

飲料水のヒ素汚染の現地調査



廣 中 博 見

はじめに

慢性ヒ素中毒の症状は、急性、亜急性のヒ素中毒とは大きく異なり、皮膚の黒化や手足の皮膚の角質化が徐々に進行し、老化による現象と区別が難しく、数十年かけてがん化に進行する。主として飲料水に含まれる 0.1~1.0 ppm のヒ素が原因となって世界各地で発症しているが、地域では風土病と考えられていて、環境汚染との関連が理解されていない場合もある。筆者は、1987~1990 年に JICA でタイの環境省のラボに有害物質専門家として派遣されたが、赴任 1 か月目に南部のナコンシターマラート市から西へ 1 時間ほど内陸に入ったロンビブン村で、慢性ヒ素中毒の事例に遭遇した。患者が見つかった経緯は、漢方処方によるヒ素中毒と似た症状の患者の毛髪と爪、それに井戸水に含まれるヒ素の分析を依頼されたことによる。結果、高濃度のヒ素が検出され、村周辺の井戸水の調査が必要になった。当時は適当な分析法もなく、筆者は臭化水銀紙を使用するグットツァイト法を改良して、ヒ素の簡易分析フィールドキットを作った。簡易分析キットは、以来 18 年にわたり改良を続け、バングラデシュ、ネパールでは現地生産を依頼するまでになった。また、このキットを使って各地のヒ素汚染を調査し、まだ一般的に認識されていない汚染の事例を発掘することが筆者のライフワークになった。ここでは主として、JICA により行った南アジア地区バングラデシュでのフィールドワークについて紹介したい。

King of Poisons『毒の王様』とその薬効、または必須元素

人類とヒ素のかかわりは 5000 年ほど前の青銅器時代に始まる。青銅器を堅くて丈夫な槍、鉾や鏃として使用するには、黄銅鉱 (CuFeS₂) や錫石 (SnO₂) に副産する硫砒鉄鉱 (FeAsS) などが必要であった。中世、近世において、西洋ではヒ素は「Poison of Kings and the King of Poisons」と言われ、毒殺用として有名であり、銀のスプーンがヒ素の有無を見分ける道具として使われた。1961 年 10 月の *Nature* 誌で、ナポレオンの遺髪から平常人の 13 倍量にも達するヒ素が検出されたことが発表され、ナポレオンの死因はヒ素中毒によるものではないかとの論議を呼んだこともある。日本でも『猫いらず』と言われ、岩見銀山で産出する亜ヒ酸 (As₂O₃) が毒殺用として使用された。江戸時代には、世継ぎを途絶えさせるなど、将軍家継承の謀略に大奥で墮胎に用いられたとのことである。和歌山でのヒ素入りカレー事件でもわかるように、亜ヒ酸は無味無臭、さらに溶液は無色のため混入に気づくことは少ない。

薬用では亜ヒ酸、亜ヒ酸カルウム液、亜ヒ酸丸が日本薬局方

(6 局, 1951 年 3 月—1961 年 4 月まで) に記載されており、マラリア、梅毒、アメーバー赤痢などに常用量 1 日 1~5 mg (亜ヒ酸として) 内服するとの記載があった。現在 [14 局 II] では亜ヒ酸パスタとして歯髄を破壊する歯科用のみが残っており、血友病や麻酔が使えない場合に重宝されている。

ヒ素の効用は民間療法にもみられる。北海道札幌市の定山溪温泉では、アトピー性皮膚炎に良く効くと、源泉掛け流しのお湯を赤ちゃんの皮膚を拭くのにペットボトルに持ち帰る人がいる。全国で皮膚病に効く温泉はヒ素を含有することが多いが、薬効のある三箇のヒ素は、循環式の温泉では次亜塩素酸消毒のため五箇のヒ素に変化するので、掛け流しの温泉であることが効能のためには必要である。

ヒ素は、ある種の動物のためには必要な栄養分であって、ヒトに対しても必須元素に加える人もいる。ヨーロッパの名水として日本で売られているミネラルウォーターのいくつかには、おおよそ 2~4 ppb のヒ素が含まれているが、むしろ健康増進に役立っているかもしれないと筆者は思っている。

『ヒ素は友達』—南アジアのヒ素汚染

バングラデシュ・ジェソルー郡のヒ素汚染地の村々でヒ素フィールドキットを持って調査に回っていたとき、なぜ日本人がこんな田舎に来るのか、学術研究と言いながら金儲けが目的なのかと勘ぐられることが多かった。そんなときの筆者の答えは、アルセニック メラ サーティ、アマル ボンドゥ『ヒ素は私のお友達』、『仕事やボランティア、学術研究が目的じゃない。ホビーだから、自分のお金で遊びに来ているのだ。』と英語、ヒンディまじりのベンガル語で言う。この答えが一番説得力があるらしく、住民は納得顔になり、より親しく接してくれるようになる。

