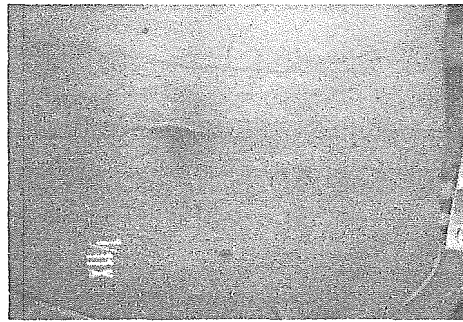




ヒ素曝露中



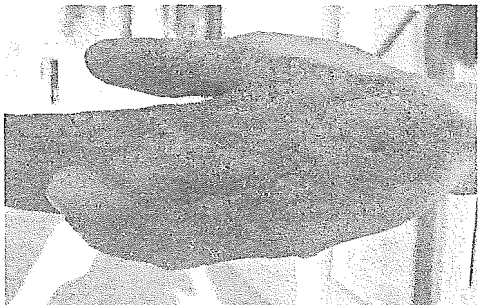
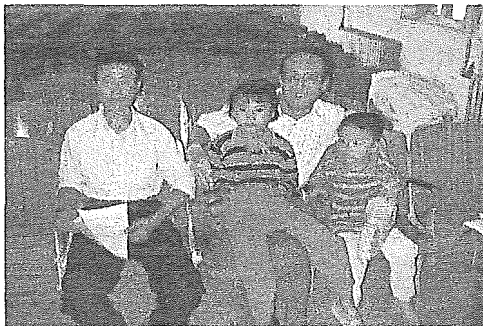
ヒ素曝露停止半年後



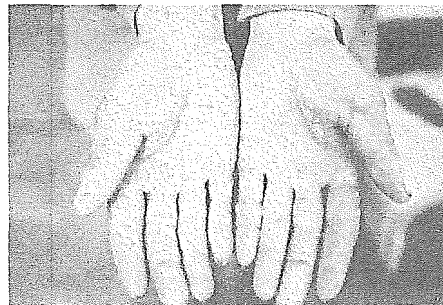
ヒ素曝露停止1年後

図6 ヒ素曝露中と曝露停止後半年、1年目における色素沈着・色素脱失の改善傾向の一例

山西省太原市山陰県における慢性ヒ素中毒患者に対する井戸水の改善効果
ヒ素汚染井戸水の改水5年後における角化症の改善に関する調査



ヒ素曝露中

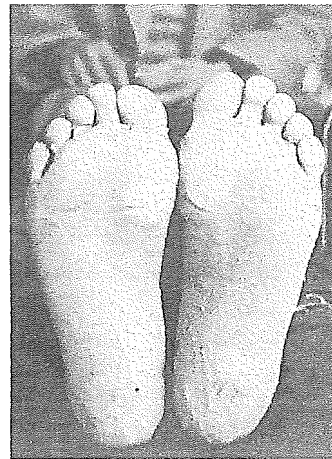


ヒ素曝露停止5年後

図7 無機ヒ素曝露軽減5年目における手のひらの角化症の改善



ヒ素曝露中



ヒ素曝露停止5年度

図8 無機ヒ素曝露軽減5年目における足裏の角化症の改善

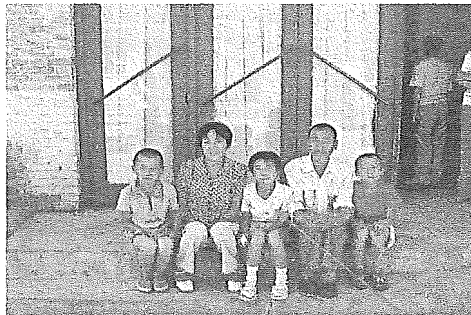
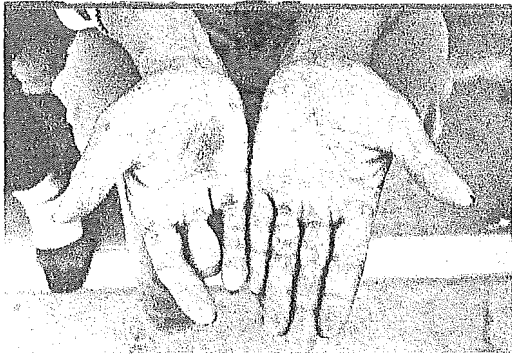


図9 無機ヒ素曝露軽減5年目における家族の慢性ヒ素中毒の変化



手のひらの角化症

色素沈着、色素脱失

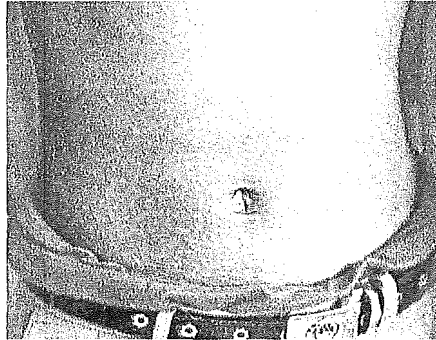


図 10 山陰県の村民における、井戸水の改水後に認める角化症と色素沈着の現状

分担研究報告書

研究課題名: バングラデシュ及び中国を中心とする地下水のヒ素汚染地域において地下水を
(安全な)水道水源とする実現可能性評価に関する研究

分担研究課題名: 給水システムの実現可能性評価 (陰膳調査による包括的なヒ素摂取量の推
定と調理用水の給水により得られる改善効果)

分担研究者 大野 浩一 北海道大学大学院工学研究科 助手

研究要旨

本年度は、ヒ素汚染地域住民の包括的なヒ素摂取量を推定するための2つの研究を行った。1つは、バングラデシュ方式で炊飯した場合のコメ中ヒ素濃度変化に関する実験室における検討であり、もう1つは、陰膳法を用いたヒ素汚染地域住民の水と食料からのヒ素摂取量の推定である。炊飯によるコメ中ヒ素濃度変化に関する実験においては、ヒ素濃度の異なる炊飯用水を用いてバングラデシュ方式で炊飯を行い、炊飯前後のコメ中ヒ素濃度差を調べた。その結果、炊飯用水中のヒ素濃度と炊飯後のコメ中ヒ素濃度増加量の間には強い正の相関が見られた。また、炊飯後のコメ中ヒ素濃度変化については、炊飯用水ヒ素濃度・精米ヒ素濃度・炊飯後の含水率増加分という3つの要素で説明できると考えられた。現地調査に関して、まず、本研究の調査地域は慢性ヒ素中毒の症状を持つ住民が比較的多いことから、過去の水源であるヒ素濃度の高い、浅い管井戸から、ヒ素濃度が低い掘り井戸に水源を変更している家庭が多いことが確認された。陰膳調査による結果として、現在における水と食料からのヒ素摂取量は平均0.15mg/dであった。また、各食品群のヒ素摂取量寄与率は平均で飲料水13%、スープ類4.4%、ご飯56%、固形物11%、チャパティ類16%とご飯の寄与が大きいことが示された。ご飯のヒ素摂取寄与率は家庭間のばらつきが大きく、このことをさらに検討した結果、一部の家庭では、飲料水とは異なるヒ素濃度の高い水が炊飯用水や調理用水として使用されていることが明らかとなった。また、過去の水源についての情報を住民から得て、過去の水源のヒ素濃度も分析した。過去の水由来(飲料水・炊飯用水・調理用水)ヒ素摂取量と現在との推定を行ったところ、過去の水由来ヒ素摂取量は平均1.6mg/dに対し現在の摂取量は平均0.069mg/dと96%もの摂取量削減がなされていると推定された。しかしながら、現在の水由来ヒ素摂取量は炊飯用水・調理用水の寄与が大きい。このことは飲料水には安全な水を使用しているが、炊飯用水や調理用水には手近な汚染されている水を使用している家庭が一部あることを示している。飲料水に加え、炊飯用水・調理用水にもバングラデシュヒ素濃度基準値(0.05mg/L)を守る水を給水することによる効果を推定した結果、水由来ヒ素摂取量は平均0.036mg/dとなり、現状よりも半分近く水由来ヒ素摂取量を削減できる可能性がある。全体的なヒ素摂取量削減の観点からは、炊飯用水や調理用水にも利用できる量の安全な水を給水するシステムの構築が望ましい。

