

Global Issue

# 地下水ヒ素汚染と国際協力 —バングラデシュでの経験—

かわ はら かず ゆき  
川原 一之

特定非営利活動法人 アジア砒素ネットワーク 理事

## ヒ素汚染に関する国際会議

1995年2月、インド・西ベンガル州のコルカタのジャダヴプール大学で、ディパンカル・チャクラボーティ博士が企画し、ヒ素汚染に関する国際会議を開いた。西ベンガル州では、チューブウェル（管井戸）で汲みあげる地下水を飲んでいる人の中に、多数のヒ素中毒患者がいることがわかり、大きな社会問題になろうとしていた（写真1）。



写真1 ガンジス川流域で、地下水の汲みあげに使うチューブウェル（管井戸）

大教室を使った会議は、「世界のヒ素汚染事例」「疫学と病理学」「健康被害と治療」「地質学と水文地質学と地球化学」「ヒ素の除去」「ヒ素の分析」「水管理、土壌・食物の汚染、栄養」の7部で構成され、地下水のヒ素汚染解決にさまざまな分野の研究者の国際的な協力が必要なことを示していた。

参加者150人のうち、日本から参加したのは宮崎市に本部を置くアジア砒素ネットワークの3人だった。宮崎県高千穂町の旧

土呂久鉾山周辺で、亜ヒ酸製造による慢性ヒ素中毒患者多数が確認されて、損害賠償請求訴訟を起こした。アジア砒素ネットワークは、その裁判を支援した者が中心になって結成したNGOである。目標は「土呂久で得た経験・知見をアジアのヒ素汚染対策に生かす」ことだ。

国際会議は、大学での3日間の討議のほか、3日間のヒ素汚染地訪問を組んでいた。汚染地に着くと、集まってきた村人が手のひら、足の裏を見せる。そこには、干しブドウのような



写真2 ヒ素中毒の典型的な症状である足の裏の角化症

突起がいっぱい飛び出していた（写真2）。シャツの胸元を開けば、肌に黒い点々と白く抜けた点々がしみついている。ヒ素中毒のしるしの角化症、色素沈着、色素脱失である。患者たちは、家族や隣人が肝硬変、肺がん、肝臓がんなどにかかって死んでいったと訴える。土呂久鉱山が大量の亜ヒ酸を製造した最盛期に、労働者や鉱山周辺住民にみられた症状と同じである。

そんな症状が、ガンジス川のデルタ地帯の地下水を飲んだ人たちに現れていた。チャクラボーティ博士の推計では、その数20万人にのぼるといふ。

## 4つの地下の不思議

コルカタの国際ヒ素会議は、地下水に関するいくつもの疑問を提起した。ヒ素は、地球の内側のマグマから火山や温泉や鉱山によって地表に運ばれてくる。ガンジス下流域には火山も温泉も鉱山もないのに、どうしてデルタにヒ素が現れたのか？>というのが第一の疑問。

日本では、山からしみ込んで麓で湧きだす地下水が名水として喜ばれていて、地下水は澄んでいて安全でおいしいという定評がある。それなのに、どうしてデルタの地下水は有害物質を含んでいるのか。＜地下水にヒ素が溶けだすメカニズム＞が第二の疑問。

チャクラボーティ博士は会議で、西ベンガル州では乾季（10月半ば～5月半ば）に、大量の地下水を汲みあげて稲作灌漑に使っていることを指摘し、その水に含まれているヒ素が地上で引き起こす土壤汚染、農作物汚染に警告を発した。第三の疑問は＜灌漑井戸はどんな影響を与えているのか＞。

同じヒ素汚染の村に、患者を発症させている井戸とそうでない井戸があり、ヒ素の濃度にはばらつきがある。＜近くの井戸でヒ素濃度が大きくちがうのはなぜか＞というのが第四の疑問だった。

