9
19 004-D	2.9	122.7	11.3	23.6	160.6
20 005-B	40.4	351.6	69.1	7.6	468.6
21 006-B	15.9	329.6	60.8	489.3	895.5
22 007-B	49.9	538.3	83.3	11.7	683.2
23 007-C	36.7	583.0	46.7	9.6	676.0
24 008-B	76.4	507.3	116.5	22.6	722.9
25 008-C	157.9	661.5	176.3	41.3	1037.0
26 008-D	171.7	1147.6	292.0	40.2	1651.4
27 008-E	112.7	883.9	183.9	20.7	1201.2
28 008-F	95.8	1274.1	228.1	21.1	1619.0
29 010-B	179.7	1017.4	260.1	40.0	1497.2
30 010-C	41.6	539.2	73.6	12.0	666.5
31 011-B	45.8	29.5	1.1	129.3	205.8
32 011-C	1.7	95.4	7.1	2.4	106.6
33 012-C	3.0	69.7	10.3	5.2	88.2
34 012-D	0.6	38.7	1.5	14.2	54.9
35 013-B	11.7	116.7	19.9	0.0	148.3
36 013-C	3.8	91.5	12.0	1.6	109.0
37 013-D	32.7	160.5	43.5	7.5	244.1
38 014-B	43.7	325.1	40.4	9.4	418.6
39 014-C	17.6	150.0	13.9	15.7	197.3
40 015-B	18.0	191.9	29.2	2.2	241.3
41 015-C	71.6	785.0	71.4	13.7	941.7
42 015-D	139.2	1406.2	101.0	8.1	1654.5
43 015-E	100.4	1080.2	179.5	26.5	1386.6
44 016-B	21.2	125.7	35.9	12.1	194.9
45 016-C	25.9	156.8	25.8	13.7	222.2
46 016-D	51.1	392.6	108.7	5.2	557.5
47 017-B	23.7	367.7	21.4	5.0	417.9
48 017-C	11.9	83.4	11.9	3.2	110.4
49 017-D	35.4	236.0	49.7	98.1	419.2
50 017-E	30.9	273.9	28.0	11.4	344.2
51 018-B	12.0	105.9	24.4	6.0	148.3
52 018-C	42.4	8.1	96.9	14.2	161.7
53 018-D	14.9	364.3	23.7	9.2	412.1
54 018-E	23.3	142.3	30.2	5.5	201.2
55 018-F	10.3	172.7	18.2	5.5	206.7
average	68.7	493.9	89.0	37.9	689.4
MAX	969.2	3466.8	967.3	489.3	5492.1
MIN	0.6	8.1	1.1	0.0	54.9

両者の間には統計的な違いが観察されなかった，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) で補正してヒ素代謝物量をTable 9に示した。