この地区では、伝統的に、飲料用ため池やダグウェル (井側井戸) が古くから使われてきた。これを、より衛生的なチューブウェル (管井戸) に転換することが UNICEF、赤十字、WHO の援助で実現した。そのおかげで、消化器感染症による乳児死亡率は大幅に減少した。古くからの仏教、ヒンドゥーの教えでは地の底は地獄とされていたので、ベンガルの人々は当初、チューブウェルの水を地獄からあがってきた水として恐れたが、今では、水汲みの労働の軽減と衛生的なことから各家に専用の管井戸を掘ることが当たり前になってきた。しかし不幸なことに、この管井戸への転換が原因で、住民のヒ素中毒が起こったのである。地理的には、バングラデシュとインドの西ベンガル州に広がるガンジスデルタの広範囲が該当し、その汚染の規模は世界最大と言われている。

我が国の NGO 団体であるアジアヒ素ネットワークは、JICA と協力してこのヒ素汚染の対策にあたっている。まずは安全な水を供給することを目的に、緩速汚過の技術を応用したポンド・サンド・フィルター (3 槽に分かれた砂利の間を水平に、ゆっくりと水を流してヒ素と細菌を除去する) の建設を進めている。ほかには、ダグウェルの水の浄化フィルター、ヒ素を含まない深井戸掘削や簡易ヒ素除去装置の設置、雨水利用の普及などがある。

啓発活動も重要である。住民が利用者組合を組織して代替水源を自主管理運営することを目指し、住民になじみある紙芝居や伝統的な寸劇 (ゴンビラ) で慢性中毒の怖さに対処法を教えている。また、ビタミンやタンパク質を十分に摂取したケースでは、代謝との関係でヒ素中毒患者が少ないという調査報告があり、これをもとに栄養改善プログラムを進めている。一緒に料理を作って食べることは、住民との良好な関係づくりにも有効と聞いている。

ところで、以前に、ヒ素中毒患者の毛髪と、患者が飲んでいた井戸水に含まれるヒ素濃度との関連を調べたことがある。場所は同じアジアであるが、内蒙古自治区臨河市付近であり、だ

表1 AAN (アジアヒ素ネットワーク) が調査した世界のヒ素汚染事例

事 例	汚染源	汚染濃度 (mg/L)	曝露年数 (発症年)	曝露人口 (患者数または割合)	汚染地域	地理学的状況	対策、備考など
コルドバ (アルゼンチン)	地表水、 井戸水	0.75 (0.04~3.0 の範囲)	83 年間 (1913)	不 明	内陸、アンデス火山帯 湿潤~湿潤パンパチキタ 湖から南東幅 150 km × 500 km	降水 750~900 mm/年 農業・牧畜 強風地帯風車 井戸(深井戸、家庭牧畜用)	・水浄化 ・アルゼンチンの約半 数の県が汚染されベ ル・ビル病が発症
嘉義, 台南(台湾)	井戸水	~1.82	60 年間 (1957)	103,154 (19%)	台湾南西海岸	古代の海~干拓平野 農業、製塩、養魚 深井戸 (~280 m) : 家庭用	・上水道 ・烏脚病の多発
アントファガスタ (チリ)	水道水	0.8~1.3 (参考値)	13 年間 (1962)	130,000 (16%)	北部チリ	内陸砂漠 アンデス火山帯 鉱業、精錬業	・水浄化 ・都市部での集団発生
トレオン (メキシコ)	井戸水	~9.0 (1966 年まで) 0.24~1.0 (1983 年以降)	34 年間 (1962)	200,000 (21%)	北メキシコ中央部トレ オン市周辺約 50 万 km ²	降水量 241 mm, 蒸発量 2610 mm/年 綿花, 牧畜, 工業 深井戸	・簡易水道(井戸水源) ・精錬工場による環境 汚染 (1902~62)
ベケシュ (ハンガリー)	井戸水	~1.0	1971~ (1971)	25,648 (多数)	ベケシュ県	同 上	・水浄化 ・金精錬
奎屯 (クイトン, 中国)	井戸水	~0.85	26 年間 (1980)	10,000 (2,000)	ジュンガル盆地の奎屯区 車排子	乾燥内陸流域 (半砂漠) 農業・牧畜 深井戸 (~100 m) : 家庭用	・上水道 ・入植地
ガンジスデルタ (インド)	井戸水	~3.7	30 年間 (1982)	5,000,000 (200,000)	西ベンガル 6 郡の 405 か所の村	農業地帯 地下揚水し乾期も稲作 管井戸 (~100 m)	・簡易ヒ素浄化 ・対策継続中
ロンピブ村 (タイ)	井戸水	~2.0	1950 頃~ (1987)	14,000 (1,500)	錫鉱山・精錬工場下流域	錫採掘池 周辺の井戸	・簡易水道 ・対策済
内蒙古 (中国)	井戸水	~1.86	13~ 数十年間 (1988)	300,000 (1,600)	赤峰・呼和浩特・臨河・ アラ善盟左旗	乾燥内陸流域 (半砂漠) 農業・牧畜 浅~深井戸 (80~280 m)	・改水・簡易ヒ素浄化 ・対策継続中
宜蘭 (イーラン, 台湾)	井戸水	~3.59	50 年間 (1990?)	150,000 (~1%)	台湾北東部蘭陽盆地	複合デルタ, 農業 (稲作)	・上水道 ・症状は軽い角化
バックス, キシュ クン(ハンガリー)	井戸水	0.05~1.0	1991~ (1991)	?	ドナウ川~チサ川間流域	乾燥砂質平原 農業・牧畜, 浅~深井戸 古代の海	・井戸廃棄 ・ハンガリー平原各地 に散在
ガンジスデルタ (バングラデシュ)	井戸水	~2.3	不明 (1993)	35,000,000 (>700,000)	ジェソール郡ガンジスデ ルタの広範囲	農業地帯 地下揚水し乾期も稲作 管井戸 (~100 m)	・簡易ヒ素浄化, 対策 継続中
貴州省 (中国)	石炭煤, 乾野菜	~10	不明 (1993-5)	21,000 (2,000)	貴州省興仁県交楽村	石炭煤中のヒ素が室内乾燥 により野菜・穀物に移行	・竈の煙突設置石炭の ヒ素調査, 対策中
ミンダナオ島 (フィリピン)	河川水	~0.2	不明 (1993)	100? (不明)	アボ山腹地熱発電所下流	排水中ヒ素 10 ppm 河川表層水汚染	・簡易水道対策終了 ・排水の地下再注入
ベトナム	井戸水	0.05 以上	不明 (2000)	10,000,000 (発症は未確認)	メコン川流域紅河流域	1000 km ² 流域の井戸	・UNICEF 汚染調査, Ha Nam 県には患 者の可能性
ネパール	井戸水	~0.5	10 年 (2001)	550,000 (97 程度)	タライ平原部の農業地帯	ヒマラヤ山脈出口 扇状地の井戸	・深井戸・簡易水道, 調査継続中
ミャンマー	井戸水	0.05 以上	1990~ (2001)	750,000 (発症は未確認)	イラワジ, バゴー管区 3000 km ²	イラワジ, シッター 川流域の井戸	・調査継続中
カンボジア	井戸水	0.05 以上	1990~ (2004)	320,000 (発症は未確認)	メコン下流域 1000 km ²	バッサク, トンレサップ メコン流域の井戸	・調査継続中