A. 研究目的

バングラデシュにおける井戸水のヒ素汚染問題が報告されてから 10 年以上がたち、汚染地域住民の中に慢性ヒ素中毒の症状を持つ人が増えてきた。このことから、現地住民は汚染された井戸水、その多くは浅めの管井戸(tube well)である、の使用をあきらめ、その代わりにヒ素濃度の低い場合の多い掘り井戸(dug well)を飲料水水源として使用し始めている。このことにより、飲料水由来のヒ素摂取量は大幅に減少しているものと推定される。

しかし、ヒ素濃度の高い tube well から濃度の低い dug well に飲料水水源を変更することで全ての問題が解決するわけではない。懸念される問題は例えば、dug well のヒ素以外の物質や微生物に関する安全性、dug well の位置が遠い家庭が炊飯用水・調理用水などにもヒ素濃度の低い水を使用しているか、などである。本研究では、後者の問題について検討することを目的とした。dug well は tube well と比較して、設置に費用と労力がかかり、必要設置面積も大きい。よって、手軽に家庭内に設置できる tube well とは異なり dug well の数はあまり多くない。数分以上歩かないと dug well の水を確保できない場合もある。このような場合、飲料水には dug well の水を使用したとしても炊飯用水を含む調理用水には手近に入手できる tube well の水を使用してしまう可能性がある。

また、ヒ素の摂取源は水からだけではなく、食料からのヒ素摂取も多い。バングラデシュの人々のヒ素摂取量推定を行った研究もあるが、それらのほとんどが市場から食材を購入して、調理をすることなしにヒ素濃度を分析するマーケットバスケット法と呼ばれる方法でヒ素摂取量を推定している。そのため、調理用水が与える影響については明らかになっていない。

そこで本研究では、陰膳法に基づくヒ素摂取量の推定を行った。陰膳法は、対象住民が実際に食べている食事を重量も含めて同じように複製してもらいサンプルとする方法である。この陰膳法をベースにして、コメ・チャパティ・スープ類・固形物と分類した食事中のヒ素濃度を分析することで、以下について検討した。第一に、水からのヒ素摂取量と食料からのヒ素摂取

量の比較を行った。第二に、飲料水からのヒ素摂取量と炊飯用水やその他調理用水からのヒ素摂取量の推定、最後に dug well に水源を変えたことによるヒ素摂取量の削減効果と現状における問題点について考察を行った。なお調査地域はナワブガンジ地区郊外のチュナカリ村であり、調査は徳永主任研究者と共同で行った。

さらに、2004 年度の分担研究において分担研究者は、炊飯用水中のヒ素濃度が高い場合に炊飯後のコメ中ヒ素濃度が精米の時点よりも大きくなること、および炊飯用水濃度と炊飯前後のコメ中ヒ素濃度の間に相関が見られることを示した。本年度の研究においては、実験室により段階的にヒ素濃度を变化させた水を用いて、バングラデシュ方式で炊飯した場合の炊飯前後のコメ中ヒ素濃度の変化について検討を行った。

B. 研究方法

B-1. バングラデシュ方式で炊飯した場合のコメ中ヒ素濃度変化に関する実験

(1) 試料

コメ試料として、ナワブガンジ地区近郊のチュナカリ村で市販されている 3 種類のコメを使用した。3 種類のコメの名称は Samsu China Variety (以下 SCV)、IRRI 28 Variety (以下 IRRI)、Fine Variety Rice (以下 FVR)であり、前 2 種は住民が常食しているコメであり、FVR は精米方法の異なるやや高価なコメだと言うことである。炊飯用水としては、札幌市内でヒ素濃度が低い浄水場の急速砂ろ過後水(塩素添加前)を使用した。この水のヒ素濃度は 0.0003mg/L と無視できるほど小さかった。

(2) 炊飯実験方法

バングラデシュにおける炊飯方式は日本の場合とは異なり、大量の水でコメを炊きその後余った水を捨てる。本実験ではバングラデシュ式の炊飯を以下の手順で再現した。

まず、コメ 50g に洗米用水 100g を使用、30 秒間洗米し水を交換する。これを 3 回繰り返す。

次に、ガラス鍋に炊飯用水 250g を入れ、ガスコン

口にて沸騰させる。洗米後のコメを入れ、10分間一定の火力で煮る。その後、湯を捨てる。

最後に5分間蒸らす。

(2) コメ中ヒ素濃度の分析

炊飯前・炊飯後のコメ中ヒ素濃度は共に以下の方法で分析した。試料を凍結乾燥後、ミルにて粉碎。その後、マイクロウェーブ抽出装置 (Ethos TC: Milestone General, USA) にて所定の条件で抽出を行った。その際、抽出溶媒として硝酸と過酸化水素 (共に ultrapur grade, 関東化学(株)) を4:1の割合で使用した。抽出液を希釈後 ICP-MS (HP4500: Agilent, USA) にてヒ素濃度の分析を行った。なお、標準試料 (コメ SRM1568a: NIST, USA) を用いて、この分析法の精度・確度を確認した。

B-2. 陰膳調査によるヒ素汚染地域住民のヒ素摂取量の推定

(1) 調査内容について

調査は、バングラデシュ国のナワブガンジ地区郊外にあるチュナカリ村で2005年6月に行った。調査は徳永主任研究者と共同で行い、当方は水と食料に関する調査を行った。本調査における調査対象は18家庭65人である。なお、調査では聞き取り調査とサンプル採取を行った。

聞き取り調査は、飲水量に関する調査および過去に使用していた水源に関する調査を行った。飲水量は各家庭で使用している飲料水用コップの容量を量り記録した。さらに家庭の全員にカードを配布し、24時間にそのコップで水を飲んだ回数を記録してもらう方法を用いた。

食料のサンプル採取は、各家庭の代表者1人を選定した。代表者の多くは何らかの慢性ヒ素中毒の症状を持っていた。代表者の1日分の食事 (朝飯・昼飯・晩飯) を複製してもらい、陰膳として採取した。陰膳を、コメ・チャパティ・スープ類・固形物の4種に分類し、それぞれの重量を測定、これを代表者の1日食品摂取量とした。代表者以外の構成員の食品摂取量については、代表者との食品摂取量の比率について聞き取り調査を行い推定した。食料の他には、各家庭が飲用している水および過去に使用していた

水源が現存している場合は、その水も採取した。

(2) 総ヒ素濃度の分析

飲料水のヒ素濃度は、サンプルに約1%(v/v)となるように硝酸 (ultrapur grade, 関東化学(株)) を添加し、ICP-MS で分析した。食品サンプルの総ヒ素分析は次の通りである。まず、固体類のサンプルは凍結乾燥し、ミルにて粉碎した。その後、スープ類は1g-wet、それ以外のサンプルは0.5g-dry に対して、硝酸3mLと過酸化水素2mL (ultrapur grade, 関東化学(株)) をそれぞれ添加し、マイクロウェーブ抽出装置にて最高温度200°C、45分の条件で分解、抽出液を希釈後 ICP-MS にて定量を行った。なお、標準試料2種類 (コメ SRM1568a: NIST, USA 及び日常食 SRM1548a: NIST, USA) を用いて、この分析法の精度・確度を確認した。

(倫理面への配慮)

本研究では、「人体より採取された材料」は直接使用していない。しかし、共同調査を行う徳永主任研究者が毛髪及び尿などを採取していることから、徳永主任研究者と同様に以下の配慮をしている。

「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、年齢等はバングラデシュ側のパートナーであるラシャヒ大学のラーマン教授が保持する。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う。試料・情報は連結可能匿名化されたものである。申請者は試料採取する際にラーマン教授と一緒に試料採取を行うが、採取された試料をラーマン教授が、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る。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う。

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ザーマン助教授 (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ザーマン助教授が実施しながら、同意を得る。書式は現地語であるが、対象者全員から承諾書を得