Table 9 Arsenic species in urines on February 2006

Sample No.	creatinine (mg/mL)	As species (ng/mg creatinine)				Total As
		1) As (III)	2) DMA	3) MMA	4) As (V)	
1 001-A	0.547	9.5	67.6	10.1	0.0	87.2
2 001-B	0.681	3.5	48.5	8.1	0.0	60.1
3 001-D	0.887	4.4	44.4	6.9	0.4	56.0
4 001-E	0.616	6.1	72.5	9.7	0.0	88.3
5 001-F	0.324	5.7	70.5	4.9	0.0	81.1
6 001-G	0.967	2.3	24.5	2.1	0.0	28.9
7 002-A	0.282	4.0	78.0	18.8	0.0	100.8
8 002-C	0.978	5.0	61.2	11.0	0.9	78.0
9 002-D	0.946	7.3	82.2	10.2	2.2	101.9
10 002-E	0.298	10.5	217.1	26.9	0.5	254.9
11 002-F	0.389	15.5	256.2	23.8	0.0	295.5
12 003-A	0.575	13.5	124.6	17.1	5.1	160.4
13 003-D	0.726	11.3	289.0	70.6	162.1	533.0
14 003-F	1.395	10.7	133.6	15.0	1.9	161.2
15 004-B	0.603	23.3	115.5	17.6	9.3	165.7
16 004-C	0.683	13.6	96.1	21.3	5.2	136.2
17 004-E	1.118	11.1	85.2	23.5	0.0	119.8
18 005-A	0.272	13.1	117.0	36.1	7.4	173.6
19 005-B	1.325	6.3	64.8	6.6	2.4	80.1
20 006-A	0.869	10.5	79.6	10.5	1.8	102.4
21 007-A	0.513	17.9	90.4	18.9	0.0	127.2
22 007-B	0.961	12.8	105.7	12.4	0.9	131.9
23 007-C	1.123	13.7	121.2	11.3	2.1	148.3
24 008-A	0.665	21.5	106.0	31.4	2.0	160.8
25 008-D	0.468	31.4	221.0	48.1	0.0	300.5
26 008-E	0.885	41.8	241.7	70.4	2.7	356.7
27 009-A	0.709	11.0	83.2	20.8	3.2	118.1
28 010-B	0.772	22.2	209.4	36.1	1.0	268.7
29 010-C	1.657	15.2	187.7	41.1	1.8	245.8
30 010-D	0.714	17.4	114.9	25.4	0.0	157.7
31 011-B	0.765	1.5	35.5	1.7	0.0	38.6
32 012-A	2.185	0.5	82.9	10.3	0.0	93.7
33 015-A	0.508	50.6	341.1	87.9	4.4	484.0
34 015-C	1.154	6.8	188.7	10.1	1.8	207.3
35 015-D	0.854	8.5	208.8	9.0	4.3	230.6
36 015-E	0.637	9.7	191.2	13.4	4.0	218.3
37 016-A	0.291	5.7	6.7	5.6	0.0	18.0
38 016-B	0.412	5.1	45.4	7.4	0.0	57.9
39 016-C	0.358	8.9	65.4	18.1	4.9	97.3
40 016-D	0.615	6.7	42.3	11.4	2.8	63.3
41 017-A	1.396	23.6	74.3	23.3	4.8	126.1
42 017-B	0.478	9.7	170.5	17.8	3.6	201.7
43 017-E	1.388	5.4	89.8	13.6	2.1	111.1
44 018-A	1.994	3.8	61.1	6.6	1.2	72.7
45 018-B	1.290	7.0	98.4	16.7	1.7	123.8
46 018-C	0.233	5.6	72.2	12.6	9.9	100.3
47 018-D	0.564	8.9	81.3	9.2	0.0	99.5
48 018-E	0.391	10.4	222.9	16.5	6.0	255.8
49 018-F	0.197	16.6	251.1	28.2	13.8	309.7
Average	0.789	12.0	121.2	20.1	5.7	159.0
MAX	2.185	50.6	341.1	87.9	162.1	533.0
MIN	0.197	0.5	6.7	1.7	0.0	18.0

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。バングラディッシュの乾期(2月)と雨期(8月)での飲水料の違いによる尿中ヒ素代謝物の量的な違いが考えられた。

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。両者の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。

Table 10-1 Arsenic species obtained from non arsenic-affected villagers on February 2006