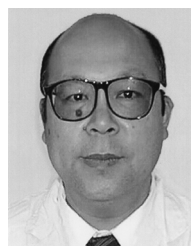
いづれ環境は異なっている。調査の結果では、飲料水中の濃度が 0.3 ppm を超えると毛髪中濃度が急激に上昇するというものであった。ヒトのヒ素代謝排出能力限界を超えたことが考察される。バングラデシュでは、調査に入った時点ですでに飲用を中止していたので、相関を示すデータは集まらなかったが、1 日あたりの水の消費量は、寒い内蒙古の 2~3 倍はあると推定され、しかも栄養状況も良くないので、ヒ素濃度が 0.1 ppm ~0.15 ppm で患者が発生しており、毛髪中濃度も上昇すると推定される。

表 1 に、世界のヒ素汚染事例をまとめた。この中で、ハンガリーのヒ素対策が印象深い。各村落では、水源井戸にて、塩化第二鉄と次亜塩素酸を用いた簡易な除去処理を行う。村落間は大規模パイプラインで結ばれていて、相互に連絡した配水網を形成することで水質の平均化が図られている。これにより、蛇口でのヒ素濃度を 20 ppb 程度まで低減できたとのことである。ヒ素濃度管理のための水質分析には、ドイツ製の原子吸光分析装置が活躍していた。

最後に、本稿をまとめるにあたって、筆者がこれまで現地調査に参加したことのある汚染地をつなげてみると、アルプス→カルパチア→ヒンズークシ→ヒマラヤ→スンダ列島と世界の屋

根に沿っていることに気づいた。表 1 に示したヒ素汚染には、このような地理学的・地形学的な側面があるのかもしれない。そうすると、未調査の空白地は、黒海からカスピ海、バミールのあたりである。実地調査の暁には、ひょっとすると、新たなヒ素汚染の報告があるかもしれない。

本稿で紹介した内容は、NGO 団体アジアヒ素ネットワークの活動に基づいたものである。本文の内容や活動に興味を持たれた方は、次の URL を参照されたい。<http://www.asia-arsenic.net>



廣中博見 (Hiromi HIRONAKA)

福岡市保健環境研究所 (〒810-0060 福岡市中央区地行浜 2-1-34)。京都大学理学部化学科卒。《現在の研究テーマ》ppt レベルの砒素分析法の開発、mm 降雨中の砒素の分析、世界の慢性砒素中毒における飲料水中の砒素濃度と毛髪中濃度の関係。《趣味》自前サーバーによるホームページ運営、自転車 (ロードレーサー) による河川の砒素調査。

E-mail : hironaka@asia-arsenic.net