## バングラデシュでの国際協力

コルカタの国際ヒ素会議に、隣国バングラデシュの政府機関から、医師や水供給技師らが参加していた。

ヒ素汚染地をめぐる時、たまたま同じタクシーに乗り合わせて、「ここから20km向こうはバングラデシュだ。インドとの国境近くの村で、5本の井戸から飲料水の基準を超えるヒ素が検出された」と聞かされた。地下の水は、地上の国境に左右されることなく、両国にまたがって広がっていたのである。対策が始まっているインドとちがって、バングラデシュはこれから調査を始めるところだった。アジア砒素ネットワークは応用地質研究会と共同で、バングラデシュの政府機関やNGOと協力しながら、地下水ヒ素汚染の調査と対策にのりだすことにした。応用地質研究会は、国際協力のコンサルタント、大学教官、公務員らが集まった地質・地下水の専門家グループである。

バングラデシュの飲料水源が、池や川の地表水からチューブウェルによる地下水に転換したのは1980年代のことだった。それを推進した世界保健機関、ユニセフ、世界銀行などの国際機関とバングラデシュ政府は、「地表水は下痢や赤痢やコレラの原因になるが、地下水は安全だ」と考えていた。ところが、安全なはずの地下水からヒ素が検出され、多数のヒ素中毒患者が見つかったことであわてた。

調査を始めようとして、最初にぶつかったのが、水質分析の機器がほとんどないバングラデシュで、全国に1,000万本掘られた井戸のヒ素濃度をどうやって調べるか、という問題だった。緊急に対策が必要なのに、井戸の調査だけで、途方もない時間がかかってしまいかねない。

頭をかかえていたときに登場したのが、アジア砒素ネットワークの調査方法だっ



写真3 現場で簡単にヒ素濃度を測定できる「フィールドキット」

た。宮崎大学工学部の横田漠教授の率いる12人の学生が、化学者の廣中博見氏が開発したフィールドキット（簡易ヒ素測定器）を使って、患者が多発していたジョソール県シャムタ村の全井戸282本のヒ素濃度を5日間で測定し、ヒ素汚染地図を描いてみせたのだ。

バングラデシュ政府と世界銀行のプロジェクトは、NGOのスタッフにフィールドキットの使い方を指導し、ユニセフ、デンマーク国際開発庁、JICA（国際協力機構）なども同様の方法を使って協力して、全国のヒ素汚染地で調査と対策を展開した。1998年に開始されて2006年に終了したプロジェクトの結果は、国立ヒ素対策情報センターに集約された。

それによると、全国5万4,000のヒ素汚染村にある494万本の井戸水をフィールドキットで分析し（写真3）、飲料水基準（50ppb）を超えていた井戸144万本（29%）を赤、基準以下の井戸（71%）を緑のペンキで塗り分けた。基準を超えるヒ素汚染水を飲んでいたのは約3,000万人と推計され、そのうち3万8,000人が皮膚症状からヒ素中毒患者だと確認された。高濃度汚染村に、コミュニティをベースとする2万余りの小規模水源を設置した。

そのような数字を残しても、プロジェク

トの内容は満足のいくものではなかった。

## 立ちはだかる地上の困難

もっとも重要な対策は、汚染井戸に替わる安全な水供給の施設をつくることだった。プロジェクトは、大規模な水道敷設ではなく、数十世帯が利用する小規模水源を数多く設置した。

＜代替水源の技術＞として、深さ5～10mの円型の井戸（ダグウェル）、深さ200m前後の深井戸、池の水を砂利（またはレンガ片）と砂でろ過するポンド・サンド・フィルター、汚染された井戸水からヒ素を取り除くヒ素除去装置などが開発された。コミュニティの集会で、それぞれの土地の条件に合った水源を選択し、利用者が建設費の10～20%を負担して建設した。当初、安全な水源が設置されれば、ヒ素問題は解決すると思ったのが、とんでもない間違いだと教えられた。