Sample No.	creatinine (mg/dL)	As species (ng/mg creatinine)				Total As	
		1) As (III)	2) DMA	3) MMA	4) As (V)		
1	001D	0.887	4.4	44.4	6.9	0.4	56.0
2	001E	0.616	6.1	72.5	9.7	0.0	88.3
3	001F	0.324	5.7	70.5	4.9	0.0	81.1
4	002C	0.978	5.0	61.2	11.0	0.9	78.0
5	002D	0.946	7.3	82.2	10.2	2.2	101.9
6	002E	0.298	10.5	217.1	26.9	0.5	254.9
7	002F	0.389	15.5	256.2	23.8	0.0	295.5
8	003D	0.726	11.3	289.0	70.6	162.1	533.0
9	003F	1.395	10.7	133.6	15.0	1.9	161.2
10	004C	0.683	13.6	96.1	21.3	5.2	136.2
11	004E	1.118	11.1	85.2	23.5	0.0	119.8
12	005B	1.325	6.3	64.8	6.6	2.4	80.1
13	007B	0.961	12.8	105.7	12.4	0.9	131.9
14	007C	1.123	13.7	121.2	11.3	2.1	148.3
15	008D	0.468	31.4	221.0	48.1	0.0	300.5
16	008E	0.885	41.8	241.7	70.4	2.7	356.7
17	010B	0.772	22.2	209.4	36.1	1.0	268.7
18	010C	1.657	15.2	187.7	41.1	1.8	245.8
19	010D	0.714	17.4	114.9	25.4	0.0	157.7
20	011B	0.765	1.5	35.5	1.7	0.0	38.6
21	015C	1.154	6.8	188.7	10.1	1.8	207.3
22	015D	0.854	8.5	208.8	9.0	4.3	230.6
23	015E	0.637	9.7	191.2	13.4	4.0	218.3
24	016B	0.412	5.1	45.4	7.4	0.0	57.9
25	016C	0.358	8.9	65.4	18.1	4.9	97.3
26	016D	0.615	6.9	42.3	11.4	2.8	63.3
27	017B	0.478	9.7	170.5	17.8	3.6	201.7
28	017E	1.388	5.4	89.8	13.6	2.1	111.1
29	018B	1.290	7.0	98.4	16.7	1.7	123.8
30	018D	0.564	8.9	81.3	9.2	0.0	99.5
31	018E	0.391	10.4	222.9	16.5	6.0	255.8
32	018F	0.197	16.6	251.1	28.2	13.8	309.7
	average	0.793	11.5	136.4	20.3	7.2	175.3
	MAX	1.657	41.8	289.0	70.6	162.1	533.0
	MIN	0.197	1.5	35.5	1.7	0.0	38.6

Table 10-2 Arsenic species obtained from arsenic-affected villagers on February 2006

Sample No.	creatinine (mg/dL)	As species (ng/mg creatinine)				Total As	
		1) As (III)	2) DMA	3) MMA	4) As (V)		
1	001A	0.547	9.5	67.6	10.1	0.0	87.2
2	001B	0.681	3.5	48.5	8.1	0.0	60.1
3	001G	0.967	2.3	24.5	2.1	0.0	28.9
4	002A	0.282	4.0	78.0	18.8	0.0	100.8
5	003A	0.575	13.5	124.6	17.1	5.1	160.4
6	004B	0.603	23.3	115.5	17.6	9.3	165.7
7	005A	0.272	13.1	117.0	36.1	7.4	173.6
8	006A	0.869	10.5	79.6	10.5	1.8	102.4
9	007A	0.513	17.9	90.4	18.9	0.0	127.2
10	008A	0.665	21.5	106.0	31.4	2.0	160.8
11	009A	0.709	11.0	83.2	20.8	3.2	118.1
12	012A	2.185	0.5	82.9	10.3	0.0	93.7
13	015A	0.508	50.6	341.1	87.9	4.4	484.0
14	016A	0.291	5.7	6.7	5.6	0.0	18.0
15	017A	1.396	23.6	74.3	23.3	4.8	126.1
16	018A	1.994	3.8	61.1	6.6	1.2	72.7
17	018C	0.233	5.6	72.2	12.6	9.9	100.3
	average	0.782	12.9	92.5	19.9	2.9	128.2
	MAX	2.185	50.6	341.1	87.9	9.9	484.0
	MIN	0.233	0.5	6.7	2.1	0.0	18.0

平成18年8月の調査で採取した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) で補正してヒ素代謝物量をTable 11に示した。