る。これらの承諾書はラーマン教授が保持する。

C. 研究結果

C-1. バングラデシュ方式で炊飯した場合のコメ中ヒ素濃度変化に関する実験

実験で使用した3種類のコメにおける、炊く前のコメ(精米)中のヒ素濃度とその変動係数(CV)および精米の含水率を表1に示す。2004年度の研究として、ナワブガンジ市内18家庭から採取した精米中のヒ素濃度は平均0.22 mg/kg-dry, 標準偏差は0.11 mg/kg-dryであった。それに対し、今回の3種の精米中ヒ素濃度はSCV: 0.21, IRR: 0.36, FVR: 0.033 [mg/kg-dry]であり、SCV種は以前の調査結果とほぼ同程度、IRR種はやや高い濃度であった。FVRは昨年度の調査及び他の2種とはヒ素濃度が大きく異なり、かなり低い濃度であった。この原因の一つに精白方法の違いが考えられるが、詳細は不明である。

図1に炊飯用水中ヒ素濃度を横軸、炊飯前後のコメ中ヒ素濃度差を縦軸にとった散布図を示す。図1より、2004年度の現地調査結果と同様に、炊飯用水中のヒ素濃度が高くなるに従って炊飯前後のコメ中ヒ素濃度差が大きくなることが実験においても示された。

表2には炊飯後のコメの含水率を示す。ここでもFVR種は他の2種に比べて含水率が高く、異なる傾向を示した。

C-2. 陰膳調査によるヒ素汚染地域住民のヒ素摂取量の推定

(1) 飲水量調査

飲水量調査の結果を図2及び表3に示す。成人男性の飲水量は平均2.8L/d, メジアン3.1L/d, 成人女性は平均2.8L/d, メジアン2.9L/dであり、成人に関しては男女とも飲水量の代表値としては約3L/dayという結果が得られた。

(2) 過去と現在の水源中のヒ素濃度

過去と現在の水源におけるヒ素濃度を図3に示す。住民が水源を変更した時期は、インタビュー結果では数年前から数ヶ月前となっており、家庭によって大きな違いがある。多くの家庭において水源を変更しており、それらはtube well(管井

戸)からdug well(掘り井戸)への変更が多い。dug well中のヒ素濃度はtube wellに比べてかなり低いことが示されている(図3)。

(3) 陰膳調査結果

陰膳調査で分析を行った各食品群別のヒ素濃度分布を図4に示す。食品群の中ではコメのヒ素濃度が高い傾向がある。また、コメについては炊いた後のコメ(ご飯)の他に精米も採取した。精米とご飯との比較を行うと、精米に比べてご飯の方がヒ素濃度の平均値が大きく、またばらつきが大きいという結果が得られた。

(4) 18家庭代表者の1日ヒ素摂取量

図5に家庭代表者の1日ヒ素摂取量を昇順で示す。水と食料からのヒ素摂取量の平均値は0.15 mg/d, メジアンは0.10mg/dであった。ヒ素摂取量の分布形としては正規分布の形ではなく、やや偏った分布をなしている。つまり、一部家庭においてヒ素摂取量が大きい傾向が見られる。図6に、総ヒ素摂取量に対する各食品群(飲料水を含む)の寄与率を家庭毎にプロットした結果を示す。それぞれ食品群の寄与率は、平均値として飲料水0.13、スープ類0.044、ご飯0.56、固形物0.11、チャパティ類0.16であった。飲水量の寄与が13%とあまり大きくないことから、住民の多くは、飲料水に関しては、ヒ素を高濃度に含んでいない水をすでに使用していることが推定できる。一方、ご飯からの寄与が平均56%と大きく、また、寄与率のばらつきが大きいことから炊飯用水には飲料水とは異なりヒ素濃度の高い水を使用している家庭が一部存在する可能性が示唆される。このことに関しては考察にてさらに検討を行う。

D. 考察

D-1. バングラデシュ方式で炊飯した場合のコメ中ヒ素濃度変化に関する実験

図1における、炊飯用水中ヒ素濃度(x軸)と炊飯前後のコメ中ヒ素濃度差(y軸)との関係について回帰分析を行った結果を図1の右に示す。

回帰直線の傾きに注目すると、SCV種の1.65, IRR種1.47と比較して、FVR種は2.66と大きな傾き

となった。結果のところでも述べたように、FVR 種は SCV・IRRI 種とはいろいろ異なる傾向を見せている。この傾きの違いが生じる可能性の1つとして、炊飯後の含水率の違いが考えられる。FVR 種は他の2種と比較して炊飯後の含水率が高い(表2)。この理由はFVR種の精米度合いが他の2種と比較して高いため、吸水速度が大きいためと考えられる。ただし、炊飯用水中のヒ素(無機ヒ素)が水と同様の吸収特性を示すかどうかについては今後検討を行う必要がある。

次に回帰直線の切片について着目する。切片はFVR種、SCV種、IRRI種の順に大きい。このことは、精米中のヒ素濃度と関連があることを示している。つまり、炊飯用水中のヒ素濃度が低い場合、精米を洗米する時や大量の水で煮る時にコメ中のヒ素が一部水相へと移動することが考えられる。

これらのことから、炊飯後のコメ中ヒ素濃度増加については、(1)炊飯用水ヒ素濃度、(2)精米ヒ素濃度(3)炊飯後の含水率増加という3つの要素で説明できると考えられた。

D-2. 陰膳調査によるヒ素汚染地域住民のヒ素摂取量の推定

(1) 一部の家庭でヒ素摂取量が十分に減少していない原因について

図5において、代表者の水と食料からの1日ヒ素摂取量を示した。その結果、一部の家庭では炊飯用水や調理用水にはヒ素濃度が低い飲料水とは別の水源が使用されている可能性が示唆された。そこで、飲料水ヒ素濃度と炊飯前後のコメ中ヒ素濃度差の関係を図7に示す。ここで、L1、L2、L3の直線は図1の回帰直線である。飲料水をそのまま炊飯用水にも使用していれば、プロットはL1~L3の直線から大きくはずれないはずである。しかし、図7より少なくとも4家庭(#3,8,10,14)では直線群から離れたところにプロットが存在していた。これらのヒ素について形態別分析をLC-ICP-MSを用いて行ったところ、炊飯前後のヒ素濃度差分のほとんどが無機ヒ素であった。このことからヒ素濃度の増加は炊飯用水由来であり、飲料水と異なるヒ素汚染された水源を炊飯用水として使用している家庭があることが明らかとなった。

また、調理用水についても検討を行った。固形分に関する検討は今回の調査ではできないので、スープ類中のヒ素濃度と飲料水中ヒ素濃度との比較を行った。結果を図8に示す。ここでも、4家庭(#5,10,14,17)で飲料水中ヒ素濃度よりもスープ類中のヒ素濃度の方が過度に大きい傾向が見られた。これらスープ類中のヒ素も形態別分析の結果、ほとんどが無機ヒ素であった。

図7と図8においてヒ素汚染された水源を炊飯用水や調理用水に使用しているのある家庭において、炊飯用水と調理用水に使用した水源のヒ素濃度に違いがあるかどうかについて推定を行った。その結果、家庭#3,8においてはスープ類を摂取していなかったために推定不可能だった。家庭#5,14,17においては炊飯用水・調理用水共に同じ汚染水を使用していると推定された。しかし、家庭#10の場合は炊飯用水から推定される水源ヒ素濃度とスープ類から推定される水源ヒ素濃度の間には大きな差があり、炊飯用水と調理用水には異なる水を使用している可能性がある。このことに関しては次回調査における検討課題とする。

また、家庭#17はやや特殊な水使用環境にある。この家庭では食料を採取した代表者Aのみに慢性ヒ素中毒症状があるため、Aはヒ素濃度の低い水源を飲料水としているが、残りの家族は症状がないため特に飲料水には気を付けていないとのことであった。この家庭の構成員に対する1日ヒ素摂取量の推定値を図9に示す。図9より、砒素中毒の症状を持つAの飲料水からの摂取は少ないものの、B~Eの飲料水からのヒ素摂取が多いことが示された。また、炊飯用水・調理用水にはB~Eが使用している水源を使用しているため、Aに関しては飲料水(飲水量5.1L/d)からとスープ類(摂取量0.38kg/d)からのヒ素摂取量がほぼ同等になってしまっており、飲料水にヒ素濃度が低い水源を使用している効果が十分に得られていなかった(図8における#17aはAの飲料水濃度、#17bはB~Eの飲料水ヒ素濃度を示している)。