飲用を始めて間もなく、あちこちで放置された水源が目につきたのである。味がよくない、虫が入っている、設置場所が悪いなどの理由で、利用者は遠ざかっていった。故障すると、修理費を集めて直そうとはせず、再びヒ素に汚染された井戸水を飲んでいたのである。バングラデシュでは、ヒ素はもともと生活環境に存在せず、チューブウェルで汲みあげられて、初めて地上に現れた毒物である。ヒ素を知らない人びとに、ヒ素がどんな毒物か、どんな健康被害をもたらすかを教え、ヒ素に汚染された井戸水を飲まないように伝える＜啓発の技術＞が必須だった。

JICAの委託でアジア砒素ネットワークが実施したプロジェクトは、人気女優が主演するヒ素関連の映画を短く編集し、ビデオCDを作って無料で貸したり、娯楽を取り入れた集会を企画し、集まった数千人を前に啓発活動をしたりした。長い目で見れ



写真4 JICAプロジェクトで建設した  
地域水道

ば、ヒ素の問題は浸透していったのであろうが、短期的な効果は薄かった。啓発だけでは、ヒ素対策に主体的に取り組む住民を育てることは難しいと知らされて、＜地方行政の巻き込み＞に力を入れた。内閣府が出した通達に従って、県、郡、ユニオン、ワードの各行政レベルにヒ素対策委員会を設置し、委員会の討議を経て、代替水源を設置するシステムをつくったが、中央官僚が頭で考えたシステムは、あまりにも複雑すぎて、プロジェクトが終わったあとは持続することがなかった。

どうすれば、利用者は自発的に代替水源の＜継続した維持管理＞をするようになるのだろうか。ヒントは、JICAのプロジェクトで建設した地域水道の水をペットボトルにつめて、隣村にでかける婦人の言葉にあった。

「親類がこの水はおいしいと喜ぶので、お土産に持っていくところです」と言われたとき、住民が求めているのは「ヒ素がは

いっていない水」ではなくて、「おいしくて安全な水」なのだと気付いた（写真4）。

ヒ素を含まないだけでなく、「おいしい」「胸焼けがなくなった」と喜ばれる代替水源を設置すると、利用者はすすんで、その水源の維持管理を行うのだ。さらに、住民を技術面でサポートする「水監視員」を地方行政に配置したことで、ヒ素対策の困難を克服する道を開くことができた。

## 地下の不思議を解く

こうしたプロジェクトを進めるうちに、地下の不思議に対する答えがみえてきた。

2002年5月、ユニセフがダッカでアジアのヒ素汚染に関する会議を開いた。インド、バングラデシュのほかにも、ネパール、中国、ベトナム、ミャンマー、パキスタンなどでも井戸水のヒ素汚染があることが報告された。地下水によるヒ素汚染は、ヒマラヤを源流にする大河の流域で起きていることがわかってきた（図1）。世界銀行は、アジアで6,000万人がヒ素に汚染された地下水を飲んでしていると推計した。

ヒマラヤ山脈は4,500万年前に漂流していたインド亜大陸とユーラシア大陸が衝突し、2つの大陸の間にあったテチス海が隆起してできたといわれている。ヒマラヤ山脈には、海底にたまっていたヒ素を含む岩石があり、風化して大河で運ばれ、下流域のデルタに堆積したのである。＜どうしてデルタにヒ素が現われたのか？＞という疑問が解けてきた。

ヒ素はデルタの地下で、鉄の酸化・水酸化物に吸着されて眠っていた。地下が還元状況になると、ヒ素は鉄から解き放たれて地下水に溶け出す。地下が還元状況になるのは地球史の自然な現象とする説と、地上から浸透してきた汚水やし尿や肥料がバクテリアの活動を活発にし、酸素が減少した結果だとする説がある。＜地下水にヒ素が