Table 11-1 Arsenic species in urines on August 2006

Sample No.	creatinine (mg/mL)	As species (ng/mg creatinine)				Total As	
		1) As (III)	2) DMA	3) MMA	4) As (V)		
1	001-A	1.144	10.8	147.0	9.7	6.9	174.4
2	001-B	0.337	5.5	130.7	14.6	6.8	157.7
3	001-C	0.860	10.0	124.5	10.3	6.4	151.1
4	001-D	0.965	1.6	78.5	3.7	0.0	83.9
5	001-E	0.301	15.1	178.8	20.2	0.0	214.2
6	001-F	0.376	2.8	176.9	13.8	15.4	209.0
7	001-G	0.357	13.0	108.8	18.1	9.6	149.5
8	002-A	0.306	3.9	192.9	33.0	10.6	240.4
9	002-C	0.852	11.9	162.6	11.6	3.2	189.4
10	002-D	0.805	14.5	219.4	13.9	1.1	248.9
11	002-E	0.025	258.7	4997.7	367.5	89.0	5712.8
12	002-F	0.043	199.1	3965.6	220.4	0.0	4385.1
13	003-A	0.032	78.8	1877.1	161.1	0.0	2116.9
14	003-C	0.120	122.3	1617.4	174.6	18.8	1933.1
15	003-D	0.022	13.5	118.2	148.7	77.7	358.1
16	003-E	0.005	380.0	3345.5	372.6	0.0	4098.0
17	003-F	0.041	22.6	1115.0	108.4	0.0	1246.0
18	004-A	0.784	11.3	194.6	26.6	5.8	238.4
19	004-B	2.096	29.1	216.8	37.3	24.5	307.7
20	004-C	0.531	6.1	80.7	19.5	90.5	196.8
21	004-D	0.007	0.0	0.0	0.0	3755.8	3755.8
22	005-A	0.491	9.0	162.4	19.7	7.4	198.5
23	005-B	1.282	8.2	79.1	5.8	2.8	95.8
24	006-A	0.845	8.5	92.9	10.3	0.9	112.5
25	006-B	0.863	18.3	179.5	26.1	7.1	231.0
26	007-A	0.922	11.2	150.6	15.7	6.3	183.7
27	007-B	0.302	21.9	239.9	30.5	12.4	304.6
28	007-C	1.192	15.0	185.2	15.7	5.2	221.0
29	008-A	0.782	9.8	101.3	23.5	1.0	135.6
30	008-B	0.136	20.5	166.4	37.2	9.0	233.0
31	008-C	0.980	15.4	78.5	21.3	2.3	117.5
32	008-D	0.634	22.3	173.6	26.6	1.2	223.7
33	008-E	0.310	30.4	299.0	42.7	5.1	377.2
34	008-F	0.619	19.0	250.6	29.6	6.3	305.5
35	009-A	2.747	2.9	79.9	9.4	1.7	94.0
36	009-B	0.814	5.2	89.5	16.2	2.7	113.5
37	009-C	1.377	9.1	100.7	14.9	1.4	126.1
38	009-E	1.551	4.6	74.2	7.8	2.1	88.7
39	009-F	2.124	1.4	37.6	6.5	1.6	47.2
40	010-A	1.405	19.9	171.7	27.9	2.3	221.8
41	010-B	0.423	24.9	154.3	27.8	12.9	220.0
42	010-C	1.493	3.7	3.7	18.2	0.0	25.5
43	011-A	2.041	2.0	64.6	7.6	1.1	75.2
44	011-B	2.006	11.5	89.0	24.1	0.6	125.2
45	011-C	2.081	3.1	56.7	4.6	0.0	64.4
46	012-A	0.818	8.8	149.7	20.6	0.0	179.1
47	012-B	0.448	5.0	37.8	9.5	7.4	59.7
48	012-C	1.642	19.1	157.0	41.4	4.6	222.1
49	012-D	0.798	4.9	60.2	6.9	0.0	72.0
50	015-A	1.081	7.8	149.9	12.5	0.0	170.2
51	015-B	2.372	6.1	89.1	7.4	1.0	103.6
52	015-C	0.541	10.4	192.1	14.2	0.0	216.7
53	015-D	0.042	264.6	4272.4	275.6	25.0	4837.6
54	015-E	0.023	181.3	4258.0	271.4	0.0	4710.7
55	016-A	0.022	0.0	344.7	94.9	56.7	496.3
56	016-B	0.116	542.0	4724.8	463.2	87.4	5817.5
57	016-C	0.078	120.5	1098.5	104.3	30.5	1353.9
58	017-B	0.067	283.5	10386.8	919.6	30.5	11620.4
59	017-C	0.050	715.5	3173.4	993.7	31.8	4914.5
60	017-E	0.029	499.5	3316.2	603.1	61.1	4479.9
61	018-A	0.166	166.5	4155.7	228.1	33.8	4584.0
62	018-B	0.112	106.7	1975.9	266.4	26.1	2375.0
63	018-C	0.035	63.2	401.4	301.3	9.4	775.3
64	018-D	0.021	105.8	1339.0	237.6	0.0	1682.4
65	018-E	0.035	276.9	5785.0	397.1	27.6	6486.6
66	018-F	0.015	395.5	5223.7	395.0	137.9	6152.2
	Average	0.696	80.2	1112.4	120.0	72.5	1385.1
	MAX	2.747	715.5	10386.8	993.7	3755.8	11620.4
	MIN	0.005	0.0	0.0	0.0	0.0	25.5