今回の調査でインタビューをおこなった限りにおいては、調理用水や炊飯用水にも飲料水と同じ水源を使用しているという回答が全ての家庭で得られてい

たが、実際には一部の家庭では炊飯用水・調理用水には飲料水とは異なるヒ素で汚染されている水が使用されていることが明らかとなった。この原因としては、ヒ素濃度の低い場合が多い dug well の水を手に入れるためには家庭から数分程度歩く必要がある場合があるために、飲料水以外の用途に関しては家庭内で手近に存在する tube well を使用している可能性があることが推測される。よって、ヒ素濃度の低い水を供給する場合は、炊飯用水・調理用水にも安全な水を使用するように指導することが重要である。できることならば、手近に安全な水を手に入れるように各戸給水を行うことが望ましい。

(2) 過去と現在の水由来ヒ素摂取量の推定と安全な水の給水による摂取削減量の推定

水由来ヒ素摂取量の変遷について、及び今後水源のヒ素濃度を改善した場合の効果について推定を行う。水由来のヒ素摂取としては、飲料水・炊飯用水由来・調理用水由来の3つを考慮した。飲料水からのヒ素摂取量は(水源のヒ素濃度)×(各個人の1日飲水量)で推定した。炊飯用水は(炊飯濃度のコメ中ヒ素濃度差)×(1日コメ摂取量)、調理用水は(スープ類ヒ素濃度)×(1日スープ類摂取量)で推定した。固形分についても調理用水を使用する場合があると考えられるが、本報告においては考慮していない。

図10に以前使用していた水源からの水由来ヒ素摂取量の推定結果を示す。一部家庭では過去の水源が現存していなかったため、推定可能な人数(n)は56人であった。この結果、ヒ素摂取量が0.1mg/dを超えていたのは53人であった。なお、0.1mg/dという値は、バングラデシュ水質基準値0.05mg/LにWHO等でガイドライン値設定時に一般的に使用される1日飲水量2Lを掛けたものである。以前の水由来ヒ素摂取量は平均1.6mg/dと計算され、過去にはかなりの量のヒ素を摂取していたことが推測される。

次に現在の水由来推定ヒ素摂取量を図11に示す(n=65)。現在において、水由来ヒ素摂取量平均値は0.069mg/dと過去の推定値に比べて96%もの摂取量削減が見られた。また摂取量が0.1mg/dを超えている人数は12人であり、水源を変えたことによりヒ素摂取量が大きく減少していることが示された。しかしなが

ら、図10と図11を比較すると、現在の方が炊飯用水や調理用水からの摂取量の寄与が大きい。これは、前項で指摘したように飲料水の水源は改善したが、炊飯用水や調理用水には手近に存在する汚染された井戸水を使用している可能性があるためであろう。

最後に、現在0.05mg/Lを超える井戸水を使用している家庭の水源を0.05mg/Lまで改善し、全ての家庭の水由来ヒ素濃度を0.05mg/L以下とした場合の水由来ヒ素摂取量の推定値を図12に示す。現時点においても、飲料水については全調査家庭のうち1家庭を除いた17家庭で0.05mg/L以下の水源を飲料水として使用しているわけであるが、炊飯用水・調理用水については定かではない。この推定においては、炊飯用水・調理用水にも安全な水を給水することを考慮している。炊飯用水や調理用水にも使用できるほどの量の水を給水することにより、0.1mg/d以上の水由来ヒ素を摂取する人数は7人にまで減少する。また、水由来ヒ素摂取量の平均値も0.036mg/dとなり、現状の半分程度まで減少することが期待できる。

E. 結論

実験室において、バングラデシュ式の炊飯により炊飯用水中のヒ素濃度を変化させ、炊飯前後のコメ中ヒ素濃度変化について検討をおこなった。その結果、炊飯用水中のヒ素濃度と炊飯後のコメ中ヒ素濃度増加量の間には強い正の相関が見られ、2004年度の現地調査と同様の傾向が得られた。また、炊飯後のコメ中ヒ素濃度変化については、炊飯用水ヒ素濃度・精米ヒ素濃度・炊飯後の含水率増加分という3つの要素で説明できるであろうことが示された。

陰膳調査により、ヒ素汚染地域住民のヒ素摂取量を推定した。調査地域においては、慢性ヒ素中毒をもつ住民が多いことから、飲料水の水源を変更した家庭が多い。水由来のヒ素摂取として飲料水・炊飯用水・調理用水を想定し、それぞれの摂取量を推定した。その結果、飲料水からのヒ素摂取量については、水源を変更したことにより、大幅にヒ素摂取量が減少していると推定された。しかしながら、一部の家庭においては炊飯用水・調理用水に、飲料水とは異なるヒ素に汚染されている水を使用している可能性が示

唆された。現在の飲料水の水源は、過去の水源と比較して遠方にあるために、炊飯用水や調理用水などまでには安全な水を確保できていない可能性が考えられた。このことにより、現時点においては炊飯用水・調理用水からのヒ素摂取量の寄与が比較的大きく、これら炊飯用水・調理用水にもバングラデシュヒ素濃度基準値の 0.05mg/L 以下の水を給水することにより、住民の水由来ヒ素摂取量は現状よりも半分近く削減できることが期待される。全体的なヒ素摂取量削減の観点からは、炊飯用水や調理用水にも利用できる量の安全な水を給水するシステムの構築が望ましい。

F. 健康危機情報

特記事項なし

G. 研究発表

1. 論文発表

K. Ohno, A. Furukawa, K. Hayashi, T. Kamei and Y. Magara (2005) Arsenic contamination of groundwater in Nawabganj, Bangladesh, focusing on the relationship with other metals and ions, *Water Science & Technology*, **52 (8)**, 87-94

2. 学会発表

T. Yanase, K. Ohno, T. Kamei and Y. Magara (2005) Analysis of arsenic concentration in foods and the total daily intake of arsenic in Nawabganj, Bangladesh, *Proceedings of 1st IWA-ASPIRE Conference and Exhibition [CD-ROM]*, Singapore, Jun. 2005

中添真弥, 草野真一, 大野浩一, 亀井翼, 眞柄泰基(2005) 鉄系凝集剤 PSI によるヒ素及び E260 除去における 2 成分系吸着等温線の適用性に関する研究, 第 56 回全国水道研究発表会講演集, 米子市, 142-143, 2005.5

草野真一, 大野浩一, 亀井翼, 眞柄泰基(2005) 鉄系凝集剤 PSI による金属類の凝集除去効果と E260 による迅速な処理性評価, 第 56 回全国水道研究発表会講演集, 米子市, 142-143, 2005.5

松尾祐樹、梁瀬達也、大野浩一、眞柄泰基 (2005) バングラデシュ井戸水ヒ素汚染地域における炊飯前後のコメ中ヒ素濃度変化について, 第 12 回

ヒ素シンポジウム講演要旨集, 岩手県立大学, 80-81, 2005.11.5-6

松尾祐樹、梁瀬達也、大野浩一、松井佳彦、眞柄泰基(2006) Bangladesh 井戸水ヒ素汚染地域住民に対する陰膳調査による水と食物からのヒ素摂取量の推定、第 40 回日本水環境学会年会講演集、於：東北学院大学、p.258、2006.3.15-18

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)
特になし

表1 生米（精米）のヒ素濃度と変動係数及び含水率

Rice Variety	Observed Value(n=3) (mg/kg-dry)	CV (%)	Moisture content (%)
SCV	0.213±0.051	2.4	9.4
IRRI	0.359±0.017	4.8	7.6
FVR	0.033±0.004	10.5	8.1