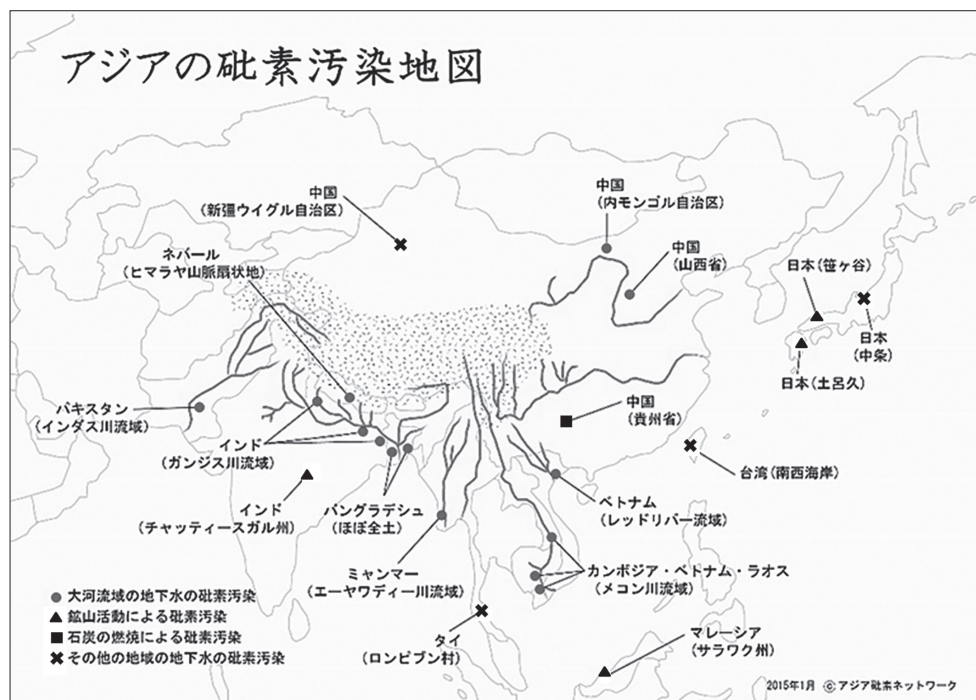


図1 アジアのヒ素汚染地図（『いのちの水をバングラデシュに』、p.161をもとに作成）

溶けだすメカニズムは、いくつもあるので、限定的に考えない方がよさそうだ。

バングラデシュでは、地下水の揚水量は飲料用5%に対し灌漑用95%といわれている。灌漑によってくみ出されるヒ素の方が圧倒的に多く、このヒ素は土壌、農作物を汚染するのだが、調査しても土壌に蓄積されることはない。ひんぱんに起こる洪水で洗われて、運び去られるからだといわれている。農作物からのヒ素摂取で中毒にかかることはないが、高濃度ヒ素汚染地では、患者の健康の回復を遅らせている、とみられている。灌漑によって大量に地上に現れたヒ素が、将来どんな現象を引き起こすか、誰にもわかっていない。＜灌漑井戸はどんな影響を与えているのか＞は、今後に残された課題である。

アジア砒素ネットワークは2012年、＜近くの井戸でヒ素濃度が大きくちがうのはなぜか＞調べるために、ヒ素汚染村の深井戸4カ所と浅井戸4カ所にスタッフをはりつ

けて、1日5回採水してヒ素濃度を測った。結果は、どの井戸のヒ素濃度もたえず変動していて、その変動にどんな法則性もみられなかった。この疑問への解は、井戸はそれぞれ独自の取水域を持っていて、帯水層を横に動いているヒ素だけでなく、井戸の管を伝わって縦に落ちてくるヒ素の影響も受けているということだった。

バングラデシュで経験したことは、地下水には解けない謎がとて多く、地下水がひとたび汚染されると、地上に現れた有害物質によってとことん苦しめられるということだった。このことを肝に銘じて、地下水の開発に取り組まなければならない。

#### 参考文献

- 川原一之：いのちの水をバングラデシュに ―砒素がくれた贈りもの―、佐伯印刷出版事業部、2015年