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, 飲料水摂取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考えられた。

平成19年3月の調査で採取した44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) で補正してヒ素代謝物量をTable 12に示した。

Table 12 Arsenic species in urines on March 2007

Sample No.	creatinine (mg/mL)	As species (ng/mg creatinine)					Total As
		1) As (III)	2) DMA	3) MMA	4) As (V)		
1	001-A	0.795	5.9	137.0	5.1	9.9	158.0
2	001-B	0.380	8.2	92.8	12.6	0.0	113.6
3	001-C	0.287	9.2	58.6	11.6	8.5	87.9
4	001-D	0.411	11.8	126.8	20.6	10.8	169.9
5	001-E	0.666	5.0	82.9	6.6	7.1	101.7
6	001-F	0.782	6.1	98.3	8.0	7.1	119.6
7	002-A	0.572	5.6	117.7	20.0	4.3	147.6
8	002-D	0.967	7.1	89.3	16.4	6.3	119.1
9	002-E	0.674	7.1	157.0	13.8	5.5	183.4
10	002-F	0.587	5.7	87.2	13.4	3.9	110.2
11	004-A	0.557	5.2	131.6	16.1	5.0	158.0
12	005-A	0.843	1.5	51.1	13.9	3.3	69.8
13	006-A	0.346	11.8	101.2	8.6	6.8	128.4
14	007-A	0.456	7.2	121.0	4.9	3.5	136.5
15	007-B	0.635	9.5	133.0	10.1	0.0	152.6
16	008-A	0.524	1.9	23.0	3.6	2.2	30.7
17	008-D	0.636	3.8	43.4	4.5	2.6	54.4
18	008-E	0.946	2.8	4.6	1.0	0.0	8.3
19	009-A	2.849	2.2	40.2	4.1	1.0	47.5
20	009-B	0.660	4.4	47.4	9.9	2.7	64.5
21	009-C	0.778	14.6	104.2	17.5	9.5	145.8
22	009-F	0.966	7.3	83.4	19.0	7.1	116.8
23	010-A	0.782	72.2	39.8	12.8	17.3	142.2
24	010-C	0.208	2.8	170.4	19.1	0.0	192.4
25	011-A	1.058	0.9	26.2	2.4	1.5	31.1
26	011-B	0.976	3.5	37.7	3.9	3.5	48.6
27	011-C	0.462	0.0	41.3	3.3	7.1	51.7
28	012-A	2.041	1.4	79.8	11.7	2.4	95.2
29	012-B	0.170	0.0	46.1	3.6	0.0	49.7
30	015-A	0.790	13.3	161.5	16.1	3.1	194.0
31	015-C	0.278	14.7	226.0	5.4	4.9	251.0
32	015-D	0.202	18.0	245.7	3.6	4.3	271.5
33	015-E	0.242	0.0	230.8	23.3	12.7	266.8
34	016-B	0.481	3.7	76.0	5.5	1.7	86.9
35	016-C	0.481	4.1	80.6	7.1	0.0	91.8
36	017-A	0.803	2.1	26.5	2.3	5.0	35.9
37	017-B	1.095	4.8	40.6	10.5	0.6	56.5
38	017-E	1.117	1.3	79.7	9.4	6.5	97.0
39	018-A	2.108	1.9	50.5	6.0	2.4	60.7
40	018-B	1.223	5.8	87.5	11.3	3.5	108.1
41	018-C	0.782	1.0	18.8	6.7	1.3	27.8
42	018-D	0.374	1.3	17.0	4.1	0.0	22.3
43	018-E	0.171	0.0	73.5	10.6	0.0	84.1
44	018-F	0.545	4.8	122.9	13.5	10.7	151.9
	Average	0.743	6.8	88.9	9.9	4.4	110.0
	MAX	2.849	72.2	245.7	23.3	17.3	271.5
	MIN	0.170	0.0	4.6	1.0	0.0	8.3