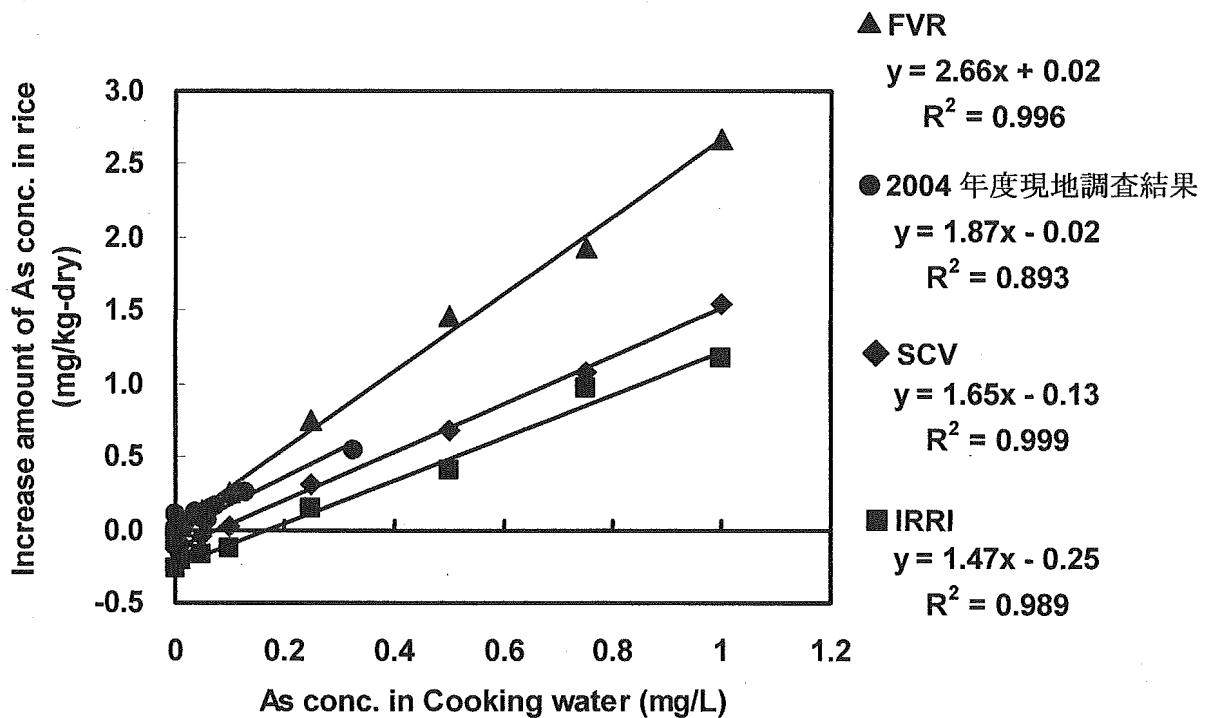


図1 炊飯用水中ヒ素濃度と炊飯前後のコメ中ヒ素濃度差との関係（実験結果）

表2 炊飯後の含水率と変動係数

Sample	Observed Value(n=8) (%)	CV (%)
SCV	51.2±1.6	3.1
IRRI	55.6±2.9	5.1
FVR	70.2±1.5	2.1

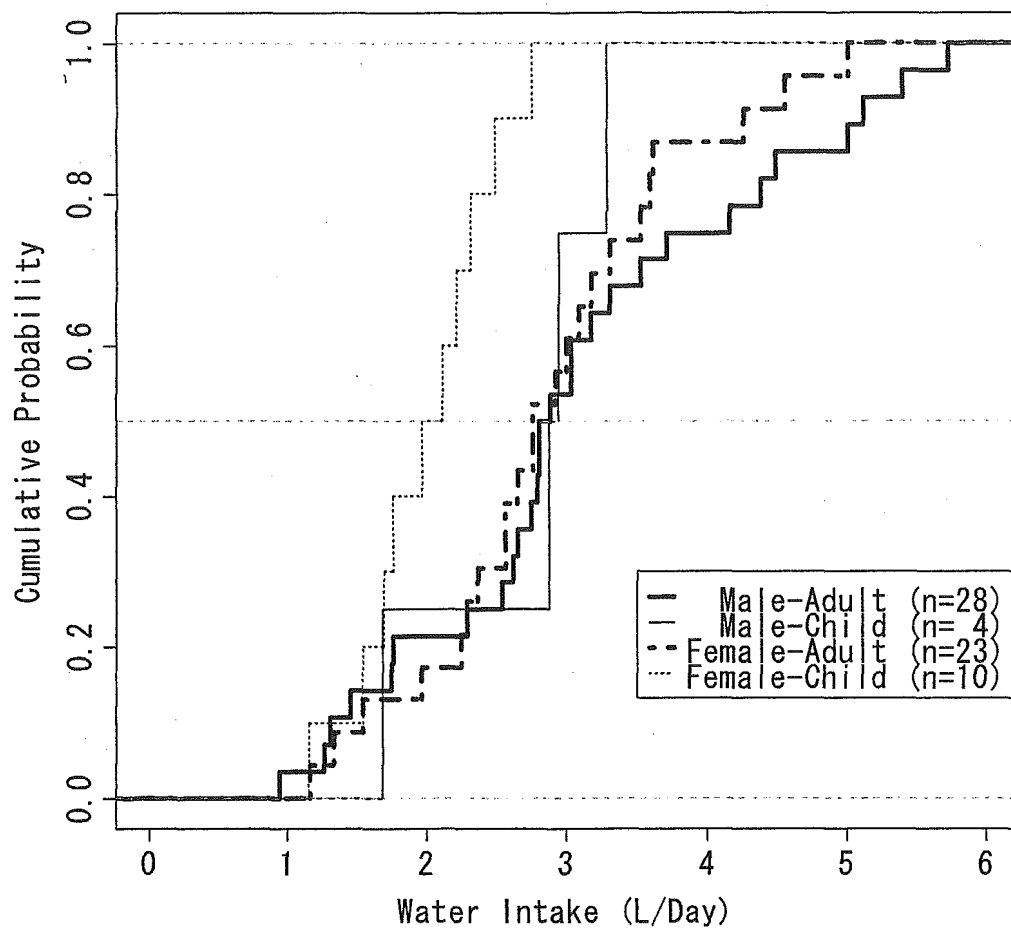


図2 飲水量調査結果（累積分布）

注：飲水量に関しては、16歳以上を大人とみなした。

表3 飲水量調査結果（大人・子供、男女別のメジアンと平均値）

	n	Median	mean
Male, adult	28	2.84	3.09
Male, child	4	2.91	2.69
Female, adult	23	2.75	2.88
Female, child	10	1.04	1.99

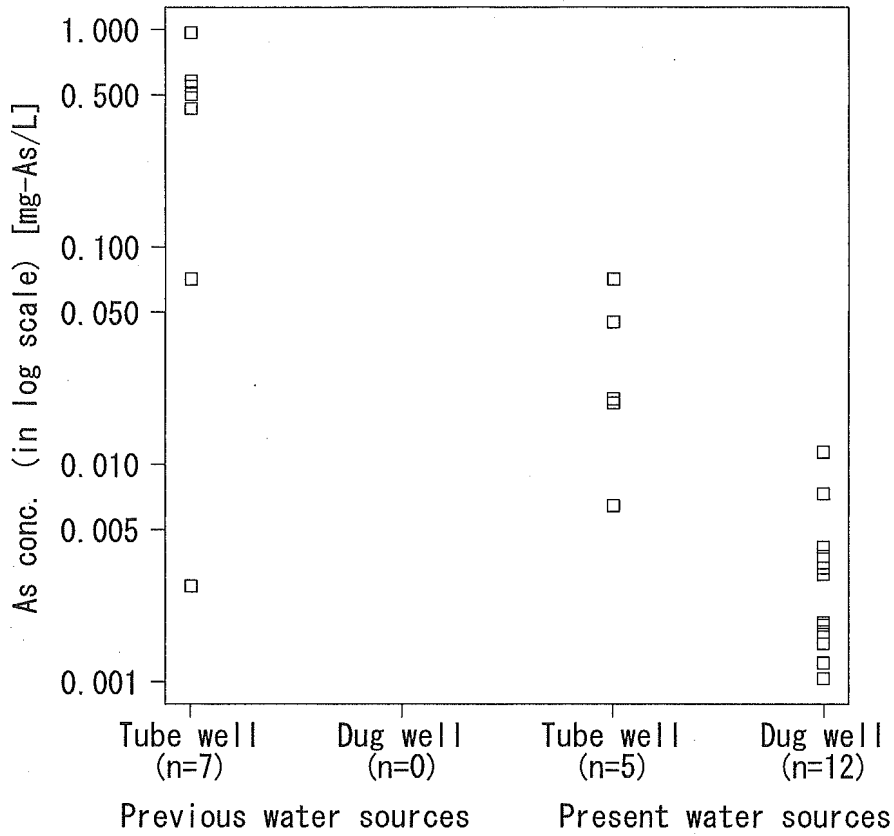


図3 過去の水源と現在の水源に含まれるヒ素濃度 (縦軸は対数軸)