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, 6.8,88.9,9.9及び4.4 ng/mg creatineであった。尿中の全ヒ素量は8.3~271.5 ng/mg creatineであり, その平均値は110.0 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0.12倍, 0.22倍, 0.13倍及び0.15倍と明らかに低い値を示した。バングラデシュの2月及び3月は乾期の時期で気温もそれほど高くないため, 飲料水量も大きくない時期である。安全な水を配給することにより, 尿中のヒ素排泄量が明らかに低下することが分かった。

8-3 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, 8月及び平成19年3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 13に示した。

Table 13-1 Ratio of (DMA+MMA) /Total As and MMA/DMA on June 2005, February 2006, August 2006 and March 2007

Sample No.	Data of June 2005		Data of February 2006		Data of August 2006		Data of March 2007		
	(DMA+MMA) /Total As (%)	MMA/DMA (%)	(DMA+MMA) /Total As (%)	MMA/DMA (%)	(DMA+MMA) /Total (%)	MMA/DMA (%)	(DMA+MMA) /Total (%)	MMA/DMA (%)	
1	001-A	88.4	6.5	89.1	15.0	89.9	6.6	90.0	3.7
2	001-B	88.8	27.0	94.2	16.7	92.2	11.2	92.8	13.6
3	001-C	89.9	16.2	-	-	89.2	8.3	79.9	19.9
4	001-D	89.4	5.9	91.5	15.5	98.1	4.8	86.7	16.2
5	001-E	77.6	13.9	93.1	13.4	92.9	11.3	88.0	7.9
6	001-F	65.2	12.7	93.0	6.9	91.3	7.8	88.9	8.1
7	001-G	-	-	92.1	8.8	84.9	16.7	-	-
8	002-A	86.3	11.4	96.0	24.1	94.0	17.1	93.3	17.0
9	002-C	88.6	17.2	92.5	17.9	92.0	7.2	-	-
10	002-D	93.5	7.4	90.7	12.4	93.7	6.3	88.7	18.4
11	002-E	92.7	13.3	95.7	12.4	93.9	7.4	93.2	8.8
12	002-F	80.7	27.9	94.7	9.3	95.5	5.6	91.3	15.4
13	003-A	83.8	22.9	88.4	13.7	96.3	8.6	-	-
14	003-B	92.7	12.5	-	-	-	-	-	-
15	003-C	84.0	21.3	-	-	92.7	10.8	-	-
16	003-D	72.3	25.4	67.5	24.4	74.5	125.7	-	-
17	003-E	86.1	18.7	-	-	90.7	11.1	-	-
18	003-F	87.5	12.2	92.2	11.2	98.2	9.7	-	-
19	004-A	84.7	17.9	-	-	92.8	13.7	93.5	12.3
20	004-B	95.7	30.6	80.3	15.2	82.6	17.2	-	-
21	004-C	92.5	5.3	86.2	22.1	50.9	24.2	-	-
22	004-D	83.5	9.2	-	-	0.0	-	-	-
23	004-E	-	-	90.7	27.6	-	-	-	-
24	005-A	95.5	12.8	88.2	30.9	91.7	12.1	93.1	27.1
25	005-B	89.8	19.6	89.2	10.2	88.6	7.3	-	-
26	006-A	92.6	7.1	88.0	13.1	91.7	11.0	85.6	8.5
27	006-B	43.6	18.4	-	-	89.0	14.5	-	-
28	007-A	93.5	12.6	85.9	20.9	90.5	10.4	92.2	4.1
29	007-B	91.0	15.5	89.6	11.8	88.8	12.7	93.7	7.6
30	007-C	93.2	8.0	89.3	9.3	90.9	8.5	-	-
31	008-A	85.2	18.3	85.4	29.6	92.0	23.2	86.7	15.8