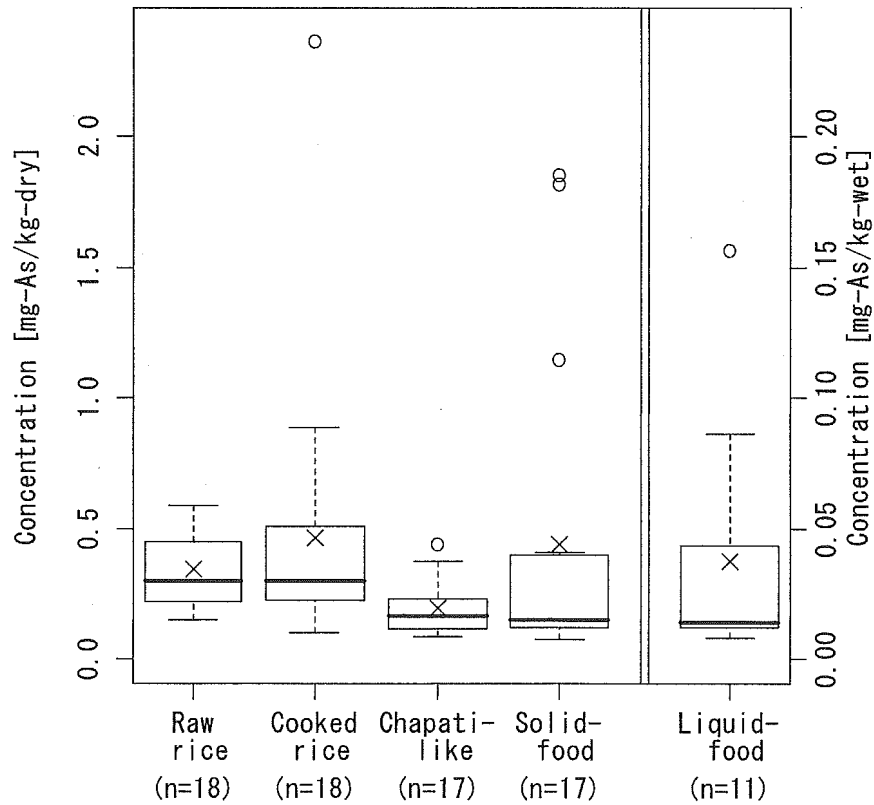


図4 陰膳調査で採取した食品群ごとのヒ素濃度分布 (箱ひげ図)

注: ×印は、平均値を示す

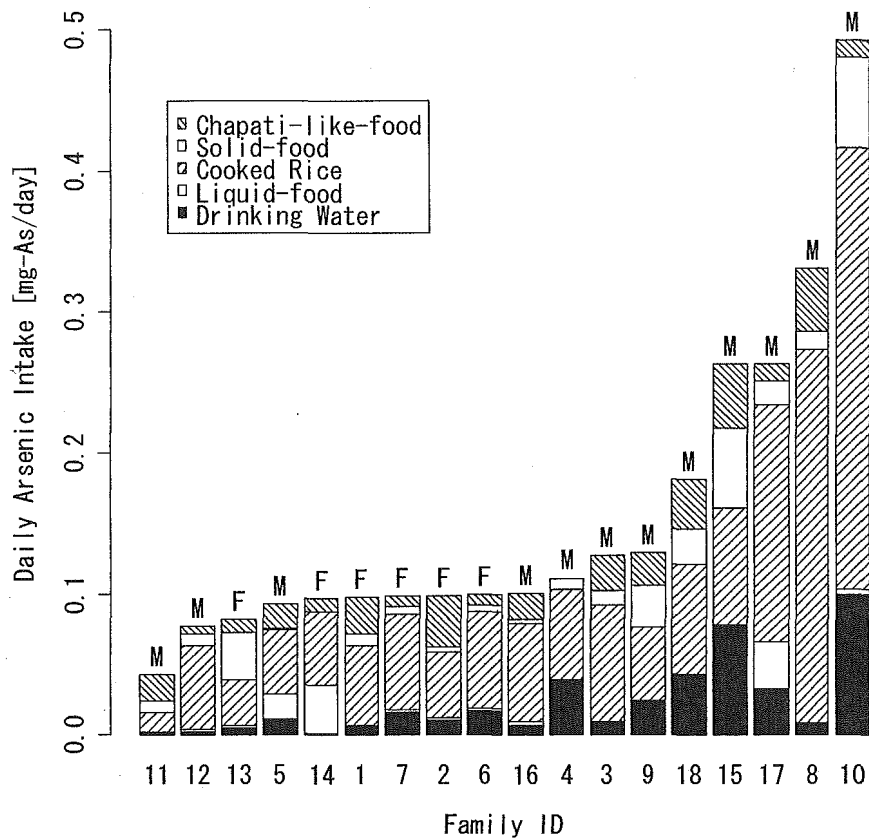


図5 18家庭代表者の1日ヒ素摂取量（昇順、食品群別）

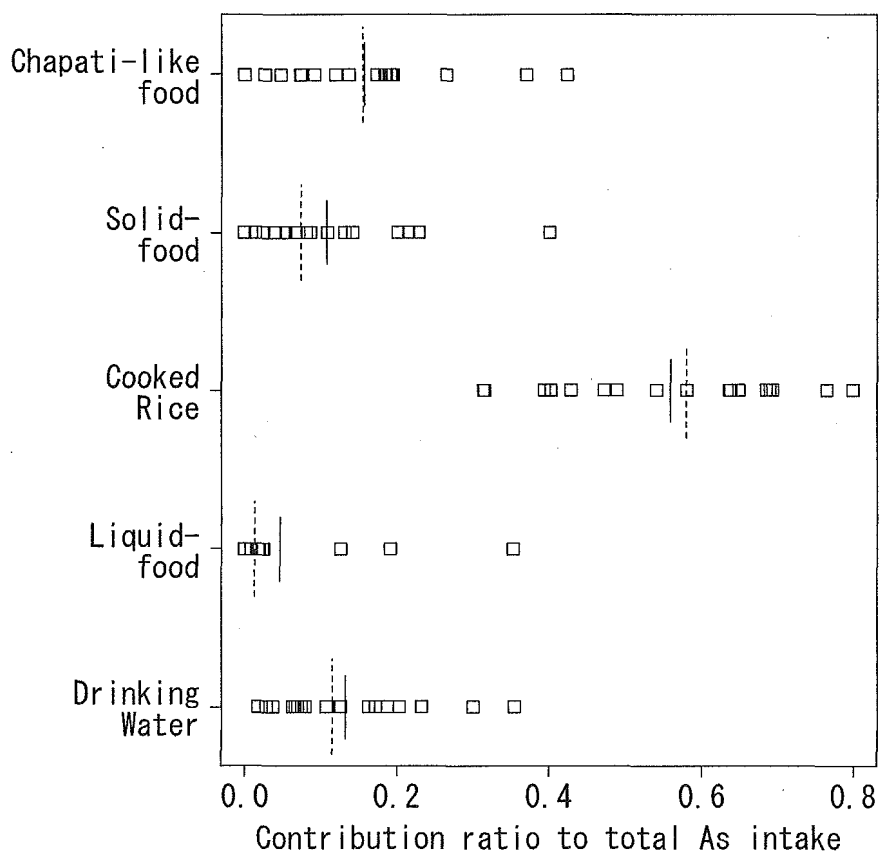


図6 1日総ヒ素摂取量に対する各食品群の寄与率（家庭毎のプロット）

注：直線は算術平均値、点線はメジアンを表す

Fig [(炊いた米)-(生米)]vs飲料水 (outlier1)