32	008-B	86.3	23.0	-	-	87.3	22.3	-	-
33	008-C	80.8	26.6	-	-	84.9	27.1	-	-
34	008-D	87.2	25.4	89.5	21.8	89.5	15.4	88.1	10.3
35	008-E	88.9	20.8	87.5	29.1	90.6	14.3	67.1	21.5
36	008-F	92.8	17.9	-	-	91.7	11.8	-	-
37	009-A	92.1	13.6	88.0	25.0	95.1	11.8	93.4	10.3
38	009-B	85.4	16.7	-	-	93.1	18.1	88.9	21.0
39	009-C	93.7	11.5	-	-	91.7	14.8	83.5	16.8
40	009-D	84.5	22.0	-	-	-	-	-	-
41	009-E	82.6	22.2	-	-	92.4	10.5	-	-
42	009-F	82.6	22.2	-	-	93.5	17.2	87.7	22.8
43	010-A	82.6	22.2	-	-	90.0	16.3	37.0	32.2
44	010-B	85.3	25.6	91.4	17.2	82.8	18.0	-	-
45	010-C	92.0	13.7	93.1	21.9	85.7	488.3	98.5	11.2
46	010-D	-	-	89.0	22.1	-	-	-	-
47	011-A	94.9	6.0	-	-	96.0	11.7	92.2	9.3
48	011-B	14.9	3.7	96.2	4.8	90.4	27.1	85.4	10.4
49	011-C	96.2	7.4	-	-	95.2	8.1	86.2	8.1
50	012-A	95.4	11.7	99.5	12.4	95.1	13.8	96.0	14.6
51	012-B	86.7	22.6	-	-	79.3	25.1	100.0	7.8
52	012-C	90.7	14.8	-	-	89.3	26.4	-	-
53	012-D	73.1	3.9	-	-	93.2	11.5	-	-
54	013-A	92.0	12.2	-	-	-	-	-	-
55	013-B	92.1	17.1	-	-	-	-	-	-
56	013-C	95.0	13.1	-	-	-	-	-	-
57	013-D	83.6	27.1	-	-	-	-	-	-
58	014-A	90.6	4.7	-	-	-	-	-	-
59	014-B	87.3	12.4	-	-	-	-	-	-
60	014-C	83.1	9.3	-	-	-	-	-	-
61	015-A	86.5	17.9	88.6	25.8	95.4	8.3	91.5	10.0
62	015-B	91.6	15.2	-	-	93.2	8.3	-	-
63	015-C	90.9	9.1	95.9	5.3	95.2	7.4	92.2	2.4
64	015-D	91.1	7.2	94.5	4.3	94.0	6.4	91.8	1.5
65	015-E	90.9	16.6	93.7	7.0	96.2	6.4	95.2	10.1
66	016-A	69.4	30.4	68.2	83.0	88.6	27.5	-	-
67	016-B	82.9	28.5	91.2	16.3	89.2	9.8	93.8	7.2
68	016-C	82.2	16.5	85.9	27.7	88.8	9.5	95.6	8.9
69	016-D	89.9	27.7	85.0	27.0	-	-	-	-
70	017-A	79.9	29.3	77.4	31.4	-	-	80.3	8.7
71	017-B	93.1	5.8	93.4	10.4	-	-	90.5	26.0
72	017-C	86.3	14.2	-	-	84.8	31.3	-	-
73	017-D	68.2	21.0	-	-	-	-	-	-
74	017-E	87.7	10.2	93.2	15.2	87.5	18.2	91.9	11.8
75	018-A	91.1	9.6	93.2	10.8	95.6	5.5	93.0	11.9
76	018-B	87.9	23.0	93.0	16.9	94.4	13.5	91.4	12.9
77	018-C	65.0	1195.1	84.5	17.5	90.6	75.1	91.8	35.7
78	018-D	94.2	6.5	91.0	11.4	93.7	17.7	94.4	24.0
79	018-E	85.7	21.2	93.6	7.4	95.3	6.9	100.0	14.5
80	018-F	92.4	10.6	90.2	11.2	91.3	7.6	89.8	11.0

また、両者の比が正常範囲を超えるヒトの結果をTable 14に示した。

Table 14 Urinary samples for abnormal ratio of (DMA+MMA) /Total As and of MMA/DMA