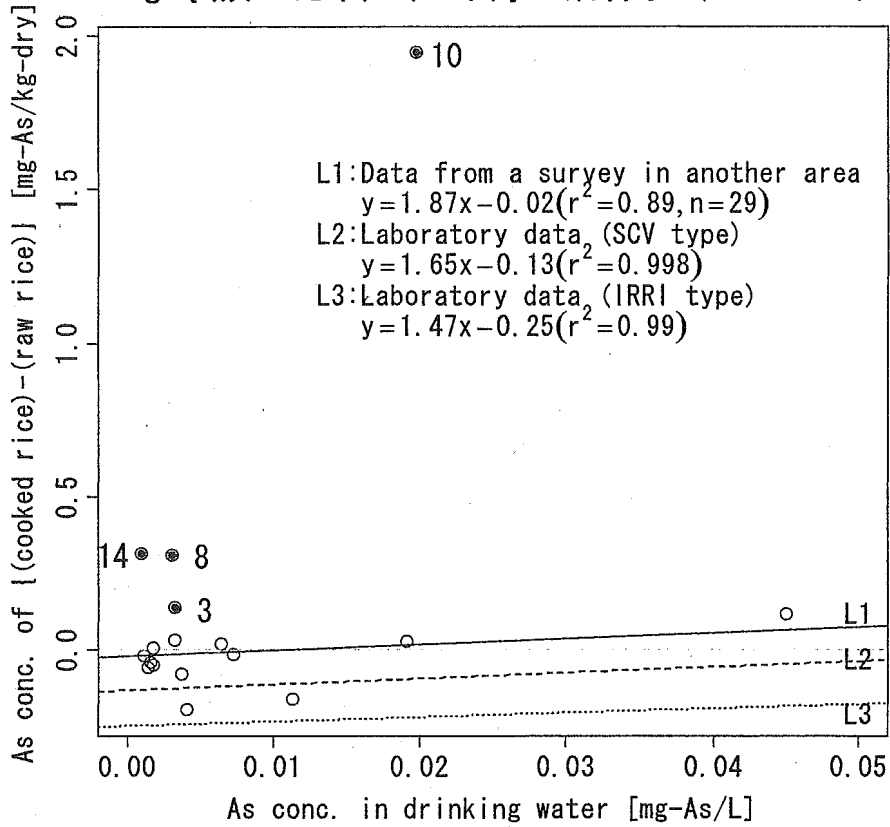


図7 飲料水中ヒ素濃度と炊飯前後のコメ中ヒ素濃度差との関係図

Fig. スープ濃度 vs 飲料水濃度 (outlier 2)

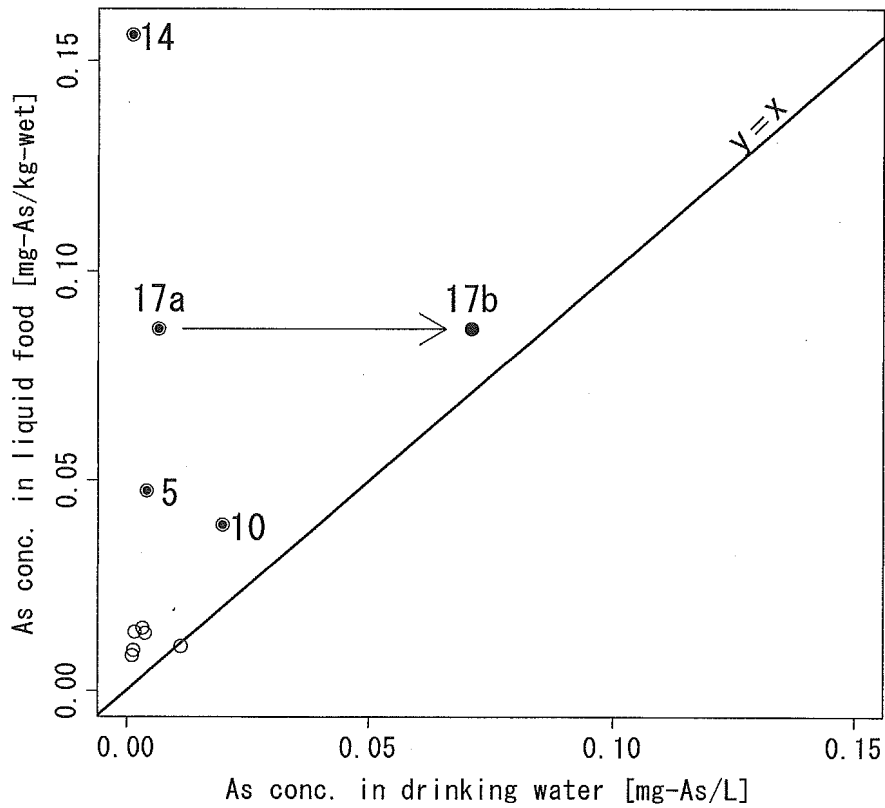


図8 飲料水中ヒ素濃度とスープ類中ヒ素濃度との関係図

注：#17aは構成員Aの飲料水、#17bは構成員B～Eの飲料水中ヒ素濃度をx軸の値とした

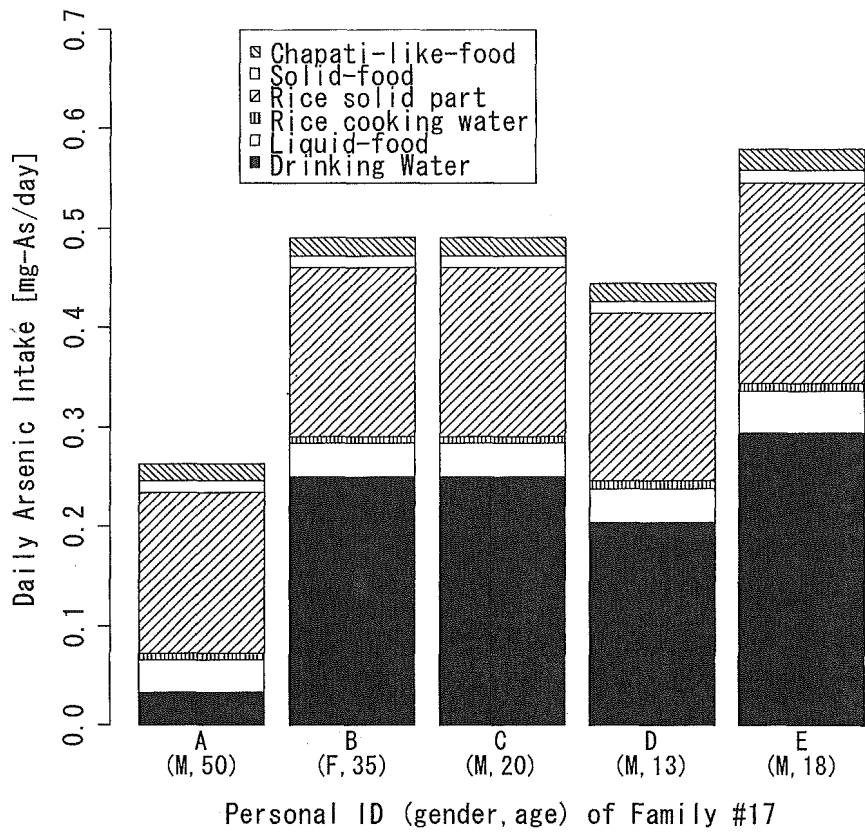


図9 家庭内で飲料水を使い分けている場合の各構成員のヒ素摂取量
(個人Aは慢性ヒ素中毒の症状あり、B~Eは症状なし)

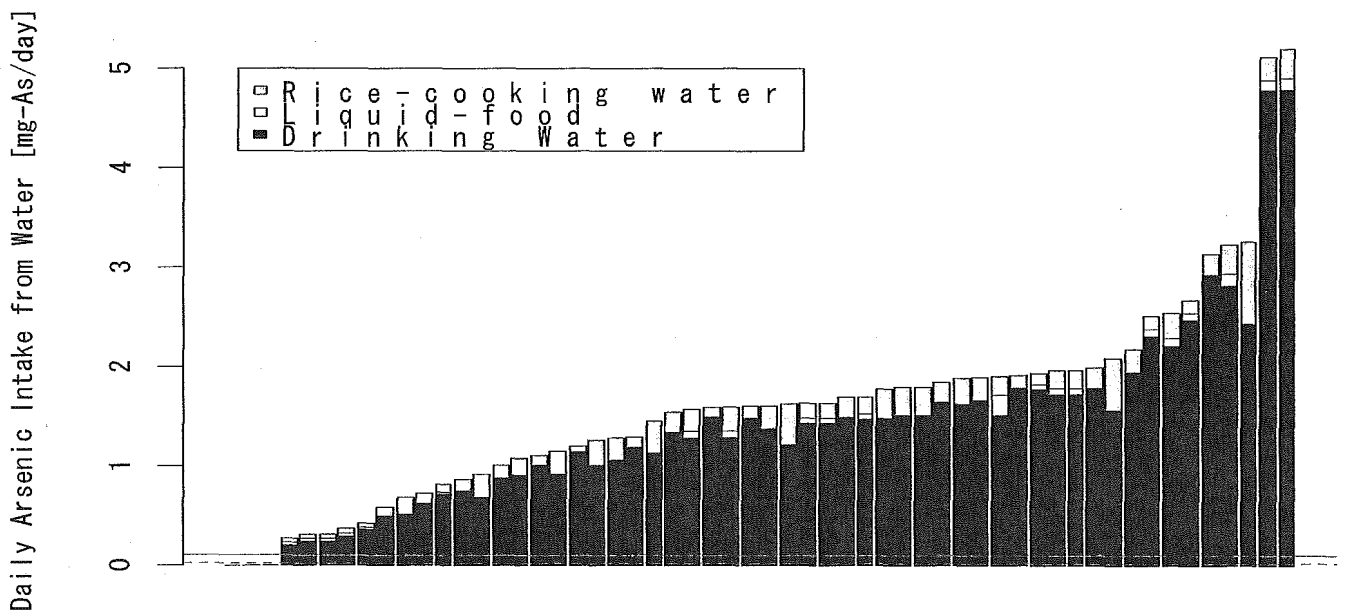


図10 過去の水源を使用していた際の水由来ヒ素摂取量 (推定値: n=56)

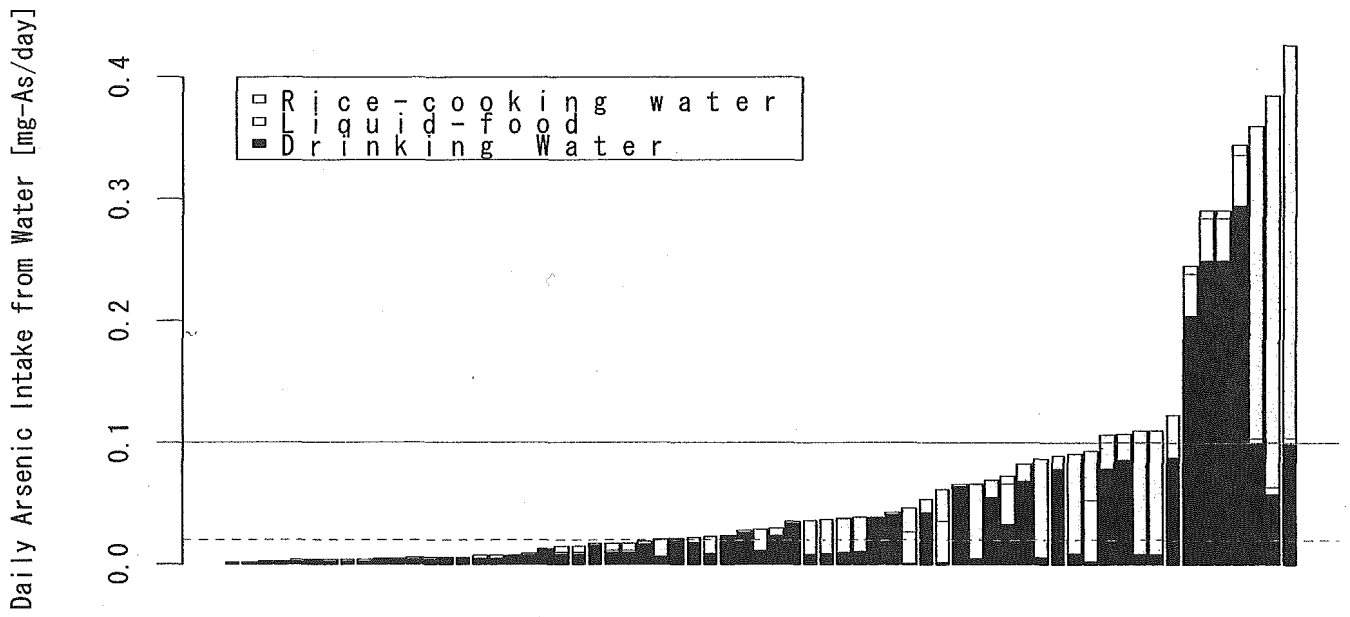


図 1 1 現在における水由来のヒ素摂取量 (推定値 : n=65)

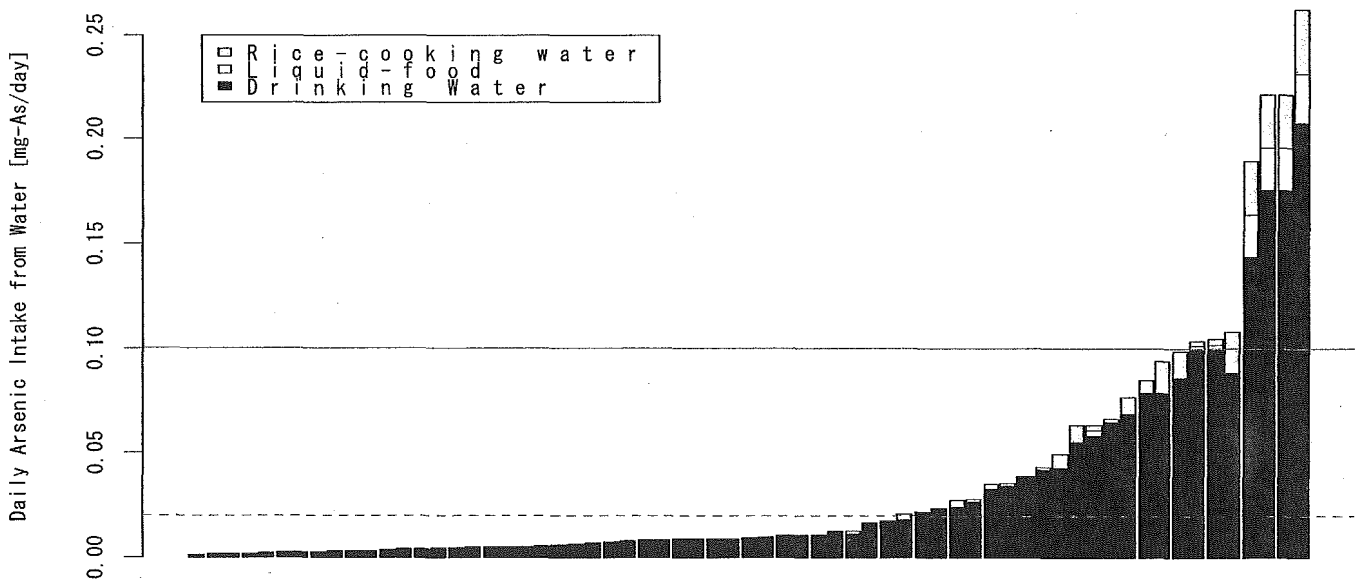


図 1 2 現在 0.05mg/L を超える井戸水を使用している家庭の水源を改善し
 全ての家庭の水源ヒ素濃度を 0.05mg/L 以下とした場合の水由来ヒ素摂取量
 (改善効果の推定値 : ヒ素濃度をバングラデシュ基準値に適合させた場合、n=65)

研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表雑誌	巻号	ページ	出版年
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
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
Pi. J., Yamauchi H, Sun G, Yoshida T, Aikawa H, Fujimoto W, Iso H, Cui R, Waalkes MP, Kumagai Y.	Vascular dysfunction in patients with chronic arsenosis can be reversed by reduction of arsenic exposure	Environ. Health Perspect	113	339-341	2005
山内博、福田美穂、網中 雅仁、吉田勝美	:小児の脳障害に対する酸化ストレスの バイオマーカー:ヒ素暴露を中心に	臨床環境 医学	14	2-8	2005
山内博	ヒ素	救急医学	29	605-607	2005
K. Ohno, A. Furukawa, K. Hayashi, T. Kamei and Y. Magara	Arsenic contamination of groundwater in Nawabganj, Bangladesh, focusing on the relationship with other metals and ions,	Water Science & Technology	52	87-94	2005