Sample No.	Data of June 2005		Data of February 2006		Data of August 2006		Data of March 2007	
	(DMA+MMA) /Total As (%)	MMA/DMA (%)	(DMA+MMA) /Total As (%)	MMA/DMA (%)	(DMA+MMA) /Total (%)	MMA/DMA (%)	(DMA+MMA) /Total (%)	MMA/DMA (%)
1 003-D	72.3	25.4	67.5	24.4	74.5	125.7	-	-
2 004-D	83.5	9.2	-	-	0.0	-	-	-
3 010-C	92.0	13.7	93.1	21.9	85.7	488.3	98.5	11.2
4 011-B	14.9	3.7	96.2	4.8	90.4	27.1	85.4	10.4
5 018-C	65.0	1195.1	84.5	17.5	90.6	75.1	91.8	35.7

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）と異常な範囲を示していたが、平成19年3月の調査では、35.7%と少し高い値であるが正常値（全ヒ素量は27.8 ng/mg creatinine）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、8月及び平成19年3月の調査は、その比が96.2%（全ヒ素量は38.6 ng/mg creatinine）、90.4%（全ヒ素量は125.2 ng/mg creatinine）及び85.4%全ヒ素量は48.6 ng/mg creatinine）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、異常値であったが、平成19年3月の調査では、11.2%となっており、正常な範囲に戻っていた。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）しか検出されなかった。

9. まとめ

1. 地下水のヒ素汚染地域として、バングラデシュ人民共和国ラジャヒ管区チャパイナワブガンジ地区チュナカリ村を選定した。また、現地協力者として、ラジャヒ大学のMd. Hamidur Rahman教授、Birgis Belgum教授及びラジャヒ医科大学のA. K. B. Zaman準教授を選定し、地域を限定した住民を対象にし、安全な水を供給する前後での尿・毛髪中のヒ素代謝物の動態変化の検討と安全な水を供給することによるヒ素被害の軽減を検討した。
2. 安全な水を供給するため、深層地下水の利用を計画し、試掘井戸の掘削を行った。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、鉄濃度とマンガン濃度及びヒ素濃度とマンガ

ン濃度の間に統計的に有意な相関関係が成立した。

3. 供給地下水中のヒ素濃度は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とすることができた。この水をヒ素被害家族16家族に平成18年2月~平成19年3月まで供給した。
4. 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できることが明らかになった。
5. 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及び安全な水供給1年後の平成19年3月の異常値の2名のデータを除いた42名分の毛髪中のヒ素濃度の平均値は0.99 mg/kgとなり、明らかに毛髪中のヒ素量の低下が観察され、飲料水及び料理用に用いる水をバングラデシュの飲料水のヒ素基準以下の安全な水として供給することにより、毛髪中のヒ素量を低減させることができた。
6. 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19年3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、6.8,88.9,9.9及び4.4 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。

7. 平成17年6月, 平成18年2月, 8月及び平成19年3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.

8. 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, 8月, 平成19年3月の調査では, その比が96.2 %, 90.4 %及び85.4 %となっており, 正常な範囲に戻っていた.

9. 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, 異常値であったが, 平成19年3月には, 010-Cの尿中のMMA/DMA比は正常値の11.2 %を示した. 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) しか検出されなかった.

この研究の調査対象家族は16家族であったが, GSF施設の十分な管理及び洗浄により, 安全な水の供給がなされた場合, ヒ素被害状況の緩和ができることが明らかになった. そのため, 調査終了時点の平成19年3月には, チュ

ナカリ村を中心とした約150家族がこの処理水を利用し始め, その施設の管理は村落共同体に移管された. 10日に一回のヒ素を含む酸化鉄の沈殿物の除去並びに1ヶ月に1回のGSF施設の洗浄が住民の自助努力で行われており, 1ヶ月の洗浄後のヒ素濃度のチェックは検査紙を使った方法で行われている. 末永くこの施設が利用され, Photo 7で示したように子供達がヒ素被害のない生活を続けることができることを願う者である. なお, 本研究は, 厚生労働科学研究費補助金・地域健康危機管理研究事業で実施したものである.



Photo 7